

V $\frac{57}{36}$

У 57
36

Ю. ШОКАЛЬСКИЙ

Заслуженный профессор Морской Академии.
Почетный доктор: Физической Географии Новороссийского
Университета и Географии Казанского Университета.

Океанографія.



Океанъ — Бѣлое море.

1917.



Согласно § 33 „Закона объ авторскомъ правѣ“ за авторомъ сохранено право перевода на иностранныя языки настоящаго труда.

Желающіе имѣть диллзатишъ съ рисункомъ и чертежѣй приглашаются обращаться къ автору (Торговая, 27. Петроградъ).

Артистическое заведеніе Т-го А. Ф. МВРКСЪ. Петроградъ. Измайловскій пр., 29.



2015186521

КНИЖКА ЗАПИСЕЙ

№ записи	Выпуск	В переписку или сообщ. №№ стр.	Таблицы	Карты	Иллюстр.	Служебн. №№	№№ стр. и иных записей	1907г.
----------	--------	--------------------------------------	---------	-------	----------	----------------	---------------------------	--------

39

11

188
762

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Списокъ картъ, рисунковъ и чертежей	стр. VII—XIII
Предисловіе	I—IV
Введеніе въ изученіе океанографіи	5—69
Древнее время, ¹ . — Средніе вѣка и эпоха Возрожденія, ² . — Развѣтіе океанографіи послѣ эпохи великихъ открытій, ³ . — Развѣтіе океанографіи съ плананій Кука до плананія <i>Challenger'a</i> , ⁴ . — Начало собственно океанографическихъ плаваній, плананіе <i>Challenger'a</i> и другихъ экспедицій до 1917 г., ⁵ .	
Предметъ океанографіи	1
Глава I.—Распрежденіе суши и воды по земному шару.	3—19
Расчисленность суши и единство воды, ¹ . — Характеристика сѣвернаго и южнаго полушарій, ² . — Распрежденіе суши и воды по широтамъ, ³ . — Материковое и водное полушарія, ⁴ . — Раздѣленіе Мирового океана, ⁵ . — Понятія океановъ и морей, ⁶ .	
Глава II.—Уровенная поверхность океановъ и морей	11—17
Понятіе объ уровенной поверхности, ¹ . — Колебанія уровня, ² . — Средній уровень и его значеніе для науки, ³ .	
Глава III.—Рельефъ ложа океановъ и морей	17—51
Историческая записка и способы измѣренія глубины, ¹ . — Современные способы и приборы для измѣренія глубины, ² . — Способы изображенія рельефа дна океановъ, ³ . — Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ, ⁴ . — Главныя характерныя черты рельефа океаническаго ложа, ⁵ . — Общія выводы относительно рельефа дна Мирового океана, ⁶ .	
Глава IV.—Грунтъ дна океановъ и морей	52—64
Приборы для доставленія грунта дна, ¹ . — Историческая записка объ изученіи осадковъ на днѣ океановъ, ² . — Характеръ грунтовъ дна океановъ по Мörre и Penard, ³ . — Географическое распрежденіе грунтовъ по дну океановъ и морей, ⁴ . — Соотношенія между отложеніями на днѣ океановъ и ископаемыми породами твердой земной коры, ⁵ . — Относительная древность океаническихъ пладинъ, ⁶ .	
Глава V.—Составъ и соленость воды океановъ и морей	67—116
Вода въ природѣ вообще, ¹ . — Морская вода, ея составъ и его опредѣленіе, ² . — Понятіе о солености, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды, ³ . — Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды, ⁴ . — Способы опредѣленія солености морской воды, ⁵ . — Опре-	

дѣленіе солёности морской воды по ея удѣльному мѣру, ¹⁷⁸. — Физико-географическія причины, управлѣнціи распределѣніемъ солёности по поверхности океановъ и морей, ¹⁷⁷. — Географическое распределѣніе солёности по поверхности океановъ и морей, ¹⁷⁷. — Географическое распределѣніе плотности морской воды по поверхности океановъ, ¹⁷⁸. — Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ, ¹⁷⁹. — Распределѣніе солёности и плотности на глубинахъ океановъ и морей, ¹⁷⁹. — Газы, находящіеся въ морской водѣ, ¹⁸⁰. — Распределѣніе газовъ, растворённыхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ, ¹⁸⁰. — Происхожденіе солей, ¹⁸⁰.

Глава VI. — Температура воды океановъ и морей. 117—213

I. — Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ, ¹⁸¹. — Нѣкоторыя физическія свойства воды вообще и морской воды, ¹⁸². — Источники тепла, нагревающія водную поверхность, ¹⁸². — Суточный и годовой ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей, ¹⁸². — Географическое распределѣніе температуры воды на поверхности океановъ и морей, ¹⁸². — Распределѣніе температуры воды на глубинахъ океановъ и морей, ¹⁸³.

II. — Замерзаніе прѣсной и морской воды, ¹⁸⁷. — Морской лёдъ; ледяная масса и ея образованіе, ледяной пахъ, ¹⁸⁴. — Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обоихъ полушаріяхъ, ¹⁸⁴. — Географическое распределѣніе ледяныхъ льдовъ, ¹⁸⁶. — Условія ледяныхъ плаваній и путешествій по ледянымъ льдамъ, ¹⁸⁶.

III. — Значеніе солёности въ экономіи природы, ¹⁸⁵.

Глава VII. — Прозрачность, цвѣтъ и свѣченіе морской воды. — Распространеніе звука 213—225

I. — Прозрачность, ²¹². — Преломленіе свѣта въ водѣ, ²¹². — Прозрачность морской воды, ²¹⁴. — Способы наблюденія прозрачности воды, ²¹⁴. — Результаты наблюденій и предѣлы вертикальнаго промѣщенія свѣта въ океанахъ, ²¹⁵.

II. — Цвѣтъ воды, ²¹⁷. — Способы наблюденія цвѣта воды, ²¹⁷. — Собственный цвѣтъ воды, ²¹⁹. — Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней минеральныхъ частицекъ, ²²⁰. — Цвѣтъ воды океановъ, морей и озеръ, ²²¹. — Распространеніе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ, ²²².

III. — Свѣченіе въ морской водѣ и причина его, ²²¹.

IV. — Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ, ²²³.

Движеніе воды въ океанахъ и моряхъ 226

Глава VIII. — Волненіе 226—284

I. — Описаніе явленія волненія, ²²⁶. — Историческія замѣтки объ изученіи явленія волненія, ²²⁶. — Характеръ волненія, волны: вѣтровыя, стоячія и отъ землетрясеній, ²²⁷. — Понятіе о трехъимпульсной теоріи волненія и приложеніе ея къ объясненію явленія волненія въ прирѣзѣ, ²²⁷. — Элементы волны, ²²⁷. — Внутреннее строеніе волны, ²²⁹. — Способы наблюденія элементовъ волны въ прирѣзѣ, ²⁴⁶. — Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ, ²⁴⁴. — Результаты наблюденій и нѣкоторыя выводы изъ нихъ, ²⁴⁴. — Видоизмѣненіе волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, тѣснѣя, бурныя, ²⁴⁷. — Вліяніе на волненіе распространѣніе на поверхности воды массы или скопленія мелкихъ плавающихъ предметовъ, ²⁷⁴.

II.—Волны от землетрясений, ²⁵⁴.

III.—Стоячие волны, сейши. ²⁶⁰.

Глава IX.—Приливы 284—403

Описание явления прилива, ²⁸⁴. — Историческая записка объ изучении приливов, ²⁸⁵. — Понятие о причинах явления, лунный и солнечный приливы, ²⁸⁹. — Суточное и параллактическое неравенства прилива, ²⁹¹. — Полулунное неравенство прилива, ²⁹⁵. — Сводъ разобранныхъ выше условий явления прилива, ²⁹⁹. — Неравенства второстепеннаго значения, ³⁰¹. — Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующихъ силъ и нахождение величины амплитуды луннаго и солнечнаго приливовъ, ³⁰⁵. — Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличія ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явления, ³⁰⁷. — Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива, ³³². — Прикладная часть и ея значеніе для предсказанія прилива; возрастъ прилива, ³³⁶. — Предсказаніе прилива помощью гармоническаго анализа, ³⁴¹. — Таблицы приливовъ русскихъ и иностранныхъ, ³⁴⁷. — Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ, ³⁵⁰. — Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ ок., ³⁵². — Распространеніе приливовъ по океану; cotidальные линіи, ³⁵⁵. — Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ, ³⁷⁰. — Приливная и отливная течения, ³⁸⁰. — Приливы въ рѣкахъ, ³⁸¹. — Искаженіе силы приливовъ, ³⁸². — Приборы для наблюденія приливовъ, ³⁸⁷.

Глава X.—Течения 405—504

Описание явленія океаническихъ теченій, ⁴⁰⁵. — Историческая записка объ изученіи теченій, ⁴⁰⁶. — Раздѣленіе теченій, ⁴¹³. — Способы изысканія теченій, ⁴¹⁴. — Способы обработки наблюденій, произведенныхъ на судахъ и изображеніе ихъ на картахъ, ⁴⁴¹. — Вліяніе вращенія земли, ⁴⁴². — Причины океаническихъ теченій, ⁴⁴⁴. — Общія схема теченій океановъ, ⁴⁴⁵. — Описание теченій океановъ: Атлантическій океанъ, ⁴⁴⁸. — Индійскій ок., ⁴⁵⁷. — Тихій океанъ, ⁴⁶². — Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ, ⁴⁶⁴. — Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждой изъ нихъ, ⁴⁷⁴.

Послѣсловіе, 505—579

Таблицы 580—586

Указатель литературы 587—596

Алфавитный указатель именъ, суждѣнъ и предметный 597—614

Заключенныя печати 615

Карты, рисунки и чертежи.

Введение.

Фиг.			стр.
I.	Карта эпохи великих открытий	вместительна длина.	17
II.	„ океанографических экспедиций	того.	31
III.	Барометр Лейца-Наррота		35
IV.)	Глубомеры Лейца		36
V.)	„		37
VI.	Карта международных исследований сѣверо-западных морей Европы	ленты составлена.	63
VII.)	Карты степени обследованности суши и рельефа дна		
VIII.)	океана	ленты составлены.	66—67

Глава I.

1.	Распределение суши около сѣвернаго полюса. Водораздѣлъ земного шара		5
2.	Распределение суши и воды по полушаріямъ		—
3.	Распределение суши около южнаго полюса		6
4.	Распределение суши и воды по зонамъ широтъ		—
5.	Материковое и водное полушаріе и области внутренних бассейновъ		7

Глава II.

6.	Годовой ходъ уровня Чернаго м. и Балтійскаго м. у Крон- штадта	оригинальный чер- тежъ.	13
7.	Колебания уровня въ Адриѣ		14
8.	Колебания уровня изъ года въ годъ въ Черномъ м. и въ Балтійскомъ м. у Кронштадта	оригинальный чер- тежъ.	15

Глава III.

9.	Лотъ Врука		21
10.	Схема глубомера Томсона		23
11.	Общій видъ глубомера Томсона		24
12.	Глубомеръ Сигеби		25
13.	Глубомеръ Ликаса		26
14.	Глубоководный лотъ		30
15.	Первая карта глубинъ Моря		31
16.	Рельефы дна Мирового ок. Два полушарія въ равнове- сной проекціи	оригинальные образ- цы.	34

Фиг.		стр.
17.	Глубоководная плавина у Марианских о-въ	37
18.	Рельефы дна Арктического моря	40
19.	Уклонъ дна въ Тихомъ ок. у о-ва Гуама въ естественномъ масштабѣ	48
20.	Гипсографическая кривая	50
Глава IV.		
21.	Хранъ Леже	52
22.	Глубоководный лотъ съ трубкою для доставленія грунта	53
23.	Драга	—
24.	Драгирующее судно	54
25.	Распределение грунта дна океана	56
26.	<i>Globigerinida buloides</i>	60
27.	<i>Hastingerina pelagica</i>	61
28.	Скелетина глобигеринидъ	—
29.	Глобигерининовый илъ	—
30.	Диатомовый илъ	62
31.	Радиолария	—
32.	Радиолариевый илъ	63
Глава V.		
33.	Батометръ для малыхъ глубинъ	71
34.	Батометръ Сигеби	72
35.	Батометръ Петтерсона-Нансена	73
36.	Поворотный батометръ съ кринами	75
37.	Стеклянный ареометръ	79
38.	Шкала ареометра	80
39.	Графическое опредѣленіе поправки ареометра	81
39-a	Шкала ареометра	83
39-b	Шкала ареометра	83
40.	Распределение по широтамъ Атлантическаго океана: солёности, осадковъ, испареній, плотности и температуръ воды и воздуха	89
41.	Географическое распределение солёности по поверхности океановъ	92
42.	Географическое распределение плотности по поверхности океановъ	100
43.	Распределение солёности, плотности и температуръ на глубинахъ океановъ	102
44.	Распределение солёности на глубинахъ Атлант. ок.	103
45.	Распределение плотности на глубинахъ Атлант. ок.	105
46.	Распределение кислорода на глубинахъ Атлант. ок.	111
47.	Распределение недостатка кислорода на глубин. Атлант. ок.	111
Глава VI.		
48.	Термометръ для поверхности воды	118
49.	Термометръ для наибольшей и наименьшей температуръ	120
50.	Глубоководный термометръ Негретти	122
51.	Глубоководный термометръ Рихтера	123
52.	Система Милля	124

Фиг.		стр.
53.	Географическое распределение годовых колебаний температуры воды	оригинальная обработка. 131
54.	Географическое распределение температуры воды по поверхности за год	оригинальная обработка. 134
55.	Распределение температуры на глубинах Атлант. ок. (график)	оригинальный график и чертёж. 141
56.	Распределение температуры на глубинах Тихого океана (график)	оригинальный график и чертёж. 142
57.	Распределение температуры на глубинах Индийского ок. (график)	оригинальный график и чертёж. 143
58.	Распределение температуры на глубинах Атлант. ок. (меридиан. разрез)	146
59.	Распределение температуры на глубинах Индийского ок. (меридиан. разрез)	147
60.	Распределение температуры на глубинах Тихого океана (меридиан. разрез)	148
61.	Распределение приливных температур	149
62.	Распределение температуры, солёности и плотности на глубинах Сян, Полярного м.	152
63.	Распределение температур, солёности и плотности на глубинах Южного Полярного пространства	оригинальный график и чертёж. 155
64.	Распределение температуры воды на глубинах 600 метров	162
65.	Распределение на глубинах Атлант. ок. температуры, плотности и кислорода	165
66.	Вертикальный обмен воды в Атлант. ок.	166
67.	Разрез по паралл. Гибралт. прол.	170
68.	Слой температурного скачка	178
69.	Зависимость между температурами t° и t° и солёностью	182
70.	Начало образования торося	новая фотография. 186
71.	Торося в Сян, Полярном море	187
72.	Торосяный лёд	188
73.	Веретовый торося у Таймырского п-ва	новая фотография. 190
74.	Нашоры льдов на судне	191
75.	Ледяная гора в Ваффеновом м.	194
76.	Ледяная гора в Баренцевом м.	195
77.	Схема возникновения ледяных гор	196
78.	Ледяная на Новой Земле	новая фотография. —
79.	Ледяная на Новой Земле	новая фотография. 197
80.	Ледяной барьер Д. К. Росса	200
81.	Столбчатая ледяная гора, Индийский ок.	201
82.	Ледяная столбчатая гора, значительная обтаявшая	202
Глава VII.		
83.	Лески Секки	215
84.	Шкала для определения цвета воды	219
Глава VIII.		
85.	Построение циклоиды и трохонды	223
86.	Колебательное движение частиц воды	225

Фиг.		Стр.
87.	Трахенталыны волны различных видов	волны чертятся 237
88.	Внутреннее строение волны	238
89.	Внутреннее строение волны	244
90.	Наклонная волна частоты на волнении	волны чертятся —
91.	Положение волнаны и перебора на волнении	245
92.	Приборы Фруда	247
93.	Определение скорости, периода и длины волны	248
94.	Виды ветровых волн	253
95.	Сильное волнение	волны фотограф. 254
96.	Происхождение ошибочных определений высоты волны	волны чертятся 256
97.	Результат интерференции волн	257
98.	Прибой на открытом берегу	266
99.	Схема прибой на открытом берегу	—
100.	Запирание прибой у открытого берега	267
101.	Прибой на о-ве Мадра	волны фотограф. 268
102.	Волны у жала Сен-Жан-де-Ланд	волны фотограф. 269
103.	Прибой у залива Сен-Жан-де-Ланд	волны фотограф. 270
104.	Прибой у берега Горме	волны фотограф. 271
105.	Дальномер Степанова	—
106.	Бурный окол о-ва Гершен	волны фотограф. 274
107.	Ящик братьев Вебер	281
108.	Однузловая сейна	—
109.	Двухузловая сейна	—
110.	Сейна на Севастополе	283
Глава IX.		
111.	Колебания уровня при прилив	волны чертятся 285
112.	Общая ось обращения Земли и Луны	291
113.	Четыре крайних положения Земли	293
114.	Сложение центробежной силы и силы тяжести к Луну	294
115.	Направления и относительные величины приливообразующей силы Луны	296
116.	Горизонтальная составляющая приливообразующей силы Луны	302
117.	Разрыв лунного эллипса прилива по экватору	волны чертятся 305
118.	Горизонтальная составляющая приливообразующей силы Луны на наибольшем отклонении	307
119.	Разрыв лунного эллипса прилива по меридиану	волны чертятся 309
120.	Стереоскопическая проекция эллипса прилива	311
121.	Кривая колебания уровня на экваторе и на 16° с. ш. и 30° ю. ш.	313
122.	Объяснение сизигийного и квадратурного приливов	волны чертятся 316
123.	Объяснение сложения лунного и солнечного приливов	волны чертятся 317
124.	Объяснение сложения лунного и солнечного приливов	волны чертятся 320
125.	Вывод горизонтальной и вертикальной составляющих приливообразующей силы	волны чертятся 322
126.	Воображаемый канал в океане	волны чертятся 327
127.	Построение сурсов	344

Фиг.		стр.
128.	Сложение двухъ циркулярныхъ	345
129.	Сложение трехъ циркулярныхъ	346
130.	Схема предположена приливовъ Балтика	349
131.	Предположенъ приливовъ Балтика	350
132.	Образцы таблицъ приливовъ	353
133.	Кривая колебанія уровня въ Брестѣ, Сибирѣ, Кавказѣ, Донскѣ и Вильгельм-Войгтѣ	358
134.	Кривая прилива на в-ѣ Готландѣ	400
135.	Кривая колебанія уровня въ Екатерин., гавани, Орлов- скомъ м., Коси, Камчаткѣ и на рейдѣ Вара	502
136.	Кривая колебанія уровня въ Лангфѣ, Тоуженкѣ, Гон- дугу и Палето	384
137.	Карта Татарскаго пролива	365
138.	Котидальныя линіи Уемела	367
139.	Ботидальныя линіи Гаррита	369
140.	Карта залива Фунди	372
141.	Амплитуды приливовъ въ зал. Фунди	373
142-а.	Мониторъ. Полная вода	374
142-б.	Мониторъ. Малая вода	375
143.	Амплитуды приливовъ у Нататонія	376
144.	Карта французскаго берега Ламанша	377
145-а.	Гранвилъ. Полная вода	378
145-б.	Гранвилъ. Малая вода	—
146-а)	Берегъ у Гранвилъ въ полную и малую воду	379
146-б)	Амплитуды приливовъ у французскаго берега Ламанша	380
148.	Карта Бристольскаго залива	—
149.	Амплитуды приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ	382
150.	Орбита частицы воды	384
151.	Приливныя теченія у мыса Тершеллингера	385
152.	Орбита частицы на малой глубинѣ	386
153.	Схема движенія частицы въ волнѣ	387
154.	Приливныя и отливные теченія въ Ламаншѣ, Нидерландѣ и Ирландскомъ м.	388
155.	Портъ на р. Севернѣ	394
156.	Кривая колебанія уровня при портѣ въ Монктоуѣ	395
157.	Портъ въ Монктоуѣ	396
158.	Фунтунъ	398
159.	Уровнемѣръ Рордана	401
160.	Кривая прилива въ Екатерин. гав.	403
161.	Установка уровнемѣра на берегу	404
Глава X.		
162.	Карта теченій А. Керхера	405
163.	Карта Гольфстрима Франціи	411
164.	Карта теченій Рейнхеля	412
165.	Повѣяніи Мичеа	418
166.	Вертушка Эмман	419

Фиг.		стр.
167.	Карта плаваний плавильной пр. Монахского	422
168.	Дет. бутылки	423
169.	Карта плаваний бутылки	424
170.	Плавники на Хроносской стрелке	427
171.	Плавники на о-ве Диксона	428
172.	Плавники на Новой Земле	428
173.	Магнетический ртуть	429
174.	Дробь остатков судна	431
175.	Гидрологический разрез Нансена	436
176.	Гидрологический разрез Нансена от Гибралтара до Врангеля	438
177.	Карта течений из английского атласа за Июль для с-ва Индийского ок.	445
178.	Карта течений из голландского атласа за Июль для с-ва Индийского ок.	446
179.	Карта течений из немецкого атласа за Январь для с-ва Индийского ок.	447
180.	Карта течений у Индонезийского мыса из голландского атласа	448
181.	Удлиненная карта земли	450
182.	Тоже	451
183.	Тоже	453
184.	Меридиональный разрез Атлант. ок. с-ва изобарами и поверхностями	459
185.	Динамический разрез Северно-Европейского м.	461
186.	Динамическая карта Северно-Европейского м.	462
187.	Вращение течений с-ва глубиной по Иману	466
188.	Дополнительно к карте Иману	468
189.	Влияние глубины на течение Иману	473
190.	Влияние градиента давления на течение	474
191.	Влияние берега на течение	475
192.	Два потока	478
193.	Прежирь бассейна тропической части Атлант. ок.	—
194.	Карта Экваториального течения Атлант. ок. из англий- ского атласа	479
195.	Влияние рельефа дна на течение	480
196.	Схема океанических течений	485
197.	Общая карта течений Мирового ок. зимой и летом	488
198.	северного полушария	489
199.	Карта восточной Атлант. ок. зимой и летом северного полушария	491
200.	Карта Флоридского пролива	494
201.	Разрез Гольфстрима по Флоридскому пр. широты и температуры	494
202.	Разрез Гольфстрима у м. Гаттерас	496
203.	Саргассово море	500
204.	Гольфстрим в Северно-Европейском м. Сопоставление на глубинах 500 м.	503

Фиг.		стр.
207.	Разрѣзъ вдоль Норвежскаго Атлант. теченія въ Сѣверно-Европейскомъ м.	504
208.	Рельефъ дна около порога У. Томсона	505
209) 210)	Разрѣзы между Фарѣрскими о-ми и Шетландскими о-ми	506
211.	Гидрологическій разрѣзъ черезъ пороги У. Томсона	507
212.)	Карты распредѣленія солености на глубинѣ 100 м. въ Сѣверно-Европейскомъ м.	508
213.)	Сѣверно-Европейскомъ м.	509
214.	Гидрологическій разрѣзъ Шаниберг. вѣтви Атлантическаго теченія	510
215.	Нордкапская вѣтвь Атлант. теченія	511
216.	Дрейфы судовъ и буи въ Сѣв. Полярномъ м.	514
217.	Годовой ходъ температуры на Фарѣрскихъ о-вахъ	518
218.	Сравненіе температуръ воды на мысахъ Норвегіи и воздуха въ Орбѣ въ Швеціи	519
219.	Вліяніе Атлант. теченія на температуру воздуха въ Норвегіи	—
220.	Вліяніе Гольфстрима и Атлантическаго теченія на изгибы изотермъ воды	520
221.	Граница льдовъ въ Арктикѣ по наблюденіямъ 1896—1907 г.	—
222.	Граница льдовъ въ Южн. по наблюденіямъ 1896—1907 г.	521
223.	Вліяніе Атлантическаго теченія на льды въ Баренцевомъ м.	—
224.	Вліяніе Атлант. теченія на растительность	523
225.	Зависимость между температурою Атлантическаго теченія и урономъ рыбы	523
226-а)	Вліяніе Атлантическаго теченія на климатъ Неланде	525
226-б)	британіи и льды Атлант. ок.	526
227.	Холодная теченія южнаго Атлантическаго ок.	528
228.	Поверхностныя теченія Нѣмецкаго м.	530
229) 230)	Теченія въ Гибралтарскомъ пр.	532
231.	Теченія Средиземнаго моря	533
232.	Пути бутлоковъ въ Каспійскомъ м.	536
233) 234)	Вѣтры Индійскаго и западнаго Тихаго ок. лѣтомъ и зимою	538
235.	Пути бутлоковъ въ Охотскомъ м. и Тихомъ ок.	539
236.	Дрейфы бутлоковъ и судовъ въ антарктич. водахъ	543
237.	Схема поверхностнаго и глубиннаго круговоротовъ воды въ океанахъ	556
238.	Схема вертикальных движеній въ океанахъ въ антарктическихъ широтахъ	557
239.	Меридиональный гидрологическій разрѣзъ южнаго Атлантическаго ок.	561
Послѣсловіе.		
240.	Разрѣзъ Сѣверно-Европ. м. отъ Шетландскихъ о-въ по Гринвичскому меридіану 1876—1878 г.	568
241.	Разрѣзъ Сѣверно-Европ. м. отъ Шетландскихъ о-въ по Гринвичскому меридіану 1900—1904 г.	569

Фиг.	стр.
242. Три прикѣра гидрологическихъ разрѣзовъ	570
243. Четыре гидрологическихъ разрѣза Согне-фюрда 1901— 1904 г.	571
244. Четыре гидрологическихъ разрѣза Согне-фюрда для Февраля, Мая, Августа и Ноября 1903 г.	572
245. Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ <i>Michael</i> <i>Sars</i> и <i>Challenger</i> въ 1876 и 1810 г.	574
246. Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ <i>Michael</i> <i>Sars</i> и <i>Challenger</i> въ 1873 и 1910 г.	574
247. Сравненіе вертикальныхъ рядовъ температуръ, соленостей и плотностей <i>Planet</i> и <i>Möve</i>	575

ПРЕДИСЛОВІЕ.

При составленіи настоящаго труда я руководился цѣлью описать явленія, происходящія въ океанѣ, и вмѣстѣ съ тѣмъ дать картину ихъ взаимодѣйствія, чтобы читатели могли получить представленіе о томъ большомъ значеніи Мирового океана для земного шара, какое онъ имѣетъ въ природѣ и которое для жителей столь большой страны, какъ Россія, представляющей 1:6 долю всей суши, не всегда видно.

При выполненіи поставленной задачи, главы о распредѣленіи суши и воды, уронѣ океана, рельефа и грунтѣ два изложены болѣе кратко, нежели послѣдующія, потому что подробности этихъ вопросы не имѣютъ столь большого значенія для пониманія океанографіи, какъ температура, соленость и движенія морской воды. Все то, что болѣе относится къ области Физической географіи, напримѣръ, морфологія земной коры, образованіе отложеній и т. п., изложено кратко; большее вниманіе обращено на явленія, происходящія въ самомъ океанѣ, при чемъ вездѣ указывается на непрерывность океана, для чего и введено названіе «Мировой океанъ».

Все то, что припадалось менѣе необходимыми, напечатано мелкимъ шрифтомъ, и тѣмъ самымъ оно легко отдѣляется. Для облегченія вниманія читателя заголовки разныхъ статей выдѣлены различными шрифтами; также и названія и имена собственныя выдѣлены курсивомъ и разрядкомъ. Этими же послѣдними способомъ обращено вниманіе и на нѣкоторые предметы въ текстѣ.

Въ русскомъ языкѣ очень слабо разработаны названія различныхъ особенностей рельефа земной коры вообще. Здѣсь я попробовалъ пополнить этотъ пробѣлъ для подводнаго рельефа и предложить нѣсколько русскихъ названій для главнѣйшихъ особенностей рельефа дна океановъ,

какая-то материковая отмель *), материковый склонъ, даже океана, глубоководная впадина. При изложеніи я старался избѣгать не точныхъ выраженій, такъ легко распространяющихся въ языкѣ; тщательно слѣдить, чтобы не сказать плоскость, гдѣ надо поверхность, кругъ вмѣсто окружности, день вмѣсто сутокъ, періодъ вмѣсто промежутка времени, высота прилива вмѣсто амплитуда его и т. п. Вмѣсто постоянно употребляемаго выраженія: вертикальная серия наблюденій или, еще хуже, серийныя наблюденія, вездѣ поставлено — вертикальный рядъ наблюденій, и вообще иностранныя слова замѣнены по возможности русскими; конечно, кромѣ такихъ выраженій, для которыхъ нѣтъ соответствующихъ русскихъ словъ, или морскихъ терминовъ, укрѣпившихся у насъ со временъ Петра I.

При изложеніи обращено большое вниманіе на океанографическія явленія, и для нихъ дано много графиковъ, чертежей и картъ, многія изъ нихъ новыя или заново переработаны. Карты всѣ построены вновь, и тѣ изъ нихъ, кои служатъ для поясненія распространенія описываемыхъ явленій по земному шару, даны въ равноплотныхъ проекціяхъ, а не въ меркаторской, столь часто для этой цѣли употребляемой. Почти всѣ чертежи переработаны и вычерчены вновь; весьма многіе изъ нихъ появляются впервые. Вообще старались избѣгать повторенія чертежей изъ разныхъ курсовъ, въ которыхъ они переходятъ изъ одного въ другой и повторяются въ теченіе десятиговъ лѣтъ безъ измѣненій. Чертежей приборовъ дано не много, указаны только типы приборовъ и тѣ требованія, каковыя они должны удовлетворять. Приборы мѣняются, особенно теперь, и потому достаточно указать ихъ основанія; тому, кто будетъ работать по океанографіи, легко будетъ разобраться съ особенностями приборовъ, когда это понадобится, если онъ знаетъ океанографію и понимаетъ тѣ условія, каковыя приборъ долженъ удовлетворять. Если же знаніе приборовъ основано главнымъ образомъ на подробномъ ихъ описаніи, а не на пониманіи сущности дѣла, то наблюденія и океанографія отъ этого мало выиграютъ.

Для облегченія читателя вездѣ сдѣланы ссылки на чертежи и страницы, гдѣ находятся соответствующія данному мѣсту текста описанія явленій, чтобы облегчить отысканіе ихъ и вмѣстѣ съ тѣмъ напоминать о существованіи непрерывной связи между всѣми явленіями въ океанѣ.

*) Не ходи изъ гидрографическаго понятія объ отмели.

Большая часть числовых примѣровъ подыскана вновь въ публикаціяхъ различныхъ экспедицій, а не заимствована изъ другихъ курсовъ; при этомъ оказалось возможнымъ найти примѣры и изъ русскихъ работъ, что вездѣ, гдѣ можно, и сдѣлано. Въ главѣ о волненіи и приливахъ многи фотографіи новыя, иногда нарочно сняты для настоящаго труда. Потому всѣ чертежи, карты, рисунки и фотографіи представляють собственность автора и не могутъ быть перепечатываемы и вообще заимствованы для какихъ бы то ни было цѣлей безъ его разрѣшенія.

Вездѣ, гдѣ справедливость того требовала, было указано на русскія работы, и труды русскихъ людей на пользу океанографіи не упущены упоминаніемъ, а въ историческомъ обзорѣ во «Введеніи» имъ уделено достоюющее мѣсто. Русскіе люди должны знать и помнить, что сдѣлано славными предшествовавшими поколѣніями, гордиться этимъ и въ свою очередь дать возможность и право потомкамъ такъ же относиться и къ нимъ самимъ.

Чтобы не усложнить текста, въ немъ сдѣлано мало ссылокъ на литературу предмета; въ концѣ книги приведенъ списокъ главнѣйшихъ источниковъ, какими пользовались при составленіи труда.

Подобная работа не можетъ быть произведена безъ содѣйствія и дружескаго участія многихъ лицъ. Прежде всего необходимо упомянуть о большомъ вниманіи, оказанномъ моему труду однимъ изъ наиболее выдающихся русскихъ ученыхъ въ этой области, недавно скончавшимся А. Н. Воейковымъ, который успѣлъ прочесть всю часть книги до движенія воды и далъ мнѣ цѣнныя указанія относительно многихъ отдѣловъ труда. Большую благодарность приношу также М. В. Никитину и Г. И. Шульгану, просмотрѣвавшимъ многіе отдѣлы и сдѣлавшимъ цѣнныя замѣчанія, а также А. Н. Брылову за его софѣи относительно главы о волненіи, Весьма много обязанъ В. М. Сухомелю за просмотръ главъ о движеніи воды и особенно за оказанную имъ существенную помощь при совмѣстной обработкѣ теоретической части главы о приливахъ и въ некоторыхъ частяхъ главы о теченіяхъ, а также и за просмотръ корректуры главъ о волненіи, приливахъ и теченіяхъ. Кроме того, глава о приливахъ была еще любезно прочтена В. В. Серафимовымъ, и имъ сдѣланы некоторые указанія; по этому же вопросу полезныя замѣчанія были сдѣланы и А. М. Бухаревымъ. Въ чтеніи корректуры много мнѣ помогали М. И. Мальчевскій и Л. Ф. Рудовицъ, благодаръ замѣчаніямъ

коихъ многое могло быть исправлено по-времени, послѣдній оказывалъ мнѣ помощь также и при составленіи чертежей и графиковъ. А. Н. Лосевъ также любезно просмотрѣлъ нѣкоторые листы корректуры, Л. Л. Брейтфусъ предоставилъ мнѣ право воспользоваться нѣкоторыми его фотопрографиями и картами, а Б. Н. Кандиба сообщилъ мнѣ нѣкоторые данныя о силѣ прибоевъ въ русскихъ моряхъ.

Начальникъ Главнаго Гидрографическаго Управленія М. Е. Жданко оказалъ мнѣ большую помощь при составленіи настоящаго труда, предоставивъ пользоваться и лично его матеріалами и богатыми данными и средствами Управленія, что и позволило мнѣ включить въ свой трудъ многіе примѣры изъ трудовъ русскихъ мореходовъ и вообще облегчило мнѣ всю работу, за что и приношу ему и всѣмъ вышеуказаннымъ лицамъ искреннюю благодарность.

Ю. Шенгелъскій.

Петроградъ.
Февраль, 1917 г.

„3) Чинить Физическія опыты, мною върѣзъ показаны быть нѣбось, которые не только для истощенія натуры ученому събѣ подобны; и нѣмъ чрезъ псаломъ ихъ славы бужуть; но и въ самомъ сѣхъ върѣзанныхъ служить върѣзъ коугуъ.

Палый чинить: бесчисленное множество по вѣмъ истертымъ морямъ и жъ страшно-любимымъ берегамъ плаваютъ; но только для прибытковъ; не ради науки. И чинъ нечеловѣкъ, и только дѣлаютъ чинъ чинъ, не рассуждаютъ, что сѣмъ мореплаваніе чрезъ оную безвѣстие бытъ можетъ“.

„Брѣвѣе описаніе разнѣхъ путешествій по севернымъ морямъ и показаніе возможности прохода Сибирскимъ океаномъ въ восточную Индію“. § 113.
1763 года. *М. Ломоносовъ.*

Введеніе въ изученіе океанографіи.

Нѣтъ, да и не можетъ быть науки, исторія развитія которой не была бы тѣсно связана съ возникновеніемъ и движеніемъ другихъ наукъ и на всемъ своемъ дальнѣйшемъ пути не переплетается бы съ исторіей иныхъ, близкихъ къ ея предмету занятій, научныхъ дисциплинъ.

Драгоценнѣйшій даръ человѣческой мысли—вытливо откопѣется ко всему наблюдаемому,—съ первыхъ временъ умственнаго развитія людей заставлялъ ихъ интересоваться всѣмъ окружающимъ и всѣмъ ихъ поражающимъ; въ природѣ же всѣ явленія тѣсно связаны одно съ другими, и потому результатъ такихъ наблюденій давалъ матеріалъ по самымъ разнообразнымъ предметамъ, нѣмъ откопѣнымъ къ различнымъ отраслямъ наукъ. Потому неудивительно, что и первыя свѣдѣнія по океанографіи накоплялись попутно съ увеличеніемъ запаса географическихъ познаній человѣчества вообще, при чемъ развитіе океанографіи тѣмъ мѣнѣе можетъ быть обособлено, что, въ сущности, она есть часть географіи вообще.

Непрерывное условие накопления географических познаний есть путешествия. География имеет своим предметом изучение всех явлений, совершающихся на поверхности твердой земной коры, и следовательно для ознакомления с этими явлениями необходимо посещение всех частей земной поверхности. Именно этим географическая наука и отличается от многих других отраслей знания, которые могут расти и развиваться, не требуя передвижений по земной поверхности.

Насколько же затруднительны бывали путешествия, доказывает обстоятельство, что и в настоящее время, в XX столетии, люди все еще не смогли ознакомиться со всею земною поверхностью и не посетили всех частей Мирового океана, не говоря уже об их подробном исследовании.

Древнее время.—Древнейшая цивилизация имела место среди народов, не обладавших стремлением к мореходству, и потому никаких океанографических данных они собрать не могли. Первыми мореходными народами древности, сведения о коим до нас дошли, были финикийцы. Происхождение этого народа и время его поселения на берегах Сирии с достоверностью неизвестны, как неизвестны и занятия его до поселения на восточном берегу Средиземного моря, представляющем узкую полосу у подножия Ливанских гор, подступающих здесь очень близко к берегу и не дающих простора для распространения внутри страны. С другой стороны этот берег на протяжении двух градусов широты имеет несколько небольших мысов, образующих удобные места для устройства гаваней.

Первые сведения, дошедшие до нас о финикийцах (3.000 л. до Р. X.), рисуют их уже могущественным мореходным и торговым народом, который в это время успел распространить свои колонии далеко на запад по берегам Средиземного моря. Одной из древнейших колоний (около 1.100 л. до Р. X.) была Гадир (Гадес по-римски и Кадикс — по-современному) или Тартессус; эта колония много способствовала знакомству финикийцев с океаном. Другая колония, Кароатенс, была основана немного позже там, где лежит теперешний Туанис; ее жители сделали очень много для изучения географии, и от них до нас дошло единственное описание морского путешествия финикийцев.

Финикийцы несомненно были знакомы на востоке с берегами Красного м. и Персидского зал. и берегами Африки в Индийском ок.

Сказаніе объ ихъ плаваніи вокругъ Африки при фараонѣ Нехо (VI ст. до Р. Х.) не было подтверждено до сихъ поръ *), однако самое существованіе такого сказанія, приводимаго Геродотомъ (IV в. до Р. Х.), показываетъ, что финикіяне плавали у береговъ Африки и въ Индійскомъ и въ Атлантическомъ ок.

Дѣйствительно историческимъ фактомъ является плаваніе карфагенскаго адмирала Ганнона (560 до Р. Х.), предпринятое для основанія колоній по западному берегу Африки. Въ это плаваніе карфагеняне дошли, повидимому, до 7°—8° с. ш.

Одновременно другой мореплаватель Карфагена — Гимильхо совершалъ большее плаваніе вдоль западныхъ береговъ Европы и, повидимому, достигъ до о-ва Сцилли (юго-зап. оконечность Англіи), извѣстныхъ еще финикіянамъ подъ именемъ Кассатеридъ, откуда и тѣ и другіе добывали олово.

Финикіяне и карфагеняне были первыми народами древности, плававшими въ открытомъ морѣ и океанѣ безъ компаса. Греки и римляне даже много позднее не рѣшались удалиться отъ береговъ. Несомнѣнно, что плаванія по такому обширному пространству океана должны были обогатить финикіянъ многими свѣдѣніями относительно его физическихъ свойствъ, но, къ сожалѣнію, до насъ не дошло ничего изъ области ихъ знаній. Повидимому, они однако держались мнѣнія, что Атлантическій и Индійскій океаны образуютъ одну сплошную водную поверхность.

Когда финикійское владычество въ восточной части Средиземнаго м. стало падать, то ихъ мѣсто постепенно заняли греки (VIII в. до Р. Х.). Будучи иного характера и наклонностей, они при своихъ плаваніяхъ по морю стали изучать природу. Имъ принадлежитъ если не сама идея о сферичности земли, повидимому, заимствованная Талесомъ отъ египтянъ (VI в. до Р. Х.), то во всякомъ случаѣ ее первое изложеніе, дошедшее до насъ, и первые попытки изображенія земной поверхности на плоскости (Гомеръ—X в. и Анаксимандръ—VII в. до Р. Х.). Къ этому же времени относится и первое плаваніе грекомъ по Средиземному м. до Гибралтарскаго пр., сопровождавшееся открытіемъ морского пути въ Гадесъ и основаніемъ первыхъ греческихъ колоній въ Западной части Средиземнаго м. (Массалия—Марсель, основанная фо-

*) На международномъ Географическомъ Конгрессѣ въ Женевѣ въ 1908 г. было по этому вопросу прочитано доклады, основанный на разборѣ египетской надписи, которая указывала на подѣлку, описывавшей путешествіе финикіянъ вокругъ Африки.

кайнами въ 660 г. до Р. X.). Все эти открытія и изслѣдованія были нанесены Гекатомъ (VI в. до Р. X.) на его карту и описаны имъ къ не дошедшему до насъ оригиналу.

Совокупность накопившихся къ этому времени матеріаловъ по различнымъ отраслямъ наукъ дала возможность познаться ученому, который впервые ихъ обработалъ и создалъ картину свѣдѣній, которою владѣли греки того времени. Геродотъ (450—420 г.) былъ не только ученый, но и путешественникъ и наблюдательный изслѣдователь; его собственный опытъ и все имъ собранное отъ другихъ позволило ему высказать твердое убѣжденіе въ единствѣ Индійскаго и Атлантическаго океановъ (послѣднее названіе встрѣчается у него пераго изъ писателей древности, хотя, очевидно, оно было уже въ употребленіи гораздо ранѣе). Онъ уже упоминаетъ о правильныхъ періодическихъ колебаніяхъ уровня въ Персидскомъ зал., т.-е. о приливахъ, незамѣтныхъ на берегахъ Средиземнаго м.

Въ это время (V в. до Р. X.) въ Греціи географическая карта не представляла уже новости, съ этимъ способомъ изображенія земной поверхности греческій образованный міръ былъ знакомъ въ достаточной степени, настолько, что о географическихъ картахъ упоминается въ комедіяхъ Аристофана. Но доведеніе до насъ въ оригиналѣ труды греческаго философа Эвдола (IV в. до Р. X.) содержали полное описаніе земного шара въ девяти книгахъ. Онъ указывалъ, что населенная часть земли была въ два раза длиннѣе по параллели, нежели по меридіану, замѣчаніе совершенно справедливое по отношенію къ изображенію земной поверхности на картахъ Геката и Геродота. Появленіе подобныхъ описаній свидѣтельствуетъ о большомъ развитіи грековъ вообще и о значительномъ интересѣ ихъ къ географическимъ изслѣдованіямъ.

Въ IV вѣкѣ до Р. X. фокейская колонія Массилія (Марсель) получила особенное развитіе, и ея граждане проявили большую энергію въ своихъ плаваніяхъ, руководимыхъ однимъ изъ выдающихся ученыхъ — Питеасомъ. Ему принадлежитъ опредѣленіе широты Массиліи ($43^{\circ}17'1$, а согласно новѣйшимъ даннымъ $43^{\circ}17'7$) съ большою точностью, которая, вѣроятно, обязана случайности. Когда городъ собрался послать большую морскую экспедицію для открытія тѣхъ мѣстностей западной Европы, которыя посѣщались ранѣе финикіянами и картегенцами, то держалась ими въ секретѣ отъ другихъ народовъ, то естественно, что Питеасъ вошелъ въ составъ этой экспедиціи.

Его путешествіе принесло цѣлый рядъ новыхъ физико-географическихъ свѣдѣній; экспедиція посетила берега Португаліи и Франціи, Ламаншъ, о-ва Сцилліи съ залежами олова, Бристольскій заливъ и берега Англіи и Шотландіи до Оркнейскихъ о-въ и собрала свѣдѣнія о существованіи далѣе, на полярномъ кругѣ, о-ва Тула (Неландія), догдо считавшагося предѣломъ обитаемой земной поверхности.

Значительныя колебанія уровня моря въ Бристольскомъ заливѣ, обрамляли особенное вниманіе Питеаса; онъ былъ первый, отмѣтившій совпаденіе моментовъ полныхъ водъ съ продолженіемъ Луны черезъ меридіанъ и даже указавшій на существованіе полумѣсячнаго неравенства въ амплитудахъ приливовъ.

Другое плаваніе Питеаса несомнѣнно было доведено до Балтійскаго м., откуда имъ были вывезены янтарь, предметъ торговли финиціанъ, хотя въ точности неизвѣстно, откуда они его получали.

Въ это же время (384—321 до Р. X.) на противоположной окраинѣ Средиземнаго м. жилъ еще болѣе знаменитый греческій ученый, труды котораго оказали глубокое вліяніе на движеніе науки на многолѣтніе столѣтія послѣ него. Аристотель, подлинныя книги коего не дошли до насъ, собрали въ нихъ все тогда извѣстное по всякимъ отраслямъ науки и по географіи тоже. Въ его трудѣ «Метеорологія» имѣлась глава, посвященная океану; въ ней онъ говоритъ о распредѣленіи суши и воды, и высказываетъ мысль, по его собственному замечанію, уже существовавшую среди ученыхъ, что умеренный поясъ образуетъ неразрывное кольцо, и такимъ образомъ берега Испаніи и Индіи раздѣлены только океаномъ, — мысль, просуществовавшая до Колумба и легшая въ основаніе его плана открытія морского пути въ Индію. Онъ признаетъ, что океанъ, омывающій сушу, единъ и указываетъ, что названія Атлантическій и Эритрейскій (Индійскій) только принадлежать его различнымъ частямъ.

Говоря о моряхъ, соединенныхъ со Средиземнымъ, Аристотель говоритъ о ихъ глубинахъ, указывая, что *Palus Meotis* (Азовское м.) мельче *Palus Euxinaus* (Черное м.), *Mare Egeum* глубже Чернаго и т. д., по мѣрѣ удаленія къ западу.

Онъ сообщаетъ о существованіи теченій въ проливахъ Берченскомъ, Босфорѣ и Дарданеллахъ.

Аристотель былъ современникъ Александра Македонскаго и несомнѣнно пользовался той массой новыхъ и обстоятельныхъ свѣдѣній,

которые были собраны при походах этого величайшего завоевателя и государственного человека древности.

Ученикъ Аристотеля—Дикеархъ (326—296 до Р. Х.) среди многих своихъ географическихъ трудовъ замѣчателенъ изобрѣтеніемъ первой картографической сѣтки, которую онъ называлъ на своей картѣ. Онъ провелъ по параллели вдоль Средиземнаго м. отъ Гибралтара на востокъ прямую линію (называвшуюся диафрагмою потому, что она дѣлила пополамъ весь извѣстный тогда свѣтъ) и черезъ о-въ Родосъ—линію перпендикулярную ей; обѣ были раздѣлены на греческія стадіи и тѣмъ самымъ облегчали нанесеніе мѣстъ на карту.

Однимъ изъ послѣдствій эпохи Александра было основаніе Александріи и процваніе Александрійской научной школы, одною изъ знаменитостей коей былъ Эратосфенъ (274—194 до Р. Х.), первый рѣшившій задачу опредѣленія размѣровъ земного шара. Онъ же первый высказалъ мнѣніе о выполнимости кругосвѣтнаго плаванія; при составленіи своей карты онъ пользовался описаніемъ египетскаго адмирала Тимосфена, своего современника, трудъ котораго, повидимому, былъ первою дощей.

Островъ Родосъ, расположенный къ сѣверу отъ Александріи, также былъ мѣстомъ, гдѣ процванли науки; тамъ трудился величайшій астрономъ древности—Гиппархъ (190—125 до Р. Х.), онъ изобрѣлъ первую картографическую проекцію и воссоздалъ первую настоящую географическую сѣтку.

Къ этому времени относится важное историческое событіе, оказавшее большое вліяніе на движеніе географіи, а именно побѣда римлянъ надъ карфагенянами (146 г. до Р. Х.), сдѣлавшая первыхъ властителями всего западнаго міра древности, постепенно завоевавшими не только всю восточную часть Средиземнаго м., но и распространившими свое вліяніе на огромное пространство Европы, Азии и Африки.

Римское владычество сопровождалось обстоятельными описаніями завоеванныхъ и рядомъ лежащихъ странъ, дававшихъ много свѣдѣній по ихъ географіи. Въ царствованіе Августа (44 г. до Р. Х.) было начато громаднѣйшее геодѣическое предпріятіе (по мысли Ю. Цезаря)—составленіе карты имперіи на основаніи непосредственныхъ измѣреній на мѣстности, выполненное въ 25 лѣтъ, результаты коего вовсе не дошли до насъ.

Во времени царствованія Августа относятся и труды Страбона

(род. 60 г. до Р. Х., ск. около 20 г. по Р. Х.). Онъ высказываетъ много важныхъ физико-географическихъ взглядовъ; онъ былъ убѣжденъ въ единствѣ Мірового океана, хотя онъ же указываетъ, что есть части океана, еще никѣмъ не посѣщенныя.

Страбонъ говоритъ, что вся твердая земля непрерывно видоизмѣняется; землетрясенія измѣняютъ ея рельефы; острова, лежащіе далеко отъ береговъ, по его мнѣнію, вулканическаго происхожденія, а лежащіе у береговъ отдѣлились отъ материковъ. Самые материки не представлялись ему неизбѣжными, нѣкоторые изъ частей могли быть прежде подъ водою, и въ свою очередь части, бывшія сушею, могутъ опуститься ниже уровня моря. Поверхность суши, по его утвержденію, непрерывно размывается текущими водами, уносящими въ море громадныя массы сплывшаго ими матеріала, который и отлагается у береговъ, а не посреди моря. Вѣтеръ тоже помогаетъ разрушенію земной поверхности, а всѣ эти силы вмѣстѣ обуславливаютъ образованіе рельефа земной коры на сушѣ.

Относительно морского дна у Страбона менѣе правильныя взгляды, потому что онъ судилъ о немъ только по примѣру того, что видѣлъ на сушѣ. Онъ допускалъ существованіе горныхъ цѣпей и долинъ, бороздящихъ морское дно. Онъ признавалъ, что всѣ моря и океанъ имѣли одинаковой уровень, при чемъ его поверхность совпадала со сферическою, имѣвшею свой центръ въ центрѣ земли. Онъ не смѣлъ высказать мысль, что развитіе береговой линіи по отношенію къ внутренней площади страны должно быть важно для умственнаго развитія населенія и его торговыхъ сношеній, такъ какъ море есть главный путь для сношеній людей между собою.

Страбонъ допускалъ существованіе другихъ, неизвѣстныхъ материковъ и народовъ, ихъ населяющихъ. Такимъ образомъ взгляды Страбона отличались широтою и широкостью и во многихъ отношеніяхъ опередили свое время, за ними слѣдуетъ признать первенство во многихъ отношеніяхъ.

Въ I-е столѣтіе христіанской эры александрійскій мореплаватель Гиппалусъ открылъ существованіе муссоновъ и способъ ими пользоваться для плаванія въ Индію и обратно, чѣмъ облегчилъ и ускорилъ сношенія европейцевъ съ востокомъ.

Почти современникъ Страбона, но не грекъ, какъ послѣдній, а римлянинъ Сенека (род. 4 г. до Р. Х., ск. 65 г. по Р. Х.), воспитатель

Пероня, одинъ изъ выдающихся римскихъ ученыхъ, много занимался физико-географическими вопросами. Ему принадлежитъ одна изъ космогоническихъ гипотезъ, согласно которой міръ произошелъ изъ хаоса, въ которомъ постепенно воды отделились отъ суши. Онъ считалъ океанъ существовавшимъ отъ начала времени и признавалъ, что его воды есть источникъ всѣхъ водъ суши. Онъ совершенно правильно считалъ испареніе источникомъ текущихъ водъ. Послѣднія, по его мнѣнію, не только разрушаютъ матеріи своимъ механическимъ дѣйствіемъ, но и химически выщелачиваютъ породы, изъ которыхъ сложена земная кора, при чемъ даже самыя твердыя породы не могли сопротивляться этому дѣйствію на ихъ воды. Онъ обратилъ вниманіе на разрушеніе береговъ, производимое прибоемъ, и на отложеніе получившагося такимъ путемъ матеріала у береговъ и переноса его теченіями и приливами. Поверхность океана и морей, по его мнѣнію, сферична и уровень ихъ постояненъ, такъ какъ испареніе равно количеству воды, вливаемой въ океанъ рѣками и дождями. Отсюда онъ заключалъ, что и соленость океана и морей должна быть тоже постоянна.

Другой римскій писатель Плиній старшій (23—79 г. по Р. X.) не прибавилъ ничего къ широкимъ взглядамъ Страбона и Сенеки. Онъ занялся мыслью собрать и описать рѣшительно все извѣстное людямъ его времени, и хотя въ его трудахъ имѣется много географическихъ свѣдѣній (4 тома изъ 37), но сообщаемыя имъ данныя изложены очень кратко, и у него отсутствуетъ очень часто творческая работа, возбуждаемая описываемымъ матеріаломъ. Повидимому, это есть слѣдствіе громадности той задачи, какую онъ себѣ поставилъ — создать одному такой трудъ, который впоследствии представлялъ собою работу многихъ людей (энциклопедію). Недостаточность обработки и критики искупается у Плинія тѣмъ, что, только благодаря его неутомимому труду, было сохранено многое изъ работъ ученыхъ древняго міра, въ подлинникахъ до насъ не дошедшихъ вовсе.

Въ началѣ II столѣтія по Р. X. Маріанъ изъ города Тира (старый финикійскій городъ, возобновленный Александромъ) написалъ трудъ по географіи, гдѣ высказалъ взгляды, совершенно противоположные своимъ предшественникамъ, а именно, что три материка, Европа, Азія и Африка, не омываются единымъ океаномъ, а, напротивъ того, суша охватывается океанами, образуя изъ нихъ замкнутыя, отдѣльныя массы водъ.

Во II вѣкѣ въ Александріи трудился знаменитый географъ древняго періода Клавдій Птоломей, который очень много сдѣлалъ для собиранія всего имѣющагося тогда въ наукѣ матеріала. Онъ построилъ первую настоящую карту въ конической проекціи и далъ объясненіе свѣдѣній, собранныхъ имъ для составленія его атласа. Но онъ сдѣлалъ крупную ошибку, послѣдовавъ примѣру своего ближайшаго предшественника К. Марина, и на своихъ картахъ представилъ Индійскій ок. въ видѣ замкнутаго моря, отдѣленнаго отъ Атлантическаго ок. На его картахъ берегъ южной Африки, начиная приблизительно съ 20° ю. ш., заворачивается на востокъ, охватываетъ съ юга Индійскій ок., и соединяется съ берегами Китая.

Списокъ мѣстъ, послужившій для составленія атласа и содержащій около 8.000 названій, сопровождался указаніями широтъ и долготъ каждаго мѣста, выведенныхъ авторомъ изъ разныхъ данныхъ. Огромная работа и притомъ плохо проработанная авторомъ, который не сумѣлъ критически разобрать бывшій у него матеріалъ. Однако главная ошибка Птолемея состояла въ уничтоженіи идеи единого океана, охватывающаго всю сушу.

Зато атласъ Птолемея содержитъ очень много новыхъ географическихъ указаній, отсутствовавшихъ у его предшественниковъ.

Птоломеемъ заканчивается древній періодъ исторіи развитія географическихъ наукъ. Въ теченіе всего этого времени господствовало два взгляда: одинъ, полагавшій, что известная тогда суша была островомъ, окруженнымъ единымъ океаномъ. Это взгляды всѣхъ предшественниковъ Птолемея, и другой взглядъ, самого Птолемея, что суша охватываетъ океаны и раздѣляетъ ихъ на отдѣльные обособленные моря. Этотъ послѣдній взглядъ, подтвержденный атласомъ и таблицами географическихъ положеній мѣстъ, въ соціальную, приобрѣлъ широкое распространеніе и удержался въ наукѣ до XV столѣтія.

Средніе вѣка и эпоха Возрожденія.— Со смертію К. Птолемея отошелъ въ вѣчность послѣдній географъ древняго міра, и послѣ него въ теченіе долгаго времени не было ничего выдающагося въ области географіи, имело до момента гибели Римской имперіи (V в.), послѣ

чего наступилъ уже политическій застой во всѣхъ отрасляхъ науки, продолжавшійся до IX столѣтія.

Нашествія иноземныхъ племенъ совершенно заили Европу и остатки ея древней цивилизаціи. Въ эти времена монастыри были единственными приютищами, гдѣ спасались обломки бывшаго умственнаго развитія Европы. Все послѣдствіе опыта и умственной работы многихъ вѣковъ погибло и надолго стало недоступнымъ, все приходилось начинать сызнова, почему неудивительно, что человеческій умъ снова сталъ проходить въ своемъ развитіи тѣ же ступени, какъ и въ древности. Многія заблужденія, давно окончательно разрѣшенныя, приходилось снова обдумывать, и предположенія, потерявшія всякое научное значеніе еще въ древнемъ мірѣ, снова получили право гражданства. Въ географическихъ воззрѣніяхъ людей, напримѣръ, затерялось даже самое представленіе о сферичности земли, замѣненное идеей о четырехугольномъ ея видѣ *), или уже довольно совершенныя карты Птолемея замѣнились картами (XI ст.), не отличающимися ничѣмъ отъ представленій времени Гомера и изображавшими всю известную сушу въ видѣ круга, раздѣленнаго на три части. Восточная половина представляла Азію и отдѣлялась меридиональнымъ проливомъ (рѣки Нилъ и Тананисъ, современный Донъ) отъ двухъ четвертей западной полуокружности, раздѣленныхъ Средиземнымъ м. и представлявшихъ Европу и Африку.

Въ VII ст. на югѣ Средиземнаго м. появился новый народъ завоевателей—арабы, сумѣвшіе въ промежутокъ около 100 л. создать монархію больше римской, простиравшуюся отъ Индіи до Атлантическаго ок. Арабы, какъ народъ торговый, быстро завязали сношенія съ отдаленными странами, граничившими съ ихъ владѣніями, и стали плавать въ Индію и Китай (IX ст.), который они впервые непосредственно связали съ Европою. Арабы вывезли изъ Китая приборъ—компасъ, оказавшій огромное вліяніе на мореплаваніе и на начертаніе на морскихъ картахъ болѣе правильныхъ направленій береговъ. Однако, несмотря на свои путешествія и плаванія, арабы на своихъ картахъ повторяли ошибку Птолемея, продолжая изображать Индійскій ок. замкнутымъ моремъ.

Одинъ изъ выдающихся арабскихъ географовъ Маассуди (X ст.) имѣлъ уже понятіе о круговоротѣ воды на землѣ, но объ остальныхъ явленіяхъ въ океанѣ арабы были весьма плохо освѣдомлены.

*) Мысли и идеи Космы Индиконента, напечатанныя въ его „Христіанской Географіи“, VI ст.

Въ XI столѣтіи норвежскіе мореплаватели постепенно открыли Гренландію, Лабрадоръ, Ньюфаундлендъ и берега сѣверо-восточной Америки. Въ теченіе около трехъ столѣтій они поддерживали плаванія къ этимъ берегамъ, но эти открытія не имѣли никакого вліянія на расширеніе свѣдѣній въ Европѣ. Средневѣковой застой былъ такъ могущественъ, что открытіе норманновъ успѣло совершенно позабыться, и Америку пришлось потомъ исторично открывать.

Въ XIII и XIV столѣтіяхъ, благодаря пользованію компасомъ, среди моряковъ Италіи и вообще сѣвернаго берега Средиземнаго м. постепенно начали составляться карты, на которыхъ берега получали очень правильныя и вѣрныя очертанія, благодаря болѣе вѣрнымъ прокладкамъ курсовъ корабля при плаваніяхъ вдоль береговъ. Такія карты получили названіе компасныхъ картъ или портулановъ, изъ нихъ древнѣйшая дошедшая до насъ есть карта Н. Висконтіи изъ Генуи отъ 1311 г. На одной изъ болѣе извѣстныхъ компасныхъ картъ, дошедшихъ до насъ (хранится въ Парижской бібліотекѣ), такъ называемомъ Каталанскомъ портуланѣ 1375 г., нанесена Индія, и берега Африки уже не омываются съ юга Индійскаго ок.

Развитіе торговыхъ сношеній итальянскихъ республикъ и соединенныя съ этимъ плаванія ихъ флотовъ и сухопутныя путешествія значительно расширили свѣдѣнія европейцевъ; путешествіе венеціанца Марко Поло (XIII ст.), предпринятое тоже съ торговыми цѣлями, впервые ознакомило Европу съ Китаемъ и берегами Азіи на востокъ и югъ, вокругъ которыхъ онъ вернулся изъ Китая послѣ 25-лѣтняго отсутствія. Это путешествіе окончательно утвердило убѣжденіе, что восточные берега Азіи омываются океаномъ. Новыя географическія представленія были изображены на картѣ флорентинскаго астронома Тосканелли (1474 г.), гдѣ показаны берега Европы и Азіи, раздѣленные только океаномъ, при чемъ разстояніе между ними было болѣе чѣмъ въ три раза меньше дѣйствительнаго.

Въ это же время на западныхъ берегахъ Иберійскаго полуострова подготовлялись важныя географическія событія среди небольшого народа, до той поры ничѣмъ особеннымъ себя не проявившаго. Послѣ изгнанія мавровъ изъ Испаніи, португальцы перенесли войну съ ними на африканскій берегъ, овладѣли тамъ крѣпостью Сеута и отсюда начали посылать экспедиціи вдоль береговъ Африки къ югу. Руководимые предусмотрительнымъ и талантливымъ принцемъ Генрихомъ, получи-

внимъ потомъ прозвище «навигатора», португальскіе мореходы съ начала XV ст. (съ 1415 г.) постепенно двигаются вдоль береговъ все далѣе и далѣе къ югу и черезъ пять столѣтій доходятъ до экватора (1471 г.). Въ одномъ изъ послѣдующихъ плаваній, въ качествѣ астронома, принималъ участіе Мартынъ Бегеймъ, который потомъ въ Нюрнбергѣ (своей родинѣ) построилъ глобусъ съ навесеніемъ на него всѣхъ известныхъ ему географическихъ открытій (1492 г. см. карту I). Наконецъ въ 1486 г. португальцами была снаряжена еще одна экспедиція изъ трехъ судовъ подъ командою Бартоломея Диаса, который отъ крайней точки африканскаго берега, достигнутой предшествующей экспедиціей, прошелъ далѣе на югъ открытымъ океаномъ и, обогнувъ Африку въ западной оконечности, присталъ къ берегу ея уже въ Индійскомъ ок., и только на обратномъ пути, идя вдоль берега, онъ открылъ южную оконечность Африки, окрещенную имъ мысомъ Буръ; потомъ король Португаліи измѣнилъ это названіе въ и. Доброй Надежды будущаго открытія морского пути въ Азію. Такимъ образомъ легенда о возможности обогнуть Африку съ юга, зародившаяся еще въ IV вѣкѣ до Р. X., получила подтвержденіе только въ концѣ XV ст., т.-е. черезъ 2.000 лѣтъ.

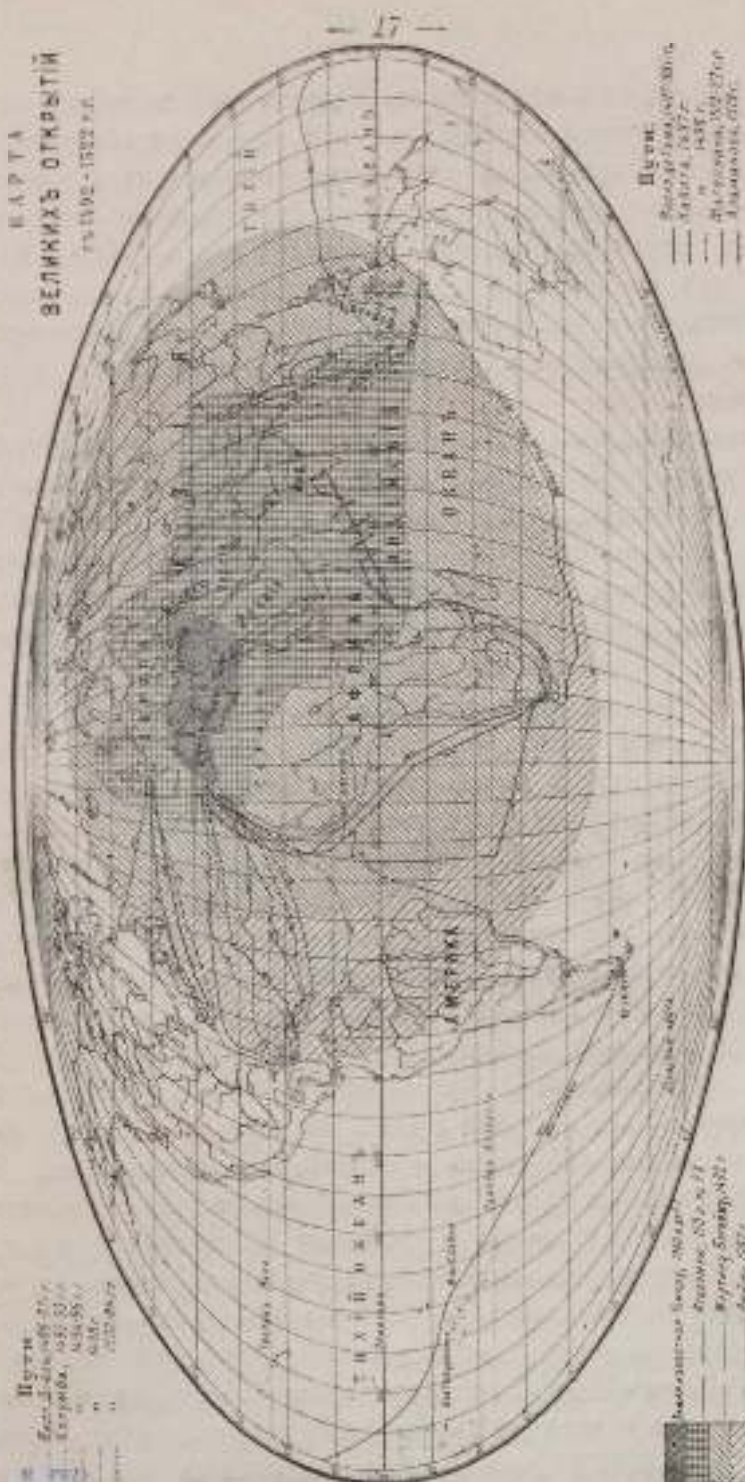
Медленное и постепенное движеніе португальскихъ мореплавателей къ югу незамѣтнымъ образомъ подготовило многія событія, которыя вскорѣ послѣдовали за столь важнымъ обстоятельствомъ, каковымъ было открытіе непрерывнаго воднаго пути изъ Атлантическаго ок. въ Индійскій.

Во времена могущества арабской имперіи, владѣвшей всѣмъ южнымъ побережьемъ Средиземнаго м., значительною частью африканскаго материка и обширными владѣніями на востокъ, вся европейская торговля съ Индіей, Зондскими о-вами и Китаемъ шла черезъ посредство жителей Индіи и арабовъ, владѣвшихъ Александріей, портомъ міровой торговли со времени ея основанія. Подобное посредничество, конечно, обходилось не дешево, и все привозимое съ востока оплачивалось очень дорого и притомъ еще многое непосредственно золотомъ, а не товарами въ обмѣнъ, такъ какъ востокъ того времени не нуждался въ европейскихъ товарахъ *). Все это сознавалось на западѣ, и желаніе освобо-

*) Кое императоръ Тиберій жаловался о такомъ вывозѣ золота на востокъ, а при Цинцѣ (I ст.) ежегодно черезъ Александрію уходило туда 40 до полумилиона римской золотой монеты. Съ востока шли естественныя произведенія: пряности, ладанъ, корица, дорогое цѣнное дерево, каучукъ, всѣства, драгоценныя камни и жемчугъ. Изъ Индіи, к

Источн.
Бот. Л. 1898, стр. 27.
Бот. Л. 1898, стр. 27.
Бот. Л. 1898, стр. 27.
Бот. Л. 1898, стр. 27.
Бот. Л. 1898, стр. 27.

КАРТА
ВЕЛИКИХ ОТКРЫТИЙ
1810-1892 г.г.



Фиг. 1. Географическая карта великих открытий 1810-1892 г.г.

даться и обойтись безъ посредниковъ существовало въ теченіе многихъ столѣтій; оно заглохло во времена полнаго застоя цивилизаціи въ средніе вѣка, но снова прозябло, какъ только воспрянули торговля сношенія съ востокомъ, благодаря обновленному торговому мореплаванію итальянскихъ вольныхъ городовъ (Венеція, Генуя, Пиза, Неаполь, Амальфи и др.), обладавшихъ большими флотами, не только торговыми, но и военными. Къ нимъ потомъ (въ XIII и XIV ст.) присоединилось еще торговое мореплаваніе жителей Иберійскаго полуострова, испанцевъ и португальцевъ.

Другою причиною, которая особенно толкала европейцевъ искать свободнаго морского пути въ Азію, было закрытіе старинныхъ торговыхъ путей на востокъ, какъ сухопутныхъ (по которымъ прошелъ Марко Поло), такъ и морскихъ черезъ Красное м., вслѣдствіе извѣденія въ средней Азіи (Туркестанѣ и Персіи) въ X ст. новаго народа завоевателей—тюрковъ, которые оказались хуже всѣхъ предшественниковъ по своему низкому развитію и нетерпимости. Завоеваніе турками Дарданеллъ (1356 г.) закрыло путь въ Черное м., а завоеваніе Константинополя (1453 г.) совершенно прекратило возможность торговыхъ сношеній съ Близкимъ сухимъ путемъ, дорога же черезъ Красное м. была затруднена непомерными пошлинами, взимаемыми ослабѣвшими владыками калифата въ Египтѣ, имѣвшими въ нихъ свой главный источникъ дохода.

Совокупность указанныхъ условій давно заставляла европейцевъ думать объ открытіи самостоятельнаго пути на востокъ, и потому не удивительно, что среди нихъ нашолся къ концу XV ст. человѣкъ, вполне подготовившій себя къ выполненію такой задачи.

Такимъ лицомъ оказался Христофоръ Колумбъ или Колонъ, родомъ изъ Генуи (1456 г.—1506 г.), съ юнѣства плававшій на разныхъ судахъ, побывавшій и на крайнемъ, извѣстномъ тогда сѣверо-западѣ, въ Исландіи, и на югѣ, въ Гвинейскомъ зал., на португальскихъ судахъ. Столь дальнія плаванія подготовили въ немъ смѣлаго и умѣлаго моряка, которому никакой переходъ открытымъ моремъ не казался невыполнимымъ. Къ тому же мысль о возможности, иди изъ запада, достигнуть изъ Европы береговъ Азіи существовала у людей еще въ древнемъ мірѣ. Всѣ ученые знатоки того времени утверждали возможность подобнаго плаванія и вслѣдствіе отсутствія средствъ для сколько-нибудь порядочнаго опредѣленія долготы сильно ошибались при опредѣленіи

разстоянія по параллели между берегами западной Европы и Китая, считая, что их разделяет полоса океана не болѣе 130° долготы *) вместо 230°. Перенесла Колумба съ Тосканелли, знакомство съ его картою, которая опредѣляла ширину Атлантическаго океана до Азии не болѣе трети окружности земли, извѣстные Колумбу случаи находокъ разныхъ предметов у береговъ Европы, все это доказывало ему существованіе на западѣ земли (при немъ пришло къ берегу о-ва Тенерифа неизвѣстной породы стволъ дерева съ корою, и онъ зналъ о многихъ такихъ случаяхъ, бывавшихъ и ранѣе **).

Оставалось найти средства для выполненія предпріятія; это было самое трудное, и только послѣ долгихъ хлопотъ испанская королева Изабелла согласилась на предложенія и условія Колумба ***). Было снаряжено три каравеллы, и 3-го Августа 1492 г. Колумбъ вышелъ къ морю, зашелъ на Канарскіе о-ва (см. карту фиг. I) и отсюда пошелъ прямо на западъ. По пути онъ открылъ пассаты, сѣверное Экваторіальное теченіе, Саргассово море и впервые замѣтилъ существовавшее склопеніе магнитной стрѣлки. 12-го Октября 1492 г., черезъ 70 дней по выходѣ изъ Испаніи, была открыта первая земля (о-въ Санъ-Сальвадоръ или о-въ Ватлингъ, средний изъ группы Багамскихъ о-въ, лежитъ точно на 24° с. ш.). Послѣ посѣщенія Кубы и Гаити Колумбъ отправился въ обратный путь черезъ Азорскіе о-ва. По возвращеніи Колумба Испанія обратилась въ Римъ къ Папѣ, и послѣдній, утвердивъ все открытыя земли за кастильской короною (3-го Мая 1493 г.), одновременно опредѣлилъ, что меридіанъ, проходящій въ 100 испанскихъ миляхъ къ западу отъ о-ва Азорскихъ и Зеленаго мыса, будетъ границею между владѣніями испанцевъ и португальцевъ. Все, что будетъ открыто къ западу — есть достояніе Испаніи, а все, что — къ востоку, составитъ собственность Португаліи.

*) Еще Эратосвенъ (III в. до Р. X.) замѣтилъ, что, идя на западъ по параллели о-ва Родоса, можно дойти до Индіи, если бы тому не препятствовала большая ширина Атлантическаго ок. По мнѣнію Эратосвена, это разстояніе въ градусахъ было около 240°, что было вѣрно; но изъ среднихъ вѣкъ столь правильное представленіе было искажено.

**) Португальскій морякъ М. Виссенте вылавлялъ въ морѣ на широтѣ Азорскихъ о-въ куски дерева съ резьбою по нему. Такіе же куски выдалъ и Колумбъ на Азорскихъ островахъ.

***) Условія Колумба были не малыя, превосходящія все до тѣхъ выговаривавшееся подобными лицами; онъ требовалъ дворянство, чинъ адмирала, власть и титулъ вице-короля будущихъ владѣній, десятую часть доходовъ и восьмую часть отъ могущихъ образоваться монополій.

Послѣдующія три плаванія Колумба, нанесенныя на приложенную здѣсь карту (фиг. I), не имѣютъ прямого значенія для океанографіи.

Тѣмъ временемъ другой итальянецъ, сынъ выходца изъ Венеціи, переселившійся изъ Англію, Собастіанъ Каботъ предпринялъ плаваніе на западъ тоже для открытія пути въ Китай. Правильно предположивъ, что въ большей широтѣ переходъ будетъ короче, онъ вышелъ весною 1497 г. изъ Бристола, и открылъ Лабрадоръ.

Во второе плаваніе 1498 г. Каботъ открылъ Ньюфаундлендъ, замѣтилъ Лабрадорское холодное теченіе и, обследовавъ берега Америки до м. Гаттераса, вернулся въ Англію, будучи первымъ изъ мореплавателей, который сознательно воспользовался для ускоренія своего плаванія теченіемъ Гольфстрима.

Открытія испанцевъ и англичанъ пробудили энергію въ португальцахъ, до того медлившихъ воспользоваться путемъ въ Индію, открытымъ Б. Диашомъ. Въ 1497 г. (8-го Іюля) три корабля подъ командою Васко-да-Гамы отправились изъ Лиссабона, обогнули мысъ Доброй Надежды (22-го ноября) и съ трудомъ поплы на сѣверъ, ознакомившись на дѣлѣ съ сильнымъ Мозамбическимъ теченіемъ. Получивъ въ Молиндѣ (портъ на берегу Африки у сѣвернаго выхода изъ Мозамбическаго пр.) арабскаго лодчмана, эскадра, пользуясь юго-западнымъ муссономъ, пересѣкла океанъ и (20-го мая) весною 1498 г. вошла въ портъ Каликутта на юго-восточномъ берегу Индостана. Обратный путь противъ муссона былъ долгъ, и только въ концѣ лѣта 1499 г. Гама вернулся въ Лиссабонъ съ извѣстіемъ объ открытіи пути въ Индію.

Спустя же всего 20 л. (въ 1520 г.) португальцы успѣли овладѣть Малаккою и многими Зондскими о-ми и владѣть торговыми отношеніями съ туземцами, приносящими имъ большой доходъ.

Тѣмъ временемъ испанцы въ Америкѣ, двигаясь къ югу сушимъ путемъ, пересѣкая черезъ невысокія горы на Панамскомъ перешейкѣ, открыли Тихій ок. Бальбоа, открывшій новый океанъ въ 1513 г., (25-го Сент.), далъ ему названіе Южнаго (Mar del Sur), такъ какъ онъ лежалъ къ югу отъ Панамскаго перешейка, съ котораго Бальбоа впервые увидалъ это море.

Въ 1513 г. лодчманъ Жуанъ Аламинось открылъ начало Гольфстрима, а въ 1519 г. онъ имъ уже сознательно воспользовался для перехода въ Европу въ болѣе короткій срокъ. Однако всѣ завоеванія новыхъ земель въ Америкѣ нисколько не приближали испанцевъ къ той

цели, какую они себѣ поставили еще при снаряженіи первой экспедиціи Колумба, а именно открытіе морского пути въ Индію и къ Зондскимъ о-мъ. Но въ это-то обстоятельство, совместно съ успѣхами португальцевъ въ Индіи и невозможностью найти проходъ въ Тихій ок. черезъ Панамакій перешеекъ, заставляли Испанію довольно легко согласиться на предложеніе опытнаго португальскаго моряка Фердинанда Магеллана*), побывавшаго на Зондскихъ о-хъ и въ Африкѣ и обизаеннаго португальскимъ правительствомъ, что заставило его перейти на службу Испаніи.

Магелланъ пришелъ къ убѣжденію, что Молуккскіе о-ва лежать уже по другую, индѣйскую, сторону меридіана, раздѣлишаго свѣтъ между Испаніей и Португаліей, и слѣдовательно, если къ нимъ подойти съ запада, путемъ, который по мнѣнію Магеллана былъ короче**), нежели вокругъ Африки, то присоединеніе этихъ острововъ общало дать большія торговныя выгоды Испаніи. Въ возможности же обогнуть Америку съ юга Магелланъ былъ убѣжденъ.

20-го Сентября 1519 г. Магелланъ во главѣ эскадры изъ пяти судовъ вышелъ въ плаваніе; черезъ два мѣсяца онъ былъ у устья р. Ла-Платы, южнѣе которой въ одной изъ бухтъ онъ рѣшилъ переждать вѣсную зиму. Въ Августѣ 1520 г. Магелланъ съ четырьмя судами (одно потерпѣло крушеніе у береговъ Америки) пошелъ вдоль берега къ югу, отыскивая ожидаемый проходъ или оконечность Америки, и 21-го Октября нашелъ глубоко вдавшійся въ сушу заливъ. Слѣдуя имъ на западъ, только послѣ мѣсячнаго труднаго плаванія онъ дошелъ до выхода въ Тихій ок. (27-го Ноября***).

Ошибаясь въ своей долготѣ, Магелланъ, вѣроятно, не предполагалъ столь длиннаго перехода, какой ему предстоялъ, и храбро взялъ

*) Настоящее его имя произносится по-португальски иначе и точнѣе передается такъ: Фернандъ дель-Магальянсъ. Родился въ 1480 г., убитъ въ 1521 г. на Филиппинскихъ о-хъ.

**) Въ тѣ времена еще ошибались въ долготѣхъ, разныхъ мѣстъ земного шара, и потому неудивительно и ошибка Магеллана, думавшаго, что Молуккскіе о-ва лежать въ 275° долготы къ востоку отъ меридіана, который былъ объявленъ Панамою границею между португальскими и испанскими владѣніями.

Такъ же неудивительно и другая ошибка Магеллана въ опредѣленіи разности долготы между Молуккскими о-ми и Южною Америкою, заставлявшая его думать, что разстояніе отъ Америки до Молуккскихъ о-въ меньше, нежели отъ н. Доброй Надежды до тѣхъ же острововъ. Такую же ошибку дѣлалъ и Колумбъ, какъ было указано выше.

***). Въ проливѣ одно изъ судовъ эскадры было послано на развѣдочную. Вернувшись, оно не нашло эскадры, переживавшей жѣсто, и возвратилось въ Испанію самоюлою. Это былъ лучший корабль эскадры.

курсъ сперва къ сѣверу (см. карту I, стр. 17), а затѣмъ къ сѣверо-западу и пересѣкъ океана въ 39 дней, встрѣтивъ по пути только два необитаемыхъ островка. Необыкновенно тихія погоды за весь огромный переходъ навели Магеллана на мысль дать этому новому океану названіе Тихаго.

Между этими двумя островами Магелланъ сдѣлалъ попытку, первую въ исторіи океанографіи, измѣрить глубину океана; но лотъ не досталъ дна, откуда мореплаватель немного поспѣшно заключилъ, что онъ находится надъ самою глубокою частью океана.

6-го Марта наконецъ увидали Маріанскіе о-ва (названные тогда Ладронсъ-Воровскіе, потому что туземцы съ нихъ отличались этимъ качествомъ). Пополнивъ тутъ запасы, пошли на западъ и 16-го достигли Филиппинскихъ о-въ. Здѣсь въ битвѣ съ туземцами 27-го Апрѣля Магелланъ погибъ. Съ двумя оставшимися кораблями испанцы продолжали путь къ югу, и послѣ долгаго и труднаго плаванія со многими приключеніями въ началѣ Ноября (1521 г.) достигли Молуккскихъ о-въ (о-ва Тидоре), гдѣ уже оказались португальскіе агенты. Нагружившись запасомъ приностей, испанцы готовы были идти изъ Еироу черезъ Индійскій ок., но одно изъ судовъ сильно потекло, его было рѣшено оставить съ командою для починки, чтобы потомъ оно вернулось въ Америку къ Панамскому перешейку, гдѣ были испанскія колоніи. Другое же судно *Викторія*, корабль Магеллана подъ командою Себастьяно де-Эль-кано, прошелъ черезъ Зондскій архипелагъ, пересѣкъ Индійскій ок. (см. карту I, стр. 17), обогнулъ Африку и 6-го Сентября 1522 г. вошелъ въ ту же гавань, откуда вышелъ въ плаваніе три года назадъ *).

Плаваніе Магеллана несомѣнно заканчиваетъ одну эпоху и начинается другую. Не говоря о томъ, что и самъ плавъ экспедиціи свидѣтельствуетъ о выдающихся умственныхъ способностяхъ Магеллана, его выполненіе требовало громаднаго характера, силы воли и умѣнья владѣть людьми. Послѣ цѣлаго ряда лишеній и трудностей заставить, вопреки общему мнѣнію команды и офицеровъ, дойти до незнакомнаго выхода изъ пролива и потомъ смѣло направить свой курсъ черезъ неизвѣстный океанъ и достигнуть именно тѣхъ мѣстъ, куда необходимо было прійти, и все это выполнить впервые—заслуга не малая.

Заслуга Магеллана передъ наукою и людьми больше, нежели

*) Санъ Лукаръ де-Баррахеда, при устьѣ Гвадалкивира, портъ в. Севильи.

важные подвиги Колумба и Васко да-Гамы. Они впервые доказали окончательно, что земля есть шаръ, и открыли и пересѣкли обширѣйшій океанъ, составляющій ровно треть земной поверхности.

Плаваніе Магеллана имѣло громадное географическое значеніе: оно впервые указало на размѣры соотношенія между сушею и водою на землѣ и показало воочию громадное преобладаніе водной поверхности. Уже одного этого факта было достаточно, чтобы показать важное значеніе океанографіи среди другихъ географическихъ наукъ, а также и большое ея вліяніе на экономическій бытъ людей.

Послѣ Магеллана была снаряжена еще одна экспедиція тѣмъ же путемъ, и также два испанскихъ корабля изъ гаваней Тихаго ок. въ Центральной Америкѣ пришли этимъ путемъ на Молуккскіе о-ва, чѣмъ и закончились всѣ плаванія испанцевъ поперекъ Тихаго ок.

Итакъ, въ промежутокъ времени отъ 1487 г. по 1522 г., т.-е. всего въ 35 лѣтъ, было открыто болѣе половины земной поверхности, вотъ почему этотъ промежутокъ времени по заслугамъ и называется *эпохою великихъ открытій*.

На картѣ I-й (стр. 17) показаны сравнительныя площади земной поверхности, извѣстныя въ опредѣленные времена. Какъ на ней видно, при Гомерѣ знали только мѣстности, прилегающія къ Средиземному м. Область, извѣстная Птоломею, уже много обширнѣе. Пространство, вычерченное на глобусѣ М. Богейма наканунѣ открытій Колумба, охватываетъ весь Старый свѣтъ. Плаванія Колумба и его современниковъ и соперниковъ къ берегамъ Америки прибавили къ 1507 г. на картѣ Рюйша только нѣкоторую область на западѣ, и затѣмъ плаваніе Магеллана сразу отрывавшее остальную часть земной поверхности, оказавшуюся исключительно занятою водою.

Развитіе океанографіи послѣ эпохи великихъ открытій до Кука.—Большое торговое значеніе морского пути въ Индію вокругъ Африки, вслѣдствіе его меньшаго разстоянія и удобства, благодаря муссонамъ, позволявшимъ всегда ходить попутнымъ вѣтрамъ, сдѣлало этотъ путь сейчасъ же по его открытіи очень посѣщаемымъ. Совершенно въ другомъ положеніи оказался путь черезъ Магеллановъ проливъ, онъ былъ длиннѣе и труднѣе, и обратно ему пройти испанцы такъ и не смогли *).

*) Попытки пройти вдоль экватора въ Тихомъ ок. отъ Молуккскихъ о-въ на востокъ къ Пакижскому заливу *Тринидада* второго корабля эскорта Магеллана (первый *Вас-*

Къ тому же испанцы къ этому времени занялись покореніемъ южной Америки, и послѣ Магеллана и эскадры Лоайаса, отправленной Карломъ V въ 1525 г. тѣмъ же путемъ черезъ Магеллановъ пр. къ Молуккскимъ о-мъ, долго не было покоренія кругосвѣтнаго плаванія. Только въ 1577 г. англичанинъ Дрэкъ (1545—1595), да и то вынужденный къ тому обстоятельствами, совершилъ переходъ отъ бухты Санъ-Франциско къ Зондскому архипелагу и черезъ Индійскій ок. въ Европу. Во время этого плаванія, немедленно по выходѣ изъ Магелланова пр. къ Тихій ок., буря заставила Дрэка уйти въ болѣе южныя широты, а теченіемъ его отнесло къ востоку настолько, что Дрэкъ обогнулъ м. Горнъ *) и убѣдился, что на 56° ю. ш. Америка оканчивается.

Первыя голландскія и англійскія попытки плаваній въ сѣверный Ледовитый ок. принесли много новаго для географіи, но мало обогатили океанографію, потому что онѣ имѣли цѣлю отысканіе сѣверо-восточнаго и сѣверо-западнаго проходовъ вокругъ Азіи и Америки съ сѣвера для открытія пути въ Китай и Индію, такъ какъ удобный путь кругомъ м. Доброй Надежды, будучи въ рукахъ сперва португальцевъ, а потомъ голландцевъ, оставался недоступнымъ для другихъ мореходныхъ народовъ.

Въ XVI ст. европейцы подвинулись немного болѣе въ знаніи Зондскаго архипелага, и появились намеки на существованіе Австраліи (Terra Australis). Въ срединѣ XVII ст. голландскіе мореплаватели сдѣлали много въ этомъ отношеніи, и больше другихъ Тасманъ (1603—1659), который первый обогнулъ съ юга Австралію и открылъ западный берегъ Новой Зеландіи (1642 г.), при чемъ онъ высказалъ мнѣніе, что это есть берегъ предполагаемаго южнаго материка.

Въ теченіе XVII ст. плаванія англичанъ въ сѣверо-американскомъ архипелагѣ дали свѣдѣнія объ этихъ полярныхъ земляхъ, а прибреж-

торія съ зѣмлемъ ушелъ кругомъ м. Добр. Надежды не удалось; корабль 6-го Апр. 1522 г. вышелъ въ Тихій ок. и не могъ найти носовъ несущихъ западныхъ вѣтровъ и въ Окт. долженъ былъ вернуться обратно къ Молуккскимъ о-мъ, гдѣ португальцы взяли ихъ въ плѣнъ и держали два года, такъ что только три матроса и священникъ въ 1526 г. возвратились въ Испанію. Также не смогли испанцы и въ 1528 г. на судахъ, посланныхъ изъ Центральной Америки, вернуться съ Филиппинскихъ о-въ въ Мексикъ, вслѣдствіе того же пассата, противъ котораго ихъ корабли плохо заворачивали, борясь въ то же время еще и съ противнымъ Экваторіальнымъ теченіемъ.

*) Названіе м. Горнъ было дано не Дрэкомъ, а голландскими мореплавателями Шутенъ и Ж. де-Маръ, обогнувшими мысъ 29-го Янв. 1616 г. Собственно, они назвали его мысъ Гоорнъ, въ память родного города де-Мара.

ныя плаванія казаковъ вдоль Сибири на востокъ охватили весь сѣверо-восточный берегъ Азии, и наконецъ въ 1648 г. казаки Сементъ Дежневъ открылъ ея восточную оконечность *) и показалъ, что она отдѣлена отъ Америки проливомъ. Открытіе, забытое потомъ, было сдѣлано вновь въ 1728 г. В. Берингомъ, датскимъ морякомъ, перешедшимъ на службу Россіи по приглашенію Петра I.

Въ теченіе первой половины XVIII ст. необходимо отмѣнить громадное географическое предпріятіе русскихъ, а именно первое обследование всего сѣвернаго берега Европы и Азии отъ Бѣлаго м. до р. Колымы, выполненное Большою Сѣвѣрною экспедиціей, работавшей съ 1734 по 1741 г. Ея труды до начала XX ст. во многихъ частяхъ этого протяженія берега были единственными о немъ данными.

По отношенію же къ изслѣдованію океановъ, съ 1648 г. по 1764 г., т.-е. въ теченіе болѣе ста лѣтъ не было сдѣлано ничего выдающагося. Предшествовавшее время оставило слишкомъ много новыхъ матеріаловъ и новыхъ задачъ, обработкою коихъ и были поглощены европейцы (XVII ст. принадлежитъ честь открытія закона всемірнаго тяготѣнія Ньютономъ, первыхъ болѣе точныхъ размѣровъ земли и наконецъ установленіе, что земля не шаръ, а тѣло, близкое къ эллипсоиду вращенія).

Развитіе океанографическихъ идей со времени эпохи великихъ открытій. — *Названія океановъ.* — Плаваніе Магеллана обратило вниманіе ученаго міра на океаны. Первый, рассмотрѣнный критически существовавшій названія океановъ, были Вареній **); онъ окончательно утвердилъ названія: Атлантическій, лежащій между Старымъ и Новымъ свѣтомъ; Тихій — между Азіей и Америкою; Гиперборейскій — около сѣвернаго полюса; Южный — вокругъ Южнаго материка, къ нему былъ отнесенъ и Индійскій ок.

Делиль потомъ (1700 г.) въ своемъ атласѣ принялъ названія: Сѣвернаго моря — для всего Атлантическаго ок., Индійскаго ок., Южнаго м. или Тихаго ок.

Карты океановъ. — Первые гидрографическіе условные знаки на морскихъ картахъ появились на испанской картѣ 1527 г., паходившей

*) Сементъ Дежневъ родомъ изъ Великаго Устюга, Вологодской губ. Мысль сперва называть просто Восточнымъ, но въ 1888 г., по представленію Императорскаго Русскаго Географическаго Общества, онъ былъ переименованъ именемъ Дежнева. Въ 1648 г. Дежневъ открылъ и Камчатку.

**) Varenius (1622—1650), „Geographia generalis in qua affectiones generales telluris explicantur“, 1650.

въ библіотекѣ въ Веймарѣ. На ней обозначены рифы и мелі помощью крестиковъ и точекъ. Съ этого времени число гидрографическихъ условныхъ знаковъ постепенно увеличивается. Въ 1579 г. появился первый атласъ, представлявшій вполнѣ самостоятельный трудъ, а не дополненное переизданіе Итолема, какъ предшествовавшіе; онъ былъ составленъ фламандцемъ А. Ортеліусомъ *).

Современникъ и другъ его Г. Меркаторъ **) обратилъ вниманіе на математическую сторону картографіи—способы проекцій и изобрѣлъ свою проекцію, употребляемую и до сихъ поръ во многихъ случаяхъ, а для морскихъ картъ и постоянно.

Въ серединѣ XVIII ст. (1737 г.) относится первая попытка представить наглядно рельефъ дна при помощи линій равныхъ глубинъ, сдѣланная французскимъ географомъ Бюашемъ ***) (1700—1773), который въ своемъ трудѣ подробно разбираетъ вопросъ о раздѣленіи океановъ.

На первыхъ морскихъ картахъ XVI, XVII и XVIII ст. глубины и линіи равныхъ глубинъ назначались только вдоль береговъ, т.-е. только тамъ, гдѣ онѣ имѣли навигаціонное значеніе.

Измѣреніе глубинъ.—Первая мысль о глубоководномъ лотѣ принадлежитъ кардиналу Н. Кузаносу (1401—1464), онъ предложилъ приборъ, состоявшій изъ двухъ частей, одна была поплавокъ, а другая составляла грузъ, такъ соединенный съ поплавкомъ, что, какъ только грузъ коснется дна, то поплавокъ отбѣлзился и всплывалъ; глубина вычислялась по времени, потребовавшемуся на погруженіе и поднятіе прибора. Послѣ Кузаноса та же идея неоднократно повторялась многими изобрѣтателями и также безуспѣшно, потому что невозможно замѣтить моментъ появленія поплавка, а при большихъ глубинахъ и вовсе его не найти, не говоря уже о неточности такого способа вычисленія глубины. Такимъ образомъ, кромѣ обыкновеннаго лота и лотлиня, другого способа для измѣренія глубинъ въ это время не существовало.

*) А. Ортеліусъ изъ Антверпа (1527—1598). „Abrahami Ortelii Theatri Orbis Terrarum Parergon, sive Vetus Geographiae Tabulae, commentariis geographicis et historicis Illustratae. 1579—1598“. Трудъ этотъ содержитъ полный списокъ матеріаловъ, послужившихъ для его составленія, что даетъ важное указаніе на состояніе географіи въ XVI ст. Каждая карта снабжена годомъ своего появленія.

**) Г. Меркаторъ (1512—1594; извѣст. имя Гергардъ Кремеръ), фламандецъ (около Антверпа). „Atlas, sive Cosmographicae meditationes de fabrica Mundi et fabricandi Figura“. 1585. Меркатору принадлежитъ введеніе названія—Атласъ, sive Teatrum orbis terrarum.

***). Вѣ его „Essai de géographie physique“, 1754.

Взгляд на характеръ рельефа дна океановъ. — Кирхеръ *) въ своемъ трудѣ удѣлилъ океанографіи одну главу, въ которой говорится о глубинахъ океановъ. По мнѣнію автора, рельефъ дна океановъ имѣетъ сходство съ рельефомъ суши, тамъ должны встрѣчаться такіе же возвышенности и пониженія, какъ и на сушѣ; при чемъ онъ полагаетъ, что наиболѣе глубины должны вообще лежать посреди океановъ, кромѣ тѣхъ мѣстъ, гдѣ берега суши очень высоки и обрывисты; здѣсь и болѣе глубины будутъ рядомъ. Это мнѣніе основано на измѣреніяхъ глубинъ около береговъ.

Взгляды другого географа Вареніуса (1650 г.) не лучше А. Кирхера, потому что и они въ основаніи не имѣли ни одного измѣренія глубинъ и были совершенно умозрительными.

Поддѣ (1725 г.) графъ Марсильи, написавшій первую океанографію**), держался мнѣнія, что существуетъ полный параллелизмъ между рельефомъ надводнымъ и подводнымъ.

Грунтъ дна. — Марсильи былъ первый авторъ, сдѣлавшій указанія на матеріалы, составляющіе грунтъ дна океана, который, по его мнѣнію, образованъ изъ верхнихъ слоевъ отложившихся иломъ, а подлинъ состоитъ изъ такихъ же горныхъ породъ, какъ и суша.

Глубоководныя температуры. — Наблюденія Марсильи въ Средиземномъ м. на небольшихъ глубинахъ привели его къ заключенію, что температура воды не измѣняется въ теченіе года. Бюффонъ (1750 г.) замѣтилъ, что свинцовый лотъ всегда поднимается со дна холоднымъ, и отсюда заключилъ объ убываніи температуры съ глубиною.

Первое наблюденіе температуры на болѣе значительныхъ глубинахъ было сдѣлано англичаниномъ капитаномъ Далиемъ (1749 г.) у NW береговъ Африки на глубинахъ около 1.190 м.—1.630 м. (650—890 м. с.) при помощи простѣйшаго батометра съ термометромъ внутри. Термометръ показалъ на этихъ глубинахъ температуру въ 11°,7; Далиемъ совершенно правильно заключилъ отсюда, что во время поднятія прибора термометръ нагрѣвался верхними слоями воды.

Соленость. — Вареніусъ въ своемъ трудѣ по географіи высказываетъ мнѣніе, что, во-первыхъ, океанъ всегда былъ соленымъ, и, во-вторыхъ, что существуетъ постоянный приносъ въ океанъ частицъ соли вмѣстѣ съ стекающими изъ него прѣсными водами. Онъ полагаетъ, что

*) „Mundus Subterraneus“, 1685, Amsterdani, tomus III-я. A. Kircher (1601—1680).

**) „Histoire physique de la Mer“, Amsterdam, 1725, par L. F. Comte de Marsill.

ближе къ экватору соленость больше, а къ полюсамъ она убываетъ. Объясненіе такому распрежденію онъ видитъ въ различіи испаренія и атмосферныхъ осадковъ, а также и въ приносимой рѣками прѣсной водѣ. Замѣчательно, что Варениусъ указываетъ на различіе въ температурахъ замерзанія прѣсной и морской воды, объясняя болѣе низкую точку замерзанія морской воды ея соленостью.

Марсильи первый производитъ опыты надъ составомъ морской воды. Онъ полагалъ, что происхожденіе солености океановъ обусловливается раствореніемъ кристаллическихъ солей, залежи коихъ встрѣчаются въ ихъ днѣ. Онъ производилъ опыты надъ удѣльными вѣсами *) морской воды разной солености и убѣдился, что болѣе соленая вода въ то же время и плотнѣе.

Въ XVII ст. англійскій ученый Бойль въ своихъ трудахъ описалъ рядъ работъ по вопросу о солености океановъ.

Галлей (1656—1742) считалъ, что соленость океановъ есть результатъ постепеннаго выноса солей рѣками.

Прозрачность и цвѣтъ. — Первые опыты относительно прозрачности морской воды были сдѣланы Буге ⁴²⁾ (часто у насъ произносивимъ—Бугера).

О цвѣтѣ воды были высказаны мнѣнія Ньютономъ, считавшимъ морскую воду зеленою, и Марсильи, находившимъ, что она синяя; онъ думалъ, что соленость есть причина такого цвѣта, который, по его мнѣнію, въ разныхъ мѣстахъ различенъ.

Приливы. — Представленіе о причинахъ явленія приливовъ въ теченіе разбираемаго промежутка времени (съ 1522 г. по 1768 г.) получило большое движеніе впередъ, благодаря трудамъ И. Ньютона, давшего первое объясненіе этого явленія на основаніи закона всемірнаго тяготѣнія. Послѣдующее развитіе положеній Ньютона работами Майлорена, Эйлера и Бернулли еще болѣе подвинули этотъ вопросъ.

Океаническія теченія. — Въ теченіе XV и XVI ст. было сдѣлано очень много для изученія теченій океановъ, благодаря наблюденіямъ, собраннымъ португальцами и испанцами въ ихъ плаваніяхъ.

Первая попытка объясненія экваторіальныхъ теченій, сдѣланная

*) Арсометръ, употреблявшійся для этой цѣли, былъ изобрѣтенъ около IV ст. по Р. X.

⁴²⁾ Bouguer „Traité d'Optique“, 1760 г. См. стр. 214.

Колумбомъ, предполагала, что воды океана въ своемъ движеніи къ западу слѣзуютъ за небеснымъ сводомъ.

Первая карта теченій составлена была А. Кирхеромъ (фиг. 162, стр. 409) въ 1664 г. Одновременно Воссіусъ *) собралъ въ своемъ трудѣ всѣ имѣвшіяся наблюденія теченій. Дальнѣйшихъ попытокъ объясненія причины теченій въ рассматриваемое время не было сдѣлано.

«Whereas nothing can redound more to the honour of this nation, as a maritime power, to the dignity of the Crown of Great Britain, and to the advancement of trade and navigation thereof, than to make discoveries of countries hitherto unknown» **);

From the official instructions ***), to Commodore Byron before his voyage round the world on the *Dolphin*, 1764—1768.

Развитіе океанографіи отъ плаваній Кука до плаванія *Challenger'a*.—XVIII ст. отличается усиленнымъ развитіемъ наукъ и имѣетъ съ тѣмъ и болѣею требовательностью къ характеру работъ, бѣдныя обследованія уже не удовлетворяютъ, необходимы болѣе серьезныя и обстоятельныя изученія.

Къ этому времени (середина XVIII ст.) океаны вообще, а Тихій особенно, оставались почти на той же степени обследованности, на ка-

*) „Le guidon de la navigation ou traité du mouvement de la mer et des vents“, traduit du latin. — Paris, 1666. J. Vossius (1677—1648).

**) „Ничто не можетъ болѣе содѣйствовать славіи этой націи, какъ морской державѣ, благодетелю Короны Великобританіи и успѣхамъ ея торговли и мореплаванія, какъ произведетъ открытій странъ до тѣхъ поръ неизвѣстныхъ“.

***) Изъ инструкцій командору Байрону передъ его кругосвѣтнымъ плаваніемъ на *Dolphin* въ 1764—1766 г. Смори страницу I въ Введеніи нижеслѣдующаго описанія путешествія.

„An account of the voyages undertaken by the order of his Present Majesty for making discoveries in the Southern hemisphere, and successively performed by comm. Byron, capt. Wallis, capt. Carteret and capt. Cook“; by J. Hawkesworth, in three vol. London, 1773.

кой они были послѣ плаваний Магеллана и Дрока. Молодая морская нація—Англія почувствовала ту неразрывную связь, какая существуетъ между морскими научными предпріятіями и развитіемъ морской силы вообще, имѣющемъ такое большое вліяніе на историческія событія; результатомъ таковаго признанія этой истины было начало снаряженія Англіей ряда кругосвѣтныхъ плаваний, предпринятыхъ съ цѣлью производства изслѣдованій океановъ. По этому пути за Англіей впоследствии послѣдовала и Франція, а въ началѣ XIX ст. и Россія.

Первыми такими плаваніями была экспедиція (1764 г.) подъ начальствомъ коммодора Байрона, за которой скоро послѣдовало плаваніе французскаго корабля *La Boussole* (въ 1766 г.) подъ командою Бугенвилля; обѣ эти экспедиціи, особенно вторая, сдѣлали многое для открытія и обследованія неизвѣстныхъ еще архипелаговъ Тихаго ок.

Начало плаваний съ научною цѣлью, въ сущности, открывається экспедиціей Джеймса Кука (1768—1771 г.), предпринятою отчасти для доставленія на о-въ Таити астрономовъ для наблюденія прохожденія Венеры черезъ дискъ Солнца. Молодой еще офицеръ флота Д. Кукъ былъ избранъ командовать экспедиціей въ виду своихъ выдающихся способностей, и онъ оправдалъ это довѣріе.

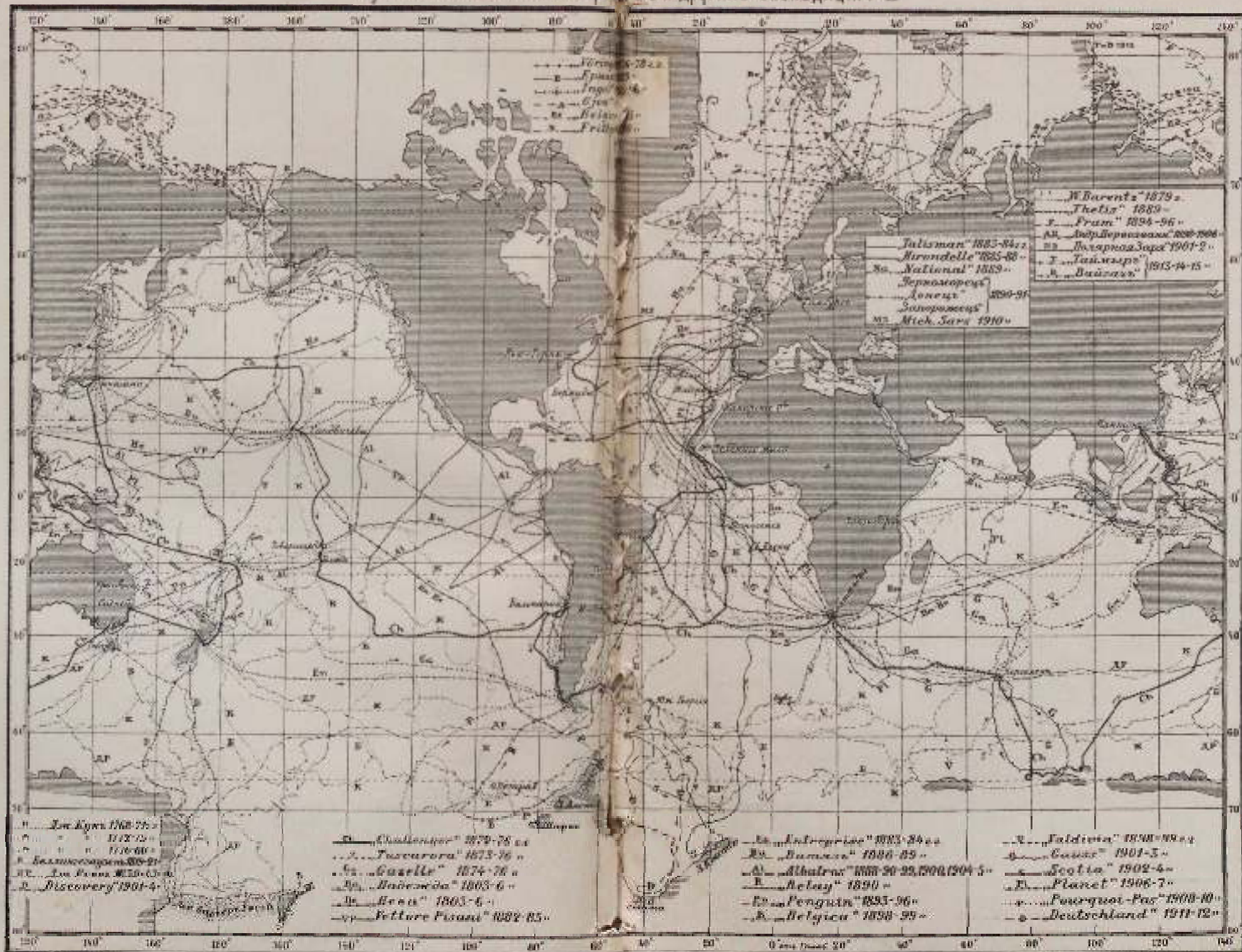
Всѣ три плаванія Кука, такъ же, какъ и пути большей части другихъ кругосвѣтныхъ плаваний, сопровождавшихся научными работами и океанографическими изслѣдованіями, обозначены на прилагаемой картѣ II.

Въ свое первое плаваніе, по окончаніи астрономическихъ наблюденій и обследованія о-ва Товарищества, Кукъ направился къ югу, отыскивая предполагаемый южный материкъ, и послѣ длиннаго плаванія открылъ восточные берега земли, оказавшейся Новой Зеландіей, западные окраины коей уже были описаны Тасманомъ (1642 г.). Кукъ обошелъ о-ва кругомъ и составилъ карту ихъ. Потомъ онъ открылъ восточный берегъ Австраліи на протяженіи 1.600 м.м., сдѣлалъ его опись и вновь открылъ Торресовъ пр. *).

Первое плаваніе Кука показало, что въ умѣренныхъ широтахъ южнаго Тихаго ок. нѣтъ и слѣда ожидавшагося полярнаго материка. Для болѣе обстоятельнаго обследованія сего вопроса было снаряжено

*) Въ этомъ плаваніи Кукъ пользовался первымъ изданіемъ „Nautical Almanach“, 1767.

Путь главнѣйшихъ океанографическихъ и другихъ экспедицій. — II



несколько экспедиций французским флотом *), привнесших богатые результаты по географии и океанографии.

Одновременно была снаряжена вторая экспедиция под командою Кука **), (1772—1775 г.), которая совершила первое плавание из больших южных широт, где доходила до 71° ю. ш. и убедилась, что, если южный полярный материк и существует, то он лежит за пределами полярного круга.

Последнее плавание Кука (1776—1780 г.), окончившееся гибелью мореплавателя на Сандвичевых о-вах ***), изъ же открытий (1778 г.), прибавило много для знакомства съ берегами Северной Америки от р. Колумбия до Берингова пр., части Ледовитого м., прилегающей къ проливу, и береговъ Аля до оконечности Камчатки.

Послѣ Колумба, Васко да-Гамы и Фр. Мигеллана плаванія Д. Кука принесли болѣе всѣхъ его другихъ предшественниковъ для движенія впередъ географіи и океанографіи. Они доставили очень много свѣдѣній изъ области послѣдней, особенно для антарктической области, впервые посѣщенной Кукомъ.

Три плаванія Кука положили начало научнымъ морскимъ экспедиціямъ, число коихъ до 1872 г. (плаваніе *Challenger'a*) доходить до 75, изъ нихъ около 25 кругосвѣтныхъ; каждая принесла какія-либо новыя данныя по океанографіи, постепенно образовавшія матеріалъ, позволявшій судить болѣе правильно о физическихъ свойствахъ водъ океановъ и о движеніи ихъ.

Изъ числа такихъ 29 кругосвѣтныхъ экспедицій было: великобританскихъ—11, русскихъ—8, французскихъ—7, германскихъ—1, Соединенныхъ Штатовъ—1, австрійскихъ—1. Здѣсь не описаны труды всѣхъ указанныхъ плаваній, а только ниже приведены свѣдѣнія объ океанографическихъ работахъ русскихъ моряковъ начала XIX ст. ****).

*) De-Fleurieu въ 1769 и Verdan, Borda et Pingré въ 1771—1772; обѣ экспедиціи были посланы для испытанія хронометровъ, какъ средства для опредѣленія долготы въ морѣ, но попутно онѣ много сдѣлали для изученія океановъ вообще; Surville въ 1769 г., Marion въ 1772 г., Marquis de Kerguelen въ 1771—1774 г.

**) Кто сопровождалъ двое натуралистовъ, отецъ и сынъ Фостеры.

***) Отъ погнѣи при улаживаніи споровъ между туземцами о-ва 14-го февр. 1779 г.

****) Вотъ перечисленіе главнѣйшихъ иностранныхъ и русскихъ кругосвѣтныхъ плаваній, сопровождавшихся учеными изслѣдованіями географическаго, океанографическаго

Капитаны начал XIX ст., ставшие крутыми утратив в свое время, послужить примером любви и преданности делу. Будущим мореплавателям предстоит плавать не съ теми кораблями и не съ теми средствами, но можно надеяться, чтобы въ нихъ были та же доброты къ изученію природы. Любви эти помогутъ имъ быть достойными послѣдователями знаменитыхъ капитановъ начала имѣннаго столѣтія (т. е. XIX).

Контр-Адмиралъ С. О. Макаровъ.
„Взглядъ на Тихій океанъ“, стр. 337.

Первое кругосвѣтное плаваніе русскихъ моряковъ было совершено на корабляхъ *Надежда* и *Нева* въ 1803—1806 г., подъ начальствомъ

и естественно-историческаго характера. Ниже вѣдѣ сперва указано имя корабля, потомъ командира и года плаванія.

Плаванія русскихъ судовъ:

Надежда, Крузенштернъ, 1803—1806; *Нева*, Лисянскій, 1803—1806; *Дана*, Голеницынъ, 1807—1809; *Рорикъ*, Коцебу, 1815—18; *Камчатка*, Голеницынъ, 1817—19; *Востокъ*, Беллинсгаузенъ, 1819—21; *Мирный*, Лазаревъ, 1819—21; *Открытіе*, Васильевъ, 1819—22; *Камолафренсъ*, Шингаревъ, 1819—22; *Предпріятіе*, Коцебу, 1822—25; *Кроткій*, Врангель, 1826—27; *Маллеръ*, Станкевичъ, 1826—29; *Селениа*, Литке, 1826—29; *Елена*, Хроменко, 1828—31; *Кроткій*, Гатемейстеръ, 1828—30; *Америга*, Хроменко, 1831—33; *Аверига*, Шанъ, 1834—36; *Гаймалъ*, Невельской, 1843—49; *Анна*, наблюдатель д-ръ Эдуардъ Ленцъ, 1847—49.

Всего 17, изъ нихъ 8 производили спеціальныя ученые работы, и изъ которыхъ, — *Надежда*, *Рорикъ* и *Предпріятіе*, — сдѣлали рядъ глубоководныхъ наблюденій температуры, вмѣняющихъ вѣтчаніе и до сихъ поръ.

Плаванія иностранныхъ судовъ:

Volksode, Laperouse, 1785—88, франц.; *Recherche* и *L'Expérience*, D'Entrecasteux, 1791—93; франц.; *Coguille*, Duperrey, 1822, франц.; *Jane* и *Beffoy*, Weddell, 1822—24, англ.; *Blossum*, Beechy, 1825—26, англ.; *Astrolabe*, Dumont D'Urville, 1826—29, франц.; *Tulu* и *Lively*, Biscoe, 1830—32, англ.; *Beagle*, Fitzroy (Darwin), 1831—36, англ.; *Princess Louise*, Wendl, 1830—32, нѣм.; *Bonite*, Vaillant, 1836, франц.; *Venus*, Dupetit-Thouars, 1836—39, франц.; *Astrolabe*, Dumont D'Urville, и *Zélée*, Jacquinot, 1837—40, франц.; *Sulphur*, Belcher, 1837—42, англ.; *Eliza Scott* и *Sabrina*, Balleny, 1839, англ.; *Porpoise*, Wilkes, (Dana), 1839—42, америк.; *Excelsa* и *Terror*, J. Cl. Ross, 1839—43, англ.; *Samarang*, Belcher, 1843—46, англ.; *Herald*, Kelbel, 1845—51, англ.; *Rattlesnake*, Stanley (Huxley), 1846—50; *Novara*, 1857—60, Wallerstet-Urbair, австр.; *Bull-dog*, Mac-Clinton, 1860, англ.

Всего 21 экспедиція, при чемъ послѣдняя экспедиція, предпріятыя для испытанія сѣверо-западнаго прохода и вообще обследованія Сѣв. Полярнаго м., сюда не вошла.

Изъ этихъ плаваній иностранныхъ судовъ, особенно замѣчательныя результаты исследованийъ на суднѣ *Venus*, гдѣ Dupetit-Thouars'омъ было сдѣлано много наблюденій (59) на глубинахъ термометрами, замѣченными отъ дна, и притомъ для того времени до очень большихъ глубинъ въ 6.000 ф. и даже до 12.000 ф.

кап.-лейт. И. Крузенштерна (*Нева*ю командовалъ кап.-лейт. Ю. Лисянскій). Суда экспедицій, обогнувъ м. Горнъ, прошли для выполненія своего назначенія одно въ Камчатку, другое въ Аляску и затѣмъ произвели рядъ исследований,—корабль *Надежда* въ Охотскомъ и Японскомъ моряхъ, а *Нева* въ сѣверномъ Тихомъ ок. Обратный путь былъ совершенъ болѣею частью совмѣстно вокругъ м. Доброй Надежды (пути см. на картѣ II). Плаваніе продолжалось три года и принесло богатые географическіе и физико-географическіе результаты.

Путешествіе Крузенштерна послужило началомъ ряда другихъ русскихъ кругосвѣтныхъ плаваній; каждое изъ нихъ принесло много наблюдений, а многія изъ нихъ сопровождались и значительными географическими открытіями въ области архипелаговъ Тихаго ок., а также и въ болѣе южныхъ широтахъ.

Эти плаванія начала XIX ст., на парусныхъ судахъ, частью принадлежавшихъ Россійско-Американской компаніи, какъ *Надежда* и *Нева*, а частью бывшихъ судами военнаго флота, изъ обоихъ случаевъ имѣли всегда офицеровъ и команды морского вѣдомства. Общее число такихъ кругосвѣтныхъ плаваній первой половины XIX ст. доходитъ до 40; въ каждомъ изъ нихъ непремѣнно производились наблюденія метеорологическія и гидрологическія, а именно теченій и температуръ воды на поверхности, нѣкоторыя же суда производили наблюденія температуръ и на глубинахъ, а также и удѣльныхъ вѣсовъ морской воды.

Крузенштернъ на *Надеждѣ* въ 1803—1806 г. наблюдалъ глубинныя температуры, пользуясь для того только-что изобрѣтеннымъ термометромъ Сикса (для наиб. и наименьш. темпер.). Онъ и его спутникъ астрономъ Горнеръ произвели въ 7 мѣстахъ вертикальные ряды наблюдений температуръ, а всего глубоководныя наблюденія были ими сдѣланы въ 9 мѣстахъ. По времени это были *первыя* наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ на глубинахъ въ океанѣ.

Лейтенантъ Коцебу на бригѣ *Рюрикъ* въ 1815—1818 г. наблюдалъ въ 83 мѣстахъ температуры на глубинахъ, иногда до довольно значительныхъ глубинъ, напримѣръ, одно наблюденіе было сдѣлано на 6.000 ф. (1.829 м.). Изъ этого числа наблюдений въ 10 мѣстахъ были произведены опредѣленія вертикальныхъ рядовъ температуръ (иногда на 5—6 глубинахъ) при помощи термометра Сикса. По введеніи соответствующихъ поправокъ эти данныя имѣютъ значеніе и теперь.

Въ 1819—1821 г. Морское вѣдомство предприняло замѣчательное

дѣло, — оно снарядило первую и единственную русскую антарктическую экспедицію, благодаря которой и русскіе моряки и ученые оказались причастны къ изученію этой отдаленнѣйшей области земного шара, возбуждающей столь большой интересъ въ настоящее время. Эта экспедиція плывала на военныхъ шлюпахъ *Востокъ* и *Мирный*, подъ общимъ начальствомъ кап. 2 р. О. Беллинсгаузена (*Мирный* командовалъ лейт. М. П. Лазаревъ). Беллинсгаузенъ совершилъ въ теченіе трехъ лѣтъ и двухъ зим замѣчательное плаваніе въ большихъ южныхъ широтахъ, гдѣ онъ доходилъ во многихъ мѣстахъ до 69° ю. ш. (см. карту II, стр. 31), и обследовалъ гораздо большее пространство за пределами полярнаго круга, нежели его знаменитый предшественникъ Кукъ въ 1772—1775 г. Беллинсгаузенъ открылъ о-въ Петра I *) и Землю Александра I, лежащую къ югу отъ м. Горна, и составилъ замѣчательное описаніе физико-географическихъ условій южной полярной области, имѣющее значеніе и до сихъ поръ. Кроме того, имъ были обследованы многіе архипелаги южной части Тихаго ок.

Второе плаваніе вокругъ свѣта, совершенное кап.-лейт. О. Коцебу въ 1823—1826 г. на военномъ шлюпѣ *Предваріаніе*, отмѣчено еще болѣе важными въ океанографическомъ отношеніи работами, благодаря сотрудничеству извѣстнаго физика Эмилія Ленца, сопровождавшаго Коцебу. Ленцъ обстоятельно подготовился къ научнымъ изслѣдованіямъ съ плаваніемъ, построилъ первый батометръ, приносящій воду съ глубины съ очень мало измѣненною температурою; пользовался термометромъ, предохраненнымъ отъ давленія, и вводилъ поправки на вліяніе давленія воды и измѣненій отъ переменъ температуры во время поднятія прибора съ глубины; благодаря такимъ предосторожностямъ, его наблюденія вертикальныхъ рядовъ температуръ до 5,835 ф. (1,778 м.) и отдалѣнныхъ погруженій до 6,476 ф. (1,972 м.) дали первыя правильныя представленія о температурахъ на большихъ глубинахъ въ океанахъ.

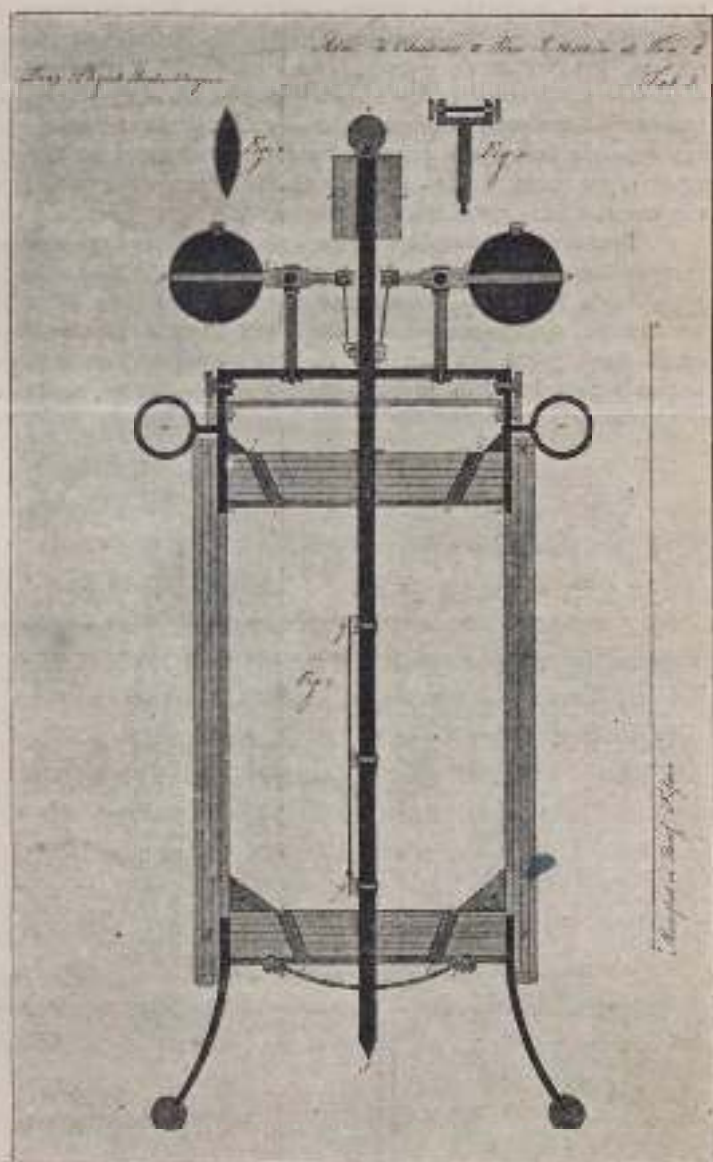
Наблюденія были произведены въ 13 мѣстахъ, изъ нихъ въ четырехъ — вертикальные ряды температуръ. Ленцъ же построилъ и первый глубомѣръ съ тормозомъ для опредѣленія момента достиженія дотомъ дна; къ сожалѣнію, этотъ приборъ не былъ въ свое время достаточно извѣстенъ и потому, не получивъ распространенія, былъ забытъ. Въ те-

*) Точность астрономическихъ опредѣленій Беллинсгаузена была доказана въ 1810 г., когда французская экспедиція г-ра Шарно въ туманѣ вышла о-въ Петра I, руководясь только его положеніемъ, опредѣленнымъ русскими мореходами за 90 л. до того.

ченіе всего плаванія Ленца производилъ правильныя наблюденія надъ удѣльнымъ вѣсомъ воды, это были *первыя* наблюденія такого рода и къ тому же замѣчательныя по своей точности. Такимъ образомъ труды Коцебу и Ленца въ 1823—1826 г. представляютъ во многихъ отношеніяхъ не только важный вкладъ въ науку, но и дѣйствительное начало точныхъ наблюденій въ океанографіи, тѣмъ русскій флотъ и русская наука могутъ гордиться.

Батометръ Ленца и Харрета, изображенный на прилагаемомъ чертѣнѣ (фиг. III), былъ основанъ на законѣ Харрета, по которому теплопроводности тѣлъ жидка, чѣмъ въ большемъ числѣ слоевъ различной теплопроводности составлена двуплая стѣна.

Батометру была придана цилиндрическая форма, при чемъ стѣна и дно состояли изъ 17 слоевъ по очереди изъ жести и гуки, пропитаннаго воскомъ и саломъ. Снаружи проборъ былъ обшитъ изрусиною и окрашенъ. Внутренній диаметръ его — 352 мм., а внутренній — 298 мм., высота — 433 мм. Два выходящихъ вонизу, соединенныхъ желѣзнымъ стержнемъ, одновременно закрывающіе

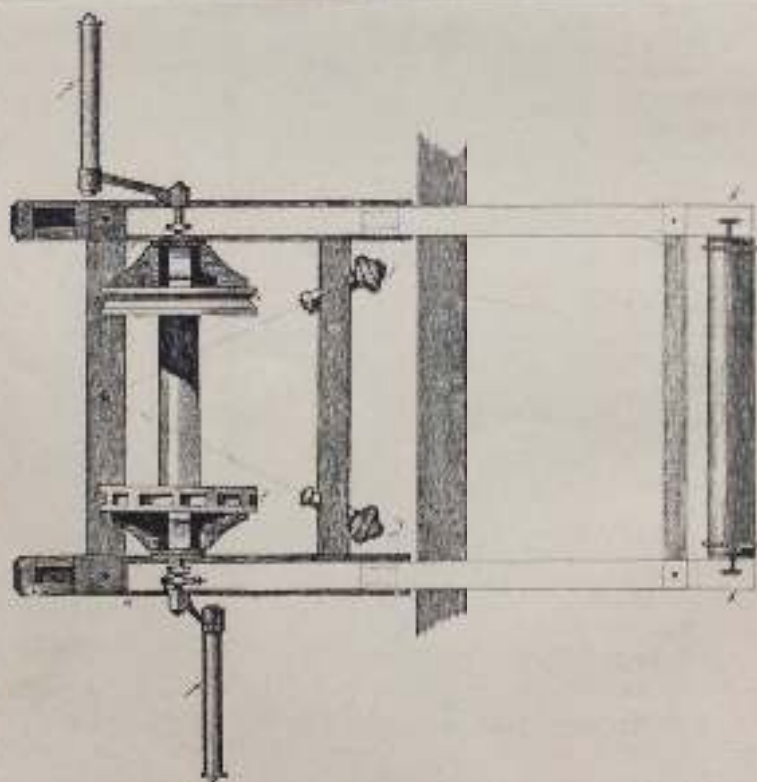


Фиг. III. Батометръ Ленца и Харрета.

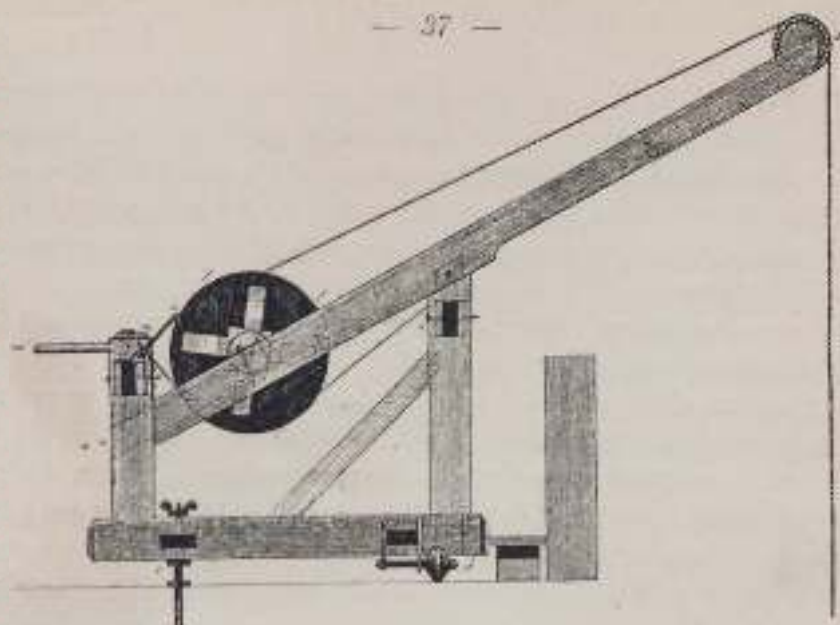
и открывають батометр. Для уменьшения этой возможности надъ нимъ сделанъ двѣ противоположа $p-p$, всагруженныхъ пластинокъ, чтобы плаваніе было достаточномъ поребѣсь. Чтобы при поднятіи прибора случайно плаваніе не открывалось, въверху стержня устроенъ стаканъ, открытый вверху, на который при поднятіи батометра давитъ вода, а по выходѣ нѣзъ въ стаканъ остается еще вода, увеличивающая вѣсъ плаваніемъ.

Къ стержню укрѣпленъ термометръ $p-g$ съ шарикомъ внизу батометра, чтобы онъ находился въ наиболее холодномъ слое воды, если послѣдняя встрѣится при поднятіи батометра. Для предохраненія термометра отъ вліянія давленія на глубинахъ, онъ былъ сдѣланъ изъ толстаго стекла (1,1 м.м. толщиной), и опытами найдено, что 15 мм. достаточно, чтобы термометръ принималъ окружающую температуру. Батометръ былъ обстоятельно испытанъ, и опытами найдены поправки на вліяніе температуры воды въ немъ при поднятіи его черезъ верхніе болѣе теплые слои воды. Также были найдены поправки глубины опусканія прибора отъ расставленія лая и его угла отъ вертикальной линіи (это все впервые было принималомъ во вниманіе).

Приборъ для измѣренія глубины былъ построенъ на совершенно новыхъ основаніяхъ, которое было проведено въ жизнь нѣкто издѣлѣ В. Томсономъ только въ 1870 г. Глубомеръ Лемма и Паррота, какъ видно на чертежѣ (фиг. IV и V), состоялъ изъ деревяннаго станка, размѣщающагося на оси c при помощи винтовъ $d-f$; на вѣшномъ концѣ станка былъ укрѣпленъ катокъ b для обѣгающаго черезъ него лотка. Въ задній части станка имѣлся воротъ $k-l$ съ рукояткою p , одновременно служившій и рычагомъ для лотка.



Фиг. IV. Глубомеръ Лемма и Паррота. Планъ.



Фиг. V. Глубомер Ленца и Паррота. Боль.

Правая сторона веревки *l* имела углубления для остановки веревки, а вдоль обеих этих сторон *k* были устроены винтовые винты. Они служили для торможения веревки помощью особого тросового стопора, удерживающего на точке *m*, который рукояткою *nl'* (фиг. V) зажимался на штирь увеличения длины лентки, выстраиваемого на борт. Таким образом глубомер Ленца и Паррота не был исключать все то, что потом вновь было предложено В. Томсоном; но сожалею, прибор появился слишком рано, когда еще мало думали об океанографических изысканиях, но были усовершенствованы со технической стороны, а потому совершенно лишены, так же, как и батометр, нашедший себе почти полное подобие в приборе Нанкель-Петтерсона.

Насколько наблюдения Э. Ленца его батометром были хороши, видно из сравнения их с таковыми же на *Challenger's* (сравнение сделано М. А. Рыкачевым). Наблюдения Ленца были весьма точными данными о температурах на глубинах.

Глубины в метрах.	Набл. Э. Ленца	Наблюдения <i>Challenger's</i> .	
	18 Мар. 1874 г.	1 Апр. 1875 г.	12 Апр. 1875 г.
	21°14' с. ш., 163°59' в. д.	22°1' с. ш., 140°27' в. д.	20°18' с. ш., 157°14' в. д.
0	26,4 Ц.	25,8 Ц.	25,8 Ц.
274	16,4	18,0	10,1
605	3,2	5,9	4,4
1.296	2,9	2,8	3,2
1.783	2,4	2,2	2,4

Описание прибора вполне отбросил, а научные наблюдения были особо изданы Э. Ленцем *).

*) „Pутешествіе по кругу света на военномъ шлюбѣ *Probeduriamis* въ 1823—1826 г. подъ начальствомъ флота канцеляр. Консубъ, 1829 г.“

„Physikalische Beobachtungen, angestellt auf einer Reise um die Welt . . .“, 1830, В. Лenz

Въ 1826—1829 г. для изслѣдованія береговъ Азіи и Америки въ Беринговомъ м. и сѣвернаго Тихаго ок. было снаряжено двѣ экспедиціи на военныхъ шлюзахъ *Моллеръ* подъ командою кап.-лейт. Станюковича и *Селавина* подъ командою кап.-лейт. О. Литке, послѣдній особенно много сдѣлалъ по изученію распредѣленія земнаго магнетизма и опредѣленію силы тяжести въ разныхъ мѣстахъ Тихаго ок.

Немала же отмѣтить здѣсь, что всѣ эти кругосвѣтныя плаванія были совершены на небольшихъ судахъ (*Надежда* — 450 тоннъ, *Рюрикъ* — 180 т., *Востокъ* — 900 т., *Предпріятіе* — 750 т.), несмотря на то успѣшно выполнившихъ свою задачу.

Общее количество опредѣленій температуръ на глубинахъ въ океанахъ, сдѣланныхъ вообще судами всѣхъ націй до 1868 г. и сохраняющихъ свое значеніе и до сихъ поръ, доходить всего до 522, изъ этого числа на долю русскихъ мореплавателей приходится 119, т.-е. 21%. Уже одно это обстоятельство показываетъ, сколько много русскіе моряки интересовались научными работами, не упуская случая для производства наблюденій, и на маленькихъ судахъ и съ небольшими средствами сдѣлали многое, сохраняющее научное значеніе до сихъ поръ, несмотря на быстрый ростъ географической науки въ послѣднее столѣтіе.

«Tous les événements, ceux même qui par leur petitesse semblent ne pas tenir aux grandes lois de la nature, en sont une suite aussi nécessaire que les révolutions du soleil».

«Théorie analytique des Probabilités», Introduction; par le comte de Laplace.

Paris, 1814.

Развитіе океанографическихъ идей отъ плаванія Кука до плаванія Challenger'a.—Усовершенствованія въ морской астрономіи.—Въ теченіе разсматриваемаго промежутка времени были введены многія улучшенія въ способахъ опредѣленій долготы въ морѣ, благодаря изобрѣтенію фран-

пузами Берту и Лероа хронометровъ, изданію англичанами „Nautical Almanach“, изобрѣтенію секстанта Долландомъ въ Англіи; а также разработкѣ способа опредѣленія разности долготъ по наблюденіямъ лунныхъ расстояній. Последнее стало возможнымъ благодаря составленію Лавласомъ лунныхъ таблицъ, дававшихъ мѣста луны гораздо точнѣе, нежели до тѣхъ поръ было возможно.

Раздѣленіе океановъ постепенно разрабатывалось французскими учеными Флёрье и Мальте-Брёкомъ, и наконецъ въ 1845 г. Королевское Географическое Общество въ Лондонѣ устанавливало границы океановъ, которыя до начала XX ст. признавались всѣми въ науку; главное отлічіе отъ современнаго взгляда состояло въ выдѣленіи южнаго Полярнаго ок., нынѣ раздѣляемаго между тремя другими океанами. Лучшаго рѣшенія вопроса въ то время нельзя было и ожидать; свѣдѣнія о рельефѣ дна океановъ, изъ физическихъ свойствахъ и о движеніи водъ въ нихъ почти отсутствовали вовсе, потому и вопросъ о раздѣленіи Мирового ок. на части приходилось руководствоваться изъ всѣхъ морфологическихъ признаковъ наименѣе основательнымъ — береговыми очертаніями.

Измѣреніе глубины океановъ въ рассматриваемый промежутокъ времени значительно подвинулось впередъ. Во-первыхъ, въ началѣ XIX ст. появились попытки измѣренія большихъ глубинъ: въ плаваніи О. Коцебу и Э. Левца на *Предпріиміи* (1823—1826 г.) принимали впервые во вниманіе поправки на отклоненіе линія отъ вертикальнаго направленія вслѣдствіе дрейфа корабля, а также поправки на укорачиваніе лотливня отъ его наклона. Открытіе Дж. Кд. Россомъ приема для захѣчанія момента достиженія лотомъ дна (1839—1843 г.) и изобрѣтеніе Брюкомъ лота съ отдѣляющейся тяжестью (1854 г.) дали въ руки ученыхъ мореплавателей вѣрное средство для опредѣленія большихъ глубинъ.

Рельефъ дна всѣхъ океановъ одинако, несмотря на указанныя усовершенствованія въ измѣреніи глубинъ, не могъ быть представленъ вслѣдствіе крайне малого числа измѣреній. Только для части сѣвернаго Атлантическаго ок., гдѣ въ это время стали прокладывать первые телеграфныя кабели, благодаря измѣреніямъ англійскихъ и америкальскихъ офицеровъ военнаго флота, было опредѣлено столько глубинъ, что лейтенантъ американскаго флота Моръ могъ построить первую карту рельефа для сѣвернаго Атлантическаго ок. (см. стр. 31); на ней уже встрѣчаются глубины въ 4.500 м. с. (8.200 ф.) безъ вопросительнаго знака.

Рельефъ дна другихъ частей Мірового ок. оставался почти неизвѣстнымъ до плаванія *Challenger'a*. Капитанъ англійскаго военнаго флота, извѣстный своими научными работами, Шерардъ Осборнъ, передъ отправленіемъ *Challenger'a* (въ Нолбръ 1870 г.), въ своемъ обзорѣ рельефа дна Атлантическаго и Индійскаго ок. и Средиземнаго м., основывался въ всей совокупности извѣстныхъ тогда матеріаловъ по рельефу дна океановъ, указывая, что, благодаря прокладкѣ телеграфныхъ кабелей, наука обладаетъ знаніемъ нѣкоторыхъ профилей океаническаго дна съ общимъ протяженіемъ всего въ 17,000 морск. м. (31,480 к.), тогда какъ одинъ *Challenger* прошелъ 68,900 морск. миль, и по всѣмъ пройденнымъ имъ путямъ можно составить подобные и лучшіе профили, а по многимъ настоящимъ гидрологическимъ разрѣзамъ. Въ своемъ трудѣ Шерардъ Осборнъ могъ привести только семь профилей глубинъ: отъ Оркнейскихъ о-въ въ Лабрадоръ (Макъ-Клантокъ, 1860 г.), отъ Ирландіи къ Ньюфаундленду (Дэйманъ, 1869 г.); отъ Франціи до южныхъ береговъ Соединенныхъ Штатовъ, продольный профиль Атлант. ок. отъ м. Доброй Надежды до Англіи (Шорландъ, 1868 г.); въ Индійскомъ ок. отъ Адена до Бомбея, отъ Мадраса до Пенанга поперекъ Бенгальскаго зал., и наконецъ продольный профиль Средиземнаго м. На основаніи этого матеріала и карты Мори, онъ высказалъ нѣсколько мыслей о характерѣ рельефа дна Атлантическаго ок., въ общемъ довольно вѣрныхъ *). О рельефѣ дна Тихаго ок. въ это время ничего почти не было извѣстно.

О среднихъ глубинахъ по немногимъ линіямъ дугъ большихъ круговъ въ Тихомъ ок. еще кое-что знали, вычисляя ихъ по наблюденіямъ скоростей волнъ отъ землетрясеній; такіа вычисленія относятся къ срединѣ XIX ст. и позже.

Грунтъ дна въ теченіе данного промежутка времени началъ изучаться впервые, потому что до Кука никому и въ голову не приходило имъ интересоваться, за исключеніемъ чисто-навигационной точки зрѣнія, какъ удобнаго или неудобнаго грунта для стоянки на якорѣ, хорошо ли онъ будетъ забирать или будетъ скользить; т.-е. интересовались грунтомъ только на прибрежныхъ глубинахъ.

Случаи доставанія грунта дна со значительныхъ глубинъ были и въ началѣ XIX ст. (Джонъ Россъ 1817—1818 г. въ Бафф. м. съ глубинъ

*) „The Geography of the bed of the Atlantic and Indian Oceans and Mediterranean Sea“, by capt. Sherard Osborn R. N., F. R. S.—Journal of the R. Geograph. Soc., vol. 41, 1871, p. 46.

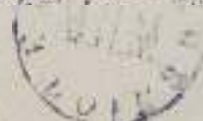
до 6.300 ф. = 1.920 м.). Профессоръ А. Бэшъ (Bache), начальникъ Coast and Geodetic Survey Соедин. Штатовъ, первый обратилъ вниманіе на интересъ сохраненія образцовъ грунта дна, получаемыхъ при гидрографическихъ промѣрахъ (1844 г.), но настоящіе глубоководные образцы грунтовъ были получены только послѣ изобрѣтенія лота Брука (1854 г.).

Образцы грунтовъ, добытые вдоль береговъ Соединенныхъ Штатовъ, изслѣдованные подъ микроскопомъ проф. Бэлей (1851 г.), уже показали ему, насколько значительную часть ихъ составляли скопленія известковыхъ остатковъ скорлупокъ фораминиферъ, и тѣмъ болѣе, чѣмъ образецъ былъ взятъ дальше отъ берега и съ болѣе глубоины. Неорганическія частички въ образцахъ съ малыхъ глубинъ были окатыми, а съ болѣе большихъ глубинъ — съ острыми краями. Позднѣе тотъ же Бэлей (1856 г.), изслѣдуя образцы глубоководныхъ грунтовъ (собранныхъ Брукомъ въ сѣверномъ Тихомъ ок. около Камчатки съ глубинъ 900 м. с. = 1.646 м., 2.700 м. с. = 4.938 м.), нашелъ подтвержденіе своимъ взглядамъ, высказаннымъ выше, и добавилъ, что въ болѣе большихъ широтахъ органическая часть образцовъ грунта состоитъ главнымъ образомъ изъ остатковъ мельчайшихъ организмовъ, имѣющихъ кремнистыя скелетики, а не известковые.

Эренбергъ еще ранѣе (1836 г.), изучая осадочныя породы, доказалъ, что онѣ иногда почти сплошь образованы скопленіями остатковъ мельчайшихъ и микроскопическихъ скорлупокъ и скелетиковъ діатомовыхъ водорослей, губокъ и раділарій, а иногда глобгеринидъ. Этимъ онъ доказалъ впервые, сколь значительную роль играли эти микроорганизмы въ образованіи многихъ осадочныхъ образований, входящихъ теперь въ видѣ горныхъ породъ въ составъ земной коры. Исслѣдованія Бэлей показали, что подобныя отложенія образуются и въ наше время на днѣ морей и океановъ. Такимъ путемъ была создана тѣсная связь между геологіей и океанографіей.

Оставалось рѣшить, гдѣ же эти организмы живутъ — на днѣ или въ приповерхностныхъ слояхъ. Эренбергъ былъ того мнѣнія, что эти организмы и жили у дна океана, а Бэлей и съ нимъ Мори держались противоположнаго мнѣнія, полагая, что они живутъ въ приповерхностныхъ слояхъ.

Исслѣдованіе грунта дна было тѣсно связано съ изученіемъ вообще распространенія органической жизни на глубинахъ, уже и въ то время



многіе склонились къ мысли о возможности жизни на глубинахъ, несмотря на темноту и большое давленіе. Въ 1860 г. во время телеграфнаго кабеля между Сардиніей и Африкою заставила поднять съ глубины 1.200 м. с. (2.195 м.) около 70 кил. кабеля, къ которому оказались приросшими многіе организмы, особенно глубоководные кораллы, что окончательно доказало возможность существованія жизни на большихъ глубинахъ.

Во второй половинѣ XIX ст. Делессъ (въ 1871 г.) издалъ первый карты распредѣленія грунтовъ у береговъ Франціи и части Атлантическаго ок. съ некоторыми морями, съ обозначеніемъ рельефа дна и характера грунтовъ, при чемъ была сдѣлана первая попытка раздѣленія грунтовъ на разряды.

Температуры воды на глубинахъ за это время стали впервые изслѣдоваться. Первые наблюденія вертикальных рядовъ температуръ были сдѣланы русскими моряками, — Крузенштерномъ въ 1803—1806 г. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія, когда впервые были примѣнены термометръ Сикса (изобрѣтенъ въ 1782 г.) для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ *).

Послѣ Крузенштерна многія экспедиціи производили наблюденія вертикальных рядовъ температуръ, но первыми по числу наблюденій и точности ихъ идутъ наблюденія Коцебу на *Рюрикѣ* (1815—1818 г.), его же и Лейна на *Предпріятіи* (1823—1826 г.), Дю-Пти-Туара (1836—1839 г.), Дюмонъ Дюрвилля (1837—1840 г.) и Келлета (1845—1851 г.).

Первые достаточно точныя наблюденія принадлежать Лейду (1823—1826 г.), и имъ же вмѣстѣ съ Парротомъ были сдѣланы первые опыты надъ вліяніемъ давленія воды на показанія термометра (въ 1832 г.); но, повидимому, первые термометры съ предохраненіемъ шарика отъ давленія воды были построены французами (Бунтеномъ), потому что Дю-Пти-Туаръ уже употреблялъ ихъ (1836 г.).

Въ 1857 г. механики Негретти и Замбра въ Лондонѣ, повидимому, по предложенію адмирала Физъ-Роа, придумали и построили термометры съ двойными шариками для предохраненія его отъ давленія, что употребляется и сейчасъ.

*) Самые первые единичныя попытки измѣренія температура на глубинахъ были сдѣланы еще въ XVIII ст. изъ нихъ наиболее успѣшныя Сассюръ въ Средиземномъ м. (1780 г.) помощью термометра съ шарикомъ, окруженнымъ слоемъ проводящей температуру оболочки.

Взгляды и гипотезы о распределении температур на глубинах.—

Первые идеи по вопросу о температурах на глубинах были высказаны А. Гумбольдтом (1812 г. и позже); он думал, что слой холодной воды на глубинах в малых широтах есть доказательство существования подводных течений от полюсов к экватору, а отсюда он заключал, что и вся масса воды океанов находится в постоянном движении.

Э. Ленц, первый доказавший неопровержимо существование холодных слоев (около 2° — 3°) на больших глубинах и, — что особенно важно, — постепенное понижение температуры в океанах с глубиной, сперва быстрое, а потом медленное, высказал совершенно такое же мнение, подтвердив его своими и всеми другими наблюдениями, имевшимися до 1845 г. *). По его мнению, теплые воды на поверхности должны расходиться от экватора к полярным широтам, откуда на глубинах холодная вода двигается к экватору, где она и поднимается на поверхность.

Результаты, полученные Ленцом в плавании на *Предприимчив* (1823—1826 г.), относительно низких температур на больших глубинах (около $+1^{\circ},7$ — $+2^{\circ},8$ Ц.), были подтверждены наблюдениями Дю-Шти-Туара на *Venus* (1836—1839 г.), также употреблявшего термометры, защищенные от давления.

Араго в своей обработке трудов экспедиции на *Venus* **) указал на значение существования столь низких температур на глубинах Тихого и Атлантического ок.; он находил эти наблюдения очень важными доказательствами, опровергающими мнение, утвердившееся было в научных работах, что температура на глубинах океанов не может быть ниже 4° Ц. Как справедливо замечает Араго, это мнение было необдуманно заимствовано из наблюдений температур на поверхности и глубинах в швейцарских озерах, т. е. в пресноводных водоемах.

В другом мѣстѣ ***), Араго, обсуждая наблюдения на *Venus*, прямо указывает, что единственное объяснение холодной воды на глубинах

*) E. Lenz, „Bemerkungen über die Temperatur des Weltmeeres in verschiedenen Tiefen“, Bulletin de l'Académie Impériale de Sciences, St.-Petersbourg. 1847 и другие научные работы 1831 г.

**) Voyage autour du Monde sur la frégate *La Venus*, capitaine Dupetit-Thouars. Physique, vol. V. Paris, 1844; также „Oeuvres complètes d'Arago“, vol. IX. p. 254.

***) „Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences“, Paris. 1849, vol. XI, p. 311.

въ тропикахъ есть допущеніе существованія холодныхъ теченій на глубинахъ изъ полярныхъ странъ къ экватору.

Дюмонъ Д'Юрвиль, послѣ его крутосвѣтнаго плаванія на *Astrolabe* 1826—1829 г., гдѣ онъ наблюдалъ температуры на глубинахъ не защищенными отъ дѣйствія термометрами *), высказалъ мнѣніе, что въ океанахъ ниже 975 м. до дна существуетъ слой воды постоянной температуры около $+4^{\circ}$ Ц. Дж. Кл. Россъ послѣ своего антарктическаго плаванія на *Erebus* и *Terror* въ 1839—1843 г. **) высказалъ такое же мнѣніе, какъ и Дюмонъ Д'Юрвиль, и даже указалъ, что въ океанѣ около 56° ю. ш. слой постоянной температуры $+4^{\circ}$ выходитъ на поверхность и отсюда къ полюсу и къ экватору углубляется; къ полюсу надъ нимъ лежатъ воды болѣе низкихъ температуръ, а къ экватору—болѣе высокихъ. Мнѣнія Дюмонъ Д'Юрвиля и Росса были основаны не только на ошибочныхъ слишкомъ большихъ температурахъ вслѣдствіе давленія воды на шарикъ термометра, но и на неистинномъ представленіи о температурѣ наибольшей плотности морской воды, которую они оба принимали одинаковою, какъ и для прѣсной. Хотя въ это время (1828 и 1837 г.) въ наукѣ уже были работы, указавшія, что наибольшая плотность морской воды бываетъ при температурахъ ниже нуля.

Къ этому же времени относится и первое объясненіе явленія постоянной температуры на глубинахъ Средиземнаго м., что наблюдалось уже нѣсколькими лицами. Первое объясненіе этого явленія было дано Араго, который сразу указалъ на истинную причину — малую глубину Гибралтарскаго пр., не позволяющую водѣ болѣе низкихъ температуръ съ глубинъ океана проникать въ это море ***).

Опредѣленія температуры наибольшей плотности морской воды были предприняты Марсъ (1819 г.), затѣмъ Эрманомъ (1828 г.), но болѣе обстоятельная работа такого рода была выполнена Депрепомъ ****) въ 1837 г. Онъ опредѣлилъ не только температуру наибольшей плотности морской воды опредѣленной солености, но и точку ея замерзанія и показалъ, что обѣ эти температуры зависятъ отъ степени солености.

*) „Voyage de l'*Astrolabe*“, vol. V. Paris, 1833, p. 61.

**) „A Voyage of discovery and research in the Southern and Antarctic Regions during the years 1839—1843“, 2 vol., London, 1847; vol. II, p. 375; J. C. Ross.

***) „Instructions concernant la Météorologie et la Physique du Globe“ par Arago. Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris, 1833, 7 VII, 2 partie, p. 212.

****) „Recherches sur le maximum de densité de l'eau pure et des solutions aqueuses“, Despretz, Annales de Chimie, vol. LXX, p. 5.

Состав морской воды, ее солёность и удельный весъ въ теченіи разсматриваемаго времени начали изучаться обстоятельно. Прежде всего появились наблюденія удельнаго вѣса; первыя охватившія большое пространство и замѣчательныя по своей точности были сдѣланы Э. Лепцомъ въ плаваніи на *Предпріятіи* (1823—1826 г.), и на ихъ основаніи имъ было высказано предположеніе о существованіи по обѣ стороны экватора полосъ съ наибольшимъ удѣльнымъ вѣсомъ и слѣдовательно наибольшей солёности; между тѣмъ около экватора лежить полоса съ меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ и солёностью, а отъ полосъ наибольшаго удѣльнаго вѣса къ полюсамъ какъ удѣльный вѣсъ, такъ и солёность убываютъ. Это совершенно совпадаетъ съ современнымъ взглядомъ на данный вопросъ.

Первыя попытки опредѣленія состава морской воды были сдѣланы еще въ концѣ XVIII ст., но исполнѣ обстоятельная работа такого рода была выполнена только во второй половинѣ XIX ст. Форнхаммеромъ *) (1865 г.) на основаніи анализа многихъ образцовъ изъ разныхъ мѣстъ океановъ. При этомъ Форнхаммеръ впервые установилъ постоянство химическаго состава морской воды во всѣхъ мѣстахъ Мирового ок., что подтверждено и позднѣйшими изслѣдованіями.

Цѣнность морской воды были впервые обслѣдованы Бунзенемъ, затѣмъ работы Тиндала и другихъ подвинули вопросъ, по рѣшенію онъ былъ позже Шпрингомъ (1883 г.).

Прозрачность начали наблюдать въ XIX ст., первыя наблюденія принадлежатъ О. Коцебу (1817 г.) во время его плаванія изъ *Рюрика*.

Волненіе **) впервые начало изучаться въ XVIII ст., первыя изслѣдованія принадлежатъ Ньютону (1726 г.). Потомъ Лапласъ и Лагранжъ подвинули впередъ теорію вопроса. Первые опыты сдѣланы Флоржергомъ въ 1793 г. Больше обстоятельно занимались этимъ вопросомъ Герстнеръ въ 1802 г. и Пуассонъ въ 1816 г. Затѣмъ братья Веберъ издали въ 1825 г. обширный трудъ о возможномъ движеніи частицъ. Наблюденія надъ волненіемъ въ морѣ пачаты Уильксомъ во время его антарктическаго плаванія (1838—1842 г.). Обстоятельныя наблюденія волненія въ океанахъ были сдѣланы лейтенантомъ Пари въ 1867—1870 г. Къ этому же времени относятся и теоретическіе труды Ранкина и опыты Фруда.

*) „On the composition of sea water in the different parts of the Ocean“, G. Forchhammer. Philosophical Transactions. London, 1865, vol. 155, p. 203.

**) См. подробно, стр. 229.

Приливы *) получили первое теоретическое объяснение в трудах Ньютона (1687 г. Phil. nat. princ. math. **), потомъ разбитыхъ Бернулли (1740 г.) и особенно Лапласомъ (Méc. céleste, 1799 — 1825 г.), а потомъ Эри (1842 г.). Для практической стороны дѣла особенно много сдѣлалъ Уевель (1833—1854 г. въ Philosop. Tr.), собравший и содѣйствовавшій увеличенію числа мѣстъ наблюдений надъ приливами.

Течения въ этотъ промежутокъ времени отъ конца XVIII ст. до второй половины XIX ст. пользовались большимъ вниманіемъ ученыхъ; въ это время началось научное ихъ изученіе, а слѣдовательно и возможность практическихъ приложений выводовъ въ мореплаваніи. Первое дѣйствительно научное изслѣдованіе теченій было предпринято Франклиномъ *** (1779 г.), и имъ же были высказаны первые теоретическіе взгляды на причины теченій. Затѣмъ Гумбольдтъ (1814 г.) среди своихъ многочисленныхъ географическихъ работъ, между прочимъ, высказалъ мнѣніе о существованіи годовыхъ колебаній въ теченіяхъ. Рейнелъ (1832 г.) составилъ первый атласъ теченій сѣв. Атлантическаго ок., основанный на наблюденіяхъ. Но особенно много для изученія теченій сдѣлалъ лейтенантъ американскаго флота Мори. Онъ собралъ громадное количество наблюденій теченій, обработалъ ихъ, и, не довольствуясь этимъ, постоянно перерабатывалъ все увеличивающійся матеріалъ; онъ выпустилъ нѣсколько изданій своей «Физической географіи моря», а также и „Sailing directions“ ****), въ которыхъ помѣщена составленная имъ первая основанная на наблюденіяхъ карта теченій океановъ.

Къ этимъ трудамъ въ серединѣ XIX ст. присоединяются такіе же, но позднѣйшія работы: англійская А. Финдлея и французская Берхалла.

Здѣсь слѣдуетъ указать, что изученіе теченій было бы невозможно, если бы въ разсматриваемое время мореходная и вообще астрономія не сдѣлала большихъ успѣховъ. Къ этому времени относятся: изобрѣтеніе хронометровъ, улучшеніе астрономическихъ отражательныхъ инструментовъ, созданіе мореходныхъ эфемеридъ и наконецъ теоретическія изслѣдованія Лапласа, позволившія ему составить лунныя таблицы, въ свою

*) См. стр. 286.

**) Первый русскій переводъ этого замѣчательнѣйшаго труда, сдѣланный А. Н. Крыловымъ, появился только въ 1915—1916 г. въ „Извѣстіяхъ Никол. Морск. Академіи“.

***) См. стр. 411, 412, фог. 163 и 164.

****) Maury, „Explanations and Sailing directions to accompany the wind and current charts“, 8—th edition, Washington, 1859.

очередь датию возможность применять съ успѣхомъ способъ дунныхъ разностный для опредѣленія разностей долготы въ морѣ *).

Органическая жизнь въ недрахъ океана и на его поверхности изучалась въ рассматриваемое время впервые. Постепенно изслѣдованія показали, что прежнія предположенія о невозможности существованія животныхъ на большихъ глубинахъ совершенно произвольны, они были оставлены, и было доказано, что и на большихъ глубинахъ въ океанѣ существуетъ органическая жизнь.

Въ началѣ и серединѣ XIX ст. двое ученыхъ оказали большое вліяніе на развитіе океанографіи. Одинъ изъ нихъ былъ А. Гумбольдтъ, (1769—1859 г.), охватившій всѣ существовавшія тогда отрасли географіи и всадѣ подвинувшій не только степень знаній, но и способы изслѣдованія много впередъ. Имъ, между прочимъ, былъ предложенъ картографическій способъ изученія распространенія физико-географическихъ явленій (карты изотермъ), который затѣмъ получилъ столь широкое распространеніе, сопровождающееся такими плодотворными результатами.

Еще больше вліянія на развитіе океанографіи и столь тѣсно связанной съ нею морской метеорологіи имѣлъ лейтенантъ Мори, (Matthew, Fontaine Maury, 1807—1873). Онъ былъ первый, показавшій воочию, какое большое значеніе имѣютъ для успѣха мореплаванія: производство правильныхъ наблюденій надъ явленіями воздушнаго и воднаго океановъ и ихъ обработка, дающія единственный способъ для облегченія и увеличенія безопасности мореплаванія, этого главнѣйшаго способа сообщенія и средства развитія цивилизаціи. Лейтенанту Мори обязаны морская метеорологія и океанографія установленіемъ правильного собранія матеріала плавающими судами. Съ этою цѣлью по его почину была созвана въ 1853 г. международная Морская конференція въ Брюсселѣ, которая установила по его плану однородную систему для судовыхъ наблюденій и ихъ записей, принятую флотами всего міра.

Мори распространялъ свои взгляды и результаты своихъ изслѣдованій помощью двухъ родовъ трудовъ. Въ послѣдовательныхъ изда-

*) Интересно отмѣтить, что настоящее время связано съ совершеннымъ упраздненіемъ этого способа опредѣленія долготы въ морѣ. Искроюй телеграфъ палъ выше и во много разъ болѣе удобное и точное средство для той же цѣли.

ниях „Sailing directions“ *) излагались имъ общіе результаты и практическіе выводы, необходимы мореплавателямъ; въ изданіяхъ же своей „Physical geography of the Sea“ **) онъ разбираетъ широко всѣ вопросы, относящіеся къ наукамъ о морѣ. Последовательныя изданія этого послѣдняго труда представляютъ кромѣ того и историческій интересъ, показывая, какъ развивались океанографія и морская метеорологія въ началѣ своего существованія.

Начало собственно океанографическихъ изслѣдованій, плаваніе *Challenger's* и другихъ экспедицій до 1917 г.—Въ 1868 г. по почину Королевскаго Общества въ Лондонѣ (англійская акад. науки) было устроено небольшое океанографическое плаваніе на военномъ кораблѣ *Lightning* подъ руководствомъ главнаго устройства экспедиціи Карпентера и Уайвида Томсона. Они произвели нѣкоторыя работы (драгированіи, измѣренія глубинъ и температуръ) между Шотландіей и Фарерскими о-ми. Результаты оказались очень интересными, и на слѣдующее лѣто адмиралтейство предоставило въ ихъ распоряженіе лучшее судно, *Porcupine*, на которомъ работы были посланы шире и распространены отъ Шотландіи до Бискайскаго зал. Въ 1870 г. начатыя работы продолжались и были доведены до Средиземнаго м. (на *Porcupine* и *Shearwater*, послѣднимъ командовать Нэрсъ).

Эти три плаванія главнымъ образомъ послужили для разработки способовъ и приемовъ работъ и усовершенствованія приборовъ. Многія отрасли изслѣдованія приходилось создавать заново, наиримѣръ, химическій анализъ воды и анализъ газовъ, въ ней заключенныхъ, а для этого приходилось производить цѣлый рядъ опытовъ.

Одновременно океанографическія изслѣдованія начались и въ другихъ странахъ, такъ въ 1869 г. въ Германіи была основана, существующая и до сихъ поръ, Комиссія по изученію нѣмецкихъ морей, съ самаго начала много сдѣлавшая для постановки газоваго анализа морской воды (Якобсенъ), а впоследствии по вопросу объ изученіи планктона (Гензель).

Въ то же время и въ Соединенныхъ Штатахъ занялись обследованіемъ прилегающихъ водъ Атлантическаго ок. Начались эти работы

*) „Explanations and Sailing Directions to accompany the Wind and Current Charts“, 8 изданій, поочередно 2 т. 1858—1859 г. Washington.

**) „Physical Geography of the Sea and its Meteorology“, by Lieut. Naury, 9 изданій, послѣднее 1860 г.

изученіемъ Гольфстрима (еще въ 1846 г.), а потомъ онѣ расширились и охватили болѣе широкую полосу океана, особенно послѣ возникновенія «U. St. Fish Commission», работающей и до сихъ поръ. Другое ученое учрежденіе Соединенныхъ Штатовъ «Coast and Geodetic Survey» занялось съ 1872 г. обслѣдованіемъ Мексиканскаго зад. и Карибскаго м.

Всѣ эти работы привели англійскихъ ученыхъ къ сознанію необходимости снаряженія большой океанографической кругосвѣтной экспедиціи, которая бы выяснила рельефъ дна океановъ и обслѣдовала бы физическія, химическія и біологическія свойства и особенности океановъ на поверхности и на глубинахъ. Великобританское правительство, по представленію ученыхъ учреждений страны, рѣшило снарядить такую экспедицію, для чего былъ назначенъ деревянный корветъ *Challenger* въ 2.306 тоннъ, съ машиной въ 1.234 силъ; онъ былъ снаряженъ въ плаваніе подъ наблюденіемъ главнаго гидрографа флота и особой комиссіи; личный составъ офицеровъ былъ подобранъ соответственно назначенію, командиромъ назначенъ былъ Нэрсъ, а старшимъ офицеромъ Тизардъ. Кроме того, на судно была назначена еще комиссія изъ 6 специалистовъ подъ руководствомъ Уайвилъ Томсона ^{*)}. Было составлено подробное наставленіе для работъ, придуманы и построены приборы, на кораблѣ были устроены особыя лабораторіи, и онъ былъ снабженъ всѣмъ необходимымъ для научныхъ работъ. Корветъ вышелъ изъ Англіи въ Декабрѣ 1872 г., а возвратился туда въ Маѣ 1876 г. (см. карту II), за три съ половиною года онъ прошелъ 68.900 м. миль и имѣлъ 362 глубоководныя станціи, къ каждой изъ коихъ опредѣлены: глубина, грунтъ, образецъ придонной воды, ея температура, во многихъ случаяхъ: добыты драгою со дна грунтъ и животныя; изслѣдована фауна и флора на поверхности и на разныхъ глубинахъ, сдѣланы опредѣленія температуръ на разныхъ глубинахъ и добыты оттуда образцы воды. На каждой станціи опредѣлялось поверхностное теченіе и иногда теченія на глубинахъ, и велѣсь ежечасныя метеорологическія наблюденія.

Труды *Challenger's* составляютъ новую эпоху въ развитіи океанографіи и всѣхъ ея отраслей, какъ вслѣдствіе громадности охваченнаго пространства, такъ и по причинѣ новыхъ приѣмовъ и способовъ изслѣдованія и примѣненія новыхъ приборовъ.

^{*)} Wyville Thomson, J. Buchanan, H. Moseley, J. Murray, Willemess-Suhm, J. Wild.
В. М. Шмалевскій.

Во многих отношеніях изслѣдованія *Challenger*'а принесли совершенно новыя свѣдѣнія, а собранные матеріалы оказались столь громадны, что для ихъ обработки понадобилось участіе 70 ученыхъ въ теченіе 20 лѣтъ. Изданіе результатовъ закончилось только къ 1895 г. и составило 50 томовъ in—4^o; изъ нихъ общее описаніе и собственно океанографія занимаютъ 8 томовъ, ботаника—2 т. и зоологія—40 т. (29.482 стр. всего и 2.279 картъ, чертежей и рисунковъ). Очень важно, что планъ обработки былъ составленъ редакторомъ Дж. Мёрреемъ (впоследствии барономъ) обдуманно, широко и охватилъ всѣ задачи океанографіи въ томъ размѣрѣ, въ какомъ онъ тогда выяснился.

Обработка большей части матеріаловъ, особенно физическаго и химическаго характера, требовала производства большого количества добавочныхъ изслѣдованій и опытовъ; одни изслѣдованія химическихъ и физическихъ свойствъ собранныхъ образцовъ воды потребовали не мало времени, а по количеству полныхъ химическихъ анализовъ (77) и до сихъ поръ не были преодолены еще ни разу. Многія работы, помѣщенные въ трудахъ *Challenger*'а, представляютъ обширѣйшія обработки всего существующаго матеріала по данному вопросу, напримѣръ, циркуляція атмосферы, обработанная Беканомъ и содержащая такое собраніе экономическихъ картъ распредѣленія давленія атмосферы, какого не было раньше и нѣмѣ не подавалось ниномъ. Или, напримѣръ, статья, представляющая введенія въ ботанической и зоологической отдѣлы.

Нѣкоторыя части представляютъ совершенно новыя теоретическія изслѣдованія разныхъ научныхъ вопросовъ, напримѣръ, трудъ проф. Тэта о физическихъ свойствахъ воды ^{*)}, или о составѣ морской воды проф. Дитмара ^{**)}, или наконецъ обширная и совершенно новая работа самого редактора Д. Мёррея и Ренара относительно образцовъ грунта дна, собранныхъ экспедиціей ^{***)}. Все это вмѣстѣ еще болѣе увеличиваетъ значеніе экспедиціи *Challenger*'а и дѣйствительно и до сихъ поръ сохраняется за нею и ея трудами значеніе настоящаго краеугольнаго камня океанографіи.

Challenger 21-го Дек. 1873 г. вышелъ изъ Нертекута (см. карту II) и сюда пришелъ изъ Гибралтара, дѣлая пробныя сканіи. Далеко впередъ проследовала на Изабелъ и Тенерифъ.

^{*)} „On some of physical properties of fresh water and of sea water“, by prof. P. Tait, 1889.

^{**)} „Composition of ocean water“, by prof. W. Dittmar, 1884.

^{***)} „Deep Sea deposits“, by J. Murray and prof. A. Renard, 1891.

рифы, откуда зурей были взяты из о-ва Св. Огня (Мед. Антильские). На этом пути вооружен из глубины 5.770 м. (3.150 м. с.) подняли незначительный еще образец грунта мелководного типа, заключенный красном глинном, шаровидном характерном грунтом, весь глубиннозатонный видения. От о-ва Св. Огня, идя къ Бермудамъ, начали тропическую для того времени глубину 7.155 м. (3.875 м. с.) после въ 150 ж. вышла (278 мил.) от острова; измерения продолжались 2 ч. 40 ж. Отъ Бермудъ начали ходить къ Галифаксу; вернувшись обратно, пошелъ по параллели къ Азорскимъ о-вамъ и Мадейра, и черезъ о-ва Зеленаго мыса на югъ плылъ Африка до 3° ю. ш., откуда повернулъ на западъ къ о-вамъ Св. Павла и Фернандо Норонья, между ними шельфа была впервые на большой глубинѣ (4.810 м.) столь низкая температура, какъ 0°,2. Поблизости къ Бразиліи, корветъ направился къ о-ву Тристанъ Д'Алканта и затѣя въ Канторъ. Оттуда экспедиція прошла къ о-ву Крозетъ и Кергеленъ, здѣсь повернулъ на югъ и доходитъ до позиціонъ круга. Пройдя далье къ Мельбурну, корветъ проследовалъ къ Сидней и затѣя сдѣлать рейсъ на востокъ къ проливу Кука въ Новой Зеландіи, подошла къ г. Веллингтъну и вышла оттуда къ о-вамъ, прошелъ вдоль восточной окраины о-ва Перилленскихъ, Тонга, повернулъ на западъ и черезъ Терресовъ пр. и море Банда, Целебесъ и Сулу прошелъ къ Минданау. На дальномъ пути были обнаружены эти интересныя, извѣстныя моря съ особенными распределеніемъ температуры на глубинахъ. Сходясь къ Гонолулу и обративъ, корветъ вернулся къ сѣвернымъ берегамъ Новой Гвинее, откуда пришелъ въ Токогау. По пути была найдена глубина 8.307 ж. (4.575 м. с.), наибольшая на все плаваніе. Изъ Яконы корветъ пошелъ по параллели до меридіана Сандвичевыхъ о-ва, съ была послѣженъ вулканъ Клоуи, только что похолодѣвшихъ къ изверженію. Изъ Гонолулу корветъ прошелъ на югъ къ о-ву Таити и далье по параллели Вальпарайсо, съ повернулъ на востокъ до этого порта. Изъ Вальпарайсо черезъ пр. Магеллана прошелъ на Филиппинскіе о-ва и Монтевидео, откуда сперва вышелъ на средину океана, а затѣя пошелъ по меридіану до экватора. На пересѣченіяхъ своего пути *Challenger* повторилъ наблюденія на всѣхъ глубинахъ, и оказалось, что температурно получались тѣ же. Отъ о-ва Вальдезия корветъ прошелъ къ о-ву Зеленаго мыса и, обогнувъ Азорскіе о-ва съ запада, возвратился 24-го Мая 1876 г. въ Портсмутъ.

Плаваніе и работы *Challenger'a* принесли океанографіи еще и другую косвенную помощь, до него много морскихъ экспедицій уходило изъ Европы и Америки, но на океанографическія работы въ теченіе ихъ плаваній не обращалось достаточно вниманія. Послѣ же *Challenger'a* всѣ экспедиціи производили океанографическія изслѣдованія, обязательно входящія въ ихъ программу. Такимъ образомъ примѣръ *Challenger'a* сыгралъ громадную роль въ дѣлѣ изслѣдованія океана.

Черезъ годъ послѣ его отправленія была снаряжена германская экспедиція на *Gazelle* (1874—1876 г.), имѣвшая назначеніе отвезти астрономовъ на о-ва Кергеленъ для наблюденія прохожденія Венеры. Благодаря примѣру *Challenger'a*, эта экспедиція тоже произвела рядъ океанографическихъ наблюденій во время своего кругосвѣтнаго плаванія (см. карту II) и расположила свой путь такъ, чтобы онъ шелъ по вѣкамъ мѣстамъ, пожелъ путь *Challenger'a*.

Въ то же время (1874 г.) работала американская экспедиція на

Tuscarara (см. карту II), имѣвшая техническую задачу произвести промѣры по дугѣ большого круга между С. Франциско и Японіей для прокладки кабеля. Она тоже произвела, кромѣ измѣреній глубинъ, еще и вѣкоторыя другія океанографическія наблюденія и отыскала вдоль окраины Алеутскихъ и Курильскихъ о-въ громадѣйшія глубины, наибольшая до 8.490 м. (4.643 м. с.) *) изъ 180 м.м. (333 с.) отъ о-ва Иту-руна (Курильск. о-въ). Въ этомъ и слѣдующемъ году (1875 г.) то же судно промѣрило линію С. Франциско, Гавай, Австралія.

Работы этихъ трехъ судовъ (*Chall.*, *Gaz.* и *Tuscar.*) уже дали въ совокупности достаточный матеріалъ для составленія общей океанографической картины для всего Мирового ок.

По этому поводу интересно отметить одну важную задачу океанографіи перекъ физическоя географіей вообще и морфологіей земной коры въ частности:

На днѣ океана не существуетъ расчлененія поверхности на тектонич. зоны, ни дѣйствиельно изгибы, ни владѣніе перепадами температуръ; донѣ океана только постепенно и равномерно устанавливается все новыми и новыми слоями отложений. Поэтому при изученіи рельефа океанической части земной коры изгибы не обнаруживаются изъгибами ея расчлененія, и главныя морфологическія особенности выделяются изгибами. Кромѣ того рельефъ дна океана, покрывающаго 72% земной поверхности, уже по одному этому обстоятельству долженъ играть важную роль въ пониманіи причинъ, обуславливающихъ главнѣйшія возвышенія и пониженія земной коры. Только послѣ изысканій океанографическими работами характера рельефа дна океана и стали возможныаго познание болѣе обстоятельныхъ предположеній объ общахъ причинахъ, обуславливающихъ образованіе главныхъ особенностей рельефа земной коры.

Въ частности только послѣ составленія карты глубинъ Мирового океана стало возможнымъ и possible, въ какихъ мѣстахъ его надо ожидать и искать наибольшаго пониженія земной коры, которые всѣ лежатъ у самой окраины материкового склона. Этимъ обстоятельствомъ и объясняется, что *Challenger* въ 1874 г., проходя вдоль восточной окраины архипелаговъ Каролинскихъ и Тонга, не нашелъ никакихъ глубинъ (4.500—5.000 м. с. или 5.500—8.000 м.), потому что у него не было руководящей нити; онъ шелъ слишкомъ далеко въ востокъ отъ донѣ архипелаговъ. Эта наибольшая глубинообразная впадина была найдена вѣдѣннѣ судномъ *Reconnaissance* въ 1889 г.

Затѣмъ въ послѣдніе годы большое количество такихъ же глубинообразныхъ впадинъ, всегда выпавшихъ вдоль окраины материкового склона, было отыскано въ Индонезіи и западномъ Тихомъ ок. германскими океанографическими экспедиціями, совершенно совершенно изъяснившимъ.

Всѣмъ за ними, по примѣру *Challenger's*, начались океанографическія изысканія разныхъ націй, и до настоящаго времени число ихъ дошло до значительной цифры, если считать всѣ отдѣльныя кратко-

*) Первый телеграфный кабель перерѣзъ Тихого ок. былъ проложенъ только въ 1902 г., потому что большія глубины океана не позволяли при имѣвшихся раніе техническихъ средствахъ проложить кабель, да и вообще изготовить таковой для такой глубины.

временным плаваніем и работы въ моряхъ; потому что послѣ *Challenger'a* не было ни одной научной морской экспедиціи, которая бы попутно не была, хотя отчасти, и океанографическою. Многія суда военнаго флота также попутно производили подобныя работы, а иногда имъ и прямо поручалось произвести глубоководныя изслѣдованія въ некоторыхъ частяхъ океановъ или морей.

Всѣ сѣверныя полярныя экспедиціи по пути дѣлали океанографическія изслѣдованія, изъ нихъ особенно выдаются труды *Fram'a*, на которомъ (1894—1896 г.) Ф. Навсенъ совершилъ свое знаменитое по научнымъ результатамъ первое плаваніе черезъ Сѣверное Полярное м., открылъ въ немъ глубокій бассейнъ и далъ яркую картину океанографическихъ условий этого моря въ своемъ большомъ трудѣ по этому вопросу.

Восьма интересныя по своимъ результатамъ океанографическія работы антарктическихъ экспедицій, число которыхъ со времени возобновленія интереса къ южной полярной области въ концѣ XIX ст. дошло уже до 15; пути нѣкоторыхъ изъ нихъ, болѣе важныхъ по своимъ океанографическимъ результатамъ, нанесены на картѣ II (стр. 34).

За вѣкшій 48 лѣтъ (съ 1868 г.) отъ начала изученія глубинъ океановъ, почти всѣ націи *) припали участіе въ этихъ работахъ въ большей или меньшей степени, и число отдѣльныхъ экспедицій очень велико, почему и было невозможно на картѣ II показать пути всѣхъ судовъ, производившихъ подобныя работы; тамъ нанесены только плаванія экспедицій, или охватившихъ большія пространства океановъ или имѣющихъ особенное значеніе совокупностью своихъ работъ. Очевидно, что большая часть таковыхъ плаваній непременно упоминалась и въ соответствующихъ мѣстахъ въ книгѣ, такимъ образомъ карта II служить имъ нѣкоторымъ дополненіемъ, такъ какъ на ней можно найти пути этихъ экспедицій. Перечислять ихъ всѣ здѣсь было бы и утомительно и неинтересно, дайте сказано только о нѣкоторыхъ.

Среди океанографическихъ плаваній выделяются работы Fish Commission Соединенныхъ Штатовъ на *Albatros* въ Атлантическомъ и особенно въ Тихомъ ок. (см. карту II), сопровождавшіяся весьма обстоятельными разработками собранныхъ матеріаловъ и описаніемъ приборовъ и способовъ работъ. Плаванія судна комиссіи начались въ 1882 г.

*) Россія, Великобританія, Норвегія, Швеція, Давія, Германія, Австрія, Франція, Бельгія, Голландія, Италия, Соединенные Штаты, принцъ Альберъ Монахскій.

и продолжаются и донынѣ. Въ концѣ XIX ст. (1872—1880 г.) другое американское ученое учрежденіе Coast and Geodetic Survey произвело на суднѣ *Blake* полное обследованіе Мексиканскаго зал. и Караибскаго м., при чемъ командиръ судна Сигсби усовершенствовалъ многіе приборы и главнымъ образомъ глубомѣръ Томсона настолько, что получилась технически новая машина, употребляемая и до сихъ поръ подъ именемъ глубомѣра Сигсби (см. фиг. 12, стр. 25). Въ 1883—1886 г. то же учрежденіе произвело обстоятельныя изслѣдованія Гольфстрима, начиная съ Караибскаго м., описаннымъ въ 1890 г. Въ 1883—1886 г. корветъ американскаго военнаго флота *Entreprise* совершилъ кругосвѣтное плаваніе и сдѣлалъ, между прочимъ, много океанографическихъ наблюденій, изъ коихъ особенно важны опредѣленія температуръ на глубинахъ вдоль экватора въ Индійскомъ ок.

Въ 80-хъ годахъ французское правительство снаряжало четыре года подъ рядъ спеціальныя океанографическія экспедиціи на судахъ *Talisman* и *Travailleur* (см. карту II), обследовавшихъ Атлантическій ок. у береговъ Франціи, Португаліи и Испаніи и западную половину Средиземнаго м.

Итальянскій военный флотъ принялъ участіе въ изученіи океановъ плаваніемъ *Vettore Pisani* (1882—1885 г.), при чемъ командиръ его, извѣстный своими учеными трудами кап. 1 р. Маньяги, внесъ рядъ усовершенствованій въ приборы для измѣренія глубинъ и приспособленія для опредѣленія температуръ (фиг. 50, стр. 122, рама глубоководн. термом. системы Маньяги).

Съ 1885 г. начались океанографическіе труды принца Монахскаго Альбера, который одно за другимъ построилъ три судна: *Hirondelle* и два одного имени *Princesse Alice* (послѣднее въ 1.420 тоннъ), постепенно все большія по размѣрамъ и удобнѣе устроенныя для работъ по океанографіи. Съ 1885 г. принцъ Альберъ почти ежегодно плавалъ въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и Средиземномъ м., постепенно расширяя область своихъ изслѣдованій отъ экватора до Шпицбергена (на картѣ II назначенъ только одинъ путь *Hirondelle* при изслѣдованіи Гольфстрима помощью поплавковъ). Результаты океанографическихъ работъ принца Альбера, главнымъ образомъ зоогеографическіе, постоянно издаются имъ и уже образовали цѣлую бібліотеку. Имъ и его сотрудниками придумано и построено много самыхъ разнообразныхъ приборовъ, вошедшихъ во всеобщее употребленіе. Наконецъ въ 1890 г. въ

Монако принцем Альберомъ былъ открытъ океанографическій Музей, на фронтоиѣ котораго среди десяти именъ судовъ, извѣстныхъ своими работами по океанографіи, стоитъ и имя *Витязя*. Немного позже (1906 г.) въ Парижѣ принцъ Альберъ основалъ при Сорбоннѣ Океанографическій Институтъ, предназначенный для распространенія этихъ знаний. Кромѣ того, принцемъ Монакскимъ издана первая карта Мірового океана съ указаніемъ всѣхъ измѣренныхъ глубинъ въ масштабѣ 1:10.000.000; карта въ 1914 г. начала выходить вторымъ изданіемъ.

Въ 1886—1889 г. русскій корветъ *Витязь* подъ командою кап. 1 р. С. О. Макарова отправлялся въ кругосвѣтное плаваніе, которое не имѣло прямыхъ научныхъ цѣлей, но, вслѣдствіе почину командира корабля, уже и ранѣе интересовавшагося физико-географическими изслѣдованіями и произведшаго въ 1881 г. изученіе поверхностнаго и подводнаго теченій въ Босфорѣ *), на всемъ пути корвета производились опредѣленія поверхностныхъ: температура, удѣльнаго вѣса и теченій, и заглазъ въ интересныхъ мѣстахъ и когда позволяла погода эти же наблюденія производились и на различныхъ глубинахъ до 800 м. Наблюденія на поверхности производились каждыя 4 часа; на границахъ теченій, въ проливахъ и т. п. иногда и черезъ каждыя 10—5 мин. Число глубоководныхъ станцій доходило до 261, на каждой изъ нихъ произведены наблюденія на глубинахъ: 0, 25, 100, 200, 400 и часто 800 м.

Всѣ эти наблюденія были самымъ тщательнымъ образомъ обработаны, приборы изслѣдованы, и для выясненія нѣкоторыхъ вопросовъ, вступившихъ при обработкѣ, даже были произведены особые изслѣдованія; напримѣръ, по вопросу о таблицахъ для приведенія удѣльных вѣсовъ воды къ опредѣленной температурѣ. Всѣ обработанные наблюденія напечатаны въ трудѣ «Витязь и Тихій океанъ», 1894 г.

Однако этимъ не исчерпываются заслуги С. О. Макарова. Онъ предпринялъ попутно еще не менышій и очень полезный трудъ, а именно, онъ собралъ для сѣвернаго Тихаго ок. всѣ существовавшія въ то время наблюденія, для чего были использованы многія оставшіяся не изданными наблюденія русскихъ мореплавателей начала XIX ст., а также и всѣ наблюденія на иностранныхъ судахъ, и совместно обработалъ ихъ. Результатъ такого обширнаго труда дать автору возможность представить полную океанографическую картину сѣвернаго Тихаго ок., а иѣ-

*) «Объ обѣихъ водахъ Чернаго и Средиземнаго морей», С. О. Макаровъ, 1885 г.

которые мѣста, какъ Лаперузовъ пр., Ферморскій пр., Корейскій пр. и Японское м. были изслѣдованы особенно подробно. Въ Японскомъ м. замѣчательно ясно сказалось вліяніе уклоняющей силы отъ вращенія земли: Куро-Сиво, вступающій въ море черезъ Корейскій пр., все время и на поверхности и на глубинахъ остается прижатъ къ берегу Японіи. Особенно интересна карта распредѣленія температуръ на 400 м. глубины, построенная С. О. Макаровымъ впервые; она очень ясно показывала существованіе болѣе теплой области въ 20°—30° ш. и болѣе холодной въ экваторіальной полосѣ (см. стр. 160—164).

Какъ и при всякой обстоятельной работѣ, такъ и въ трудѣ «Витязь и Тихій ок.» замѣчено много различныхъ вопросовъ и задачъ и много попутно слѣзаво полезныхъ замѣчаній и наставленій. Трудъ этотъ, изданный на двухъ языкахъ, получилъ широкое распространеніе и занялъ почтенное мѣсто въ океанографической наукѣ, являясь примѣромъ такихъ работъ не только для насъ, но и для всѣхъ вообще.

Говоря о плаваніи *Витязя*, работавшаго въ русскихъ водахъ на дальнемъ востоцѣ, слѣдуетъ упомянуть о большемъ количествѣ работъ по океанографіи (температура, удѣльные вѣса, теченія), слѣзанныхъ въ теченіе 25-лѣтнихъ ежегодныхъ плаваній генераломъ М. Е. Жданко во время пребыванія его начальникомъ гидрографической экспедиціи Тихаго океана въ Японскомъ м., Татарскомъ пр., Охотскомъ и отчасти Беринговомъ моряхъ.

Въ 1889 г. въ Атлантическомъ ок. трудилась германская экспедиція на *National* (см. карту II), обследовавшая сѣверную половину океана особенно со стороны изученія планктона. Біологическими работами заведывалъ Геккель, а океанографическими Брюммель.

Въ 1890—1898 г. австрійская экспедиція на военномъ суднѣ *Rala* изучала восточную часть Средиземнаго м. и Красное м.; описаніе работъ было издано во многихъ томахъ. Адриатическое м. кромѣ того давно уже изучается систематически особою комиссіей при Академіи Наукъ въ Вѣнѣ, а также и итальянскими учеными.

Въ Балтійскомъ и Нѣмецкомъ м. очень давно были начаты океанографическія работы нѣмецкими (съ 1869 г.) и шведскими учеными. Последніе начали свои работы еще въ 1877 г., правильныя же обследованія Нѣмецкаго м. начались въ 1890 г. подъ руководствомъ Г. Экмана и О. Петтерсона, и къ нимъ присоединилсъ (1893—1894 г.) работы шотландской рыболовной комиссіи подъ руководствомъ Диксона.

Департаментом Земледѣлія Главн. управленія Землед. и Землеустройства въ 1897 г. была снаряжена экспедиція подъ руководствомъ І. Б. Шенндлера для изученія Карабугазскаго зал., результаты ея работъ были изданы въ 1902 г.

Тотъ же Департаментъ въ 1904 г. предпринялъ изслѣдованіе Каспійскаго м. подъ общимъ руководствомъ Н. М. Книповича при содѣйствіи Морского вѣдомства. Полученные результаты были опубликованы въ трехъ томахъ (1907—1913 г.). Послѣдующія изслѣдованія еще не были изданы.

Въ 1908 г. изъ же при содѣйствіи Морского Министерства и подѣйствованнаго ему Главнаго Гидрографическаго Управленія было устроено обследованіе части Балтійскаго м., прилегающей къ берегамъ Россіи, по программамъ международныхъ работъ «Союза по изученію морей». Результаты работъ были изданы Департаментомъ въ 1910 г.

Норвежцы занялись изученіемъ Сѣверно-Европейскаго м. сейчасъ же послѣ возвращенія *Challenger'a*, для чего подъ руководствомъ Мона они снарядили экспедицію на *Förlingen* (1876—1878 г.), работавшую приборами и приемами *Challenger'a*. Экспедиція охватила всю пространствую между Исландіей, Шницбергеномъ и Норвегіей (см. карту II). Обработка собранныхъ матеріаловъ, сдѣланная подъ руководствомъ Мона, была замѣчательно обстоятельна, и въ ней впервые были затронуты и разработаны вопросы о возникновеніи теченій подъ вліяніемъ разностей плотностей и вѣтровъ. Этотъ починъ въ дѣлѣ изученія теченій послужилъ впоследствии основаніемъ для дальнѣйшихъ приложений законовъ гидродинамики къ движенію воды въ океанахъ и моряхъ. При обработкѣ результатовъ этой экспедиціи было также предпринято очень обстоятельное изслѣдованіе состава морской воды (Торнѣ и Шмелльсъ) *).

Одновременно (1879 г.) голландцы послали экспедицію на суднѣ *Willem's Barentz*, которая обследовала впервые съ океанографической точки зрѣнія пространство моря между Шницбергеномъ, Новою Землею и Европою (см. карту II).

Датчане также не оставили своихъ водъ безъ изученія и, кромѣ прилегающихъ къ метрополію частей Балтійскаго м., занялись изученіемъ сѣверной части Атлантическаго ок. и снарядили экспедицію на *Torvalf* (1895—1896 г.), работавшую въ водахъ около Исландіи и Гренландіи (см. карту II), результаты ея изданы Датскимъ правительствомъ.

*) „The Norwegian North-Atlantic Expedition, 1876—1878“.

Сѣверѣ Исландіи, въ области Восточно-Гренландскаго теченія въ послѣднее время работала экспедиція принца Генриха Орлеанскаго на *Belgica* (1905 г.), собравшая много океанографическихъ свидѣній въ этой мало изученной части океана (см. карту II). Въ слѣдующемъ году та же *Belgica* трудилась въ Барскомъ м., но съ меншими успѣхами.

Въ области Сѣверно-Европейскаго м. работало много судовъ, изъ нихъ много данныхъ было собрано на *Gjøa* (1901 г.), суднѣ Р. Амундсена, который передъ своимъ плаваніемъ для открытія сѣверо-западнаго прохода плѣлъ лѣто плавать между Шпицбергеномъ и сѣверной Норвегіей, собранные матеріалы были обработаны Нансеномъ (см. карту II).

Въ области русской части Сѣвернаго Полярнаго м. между Мурманомъ, Шпицбергеномъ и Новою Землею въ теченіе восьми лѣтъ (1898—1906 г.) трудилась русская научно-промысловая экспедиція на суднѣ *Андрей Первозванный* (см. карту II), сперва подъ руководствомъ Н. М. Квишидзе, а потомъ А. А. Брейтфуса. За 8 лѣтъ экспедиціей были собраны богатые матеріалы, уже обработанные и почти всѣ изданные, по крайней мѣрѣ по отношенію къ океанографическимъ изслѣдованіямъ.

Въ этой же области въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ работалъ тогда лейтенантъ М. Е. Жданко, собравшій въ плаваніи на разныхъ судахъ много данныхъ по температурѣ и удѣльному вѣсу морской воды.

У сѣвернаго побережья Сибири, кромя *Freda* Нордешвицка (1878—1879 г.) и *Fram* Нансена (1896 г.), проходившихъ вдоль береговъ, въ теченіе 10 лѣтъ работала (1894—1904 г.) Гидрографическая экспедиція сѣвернаго Ледовитаго ок. подъ начальствомъ А. И. Вилькицкаго, а потомъ Ф. К. Дриженко и А. И. Варнека, собравшая большой океанографическій матеріалъ для пространства между Бѣлымъ м. и Енисеемъ.

Въ 1901—1902 г. тутъ же проходило судно русской полярной экспедиціи *Полярная Заря* подъ руководствомъ барона Э. Толля, изъ которыхъ лейтенантъ А. В. Колчанъ собралъ большой океанографическій матеріалъ, отчасти уже и изданный Академіей Наукъ.

Наконецъ въ послѣдніе годы между Беринговымъ пр. и Таймыромъ трудилась вторая гидрографическая экспедиція сѣвернаго Ледовитаго ок. на судахъ *Таймыръ* и *Вайнахъ*, сперва подъ общимъ руководствомъ генерала Сергѣева, а потомъ въ 1913—1915 г. подъ начальствомъ кап. 2 р. Б. А. Вилькицкаго, командовавшего *Таймыромъ*, и кап. 2 р. Новонашеннаго, командовавшего *Вайнахомъ* (см. карту II). Этими

судами собрано много океанографических материалов, так же, какъ и на суднѣ *Эклизес* подъ командою Свердрупъ, посланнаго навстрѣчу двумъ вышеуказаннымъ судамъ.

Голландцы также выступили на путь океанографическихъ работъ и изслѣдовали свои воды въ Зондскомъ архипелагѣ на *Siboga* (1899—1900 г.), результаты были ими изданы въ рядѣ томовъ.

Въ 1899 г. по почину вице-адмирала С. О. Макарова былъ построенъ Россіей ледоколъ *Ермакъ*, сильнѣйшій изъ всѣхъ существующихъ и донынѣ (10.000 силъ машина и 6.000 тоннъ водоизмѣщеніе). Для пробы его, между прочимъ, было рѣшено отпрavitъ судно въ плаваніе изъ западу отъ Шпицбергена до встрѣчи съ полярными льдами и испытать его работу среди нихъ. С. О. Макаровъ воспользовался такимъ случаемъ и во пути къ сѣверу и обратно произвелъ интересныя океанографическія работы (см. карту II), изданныя въ особомъ трудѣ *).

Здѣсь не приводятся указанія на многочисленные промѣры, сдѣланные судами телеграфныхъ обществъ передъ прокладкою кабелей. Этими судами промѣряно большое число полосъ шириною въ 10 м. въ океанѣ и получены оттуда образцы грунта дна **). Иногда ими попутно измѣряются и придонныя и поверхностныя температуры, другихъ же изслѣдованій не производится за недостаткомъ времени. Тѣмъ не менѣе и эти изслѣдованія оказали большую поддержку изученію рельефа и придонныхъ температуръ. Нѣкоторымъ изъ судовъ телеграфныхъ обществъ посчастливилось найти выдающіяся глубины. О таковыхъ находкахъ *Tuscarora* сказано было выше; другое судно *Relay* (см. карту II) при промѣрѣ у береговъ Чили и Перу нашло глубину въ 7.640 м. (4.178 м. с.); телеграфный американскій пароходъ *Nero* въ 1899 г. нашелъ около о-ва Гуамъ (южн. Маріанск. о-ва) глубину въ 9.640 м. (5.270 м. с.) вторую по величинѣ.

Англіискія гидрографическія суда тоже сдѣлали не мало для изученія океановъ, изъ нихъ *Penguin* (см. карту II) въ 1895 г. нашелъ наибольшую глубину южнаго Тихаго ок. у о-ва Тонга 9.430 м. (5.155 м. с.).

Въ 1890—1891 г., по ходатайству Императорскаго Русскаго Геогра-

*) „Ермакъ во льдахъ“, С. О. Макаровъ, 1901 г.

**) Для прокладки кабеля промѣряется въ шахматномъ порядкѣ полоса въ 10 м. м., чтобы получить понятіе о характерѣ рельефа на протяженіи нѣкотораго пояса, а не по одной только линіи, поспѣвъ на которую точно при укладкѣ кабеля было бы невозможно.

фическаго Общества и Съезда Естествоиспытателей, Морским вѣдомствомъ были снаряжена экспедиція на канонеркахъ *Черноморецъ* и *Донецъ* для изученія океанографическихъ условій Чернаго м., оказавшихся совершенно особенными и единственными въ своемъ родѣ. Океанографическими работами заведывали морскіе офицеры І. Б. Шиндлеръ и баронъ Врангель въ 1890 г., а въ 1891 только первый изъ нихъ. Результаты были изданы Морскимъ вѣдомствомъ *).

Гидрологическія условія Босфора были изучены кап. І р. С. О. Макаровымъ въ 1881—1882 г.

По ходатайству того же Императорскаго Русскаго Географическаго Общества въ 1894 г. Морское вѣдомство отпустило приборы и дало средства для изученія Мраморнаго м., которое и было изслѣдовано подъ руководствомъ полк. І. Б. Шиндлера. Результаты были изданы Географическимъ Обществомъ **).

Здѣсь уместно указать, что Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морскаго Министерства, кромя чисто-гидрографическихъ работъ по берегамъ русскихъ морей, попутно сдѣлано много и для изученія нѣкоторыхъ океанографическихъ элементовъ ихъ, какъ-то: колебаній уровня морей, температуры и удѣльнаго вѣса воды въ прибрежныхъ водахъ. Свѣдѣнія по этимъ даннымъ ежегодно издаются Управленіемъ въ «Сборникѣ гидро-метеорологическихъ наблюденій», конхъ вышло съ 1898 г. по 1917 г. 24 тома. Кромя того за послѣднія 10 лѣтъ Управленіемъ сдѣлано очень много для изученія приливовъ на побережьи Сѣвернаго Ледовитаго моря, въ Бѣломъ м. и по берегамъ Японскаго и Охотскаго морей, и съ 1909 г. издается особое «Ежегодники приливовъ», содержащія предсказанія приливовъ на слѣдующій годъ для многихъ мѣстъ.

Въ 1898—1899 г. Германія снарядила большую океанографическую экспедицію на *Valdivia* (см. карту II), посѣтившую Атлантическій и Индійскій ок. Океанографическіе результаты были обработаны Шоттомъ, который не только воспользовался данными 274 глубоководныхъ станцій *Valdivia*, но собралъ и переработалъ весь имѣвшійся для этихъ

*) Матеріалы по гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, собранные въ экспедиціяхъ 1890—1891 г. Обработаны І. Б. Шиндлеромъ и барономъ Ф. Ф. Врангелемъ. С.-Петербургъ, 1899 г.

**) Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго м., собранные въ экспедиціи 1894 г. изъ турецкихъ пароходѣ *Селма* и *І. Шиндлеръ*.

океановъ матеріалъ и, издавъ эту сводную обработку, далъ очень обстоятельную картину состоянія океанографическихъ свѣдѣній по этимъ двумъ океанамъ къ началу XX ст.

Въ 1906—1907 г. германское гидрографическое судно *Planet* (см. карту II), отплавляясь въ Тихій ок., произвело по пути рядъ очень обстоятельныхъ и плѣнныхъ океанографическихъ работъ. Экспедиція обошла м. Доброй Надежды, спустилась на югъ до 50° ю. ш., пришла вдоль Мадагаскара къ Коломбо, а оттуда по западному берегу Суматры и Явы; тутъ она открыла наибольшую глубину Индійскаго ок. 7.000 м. (3.828 м. с.) и затѣмъ вышла въ Тихій ок. Труды экспедиціи, обстоятельно обработанные, были изданы въ 1910 г.

О трудахъ по океанографіи антарктическихъ экспедицій было уже сказано выше, а пути большей части ихъ (*Belgica, Gauss, Discovery, Scotia, Pourquoi-Pas, Deutschland*) показаны на картѣ II.

Въ 1905—1906 г. и 1908—1910 г. вдоль западныхъ береговъ Европы и въ Средиземномъ и Мраморномъ моряхъ работала датская экспедиція на суднѣ *Thor*; особенно большое вниманіе было уделено Средиземному м., которое было посѣщено дважды, зимою 1908 г. и лѣтомъ 1910 г., что дало возможность составить полную картину океанографическихъ условій этого моря въ теченіе кружкаго года. Экспедиція получила много новыхъ и интересныхъ въ теоретическомъ смыслѣ результатовъ.

Въ самые послѣдніе годы (1910 г.) въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. работала экспедиція на *Michael Sars* подъ руководствомъ сара Дж. Мёррея, бывшаго начальника «Challenger Office» въ Единбургѣ, продолжавшаго содержать его на свой счетъ и послѣ окончанія имъ работы по обработкѣ матеріаловъ *Challenger*'а. Въ этомъ учрежденіи было сосредоточено наибольшее количество образцовъ грунта, нежели гдѣ бы то ни было. Плаваніе *Michael Sars*'а принесло очень много матеріала, и совершенно новаго, по океанографіи, о чемъ въ разныхъ мѣстахъ этого труда было неоднократно указано.

Матеріалы по глубинамъ, придоннымъ температурамъ и образцамъ грунта давно собираются и издаются Великобританскимъ адмиралтействомъ ежегодно съ 1888 г. подъ именемъ «List of Oceanic depths and serial temperatures». Кроме того, имъ же изданы три карты океановъ, постоянно дополняемыя, гдѣ нанесены всѣ измѣренныя глубины. Такія же карты были изданы и французскимъ гидрографическимъ управленіемъ.

Въ 1899 г. на международномъ географическомъ конгрессѣ въ Берлинѣ были доложены пожеланія специальной конференціи, состоявшейся въ томъ же году въ Стокгольмѣ, по вопросу о созданіи Международной Комиссіи по изученію моря. Поддержанное конгрессомъ, это предложеніе было осуществлено въ 1903 г., къ нему примкнули слѣдующія государства: Бельгія, Великобританія, Германія, Данія, Нидерланды, Норвегія, Россія, Швеція и Соединенные Штаты. Каждое изъ нихъ вноситъ ежегодно опредѣленную сумму на общіе расходы, изъ которой содержится центральное управленіе «Международнаго Совѣта по изученію моря», имѣющее пребываніе въ Копенгагенѣ, и оплачиваются расходы по производству различныхъ изслѣдованій, испытанію и изученію приборовъ, снабженію ими экспедицій и печатанію наблюденій, а также и различныхъ трудовъ по океанографіи и морской биологіи *). За десять лѣтъ своего существованія «Международный Совѣтъ по изученію моря» сдѣлалъ очень много для движенія впередъ океанографической науки вообще; хотя главная цѣль была биологическая и практическая — изученіе морскихъ промысловъ на предметъ оцѣны естественныхъ богатствъ моря отъ хищническаго истребленія и установленіе правильнаго хозяйства. Но такъ какъ биологическія условія находятся въ полной зависимости отъ среды, въ которой существуютъ животныя, составляющія добычу морскихъ промысловъ, то изученіе послѣднихъ невозможно безъ параллельнаго океанографическаго изслѣдованія водъ, гдѣ обитаютъ эти морскія животныя. Поэтому-то съ самаго начала работы Совѣта его труды были раздѣлены на два отдѣла: биологическій и океанографическій. Въ обычныхъ отрасляхъ трудовъ было сдѣлано очень много для улучшенія способовъ изслѣдованія и приборовъ для нихъ; произведено новое изслѣдованіе удѣльнаго вѣса, содержанія хлора и солей въ морской водѣ. Эта работа ***) была предпринята на международныя средства и выполнена подъ ближайшимъ руководствомъ М. Кнудсена и по проекту особой международной комиссіи при участіи адмирала С. О. Макарова. Для этой работы образцы воды были собраны въ количествѣ 33 изъ разныхъ морей и океановъ, изъ Балтійскаго, Нѣмецкаго,

*) Общій годовая бюджетъ Совѣта — 167,460 датск. кронъ, изъ нихъ 4 государства, въ томъ числѣ и Россія, вносятъ ежегодно по 32,335 датск. кронъ, остальныя же иначе.

**) „Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen“ von C. Föhr, M. Knudsen, S. Sørensen gesammelt von M. Knudsen, Kopenhagen, 1902.

Атлантичного, Середземного, Червоного, Індійського і Північно-Південного м. На основанні отриманих постійних величин були вичислені Міжнародні океанографічні таблиці, складені під керівництвом М. Кнудсена *) і служачі для отримання солоності морської води по її вмісту в солю або по кількості хлору, в ній містяться (см. стр. 86). Ці таблиці значительно збільшили точність визначення солоності.

Крім того «Союз по вивченню моря» очолює багато справ для встановлення єдиності вимірювань і їх точності, були затверджені глибини, на яких повинні бути зроблені всі океанографічні вимірювання, на кожній глибоководній станції, а саме: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 метрів і далі до дна через кожні 200 м.

Затім «Союз по вивченню моря» встановив ряд ліній в морях, прилеглих до північно-західної Європи, так як це видно на при-

*) „Hydrographical Tables“ edited by M. Knudsen. The experimental investigations and the calculations have been undertaken according to the proposals and under the direction of an international committee consisting of H. Dickson, M. Knudsen, O. Krümmel, S. Makarewicz, J. Murray, P. Nansen and O. Pettersen. 1901.

Датчані в особі члена «Союзу вивчення моря», будучи хіміком, а не біологом раніше, ніж він займався океанографічними роботами, не були достатньо знайомі з географічними і морськими вираженнями і тому називали і пропонували називати в своїх трудах роботи океанографічні або гідрологічні — гідрографічними. Тоді ж як останнє слово входить уже в термін століття повністю визначене значення в примененні його до моря, а саме: воно означає сукупність робіт, необхідних для безпеки мореплавства; кінцеві, в них входять і океанографічні дані, не тільки часті, головна ж, основна частина гідрографічних робіт є географічними, відзначаються від географічних робіт на суші тільки тим, що частіше проводиться на воді, і вивчається головним чином підводний рельєф, течії, тиски, приливи і особливо коливання рівня.

Справедливість цього зауваження безсумнісно признається многими учеными, що було ним підтверджено особлими письмами по цьому вопросу до автору настоящего труда, напр., такими специалистами-океанографами, как г-ры Дж. Мёррей, принц Альберт Монахский, Фр. Нансен, Г. Р. Миддл-д-р М. Шарп, д-р Брюкс, и было признано географическими Обществами: Корольскими Лондонским и Эдинбургским и национальными Гидрографическими управлениями в Англии адмиралом Pursey-Croft и во Франции J. Келанд. Этот вопрос о правильности названия работ гидрологических или океанографических — гидрографическими был поднят автором на последнем международном Географическом Конгрессе в Риме в 1913 г., и Конгрессе приложил к предложению называть гидрографическими только работы, служащие для безопасности мореплавства, а для обозначения трудов по исследованию океанов, признать уже давно вошедшее в употребление название — океанографическими.



Фиг. VI. Гидрологическія линии нежизненных водъ Бarents-моря.

лагаемой картѣ (фиг. VI). Работы вдоль этихъ линій были распределены между всеми участвующими государствами, между прочимъ, на долю Россіи палиа восточная и сѣверная части Баренцева м. и часть Полярнаго м. между Мурманомъ и Новою Землею. По этимъ линіямъ, въ определенныхъ точкахъ, четыре раза въ годъ (Февраль, Май, Августъ, Ноябрь), на указанныхъ выне глубинахъ одинаковыми приборами, съ одинаковою точностью производится наблюдѣнія въ теченіе болѣе 10 лѣтъ. Конечно, случилось, что не всѣ линіи повторились для всѣхъ сроковъ всѣхъ годовъ, но большая часть предположенныхъ наблюдѣній выполняется. Два раза за эти 10 лѣтъ съ нѣсколькихъ судовъ, стоявшихъ на якорѣ по 14 дней подъ рядъ, также производились всѣ вышеуказанныя наблюдѣнія. Въ послѣднихъ въ недавнее время присоединены еще тщательныя измѣренія скоростей и направленій теченій на поверхности и глубинахъ съ судовъ, стоявшихъ для того на якорѣ, гдѣ это возможно. Кроме того, на пловучихъ маякахъ стали производить мѣстами такіа же опредѣленія.

Всѣ собранные матеріалы сейчасъ же обрабатываются и черезъ

полгода, много через годъ, уже бывають изданы въ сопровожденіи раз-
рѣзовъ и картъ *), и время отъ времени издаются статьи съ обзорами
по отдѣльнымъ отраслямъ изслѣдованій за рядъ лѣтъ.

Значеніе работъ «Совета по изученію моря» однако этимъ не
исчерпывается. Благодаря его трудамъ и результатамъ ежегодныхъ из-
слѣдованій, употребляемые имъ инструменты и способы вошли во все-
общее употребленіе, и тѣмъ самыми работы другихъ экспедицій, трудив-
шихся въ различныхъ мѣстахъ океана, стали несравненно болѣе плоти-
выми, такъ какъ сравнимость и точность ихъ очень повысились.

Кромѣ того, наблюденія вдоль тѣхъ линій, на тѣхъ же мѣстахъ и
глубинахъ, повторяемыя 4 раза въ годъ, впервые выяснили существова-
ніе замѣтныхъ колебаній океанографическихъ элементовъ, какъ по вре-
менамъ года, такъ и изъ года въ годъ и тѣмъ самыми показали, что
гидрологическіе разрѣзы, основанные по на одновременныхъ наблюде-
ніяхъ, есть только первое приближеніе къ истинѣ.

Наконѣцъ самое существованіе постоянного океанографическаго
центра послужило причиною движенія впередъ какъ приѣмовъ и спосо-
бовъ изслѣдованія, такъ и приборовъ; тогда какъ раньше это предоста-
влено было усиліямъ отдѣльныхъ лицъ или время отъ времени случа-
вшихся экспедицій. Въ этомъ отношеніи необходимо отмѣнить труды
слѣдующихъ ученыхъ членовъ или участниковъ въ трудахъ «Совета»:
Ф. Нансена, В. Экмана, М. Бюдсена, О. Петтерсона, Гелландъ-Гап-
зена, Юрга, Сандстрема и др., которые много сдѣлали для усовершен-
ствованія современной океанографіи.

Для того, чтобы по возможности дать представленіе о современ-
номъ состояніи океанографическихъ свѣдѣній и степени изслѣдованности
океановъ и ихъ побережій, здѣсь на двухъ картахъ (фиг. VII—VIII) въ
равноплощадной проекціи представлены: состояніе гидрографическихъ
изслѣдованій береговъ и прибрежныхъ частей моря, имѣющихъ значеніе
для безопасности мореплаванія у береговъ, и степень обследованности
рельефа дна въ открытыхъ водахъ морей и океановъ.

*) „Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Bulletin hydrogra-
phique et Bulletin planktonique. Copenhagen“, изданіе ежегодное. Кромѣ того, появляются
ежегодно отчеты о работахъ вообще и объ ежегодныхъ засѣданіяхъ, и затѣмъ черезъ не-
опредѣленные промежутки „Publications de circonstances“, заключающія всевозможные
труды по физическій и биологической океанографіи; эти послѣдніе появились уже
69 номеровъ.

— * Большая гидрографическая
— * Числовое обозначение

Карты масштаба
до 1:200.000



Фиг. VII—VIII. Степень обследованности

На картах (фиг. VII—VIII) видна с точь показана и степень обследованности рельефа суши, которая весьма близко выражается численными для назрой местности картами. Если существующие для какой-либо области карты имеют масштаба на 1:200.000 и крупнее, то на них есть и выражение рельефа местности численными, потому что такие карты основаны на точных современных топографических съемках. Если для рассматриваемого пространства имеются карты только более ~~мелкого~~ масштаба, от 1:200.000 до 1:1.000.000, то такая местность, очевидно, никогда еще не была снята сплошным топографическим съемком, а имеют только полунструментальными съемки.

Карты масштаба
до 1:4.000.000

Карты более
мелкого масштаба



Число правления
мелкого масштаба

Рельеф: для океанов и поверхности суши.

Итак же, для всех существующих карт, только еще более крупный масштаб, более 1:1.000.000, не имеет и полуинструментальных элементов, а покрыты линии путевых съемок, промежутки между ними заполнены по разным материалам и разрозненным сведениям. На картах VII—VIII вида, как и еще большая площадь суши стала мало исследована топографически, в так как историко-географическое или физико-географическое исследование и использование данного пространства не могут быть производимы без подробных карт крупного масштаба, то ясно видно, каков еще огромный географический работа предстоит людям в будущем, прежде нежели возможно будет

только приступать к использованию естественных богатств земной поверхности, не говоря уже о крайней необходимости карты крупного масштаба для всех различных экономических, экологических исследований.

Степень исследованности рельефа для одновременно указывать и на степень обследованности характера грунта для и почти в одинаковой мере о сумме известных до настоящего времени температур придонного слоя воды.

Конечно, въ большей части мѣстъ, для которыхъ извѣстны вышеуказанныя данныя, не было произведено никакихъ другихъ изслѣдованій на промежуточныхъ глубинахъ. Такимъ образомъ картина степени изслѣдованности рельефа до нѣкоторой степени показываетъ, насколько еще мало изучены и другія океанографическіе элементы. Если сравнить карты VII—VIII съ картою II, гдѣ нанесена большая часть путей главныхъ океанографическихъ экспедицій, то на послѣдней картѣ кажется, что нѣкоторыя части океановъ будто бы изборождены изслѣдованіями. Но это только такъ кажется, вслѣдствіе малаго масштаба карты II, а затѣмъ слѣдуетъ помнить, что пути экспедицій, нанесенные на картѣ, относятся къ раннему времени, перѣдко раздѣленному десятками лѣтъ, а слѣдовательно наблюденія были сдѣланы разными приборами и съ различною точностью.

Для того, чтобы составить общую картину распределения океанографических элементов, все эти наблюдения, хотя бы и не одновременны и не одинаково точны, были совершенно пригодны. Малая изменчивость океанографических элементов на глубинах по времени и очень постепенное изменение их съ переменною мѣста и глубины позволяют и облегчаютъ при маломъ числѣ данныхъ, разновременныхъ и еще не одинаково точныхъ, получить общее представление объ ихъ распределеніи и сочетаніи на глубинахъ океановъ.

Когда же, при послѣдующемъ развитіи океанографіи, мы пожелаемъ перейти отъ общихъ представлений къ пониманію и изученію подробностей въ распредѣленіи тѣхъ же элементовъ, ихъ колебаніямъ по временамъ года и изъ года въ годъ, и выясненію законовъ, управляющихъ движеніями океаннческихъ водъ, то то же самое обстоятельство—малая величина перемѣнъ элементовъ во времени и въ пространствѣ, вмѣсто облегченія задачи, затрудняетъ ее и даже очень значительно. Наблюдать маленькія величины труднѣе крупныхъ, онѣ требуютъ большей точности приборовъ и пріемовъ, частой повторяемости наблюденій и ихъ одновременности въ разныхъ мѣстахъ. Все указанное влечетъ за собою

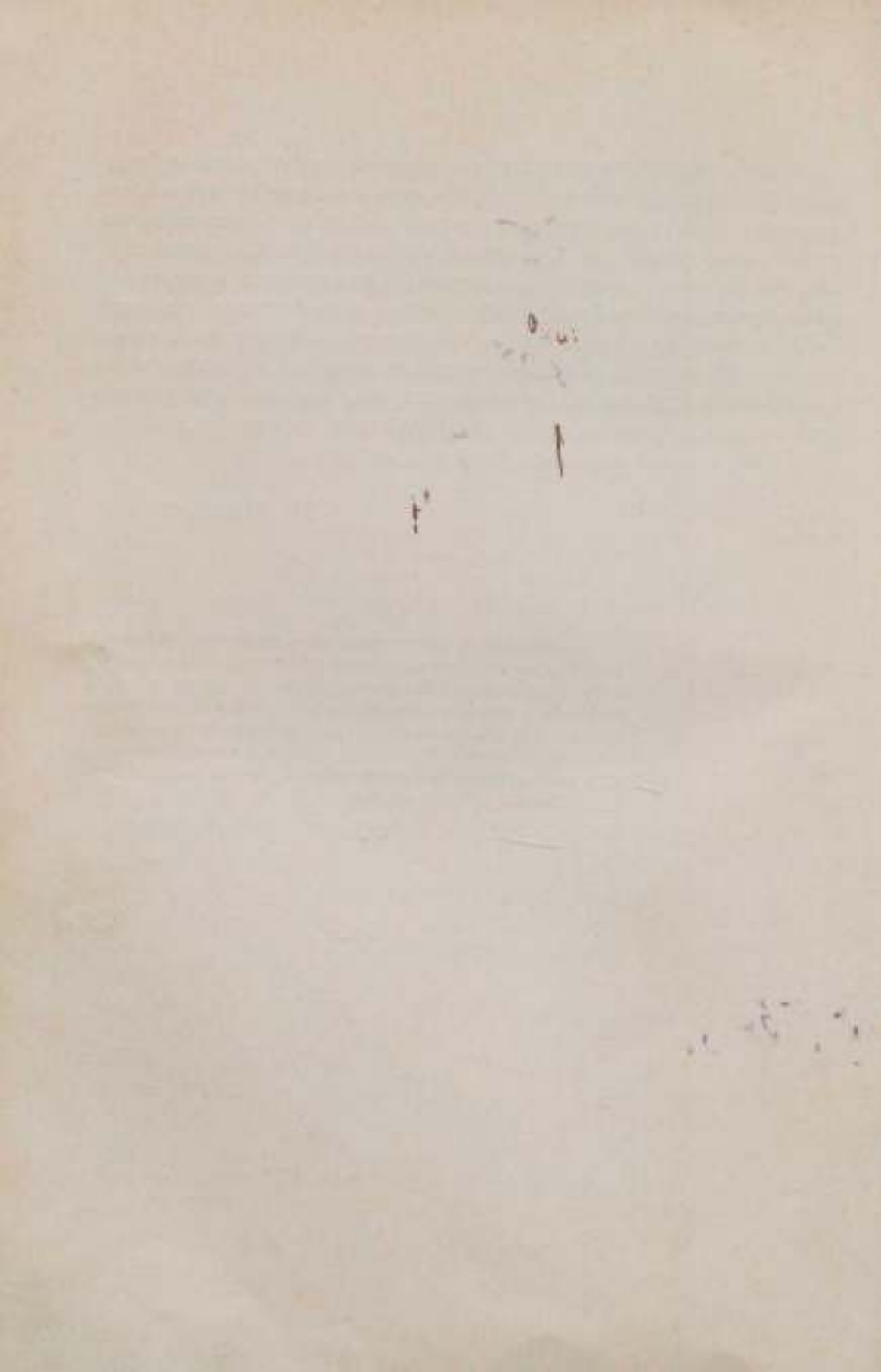
уменьшеніе значенія наблюденій начала океанографическихъ изслѣдованій; они остаются необходимыми, они нужны для сравненій и общихъ представленій, но недостаточны для новыхъ требованій океанографіи, которая, какъ и всякая наука, въ началѣ своемъ развивается очень быстро. Героническій періодъ исторіи океанографіи уже проходитъ и наступаетъ время правильныхъ работъ. Однако и теперь и въ будущемъ отдѣльные труды и наблюденія всегда могутъ принести много пользы, если только они съ толкомъ и въ порядкѣ описаны и записаны, произведены съ интересомъ и любовью къ изученію природы, согласно современнымъ требованіямъ и приемамъ, новейшими приборами съ соответствующими поправками ихъ и, главное—съ должнымъ тщаніемъ.

Ю. Шокальский.

„Продолжанъ въ наблюденіяхъ не составляетъ великаго недостатка, но непростоительно записывать пустыл мѣста воображаемыми величинами. Въ журналѣ (судовомъ) журналѣ и востри- тилъ запись, замѣчательную по своей поучительности и принадле- жавшую давно уже, съ сожалѣніемъ, вышедшему въ отставку штур- манскому офицеру Т. Т. Вудринку, который отбѣгалъ: „писалъ, что наблюдаю, а что не наблюдаю, того не писалъ“.

Вѣстникъ и Тихій океанъ, § 298, стр. 320.

С. О. Макаровъ.



Предметъ океанографіи.

Изученіе и изслѣдованіе всей совокупности явленій, происходящихъ въ океанахъ, моряхъ и озерахъ, составляетъ предметъ океанографіи; однако очень часто явленія, наблюдаемая въ озерахъ, выдѣляютъ въ особую отрасль океанографіи, называемую лимнологіей. Въ настоящемъ курсѣ разбираются только явленія, наблюдаемыя въ океанахъ и моряхъ, объ озерахъ же упоминается только въ нѣкоторыхъ случаяхъ попутно.

Водная оболочка земного шара, обнимающая его почти на протяжении трехъ четвертей его поверхности, служитъ средою для дѣятельнаго ряда весьма сложныхъ и тѣсно связанныхъ другъ съ другомъ явленій, которыя всѣ вмѣстѣ даютъ намъ картину физической жизни Мирового *) океана, а въ зависимости отъ последней находится и вся органическая жизнь въ немъ. Органическіе процессы, совершающіеся въ океанѣ, въ свою очередь оказываютъ вліяніе на физическія явленія, и такимъ образомъ замыкается круговоротъ физическихъ и органическихъ явленій, дающихъ въ совокупности полную картину жизни Мирового океана.

Для того, чтобы изучить и понять столь сложное сочетаніе всѣхъ явленій, совершающихся въ Мировомъ океанѣ, необходимо расплести ихъ на отдѣльныя части — океанографическіе элементы. Таковыми элементами будутъ: распредѣленіе воды и суши по земному шару (потому что воды не вполне охватываютъ земной шаръ), уровень Мирового океана, рельефъ его дна, грунтъ ложа океановъ, составъ воды, соленость,

*) Подъ именемъ Мирового океана здѣсь и ниже дѣлается пониманіе совокупности всей непрерывной водной оболочки земного шара.

В. М. Шкловскій

удѣльный вѣсъ, плотность воды, ея температура, вѣтъ, прозрачность, волненіе, приливы и отливы, теченія.

Часть неречисленныхъ океанографическихъ элементовъ, включая распределеніе воды и суши, уровень, рельефъ и грунтъ дна вмѣстѣ съ физическими и химическими свойствами морской воды, образуютъ первый отдѣлъ океанографіи—статистику Мирового океана. Изученіе же движеній, наблюдаемыхъ въ морской водѣ, т.-е. волненіе, приливы и теченія—составляетъ динамику океанографіи.

Такъ какъ на движеніе частицъ морской воды огромное вліяніе имѣютъ ея физическія и химическія свойства и другіе элементы статистики океановъ, то отсюда вытекаетъ необходимость сперва познакомиться со статикою, а потомъ уже переходить къ изученію динамики океановъ.

Примѣчаніе. — Делоты вѣдѣ даны отъ Гринича; температуры въ градусъ Цельсія, положительныя безъ знака +; вѣсь числа по вѣсому стѣлю; глубины вѣдѣ выражены въ метрахъ и ридомъ, въ сибкахъ, поставленъ переводъ ихъ въ морскія шестифутовые сажени въ округленныхъ цифрахъ. Вѣсь карты въ равноплотной проекціи, чтобы географическое распрежденіе давленій было изображено вѣроятнѣе тому, какъ оно существуетъ въ природѣ.

ГЛАВА I.

Распределение суши и воды по земному шару.

Расчлененность суши и единство воды.— Характеристика сѣвернаго и южнаго полушарій.— Распределение суши и воды по широтамъ.— Материковое и водное полушаріа.— Раздѣленіе Мірового океана.— Площади океановъ и морей.

Расчлененность суши и единство воды.— Первое знакомство людей съ водами океановъ и морей относится, какъ видно изъ предшествовавшаго очерка развитія географическихъ свѣдѣній, помѣщеннаго во введеніи, къ очень отдаленному времени; дальнія плаванія совершались уже болѣе двухъ тысячъ лѣтъ тому назадъ, но отсюда до знакомства съ общимъ характеромъ всей земной поверхности еще было далеко. Только послѣ «Эпохи великихъ открытій» выяснилось, какую огромную долю земной поверхности занимаетъ вода. Дальнѣйшее изученіе все болѣе и болѣе точно устанавливало размѣры соотношенія поверхностей, занятыхъ сушею и водою, и въ настоящее время оно извѣстно уже съ достаточною точностью для общихъ соображеній.

Конечно, въ сѣверномъ полярномъ пространствѣ еще могутъ быть найдены довольно значительные острова, подобные открытой въ 1913 г. Гидрографической Экспедиціей Сѣвернаго Ледовитаго океана «Земль Императора Николая II», но такіа открытія возможно ожидать только по окраинамъ полярнаго пространства, а не въ средней его части. Въ южномъ полярномъ пространствѣ главнѣйшія очертанія Антарктическаго материка уже достаточно выяснены, и потому могуція еще быть тамъ сдѣланными новыя географическія открытія не въ состояніи измѣнить сколько-нибудь значительно соотношенія поверхностей, занятыхъ сушею и водою на всемъ земномъ шарѣ.

Принимая общую поверхность земли равною 509,9 миллионам кв. километров ^{*)}, поверхность суши займет 148,8 миллион кв. км., а водная поверхность — 361,1 милл. кв. км., т.-е. первая будет относиться ко второй, как 1:2,43 или, выражая в %:

Поверхность суши—29,2% земной поверхности.

» воды—70,8. » »

Округлив, получаем: 29% и 71%.

Водная поверхность, кроме такого преобладания, отличается еще одним весьма важным свойством—она охватывает земной шар непрерывною пленкою, тогда как части суши образованы отдельными массами разного размера и между собою не связаны. Таким образом существует Мировой океан, суша же представляет ряд отдельных частей, омываемых со всех сторон этим Мировым океаном. Это обстоятельство, в соединении с дешевизною и удобствами морских перевозок, и сблизил океан с давних пор главным междунаро-дным путем земного шара, значение которого для распространения цивилизации и для соединения между собою отдаленных местностей тем больше, тем более древняя времена мы будем рассматривать, потому что в настоящее время сухопутные пути сообщения значительно развились и достигли высокой степени технического совершенства. Тем не менее вряд ли они когда-либо будут в состоянии спорить с дешевизною и удобствами морских и даже речных перевозок.

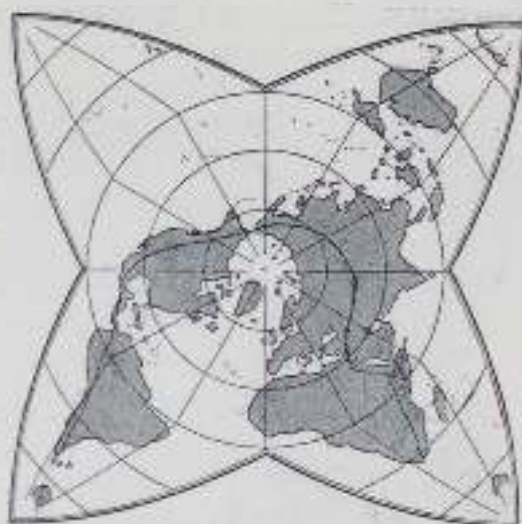
Подобное преобладание водной поверхности еще более усиливается неравномерным распределением суши и воды по земному шару как по отношению к экватору, так и по отношению к меридиональным сечениям. Между тем физические свойства водной и твердой поверхностей земного шара совершенно различны, что имеет большое значение и для океанографии и в особенности для метеорологии, и потому характер распределения суши и воды на землѣ весьма важен для физической географии вообще.

Характеристика северного и южного полушарий. — Если взглянуть на карту (фиг. 1), где весь земной шар изображен в особой так называемой азимутальной проекции (Штейнгаузера), то легко заметить, что суша большею частью лежит в северном полу-

^{*)} При условии принятия размеров земного эллипсоида по Бесселю (1841 г.). Согласно же последнему (1912 г.) определению Гельмерта поверхность земли равна 510,1 миллионам кв. км. с абсолютной ошибкою ± 7.100 кв. км.

шарѣ, а водная поверхность — обратно. Въ сѣверномъ полушаріи водная поверхность занимаетъ 61%, а поверхность суши 39%; для южнаго полушарія эти соотношенія таковы: 81% воды и 19% суши; прилагаемые чертежи (фиг. 2) наглядно это показываютъ.

На той же картѣ (фиг. 1) хорошо видно, что сѣверное приполярное пространство занято водою, вокругъ которой сгруппирована суша, образующая тутъ (между 60° — 70° с. ш.) почти сплошное кольцо. Чѣмъ далѣе къ югу, тѣмъ поверхность, занятая сушею, все суживается и суживается, и наконецъ суша совершенно выклинивается узкими мысами на югѣ Ю. Америки, Африки и Австраліи, и это уже въ широтахъ 35° — 56° южн. шир. (Игольный мысъ $34^{\circ}50'$ ю. ш.; Южный мысъ (Тасманія) — $43^{\circ}39'$ ю. ш.; мысъ Горнъ — $55^{\circ}59'$ ю. ш.). Далѣе къ югу океанъ охватываетъ землю сплошнымъ воднымъ кольцомъ на пространствѣ почти 10° по широтѣ



Фиг. 1.

Сѣв. полуш.

Южн. полуш.

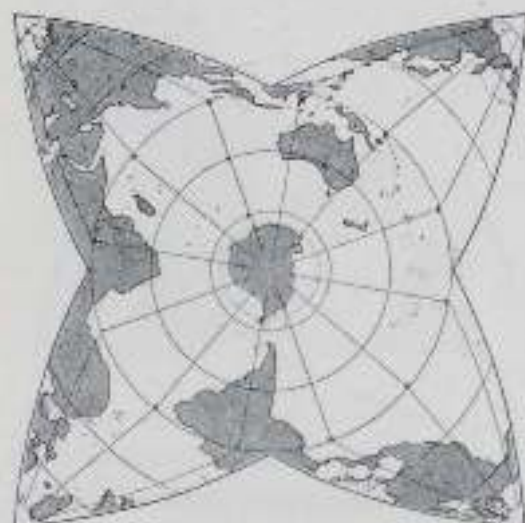


Визуализация частей, соответствующих суше.
Фиг. 2. Распределение суши и воды въ сѣв. и южн. полушаріяхъ.

(отъ 56° почти до 65° ю. ш.), и только за южными Полярнымъ кругомъ снова начинается господство суши, занимающей здѣсь, въ противоположность сѣверной оконечности земной оси, все приполярное пространство. Такое распределение суши и воды въ южномъ полушаріи хорошо видно на второй картѣ въ звѣздной проекціи, гдѣ въ центрѣ находится Южный полюсъ (фиг. 3).

Распределение суши и воды по широтамъ. — Неодинаковое преобладаніе суши и воды въ разныхъ широтахъ представлено на чертежѣ (фиг. 4). Здѣсь ясно сказывается общій характеръ очертанія материковъ, которые между 60° — 70° с. ш. почти сходятся, а на 56° ю. ш. вовсе

отсутствуют. Правильная пунктирная кривая (фиг. 4), пересекающая на чертеже часть суши, частью воду, показывает границу распределения поверхности суши, если бы отношенія последней къ поверхности воды на каждой параллели были одинаковы среднему отношенію для всей земли.

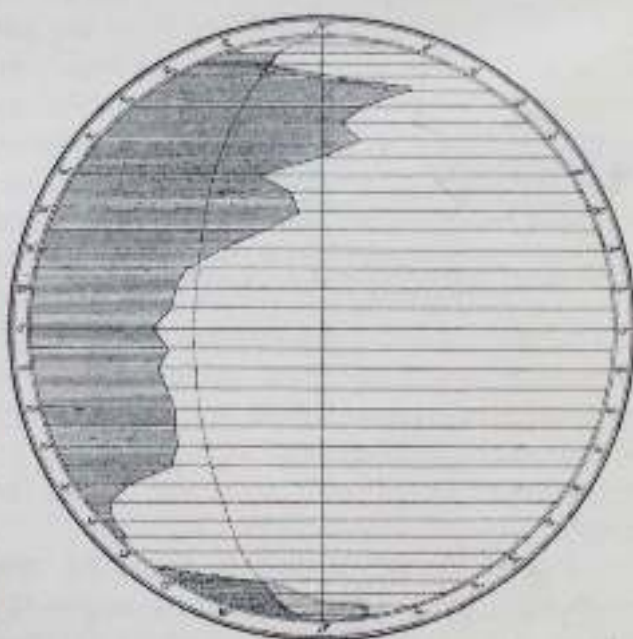


Фиг. 3.

раздѣлится имъ на два полушарія, изъ которыхъ одно будетъ заключать наибольшую часть водной поверхности, а второе — поверхности суши. Первое называется *воднымъ*, а второе — *материковымъ*. Полюсъ *материковаго* полушарія приходится около устья Луары во Франціи, а *океаническаго* — къ востоку отъ Новой Зеландіи. Материковое полушаріе заключаетъ почти всю материкъ: Европы и Азіи, Африки и Сѣверной Америки, и

Материковое и водное полушарія. — Суша и вода неравномерно распределены по земной поверхности не только относительно экватора, но и по отношенію ко всякому меридианальному или иному сѣченію земного шара.

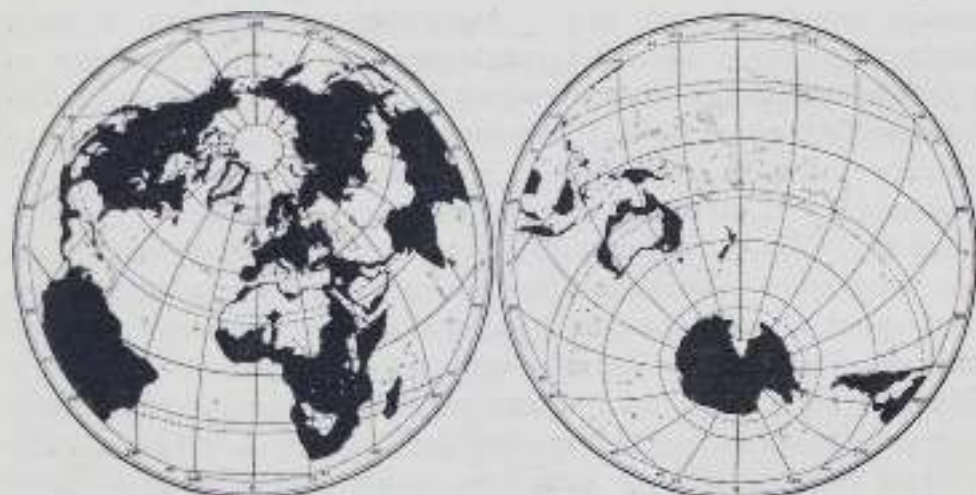
Однако можно такъ выбрать положеніе большого круга, что поверхность земного шара



Фиг. 4. Распределение суши и воды по площади.

часть Южной Америки. Водное же полушаріе обнимаетъ часть Зондскаго архипелага, Австралію, Антарктичскій континентъ и часть Южной Америки, а затѣмъ южныя части Атлантическаго и Индійскаго океановъ и большую часть Тихаго (фиг. 5). Въ материковомъ полушаріи 47% поверхности занято сушею и 53% водою, а въ океаническомъ суша занимаетъ всего 9%, а вода — 91%; т.-е. даже въ материковомъ полушаріи преобладаетъ вода.

Для выясненія взаимнаго расположенія суши и воды на земномъ шарѣ полезно взглянуть на карту антиподовъ, гдѣ видно, что вездѣ, за исключеніемъ части Южной Америки, суша имѣетъ антиподомъ воду и наоборотъ.



Фиг. 5. Материковое и водное полушарія. Въ нихъ пространства внутри материковъ суть области внутренняго бассейновъ, безъ стока въ океанъ.

Распрежденіе суши и воды на земномъ шарѣ обуславливается неровностями земной коры, очень незначительными (не превосходящими 1:340 части земнаго радіуса) по отношенію къ размѣрамъ земли. Болѣе повышенныя части коры образуютъ материкъ, а болѣе пониженныя заняты океанами, при чемъ дно послѣднихъ такъ же выпукло, какъ и общая поверхность материковъ.

Раздѣленіе Мірового океана.—Міровой океанъ, охватывая землю непрерывною цѣпью, очевидно, не имѣетъ естественныхъ подраздѣленій; однако материкъ все-таки разбиваютъ его на три отдѣльныя большія части, съ которыми люди познакомились постепенно, по мѣрѣ развитія географическихъ знаній. Прежде всего, поименому, сталъ извѣстенъ Индійскій океанъ.

Названіе «Индійскаго» появляется въ началѣ XVI столѣтія; у Мюнстера впервые встрѣчается это названіе нанесеннымъ на картѣ всего свѣта въ его «Космографіи» (1550 г.); ранѣе онъ назывался — «Восточнымъ». Атлантическій океанъ, извѣстный прежде подъ именемъ «Западнаго», впервые на картѣ Вальдземюллера (1507 г.) называется — «Атлантическимъ». Названіе «Тихій» океанъ дано послѣднему мореплавателю Магелланомъ, впервые пересѣкшимъ его, а «Великимъ» онъ былъ названъ Бальбоа, первымъ европейцемъ, увидѣвшимъ его съ горнаго хребта при движеніи испанцевъ изъ Мексики на югъ.

Прошло много столѣтій, пока появилась въ наукѣ потребность болѣе точнаго опредѣленія, что подразумѣвать подъ каждымъ изъ океановъ. Необходимость установленія границъ океановъ чувствовалась уже въ первой половинѣ XIX ст., и наконецъ въ 1845 г. Королевское Географическое Общество въ Лондонѣ установило слѣдующія границы, признававшіяся всѣми до начала XX ст.; именно: было опредѣлено, что существуетъ пять океановъ: — два Полярныхъ и затѣмъ — Тихій, Атлантическій и Индійскій. Сѣверный Полярный или Арктическій вдоль большей части своей окружности имѣлъ естественныя границы за исключеніемъ трехъ мѣстъ — Берингова пролива, Давидова пролива и пространства между Гренландіей и Европою; здѣсь условною границею признавался Полярный кругъ (какъ мы увидимъ далѣе, эта условная линія близко подходитъ къ естественнымъ границамъ Полярнаго бассейна). Къ югу отъ этой условной границы лежатъ два самые большіе океана — Тихій и Атлантическій. Первый на востокъ граничитъ берегами обѣихъ Америки до мыса Горна, отсюда начинается условная граница — меридіанъ этого мыса ($67^{\circ} 16'$ в. д., принимается кругло — 67°) до южнаго Полярнаго круга, затѣмъ этотъ послѣдній до пересѣченія съ меридіаномъ Южнаго мыса на о-въ Тасманія ($146^{\circ} 53'$ в. д., а принимается кругло — 147°), меридіанъ этого мыса, берега Австраліи и западные берега о-ва Тиморъ, Ява, Суматра, линія поперекъ самаго узкаго мѣста пролива до полуострова Малакка и затѣмъ берега Азіи до Берингова пролива.

Атлантическій океанъ на западѣ граничитъ берегами обѣихъ Америки, меридіаномъ мыса Горна, южнымъ Полярнымъ кругомъ, меридіаномъ мыса Доброй Надежды ($20^{\circ} 1'$ в. д., а принимается кругло — 20°), берегами Африки, Азіи и Европы до сѣвернаго Полярнаго круга.

Границами Индійскаго океана служатъ — южный Полярный кругъ, меридіанъ Южнаго мыса (Тасманія), южные и западные берега о-ва

Тиморъ, Ява и Суматра, пол-ва Малакка, берега Азия, Аравія и Африки.

Южный Полярный океанъ или Антарктическій съ одной стороны ограничивался только условною границею — южнымъ Полярнымъ кругомъ, а съ другой — берегомъ Антарктическаго материка.

Такое разграниченіе просуществовало полвѣка, пока изученіе физическихъ свойствъ океановъ не подвинулось настолько, что явилась возможность раздѣлить Мировой океанъ на части согласно ихъ физико-географическимъ особенностямъ, а не только по ихъ очертаніямъ.

Главнымъ основаніемъ новаго дѣленія служатъ слѣдующіе признаки: самостоятельныя системы теченій океаническихъ и воздушныхъ, и самостоятельная система приливовъ. Основываясь на этихъ данныхъ, Мировой океанъ раздѣляется на три самостоятельныхъ океана: Тихій, Атлантическій и Индійскій. Границею Тихаго океана на сѣверѣ продолжаетъ оставаться Полярный кругъ, на западѣ и востокѣ у всѣхъ трехъ океановъ остаются вышеуказанныя естественныя и условныя границы, а на югѣ всѣ три океана распространяются до береговъ Антарктическаго материка.

Совершенно искусственно созданный Южный Полярный океанъ отпадаетъ, Сѣверный же Полярный, какъ несамостоятельный бассейнъ, переходитъ въ категорию морей Атлантическаго океана.

Такимъ образомъ изученіе Мироваго океана привело къ болѣе научному его раздѣленію, но нельзя не замѣтить, что при этомъ границамъ трехъ самостоятельныхъ океановъ все-таки мало отличались отъ ихъ очертаній. Это показываетъ, что общая фигура океановъ не вполнѣ случайна, а связана съ ихъ происхожденіемъ и, слѣдовательно, съ ихъ строеніемъ.

Каждый океанъ, въ свою очередь, вдавался болѣе или менѣе внутрь суши, раздѣляется, и эти уже не самостоятельныя раздѣленія издавна носятъ названіе морей. Не самостоятельныя моря раздѣляются на: средиземныя и окраинныя.

I. Средиземныя моря глубоко вдаются въ сушу, съ океаномъ соединены однимъ или немногими проливами, очень расчленены, богаты островами, соленость или большая или меньше океанской, температура отъ нѣкоторой глубины до дна однообразна, приливы не велики, теченія болѣею частью зависятъ отъ мѣстныхъ условий.

Средиземныя моря могутъ быть: между-материковыя и внутренне-материковыя;

а) — *между-материковыя*, т.-е. лежація между двумя или нѣсколь-

кими материками; они всегда сильно расчленены и имѣютъ много острововъ, глубоки, а именно: Сѣв. Полярное м. (прежній Сѣв. Ледовитый ок.); Австраліеко-Азіатское м. (охватываетъ Зондскій архипелагъ); Американскія средиземныя моря (Карибское и Мексиканскій залив.); Романское средиземное м. (Средиземное м. съ его развѣтвленіями); Красное море.

б) — *оцено-материковымъ*, т.-е. омываемыми берегами, принадлежащими одному и тому же матеріку; это моря небольшія и мелкія, напр.: Бѣлое м., Балтійское м., Гудзоновъ заливъ; Адриатическое м., Мраморное м., Черное м., Азовское м., Персидскій заливъ.

II. Окраинныя моря только окаймляютъ матеріки. Они отдѣлены отъ океана грядами острововъ, иногда полуостровами; мало расчленены, мало имѣютъ острововъ; соленость немного меньше океанской; приливы зависятъ отъ океанскихъ; теченія частью зависятъ отъ океаническихъ, частью отъ мѣстныхъ условій. Напримѣръ: Нѣмецкое м., Ирландское м., Берингово м., Охотское м., Японское м., Калифорнскій заливъ, Андаманское м.

Площади океановъ и морей.— Величина площадей трехъ самостоятельныхъ океановъ, средиземныхъ и окраинныхъ морей имѣетъ большое значеніе для физической географіи вообще, потому что физическія свойства суши и воды чрезвычайно различны, а это въ свою очередь оказываетъ большое вліяніе на атмосферу и на климатъ земного шара. Вотъ почему распредѣленіе суши и воды и площади, занятыя ими и ихъ отдѣльными частями, являются важными элементами въ физической географіи.

Въ круглыхъ числахъ эти площади таковы:

Названіе:	Площади въ миллионахъ квадрата, километровъ.	Въ % поверхности Мирового океана.
Тихій океанъ *)	165,7	46
Атлантическій океанъ	81,7	23
Индійскій океанъ	73,4	20
Три океана	320,8	89
Средиземныя моря **)	32,4	9
Окраинныя моря	8,1	2
Всѣ моря вмѣстѣ	40,5	11
Мировой океанъ	361,3	100

*) Площади океановъ даны безъ морей, имъ принадлежащихъ.

**) Площади нѣкоторыхъ отдѣльныхъ средиземныхъ морей въ мил. кв. км.: Арктическаго—14,4; Романскаго—3,0; Балтійскаго—0,4; Берингова—2,3; Охотскаго—1,5; Японскаго—1,0; Нѣмецкаго—0,6.

ГЛАВА II.

Уровенная поверхность океановъ и морей.

Понятіе объ уровенной поверхности.—Колебанія уровня.—Средній уровень и его значеніе для науки.

Понятіе объ уровенной поверхности.—Подъ именемъ *уровенной поверхности* въ природѣ понимаютъ всегда поверхность, которая въ каждой своей точкѣ нормальна къ направленію равнодѣйствующей всѣхъ силъ, вліяющихъ на положеніе уровенной поверхности въ данномъ мѣстѣ.

Въ геодезіи такая поверхность называется иногда горизонтальной, а въ частномъ случаѣ, благодаря значительности величины земного радиуса, часть ея для небольшихъ пространствъ можетъ быть принята совпадающею съ плоскостью, касательной къ земному шару въ средней точкѣ даннаго пространства. Вообразить уровенную поверхность можно въ любой точкѣ, но въ природѣ такая поверхность можетъ образоваться только при условіи, что частицы вещества, ее составляющія, обладаютъ достаточною подвижностью, чтобы поверхность, образованная ими, могла быстро принимать положеніе нормальное къ равнодѣйствующей силѣ дѣйствующихъ на нее, а именно силы притяженія земли и центробѣжной силы.

Свободная поверхность воды вполне удовлетворяетъ этимъ требованіямъ, и, если бы земля состояла изъ ряда концентрическихъ слоевъ, при чемъ въ каждомъ слой плотность вездѣ была бы одинакова, то и уровенная поверхность океановъ такого тѣла имѣла бы совершенно правильную математическую форму сфероида. На самомъ дѣлѣ плотности распределены, по крайней мѣрѣ, въ ближайшемъ къ поверхности слой земной коры, не вполне равномерно, поэтому и свободная поверхность океановъ и морей не принимаетъ формы правильного эллипсоида вращения, а нѣсколько отступаетъ отъ нея. Такая поверхность въ геодезіи называется *геоидическою*, а тѣло, ею ограничиваемое, — *геоидомъ*.

Прежде предполагали, что поверхность геоида, т.-е. уровенная поверхность океановъ, на ихъ срединѣ значительно отступаетъ отъ поверхности сфероида и именно лежитъ ниже его, а на материкахъ — выше

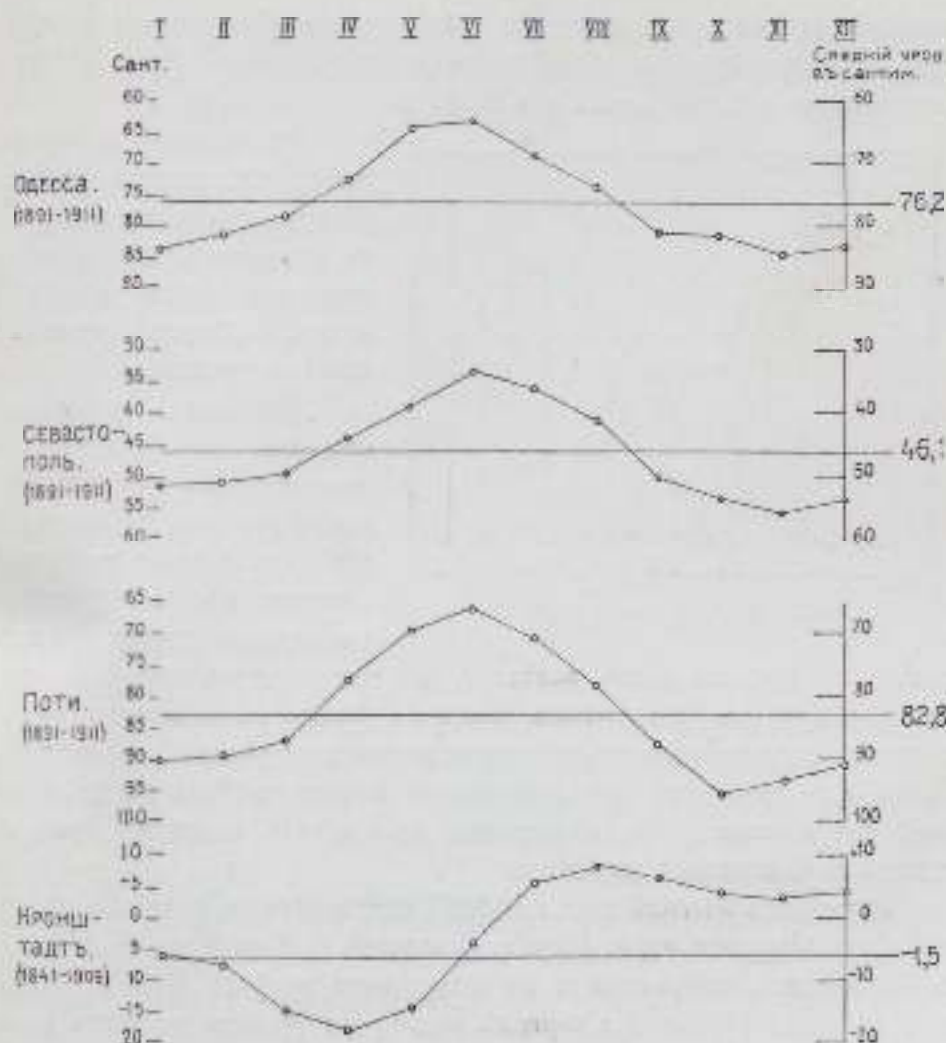
его. Однако изслѣдованія послѣдняго времени привели къ заключенію, что отступленія уровенной поверхности океановъ (т.-е. геоидической) отъ сфероида невелики, вѣроятно, не превосходятъ ± 100 метровъ, что сравнительно съ радіусомъ земного шара около 6.370.000 метр. очень незначительно.

Но, кромя силы тяжести и центробѣжной силы, на положеніе уровенной поверхности океановъ и морей вліяютъ еще и другія причины, хотя и въ гораздо меньшей степени. А именно: вѣтры, теченія, приливы, соленость и температура морской воды, обуславливающія ея разную плотность. Всѣ эти причины, складываясь между собою, измѣняютъ немного въ каждомъ мѣстѣ океана то положеніе уровенной поверхности, которое въ геодезій называется поверхностью геоида.

Колебанія уровня.—Если наблюдать по футштоку положеніе уровня въ какомъ-либо мѣстѣ на берегу океана или моря, то не трудно замѣтить, что оно постоянно измѣняется. Подобныя наблюденія, произведенныя въ разныхъ мѣстахъ, показали, что вездѣ существуютъ періодическія колебанія уровня съ годовымъ періодомъ, обуславливаемыя главнымъ образомъ климатологическими причинами; колебаніями въ давленіи атмосферы, температурѣ воды, въ стока водъ съ материка и въ направленіи господствующихъ вѣтровъ въ разное время года; последнее въ томъ же мѣстѣ, т.-е. при опредѣленномъ очертаніи береговой линіи, иногда будетъ повышать уровень, иногда наоборотъ—понижать его.

Такъ, напримѣръ, въ Кронштадтѣ (фиг. 6) уровень всегда стоитъ выше осенью, нежели зимою и весною, что объясняется и увеличеніемъ стока, и господствующими западными вѣтрами, и нахожденіемъ ледяного покрова на Финскомъ заливѣ зимою и раннею весною, уменьшающаго вліяніе вѣтровъ на положеніе уровня.

То же самое наблюдается, напримѣръ, и въ Черномъ морѣ, какъ это видно на томъ же графикѣ (фиг. 6), гдѣ колебанія уровня за годъ даны въ среднемъ изъ 20 лѣтнихъ наблюденій для трехъ портовъ, расположенныхъ на двухъ крайнихъ точкахъ моря и посерединѣ между ними: Одессѣ, Потіи и Севастополѣ. Самый высокій уровень приходится на лѣто (Іюль), а самый низкій на осень (Окт.—Ноябрь) во всѣхъ трехъ портахъ, что указываетъ вліяніе общей причины на колебаніе уровня, потому что оно имѣетъ одинаковый характеръ во всемъ морѣ. Такою общою причиною являются атмосферныя осадки. Какъ въ бассейнахъ рѣкъ, выпадающихъ въ море съ сѣвера и сѣверо-запада, такъ и

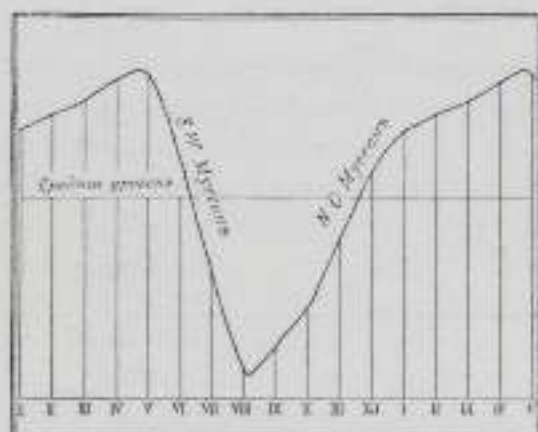


Фиг. 4. Годовой ход колебаний уровня по средним многолетним наблюдениям.

на самомъ морѣ преобладаютъ лѣтніе осадки, стокъ которыхъ и повышаетъ уровень. Кромѣ того на уровень должно оказывать вліяніе количество воды, ушедшей изъ Чернаго моря на югъ черезъ Босфоръ верхнимъ теченіемъ въ этотъ проливъ. Указаннымъ путемъ можетъ оттекать только определенное количество воды, и слѣдовательно избытокъ притока воды въ море долженъ повышать его уровень.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ существуютъ вѣтры съ правильнымъ годовымъ періодомъ, какъ, напримеръ, въ Индійскомъ океанѣ муссоны, тамъ и

колебания уровня у берегов ясно следуют за периодическими сменами ветров. Например, в Адене уровень стоит высоко при NE муссонѣ и низко при SW, какъ это видно изъ графикѣ (фиг. 7).

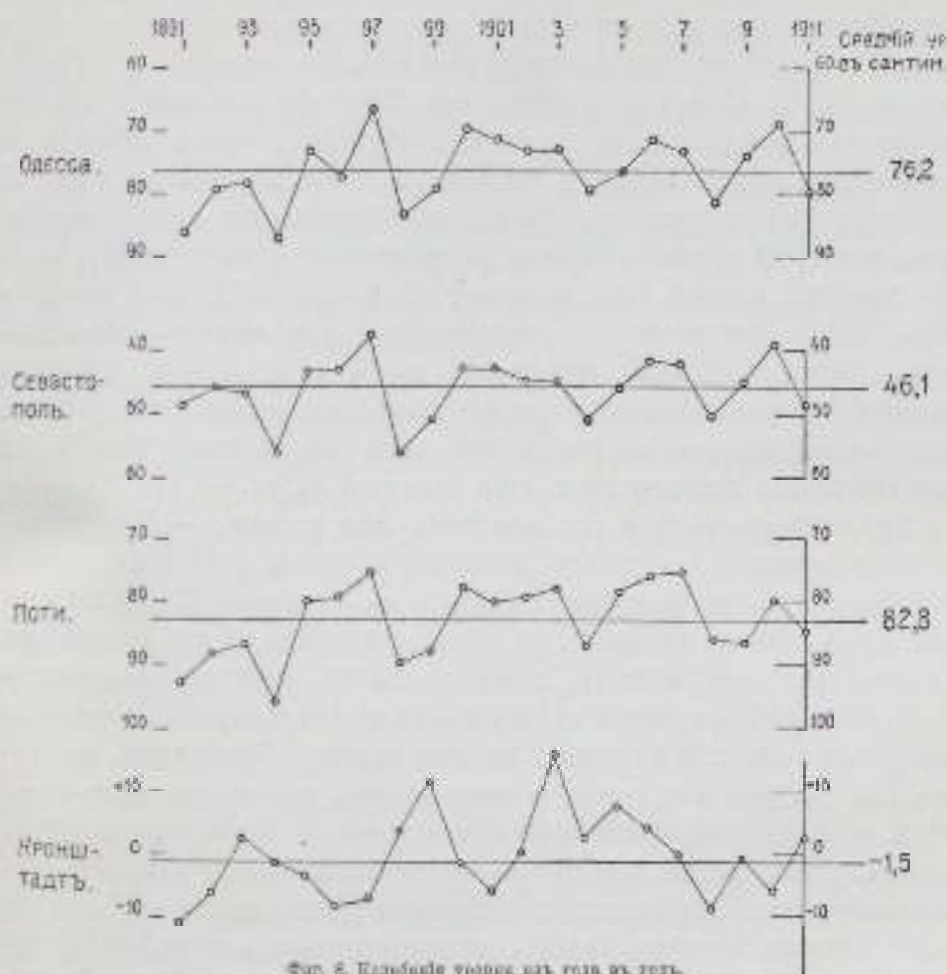


Фиг. 7. Колебания уровня в Адене.

Въ океанахъ и моряхъ, имѣющихъ приливы, уровень обнаруживаетъ еще колебания съ суточнымъ періодомъ; о характерѣ этихъ колебаний подробно будетъ сказано въ главѣ о приливахъ.

Если взять среднее изъ отсчетовъ по футштоку за весь годъ, то мы получимъ отсчетъ, соотвѣствующій *среднему годовому уровню* въ данномъ мѣстѣ. Сравнивая такіе средніе уровни изъ года въ годъ въ томъ же мѣстѣ, замѣтили, что они не одинаковы, т.-е., следовательно, могутъ существовать колебания уровня съ періодами больше годового. Отсутствие достаточно продолжительныхъ рядовъ хорошихъ наблюдений не дало пока еще возможности вывести періоды такихъ колебаний или доказать, что наблюдаемая многолѣтняя колебания вовсе не имѣютъ періодическаго характера.

Примѣромъ многолѣтнихъ колебаний могутъ служить колебания уровня въ портахъ Чернаго моря: Одесса, Севастополь, Поті и для Балтійскаго въ Кронштадтѣ, изображенныя на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 8) за года съ 1891 г. по 1911 г. На чертежѣ видно, что уровень во всѣхъ трехъ портахъ Чернаго моря въ своихъ колебаніяхъ изъ года въ годъ очень близко слѣдуетъ другъ за другомъ, повторяя общій видъ кривой съ нѣкоторыми незначительными отступленіями, объясняемыми мѣстными причинами (вѣтеръ, очертаніе берега, давленіе атмосферы). На графикѣ видно, что въ 90-хъ годахъ уровень стоялъ выше, нежели въ послѣдніе годы: одинаковость характера колебаний на всѣхъ трехъ станціяхъ подтверждаетъ, что колебания уровня Чернаго моря зависятъ не отъ мѣстныхъ причинъ, а отъ одной общей. Колебания уровня въ Кронштадтѣ происходятъ иначе потому, что условія, вліяющія на нихъ въ Балтійскомъ морѣ, иначе складываются въ тѣ же годы, нежели въ Черномъ морѣ.



Фиг. 8. Колебание уровня изъ года въ годъ.

Наконецъ, во многихъ мѣстахъ на берегахъ замѣтили уже давно существованіе измѣненій въ положеніи уровня, совершающихся иногда въ теченіе цѣлыхъ столѣтій въ томъ же самомъ смыслѣ, т.-е. уровень или все повышается, или все понижается. Такъ, напримѣръ, около сѣверныхъ береговъ Финскаго залива и восточныхъ Ботническаго уровень понижается въ теченіе болѣе чѣмъ двухъ столѣтій.

Такія колебанія уровня называются *эпическими*, но они происходятъ не отъ колебаній самого уровня моря, а отъ измѣненій въ положеніи материка, къ которому прикрѣплены футштокъ. Такимъ образомъ, измѣненіе уровня тутъ только кажущееся.

Исследования показали, что подобныя измѣненія въ положеніи суши могутъ происходить и въ томъ и въ другомъ смыслѣ, т.-е. и вверхъ, и внизъ, и на значительную величину, при чемъ эти колебанія суши охватываютъ иногда обширныя пространства. Напримѣръ, оказалось, что все юго-западное побережье Финляндіи и побережье сѣверной Швеціи въ Ботническомъ заливѣ медленно повышается около 55 сант. въ столѣтіе.

Здѣсь уместно указать, что всѣ вышеизложенные выводы относительно колебаній уровня основаны на наблюденіяхъ по футштоку, который, очевидно, долженъ быть въ теченіе всего ряда наблюденій неподвиженъ. Чтобы обезпечить эту неподвижность при всякихъ обстоятельствахъ (порча футштока, исправленіе его и т. п.), нуль футштока помощью инварировки связываютъ съ какою-либо чертою или точкою на берегу, установленною на фундаментѣ зданія или на скалѣ такъ, чтобы была обезпечена неподвижность этой основной марки.

Средній уровень и его значеніе для науки. — Изъ вышеизложеннаго видно, что уровень океановъ и морей, хотя и въ небольшихъ предѣлахъ, но постоянно находится въ колебаніи. Съ другой стороны, суша тоже не находится въ покоѣ и, несмотря на всю кажущуюся для насъ свою неизбѣжность, перемѣщается въ вертикальномъ направленіи. Между тѣмъ практическія и научныя задачи требуютъ опредѣленія размѣровъ возвышеній на сушѣ и глубинъ морей. Слѣдовательно, необходимо было выбрать какую-нибудь точку общаго нуля для всѣхъ этихъ высотъ и глубинъ. Совершенно естественно, что съ данныхъ поръ такимъ нулемъ служилъ уровень океана и морей; сперва измѣренія высотъ и глубинъ производились просто отъ произвольнаго уровня океана или моря въ данный моментъ, а затѣмъ, по мѣрѣ увеличенія точности опредѣленій глубинъ и высотъ, появилась надобность точнѣе опредѣлять положеніе того уровня, къ которому, какъ къ общему нулю, относились всѣ эти измѣренія.

Такимъ основнымъ нулемъ считается *средній уровень* океана или моря въ данномъ мѣстѣ. Чтобы получить положеніе такого средняго уровня въ каждомъ мѣстѣ, необходимо имѣть продолжительныя наблюденія надъ колебаніями уровня тамъ же. Только такимъ образомъ полученный изъ многолѣтнихъ наблюденій средній уровень сохраняетъ изъ года въ годъ свое положеніе, очень мало измѣняясь отъ прибавленія новыхъ годовъ наблюденій.

Опредѣляя положеніе среднихъ уровней въ разныхъ мѣстахъ по берегамъ материковъ, уже можно помощью точныхъ топографическихъ

нивеллировокъ сравнить ихъ относительныя положенія въ разныхъ, даже очень удаленныхъ мѣстахъ. Въ Россіи основными нулемъ всѣхъ высотъ считается нуль футштока, стоящаго у Морского Инженернаго Училища въ Броннштадтѣ.

Подобныя сравненія положеній среднихъ уровней у береговъ материковъ въ разныхъ мѣстахъ неоднократно были производимы и въ Европѣ, и въ Америкѣ, и въ Индіи. Всѣ эти изслѣдованія показали, что средній уровень океановъ и морей, съ ними соединенныхъ, почти совершенно одинаковъ. Получившіяся разницы уровней очень близки по своимъ размѣрамъ къ ошибкамъ самихъ нивелировокъ. Такъ, напримѣръ, сравненіе уровней Балтійскаго и Чернаго морей показало, что практически ихъ средніе уровни находятся на одной высотѣ.

Итакъ, для цѣлей океанографіи можно признать, что уровень океановъ и морей у береговъ материковъ вездѣ одинаковъ, такъ какъ существующія разности не превосходятъ 20—30 сантиметровъ (8—12 дюймовъ) и, слѣдовательно, находятся въ предѣлахъ точности нивелировокъ^{*)}. Посреди же океановъ уровень, такъ указано выше, очень немного отличается отъ поверхности сфероида.

ГЛАВА III.

Рельефъ ложа океановъ и морей.

Историческая замѣтка о способахъ измѣренія глубинъ. — Современные способы и приборы для измѣренія глубинъ. — Способы изображенія рельефа дна океановъ. — Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ. — Главныя характерныя черты рельефа океаническаго ложа. — Общіе выводы относительно рельефа дна Мірового океана.

Историческая замѣтка о способахъ измѣренія глубинъ. — Въ теченіе всего древняго періода мореплаванія вопросъ объ измѣреніи глубинъ сводился исключительно къ промѣрамъ съ цѣлью обезопасить плаваніе у береговъ. Древній міръ не обладалъ никакими опытнымъ данными о действительныхъ глубинахъ морей и океановъ вдали отъ бе-

^{*)} Напримѣръ, нивелировки поперекъ Соединенныхъ Штатовъ показали, что уровень Тихаго и Атлант. океановъ разнится всего на 0,19 метра. Нивелировка между Балтійскимъ и Чернымъ морями показала, что разность ихъ уровней 0,25 метра.

реговъ, и сужденія этого рода, встречаемыя у ученыхъ древности, основаны были исключительно на догадкахъ.

Первая попытка измѣренія океанской глубины, о которой до насъ дошли свѣдѣнія, была сдѣлана Магелланомъ среди Тихаго океана и окончилась неудачею,—дна не достали. Послѣ этого прошло еще около 300 лѣтъ (отъ начала XVI ст. до начала XIX ст.) прежде чѣмъ появились эти опыты. Даже такіе знаменитые исследователи океановъ, какъ, напримѣръ, Кукъ (1769—1778 г.), Лавуазъ (1785—1788 г.), или даже въ началѣ XIX ст. Брузенштеръ и Лислскій (*Надежда* и *Нева*, 1803—1806 г.), Форстеръ на кораблѣ *Гюль*, плававшій съ Ч. Дарвиномъ пять лѣтъ (1831—1836 г.), и они не занимались вовсе вопросомъ о глубинахъ той стихіи, по поверхности которой они плавали. Дѣло измѣренія глубинъ продолжало оставаться ограниченнымъ только прямою и ближайшею практическою цѣлью—безопасностью мореплаванія въблизи береговъ.

Въ теченіе первой четверти XIX ст. появляются попытки, правда, почти всегда безуспѣшныя, измѣрить глубины океана. Онѣ были сдѣланы американскими морскими офицерами въ Атлантическомъ океанѣ. Такъ, напр., лейтенантъ Паркеръ на фрегатѣ Соедин. Шт. *Congress* противъ береговъ Бразиліи выстрѣлилъ около 8.333 м. с., долетѣвъ и, по его мнѣнію, не доставъ дна (хотя въ действительности глубины тутъ около 3.000—3.500 м. с.^{*)}).

Причинамъ неудачъ глубоководныхъ промѣровъ заключались въ слѣдующемъ. При измѣреніи небольшихъ прибрежныхъ глубинъ о моментѣ достиженія дна судятъ по двумъ признакамъ: по удару его о дно, передающемуся рукѣ лотового, и по освобожденію послѣдней отъ груза лота, слѣдствіемъ чего бываетъ замедленіе въ высучиваніи лотина. Наконецъ, когда лотъ снова выбранъ, то приставленій къ низшему его концу образецъ грунта служить также доказательствомъ достиженія дна.

^{*)} Однако въ теченіе этого періода можно указать на два удачныя измѣренія Джонсомъ Роузомъ въ 1815 г. въ Баффинсовомъ морѣ двухъ глубинъ, правда, не глубже 1050 м. саж., при чемъ были подняты образчики грунта; а также слѣдуетъ упомянуть, что физикъ Я. Денцъ, въ плаваніи на русскомъ яхтѣ *Предпріиміе* (1823—26) подъ командою Коцебу, придумалъ и построилъ глубомѣръ, который по своей идѣе былъ предшественникомъ современныхъ приборовъ такого рода (чертежъ его см. на оборотѣ титула). Значительныхъ измѣреній глубинъ имъ не было сдѣлано, и, такъ какъ время развитія океанографическихъ исследований еще не наступило, то глубомѣръ Денца былъ забытъ, и въ 1870 г. В. Томсонъ самостоятельно возобновилъ его идѣю.

Естественно, что в началѣ при измѣреніи океанскихъ глубинъ былъ примѣненъ тотъ же способъ, и понадобилось много времени, пока поняли, что онъ не можетъ дать никакихъ результатовъ, потому что, въ случаѣ измѣренія океанской, т.-е. очень большой глубины, отсутствуютъ оба обыкновенные признака достиженія лотомъ дна. Ударъ лота о дно при глубинѣ въ 2—3.000 м. с. совершенно не передается по тросовому, не натянутому, лоту наверхъ; а вѣсъ большой длины вытравленного лотника такъ значителенъ, что, и по достиженіи лотомъ дна, лотникъ продолжаетъ сучить за бортъ, въ заглядъ, съ такою же скоростью, какъ и ранѣе. Недостаточная крѣпость лотника того времени не позволяла поднимать лотъ, лотникъ обыкновенно при попыткахъ выбрать его обрывался, и потому послѣдній признакъ достиженія лотомъ дна—образчикъ грунта, также отсутствовалъ.

Сэръ Джеймсъ Кларку Россу, начальнику англійской антарктической экспедиціи (1839—1841 гг.), удалось во время этого плаванія найти первый способъ измѣренія океанскихъ глубинъ, который позволялъ замѣчать моментъ достиженія лотомъ дна.

Производя многочисленные опыты измѣренія большихъ глубинъ, Д. К. Россъ подмѣтилъ, что скорости высучиванія лотника въ началѣ и концѣ измѣренія—неодинаковы; а именно: лотникъ отъ начала до нѣкотораго момента измѣренія сбѣгаетъ съ вышки равномерно-замедленно, а затѣмъ наступаетъ моментъ, когда сбѣганіе лотника становится почти равномернымъ. Россъ объясняетъ это слѣдующимъ образомъ. По мѣрѣ сбѣганія лотника длина его въ водѣ увеличивается, а слѣдовательно и треніе о воду становится больше, и, хотя вѣсъ вытравленной части лотника тоже увеличивается, но тормозящее усиліе воды настолько велико, что паденіе лота и лотника дѣлается равномерно-замедленнымъ. Когда же лотъ достигнетъ дна и лотникъ начинаетъ ложиться на дно, то длина его до поверхности воды остается постоянной, вѣсъ и треніе тоже перестаютъ намѣняться, и сбѣганіе лотника становится почти равномернымъ, нарушаемымъ только качкою судна, инерціей вышки и лотника.

Если на лотникѣ положить марки черезъ одинаковыя разстоянія, то, замѣчая по часамъ промежутки ихъ сбѣганія, не трудно видѣть, что первоначально эти промежутки будутъ все увеличиваться, а потомъ станутъ почти равными другъ другу, то немного увеличиваясь, то уменьшаясь. Очевидно, та длина лотника, около которой промежутки его сбѣганія начала дѣлаться равными другъ другу, и есть искомая глубина.

Признакомъ Росса для опредѣленія момента достиженія дномъ были пользовались въ теченіе 30 лѣтъ. За этотъ промежутокъ времени были введены разныя усовершенствованія, но основной принципъ оставался тотъ же. Для того, чтобы лучше, отчетливѣе замѣтить моментъ достиженія дна, дѣлали лотный возможно тоньше и крѣпче, старательно наживали его на въешку, заботились, чтобы послѣдняя свободно работала на своей оси. Съ другой стороны, въѣсъ лота увеличивали и такимъ путемъ достигали болѣе замѣтной и рѣзкой перемены въ характерѣ рада промежутокъ времени сбѣгания соседнихъ, одинаковыхъ длинъ лотниш до касанія лотомъ дна и сейчасъ же послѣ того. Изъ цѣлаго ряда измѣреній были составлены таблицы такихъ промежутокъ времени для опредѣленной толщины лотниш и въѣса лота. Во всякомъ случаѣ все-таки многое зависѣло отъ опыта и искусства наблюдателя.

Однако поднять лотъ и достать образчикъ грунта съ океанской глубины не удавалось, и при каждомъ измѣреніи приходилось терять лотъ и почти весь вытянутый лотнишъ.

Въ 1854 г. командиръ флота Соединенныхъ Штатовъ Брукъ предложилъ новый лотъ съ *опускающимся грузомъ* въ моментъ прикосновенія лота ко дну. Такимъ образомъ, при измѣраніи лотнишъ, ему приходилось выдерживать только въѣсъ вышущей за бортъ длинны его и еще небольшой въѣсъ желѣзной трубки (нѣсколько фунтовъ), сохранявшей образецъ грунта дна.

Благодаря изобрѣтенію Брука и пользуясь приемомъ Росса, стало впервые возможнымъ доставаніе образчиковъ грунта дна, т.-е. несомнѣнаго доказательства, что лотъ не пронесло, но говоря уже о возможности впервые изслѣдовать характеръ грунта дна океановъ на большихъ глубинахъ. Идея опускающагося груза примѣняется и во всѣхъ современныхъ лотахъ.

Технически изъ первоначальномъ лотѣ Брука была выполнена такимъ образомъ. Легкая желѣзная трубка снабжалась сверху (фиг. 9) двумя зацепами, вращавшимися на общей оси. Верхніе, болѣе длинныя концы ланокъ соединялись короткимъ штерномъ, за который помощью особаго кольца брался лотнишъ. Нижніе, болѣе короткіе концы ланокъ служили для падѣванія на нихъ петель отъ особыхъ штерновъ, противоположные концы которыхъ прикрѣплялись къ кольцу, надѣвавшемуся на трубку снизу. Грузомъ служило обыкновенное ядро, просверленное по диаметру, поддерживавшееся на въѣсу помощью кольца съ двумя штертами,

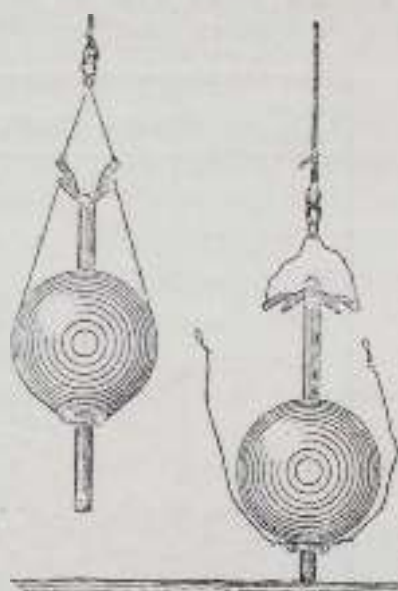
петли которых надвигались на ланки. Такимъ образомъ, вся эта система висѣла на лотлинѣ и шла съ нимъ ко дну, пока трубка лота нижнимъ концомъ не упиралась въ дно. Отъ удара конецъ трубки углублялся немного въ грунтъ, образчикъ котораго и оставался въ пучкѣ гусиныхъ перьевъ, укрѣпленныхъ къ нижнему концу трубки. Между тѣмъ лотлинь еще продолжала сбѣгать съ вышки, отчего у него образовывалась слабина, ланки вверху трубки, уступая тяжести ядра, отгибались внизъ, обѣ петли штертовъ соскакивали съ нихъ, и ядро освобождалось. Съ этого момента на линѣ оставались висѣть только трубка съ образчикомъ грунта, которую вѣсѣтъ съ лотлинемъ и поднимали на бортъ.

Лотъ Брука далъ возможность признать тяжелый грузъ при тонкомъ лотлинѣ, вслѣдствіе чего стало легче замѣчать моменты достиженія дна по признаку Росса, затѣмъ получившись образцы грунта, и наконецъ сохранился лотлинь.

Скоро по изобрѣщенію лота Брука, онъ былъ примененъ при промѣриваніи отъ Ирландіи къ Нью-Фаундленду, съ цѣлью выясненія рельефа дна для прокладки перваго подводнаго телеграфнаго кабеля (американецъ лейт. Берриантъ на пароходѣ *Arctic* въ 1856 г.);

затѣмъ въ 1859 г. англичанинъ кап. 2 р. Кэйманъ на суднѣ *Cyclops* исторично промѣрилъ ту же линію, и на суднѣ *Gorgon* — линію отъ Нью-Фаундленда до Азорскихъ о-въ и отсюда до Ламанша. Это были первыя обстоятельныя и систематическія измѣренія океанскихъ глубинъ, которыя дали возможность проложить первыя телеграфныя кабели и построить первую карту рельефа дна Сѣв. Атлантическаго океана, составленную лейтенантомъ Мори (см. стр. 31).

При послѣдующихъ измѣреніяхъ постепенно видоизмѣнили первоначальное весьма простое устройство лота Брука и въ большей части лотовъ замѣнили ядро нѣсколькими плоскими чугунными гирями, позволявшими нагружать лотъ, смотря по глубинѣ, и получать большіе



Фиг. 6. Лотъ Бруна.

образчики грунта два съ обозначеніемъ, что ихъ при подниманіи не вынуть изъ трубки лота. Съ послѣднюю цѣлью внизу трубки дѣлали или клапаны, или краны, закрывавшіеся при прохожденіи чугунныхъ тиръ черезъ нижній конецъ трубки.

Для того, чтобы получить полное понятіе объ измѣреніи большихъ глубинъ по способу Росса, ниже приведенъ примѣръ, взятый изъ работъ на англійскомъ кораблѣ *Rossini* въ 1869 г., въ Бискайскомъ заливѣ. Лотилинъ былъ тросовый, окружностью въ 0,8 дюйма и выдерживалъ на разрывъ 1330 фунтовъ (русскихъ), вѣсъ 100 м. с. его вѣсилъ около 14 фунтовъ, лотъ загружался 372 фунтами.

Морскія сажень.	Время.	Промежутки.	Морскія сажень.	Время.	Промежутки.
0	2 ч. 44 м. 30 с.		1300	2 ч. 58 м. 5 с.	1 м. 23 с.
100	— 45 5	0 м. 45 с.	1400	— 59 37	1 32
200	— 55 45	0 40	1500	3 1 0	1 32
300	— 46 30	0 45	1600	— 2 42	1 33
400	— 47 25	0 55	1700	— 4 39	1 37
500	— 48 15	0 50	1800	— 6 0	1 47
600	— 49 19	1 0	1900	— 7 53	1 47
700	— 50 24	1 9	2000	— 9 40	1 49
800	— 51 23	0 59	2100	— 11 29	1 49
900	— 52 43	1 22	2200	— 13 24	1 55
1000	— 54 0	1 15	2300	— 15 23	1 59
1100	— 55 21	1 24	2400	— 17 15	1 52
1200	— 56 42	1 21	2500	— 17 55	0 40
					достигъ дна

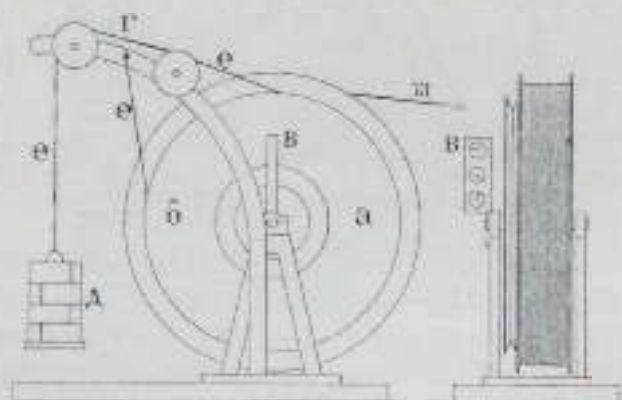
Лотъ шелъ ко дну 33 м. 35 с., а поднимали его паровою лебедкою 2 ч. 2 м.

Современные способы и приборы для измѣренія глубинъ.— Работы на *Rossini* почти закончили собою первый періодъ измѣреній глубинъ океановъ при помощи тросового лотилина и прибора Росса

но замѣчанію промежутковъ. На *Challenger's* (1872—1876) въ послѣдній разъ работали тросовымъ лотлинемъ; одновременно извѣстнымъ англійскимъ физикомъ Вильямомъ Томсономъ (впоследствии лордомъ Кельвиномъ) былъ предложенъ глубомѣръ, основанный на совершенно новой идеѣ, который значительно облегчилъ и сдѣлалъ точнѣе промѣры океанскихъ глубинъ. Это изобрѣтеніе, такъ же, какъ и лотъ Брука, составило эпоху въ дѣлѣ изслѣдованія подводнаго рельефа, а слѣдовательно и вообще въ океанографіи.

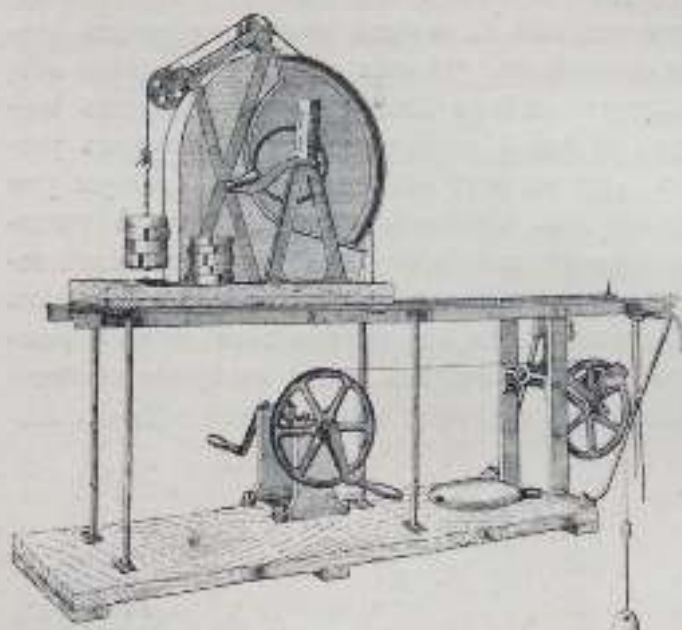
Главная идея въ глубомѣрѣ Томсона заключалась въ слѣдующемъ. Прежде лотлинь свободно правился съ вышки, чтобы не нарушать правильности измѣненія промежутковъ сближенія одинаковыхъ длинъ лотлиня (что составляло сущность способа Росса), Томсонъ же сталъ тормозить вышку и притомъ во всякій моментъ измѣренія съ такимъ успѣхомъ, которое равнялось вѣсу въ водѣ той части лотлиня, которая уже была вытравлена за бортъ, т. е. тормозящее усиліе, по мѣрѣ увеличенія длины лотлиня за бортомъ, тоже все увеличивалось и увеличивалось. Слѣдовательно, вращеніе вышки обуславливалось только вѣсомъ лота, и, когда послѣдній достигалъ дна, то вышка сама собою останавливалась, тѣмъ самымъ указывая моментъ конца измѣренія глубины. Такимъ образомъ, необходимость замѣчанія промежутковъ сближенія лотлиня отпадала.

Техническое исполненіе этой идеи видно на чертежѣ (фиг. 10). На особой платформѣ устанавливалась стойка со счетчикомъ числа оборотовъ вышки (б — в), которая была пустотѣлая и, по возможности, легкая, для уменьшенія ея инерціи. Она въ поперечномъ сѣченіи имѣла два кита (правый черт.), одинъ широкій для лотлиня (ж) и другой — узкій для тросового тормоза (е). Тормозной конецъ закрѣплялся изверху особой рамы у вышки за обухъ (г) и шелъ по узкому киту вокругъ вышки поперѣкъ двухъ



Фиг. 10. Схема глубомѣра Томсона.

шнуромъ къ поддону (1), на который накладывались гири по мѣрѣ того, какъ увеличивалась длина лотлина за бортомъ, съ такимъ расчетомъ, чтобы вѣсъ гирь всегда былъ больше вѣса лотлина, уже находившагося въ водѣ. Общій видъ перваго глубомѣра Томсона показанъ на другомъ чертежѣ (фиг. 11). На платформѣ, на стойкахъ, установлены рельсы, по которымъ скользитъ глубомѣръ. Передъ измѣреніемъ глубины его подвигаютъ впередъ, къ борту, и проволока бѣжитъ за бортъ прямо съ главной вьюшки. После достиженія дна глубомѣръ сдвигаютъ назадъ, какъ



Фиг. 11. Общій видъ перваго глубомѣра Томсона.

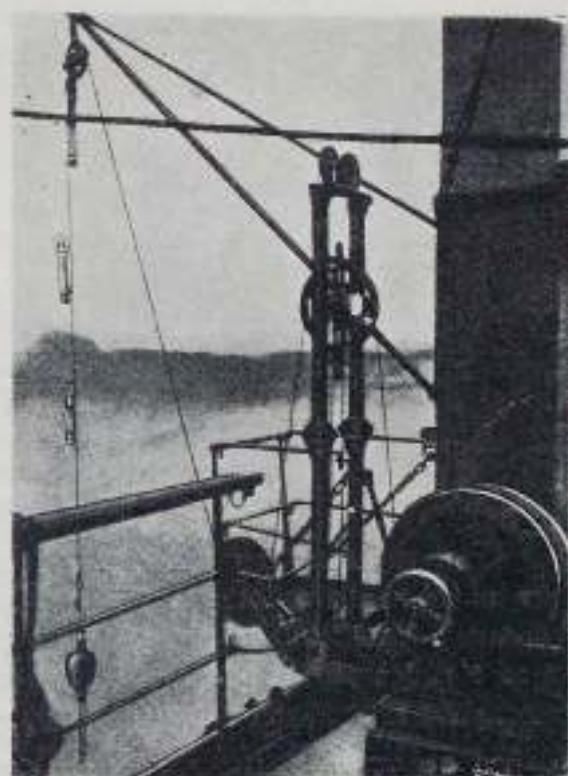
показано на чертежѣ, и проволоку накладываютъ на ободъ шкива на концѣ платформы, затѣмъ проводятъ ее назадъ на вспомогательный шкивъ, вокругъ котораго она дѣлаетъ одинъ оборотъ и идетъ вверхъ на главную вьюшку. Вращаютъ вспомогательную вьюшку, прижимающую на себя вѣсъ проволоки, а на главной вьюшкѣ вытаскиваютъ только слабинку проволоки.

Другое важное усовершенствованіе, введенное въ дѣло измѣренія глубины Томсономъ, состояло въ замініи треноваго лотлина проволочнымъ. Томсонъ применилъ сперва фортезіанную струну, а потомъ стали нарочно для лотлина изготовлять цинкованную проволоку диаметромъ 0,7—0,9 мм., выдерживающую на разрывъ 250—720 русск. ф. (105—300 кил.). Проволочный лотлингъ имѣетъ много преимуществъ; онъ занимаетъ очень мало мѣста, на небольшую вьюшку его можно навить 10.000 метр. (5.468 м. с.), онъ не замокаетъ, и его не надо просушивать; онъ быстрее идетъ ко дну, малый вѣсъ его позволяетъ быстро вытаскивать обратно, тѣмъ болѣе, что при этомъ не приходится поднимать

воду, пропитывавшую тросовый лоток. Его меньше выгибает при приближном дрейфе корабля во время измерения глубины; при более быстром сближении лоток корабль меньше сносит съ места дрейфом.

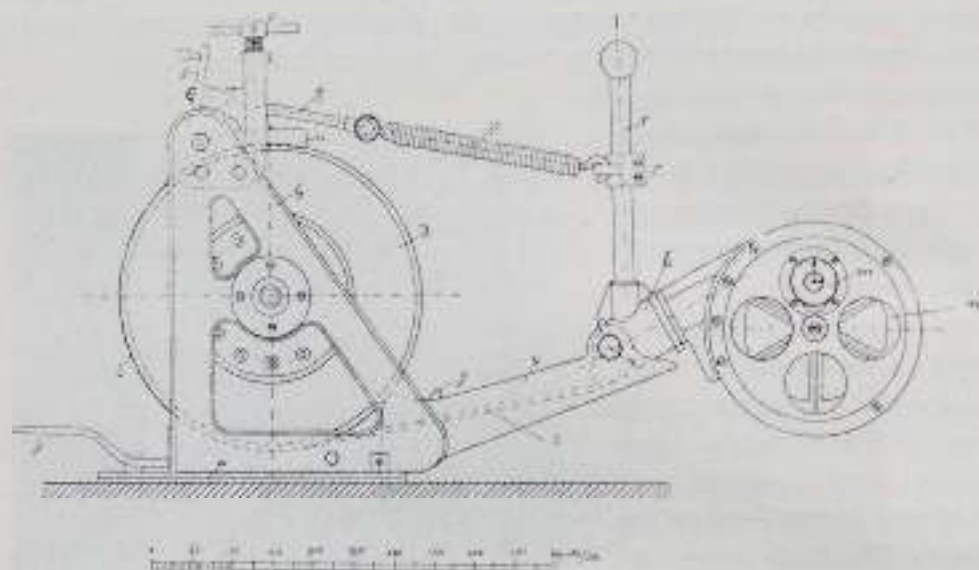
Такъ какъ надлежитъ быть увѣреннымъ, что, вследствие инерции, выюшка все-таки не сдѣлаетъ нѣсколькихъ лишнихъ оборотовъ, то, во избежаніе образования выюшекъ на проволоку, къ ея концу привязываютъ кусокъ троса метровъ въ 20, къ которому уже и привѣшиваютъ лотъ, а надъ нимъ два термометра (Негретти-Замбра и ших—шн) и батометръ для доставленія образчика воды (фиг. 12). На чертежѣ изображенъ американскій глубомѣръ системы Сингби, установленный на борту пароходнаго судна. Съ цѣлью облегчить возможность слѣдить за проволокой и за ея вертикальностью во время измерения глубины, что достигается, двигая лемного судно машиною впередъ или назадъ, устроенъ особый отводъ отъ борта, на немъ подвѣшенъ блокъ, по которому и бѣжитъ за бортъ проволока, какъ это видно на чертежѣ.

Дальнѣйшія усовершенствованія въ способахъ измерения глубины и въ самихъ глубомѣрахъ состояли въ улучшеніи технической части приборовъ. Такъ, въ современныхъ глубомѣрахъ такого рода (ахъ три: Сингби—американскій, Деблана—французскій и Люкаса—англійскій) аккумуляторъ, принимающій на себя толчки отъ качки, введенъ въ устройство самого глубомѣра, счетчикъ отнесенъ на ось той выюшки, черезъ которую бѣжитъ проволока лоткини, и потому онъ даетъ не обороты выюшки, а прямо глубины въ метрахъ или морскихъ саженьяхъ. Главныя выюшки дѣлаются прочныя,



Фиг. 12. Губомѣръ Сингби, установленный на дельфинѣ.

стальными, так как им приходится выдерживать громадное давление прессовки; все устроено обдуманно и компактно, почему и весь плубомёр гораздо меньше размеров, нежели были первые образцы. Здесь описать только плубомёр Люкаса, как наименее громоздкий и уже употребляющийся в русском флоте.



Фиг. 10. Глубина рече показу.

Как видно на чертеже (фиг. 13), глубокфры укреплены четырьмя болтами к небольшой платформе, которую легко за особые ручки переносить и устанавливать на судне, где удобно. Общая длина прибора около 1 метра, высота около 0,6 м., а ширина — около 0,4 м. Сбоку станины (3) глубокфры имеет вид прямоугольного треугольника, обращенного гипотенузой вперед. Между треугольными щеками станины вращается на оси главная вилка (3), на ней налита стальная проволока летки диаметром из 0,9 мм., выдерживающая на разрыв до 300 килограмм (18,5 пуд.) на 1 кв. мм. сечения.

Вперед и назад стальной укрѣпленъ въ продолженіе (i) ложкообразной формы, поставленное подъ угломъ въ платформѣ. На концѣ его на оси (x) укрѣплена трубка (k) съ рукою (r), направленною вверхъ. На концѣ трубки (k) въ особыхъ шкалахъ свободно вращается шпиль, соединенный зубчатой передачею со счетчикомъ его оборотовъ (m).

Проволочный лотинг проведенъ снизу главной вышки (д) по легко-образному углубленію продолженія станины (і), сквозь трубку (к) на шківъ, который она огибаетъ по полуокружности и уходитъ затѣмъ въ воду.

Ручка (г) имѣетъ переставляемую, укрѣпленную витами обойму (і), за которую вята спиральная пружина (р), другимъ концомъ укрѣпленная къ винту (г), имѣющему на другомъ концѣ дискъ (і) съ рукою, дѣленіями и указателемъ натяженія пружины (р). Надъ главной вышкою (д) имѣется плоскій стопоръ (п), зажимаемый винтомъ (о), дѣлающій по желанію главную вышку неподвижною.

Сзади и снизу главной вышки проходить стальная толстая лента (з). Начало ея укрѣплено вверху станины, затѣмъ она обнимаетъ окранный щекъ главной вышки, проходитъ подъ нею и другимъ концомъ крѣпится къ нижнему краю трубки (к). Когда на шківѣ счетчика (м) лежитъ проволока лотинга и своимъ вѣсомъ и вѣсомъ лота заставляетъ трубку (к) опуститься до упора въ край продолженія станины (і), то ленточный тормозъ (с) получаетъ полную слабину и отходитъ отъ щекъ главной вышки, совершенно ее освобождая.

Измѣреніе глубины производится такъ. въ концу проволочнаго лотинга припаянъ тросовый конецъ около 20 м. длиною, чтобы обезпечить проволоку отъ образованія колышекъ. Подвѣсивъ къ нему лотъ, постепенно отжимаютъ главную вышку двумя рукоятками, надѣвающимися на концы ея оси. При этомъ надъ лотомъ прикрѣпляютъ термометры и батометръ для придоннаго слоя воды. Затѣмъ доводятъ лотъ до поверхности воды, ставятъ счетчикъ на нуль и, зажавъ стопоръ (о), снимаютъ ручки вышки. Вращая ручку винта (г), зажимаютъ ленточный тормозъ (с) настолько, чтобы при отдатѣ стопора (о) вышка начала медленно вращаться и лотингъ разматываться. Затѣмъ, зная вѣсъ проволоки въ водѣ (при діаметрѣ 0,9 мм. 1.000 м. вѣсятъ въ воздухѣ 5,6 кил., а въ водѣ—4,9 кил.), все время измѣренія постепенно натягиваютъ пружину (р), руководясь дѣленіями, назначенными на дискѣ винта (і), зажимая вмѣстѣ съ этимъ и ленточный тормозъ (с), потому что конецъ его связанъ съ нижнимъ краемъ трубки (к), и, слѣдовательно, тѣмъ больше наклоняется назадъ ручка (г), тѣмъ болѣе зажимается тормозъ (с). Въ моментъ углубленія трубки лота въ дно, шківъ (п) и трубка (к) сразу освобождаются отъ груза лота, почему пружина (р) также сразу сокращается, пнгибая за ручку (г) трубку (к) вверхъ и тѣмъ самымъ крѣпко зажимая ленточный тормозъ (с), который и останавливаетъ вышку. Остается прочесть на

Измерение глубины на станции № 240, 14 марта 1899 г. на *Valdivia*; $\varphi = 6^{\circ} 12' 9''$ ю. ш.; $\lambda = 41^{\circ} 17' 3''$ в. д., Индийский океан (между Сендельскими островами и Африкою).

Прожитый из верстий погружа- ния.	Время показ. погружа.	Прожитый объем в ве- дках 100 погу- сажей или 01,4 м. в сек.	Скорость объемной длина из верстий из секунды.	Примечанія.
0	0 м. 59 с. 35 с.	—	—	Глубина 3236 верстий, погружений = 1,618 м. саж. = 2,959 метр.
100	7 0 4	29	2,1	
200	0 37	33	2,8	
300	1 10	33	2,8	Время падения груза = 21 м. 15 с.
400	1 44	33	2,8	
500	2 17	34	2,7	Средняя скорость падения = 2,4 м. в 1 с.
600	2 52	35	2,7	
700	3 28	36	2,6	Время выбирания груза = 31 м.
800	4 5	37	2,5	
900	4 42	37	2,5	На дне держали термо- метры 4 м.
1000	5 20	38	2,4	Продолжительность измѣ- рения 46 м.
1100	5 59	39	2,3	
1200	6 34	35	2,7	
1300	7 11	37	2,5	
1400	7 49	38	2,4	
1500	8 28	39	2,3	
1600	9 8	40	2,3	
1700	9 48	40	2,3	
1800	10 28	40	2,3	
1900	11 8	40	2,3	
2000	11 50	42	2,2	
2100	12 30	40	2,3	
2200	13 14	44	2,1	
2300	13 54	40	2,3	
2400	14 35	41	2,2	
2500	15 15	40	2,3	
2600	15 55	40	2,3	
2700	16 40	45	2,0	
2800	17 22	42	2,2	
2900	18 7	45	2,0	
3000	18 51	44	2,1	
3100	19 37	46	2,0	
3200	20 22	45	2,0	

Среднее . . . 2,4

На 3236 м. в с. вышла глубина основанная.

счетчикъ (и) прямо глубину (въ метрахъ или морск. саж., смотря, какъ онъ раздѣленъ).

Затѣмъ, надѣвъ ручки на ось вышки, отдають ленточный тормозъ (s), останавливаютъ винтъ (g) и, дѣлая изъ ручную нѣсколько оборотовъ назадъ, этимъ движеніемъ вытаскиваютъ трубку лота изъ грунта дна; зажимають стопоръ (o) и на имѣющійся сбѣхъ на другой сторонѣ станины вивают одного диаметра съ вышкою, насаженный наглухо на ея ось, надѣвають безопечный ремень отъ электродвигателя, установленнаго сзади глубомѣра на той же платформѣ. Снимають ручки вышки и даютъ ходъ электрическому двигателю, сперва тихій, а потомъ быстрый. При этомъ тихонько двигаютъ справа палъво и обратно ручку (y); она оканчивается впереди подъ вышкою вилкою, кончикъ которой виденъ изъ ложкообразнаго углубленія i. Вилка служитъ для равномерности павиванія проволоки лотина на вышку. Навивая, необходимо протирать проволоку и пропускать ее сквозь пропитанную масломъ трещку.

На стр. 28 приведенъ примѣръ измѣренія современнымъ глубомѣромъ, изъ котораго видно, что лотъ пускають бѣжать съ ускоренною скоростью около 2,0—2,5 метровъ въ 1", и съ такою же скоростью вытаскиваютъ обратно. При глубинѣ въ 2.059 м. = 1.618 м. с. понадобилось 21" 15" для достиженія дна. 4 минуты держали на днѣ термометры и поднимали 21"; общаа продолжительность измѣренія—46". При тросовомъ лотинѣ оно потребовало бы около 2 часовъ.

Съ помѣйшими глубомѣрами употребляютъ лоты, основанные на принципѣ Бруса, т. е. съ отдѣляющеюся тяжестью. На чертежѣ (фиг. 14) изображены одинъ изъ лотовъ, употребляемыхъ въ настоящее время. Вверху имѣется кольцо (а), за которое берется конецъ лотинна, оно соединено съ верхнимъ рычагомъ (б), оканчивающимся внизу зубцомъ, упирающимся въ выступъ другого рычага (в), концы котораго выходятъ изъ нѣсколькихъ изогнутаго гѣла верхней части трубки лота. Это устройство хорошо видно на дополнительномъ чертежѣ вправо. Второй рычагъ (в), вращаясь на своей оси, постоянно нажимается плоскою пружиною (г), спрятанной въ гѣлѣ верхней части трубки лота, она стремится отогнуть рычагъ вправо, отчего онъ удерживается упоромъ въ зубецъ верхняго рычага (б) и вѣсомъ овалнаго груза (д), который поддерживается проволокою, идущею отъ двухъ упорныхъ груза и надѣтой серединою на зубецъ рычага (в). Средняя часть гѣла трубки лота представляетъ цилиндръ (е) съ клапанами наверху и стальнымъ шарикомъ



Fig. 16. Graphical representation of the results of the analysis of variance.

лыми числами метров или саженъ (500, 1,000, 1,500, 2,000, 3,000 и т. д.), и уже черезъ найденныя такимъ путемъ точки на картѣ и проводить линіи равныхъ глубинъ.

Однако послѣ Бюана прошло болѣе 100 лѣтъ прежде, нежели собралось столько замѣреній глубинъ, что Моря могъ издать въ 1855 г. свою первую карту рельефа дна Сѣвернаго Атлантическаго океана. На этой картѣ проведены были линіи равныхъ глубинъ дна 1—2—3—4,000 морск. саж., уменьшенная копія съ нея помѣщена на стр. 31 (фиг. 15).

Затѣмъ постепенно стали принимать окраску ступеней между линіями равныхъ глубинъ, называемыхъ *изобатами*, обыкновенно оттънками одной и той же краски, или же штриховки синей или черной, дѣлая ее тѣмъ темнѣе, чѣмъ глубже. На прилагаемой далѣе картѣ на страницахъ 34—35 (фиг. 16), построеной въ разноплощадной проекціи Ламберта, ступени глубинъ океановъ тоже изображены разною штриховкою. На той же картѣ данъ и рельефъ суши, чтобы можно было составить полное предствленіе о рельефѣ земной коры и общемъ его характерѣ.

Рельефъ дна трехъ главныхъ океановъ.—*Атлантическій океанъ*, имѣющій очертаніе, подобное буквѣ S, сохраняетъ его и въ своемъ подводномъ рельефѣ. Главною замѣчательною особенностью его рельефа (см. фиг. 16) является существованіе срединнаго поднятія дна, начинающагося у сѣвернаго Полярнаго круга и тянущагося до 58° ю. ш. Начиная съ сѣвера до Азорскихъ о-въ, поднятіе дна идетъ почти по меридіану, затѣмъ уклоняется къ юго-западу, снова идетъ по меридіану и, не доходя экватора, поворачивается на юго-востокъ. Между 15° и 20° шир. д. поднятіе дна пересѣкаетъ экваторъ и снова направляется по меридіану до 58° ю. ш. Глубины на немъ въ сѣверномъ полушаріи держатся отъ 3,000 до 3,500 метровъ (1,640—1,915 м. с.), въ южномъ же полушаріи отъ 2,000 до 2,500 м. и только на югѣ переходятъ за 3,000 м. (1,640 м. с.).

Это срединное поднятіе дна дѣлитъ океанъ на двѣ длинныя котловины, расположенныя по обѣ стороны: каждая изъ нихъ въ общемъ глубже 4,000 м. (2,190 м. с.), и двѣ ихъ лежатъ болѣею частью на глубинахъ отъ 5,000—5,500 м. (2,700—3,000 м. с.). Изъ нихъ американская котловина глубже и обладаетъ наибольшими отдѣльными глубинами.

Европейско-африканская котловина имѣетъ три наиболѣе значительныя глубины: глубже 6,000 м. (3,280 м. с.), одна лежитъ на меридіанѣ Исландіи къ западу отъ м. Финистерре, а двѣ другія въ тропикахъ къ сѣверо-западу и

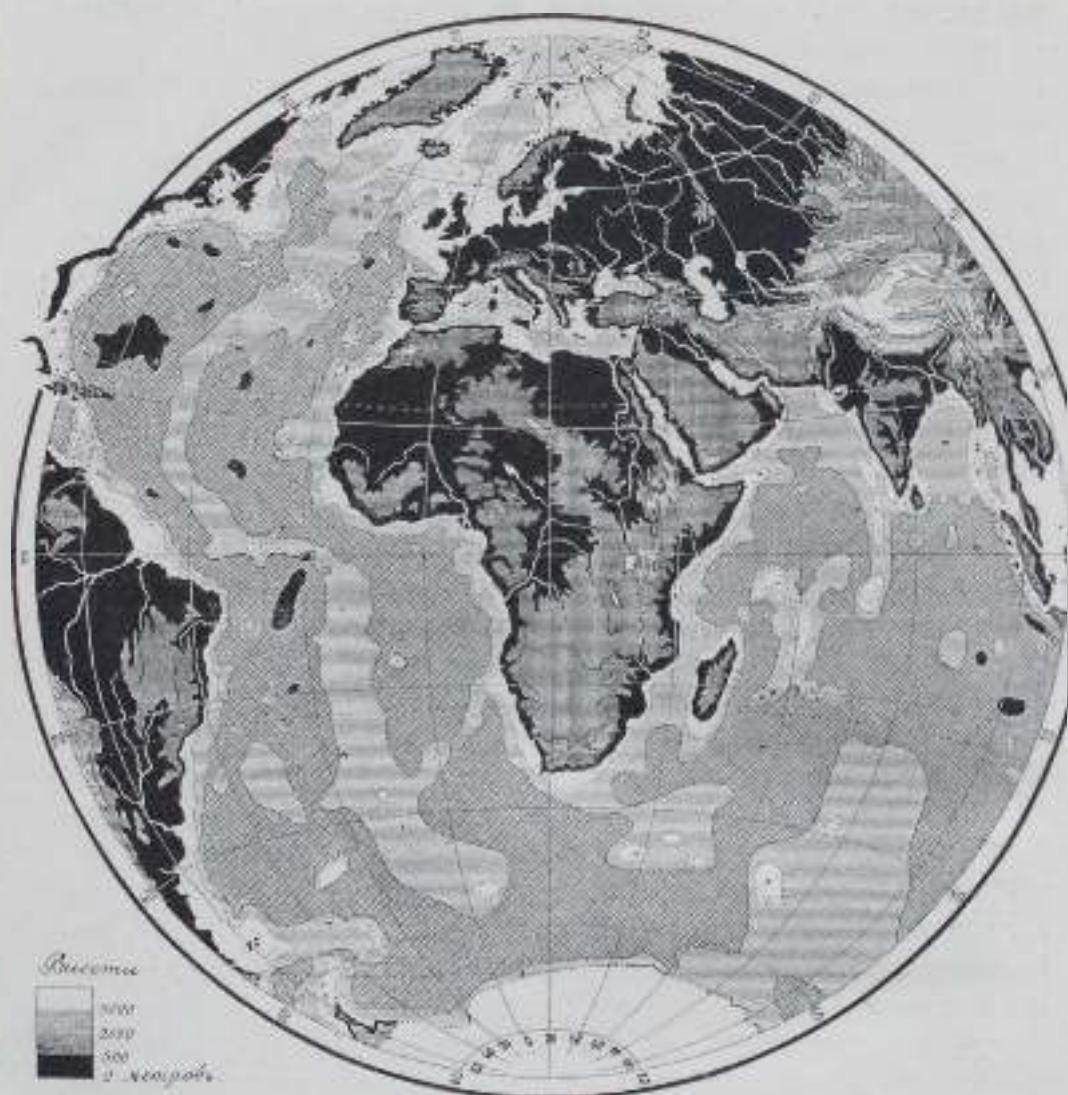
юго-востоку отъ о-ва Зеленаго мыса. Въ южномъ полушаріи не найдено на одной впадины глубже 6.000 м.

Американская котловина, болѣе глубокая, имѣетъ глубины большою частью близкія къ 6.000 м. въ сѣверномъ полушаріи и отъ 5.500—6.000 м. (3.000—3.280 м. с.) въ южномъ. Выдавшись глубокимъ заливомъ на меридианѣ южной оконечности Гренландіи до 58° с. ш., она значительно расширяется къ югу отъ Нью-Фаундленда и имѣетъ тутъ пять впадинъ глубже 6.000 м., изъ нихъ самыя значительныя между 30° с. ш. и тропикомъ и къ сѣверу отъ о-ва Порторико. Последняя есть самая глубокая впадина всего океана, въ ней найдено три мѣста глубже 8.000 м., наибольшая глубина **8.525** м. (4.662 м. с.) къ сѣверу отъ о-ва Порторико (въ 140 кил.). Далѣе на югъ глубины уменьшаются, и между Малыми Антильскими о-ми и экваторомъ онѣ немого менѣе 5.000 м. Значительное различіе придонныхъ температуръ въ сѣверной и южной части американской котловины позволяетъ предполагать, что между ними существуетъ нѣкоторое поднятіе дна. Южная часть американской котловины тоже глубокая и имѣетъ три небольшія впадины глубже 6.000 м. (3.280 м. с.); всѣ три небольшія по пространству, одна на параллели Рио-Жанейро, другія двѣ у экватора, одна почти на экваторѣ ($0^{\circ}11'$ ю. ш.) и очень близко къ срединному поднятію дна имѣетъ глубину **7.370** м. (4.030 м. с.). Это наибольшая глубина Южнаго Атлантическаго океана.

За 60° ю. ш. обѣ котловины соединяются, и ихъ большія глубины (5.000 м.) подходятъ очень близко къ Антарктическому материку. На востокѣ онѣ непосредственно сообщаются съ глубинами Индійскаго океана, а на западѣ, между грядою Южн. Сандвичевыхъ о-въ и м. Горнъ, расположена дугою полоса глубинъ менѣе 4.000 м. (2.190 м. с.), разделяющая здѣсь области большихъ глубинъ Тихаго и Атлантическаго океановъ.

Другою чрезвычайно важною особенностью рельефа дна Атлантическаго океана является часть его ложа по линіи между Америкою, Гренландіей и Шотландіей, гдѣ глубины, значительно убывая, образуютъ подводную возвышенность, протягивающуюся между берегами Баффиновой Земли и Гренландіи въ Дэвисовомъ проливѣ и затѣмъ между Гренландіей и Исландіей въ Датскомъ проливѣ, и наконецъ между Исландіей и Шотландіей черезъ Фарѣрскіе о-ва; на всемъ этомъ протяженіи глубина вездѣ не болѣе 600 м. (330 м. с.).

Существованіе подобной возвышенности обуславливаетъ полное отдѣленіе области большихъ глубинъ сѣвернаго Полярнаго бассейна



Фиг. 15. Рельеф для Южного океана и рельеф

от лежащих рядом глубоких частей Атлантического океана. Ничего подобного на границе с южной полярной областью не существует.

Тихий океан далеко не так хорошо исследован, как Атлантический, но и то, что мы знаем о нем, уже указывает, что он не только первый из всех океанов по площади, но и по глубинам.



судан из равноотстоящей экваторальной проекции Пашенга.

Половина (т. е. около 80 милл. кв. в.) этого океана имеет глубины больше 3.000 м. (2.740 м. с.), при чем послѣднія занимают безъ перерыва обширныя площади отъ экватора до Алеутскихъ острововъ и отъ экватора къ югу до 60° ю. ш., распространивъ широкою полосою (50° по долготѣ) отъ линіи острововъ Тонга и Новой Зеландіи до меридіана 120° з. д.

Другая особенность Тихого океана заключается въ большомъ числѣ очень глубокихъ впадинъ дна, неизмѣнно расположенныхъ вдоль окраинъ материковъ или грядъ острововъ.

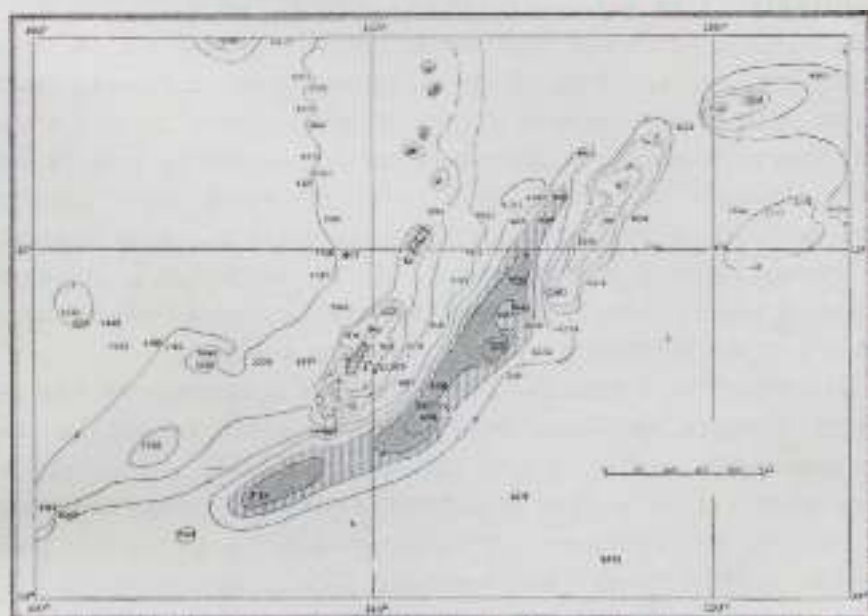
Въ восточной части океана большія глубины довольно близко подходятъ къ материку у береговъ сѣвернаго Чили и Перу, гдѣ изобата въ 5.000 м. близко слѣдуетъ очертанію береговъ, а между 30° ю. ш. и тропикомъ здѣсь протягивается самая глубокая впадина американской половины океана, имѣющая наибольшую глубину 7.640 м. (4.178 м. с.). У Мексики мѣстами изобата въ 4.000 м. (2.190 м. с.) подходитъ къ берегу часто на 50—60 к., т.-е. здѣсь уголъ паденія дна 4°—5°.

Далѣе къ сѣверу (съ 40° с. ш.) изобата въ 5.000 м. (2.740 м. с.) отходитъ далеко отъ берега и только у Аляски снова начинаетъ повторять береговую очертанію. Здѣсь вдоль гряды Алеутскихъ о-въ, еще въ 1874 г. при первыхъ промѣрахъ въ Тихомъ океанѣ на *Tuscarora*, были найдены большія глубины, впоследствии подтвержденныя послѣдующими работами; отъ конца полуострова Аляски до конца гряды Алеутскихъ о-въ съ юга протягивается узкая впадина съ глубинами отъ 6.000 до 7.000 м. (наиб. 7.380 м. — 4.035 м. с. на западѣ). Большія глубины (6.700 м.) близко подходятъ къ Камчаткѣ, и затѣмъ, начиная отъ ея оконечности вдоль всей гряды Курильскихъ и Японскихъ о-въ и до вулканической группы о-ва Беннѣ, расположена обширнѣйшая въ мірѣ по своему пространству впадина, часто называемая по имени корабля, на которомъ ее впервые открыли, впадиною *Tuscarora*. Все это пространство глубже 6.000 м. (3.280 м. с.), а по западному краю его, т.-е. очень близко отъ линіи острововъ, лежатъ еще болѣе глубокія мѣста, гдѣ дно опускается болѣе чѣмъ на 8.000 м. (4.370 м. с.). Курильская сѣверная впадина имѣетъ наибольшую глубину **8.510** м. (въ 330 кил. къ востоку отъ о-ва Урупъ), Японская южная — 8.490 м. (4.653 м. с. и 4.642 м. с.).

Вдоль Ліу-кіу-скихъ о-въ и Формозы протягивается другая впадина болѣе 7.000 м. (^{3.237 м. с.} 7.480 м.), а вдоль Филиппинскихъ о-въ тянется узкая и очень глубокая впадина болѣе 8.000 м. (4.370 м. с.), на кѣ которой найдена самая большая глубина въ мірѣ **9.788** м. (5.352 м. с.) всего въ 40 морскихъ миляхъ, т.-е. 74 кил., къ востоку отъ берега о-ва Минданао (найдена германскимъ гидрографическимъ судномъ *Plaket* въ 1912 г.).

Нѣсколько къ востоку отъ этого мѣста лежатъ небольшой архипелагъ Пелау, по сѣверо-восточную сторону котораго найдена впадина съ глубинами до 8.140 м. (4.450 м. с.), и наконецъ къ югу и востоку отъ Маріанскихъ о-въ расположена впадина, обладающая многими глубинами болѣе 8.000 м.,

при чемъ днѣ болѣе 9.000 м. (впадина найдена на суднѣ С. А. С. Ш. Неро въ 1899 г.), изъ нихъ наибольшая **9.640** м. (5.270 м.с.) въ 165 кил. отъ о-ва Гуама. На прилагаемой картѣ (фиг. 17) изображенъ рельефъ дна этого замѣчательнаго мѣста. Впадина протягивается дугою съ юго-восточной стороны вдоль южной оконечности Маріанскаго архипелага; общая длина дуги—750 кил. при ширинѣ около 60 к., считая въ предѣлахъ изобаты въ 7.000 м. (3.830 м.с.). Въ этихъ предѣлахъ площадь всей впадины получается въ 49.000 кв. кил., что соответствуетъ приблизительно площади о-въ Сициліи и Сардиніи вмѣстѣ. Ниже 9.000 м. лежитъ площадь дна, равная 2.500 кв. кил.



Фиг. 17. Впадина Неро у Маріанскихъ о-въ.

Въ южномъ полушаріи въ западной части океана тоже существуютъ значительная по своей длинѣ (300 кил.) и глубинамъ впадина, тѣсно прижатая къ о-ву Тонга, Кермадекъ и сѣверной оконечности Новой Зеландіи. Здѣсь расположенъ цѣлый рядъ глубинъ болѣе 8.000 м., у о-въ Тонга и о-въ Кермадекъ есть глубины болѣе 9.000 м., наибольшая у послѣднихъ **9.430** м. (5.155 м.с.). Уголъ паденія дна здѣсь отъ 4° до 7°. Между Новой Зеландіей и Австраліей пролегаетъ полоса глубинъ болѣе 5.000 м., которая къ югу отъ Австраліи непосредственно

соединяется съ такими же глубинами Индійскаго океана. За параллелью 60° ю. ш. глубины быстро убывают и держатся около 2.000—1.000 м.; повидимому, въ этой части Антарктической области малая глубина далеко отходить къ сѣверу отъ полярнаго материка.

Индійскій океанъ.—Почти половина его площади (35 милл. кв. в.) занята глубинами отъ 4.500 до 5.000 м. (2.460—2.730 м. с.), а именно вся экваторіальная часть океана отъ 10° с. ш. и до тропика Козерога имѣетъ такія глубины, кромѣ плато архипелаговъ: Мальдивскаго, Чагосъ, Сешельскихъ, Каргоуель и Маскаренскихъ, сосредоточившихся въ западной части океана; между Индіей и Мадагаскаромъ. Область большихъ глубинъ (болѣе 4.000 м.) на юго-западѣ далеко уходитъ къ антарктическимъ широтамъ, становясь при этомъ еще глубже (5.500—6.000 м.); на юго-востоки глубины отъ 4.500 до 5.500 м. распространяются широкимъ поясомъ вокругъ южнаго берега Австраліи и проходятъ въ Тихій океанъ между Новою Зеландіей и Антарктическимъ материкомъ (землей Викторіи). Въ южномъ полушаріи среди этой глубокой части Индійскаго океана выдѣляются два плато (отъ 2.000 до 4.000 м.), одно помельше у о-ва Принца Эдуарда и Крозетскихъ, другое — обширное, идущее отъ береговъ Антарктическаго материка по самой серединѣ океана къ о-ву Бергеленъ и Амстердамъ и далѣе до тропика Козерога.

Самая глубокая часть Индійскаго океана протягивается вдоль юго-западной окраины большихъ Зондскихъ острововъ. Начиная съ сѣверной оконечности о-ва Суматры, глубины въ 5.000 м. подходятъ къ самому берегу, а вдоль Явы пролетаетъ глубокая и узкая впадина, болѣе 6.000 м., съ наибольшею глубиною въ 7.000 м. (3.828 м. с.) (почти на 10° ю. ш. 108° в. д.) въ разстояніи 250 в. отъ берега Явы.

Наибольшія глубоководныя впадины океановъ.—При обзорѣ каждаго океана упоминались и глубоководныя впадины его дна, ниже даюъ сводъ всѣхъ болѣе замѣчательныхъ впадинъ съ указаніемъ точныхъ мѣстъ наибольшихъ глубинъ.

Океанъ.	Глубоководныя впадины.	Наибольшая глубина въ Метрахъ.	Широта.	Долгота.
Тихій	Филиппинскихъ о-въ	9.788	9°56' с.	126°50' в.
»	Маріанскихъ »	9.636	12°43' с.	145°49' в.
»	Гермадескихъ »	9.427	30°28' ю.	176°39' в.
»	Тога »	9.184	23°39' ю.	175° 4' в.

Океанъ.	Глубоководная впадина.		Наибольшая глубина въ Метрахъ.	Широта.	Долгота.
Тихій	Бугенвилль	о-въ	9.140	6°32' ш.	154° 1' в.
Тихій	Филиппинскихъ	»	8.900	12°23' с.	125°57' в.
Атлант.	Порторико	»	8.525	19°35' с.	67°51' з.
»	Курильскихъ	»	8.513	44°55' с.	152°26' в.
Тихій	Пеллау	»	8.138	7°50' ю.	135°10' в.
»	Берегъ Чили		7.635	25°42' ю.	71°32' з.
Атлант.	Около средн. подвѣтнѣ		7.370	0°11' ю.	18°15' з.
Индійск.	Ява о-въ		7.000	10° 2' ю.	108° 5' в.

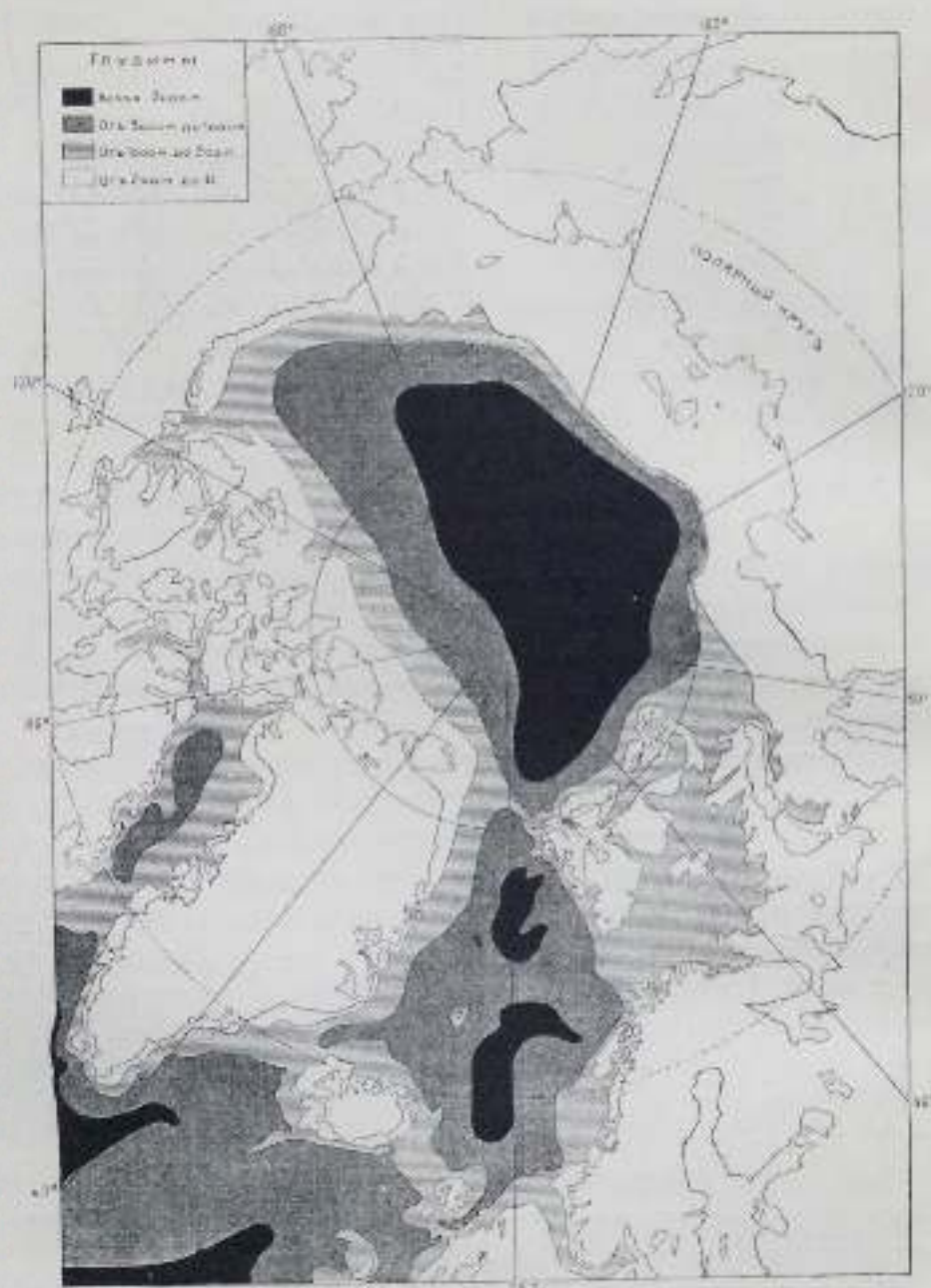
Кромѣ одной всѣ впадины болѣе 8.000 м. (4.375 м. с.) находятся въ Тихомъ океанѣ, гдѣ ихъ общее число доходитъ до восьми.

Рельефъ дна наиболее замѣчательныхъ морей.— Изъ всѣхъ морей земного шара на первое мѣсто надо поставить такъ называемый *Северный Ледовитый океанъ*, который, какъ уже было указано выше, не признается самостоятельнымъ океаномъ, а есть только *Арктическое* или *Северное Полярное* море. Оно замѣчательно не только своею величиною, но и во многихъ другихъ физико-географическихъ отношеніяхъ.

Главная черта рельефа Арктическаго моря, какъ это видно на картѣ (фиг. 18, стр. 40), есть полная уединенность его глубокой части отъ рядомъ лежащихъ большихъ глубинъ обоихъ океановъ Атлантическаго и Тихаго. Такимъ образомъ, замкнутость его очертаній по поверхности повторяется и въ подводномъ рельефѣ, являясь подтвержденіемъ его среднеземный характеръ. Выше уже было указано, что въ Дэнисовомъ проливѣ и между Гренландіей и Европою существуютъ подводные пороги, глубиною около 600 м. Отъ глубокой южной части Берингова моря въ Тихомъ океанѣ Арктическое море отдѣлено еще сильною переменною дна въ Беринговомъ проливѣ, гдѣ наибольшая глубина не превосходитъ 50 м.

Кромѣ того, Арктическое море обладаетъ еще одною характерною особенностью, а именно широкую и длинную полосу малыхъ глубинъ, расположенную вдоль берега Евразіи отъ Америки до Норвегіи.

Начиная отъ меридіана Шницбергена и далѣе на востокъ до Америки протягивается значительной ширины неглубокая прибрежная полоса, достигающая мѣстами вдоль береговъ Сибири до 800 в. ширины;



Фиг. 18. Рельеф для Арктического моря.

она, въ сущности, представляетъ подводное продолженіе материка Европы и Азии. На сѣверѣ она ограничивается областью большихъ глубинъ полярнаго бассейна. Баренново море (между Нов. Землею, Шпицбергеномъ и Европою) хотя и имѣетъ глубины до 400 м., но, по характеру рельефа его дна, оно составляетъ очевидное подводное продолженіе материка Европы. По другую сторону полюса, въ американскихъ водахъ, не существуетъ подобнаго обширнаго подводнаго продолженія американскаго материка.

Два глубокихъ бассейна Арктическаго моря лежатъ между Новымъ и Старымъ свѣтомъ. Главный изъ нихъ центральный, около полюса, пока обследованъ только по его окраинѣ между Ново-Сибирскими о-вами и Шпицбергеномъ экспедиціей Нансена, простиравшей рядъ глубинъ болѣе 3.000 м. (наб. 4.000 м. = 2.187 м. с., $81^{\circ}8'$ с. ш. $127^{\circ}32'$ в. д.). На дальнѣйшее распространеніе этого глубокаго бассейна вокругъ полюса указываетъ измѣреніе, произведенное Пири около самаго полюса, причемъ онъ на 2.750 м. не досталъ дна, и наконецъ промѣры Микельсона у береговъ Аляски, показавшіе, что большія глубины и тамъ лежатъ недалеко отъ материка. Этотъ приполярный бассейнъ по линіи Шпицбергенъ—Гренландія ограниченъ подводною грядою около 800 м. глубиною; послѣдняя еще не обследована до конца, до Гренландіи, но вертикальное распрежденіе температуръ къ сѣверу и югу отъ гряды подтверждаетъ ея существованіе.

Къ югу отъ этой гряды расположено между Шпицбергеномъ, Норвегіей и Гренландіей второй глубокой бассейнъ съ двумя впадинами—одною между Гренландіей и Шпицбергеномъ, а другою между Норвегіей и Исландіей; первая имѣетъ наибольшую глубину въ 4.850 м., а вторая—3.670 м. (2.650 и 2.000 м. с.).

По линіи Гренландія—Исландія—Фарѣрскіе о-ва—Шотландія протягивается порогъ около 600 м., отдѣляющій глубокія части бассейновъ Арктическаго и Атлантическаго.

Существуетъ еще третій, довольно глубокой, бассейнъ въ Арктическомъ морѣ—это Баффиново море, гдѣ пока найдены глубины отъ 1.000 до 2.000 м. Въ Дэвисовомъ проливѣ существуетъ порогъ менѣе 700 м., а на сѣверѣ Баффинова моря расположены малыя глубины моря Кэна (200 м.).

Моря Атлантическаго океана.—Моря Атлантическаго океана принадлежатъ главнымъ образомъ къ типу морей средиземныхъ.

Все моря, лежащая вдоль сѣверо-западной окраины Европы, находятся въ области малыхъ глубинъ (200—400 метр.).

Изъ морей Атлантическаго океана, лежащихъ въ предѣлахъ Арктической области, слѣдуетъ упомянуть о Бѣломъ и Барскомъ моряхъ.

Бѣлое море имѣетъ характеръ внутренняго, пространство между полуостровомъ Канинъ и Терскимъ берегомъ имѣетъ глубины менѣе 50 м. (27 м. с.). Къ югу, въ Горѣ Бѣлаго м., глубины отъ 50 до 100 м. (27—55 м. с.); такія же глубины продолжаются и далѣе на югъ до дельты Сѣв. Двины. Западная часть моря глубже, отъ 100 м. до 200 м. (55—109 м. с.), а сѣверо-западный уголъ моря, Бандалакская губа, имѣетъ глубины болѣе 200 м. Наибольшая 330 м. (180 м. с.), Онежскій заливъ мелкій, отъ 50 м. и меньше.

Барское море на большей части своего протяженія имѣетъ глубины отъ 100 м. и больше (55 м. с.). Эти глубины близко подходят къ Новой Землѣ, и на югѣ моря, около о-ва Вайгачъ и выхода изъ пр. Югорскій шаръ, есть небольшая область глубинъ болѣе 200 м. (109 м. с.) и даже одна глубина въ 700 м. (380 м. с.). Напротивъ, вдоль берега Ямала, идетъ широкая полоса глубинъ менѣе 50 м. (27 м. с.), которая огибается съ сѣвера о-въ Бѣлый и примыкаетъ къ западному берегу Таймырскаго полу-ва.

Ламаншъ и все пространство отъ Ирланди до устья Жироны имѣетъ глубины менѣе 200 м. (109 м. с.). *Па-де-Кале* имѣетъ наибольшую глубину всего въ 50 м. (27 м. с.); далѣе къ востоку лежитъ мелкое *Норманское* море, имѣющее по срединѣ обширную банку съ глубинами менѣе 40 м. (22 м. с.) и 20 м. (11 м. с.); вся южная окраина моря мелче 40 м. Единственное глубокое мѣсто въ Нѣмецкомъ морѣ протягивается узкимъ каналомъ вдоль окраины Норвегii съ глубинами въ 200—400 м., при чемъ въ *Скагерракъ* онѣ доходятъ до 600 м. и даже 800 м. (809 м. = 442 м. с.). На югъ эти глубины продолжаются каналомъ глубиною всего въ 50 м. (27 м. с.) и то только до середины *Кантелота*, еще далѣе на югъ глубины еще меньше. Въ Зундѣ и Бельтахъ глубины становятся менѣе 20 м. (10 м. с.) и въ Зундѣ доходятъ до 8 м. (4,4 м. с.), а въ Большомъ Бельтѣ наибольшая глубина—16,5 м. (9 м. с.).

Балтійское море къ югу отъ Датскихъ о-въ имѣетъ глубины между 20—50 м. (11—27 м. с.), къ востоку отъ о-ва Борнгольма оно глубже 50—100 м. (27—55 м. с.). Островъ Готландъ стоитъ на подводной воз-

высшей, далеко простирающейся на юг, а по обе стороны лежат впадины более 200 м. (109 м. с.), при чем по линии Стокгольм—Фарё находится наибольшая глубина всего моря 463 м. (253 м. с.), а между Фарё и Либавою—256 м. (140 м. с.). Финский залив имеет глубины от 50 м. до 100 м. (27—55 м. с.), постепенно уменьшающиеся къ востоку; Рижский залив имеет глубины от 20 до 50 м. (11—27 м. с.).

Между Аландскими о-ми и Швеціей есть впадина съ глубиною въ 294 м. (161 м. с.); къ сѣверу отъ Аландскихъ острововъ вдоль Ботническаго залива тянется впадина отъ 100 до 200 м. съ наибольшею глубиною въ 294 м. (161 м. с.) у береговъ Швеціи передъ входомъ въ Кваркенъ. Въ сѣверной части залива тоже есть глубины более 100 м.

Бискайскій заливъ есть самое глубокое море Европы. Здѣсь большія глубины въ 2.000 и 3.000 м. близко подходят къ Испаніи, наибольшая глубина 5.100 м. (2.790 м. с.) лежитъ въ 160 в. отъ берега.

Средиземное море отдѣлено въ Гибралтарскомъ проливѣ порогомъ въ 370 м. (200 м. с.) отъ прилегающихъ съ запада большихъ глубинъ океана. Все море образуетъ два глубокихъ и обособленныхъ бассейна, раздѣленныхъ полосой малыхъ глубинъ отъ Сициліи до Африки (наименьшая глубина на этомъ плоскомъ поднятіи два 325 м. — 177 м. с.). Западная часть образуетъ, въ свою очередь, два бассейна: Балеарское и Тирренское моря, раздѣленные къ югу отъ Сардиніи глубинами въ 1.000—2.000 м.; изъ этихъ двухъ морей Тирренское море глубже, оно имеетъ между Сардиніей и Италіей наибольшую глубину 3.640 (1.990 м. с.).

Восточная половина Средиземнаго моря и больше по пространству, и обладаетъ большими и среднею, и крайнею глубинами. Все пространство отъ меридіана Мессины до о-ва Кипра представляетъ область глубинъ въ 2.000 м. и болѣе. Между меридіаномъ Мессины, Греціей и Критомъ расположена область глубинъ болѣе 3.000 м. (1.640 м. с.), въ восточной ея части (Ионическое море) лежатъ наибольшія глубины. Тутъ имѣются двѣ впадины болѣе 4.000 м., изъ нихъ наиболѣе глубокая къ юго-западу отъ м. Матанана—4.400 м. (2.400 м. с.)

Адриатическое море только въ южной части имеетъ глубины болѣе 1.000 м. (550 м. с.), Отрантскій проливъ—740 м., сѣверная часть моря мелка, менѣе 100 м.

Архипелагъ на югѣ у самаго Крита имеетъ глубины болѣе 2.000 м. (2.250 м. — 1.230 м. с.), затѣмъ къ сѣверу глубины становятся меньше, а въ самой сѣверной части они доходятъ до 1.250 м.

Дарданеллы имѣютъ глубины въ 50—70 м. (27—38 м.с.), а за ними лежитъ узкая и глубокая впадина *Мраморнаго моря* съ наибольшею глубиною въ 1.400 м. (765 м.с.). *Босфоръ* на южномъ концѣ имѣетъ 46 м. глубины (25 м.с.), на сѣверномъ—70 м. (38 м.с.), а въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ—100 м. (55 м.с.).

Черное море представляетъ правильнаго вида глубокой бассейнъ съ крутымъ склономъ между изобатами 200 и 1.000 м., а начиная отъ 2.000 м., оно обладаетъ ровнымъ и почти плоскимъ дномъ. Наибольшая глубина къ югу отъ Крыма лежитъ почти по серединѣ моря—2.240 м. (1.220 м.с.). Часть моря къ сѣверу отъ линіи Севастополь—Варна менѣе 200 м. *Азовское море* представляетъ рѣдкій примѣръ большого воднаго пространства столь малой глубины, наибольшая 14,5 м. (8 м.с.).

Моря американскаго побережья въ Атлантическомъ океанѣ немногочисленны, ихъ всего три.

Гудзоновъ заливъ, отличающійся очень небольшими глубинами, отъ 200 до 100 м.

Американскія средиземныя моря, состоящія изъ *Мексиканскаго залива* и *Карибскаго моря*, напротивъ того, очень глубоки и въ то же время отдѣлены отъ лежащихъ рядомъ глубокихъ впадинъ Атлантическаго океана грядою, протягивающеюся отъ Флориды вдоль линіи Большихъ и Малыхъ Антильскихъ о-въ, съ глубинами нигдѣ не превосходящими 1.700 м. (930 м.с.). Внутри замкнутого такимъ образомъ пространства на сѣверѣ лежитъ бассейнъ Мексиканскаго залива съ глубинами въ 3.000—4.000 м., наибольшая 3.875 м. (2.120 м.с.) почти посреди залива. Въ Флоридскомъ проливѣ глубины не превосходятъ 1.000 м. (547 м.с.), а въ Юкатанскомъ проливѣ только узкій каналъ имѣетъ глубины до 2.000 м.

Въ *Карибскомъ морѣ*, самомъ глубокомъ морѣ Атлантическаго океана, существуютъ два отдѣльныхъ глубокихъ бассейна, одинъ западный, между Юкатаномъ, Кубою и Ямайкой, это наиболѣе глубокой, онъ весь глубже 4.000 м. (2.190 м.с.); между островомъ Большой Кайманъ и Ямайкою протягивается въ широтномъ направленіи глубокая впадина съ наибольшею глубиною въ 6.270 м. (3.430 м.с.). Эта впадина вытянута совершенно параллельно глубочайшей впадинѣ Атлантическаго океана, расположенной къ востоку отъ о-ва Пуэрто-Рико, и какъ бы образуетъ ея продолженіе къ западу вдоль той же параллели 20° ю. ш. Восточный бассейнъ Карибскаго м., отдѣленный отъ западнаго

перемычкой малых глубинъ, соединяющихъ центральную Америку съ Ямайкою и Гаити, лежитъ между Антильскими островами и Южною Америкою, онъ больше перваго и имѣетъ ровное дно съ глубинами въ 4.000 — 5.000 м. Наибольшая — 5.200 м. (2.840 м.с.) около берега Южной Америки (къ сѣверу отъ такъ называемыхъ Подвѣтренныхъ о-въ).

Моря Тихаго океана.— Моря Тихаго океана, кромѣ Зондскаго, принадлежать къ окраиннымъ морямъ.

Австрало-азиатское внутреннее море (Зондское) лежитъ между Индо-Китаемъ, Австраліею и гиздами острововъ Зондскаго архипелага на западѣ и сѣверѣ его. Оно раздѣлено островами и соответственнымъ рельефомъ дна на рядъ обособленныхъ другъ отъ друга бассейновъ, а именно моря: Китайское, Ява, Банда, Целебесъ, Сулу и другія.

Китайское море въ южной части мелко, менѣе 200 м., а въ сѣверной доходитъ до 3.000 и 4.000 м.; наибольшая глубина 4.965 м. (2.715 м.с.) около о-ва Миндоро (Филиппинскіе).

Далѣе къ югу между о-ми Палаванъ, Филиппинскими, Борнею и Сулу расположено море *Сулу*, образующее котлообразную впадину, отдѣленную кругомъ порогомъ около 730 м. (400 м.с.). Наибольшая глубина 4.660 м. (2.550 м.с.) въ 60 вкл. отъ о-ва Минзанао.

Море *Целебесъ* расположено между о-ми Сулу, Борнео, Целебесомъ и Филиппинскими о-ми. Оно тоже образовано котлообразною впадиною, окруженною порогомъ въ 1.500 м. (820 м.с.). Наибольшая глубина 5.110 м. (2.799 м.с.) лежитъ въ восточной части моря.

Море *Ява*, между Борнео, Суматрою и Явою, мелкое, около 50—60 м. (около 30 м.с.).

Море *Банда* лежитъ между о-ми Целебесъ, Тиморъ и Молукскими. оно отличается большими глубинами, отдѣленными отъ впадинъ соседнихъ морей порогами въ 1.600 м. (875 м.с.). Наибольшая глубина 6.500 м. (3.555 м.с.) лежитъ къ югу отъ о-ва Серамъ на самой восточной окраинѣ моря.

Желтое море отличается небольшими глубинами, большею частью менѣе 100 м., оно въ сущности есть подводное продолженіе материка Азіи.

Японское море, напротивъ, глубокое, около 3.000 м., наибольшая глубина 3.260 м. (1.870 м.с.) близко отъ берега материка въ юго-западномъ углу моря. Большія глубины Японскаго моря и на югѣ въ Цусимскомъ пр. и во всѣхъ проливахъ на сѣверѣ отдѣлены полосой глубинъ менѣе 200 м. отъ очень большихъ глубинъ Тихаго океана, ле-

жающих по другую сторону Японских о-въ, а также и отъ большихъ глубинъ Охотскаго моря. Вслѣдствіе такого рельефа, глубокая впадина Японскаго м. въ физико-географическомъ смыслѣ, повидимому, получаетъ характеръ внутреннего моря.

Охотское море въ сѣверной части мелко, не болѣе 1.000 м., но мѣръ же приближенія къ Курильскимъ о-въ оно становится глубже, и вдоль о-въ протягивается область глубинъ болѣе 3.000 м. (1.640 м. с.). Къ сѣверу отъ Курильскихъ о-въ 3.300—3.400 м. (1.800—1.860 м. с.).

Берингово море въ сѣверной и сѣверо-западной части мелкое, меньше 200 м., а часть его, примыкающая къ Камчаткѣ и Алеутскимъ о-въ, очень глубока; наибольшая глубина 4.270 м. (2.305 м. с.) около береговъ западныхъ Алеутскихъ о-въ.

Калифорнское море мелко на сѣверѣ и глубже на югѣ, гдѣ наибольшая глубина 2.270 м. (1.240 м. с.).

Моря Индійскаго океана.—Моря Индійскаго океана немногочисленны; ихъ всего три: Красное и Персидскій заливъ—средиземнаго типа, а Андаманское—океаническое.

Красное море отличается для своего размѣра большою глубиною отъ 1.000 до 2.000 м., наибольшая глубина 2.370 м. (1.370 м. с.) лежитъ въ средней его части. Перямскій проливъ меньше 200 м. (109 м. с.).

Персидскій заливъ—совершенно мелкое море, похожее на Азовское; наибольшая глубина 90 м. (50 м. с.) въ южной его части.

Андаманское море лежитъ между Андаманскими и Никобарскими о-ми и Индо-Китаемъ. Вдоль берега материка глубины меньше 200 м., а рядомъ съ Никобарскими и Андаманскими о-ми протягивается съ сѣвера на югъ впадина съ наибольшею глубиною въ 4.180 м. (2.290 м. с.).

Главные характерныя черты рельефа океаническаго ложа.—Вышенназванное описаніе рельефа дна Мирового океана даетъ общую картину, изъ которой нетрудно выдѣлить слѣдующія характерныя черты рельефа океаническаго ложа.

На картѣ глубинъ (фиг. 16) прежде всего обращаетъ вниманіе бѣлая полоска глубинъ отъ 0 до 200 метровъ (0—100 м. с.), неизмѣнно окружающая каждый участокъ суши. Осмотрѣвъ окранныя всѣхъ континентовъ, станетъ видно, что она обгибаетъ ихъ непрерывною полоскою, какъ бы образуя подводное ихъ продолженіе, связывающее между собою всѣ материка въ одно цѣлое, имѣющее одно общее основаніе. Мѣстами эта полоса узка, мѣстами очень широка, всего шире вдоль сѣверныхъ

береговъ Европы и Азии. Эта полоса глубинъ въ 0—200 м. есть дѣйствительное подводное продолженіе материковъ, почему оно и называется *материковою отмелью*. Край ея образуетъ настоящую окранныю материковъ, современное береговое очертаніе конхъ есть только случайное обстоятельство, соответствующее нашему времени, легко замѣняющееся подъ вліяніемъ различныхъ причинъ, изъ которыхъ нѣкоторыя указаны въ главіи объ урочищѣ океановъ (поднятіе и опусканіе материковъ).

Слѣдующая за материковою отмелью часть океаническаго ложа, опускающаяся болѣе круто и лежащая между изобатами 200—2.000 м. (100—1.000 м. с.), есть уже дѣйствительный склонъ материковъ къ ложу океановъ, почему онъ и называется *материковымъ склономъ*. Эта часть дна океановъ по большей части не широка, и во многихъ мѣстахъ къ ней такъ близко подходитъ изобата 3.000 м. (1.640 м. с.), что въ этихъ случаяхъ ступень между 2.000 и 3.000 м. можно также считать продолженіемъ материкового склона.

Ниже начинается самое *ложе* мірового океана, занимающее обширное пространство (около 80% всей поверхности Мірового океана), среди котораго выдѣляются очень небольшія по пространству области наибольшихъ пониженій—*глубоководныя впадины* океаническаго ложа, лежація ниже 6.000-метровой ступени глубинъ (3.300 м. с.), на картѣ (фиг. 16, стр. 34—35) онѣ обозначены черными пятнами. Въ совокупности эти впадины занимаютъ очень небольшое пространство (всего 1,5% всей поверхности Мірового океана).

Всѣ три указанные элемента океаническаго ложа охватываютъ слѣдующее пространство по дну океана, а именно:

Материковая отмель	отъ	0 до	200 м.	8,4%
Материковый склонъ	»	200 »	2.000 »	9,3%
Ложе Мірового океана	»	2.000 »	16.000 »	80,8%
Глубоководныя впадины	»	6.000 »	10.000 »	1,5%

Отсюда еще разъ наглядно видно, какое большое значеніе имѣетъ океаническое ложе, какъ элементъ рельефа всей земной коры.

Общіе выводы относительно рельефа дна Мірового океана.

Выше уже было отмѣчено, что материковая отмель образуетъ подводное продолженіе материковъ, оканчивающихся на ея вѣншей окравинѣ, лежащей около 200 м. изобаты (иногда немногу глубже).

Материковая отмель отличается самыми незначительными уклонами, она почти горизонтальна. Слѣдующій за нею материковый склонъ

Фиг. 19. Угловъ наклона въ Тихомъ ок. въ восточн. вост. Гуамъ къ восточн. въ восточн. вост. вост.



имѣть большіе уклоны, однако обычно около 4° — 5° — 7° , иногда доходящіе до 13° (материковый склонъ Ирландіи и Франціи), большіе уклоны (20° — 40°) встрѣчаются только у береговъ вулканическихъ и коралловыхъ острововъ, а у береговъ материковъ пока найдены только въ Бискайскомъ заливѣ, гдѣ между нѣкоторыми изобатами имѣются уклоны, доходящіе до 21° — 41° . Если въ тѣхъ же самыхъ мѣстахъ материковаго склона опредѣлить общій уклонъ, то онъ окажется не выходящимъ изъ обыкновенныхъ предѣловъ (3° — 7°).

Для того, чтобы дать ясное представленіе о малости величинъ общаго уклона отъ береговъ къ ложу океановъ, здѣсь данъ (фиг. 19) профиль по линіи перпендикулярной берегу о-ва Гуамъ (Маріанскіе о-ва) до мѣста большой глубины (9.635 м.) и далѣе (см. фиг. 17). Вертикальный и горизонтальный масштабы одинаковы, и слѣдовательно чертежъ дастъ правильное представленіе объ уклонѣ дна въ этомъ мѣстѣ (см. фиг. 19). Если опредѣлить средній уклонъ дна отъ берега о-ва Гуамъ къ мѣсту наибольшей глубины, то получится уголъ уклона, равный только $3^{\circ}25'$. На протяженіи всего пониженія дна, какъ это видно на профилѣ (фиг. 19), уголъ уклона немного мѣняется; сперва между изобатами въ 1.000 м. и въ 5.000 м. уголъ уклона $2^{\circ}30'$, затѣмъ между изобатами 6.000—8.000 м. онъ дѣлается круче и доходитъ до $9^{\circ}30'$. По другую сторону впадины дно подымается подъ угломъ отъ $4^{\circ}30'$ до $7^{\circ}30'$ до ложа Тихаго океана (6.000 м.), далѣе же идетъ съ чрезвычайно малымъ уклономъ.

Если сдѣлать такое же вычисленіе для наибольшей известной глубины (9.788 м. въ 74 кил. отъ берега о-ва Минданао), то получимъ средній уклонъ, равный $7^{\circ}31'$.

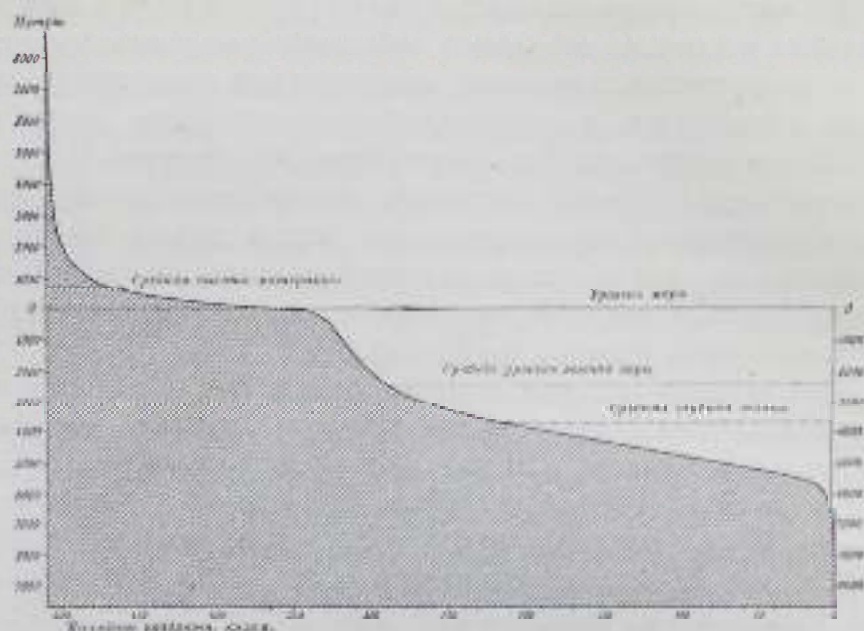
Ложе океановъ отличается самыми незначительными уклонами въ предѣлахъ отъ $0^{\circ}20'$ до $0^{\circ}40'$ (очень рѣдко до 1°); предѣльный же уклонъ поверхности, замѣчаемый человѣческимъ глазомъ, около $0^{\circ}17'$. Такимъ образомъ, ложе океановъ почти совершенно совпадаетъ съ горизонтальною поверхностью.

На картѣ глубинъ ясно видно, что глубоководныя впадины почти безъ исключенія всѣ лежатъ поблизости материковыхъ склоновъ, т.-е. непосредственно около самихъ материковъ или архипелаговъ, вплотную къ континентамъ, а не посреди океановъ. Такое расположеніе областей наибольшихъ глубинъ показываетъ, что происхожденіе ихъ обусловлено очень древними причинами, относящимися къ тому періоду, когда образовывались первыя неровности земной коры и обособлялись материковыя массы и области опусканій океановъ, на границѣ между которыми, какъ въ наименѣ прочныхъ частяхъ, и образовались наиболѣ пониженныя части складокъ земной коры.

Если сравнить отдѣльно наиболѣ пониженныя и наиболѣ повышенныя части земной коры, то онѣ почти что одинаково удалены отъ среднего уровня океана. Дѣйствительно, вершина горы Эверестъ въ Гималаяхъ имѣетъ 8.840 м., а наибольшая глубина у Филиппинскихъ о-въ — 9.790 м., разстояніе между ними, считая по радіусу, будетъ 18.630 м. или 19 пил., что составляетъ около 1:335 доли земного радіуса. Отсюда видно, насколько незначительны неровности земной коры сравнительно съ размѣрами земного шара.

При первомъ взглядѣ на океаническія глубины невольно кажется, что дно океановъ должно представлять собою глубокую впадину, изогнутую внутри земной поверхности. Однако, вслѣдствіе громадности земного радіуса сравнительно даже съ наибольшими пониженіями земной коры, подобное представленіе оказывается неварно. Океаническое ложе негдѣ, даже въ самыхъ глубокихъ своихъ пониженіяхъ, всегда остается *выпуклымъ*.

Всѣ вышеприведенныя замѣчанія относительно рельефа дна Мирового океана основаны на изученіи ряда частныхъ случаевъ, изъ совокупности которыхъ и вытекають одѣльные выводы. Однако можно поступить еще иначе, а именно на основаніи картъ, изображающихъ рельефъ земной коры, какъ на сушѣ, такъ и ниже уровня моря, изогнутыми и изобатами, составить среднюю профильную неровностей земной коры и уже на основаніи ея сдѣлать соответствующіе выводы. Для выполненія такой задачи по оси ординатъ откладываемъ метры высоты суши и глубины океановъ отъ его уровня, а по оси абсциссъ — въ виде квадратахъ килом. площади, вымѣренныхъ этими высотами и глубинами. Прикинувъ всю земную поверхность равною 510,000,000 кв. кил., на чертѣ (фиг. 20) отложено въ произвольномъ мѣстѣбѣ линія, равная 510 мил. на п., затѣмъ по картѣ сиредѣлены площади, занимаемыя ступенями высоты и глубины отъ 0 до 1,000 м. высотамъ, отъ 1,000 до 2,000 м. и т. д., также и для глубинъ. Изъ точекъ сиредѣлены, соответствующихъ той площади въ кв. кил., какую занимаетъ ступенья высоты, выставляютъ ординаты и на нихъ откладываютъ высоты или глубины данной ступени. Затѣмъ, черезъ концы ординатъ проводятъ связную кривую (такъ наз. гипсометрическую), она и даетъ среднюю профиль земной коры. Какъ



Фиг. 20. Географическая кривая—средний профиль земной коры.

видно на чертеж (фиг. 20), средний рельеф суши в верхней его части представлять очень круто падающую вогнутую кривую, показывающую, что верхние области земного рельефа непрерывно разрушаются и сползают вниз, где они и отлагаются, образуя пологую часть кривой подводного рельефа. Выше 5.000 м. лежит всего 0,3% всей земной поверхности; выше 2.000 м.—2%, тогда как области высоты от 1.000 м. до 0 м. занимают около 22% поверхности земли (около 4:5 всей суши), т. е. на суше преобладают малые высоты^{*}). В той же части рельефа земной коры, которая составляет дно океана, получается совершенно иная картина. Прежде всего на чертеж видно, что поверхности материков продолжались ниже уровня океана до начала выпуклого погиба кривой, обозначающего окончание материковой отмели и начало материкового склона. Последний отличается пологим скатом и ниже 2.000 м. начинает переходить в ложе океана, представляющее весьма пологую, почти прямую линию до области больших глубин ниже 6.000 м. В этом месте линия рельефа земной поры круто поворачивается вниз, тем самым указывая, что области больших глубин в океанах суть результаты опускания земной коры.

Область океанического ложа, считая ее от 2.000 м. до 6.000 м., занимает 37,6% всей поверхности земного шара, область глубоководных шхер более 6.000 м. занимает всего около 1,5% поверхности земли. Отсюда видно, что в океане преобладают большие глубины (59%), т. е. совершенно противоположность суши, где малые высоты являются главною миссю.

Проведенная на чертеж (фиг. 20) тонкая пунктирная линия есть *средний уровень земной коры*, объяснение его дано сейчас же далее.

^{*} Отсюда-то и можно, да и следует приводить из метеорологии для составления карт изотерм и изобарь всей земли—температуры и давления к уровню океана.

Путемъ такихъ вычисленій была опредѣлена средняя высота всѣхъ материковъ и средняя глубина Мирового океана; онѣ оказываются слѣдующими:

Средняя высота материковъ—700 (383 м. с.) *).

Средняя глубина Мирового океана—3.700 м. (2.020 м. с.).

Такимъ образомъ, средняя глубина океана въ 5,3 раза больше средней высоты суши—700 м. (383 м. с.), что показываетъ на преобладаніе водной массы океановъ надъ массою суши, лежащей выше средняго уровня. Такое преобладаніе еще лучше видно, если объемъ воды Мирового океана сравнить съ объемомъ части суши, лежащей выше уровня океана; оказывается, что объемъ воды будетъ въ 12,7 разъ больше. Если бы распредѣлить всю сушу, лежащую выше и ниже уровня океана по земному шару такимъ образомъ, чтобы получилось правильное геометрическое тѣло безъ всякихъ неровностей (средній уровень земной коры, см. фиг. 20), то воды Мирового океана покрыли бы весь земной шаръ слоемъ въ 2.400 м. (1.300 м. с.) и не осталось бы ни одного даже самаго малаго острова.

Подобное преобладаніе водной массы на поверхности земного шара имѣетъ большое значеніе для его климата, а слѣдовательно и вообще для жизни на немъ во всѣхъ отношеніяхъ.

Среднія глубины и объемы для трехъ океановъ слѣдующіи:

	Средняя глубина въ метр.	Объемъ въ куб. км.
Атлантическій океанъ . . .	3.860	314,8 милліоновъ.
Индійскій " . . .	3.930	288,5 " "
Тихій " . . .	4.100	678,8 " "

т.-е. Тихій океанъ оказывается во всѣхъ отношеніяхъ первымъ и по поверхности (см. стр. 10), и по средней глубинѣ, и по отдѣльнымъ глубинамъ, и по объему.

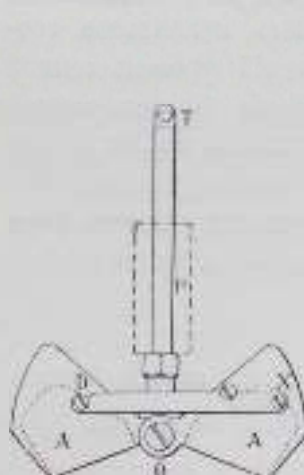
*) Это опредѣленіе сдѣлано Г. Байеромъ въ 1895 г., когда неизвѣстенъ былъ еще характеръ рельефа Антарктическаго материка, оказавшагося очень высокимъ (около половины земли на высотѣ около 3.000 м.). Если принять это во вниманіе, то средняя высота суши будетъ нѣсколько больше, около 900 м.

ГЛАВА IV.

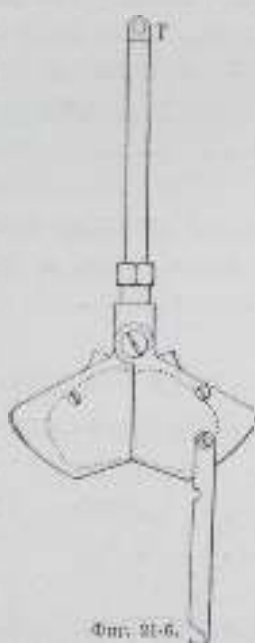
Грунтъ дна океановъ и морей.

Приборы для доставанія грунта дна. — Историческая записка объ изученіи отложеній на днѣ океановъ. — Характеръ грунтовъ дна океановъ по Мёррею и Ренару. — Географическое распрежденіе грунтовъ по дну океановъ и морей. — Соотношеніе между отложеніями на днѣ океановъ и осадочными породами твердой земной коры. — Относительная древность океаническихъ впадинъ.

Приборы для доставанія грунта дна. — Первымъ приборомъ для доставанія грунта дна былъ обыкновенный лотъ, въ углубленіе котораго на нижнемъ его концѣ вставляли кусокъ сала и такимъ образомъ получали приставшія къ нему частицы грунта дна. Затѣмъ стали употреблять



Фиг. 21-а. Храпъ Ломе.



Фиг. 21-б.

разнаго рода храпы, достававшіе большее количество грунта. Подобные храпы и теперь употребляются для илистыхъ или песчаныхъ грунтовъ на небольшихъ глубинахъ. На чертежѣ (фиг. 21-а) изображенъ храпъ Ломе, онъ состоитъ изъ двухъ тяжелыхъ мѣдныхъ полыхъ чашекъ А, укрѣпленныхъ на оси О, находящейся на концѣ стержня Т, подвижнаго къ линіи. На стержень можно надѣть цилиндрическій грузъ Р для увеличенія тяжести. Чашки

удерживаются открытыми помощью шеколды D—X, которая при ударѣ о дно сама отбѣгаетъ, и чашки закрываются, какъ это видно на правомъ чертежѣ (фиг. 21-б).

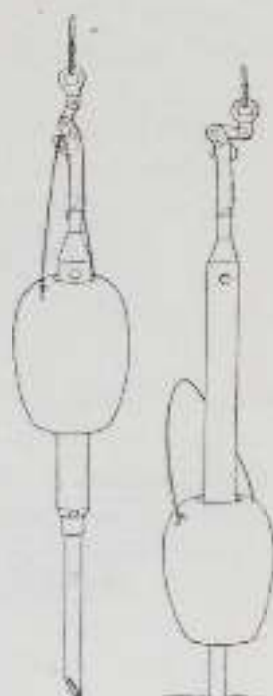
Для полученія глубоководныхъ образчиковъ грунта въ настоящее время употребляются при лотахъ особыя трубки, навинчиваемыя на нижній конецъ трубки лота. Тогда при ударѣ лота о дно нижняя трубка

вѣзается въ него и приносятъ столбикъ грунта иногда до 0,5 метра длиною, на которыхъ видно, какъ происходило послѣдовательно отложение грунта. На чертежѣ (фиг. 22) изображенъ лотъ съ трубкою для грунта, налѣво въ томъ видѣ, какъ онъ идетъ ко дну, а направо — въ моментъ удара о дно.

Для полученія большихъ количествъ грунта, а также и животныхъ съ поверхности дна пользуются *драгою*. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 23), драга состоитъ изъ металлической рамы, къ которой подвѣшенъ парусинный мѣшокъ. Драга, сама тяжелая, еще загружается по мѣрѣ надобности, а снизу къ ней подвѣшиваютъ обыкновенныя швабры, въ нитки которыхъ легко запутываются мелкія животныя и приходятъ съ ними на поверхность не взятыми массою грунта, забранною мѣшкомъ. Драга опускается на стальномъ проволоочномъ тросѣ, который при диаметрѣ въ 14 мм. выдерживаетъ

на разрывъ 7.000 килогр., и 1.000 м. его вѣсить около 500 кил. Способъ пользованія драгою въ морѣ изображенъ на чертежѣ (фиг. 24); обыкновенно вытравливаютъ отъ 1,5 до 2 и болѣе длинъ перлины противъ глубины въ данномъ мѣстѣ, и, пока драга не легла на дно, машины застопорены и судно стоитъ на мѣстѣ; когда же, по расчету времени паденія драги, она дошла до дна, то даютъ малый ходъ, которымъ и проходятъ железное разстояніе; потомъ лебедкою драгу поднимаютъ.

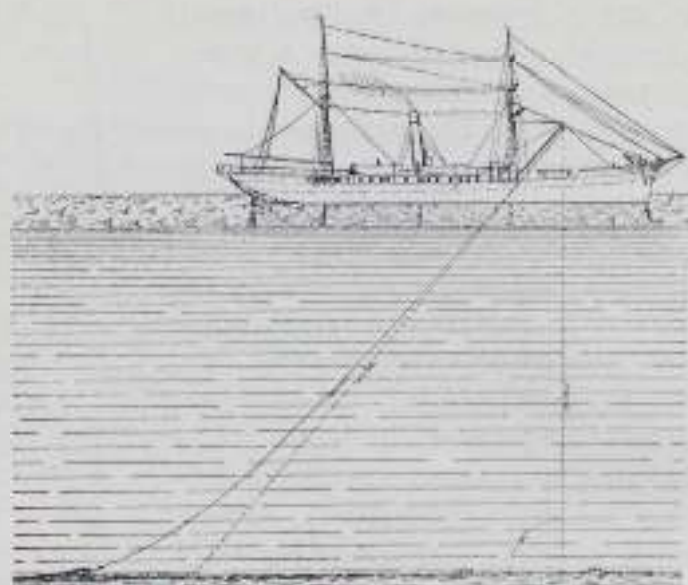
Драга можетъ служить еще и для другихъ цѣлей: на ней можно стоять въ тихую погоду въ океанѣ, какъ на якорѣ, на очень большихъ глубинахъ (удалось становиться на 6.000 м. = 3.300 м.с.), и тогда по перлину драги можно спускать приборы для опредѣленія скорости и направленія подводныхъ теченій, а также наблюдать и поверхностныя теченія. Такой



Фиг. 22. Глубоководный лотъ въ моментъ достиганія дна.



Фиг. 23. Драга.



Фиг. 24. Драгирующее судно.

пріемъ употреблялся американцами при изученіи Гольфстрима у береговъ Соединенныхъ Штатовъ и принцемъ Мопакемъ въ Атлантическомъ ок.

Историческая замѣтка объ изученіи отложеній на днѣ океановъ.—До начала океанографическихъ изслѣдованій (1860-хъ годовъ) образцы грунта дна имѣлись только съ малыхъ глубинъ. Только съ изобрѣтеніемъ лота Брука (1856 г.) стало возможно получать образцы съ большихъ глубинъ, и тогда же лотъ Брука, примѣненный къ промѣру линій для перваго телеграфнаго кабеля между Англіей и Америкой, принесъ первые образцы грунта дна океана съ глубинъ до 3.500 м. (2.000 м. с.). Несмотря на малую величину образчиковъ, въ нихъ могли опредѣлить скопленія скорлупокъ разныхъ, почти микроскопическихъ животныхъ, относительно которыхъ одни думали, что они живутъ на днѣ, а другіе—что на поверхности, предполагая, что только по отмирانіи ихъ остатки падаютъ на дно. Второе предположеніе оказалось впоследствии вѣрнымъ.

Изученіе характера и географическаго распространенія грунтовъ дна океановъ стало возможнымъ только послѣ экспедиціи *Challenger'a*, собравшей образцы съ 354 своихъ станцій въ разныхъ частяхъ океановъ. Присоединивъ къ этому другіе матеріалы, оказалось возможнымъ

выяснить характеръ грунтовъ и ихъ географическое распредѣленіе. Эту работу выполнили сэръ Дж. Мёррей и Ренаръ, а послѣдующія изслѣдованія только дополняли труды первыхъ авторовъ.

Характеръ грунтовъ дна оксановъ по Мёррею и Ренару.—

Изученіе образцовъ грунтовъ дна, микроскопическое и химическое, привело къ выводу, что по своему составу грунты раздѣляются на: *неорганическіе* и *органическіе*, въ первыхъ находится около 80—90% обломковъ разныхъ горныхъ породъ, составляющихъ земную кору; а во вторыхъ около 70—80% и болѣе остатковъ разныхъ мельчайшихъ организмовъ, живущихъ въ морской водѣ.

Неорганическія отложенія есть результатъ накопленія отложеній продуктовъ разрушенія береговъ континентовъ и острововъ: разрушеніе горныхъ породъ, образующихъ берега, происходитъ отъ разныхъ причинъ, напримѣръ, вслѣдствіе суточныхъ и годовыхъ колебаній температуры, дѣятельности стекающихъ водъ, разрушенія береговъ прибоемъ и разноса всего этого матеріала разрушенія вдоль береговой полосы приливо-отливными и мѣстными теченіями. При этомъ болѣе крупный матеріалъ отлагается у самаго берега, а далѣе въ море относятся все болѣе и болѣе мелкія частицы, и потому съ удаленіемъ отъ берега грунтъ дна состоитъ сперва изъ гальки, потомъ идетъ крупный песокъ, потомъ болѣе мелкій песокъ, постепенно переходящій въ илъ все болѣе и болѣе тонкаго состава, и наконецъ на нѣкоторомъ разстояніи отложеніе матеріаловъ разрушенія береговъ и выносовъ большихъ рѣкъ прекращается вовсе, если не имѣется какихъ-либо особыхъ условій, способствующихъ переносу этихъ отложеній на большія разстоянія отъ береговъ.

Составъ неорганическихъ отложеній въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ состава тѣхъ горныхъ породъ, изъ которыхъ сложенъ берега; чѣмъ далѣе отъ берега, тѣмъ неорганическія отложенія однообразнѣе по составу. Въ нихъ, конечно, встрѣчаются и органическіе остатки животныхъ, какъ существовавшихъ на поверхности дна, такъ и въ толщѣ водъ до поверхности океана; но эти органическіе остатки встрѣчаются въ небольшихъ количествахъ и не характеризуютъ состава грунта.

Органическія отложенія, напротивъ, составлены главнымъ образомъ изъ скопленій остатковъ мельчайшихъ организмовъ, главнымъ образомъ живущихъ на поверхности и въ приповерхностныхъ слояхъ океановъ, гдѣ они образуютъ такъ называемый «планктонъ», составленный какъ

изъ животныхъ, такъ и изъ мельчайшихъ водорослей. Планктонъ служитъ пищею другимъ животнымъ, а умирая, онъ даетъ остатки, состоящіе изъ раковинокъ, скелетиковъ, панцирей и покрововъ, главнымъ образомъ или известкового, или кремнистаго состава. Падаѣ медленно на дно океановъ въ видѣ постоянно идущаго дождя, эти остатки на днѣ образуютъ отложения, къ которымъ примѣшиваются и неорганическія частицы, попадающіяся на днѣ, какъ результатъ паденія пыли съ континентовъ, занесенной вѣтрами на поверхность океановъ, часто очень далеко отъ береговъ, или какъ продукты изверженій надводныхъ и подводныхъ вулкановъ и наконецъ частицы космической пыли. Всѣ эти матеріалы перерабатываются до нѣкоторой степени морскою водою и даютъ отложения разнаго характера, въ которыхъ органическіе остатки являются преобладающими.

Смотря по тому, какаго рода органическіе остатки преобладаютъ въ грунтѣ, послѣдній получаетъ свое названіе отъ организмовъ, доставившихъ этотъ преобладающій матеріалъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на днѣ океановъ преобладаютъ известковыя отложения, обусловленныя скопленіями остатковъ планктона, гдѣ преобладали животныя изъ рода фораминиферы, а такъ какъ среди нихъ особенно много встрѣчается разнаго рода глобинеринидъ, то и илъ называется *глобинериновымъ*.

Въ другихъ мѣстахъ встрѣчаются скопленія остатковъ кремнистыхъ организмовъ. Если эти остатки происходятъ отъ мельчайшихъ и микроскопическихъ животныхъ радиолярій, то илъ называется *радиоляріевымъ*.

Если же отложения образованы главнымъ образомъ скопленіемъ остатковъ скелетиковъ діатомовыхъ водорослей, то и илъ называется *діатомовымъ*.

Кромѣ указанныхъ выше отложений, на большихъ глубинахъ океановъ встрѣчается еще одинъ родъ грунта, очень характерный, который впервые былъ поднятъ на *Challenger*'нъ съ глубинъ болѣе 5.700 м. (3.150 м. с.), когда онъ въ 1873 г. пересѣкалъ Атлантическій океанъ отъ Канарскихъ въ Антильскіе о-ва.

Грунтъ оказался состоящимъ изъ очень тонкаго ила темно-шоколаднаго цвѣта, имѣвшаго по виду полное сходство съ глиною. Въ сухомъ видѣ образецъ грунта давалъ очень тонкій порошокъ, спрессовывавшійся въ очень плотную массу безъ всякаго присутствія даже слѣдовъ какаго-либо органическаго вещества. Въ нѣкоторыхъ образцахъ пона-

дались изрѣдка наиболѣе твердыя косточки скелетовъ морскихъ животныхъ, наир., зубы акулъ, даже очень древнихъ періодовъ существованія земли, или слуховыя косточки китовъ, кусочки вулканическаго стекла, камни и разныя другія, очевидно, извнѣ занесенныя и потомъ упавшія на дно частицы. Среди этого ила совершенно отсутствуютъ остатки известковыхъ организмовъ, столь обильныхъ на поверхности океановъ въ предѣлахъ умеренныхъ и тропической полосъ, и только изрѣдка встрѣчается въ нѣкоторыхъ мѣстахъ небольшое количество остатковъ кремнистыхъ организмовъ.

Мёррей далъ этому грунту названіе—*красная глина*, сохранившееся за нимъ навсегда. Въ разныхъ частяхъ океановъ цвѣтъ его немного мѣняется отъ свѣтло-шоколаднаго до темнаго въ зависимости отъ примѣса марганца или перекиси желѣза.

Происхожденіе красной глины и до сихъ поръ не выяснено. Мёррей предполагаетъ, что красная глина есть результатъ разложенія разныхъ продуктовъ вулканическихъ изверженій, случавшихся и на глубинахъ океановъ и на ихъ поверхности. Къ этому надо добавить и продукты разложенія известковыхъ остатковъ, падающихъ на дно океановъ во многихъ мѣстахъ и тѣмъ не менѣе однако не встрѣчающихся повсе на очень большихъ глубинахъ.

Такимъ образомъ по составу своему грунты дна океановъ раздѣляются на:

- 1) неорганическіе (прибрежные);
- 2) органическіе (вдали отъ береговъ, пелагическіе);
- 3) красную глину (на большихъ глубинахъ).

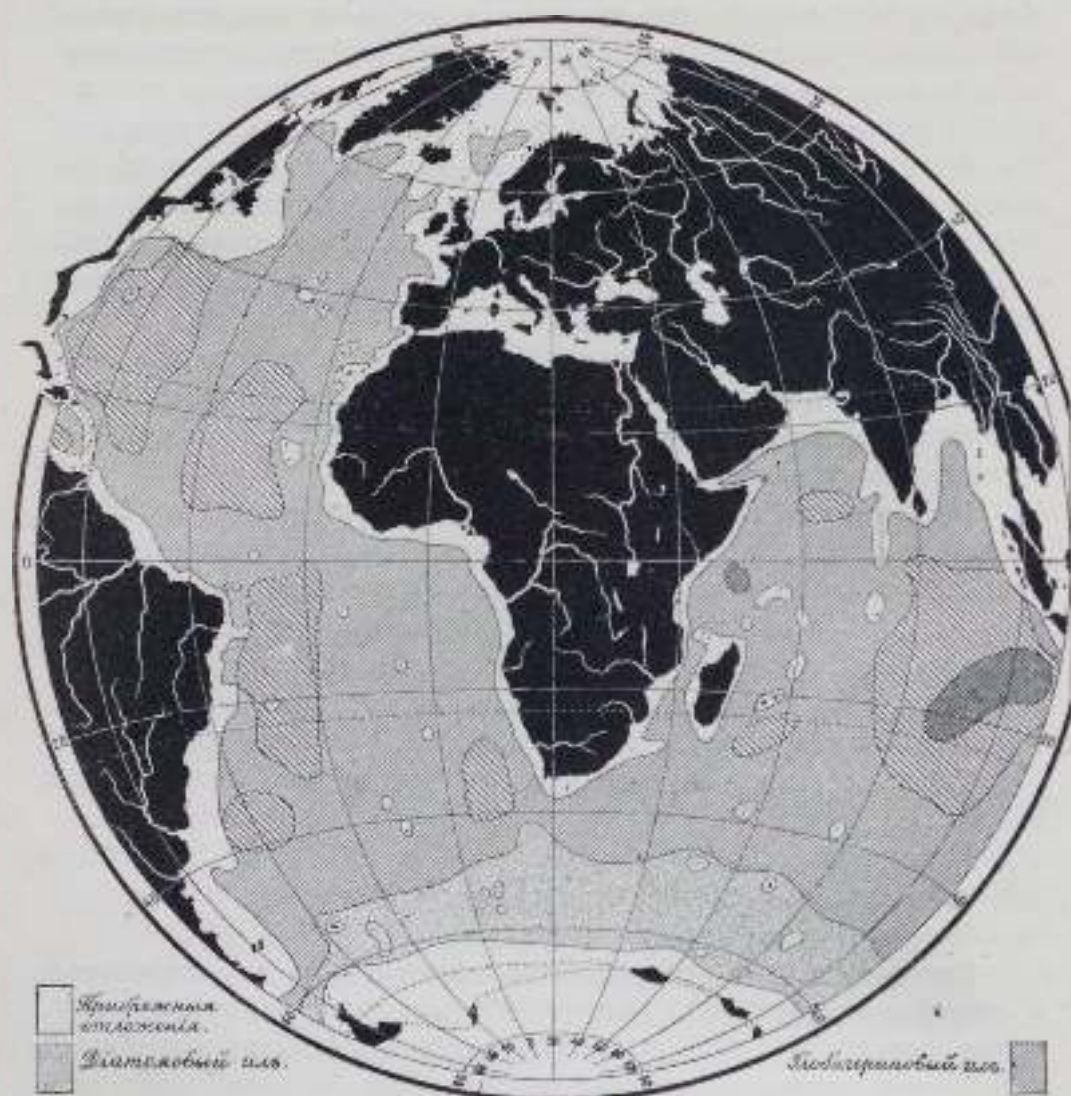
Географическое распредѣленіе грунтовъ по дну океановъ и морей.—Географическое распредѣленіе различныхъ грунтовъ по дну океана зависитъ отъ двухъ причинъ: удаленія отъ береговъ и глубины.

Согласно этому, всѣ грунты раздѣляются на:

- 1) прибрежные (25% дна Мирового океана)
- и 2) пелагическіе, т. е. лежащіе
вдали отъ береговъ (75% дна Мирового океана).

Последніе, въ свою очередь, бываютъ:

- а) глобигериновые (30 % дна Мір. ок.)
- б) діатомовые (6 % дна Мір. ок.)
- в) радіоляріевые (3 % дна Мір. ок.)
- и д) красная глина (36 % дна Мір. ок.)



Фиг. 23. Географическое распределение.

Географическое распределение грунтов видно из прилагаемой карты (фиг. 25).

Прибрежные отложения занимают всю материковую отмель и материковый склон, иногда удаляясь от берега до 600 кил. (около 350 морск. м.), а въ полярныхъ бассейнахъ и на ихъ окраинахъ эти отложения покрываютъ все дно океановъ. Всѣ моря по характеру грунта



ГЛУБИНЫ ДНА ОЦЕНКА.

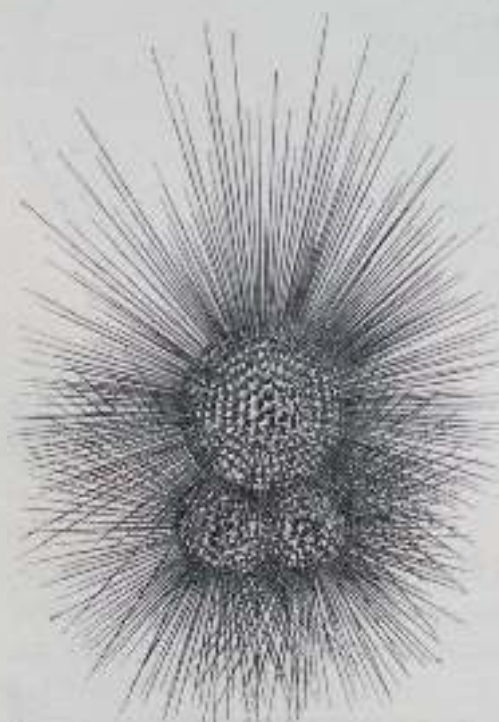
своего дна принадлежать къ области прибрежныхъ отложений, окружающихъ каждый островокъ, лекацій посреди океана. Отлагаясь на материковомъ склоне, прибрежные группы спускаются до глубинъ въ 3.000 м. (1.640 м.с.).

Въ тѣхъ частяхъ океановъ, гдѣ на поверхности встрѣчаются плывучіе льды, т.-е. въ полярныхъ бассейнахъ и прилегающихъ къ нимъ,

грунтъ дѣя состоитъ изъ прибрежныхъ отложений, разнесенныхъ льдами. Когда послѣдніе становятся на мель, то грунтъ примерзаетъ къ нимъ, и потомъ, когда ихъ вѣтромъ или давленіемъ другихъ льдовъ столкнетъ на болѣе глубокую воду, то они уносятъ съ собою цѣлые слои грунта. Впослѣдствіи, при столкновеніяхъ съ другими льдинами и при изломахъ ихъ вдали отъ береговъ, при растаяваніи, кусочки примерзшаго грунта отламываются и падаютъ на дно; такимъ путемъ въ теченіе длиннаго періода времени прибрежныя отложения покрыли все ложе полярныхъ бассейновъ и прилегающихъ къ нимъ частей океановъ, что и видно на картѣ (фиг. 25).

Пелагическія отложенія.—Глобигериневый илъ находится только въ тѣхъ частяхъ океановъ, гдѣ на поверхности температура воды достаточно высока для жизни форамниферъ, и гдѣ глубина не очень велика, потому что на глубинахъ болѣе 4.500 м. (2.500 м.с.) известковыя скорлупки растворяются морскою водою.

Цѣлый рядъ мельчайшихъ животныхъ—форамниферъ, и изъ нихъ въ особенности глобигеринидъ, существуетъ на поверхности и въ приповерхностныхъ слояхъ океановъ. На почтѣнныхъ здѣсь чертежахъ (фиг. 26 и 27) изображены подобныя глобигериниды. Центральные шарики суть тонкія известковыя скорлупки, внутри и вокругъ которыхъ расположено тѣло животныхъ. Тонкія нити, расходящіяся во всѣ стороны отъ скорлупокъ, суть известковыя нити, которыя во отмирании животного растворяются морскою водою, и на дно падаютъ уже одѣвъ только скорлупки, изображенныя на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 28). Скопленія скорлупокъ глобигеринидъ даютъ илъ палеваго и розоватаго цвѣта.

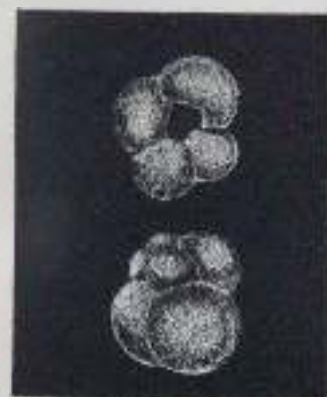


Фиг. 26. *Globigerina bulloides* съ поверхности (увеличено 25 75 разъ).

На тережѣ видна скорлупки фораминиферъ (фиг. 29), въ томъ видѣ, какъ онѣ находятся въ глобигериновомъ илѣ.

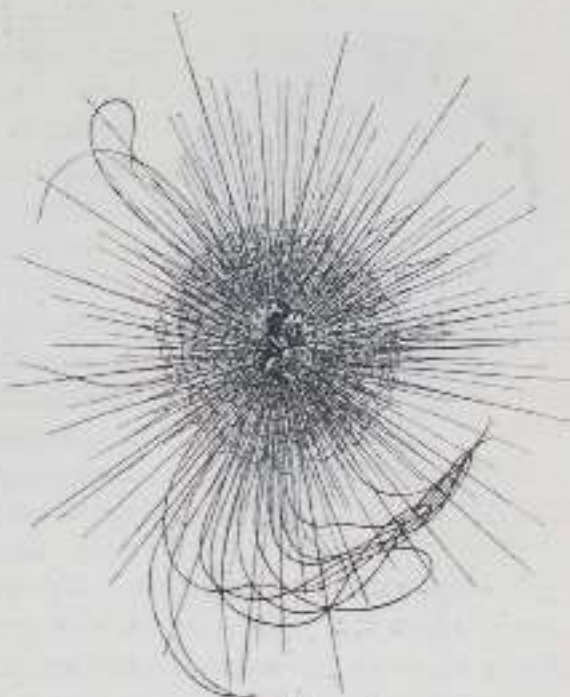
Глобигериновый илъ встрѣчается главнымъ образомъ въ Атлантическомъ океанѣ и въ тѣхъ частяхъ Тихаго и Индійскаго, гдѣ глубины не очень велики; самая полярная область, гдѣ встрѣчается этотъ илъ, лежитъ между Исландіей и Норвегіей, потому что тутъ на поверхности проходить вѣтъ Гольф-стрима.

Дiatомовый илъ состоитъ изъ скопленій остатковъ кремнистыхъ скелетиковъ діатомовыхъ водорослей. Онъ встрѣчается въ тѣхъ мѣстахъ ложа океана, гдѣ эти водоросли особенно сильно развиты въ приповерхностныхъ и поперечныхъ слояхъ, т. е. вдоль окраины антарктической области (см. карту фиг. 25) около



Фиг. 28. Скорлупки глобигериновъ изъ грунта (увеличено).

60° ш. ш., а также вдоль южныхъ береговъ Алеутскаго архипелага въ Тихомъ океанѣ. Діатомовый илъ находится болѣею частью на глубинахъ отъ 1.000 до 3.500 м., но часто и глубже до 6.000 м. (550—



Фиг. 27. *Nautilingeria pelagica* изъ поверхностнаго (увеличено въ 7 разъ).



Фиг. 29. Глобигериновый илъ изъ грунта (увеличено въ 12 разъ).
4° 21' ш. ш. — 71° 20' в. д.
3320 м. — увеличено въ 12 разъ.



Фиг. 30. Диатомовый ил.
Индійск. океанъ.
Шр 50° в. ш. — 20° 15' в. д.
4040 м. — увеличено въ 300 разъ.

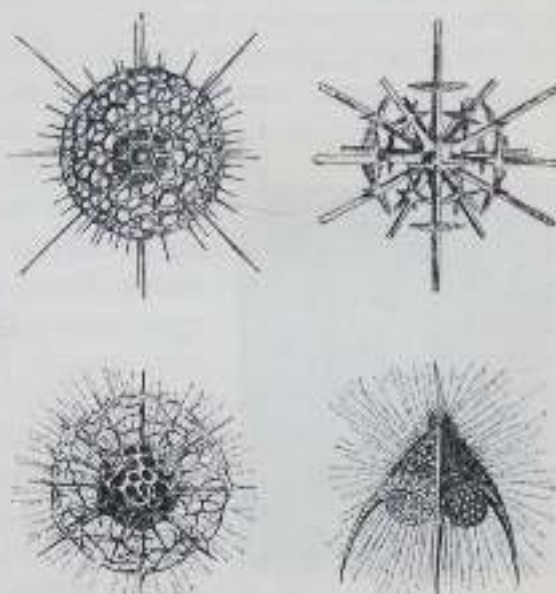
1.900 — 3.280 м. с.). Цвѣтъ его соломенно-желтый. На чертѣжѣ (фиг. 30) данъ образецъ диатомоваго ила, поднятаго экспедиціей на *Valdivia* въ Индійскомъ океанѣ на границѣ плывучихъ антарктическихъ льдовъ съ глубины 4.040 м. (2.310 м. с.).

Радиоларіевый илъ есть скопленіе мельчайшихъ кремнистыхъ скелетиковъ животныхъ — радиоларій, чрезвычайно разнообразныхъ по виду, отличающихся весьма незначительными размѣрами и красотой и изяществомъ своихъ формъ, что хорошо видно на рисункѣ (фиг. 31), гдѣ изображено нѣсколько скелетиковъ радиоларій, очень сильно увеличенныхъ.

На чертѣжѣ дано (фиг. 32) изображеніе образчика радиоларіеваго ила, очень значительно увеличеннаго. Этотъ образецъ радиоларіеваго ила поднятъ экспедиціей на *Valdivia* въ тропической полосѣ Индійскаго океана съ глубины 5.070 м. (2.570 м. с.).

Радиоларіевый илъ находится на большихъ глубинахъ отъ 4.000—8.000 м. (2.200—4.400 м. с.) и составляетъ, въ сущности, переходную форму грунта къ красной глинѣ. Если въ данномъ грунтѣ количество кремнистыхъ остатковъ радиоларій становится очень значительнымъ, и они въ немъ преобладаютъ, то тогда илъ и называется радиоларіевымъ. Цвѣтъ его красноватый, коричневыи или изрѣдка желтоватый.

Скелетики радиоларій, падая на дно, тоже претер-



Фиг. 31. Радиоларія (сильно увеличена).

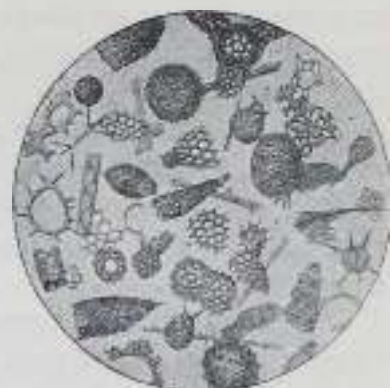
пѣвнать иѣкоторое разложене подою глубинѣ, и потому въ образцахъ радиоляріе-наго грунта они всегда болѣе или менѣе измѣнены.

Географическое распредѣленіе радиоляріе-наго ила очень невелико; онѣ находитя на днѣ океановъ только тамъ, гдѣ на поверхности имѣются благопріятныя условія для развитія этого рода планктонныхъ животныхъ, что встрѣчается только въ Тихомъ и Индійскомъ океанахъ, въ тропической области, а въ Атлантическомъ его нѣтъ вовсе (см. карту фиг. 25).

Красная глина встрѣчается только на значительныхъ глубинахъ, начиная попадаться съ глубинѣ около 4.000 м. (2.200 м. с.) въ видѣ примѣси къ другимъ глубоководнымъ грунтамъ. Дво глубокихъ мѣстъ океана ниже 5.000 м. (2.700 м. с.) сплошь выложено этимъ грунтомъ.

Какъ видно на картѣ (фиг. 25), красная глина занимаетъ обширныя пространства дна въ Тихомъ океанѣ, и меньшія въ Индійскомъ и Атлантическомъ, потому что послѣдніе менѣе глубоки.

Соотношеніе между отложеніями на днѣ океановъ и осадочными породами твердой земной коры. — Около 70% поверхности суши сложено изъ такъ называемыхъ осадочныхъ породъ. Это разнаго рода песчаники, известняки и другія породы, сцементированныя какимъ-либо веществомъ. Какъ показываетъ самое названіе, осадочныя породы образовались процессомъ осажденія и главнымъ образомъ осажденіемъ въ водныхъ бассейнахъ (осадочныя породы могли образовываться и на сушѣ путемъ накопленій ледниковыхъ, доловыхъ и др. отложеній). Очевидно, что отложенія, образующіеся въ настоящее время на материковыхъ склонахъ, т.-е., какъ выше указано, отложенія прибрежныя, именно и представляютъ тотъ матеріалъ, изъ котораго въ будущемъ получатся осадочныя породы. При постепенныхъ измѣненіяхъ рельефа земной коры, наблюдаемыхъ и теперь и случавшихся всегда и въ предшествовавшіе періоды существованія земного шара, части материковой отмели и материковаго склона могутъ подняться выше уровня океана и стать сушею. Очевидно, многія осадочныя породы, встрѣчаемыя теперь



Фиг. 62. Радиоляріе-наго ила.
Индійскій океанъ.
4° 45' ш. ш.—80° 50' в. в.
5070 м.—утолщеніе въ 180 разъ.

на поверхности и на некоторых глубинах на сушѣ (находятся при буреніи, прокладкѣ шахтъ и др. горныхъ работахъ), образовались такимъ же образомъ.

Однако среди извѣстныхъ осадочныхъ породъ пока не найдено еще отложений, похожихъ на красную глину. Да и вообще осадочныя породы воднаго происхожденія, встрѣаемыя на сушѣ, по большей части, принадлежатъ къ образовавшимся въ свое время на материковой отмели и материковыхъ склонахъ.

Относительная древность океаническихъ впадинъ. — Изученіе строенія земной коры какъ съ точки зрѣнія ея рельефа, такъ и съ точки зрѣнія распредѣленія горныхъ породъ, ее составляющихъ, и ихъ происхожденія, а также и съ другихъ точекъ зрѣнія, приводитъ къ заключенію, что главные неровности рельефа земной коры (здесь подразумѣвается вся совокупность земной коры, какъ суша, такъ и дно океановъ) произошли въ весьма отдаленныя времена существованія земного шара. При этомъ наиболѣе возвышенныя части земной коры тогда же образовали дно первичнаго океана. Выразить числомъ лѣтъ, насколько давно эти явленія произошли, наука въ настоящее время не можетъ; но возможно высказать предположеніе объ относительной древности трехъ большихъ океановъ.

По времени своего образованія первыхъ, повидному, былъ Тихій океанъ, затѣмъ Индійскій и наконецъ Атлантическій. Въ послѣднемъ южная его часть образовалась ранѣе, нежели пространство его, лежащее между Европою и Америкой. Другою, очень древнею частью Мірового океана является вся притроническая полоса Атлантическаго океана, заключающая теперь Американскія и Европейскія средиземна моря. Она существовала, повидному, съ весьма отдаленныхъ временъ, гораздо раньше, нежели сѣверная и даже южная части Атлантическаго океана. Эта полоса Мірового океана простигалась отъ береговъ современнаго Атлантическаго далѣ къ востоку, отдѣляя Азію отъ полуострова Индостана, соединялась съ Зондскими морями и наконецъ терялась въ Тихомъ океанѣ *).

Отсутствіе среди извѣстныхъ намъ осадочныхъ породъ, встрѣаемыхъ на сушѣ, отложений красной глины не можетъ еще служить основаніемъ для предположенія, что тѣ части дна океановъ, гдѣ теперь находится красная глина, никогда не были выше уровня океана, потому что намъ неизвѣстны условія, при наличіи которыхъ образуется красная глина.

*) Въ геологій эта часть древняго Мірового океана называется „Тетисъ“.

ГЛАВА V.

Составъ и солѣность водъ океановъ и морей.

Вода въ природѣ вообще. — Морская вода, ея составъ и ея опредѣленіе. — Понятіе о солѣности, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды. — Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды. — Способы опредѣленія солѣности морской воды. — Опредѣленіе солѣности морской воды по ея удѣльному вѣсу. — Физико-географическія причины, управляющія распредѣленіемъ солѣности по поверхности океановъ и морей. — Географическое распредѣленіе солѣности по поверхности океановъ и морей. — Географическое распредѣленіе плотности морской воды по поверхности океановъ. — Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ. — Распредѣленіе солѣности и плотности на глубинахъ океановъ и морей. — Газы, находящіеся въ морской водѣ. — Распредѣленіе газовъ, поглощенныхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ. — Происхожденіе солей въ океанахъ.

Вода въ природѣ вообще. — Вода въ чисто химическомъ видѣ въ природѣ не встрѣчается, даже наиболѣе чистыя воды, дождевыя или снѣговыя, всегда содержатъ нѣкоторые примѣсы, поглощенные или изъ воздуха. Текущая вода всегда имѣетъ въ растворѣ уже замѣнное количество какого-либо вещества, смотря по составу горныхъ породъ, по которымъ она протекала или склою, которымъ она просачивалась до выхода на поверхность земли. Поэтому всѣ прѣсныя воды имѣютъ въ своемъ составѣ различныя примѣсы, иногда ясно ощущаемыя на вкусъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ минерализація водъ источниковъ бываетъ очень значительна.

Вода представляетъ чрезвычайно распространенный элементъ на земной поверхности и даже вообще въ твердой корѣ земного шара, гдѣ она встрѣчается и въ свободномъ состояніи въ верхнихъ слояхъ, и въ связанномъ состояніи въ видѣ составной части различныхъ горныхъ породъ. Огромное выдѣленіе водяныхъ паровъ при вулканическихъ изверженіяхъ заставляетъ предполагать, что и на значительной глубинѣ въ земной корѣ имѣется вода въ какомъ-либо состояніи.

Такъ какъ на земномъ шарѣ вода въ жидкомъ состояніи въ видѣ океановъ и морей занимаетъ 71% ея поверхности, и, кромѣ того, существуютъ еще довольно значительныя водныя массы на сушѣ въ видѣ озеръ и рѣкъ, — то въ общемъ вода занимаетъ на поверхности земного шара преобладающее положеніе, о чемъ люди, живущіе на сушѣ, часто неимѣяшіе не только океана, но и моря, не всегда имѣютъ правильное представленіе.

Кромѣ того также очень важна способность воды, при тѣхъ колебаніяхъ температуръ, каковы бывають на поверхности земли, принимать

три состоянія, совершенно различных по своему физическому значенію: газообразное, жидкое и твердое. При этомъ вода, при переходахъ изъ одного состоянія въ другое, то поглощаетъ, то освобождаетъ большія количества тепла. Все это вмѣстѣ придаетъ водѣ огромное значеніе, какъ фанко-географическому элементу.

Морская вода, ея составъ и ея опредѣленіе.— Вода, находящаяся въ океанахъ и моряхъ, содержитъ въ растворѣ всегда нѣкоторое количество веществъ, и, несмотря на то, что этихъ тѣлъ немного сравнительно съ массою воды, они тѣмъ не менѣе измѣняютъ ея химическія и физическія свойства настолько, что она перестаетъ, въ сущности, быть водою, а становится воднымъ растворомъ различныхъ солей, который мы и называемъ, въ отличіе отъ прѣсной воды, морскою водою.

Составъ морской воды можетъ быть опредѣленъ только послѣ ея изученія помощью химическаго анализа качественного и количественнаго. Такое изслѣдованіе большого количества образцовъ, взятыхъ изъ разныхъ мѣстъ на поверхности океановъ, впервые было сдѣлано датскимъ химикомъ Форшхаммеромъ въ 60-хъ годахъ XIX ст.

Затѣмъ подобную же работу, но въ большемъ размѣрѣ и болѣе современными приемами, выполняли въ 1878—82 гг. англійскій химикъ Дитмаръ, обработавшій 77 образцовъ морской воды, собранной на *Challenger*'ы въ разныхъ океанахъ и съ различныхъ глубинъ. Оба эти изслѣдованія, а также и другія подобныя работы привели къ слѣдующему основному выводу, а именно: *водамъ отъ береговъ всѣхъ въ Мировомъ океанѣ составъ воды одинаковъ* *). Въ разныхъ мѣстахъ океановъ измѣняется общее количество веществъ, находящихся въ растворѣ въ морской водѣ, но составъ ихъ остается неизмѣннымъ, т.-е. при измѣненіи общаго содержанія солей въ морской водѣ, это происходитъ не на счетъ какаго-либо тѣхъ или другихъ составныхъ частей, а пропорціонально уменьшаются или увеличиваются всѣ соли, входящія въ растворъ. Вблизи береговъ или въ моряхъ составъ воды можетъ быть нѣсколько инымъ, влѣдствіе вліянія мѣстныхъ причинъ. Такое единообразіе состава морской воды показываетъ, что естественное перемѣшиваніе воды въ океанѣ происходитъ весьма совершеннымъ образомъ. Это явленіе имѣетъ полную аналогію съ единообразіемъ состава атмосферы, наблюдаемымъ въ ея нижнихъ слояхъ, и влѣдствіе столь же хорошаго перемѣшиванія ея вѣтрами.

*) По крайней мѣрѣ въ предѣлахъ точности современныхъ опредѣленій состава прѣсной воды.

Исследования показали, что изъ числа всѣхъ химическихъ элементовъ 32 встрѣчаются въ морской водѣ. Конечно, многіе изъ нихъ въ весьма малыхъ количествахъ. Вотъ главнѣйшія составныя части морской воды согласно опредѣленію Дитмара на основаніи анализовъ образцовъ воды трехъ океановъ, собранныхъ экспедиціей на *Challenger*'а:

Составъ воды.	Въ 1,000 гр. воды.	Въ 1% морской клизот. рѣ- чей.	
Хлористый натръ — Na Cl (явар. соль)	27,2	77,8	} хлористыя соединенія.
Хлористый магній — Mg Cl ₂	3,8	10,9	
Сернистый магній — Mg SO ₄	1,7	4,7	} сульфаты.
Сернистый кальцій — Ca SO ₄	1,2	3,6	
Сернистый калий — K ₂ SO ₄	0,9	2,5	
Углекислый кальцій — Ca CO ₂	0,1	0,3	} карбонаты.
Бромистый магній — Mg Br ₂	0,1	0,2	
	35,0	100,0	

Изъ таблицы видно, какое большое количество хлористыхъ соединений находится въ морской водѣ; сульфатовъ уже немного, а карбонатовъ еще меньше. Многія вещества, входящія въ составъ воды океановъ, заключаются тамъ въ такихъ малыхъ количествахъ, что даже и не включены въ таблицу. Наконецъ есть вещества, находящія только косвеннымъ путемъ, напр., іодъ—въ водоросляхъ, мѣдь, флуоръ, серебро—въ коралловыхъ известнякахъ, фосфоръ—въ губкахъ и т. п.

Мировой океанъ постоянно принимаетъ большое количество прѣсной воды, стекающей въ него береговыми потоками и рѣками. Приблизительно отъ 30.000 до 40.000 куб. клз. прѣсной воды такимъ путемъ доставляется ежегодно въ океанъ; предварительно протекая по сушѣ, вся эта масса прѣсной воды растворяетъ понемногу въ себѣ многія вещества, выстилающая поверхность, по которой она течетъ. Поэтому прѣсная вода всегда содержитъ тоже нѣкоторое количество веществъ въ растворѣ; если сравнить составъ воды океановъ и прѣсной воды, несомнѣйными рѣками, то получится слѣдующая таблица:

	Вода океановъ.	Рѣчная вода.
Хлориды	88,7%	5,2%
Сульфаты	10,8%	9,9%
Карбонаты	0,3%	60,1%
Прочія вещества	0,2%	24,8%
	100,0	100,0

Хлористыя соединенія, преобладающія въ водѣ океановъ, встрѣчаются въ рѣчной водѣ въ очень маломъ количествѣ, въ которой обратно преобладаютъ карбонаты, почти отсутствующіе въ морской водѣ. Отсюда видно, что соли, преобладающія въ водѣ океановъ, не вносятся въ нее рѣками, а, очевидно, иного происхожденія.

Большое количество карбонатовъ, вносимыхъ рѣчными водами въ океанъ, не накопляется тамъ, такъ какъ, повидимому, расходуется морскими организмами, которые используютъ ихъ на созиданіе скелетовъ, раковинъ, панцирей и неподвижныхъ построекъ (коралловые рифы, острова, берега). По отмираніи организмовъ, какъ видно было изъ разбора отложений грунта дна океановъ, эти карбонаты образуютъ тамъ новые пласты отложений.

Анализъ состава океанической воды, собранной изъ разныхъ мѣстъ, были повторены въ послѣдніе годы въ «Международной лабораторіи по изученію моря» въ Копенгагенѣ М. Кнудсеномъ; они подтвердили высказанное выше положеніе о постоянствѣ и одинаковости состава морской воды въ предѣлахъ точности опредѣленія и вмѣстѣ съ тѣмъ ясно показали существованіе правильной зависимости между содержаніемъ въ морской водѣ *хлора*, *ея удѣльнымъ вѣсомъ* и *ея солѣностью* (см. далѣ стр. 77).

Химическій анализъ какого-либо вещества требуетъ тщательнаго взвѣшиванія и другихъ тонкихъ наблюденій, которыя невозможно производить на кораблѣ, хотя бы и небольшомъ, но постоянно дрожащемъ, и гдѣ трудно держать какое-либо помѣщеніе при постоянной температурѣ. Поэтому опредѣленіе *состава* морской воды приходится производить всегда на берегу, въ лабораторіяхъ, и для этого привозить образцы воды изъ плаванія.

Понятіе о солѣности, удѣльномъ вѣсѣ и плотности морской воды. — Опредѣленіе состава морской воды, возможное только путемъ производства химическаго анализа, при томъ большомъ количествѣ веществъ, какія входятъ въ составъ воды океановъ, есть дѣло трудное и требующее большого количества времени и на суднѣ невыполнимое. Между тѣмъ для многихъ вопросовъ океанографіи и метеорологіи важно и достаточно знать общее количество солей, растворенныхъ въ водѣ океановъ, не расчленяя его на отдѣльныя составныя части. Какъ далѣе будетъ видно, такая задача гораздо легче (см. стр. 77), и для ея рѣшенія существуетъ нѣсколько способовъ.

Общее количество солей, находящихся въ растворѣ въ морской

водѣ, выраженное въ доляхъ на 1.000 частей морской воды по весу, называется ея *соленостью*.

Такимъ образомъ, въ выше помѣщенной таблицѣ Дитмара общее число солей на 1.000 граммъ морской воды было найдено равнымъ **35,0**; это и есть *средняя соленость океановъ* вдали отъ береговъ. Такъ какъ соленость опредѣляется на 1.000 частей, а не на 100, то она обыкновенно выражается такъ: 35,0‰ — средняя соленость Мирового океана. Въ настоящее время принято соленость обозначать прописною буквою $S_{\text{‰}}$; въ этомъ курсѣ она такъ вездѣ и обозначена.

Удельнымъ весомъ морской воды называется отношеніе вѣса единицы объема ея при какой-либо температурѣ t' къ вѣсу единицы объема дистиллированной воды при такой-нибудь температурѣ t . Въ океанографіи принято эти обѣ температуры t' и t приравнивать къ 17°,5 (потому что 17°,5 Ц. = 14°,0 Р. есть обыкновенная температура тѣхъ помѣщеній, гдѣ опредѣляютъ удѣльные вѣсы; чѣмъ меньше будетъ отличаться эта температура отъ принятой за норму, тѣмъ меньше будутъ и поправки на температуру, а слѣдовательно тѣмъ точнѣе будутъ выходы). Въ прежнее время удѣльный вѣсъ условно обозначали буквою S (roid spécifique, specific gravity) и тогда для выраженія вышеуказаннаго отношенія обозначали его такъ:

$$\text{удѣльный вѣсъ данного образца} = S_{\frac{17,5}{17,5}} = 1,02762$$

Въ настоящее время, по предложенію М. Кнудсева, для сокращенія писма, мѣста въ таблицахъ и вычисленій отбрасываютъ 1,0, а запятую переносятъ еще черезъ двѣ цифры направо, т. е. пишутъ такъ:

$$\left(S_{\frac{17,5}{17,5}} - 1 \right) 1000 = \sigma_{17,5} = 27,52$$

Плотностью морской воды въ океанографіи называютъ удѣльный вѣсъ воды при той температурѣ, какую она имѣла въ природѣ (на своемъ мѣстѣ, какъ выражаются — in situ), отнесенный къ дистиллированной водѣ при температурѣ ея наибольшей плотности 4°. Прежде плотности выражали такъ:

$$S_{\frac{t}{4}}$$

теперь же по предложенію того же М. Кнудсева и въ его океанографическихъ таблицахъ, составленныхъ по распоряженію «Международнаго совѣта для изученія моря», и вообще въ трудахъ по океанографіи

принято для сокращенія отбрасывать единицу цѣлыхъ и переносить запятую на двѣ цифры направо, т.-е., иначе говоря, выражаютъ такъ:

$$\text{плотность} = \left(S_{4^{\circ}}^{\circ} - 1 \right) 1000 = \sigma_t = 24,62$$

Иногда удѣльный вѣсъ морской воды берутъ при 0° и относятъ его къ дистиллированной водѣ при 4° ; такое условіе обозначаютъ такъ:

$$\left(S_{4^{\circ}}^{0^{\circ}} - 1 \right) 1000 = \sigma_0$$

$$\text{напримѣръ } (1,01452 - 1) 1000 = \sigma_0 = 14,52$$

Въ настоящемъ курсѣ вездѣ введены обозначенія:

солёности	черезъ	S_{1000}°
удѣльнаго вѣса	»	$\rho_{17,5}$
плотности	»	σ_t
удѣльнаго вѣса при 0°	»	σ_0

Способы и приборы для собиранія и храненія образцовъ морской воды.—Когда требуется изслѣдовать воду съ поверхности океана или моря, то для доставленія ея достаточно пользоваться чистымъ металлическимъ ведромъ, которое уже и должно служить только для этой цѣли. Послеъ каждаго раза пользованія имъ, ведро это необходимо хорошо споласкивать прѣсною водою (лучше не пользоваться парусинными ведрами, въ которыхъ легко впитывается соль при высушеніи). Чтобы доставляемая вода действительно соответствовала той, какая въ данномъ мѣстѣ встрѣчается на поверхности, необходимо всегда брать воду съ передней части корабля, стоитъ ли онъ на якорѣ или движется; иначе въ ведро можетъ попасть вода или изъ машины (циркуляціонная), или изъ-подъ кормы, т.-е. не поверхностная.

Если требуется достать воду съ какой-нибудь глубины, тогда необходимо пользоваться особыми приборами, называемыми по-русски батометрами (на иностранныхъ языкахъ эти приборы называются иначе, по-французски — *bouteille à eau*; по-нѣмецки — *Wasserschöpfapparat*; по-англійски — *water-bottle*). Батометрами же на иностранныхъ языкахъ называются разные приборы, которыми можно опредѣлять глубины косвеннымъ путемъ, не измѣряя ихъ лотомъ). Системъ батометровъ очень много, и на новѣйшихъ приборахъ для большихъ глубинъ обыкновенно тѣмъ или другимъ путемъ опредѣляется одновременно и температура слоя воды, изъ котораго доставятъ образецъ.

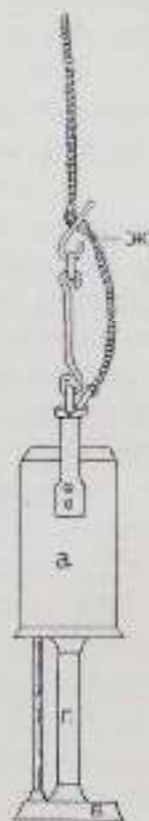
Главныя условія, которымъ долженъ удовлетворять всякій бато-

метры, суть следующие. Во-первыхъ, пока приборъ идетъ внизъ, вода, проходящая сквозь батометръ, не должна въ немъ задерживаться; во-вторыхъ—батометръ долженъ закрываться совершенно плотно, чтобы образцы воды въ немъ не имѣли никакого сообщенія съ вѣшнею водою.

Иногда устраиваютъ самъ батометръ такимъ образомъ, чтобы вода въ немъ сохраняла ту температуру, какую она имѣла на той глубинѣ, съ которой ее подняли. Первый батометръ, удовлетворявшій последнему требованію, былъ придуманъ и построенъ физикомъ Э. Лендомъ, впоследствии членомъ русской Академіи Наукъ. Онъ служилъ Э. Ленду въ плаваніи на шлюпѣ *Предпріятіе* подъ командою кап. 2 р. Коцебу въ 1821—23 гг. и далъ прекрасные результаты.

Изъ большого числа существующихъ батометровъ здѣсь описано три, употребляющіеся въ настоящее время и имѣющіе три разныхъ назначенія.

Для доставанія воды съ небольшихъ глубинъ (не болѣе 100—200 м.) служатъ батометры, изображенный на чертахъ (фиг. 33-а, 33-б, 33-в) въ трехъ видахъ; надѣвомъ—въ томъ видѣ, какъ его опускаютъ; на среднемъ—послѣ того, какъ его закроютъ на желаемой глубинѣ, и наконецъ въ разрѣзѣ. Батометръ состоитъ изъ латуни и состоитъ изъ цилиндра *а* съ тремя кольцеобразными приливами для прочности (они показаны только на разрѣзѣ фиг. 33-в). Въ верхней части цилиндра *а* (см. разрѣзъ фиг. 33-в) вѣдется поребрика со



Фиг. 33-а.



Фиг. 33-б.



Фиг. 33-в.

Батометръ для малыхъ глубинъ.

сквознымъ отверстіемъ для пропуска центрального стержня *г*, къ которому снизу укрѣплено днище *б*; выше на томъ же стержнѣ *г* укрѣплено неподвижно верхнее дно *в*. Оба днища *б* и *в* обращены вверхъ отточенными конусами, плотно пригнанными къ такимъ же коническимъ поверхностямъ на внутренней части цилиндра *а* вверху и внизу его. Стержень *г* вверху окапчивается обоймой *е*, за которую берется крюкъ *ж* (фиг. 33-а и 33-б), нахлѣтый на днѣ и укрѣпленный къ нему въ опредѣленномъ мѣстѣ.

Чертежъ (фиг. 33-а) изображаетъ приборъ, приготовленный къ опусканію его въ воду. Цилиндръ *а* поднятъ и за свое кольцо подвѣшенъ къ крюку *ж*. При такомъ положеніи вода свободно омываетъ все пространство ниже днища *в*. Когда приборъ опустятъ на желаемую глубину (опускать надо медленно, чтобы не возбудить слоевъ воды), то дають ему пребыть тамъ минутъ пять, чтобы вода совершенно успокоилась, и затѣмъ посылають по днѣ грузъ *з* (фиг. 33-б), онъ ударяетъ по крюку *ж*, поворачиваетъ его и тѣмъ самымъ отцѣпляетъ обойму *е* стержня *г*. Тогда тяжелый цилиндръ *а* падаетъ и своею тяжестью обеспечиваетъ плотное прижатіе коническихъ поверхностей къ такимъ же на обоихъ днищахъ.

Чтобы выпустить воду, пользуются винтомъ *и* со стержнемъ (фиг. 33-в), который открываетъ клапанъ *к*.



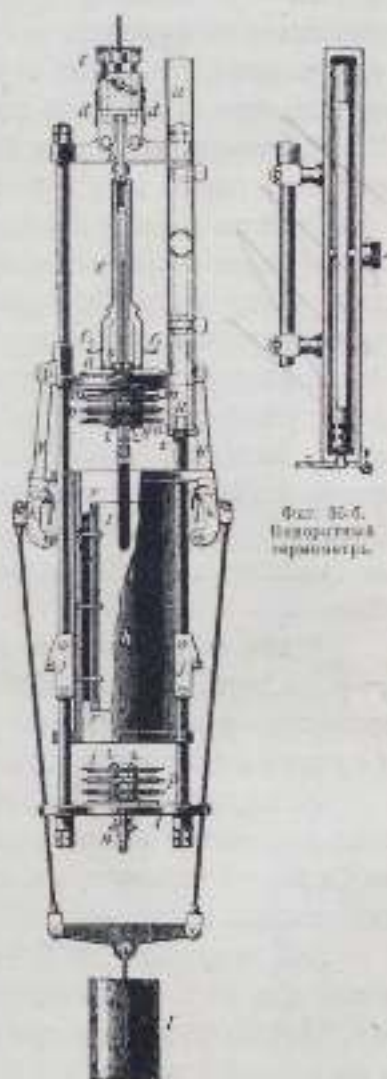
Фиг. 34. Батометръ Ситсби.

Для большихъ глубинъ употребляютъ другіе батометры, которые закрываются плотно. Для доставанія придонной воды обыкновенно служатъ какой-нибудь небольшой батометръ (емкостью отъ 0,5 л. до 1 литра), подвѣшенный надъ дномъ. Подобный батометръ системы американскаго гидрографа Ситсби изображенъ на чертежѣ (фиг. 34). Цилиндрическое тѣло батометра *а*—*а* закрывается вверху и внизу двумя клапанами *д* и *е*, вставленными на стержень, который ихъ соединяетъ въ одно тѣло. Небольшая спиральная пружина *г* удерживаетъ клапаны прижатыми къ отверстіямъ. Когда приборъ опускаютъ, то давленіемъ воды снизу открываются оба клапана *е* и *д*, и вода проходитъ ввѣздъ. Когда лодъ коснется дна, пружина *г* закроетъ клапаны и вода, бывшая внутри, будетъ уединена отъ окружающей. При подниманіи батометра на качкѣ могло бы случиться, что клапаны и пріоткрываются; для предупрежденія такой

случайности въ верхней части прибора есть винтъ $n-n$, лопасти котораго повернуты такимъ образомъ, что при спускѣ батометра ось винта вращеніемъ лопастей поднимается. Когда же начинаютъ поднимать батометръ, то ось винта $n-n$ при его вращеніи въ обратную сторону опускается, и выступы его r нажимаютъ на стаканъ t , который надѣтъ на нижній конецъ винта $n-n$ напильною нарезкою; вращая стаканъ t , винтъ заставляеть его опускаться, пока онъ не упрется въ верхній клапанъ d . Тогда, если бы случайно винтъ и поднялся, все же клапаны остаются наотню закрытыми.

Батометръ Сигеби можно употребить в серіяхъ, т. е. на одномъ линіи нѣскольکو, одинъ надъ другимъ на разныхъ глубинахъ, и такимъ образомъ доставать сразу образцы воды съ разныхъ глубинъ.

Батометръ Петтерсона-Нансена представляетъ современное осуществленіе идеи Э. Ленна, только въ усовершенствованномъ съ технической стороны видѣ, хотя онъ и предлагалъ быть совершенно самостоятельно. На чертежѣ (фиг. 35-а) батометръ представленъ приготовленнымъ къ опусканію. Тѣло батометра состоитъ изъ пяти концентрическихъ цилиндровъ b и c (на чертежѣ часть цилиндровъ вырѣзана, чтобы было видно внутреннее устройство прибора). Внешній цилиндръ изъ латуни покрываетъ снаружы целлулоидомъ, затѣмъ, нѣсколько отступивъ во внутрь, на особыхъ эбонитовыхъ прокладкахъ, въ немъ концентрически укрѣпляютъ второй цилиндръ изъ латуни такой же высоты, какъ и цилиндръ b . Затѣмъ на нѣсколько большаго разстоянія во внутрь укрѣплена система изъ трехъ цилиндровъ c , внѣшній изъ нихъ целлулоидовый; потомъ на нѣ-



Фиг. 35-б.
Поперечный
разрѣзъ

Фиг. 35-а. Батометръ
Петтерсона-Нансена.

которомъ разстояніи концентрически установленъ латунный цилиндръ и наконецъ третій, самаго малаго діаметра, опять изъ целлулоида. Когда батометръ въ водѣ, то между всѣми этими цилиндрами находится вода, образующая толъ рядъ прослоекъ, плохо проводящихъ тепло. Вся система цилиндровъ помощью колець сверху ихъ и снизу съблизить по двумъ цилиндрическимъ направляющимъ, которыя укрѣплены на винтахъ внизу въ диншѣ $i-i$, а сверху въ особой перекладинѣ. Цилиндры k подвѣшены на крючкахъ $y-y$ къ верхней крышкѣ $a-a$, въ свою очередь, висящей на оправѣ термометра e ; а послѣдняя двумя крючками b удерживается за верхнюю перекладину.

Въ такомъ положеніи батометра вода при его опусканіи свободно проходитъ сквозь него и нисколько не застываетъ.

Верхняя $a-a$ и нижняя $i-i$ крышки батометра устроены одинаково. Каждая состоитъ изъ трехъ гуттаперчевыхъ кружковъ p , укрѣпленныхъ между латунными дисками. Діаметръ гуттаперчевыхъ кружковъ равенъ внутреннему діаметру второго цилиндра, а сверху и снизу крышекъ положено еще по гуттаперчевому кружку, съ діаметромъ равнымъ діаметру вѣншиаго цилиндра. Такимъ образомъ, когда крышки войдутъ внутрь нижнихъ цилиндровъ, то послѣдніе, въ свою очередь, лягутъ краями на большіе гуттаперчевые кружки, а внутренніе, болѣе короткіе цилиндры сверху и снизу закроются кружками p , и тѣмъ самымъ каждая цилиндрическая прослойка воды становится уединенною отъ соедѣнныхъ.

Чтобы зажатіе обѣихъ крышекъ было болѣе плотнымъ, у крючковъ $y-y$ на двухъ проволочныхъ тягахъ подвѣсится грузъ l , заставляющій крючки $y-y$ заскакивать за выступы $j-j$, и тѣмъ самымъ обѣ крышки и цилиндры соединяются въ одно цѣлое.

Въ верхней крышкѣ имѣется центральное отверстіе съ гуттаперчевымъ кольцомъ и винтомъ, его нажимающимъ, черезъ которое пропущенъ въ батометръ термометръ t , съ двойною оболочкою для предохраненія отъ давленія воды.

Двѣ заливки f_1 и f_2 удерживаютъ оправу термометра трубку e на мѣстѣ, при чемъ f_1 одновременно открываетъ доступъ воздуха во внутренний цилиндръ батометра при выпускѣ изъ него воды черезъ край n въ нижней крышкѣ.

Закрываніе батометра производится грузомъ, пущеннымъ по линіи и ударяющимъ по площадкѣ c , которая, опускаясь, отдастъ крючки b ,

тогда верхняя крышка падает на цилиндры, а последние, увлекаемые еще грузом l , надавливают на нижнюю крышку. В это же время у крючков $y-y$ откладываются эксцентрики $k-k$ и, упираясь в выступы $j-j$, еще плотнее зажимают крышки.

Кроме того, для контроля температуры, определяемой внутренним термометром, находящимся в изолированном цилиндре с водою, имеется еще поворотный термометр u , хорошо видный сбоку на чертогах (фиг. 35-а и 35-б). При помощи двух ручек рамка с термометром закреплена к стойке батометра. Внутри рамки в особой трубке помещен термометр, поворачивающийся на оси x пружиной. Внизу рамки особый крючок o удерживает ее, пока верхняя крышка, падая, не отложит этого крючка.

Вследствие применения системы цилиндров из материалов разной проводимости и прослоек воды между ними, вода, находящаяся во внутреннем цилиндре, очень хорошо сохраняет свою температуру. В умеренных и полярных морях изменение температуры при поднимании батометра достигает всего около $\pm 0^{\circ},01$, а в тропических несколько больше, около $\pm 0^{\circ},1$.

Из числа многих батометров, вошедших в употребление в последнее время, укажем на прибор, предложенный «Международной Комиссией по изучению моря», изображенный на следующем чертеже (фиг. 36). В средней раме эксцентрически вращается цилиндр с двумя кранами, ручки от которых соединены с особыми тягами, другими концами надетыми на цилиндрические выступы рамы. Вверху последней есть крючок, удерживающий тело батометра длинным концом вверх. В этом положении оба крана открыты, и вода свободно проходит сквозь. Лишь, на котором подвешен прибор, проводится вдоль дна бока рамы. Когда желают батометр закрыть, то пускают груз; он ударом откладывает крючок, удерживающий цилиндр, и последний оборачивается, толкаемый пружиной, видно на чертеже сверху и направо на раму. Когда цилиндр с размаху дойдет снова до вертикального положения, то его конец за-



Фиг. 36. Поворотный батометр с краном.

хватывается другимъ крючкомъ внизу. При оборачиваніи батометра оба крапа закрываются тѣлами. Ударъ цилиндра о нижній крючокъ освобождаетъ второй грузъ, заранѣе надѣтый на линъ подъ приборомъ, который можетъ закрыть ниже подвѣшенный батометръ; послѣднихъ можно наѣхать на линъ нѣсколько и сразу достать рядъ образцовъ воды съ разныхъ глубинъ, чего нельзя сдѣлать съ батометрами Петтерсона-Нансена, ихъ приходится опускать по очереди на каждую глубину, что составляетъ большое неудобство, удлиняя время стоянки.

Для опредѣленія одновременно и температуры на той же глубинѣ батометръ (фиг. 36) имѣетъ двѣ трубки сбоку, куда вкладываются два поворотныхъ термометра (Негретти-Замбра или подобные), два для проверки ихъ показаній. Такой батометръ, большого размѣра привоситъ литръ воды, а малаго—полъ-литра.

Въ случаѣ, если взятыя образцы воды предназначены для производства полного анализа или для опредѣленія солености химическимъ путемъ, или вообще, если ихъ надо сохранить, ихъ наливаютъ въ склянки съ притертыми стеклянными пробками. Склянки должны быть изъ твердаго стекла, чтобы по возможности меньше выщелачивались морскою водою. Хорошо до ихъ употребленія налить склянки какою-нибудь морскою водою и оставить ее въ нихъ, чтобы она выщелочилась. Передъ употребленіемъ эту воду выливаютъ, хорошо споласкиваютъ склянки и ихъ стеклянныя пробки три раза прѣсною водою, потомъ три раза тою водою, которую желаютъ сохранить, и наконецъ наливаютъ ихъ чистого неподкислым. Затѣмъ стеклянныя пробки обвязываютъ ниткою или ихъ опускаютъ въ расплавленный парафинъ, если придется хранить образцы долго. Склянки съ образцами воды хранить на суднѣ въ прохладномъ мѣстѣ; хорошо имѣть для склянокъ особые ящики съ ячейками, гдѣ онѣ могутъ стоять плотно. На каждой склянкѣ и въ пробкѣ обыкновенно есть номера, вытравленные на стеклѣ; по этимъ номерамъ записываютъ склянки въ журналъ съ указаніемъ, откуда взята вода и при какихъ обстоятельствахъ, т. е. широта и долгота, глубина, температура, условія погоды, имя судна и наблюдателя.

Образцы, предназначенные для опредѣленія солености химическимъ путемъ по количеству хлора (титрованіемъ), должны быть взяты въ количествѣ около 200 гр., въ случаѣ же, если предполагается производить полный анализъ, то количество воды должно быть по мѣкѣ литра.

Способы определения солёности морской воды. — Кроме определения солёности морской воды помощью полного химического анализа, существует ещё несколько приёмов, позволяющих определить солёность, не исследуя всех составных частей, находящихся в морской воде.

Вследствие того, что состав морской воды сохраняет свое постоянство, повсеместно в открытых океанах, возможно находить солёность, определяя или только один какой-либо элемент, входящий в состав морской воды, напр., хлор, или определяя удельный вес морской воды, отношение которого к солёности заранее определено, или помощью изучения величины преломляемости морской водой лучей света, проходящих сквозь нее, и др.

Все эти способы требуют предварительного исследования того соотношения, какое существует в природе между определяемыми величинами и солёностью морской воды.

Напрямь, рядом исследований «Международной Комиссии по изучению моря» найдено соотношение между количеством хлора, находящегося в морской воде, и солёностью. Оно выражается уравнением:

$$\text{солёность } S = 0,030 + 1,8050 \text{ хлора.}$$

Зависимость же между σ_0 и хлором (Cl) выражается таким уравнением:

$$\sigma_0 = -0,069 + 1,4708 \text{ Cl} - 0,001570 \text{ Cl}^2 + 0,0000398 \text{ Cl}^3$$

Здесь σ_0 есть удельный вес морской воды при 0° , отнесенный к дистиллированной воде при 4° , и при этом от цифры, выражающей удельный вес, откинута единица целых и остальная дробь умножена на 1.000 (вместо, напр., 1,00379 взято — 3.79), чтобы не писать в столбце лишних цифр.

Зависимость между удельным весом и количеством хлора в морской воде выражается следующим эмпирическим уравнением:

$$\rho_{17,5} = (0,1245 + \sigma_0 - 0,0595 \sigma_0 + 0,000155 \sigma_0^2) \times 1,00129$$

Здесь $\rho_{17,5}$ есть удельный вес морской воды, приведенный к $17,5^\circ$ и отнесенный к дистиллированной воде при $17,5^\circ$, при чем тут также откинута единица целых и остальная дробь умножена на 1.000 (напр., вместо 1,02041 взято — 20.41).

До составления и издания «Международных океанографических

таблицъ» М. Кнудсеномъ, выдержка изъ которыхъ для примѣра помѣщена далѣе (см. стр. 84 и 86), опредѣляли солѣность по удѣльному вѣсу, пользуясь слѣдующею эмпирическою формулою:

$$P = \left(S \frac{17,5}{17,6} - 1 \right) K,$$

гдѣ P есть искомая солѣность, S — удѣльный вѣсъ испытуемой морской воды, приведенный къ $17^{\circ},5$ и отнесенный къ вѣсу дистиллированной воды при $17^{\circ},5$, а K есть коэффициентъ, найденный изъ опыта. Разные изслѣдователи опредѣляли коэффициентъ K , при чемъ его величина колебалась для океанской воды отъ 1.306 до 1.319; обыкновенно K принимается равнымъ 1.310. Въ послѣднее время изслѣдованія М. Кнудсена и Сѣренсена показали, что коэффициентъ K измѣняется вмѣстѣ съ солѣностью, достигая наибольшей величины 1.309 при $25^{\circ}/_{\infty}$ — $30^{\circ}/_{\infty}$, а при солѣности $2^{\circ}/_{\infty}$ онъ равенъ 1.274.

М. Кнудсенъ предложилъ слѣдующую эмпирическую формулу для выраженія зависимости между σ_t (σ_t раньше выражалось такъ — $S \frac{0^{\circ}}{4^{\circ}}$) и солѣностью $S^{\circ}/_{\infty}$:

$$\sigma_t = -0,093 + 0,8149 S - 0,000482 S^2 + 0,0000068 S^3$$

«Международныя океанографическія таблицы» (см. стр. 86) вычислены на основаніи вышеприведенныхъ уравненій. Онѣ позволяютъ находить солѣность, удѣльный вѣсъ и плотность морской воды или по количеству хлора, находящагося въ ней, или по ея удѣльному вѣсу.

Опредѣленіе солѣности морской воды по ея удѣльному вѣсу. — Для опредѣленія удѣльнаго вѣса жидкостей существуетъ нѣсколько способовъ, но, къ сожалѣнію, наиболѣе точные требуютъ взвѣшиванія, что на суднѣ не можетъ быть выполнено. Поэтому въ плаваніи можетъ употребляться только ареометрическій способъ опредѣленія удѣльнаго вѣса.

Съ этою цѣлью пользуются стеклянными ареометрами съ постояннымъ вѣсомъ*), слѣанными изъ особаго твердаго стекла, не выщелачиваемаго морскою водою, коэффициентъ расширенія котораго хорошо опредѣленъ (такъ называемое Гюкское нормальное стекло 16^m). Объемъ прибора съ теченіемъ времени не мѣняется, благодаря постоянству матеріала, изъ котораго онъ сдѣланъ.

*) Существуютъ ареометры и съ переѣмными вѣсами и ареометры съ плавнымъ погруженіемъ. Упомянутыя имѣютъ недостатки, но точность вѣсѣвѣе больше.

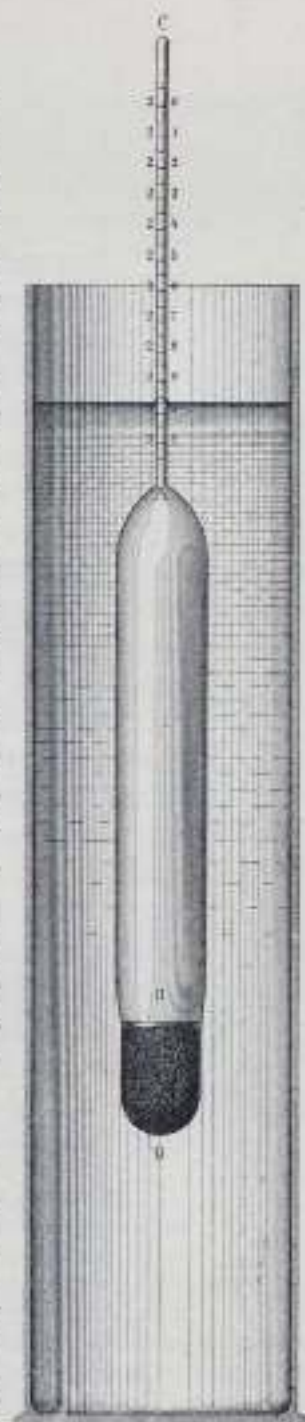
Стекланный ареометръ изображён на чертежѣ (фиг. 37), плавающимъ въ испытуемой водѣ. Онъ состоитъ изъ длиннаго цилиндра *AB*, въ нижней части котораго *BD* залита ртуть или насыпана дробь, прикрытая сверху стеклянною запаянною стѣнкою. Въ верхней части цилиндра ареометра, въ видѣ продолженія его, имѣется тонкая трубчатая шейка, внутри которой укреплена бумажная шкала. Последняя изображена развернутою въ натуральную величину на чертежѣ (фиг. 38); какъ видно, за неизмѣнимъ мѣста, на шкалѣ подписаны только вторая и третья десятичная цифры (20 надо читать — 1,020; а 31 — 1,031). Каждое дѣленіе раздѣлено еще на десять частей, при чемъ на глазъ легко отсчитать половину дѣленія. Такимъ образомъ, отсчетъ удѣльнаго вѣса производится съ точностью до 0,00005.

Въ океанѣ и моряхъ удѣльные вѣса измѣняются отъ 1,00000 до 1,03100; при такихъ предѣлахъ и размѣрѣ шкалы, позволяющей выне-указанную и необходимую точность отсчета, пришлось бы дѣлать ареометры съ очень длинными шейками, что неудобно для работы съ ними. Поэтому изготовляютъ ареометры наборами по шести штукъ, при чемъ шкала каждого ареометра захватываетъ шкалы сосѣднихъ двухъ для большаго и меньшаго удѣльныхъ вѣсовъ.

Напримѣръ, шкалы бывають составлены такъ^{*)}:

I ареометръ отъ . . .	1,000	до	1,007
II " " " " " "	1,006	"	1,011

^{*)} На чертежъ фиг. 37 и 38 изображены шкалы ареометра, имѣющія другіе предѣлы, нежели указанные; вообще для особыхъ цѣлей, напр., для жаконѣ, дѣлаются ареометры со шкалами, гдѣ предѣлы дѣленій состоятъ изъ мѣстныхъ условій (на фиг. 37 и 38 предѣлы шкалы отъ 1,020 до 1,031). На суда выдаются наборы и изъ 6 ареометровъ и изъ 5, въ послѣднемъ случаѣ предѣлы шкалы нѣсколько иные.



Фиг. 37. Стеклянный ареометръ.

III ареометръ отъ	1,010	*	1,016
IV „ „	1,015	*	1,021
V „ „	1,020	*	1,026
VI „ „	1,025	*	1,031



Фиг. 38.
Шкала
ареометра.

При наборѣ ареометровъ имѣется стеклянный цилиндръ или, какъ говорить, стаканъ, въ который наливается испытываемая вода, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 37). Такъ какъ удѣльный вѣсъ измѣняется съ переменною температурою воды, то необходимо знать, при какой температурѣ произведено было наблюдение. Для этого имѣется при наборѣ ареометровъ особый термометръ, который заключенъ въ широкую стеклянную трубку, чтобы онъ плавать и шарикъ его не касался бы дна.

Какъ термометръ, такъ и ареометры должны быть проверены и поправки ихъ приложены къ набору ареометровъ. Передъ употребленіемъ термометръ, ареометры и стаканъ должны быть тщательно обмыты изъ прѣсной воды и вытерты чистымъ полотенцемъ, не оставляющимъ ворсинокъ на стеклѣ приборовъ. Брать и класть вычищенные приборы въ ихъ гнѣзда изъ ящикъ надо осторожно, непременно за верхніе концы термометра и шейки ареометровъ, чтобы не останить жирныхъ пятенъ на той ихъ части, которая уходитъ въ испытываемую воду. Даже самое незначительное количество жира, всегда имѣющееся на пальцахъ, достаточно, чтобы произвести жирный налетъ на поверхности воды и измѣнить отчеты по ареометру (вѣдѣствіе измѣненія поверхностнаго натяженія жидкости, меншею ея будетъ другой). Если нужно хорошенько вычистить шейку, то надо протереть ее вѣякомъ, а потомъ снова обмыть прѣсною водою.

Поправки ареометровъ производится слѣдующимъ образомъ. Приготовляется известное количество соли изъ дистиллированной воды (обыкновенно такого содержанія соли, чтобы для шкалы сдѣланнаго ареометра seria было три-четыре раствора: въ началѣ, серединѣ и въ концѣ его шкалы). Удѣльный вѣсъ каждаго раствора опредѣляется выравненнымъ ареометромъ, поправки которого выписаны съ достаточною точностью по удѣльнымъ вѣсамъ растворовъ, найденнымъ способомъ вывѣсиванія на чувствительныхъ вѣсахъ. Дѣлаю отчеты по испытываемымъ ареометрамъ въ растворахъ известнаго удѣльнаго вѣса, получаются изъ сравненія отчетовъ съ удѣльнымъ вѣсомъ—поправки ареометровъ. Обыкновенно доводятся до ума тремя-четырьмя поправками для каждаго ареометра, записываютъ ихъ на графическую бумагу и соединяютъ полученныя точки ложною линіей (фиг. 39) и для каждаго отчета арео-

метра определяются по графику его поправки. В хороших приборах линия, соединяющая точки определенных опытов поправкой, получается очень близко к прямой, как на фиг. 39 для ареометра № 3016; если же инструмент неоднороден, то получается сильно изогнутая линия (как на фиг. 39 для ареометра 732); это случается, когда шкала ареометра недостаточно правильной цилиндрической формы, или шкала плохо разделена.



Фиг. 39. Графическое определение поправки ареометра.

Поправки, снятые с графика, вписываются на особые бланки, образец которых дан ниже.

МОРСКОЕ МИНИСТЕРСТВО.

Гидро-метеорологическая часть

Главного Гидрографического Управления.

Ареометр № 3016.

Крайня дѣленія 1,0000—1,0070.

Отъ	До	Поправка.
1,00000	1,00134	0,00000
1,00135	1,00298	+ 0,00001
1,00299	1,00442	+ 0,00002
1,00443	1,00522	+ 0,00003
1,00523	1,00604	+ 0,00004
1,00605	1,00700	+ 0,00005

Время опредѣленія поправки

9. VII. 1911 г.

Поправка

Для поправки серии ареометров выданы следующие таблицы.

Отр. журнала поправки приборов.....

МОРСКОЕ МИНИСТЕРСТВО.

Гидро-метеорологическая часть Главного Гидрографического Управления.

Поправки ареометров серии Р 14

№ 3911			№ 3913			№ 3900		
отъ	до	попр.	отъ	до	попр.	отъ	до	попр.
1.0000	1.0018	+ 0.0003	1.0000	1.0002	+ 0.0002	1.0100	1.0138	+ 0.0004
1.0010	1.0004	+ 0.0004	1.0003	1.0104	+ 0.0003	1.0139	1.0153	+ 0.0003
№ 2777			№ 2746			№ 2736		
1.0150	1.0163	+ 0.0003	1.0200	1.0220	+ 0.0003	1.0250	1.0268	+ 0.0000
1.0164	1.0187	+ 0.0003	1.0221	1.0240	+ 0.0002	1.0269	1.0291	+ 0.0001
1.0188	1.0205	+ 0.0002	1.0241	1.0251	+ 0.0001	1.0292	1.0304	+ 0.0002
			1.0253	1.0257	+ 0.0000			

Термометры при ареометрах № 311.

Отъ 0.0	до 6.1	поправка	0.0
" 6.2	" 15.3	"	- 0.1
" 15.4	" 30.0	"	- 0.2

Время взвешивания поправок.

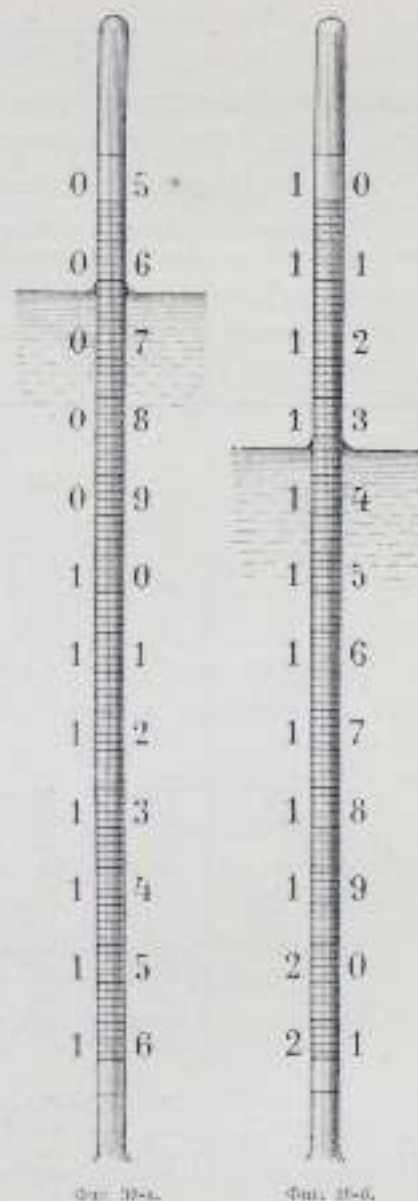
9. VII. 1911 г.

Повторять

Производство наблюдений удельного веса. — Достать воду съ поверхности или съ глубины, какъ было указано выше, предварительно споласкиваютъ три раза стаканъ этою же водою, затѣмъ наливаютъ ее въ стаканъ почти до верху и, чтобы вода не испарялась, закупориваютъ стаканъ гуттаперчевою пробкою, обмытою тою же водою. Стаканъ съ водою ставятъ въ томъ помѣщеніи, гдѣ будутъ определять удѣльный весъ, напримѣръ, въ штурманской рубкѣ. Тамъ же долженъ находиться и ящикъ съ ареометрами, крышка ящика должна быть открыта, чтобы ареометры, стаканъ и термометръ приобрѣли температуру каюты. Приблизительно черезъ полчаса или часъ, смотря по тому, насколько температура воды отличалась отъ таковой же каюты, вода и всѣ приборы примутъ температуру помѣщенія. Тогда, открывъ стаканъ, опускаютъ туда термометръ и, пока онъ плаваетъ и устанавливается его

отсчитать, выбирают подходящий ареометр из набора *) и, отсчитав термометр, вынимают его и помещают в сосуд с прѣсною водою, а на его мѣсто опускаютъ осторожно ареометръ. Вслѣдствіе капиллярности менискъ воды будетъ стоять выше уровня ея въ стаканѣ, какъ это видно на чертежахъ (фиг. 39-а и 39-б). На чертежахъ ясно видно, что, если мысленно продолжить горизонтальную поверхность воды, то она пересѣчетъ шейку по пунктирной линіи, которая и соответствуетъ настоящему отсчету ареометра. Чтобы увидать этотъ отсчетъ, надо смотрѣть нѣсколько ниже поверхности воды въ стаканѣ, глазами продолжая плоскость поверхности воды до пересѣченія ея со шкавою. На чертежѣ (фиг. 39-а) отсчетъ будетъ 1,00615, а на другомъ чертежѣ (фиг. 39-б) отсчетъ будетъ 1,01315.

Чтобы удобнее было замѣчать цифры дѣленій шкавы, ареометру при его опусканіи въ стаканъ сообщаютъ легкое вращательное движеніе, такъ, чтобы передъ глазами наблюдателя сперва проходила старшая цифра отсчета, а потомъ младшая, т.-е. въ данныхъ примѣрахъ сперва 0, а потомъ 6, сперва 1, а потомъ 3. Кромѣ того, вращеніе ареометра полезно еще и потому, что наблюдатель при этомъ видитъ, не пристали ли гдѣ-нибудь къ стѣнкамъ прибора пузырьки газа, всегда вмѣющихся въ водѣ. Пузырьки увеличиваютъ пловучесть ареометра и



*) Такъ какъ ареометрическія наблюденія производятся часто, каждое четыре часа, а величина удѣльнаго веса измѣняется съ переменною хѣтотъ медленнѣе, то послѣ перваго наблюденія уже извѣстно, какой ареометръ надо брать изъ набора.

ТАБЛИЦА ПОПРАВОКЪ

для приведенія удѣльнаго вѣса морской воды (ареометромъ изъ нормальнаго стекла 16°) при температурѣ t° къ удѣльному вѣсу при 17°/5.
(Поправки даны изъ плотомъ десятичнымъ знакамъ).

Выдержки изъ „Международныхъ океанографическихъ таблицъ“ М. Кюльена.

Наблюденный удѣл- ный вѣсн при тем- пературѣ °C.	Поправки удѣльныхъ вѣсовъ при температурахъ													
	14,0	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4	15,6	15,8	16,0	16,2	16,4	
1.00000	-47	-45	-43	-40	-38	-35	-33	-30	-27	-25	-22	-19	-16	
1.00100	48	46	43	41	39	36	33	31	28	25	22	20	17	
1.00200	49	47	44	42	39	37	34	31	29	26	23	20	17	
1.00300	50	48	45	43	40	37	35	32	29	26	23	20	17	
1.00400	51	48	46	43	41	38	35	32	29	26	23	20	17	
1.00500	-52	-49	-47	-44	-41	-39	-36	-33	-30	-27	-24	-21	-18	
1.00600	53	50	47	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	
1.00700	54	51	48	45	43	40	37	34	31	28	25	21	18	
1.00800	54	52	49	46	43	40	37	34	31	28	25	22	18	
1.00900	55	53	50	47	44	41	38	35	32	29	25	22	19	
1.01000	-56	-53	-50	-48	-45	-42	-39	-35	-32	-29	-26	-22	-19	
1.01100	57	54	51	48	45	42	39	36	33	29	26	23	19	
1.01200	58	55	52	49	46	43	40	37	33	30	26	23	20	
1.01300	59	57	53	50	47	44	40	37	34	30	27	23	20	
1.01400	60	57	54	51	47	44	41	38	34	31	27	24	20	
1.01500	-61	-58	-54	-51	-49	-45	-41	-38	-34	-31	-27	-24	-20	
1.01600	61	58	55	52	49	45	42	38	35	31	28	24	21	
1.01700	62	59	56	53	49	46	42	39	35	32	28	25	21	
1.01800	63	60	57	53	50	46	43	39	36	32	29	25	21	
1.01900	64	61	57	54	51	47	44	40	36	33	29	25	21	
1.02000	-65	-61	-58	-55	-51	-48	-44	-41	-37	-33	-29	-25	-22	
1.02100	66	62	59	55	52	48	45	41	37	33	30	26	22	
1.02200	66	63	60	56	53	49	45	42	38	34	30	26	22	
1.02300	67	64	60	57	53	49	46	42	38	34	30	26	22	
1.02400	68	64	61	57	54	50	46	42	39	35	31	27	23	
1.02500	-69	-66	-62	-58	-55	-51	-47	-43	-39	-35	-31	-27	-23	
1.02600	70	66	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	
1.02700	71	67	63	59	56	52	48	44	40	36	32	28	23	
1.02800	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	
1.02900	72	69	65	61	57	53	49	45	41	37	33	28	24	

поднимают его из воды, нажимают отсчетъ. Отсчитавъ ареометръ, его вынимаютъ, помещаютъ въ сосудъ съ прѣсною водою, а на его мѣсто опускаютъ вторичный сухо термометръ и, пока по немъ сдѣлаютъ отсчетъ, ареометръ обмываютъ прѣсною водою и вытираютъ. Отсчитавъ термометръ, вторично опускаютъ въ стаканъ ареометръ и опять отсчитываютъ его, а затѣмъ, вынувъ его, снова опредѣляютъ температуру испытуемой воды. Для послѣдовательныхъ отсчетовъ должны сходиться въ предѣлахъ ихъ точности, т.-е. $\pm 0,00005$; въ противномъ случаѣ надо еще разъ вынуть ареометръ, хорошенько вымыть его и шейку и очистить поверхность воды въ стаканѣ, проведя по ней нѣсколько разъ кусочкомъ чистой фильтровальной бумаги, и тогда сдѣлать третье наблюдение. По окончаніи наблюдений термометръ, ареометръ и стаканъ обмываютъ прѣсною водою, вытираютъ и укладываютъ въ ящикъ.

Во всякомъ случаѣ всякое опредѣленіе удѣльнаго вѣса всегда начинается съ опредѣленія температуры воды въ стаканѣ и имъ оканчивается. Если бы отсчеты термометра до и послѣ погруженія ареометра оказались немного разными (въ предѣлахъ двухъ, много — трехъ десятыхъ градуса), то среднее арифметическое принимаютъ за температуру воды при отсчетѣ ареометра. Вліяніе температуры на точность опредѣленія удѣльныхъ вѣсовъ очень большое, и потому надо обращать особое вниманіе, чтобы температура воды, комнаты и приборовъ была та же самая.

Такъ какъ температура эта, смотря по обстоятельствамъ, можетъ быть весьма различна, а удѣльный вѣсъ надо знать при температурѣ $17^{\circ},5$, то необходимо придать къ отсчету удѣльнаго вѣса поправку для приведенія его къ $17^{\circ},5$. Для нахождения означенной поправки служить особая таблица, помѣщенная въ «Международныхъ океанографическихъ таблицахъ», извлеченіе изъ которой и дано здѣсь для примѣра (стр. 84).

Положимъ, температура воды въ стаканѣ до и послѣ погруженія ареометра была $14^{\circ},3$ и $14^{\circ},5$; средняя $14^{\circ},4$. Поправка термометра для данной температуры $+0^{\circ},2$; исправленный отсчетъ температуры воды въ стаканѣ будетъ $14^{\circ},6$.

Отсчетъ по ареометру, положимъ, былъ:

Отсчетъ ареометра	1.62545
Поправка ареометра	+0,00022
<hr/>	
Исправленный отсчетъ ареометра . . .	1.62567

Этот удельный вес 1,02567 находился при температурѣ 14°,6. Въ выдержкѣ изъ таблицы поправки, помѣщенной выше, находимъ столбецъ температуры 14°,6, и подъ этою температурою между удельными весами, заключающими наблюденный, т.е. въ строкахъ 1,02500 и 1,02600 находимъ поправки 58 и 59; беремъ поправку ближайшаго удельнаго веса (1,02600), т.е. — 59, что значитъ — 0,00059. Следовательно, имѣемъ:

Удельный весъ при 14°,6	1,02567
Поправка для приведенія къ удельному вѣсу при 17°,5	— 59
<hr/>	
Удельный весъ при 17°,5	1,02508

По удельному вѣсу при 17°,5 въ другомъ мѣстѣ «Международныхъ океанографическихъ таблицъ» находимъ соленость.

Выдержка изъ этой таблицы помѣщена ниже.

Выдержка изъ „Международныхъ океанографическихъ таблицъ“ М. Кюденеа.

С ₁ (хлоръ).	S (соленость).	σ_t уд. в. при 0°.	$\rho_{17,5}$ уд. в. при 17°,5.
10,10	32,39	26,27	24,37
11	72	29	99
12	74	30	25,00
13	75	32	02
14	77	33	03
15	79	35	04
16	81	36	06
17	83	38	07
18	84	39	08
19	86	40	10

По удельному вѣсу ($\rho_{17,5}$) 1,02508 въ правомъ столбцѣ находимъ во второмъ столбцѣ искомую соленость $S = 32,84\frac{67}{100}$.

Такимъ образомъ, благодаря вышеуказаннымъ таблицамъ, задача найти соленость по удельному вѣсу очень облегчена.

Чтобы иметь некоторое представление о соотношеніи величинъ солёности, удѣльнаго вѣса при 17,5 и плотности при разныхъ температурахъ, здѣсь приведены сравнительно всѣ три величины при ихъ равныхъ значеніяхъ:

Солёность на 1.000 частей $S_{17,5}$	0,00	10,00	20,00	30,00	35,00	40,00
Соотвѣствующій удѣльный вѣсъ при 17,5 градусахъ	1,00000	1,00369	1,01530	1,02292	1,02674	1,03058
Плотность σ_t при температурахъ t° :						
0°	0,99987	1,00502	1,01607	1,02411	1,02813	1,03217
5°	0,99909	1,00797	1,01586	1,02375	1,02770	1,03167
10°	0,99823	1,00585	1,01342	1,02099	1,02478	1,02860
15°	0,99567	1,00315	1,01057	1,01801	1,02175	1,02551

Физико-географическія причины, управляющія распредѣленіемъ солёности по поверхности океановъ и морей.—При испареніи съ поверхности какого-либо воднаго раствора испаряется только вода, а вещества, находящіеся въ растворѣ, остаются въ немъ, поэтому крѣпость раствора при испареніи увеличивается.

Обратно, если къ водному раствору какихъ-либо веществъ приливать воду, то крѣпость раствора будетъ уменьшаться.

Эти-то двѣ причины и управляютъ въ природѣ распредѣленіемъ величины солёности по поверхности океановъ и морей.

Испареніе увеличиваетъ солёность, величина же испаренія главнымъ образомъ зависитъ отъ двухъ причинъ: температуры и вѣтра. Чѣмъ выше первая, тѣмъ испареніе больше; чѣмъ сильнѣе и, главное, тѣмъ постояннѣе вѣтеръ, дующій надъ поверхностью воды, тѣмъ испареніе больше, потому что воздухъ, получившій уже некоторое количество паровъ воды, уносится прочь, и на его мѣсто притекаетъ болѣе сухой воздухъ.

Выпаденіе осадковъ и таяніе льдовъ въ открытомъ океанѣ будетъ уменьшать солёность на поверхности. Вблизи же береговъ и въ моряхъ солёность уменьшается, вслѣдствіе впаденія рѣкъ.

Географическое распредѣленіе солёности по поверхности океановъ и морей.—*Солёность на поверхности океановъ.*—Въ зависимости отъ двухъ вышеуказанныхъ причинъ наблюдается слѣдующее распредѣленіе солёности на поверхности всѣхъ открытых океановъ.

Около экватора, въ экваторіальной штилевой полосѣ, находится область сравнительно меньшей солёности, обусловленная большимъ ко-

личествомъ дождей, здѣсь выпадающихъ, влѣдствіе скопленія паровъ, собранныхъ пассатами съ широкихъ пространствъ къ сѣверу и къ югу отъ штилевой полосы. Такимъ образомъ, несмотря на высокую температуру въ штилевой полосѣ, испареніе тамъ не велико (около 4 мм. въ сутки, см. фиг. 40), и количество выпадающей воды больше, чѣмъ испарившейся.

По обѣ стороны къ сѣверу и къ югу, въ широкихъ пассатныхъ полосахъ, осадковъ выпадаетъ мало, а испареніе очень велико и какъ слѣдствіе высокой температуры и особенно какъ слѣдствіе постоянныхъ и сухихъ вѣтровъ — пассатовъ. Въ этихъ полосахъ въ годъ испаряется слой воды толщиной около 3 метровъ.

Отъ границъ пассатныхъ полосъ къ обѣимъ полярнымъ областямъ соленость убываетъ влѣдствіе уменьшенія испаренія, потому что въ умеренныхъ широтахъ температура ниже и дѣятъ столь постоянныхъ и сухихъ вѣтровъ, какъ пассаты. Съ другой стороны причины, уменьшающія соленость, возрастаютъ съ удаленіемъ отъ пассатныхъ полосъ; увеличивается количество осадковъ, и постепенно начинаютъ встрѣчаться пловучіе льды, таеніе которыхъ тоже способствуетъ уменьшенію солености на поверхности.

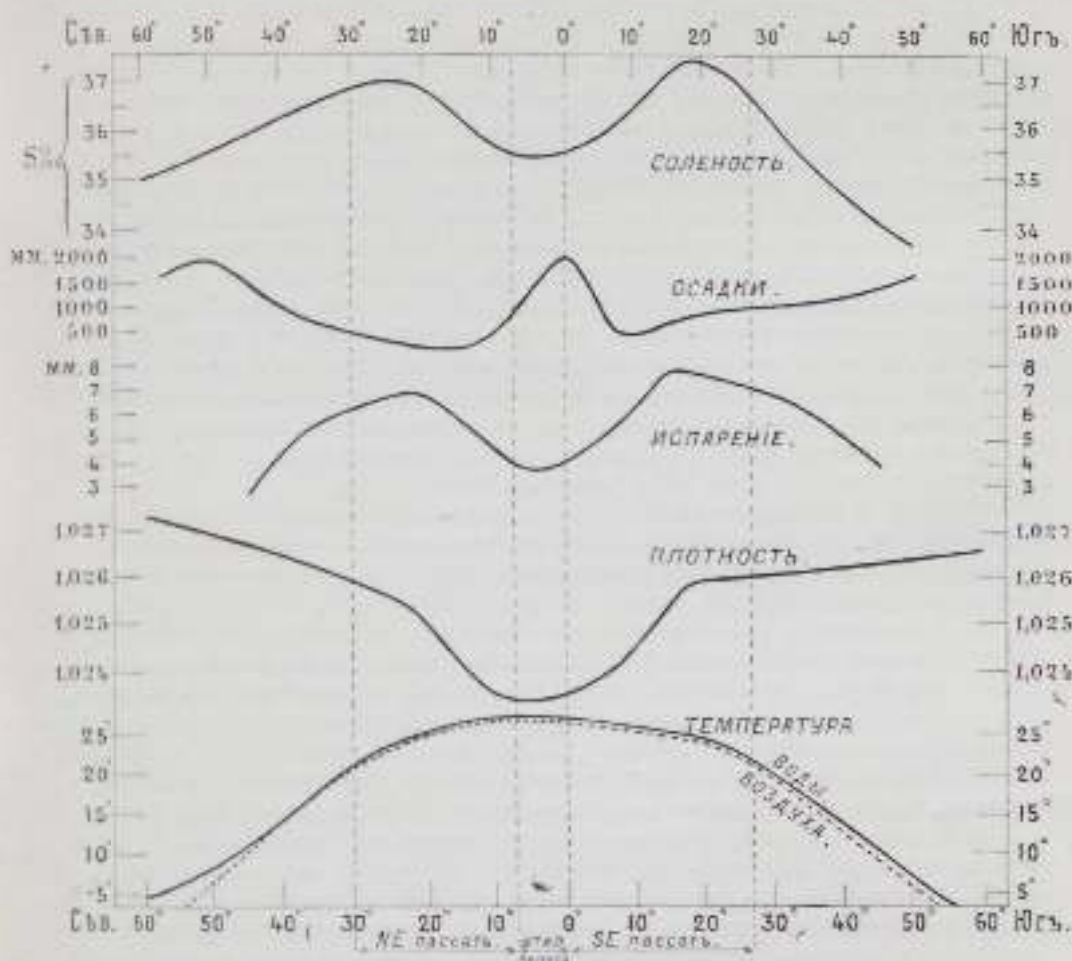
Только-что сказанное выше о зависимости распредѣленія по широтамъ въ океанахъ солености отъ испаренія и осадковъ наглядно видно на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 40). Вверху дана кривая распредѣленія солености по широтамъ для Атлантическаго океана вдоль срединнаго меридіана его; наибольшія солености приходится въ областяхъ пассатовъ; онѣ раздѣлены областью малой солености, соответствующей штилевой полосѣ. Къ сѣверу и къ югу отъ пассатныхъ полосъ солености быстро убываютъ.

Слѣдующая кривая изображаетъ распредѣленіе количества атмосферныхъ осадковъ, она имѣетъ видъ обратный кривой солености, менѣе всего выпадаетъ осадковъ въ пассатныхъ полосахъ, а болѣе всего — въ штилевой полосѣ.

Кривая испаренія *) совершенно одного характера съ кривою солености, наибольшее испареніе въ пассатныхъ полосахъ, а наименьшее въ штилевой и въ умеренныхъ широтахъ.

Кривая распредѣленія плотности по широтамъ въ тропикахъ совершенно повторяетъ кривую солености, а въ умеренныхъ поясахъ она

*) Кривая испаренія построена на основаніи наблюденій Лютгенса, недавно опубликованныхъ. Она даетъ испареніе за сутки.



Фиг. 39. Распределение по широтам в Атлантическом океане: солености, осадков, испарения, плотности и температуры воды на поверхности и воздуха над ней.

и есть иначе, тамъ плотность воды находится въ большей зависимости отъ температуры, нежели отъ солености; а именно: съ пониженіемъ температуры воды съ увеличеніемъ широты, плотность увеличивается; кривыя температуры воздуха и воды дополняютъ связанное выше.

Такова общая картина распределенія солености, одинаковая для всѣхъ трехъ океановъ; то же самое хорошо видно изъ рассмотрѣннй карты распределенія солености на поверхности океановъ (фиг. 41, стр. 92), гдѣ мѣста, имѣющія одинаковыя солености, соединены согласными кривыми, называемыми изогалинами (линіи равныхъ соленостей).

Способы обработки и изображения географического распределения данных по земной поверхности. — Чтобы составить понятие о распределении какого-либо явления по земной поверхности, наносят на карту некоего шара нь соответственныхъ явлений цифровыя величины, выражающія явление для даннаго момента или въ среднемъ за сутки, за мѣсяцъ или за годъ (при этомъ, конечно, всѣ величины должны быть приведены къ одной и той же уровню поверхности, обыкновенно къ уровню моря). Затѣмъ, интерполируя между нанесенными величинами, находятъ на картѣ точки, которыя должны были бы соответствовать положенію такихъ же величинъ, но выражающихъ рассматриваемое явление въ иныхъ, окружающихъ цифрахъ. Напримеръ, въ двухъ точкахъ на картѣ обозначены величины 34,4 и 35,2; чтобы найти между ними точку карты, въ которой предположительно должна была бы наблюдаться величина 35,0, поступаютъ такъ. Допустимъ, что распределение величины между точками, гдѣ оно 34,4 и 35,2, является пропорціонально разстоянію, соединивъ эти точки прямой линіей, которую дѣлятъ на 8 равныхъ частей ($35,0 - 34,4 = 6$ и $35,2 - 35,0 = 2$; $6 + 2 = 8$). Теперь уже легко найти на картѣ точку, гдѣ приходится величина 35,0. Очевидно, что, чѣмъ больше количество наблюдений, тѣмъ болѣе будетъ и точекъ на картѣ, гдѣ величина рассматриваемаго явления известна, а слѣдовательно, и интерполяция между этими значеніями будетъ точнѣе.

Если на картѣ найдены нѣскѣ точекъ, соответствующихъ значеніямъ даннаго явления, выраженнымъ въ цифрахъ окружающихъ цифрахъ, черезъ точки съ одинокими значеніями проводятъ такіяже прямыя, совокупность которыхъ будетъ давать наглядное географическое распределение рассматриваемаго явления по земной поверхности. Смотря по характеру явления, проведенныя прямыя получаютъ разныхъ названій. Напримеръ, прямыя равной величины называють—изогалыны. Если нѣтъ поста между изогалынами затеняють разными тонами или разными оттенками красокъ, то карта получаетъ еще болѣе большую наглядность.

Первое приложеніе такого способа выраженія географическаго распределенія къ физико-географическимъ явлениямъ природы было сдѣлано въ самомъ началѣ XIX ст. А. Гумбольдтомъ, составившимъ первыя карты изотермъ воздуха. Выше изъ главъ о глубинахъ было сказано, что родоначальникомъ подобнаго приема выраженія явленій были Боуццъ.

Вышеописанный способъ составленія картъ распределенія какого-либо явления по поверхности океана отличается еще нѣкоторою подробностью, которая выше не была указана. Такъ какъ поверхность океана въ нѣкоторомъ отношеніи подобнаго тому, какой существуетъ на сушѣ, и по своимъ физическимъ свойствамъ вода весьма однородна, то возможно при обработкѣ наблюденій, произведенныхъ на поверхности океана, допустить, что нѣкоторое изъ очень болѣе пространствъ его поверхности совершенно однородно по отношенію ко вѣтви явленія, наблюдаемому въ этихъ предѣлахъ. Какую величину для такого пространства можно допустить, безъ ущерба точности, необходимо нѣмного разъ обсудить привѣтительно въ упомянутомъ матеріалѣ. Для краткаго описанія обыкновенно допустить 5° трапеціи; т. е. поверхность океана меридіанами и параллелями дѣлится на трапеціи черезъ 5° по широтѣ и долготѣ, и поверхность такой трапеціи принимается совершенно однородною по своимъ физическимъ свойствамъ, а потому, гдѣ бы въ ея предѣлахъ ни были сдѣланы наблюденія какого-либо явления, назр., солёности, проливности и др., принимается какъ бы произведеннымъ въ центральной точкѣ трапеціи, относится къ ней и обрабатывается по отношенію къ ней. Съ этимъ явленіемъ всѣхъ судовъ, наёмъ вѣствуютъ въ распоряженіи для даннаго момента или всего мѣсяца, распределяются прежде всего по широтамъ и долготамъ нѣскѣ наблюденій и изъ нихъ выбираются для каждой трапеціи соответствующія данныя (напр., для трапеціи 35°—40° с. ш. и 20°—25° в. долготы, отъ Гринвича берутся наблюденія, произведенныя въ предѣлахъ этихъ широтъ и долготы).

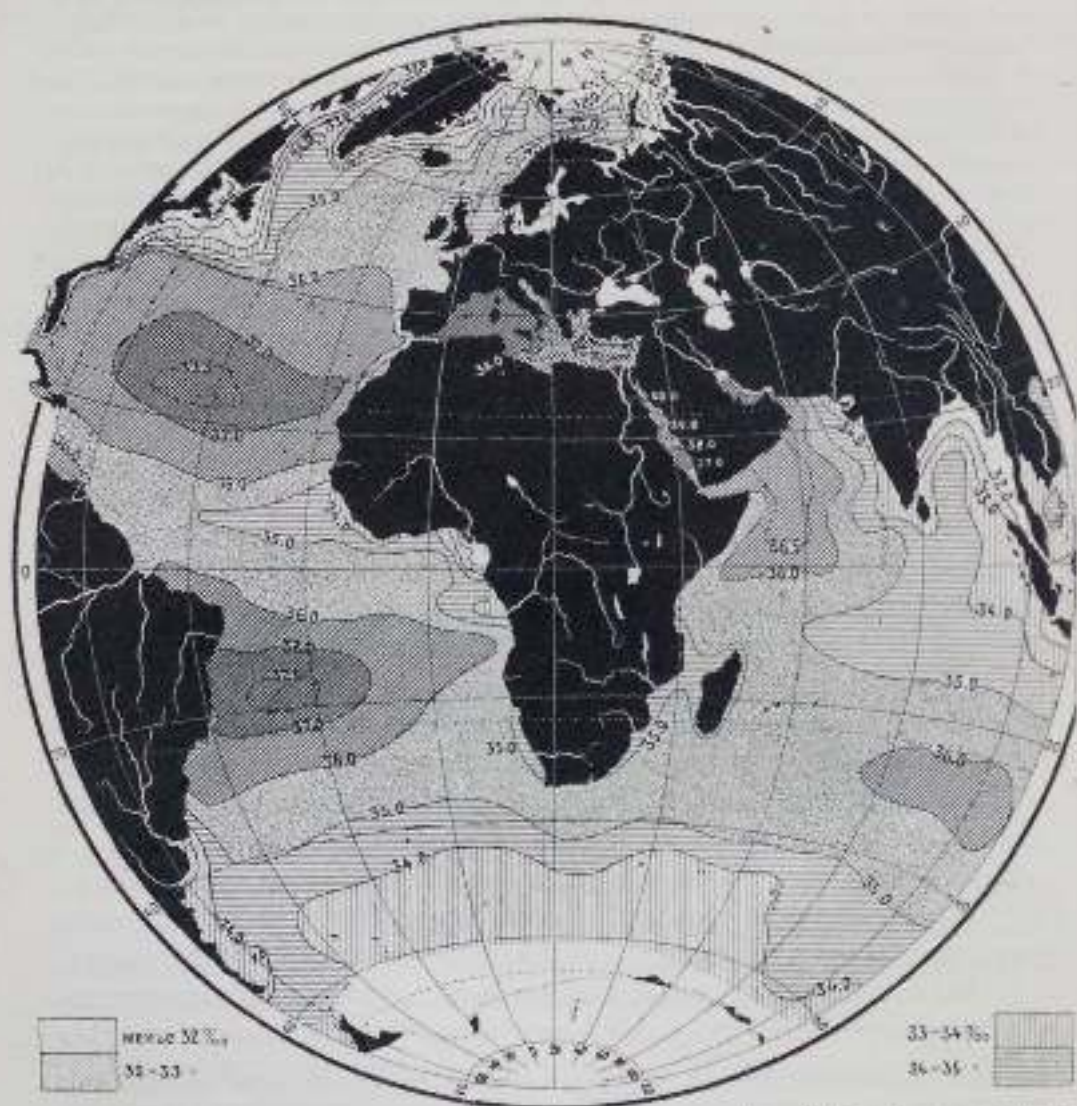
Затѣмъ, если наблюдений много, то ихъ распредѣлить по мѣсяцамъ года, не обращая вниманія на то, что они сдѣланы въ разные годы, и обрабатываютъ каждый мѣсяць, выводя среднюю мѣсячную величину паденія, которую и приписываютъ центральной точкѣ трапецїи. Если материала не много, то прямо выводятъ среднюю годовую величину. Въ первомъ случаѣ можно будетъ построить окончательныя карты распредѣленія даннаго паденія, а во второмъ—только годоныя. Съ этою цѣлью между числами, полученными для центральныхъ точекъ трапецїи, проводятъ то интерполированіе, о которомъ сказано выше, и потомъ чертятъ точки съ одинаковыми округленными величинами съ желаемою подробностью вычерчивая согласныя кривыя. Такъ же можно построить и годовыя карты для любого года отдѣльно.

Общій характеръ распредѣленія солёности по поверхности океановъ изложенъ выше, но такъ какъ каждый изъ трехъ океановъ отличается некоторыми особенностями, обусловливаемыми мѣстными причинами, поэтому и распредѣленіе солёности по ихъ поверхности нѣсколько отличается другъ отъ друга; эти особенности изложены далѣе.

Въ ширловыхъ полосахъ *Атлантическаго* и *Тихаго* океановъ (фиг. 46) солёность понижается, въ первомъ до 35‰ , а во второмъ даже до 34‰ . Въ пассатныхъ полосахъ солёность доходитъ въ Атлантическомъ океанѣ до $37,9\text{‰}$ къ западу отъ Азорскихъ о-въ въ области NE пассата и до $37,6\text{‰}$ въ области SE пассата къ востоку отъ Бразилїи; пространство къ западу отъ Азорскихъ о-въ есть область съ самою высокою солёностью во всемъ Мировомъ океанѣ. Въ Тихомъ океанѣ въ пассатахъ въ сѣверномъ полушарїи солёность около $35,9\text{‰}$, а въ южномъ $36,9\text{‰}$. Такимъ образомъ въ Атлантическомъ океанѣ солёность больше въ области NE пассата, а въ Тихомъ въ области SE пассата.

Далѣе къ полярнымъ областямъ въ Тихомъ океанѣ въ обоихъ полушарїяхъ солёность убываетъ довольно равномерно, и изогалины вслѣдъ расположены близко къ параллелямъ, кромѣ прибрежныхъ частей океана.

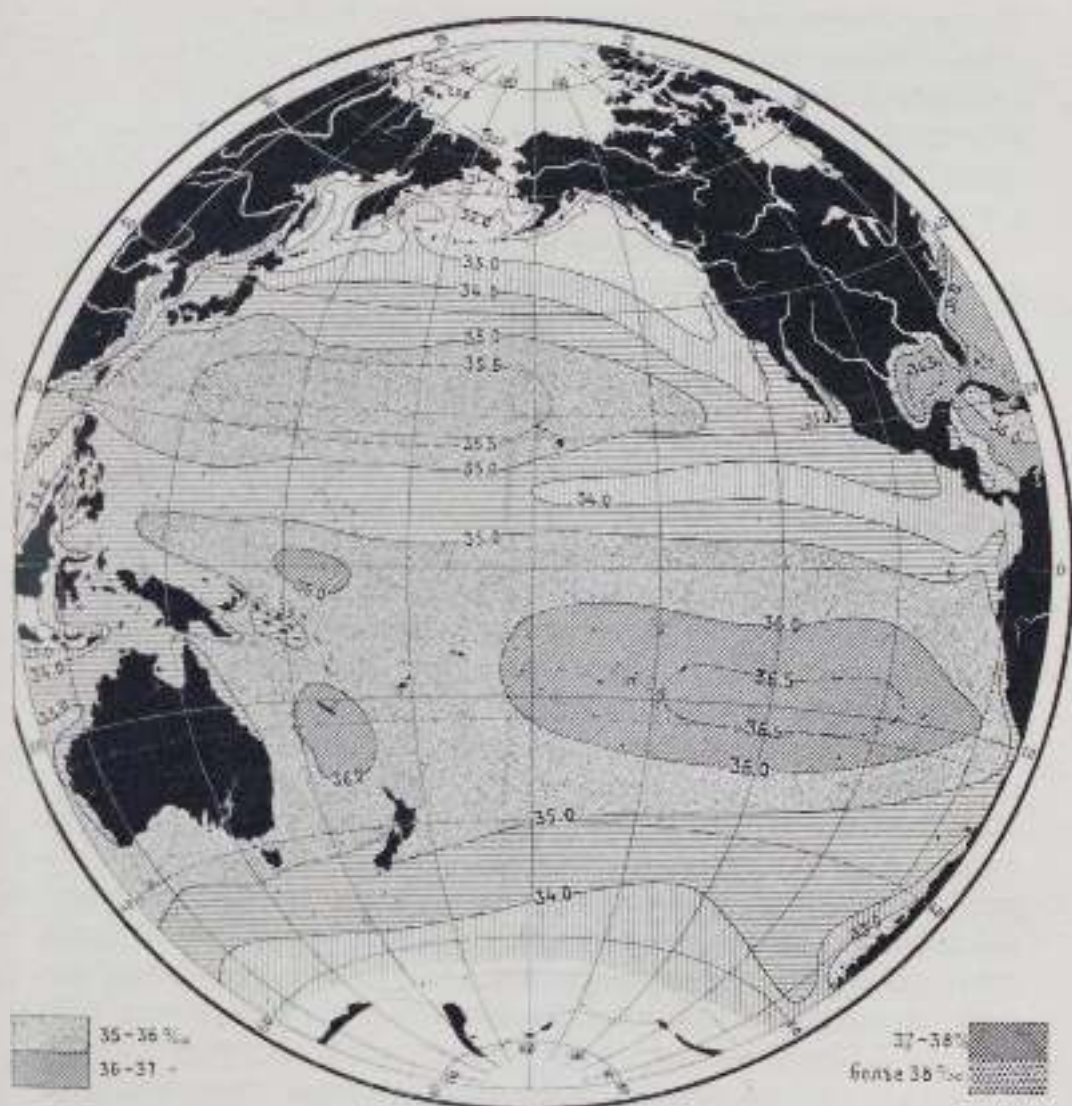
Въ Атлантическомъ океанѣ въ южномъ полушарїи наблюдается такое же распредѣленіе солёности, какъ и въ Тихомъ, изогалины здѣсь правильно расположены, и солёность убываетъ къ югу. Въ сѣверномъ полушарїи это происходитъ совершенно иначе. Начиная отъ пассатной полосы, распредѣленіе солёности находится въ сильной зависимости отъ теченій: Гольфстрима и холодныхъ полярныхъ. Вслѣдствіе встрѣчи къ востоку и къ югу отъ Нью-Фаундленда холоднаго Лабрадорскаго теченія, несущаго много льдовъ, съ Гольфстримомъ, обладающимъ водою большою солёности, идущей съ юга, въ этой области океана изогалины очень близко сдвинуты; солёность на небольшомъ разстояніи измѣняется значительно. Далѣе къ сѣверо-востоку изогалины идутъ подъ угломъ



Фиг. 11. Географическое распределение

45° к параллелям, и область большой солености (около 34,0‰) проникает далеко на север до 80° с. ш. по западную сторону Шпицбергена и до Новой Земли на восток. Эти соленые воды суть воды Гольфстрима. Нигде в Мировом океане в другом месте нет столь больших соленостей в таких высоких широтах.

В Индийском океане, в его южной половине (к югу от



Солёность на поверхности моря.

10° ю. ш.), распределение солёности одинаково съ южными частями другихъ океановъ. Наибольшая солёность и здѣсь наблюдается въ области SE пассата, гдѣ она достигаетъ 36,4‰. Къ сѣверу же отъ 10° ю. ш. правильное распределение солёности нарушается мѣстными причинами, материкомъ Авіи и муссонными течениями. Здѣсь область наибольшей солёности лежитъ между экваторомъ и Аравіей, достигая до 36,5‰.

Такимъ образомъ и въ Индйскомъ океанѣ, такъ же, какъ въ Атлантическомъ, наибольшая соленость встрѣчается въ сѣверномъ полушаріи. Все пространство океана къ сѣверу отъ 10° ю. ш. (и даже 15° ю. ш.) и къ востоку отъ меридіана Остъ-Индіи до Зандскаго архипелага — отличается малою соленостью отъ 35,0‰ до 33‰ и даже 32‰ на сѣверѣ и востокѣ Бенгальскаго залива.

Сравненіе средней солености на поверхности трехъ океановъ, между широтами 60° с. и ю., даетъ слѣдующія величины:

	Сѣверный.	Южный.	Всѣ.
Атлантическій океанъ . .	35,8‰	35,0‰	35,4‰
Тихій " . .	34,6	35,1	34,9
Индійскій " . .	35,0	34,7	34,8
Міровой " . .	—	—	35,0

Отсюда видно, что Атлантическій океанъ не только отличается наибольшею крайнею соленостью, какъ это было указано выше, но и въ среднемъ солености на его поверхности выше, нежели въ другихъ океанахъ. Причиною большей солености Атлантическаго океана являются два обстоятельства: во-первыхъ, его сравнительная большая континентальность; онъ уже двухъ другихъ океановъ, особенно въ области пассатныхъ широтъ, которые къ тому же въ среднемъ за годъ дуютъ здѣсь свѣжѣе, нежели въ двухъ другихъ океанахъ; NE пассатъ здѣсь особенно сухъ, дуетъ отъ Сахары. Во-вторыхъ *), вследствие отсутствія горныхъ цѣпей по берегамъ Атлантическаго океана, воздухъ съ его поверхности уходитъ далеко во внутрь континентовъ, унося съ собою и пары, которые конденсируются и выпадаютъ атмосферными осадками на громаднѣйшемъ пространствѣ всего бассейна Атлантическаго океана (около 50% всей суши), а также и обширныхъ внутреннихъ бассейновъ, безъ стока въ океанъ, которыми особенно богаты материкъ Стараго свѣта (см. стр. 7, фиг. 6 — области внутреннихъ бассейновъ), куда главнымъ образомъ и уносятся пары съ Атлантическаго океана движеніемъ атмосферы къ востоку въ верхнихъ слояхъ ея. Изъ области бассейна Атлантическаго океана рѣками возвращается въ океанъ только часть выназшей на материкахъ воды, а изъ области внутреннихъ бассейновъ въ океанъ ничего не возвращается. Такимъ образомъ часть воды, испаряющей съ поверхности Атлантическаго океана, уходитъ изъ круговорота атмосферной влаги надъ этимъ океаномъ, тѣмъ самымъ увеличивая его среднюю соленость на поверхности.

*) Согласно объясненію А. И. Воеводина (см. „Зап. по Гидр.“, т. XXXVI).

Распределение солености на поверхности морей.—

Соленость на поверхности морей может быть и больше и меньше, нежели въ океанахъ, это зависитъ отъ совокупности условий, въ которыхъ находится данное море. Первая причина, вліяющая на соленость морей, есть болѣе или менѣе широкое сообщеніе ихъ съ океаномъ; тѣмъ сообщеніе свободнѣе, тѣмъ и соленость на поверхности моря менѣе отличается отъ океанской. Потому-то соленость окраинныхъ морей всегда ближе къ океанической, а внутреннихъ—дальше.

Если данное внутреннее море лежитъ въ приэкваториальной области, окружено сухими странами, имѣетъ мало впадающихъ въ него рѣкъ и получаетъ малое количество осадковъ, потому что окружено сухими странами, то соленость на его поверхности будетъ больше океанской и въ исключительныхъ случаяхъ можетъ дойти до очень значительной величины.

Если же внутреннее море лежитъ въ умеренной полосѣ или въ полярной, окружено странами, изобилующими осадками, и принимаетъ много притоковъ, то соленость его будетъ менѣе океанской и иногда даже весьма значительно.

Примѣрами первого рода внутреннихъ морей съ соленостью больше океанской являются: Средиземное, Красное и Персидскій заливъ.

Средиземное море съ вѣка окаймлено очень сухими странами, съ которыхъ порою дуютъ изъ моря горячіе вѣтры. Испареніе велико, потому что море расположено въ субтропической полосѣ; сообщеніе съ океаномъ узкое и только на одномъ концѣ моря; рѣкъ впадаетъ очень мало, значительныхъ только три: Нилъ, Рона и По; осадковъ выпадаетъ немного, и въ результатъ соленость на поверхности моря больше океанской уже у Гибралтарскаго пролива. Въ западной части моря, до Сициліи, соленость $37\text{—}38\text{‰}$, а въ восточной— 38‰ и даже 39‰ и немного болѣе.

Красное море лежитъ между самыми жаркими и самыми сухими странами земного шара, въ него не впадаетъ ни одной рѣки, и сообщеніе его съ океаномъ образуетъ узкій Бабъ-эль-Мандебскій проливъ. Уже на югѣ соленость— 37‰ , постепенно увеличиваясь, она доходитъ на сѣверѣ до 41‰ .

Персидскій заливъ также является моремъ съ соленостью больше океанской. Въ среднемъ за годъ его соленость больше 39‰ въ сѣверной и средней частяхъ и больше 37‰ въ южной части.

Прихѣромъ внутреннихъ морей съ соленостію меньше океанской могутъ служить моря: Черное, Азовское, Мраморное, Балтійское и Бѣлое.

Черное море находится въ условіяхъ, способствующихъ опрѣсненію его поверхности. Сообщеніе его съ другими морями узкое и неглубокое, въ сѣверо-западную часть его впадаютъ четыре большія рѣки, а черезъ Карченскій проливъ вытекаютъ воды мало соленого Азовскаго моря. Вдоль Кавказскаго побережья тоже существуетъ большой притокъ прѣсной воды. Въ то же время испареніе въ среднемъ за годъ меньше, нежели въ Средиземномъ морѣ, а осадковъ выпадаетъ больше; въ результатъ соленость на поверхности Чернаго моря болѣе чѣмъ въ два раза меньше, нежели въ Средиземномъ; въ сѣверо-западной части моря соленость около $17,0\text{‰}$, отсюда на югъ къ средней части моря она увеличивается и доходитъ до $18,5\text{‰}$.

Азовское море есть совершенно распрѣсненный бассейнъ. Соленость его по серединѣ моря колеблется отъ $10,5\text{‰}$ до 12‰ , и къ берегамъ она убываетъ до $9,3\text{‰}$. Наибольшая соленость въ юго-зап. углу моря.

Мраморное море по солености на поверхности занимаетъ промежуточное мѣсто, оно болѣе соленое, нежели Черное, и менѣе, нежели Средиземное. Наибольшая соленость встрѣчается около Дарданеллъ, гдѣ она отъ $25,0\text{‰}$ до $24,5\text{‰}$, а наименьшая—около Босфора $21,0—20,0\text{‰}$. Такое распредѣленіе солености на поверхности совершенно понятно; теченіе изъ Чернаго моря приноситъ болѣе прѣсную воду, которая, разлитая, какъ болѣе легкая, по поверхности моря, постепенно смѣшивается съ болѣе соленою водою Мраморнаго моря, нитаемого изъ Средиземнаго моря теченіемъ по дну Дарданелльскаго пролива. Кромѣ того и испареніе въ Мраморномъ морѣ болѣе вследствие болѣе жаркаго климата, а значительныхъ притоковъ нѣтъ вовсе.

Балтійское море представляетъ крайній примѣръ опрѣсненія. Въ Балтахъ соленость на поверхности сильно колеблется въ зависимости отъ вѣтровъ. При восточныхъ вѣтрахъ соленость убываетъ до 10‰ , а при продолжительныхъ западныхъ вѣтрахъ она увеличивается до $20—22\text{‰}$. Къ югу отъ пролива въ Балтійскомъ морѣ у береговъ Шлезвига— 16‰ , а къ югу отъ Зунда— 12‰ . Къ востоку отъ лянй Зундъ—0 въ Рюгенъ соленость уже $8—7\text{‰}$, а къ востоку отъ 0 на Борнгольма $7—7,5\text{‰}$. Между Готландомъ, берегами Россіи и Аландскими о-ми соленость уже $6—6,7\text{‰}$. Въ Ботническомъ заливѣ соленость убываетъ съ юга на сѣ-

верх; область солёности 5‰ простирается до Кваркена, сѣверѣе она уменьшается до 3‰ и даже 2‰ , а весной, послѣ таянія снѣговъ и меньше. Въ Финскомъ заливѣ область солёности 5‰ доходитъ только до трети длины залива, а вдоль южнаго берега нѣсколько дальше. По срединѣ залива солёность $4,5\text{‰}$, а между Красной Горкой и Бьерке 2‰ . Вообще солёность у восточныхъ и южныхъ береговъ залива больше, нежели у западныхъ и сѣверныхъ.

Такое распредѣленіе солёности обуславливается большимъ притокомъ прѣсныхъ водъ, большимъ количествомъ атмосферныхъ осадковъ, малымъ испареніемъ и узкимъ и малымъ сообщеніемъ съ океаномъ черезъ посредство Нѣмецкаго моря, которое и само обладаетъ солёностью меньшею, нежели въ океанѣ.

Бѣлое море отличается также меньшими солёностями, нежели океанскія у береговъ Мурмана. Въ Горѣ Бѣлаго моря солёность около 33‰ , далѣе къ югу она убываетъ, и въ средней части моря, гдѣ лежитъ область большихъ глубинъ, солёность отъ 25‰ до 26‰ (26,11); на югѣ Двинскаго залива она уменьшается до 19‰ .

Въ моряхъ ограниченныхъ солёность на поверхности всегда мало отличается отъ океанской, какъ это уже было указано выше.

Напримѣръ, въ *Нѣмецкомъ морѣ* солёность на поверхности, начиная отъ $34,5\text{‰}$ у береговъ Великобританіи и Ютландіи, увеличивается къ центральной части моря и посреди его достигаетъ $35,0\text{‰}$. Между Англіей, Голландіей и Бельгіей опять пролегаетъ полоса большой солёности до $35,1\text{‰}$, проникающая сюда узкою полосой изъ Ламанша. Ближе къ берегамъ Ютландіи и Норвегіи солёность убываетъ до $32,0\text{‰}$, а въ Скагерракѣ такая солёность встрѣчается только въ южной его части до мыса Скагена; на сѣверѣ, къ Норвегіи, она убываетъ до 30‰ и даже 28‰ на сѣверо-востокѣ пролива. Въ Каттегатѣ, около мыса Скагена, солёность 30‰ , а затѣмъ она быстро убываетъ и при вхождѣ въ Бельты и Зундъ всего $18\text{—}16\text{‰}$.

Японское море имѣетъ на поверхности солёность по большей части около $34,0\text{‰}$, съ приближеніемъ къ матеріку Азіи солёность убываетъ до $33,0\text{‰}$, а къ югу она увеличивается до $34,5\text{‰}$.

Въ *Охотскомъ морѣ* солёность на поверхности около $32,1\text{‰}$, т.-е. близкая къ той, какая встрѣчается въ Тихомъ океанѣ у Курильскихъ острововъ, гдѣ она около $32,5\text{‰}$.

Въ *Каспійскомъ морѣ* солёность распределена очень равномерно.

Вся средняя часть моря, начиная от входа въ заливъ Песаревича до о-ва Ашуръ-Аде на югѣ, имѣетъ среднюю солѣность около 12,25—12,60‰; дѣльтомъ солѣность тутъ увеличивается до 15‰. Узкая полоса моря, прилегающая къ Кавказскому берегу, имѣетъ меньшую солѣность: около 11—12‰, при чемъ противъ устья р. Куры солѣность падаетъ до 6—7‰ и у самаго впаденія рѣки даже и ниже 1‰. Начиная отъ Дербента вдоль берега на сѣверъ идетъ полоса солѣности отъ 1½‰ до 16‰, а устье дельты Волги окаймлено широкою полосою (шир. 20) малой солѣности, менѣе 1‰.

Соединяющійся съ Каспійскимъ моремъ узкимъ проливомъ обширный заливъ *Карабулазъ* обладаетъ громадною солѣностью, почти подходящею въ солѣности самосадочныхъ озеръ. Его солѣность на поверхности—163,98‰; при этой солѣности составъ его воды таковъ, что надѣль залива отложился мощный слой глауберовой соли.

Аральское м. имѣетъ незначительную солѣность отъ 10‰ до 12,9‰ *).

Географическое распредѣленіе плотности морской воды по поверхности океановъ. — Плотностью морской воды, какъ выше указано, называется ея удѣльный вѣсъ при той температурѣ, какою она обладала въ природѣ на мѣстѣ ея нахождения, относенный къ дистиллированной водѣ при температурѣ 4°. Плотность морской воды принято въ настоящее время выражать греческою буквою σ . Первая картина распредѣленія плотности на поверхности океановъ дана Э. Лендемомъ послѣ его плаванія на плѣсѣ *Предпріиміе*.

Въ разныхъ мѣстахъ океановъ плотность на поверхности измѣняется въ предѣлахъ между 1,0275—1,0220. На прилагаемой картѣ (фиг. 42) видно, что въ тропическихъ областяхъ океановъ встрѣчается наименьшая плотность, а въ высокихъ широтахъ она достигаетъ наибольшей величины. Если сравнить карту распредѣленія солѣности съ такою же распредѣленія плотности морской воды, то окажется, что онѣ совершенно непохожи одна на другую. Если же взглянуть на карту распредѣленія температуры воды на поверхности, помѣщенную далѣе (см. фиг. 54, стр. 134—135), то не трудно замѣтить большое сходство между нею и картою распредѣленія плотности. Отсюда видно, что на распредѣленіе плотности и вообще на плотность морской воды температура воды имѣетъ большее вліяніе, нежели ея солѣность. Потому и географическое распредѣленіе

*) Хотя Каспійское и Аральское моря суть только наибольшія озера въ мірѣ, но, въ виду ихъ значительности, а также и того, что они были исследованы русскими учеными и экспедиціями, здѣсь приведены главнѣйшія о нихъ данныя.

плотностей морской воды на поверхности океанов находится въ зависимости отъ распредѣленія температуры воды, а не солености.

Сжимаемость воды и давленіе на глубинахъ. — Вода вообще и морская вода въ частности обладаютъ небольшою сжимаемостью. Коэффициентъ сжимаемости дистиллированной воды выражается величиною 0,0000496; для морской воды онъ разный при различныхъ соленостяхъ, именно съ увеличеніемъ солености онъ уменьшается; такъ при солености 35‰ коэффициентъ сжимаемости равенъ 0,0000442. Коэффициенты сжимаемости находятся въ зависимости и отъ величины давленія и отъ температуры.

Плотность сжимаемости морской воды некоторый объемъ ея при той же химическомъ составѣ и при той же температурѣ будетъ имѣть на разныхъ глубинахъ различную плотность, тѣмъ болѣеую, чѣмъ значительнѣе глубина. Если, напримеръ, плотность на поверхности равна 1,02810, то она будетъ слѣдующая на глубинахъ:

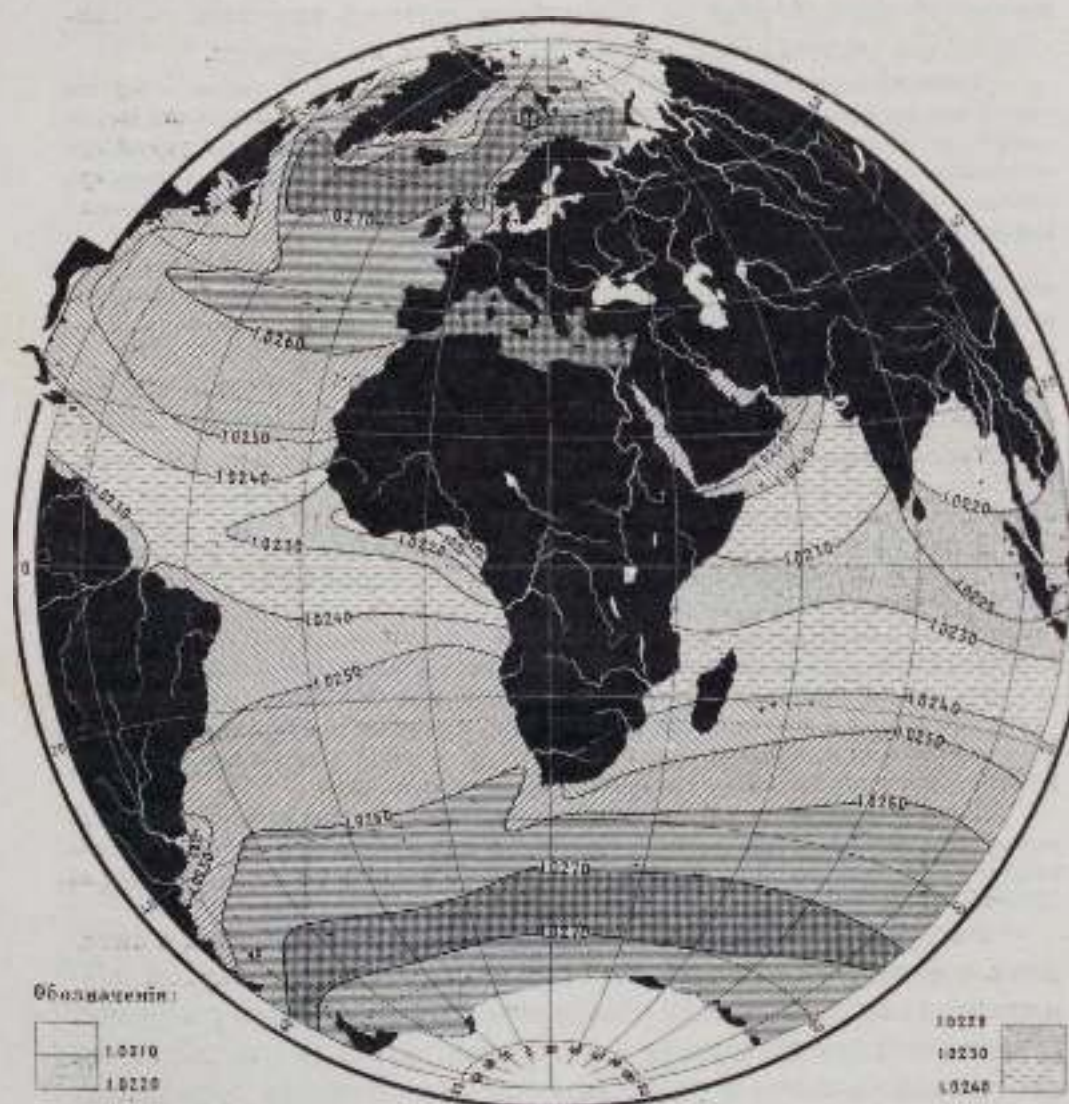
Глубина въ метрахъ	100	1,000	3,000	6,000	10,000
Плотность	1,02856	1,03274	1,04222	1,05694	1,07758

Такимъ образомъ, при изученіи распредѣленія плотностей на глубинахъ въ океанѣ, необходимо принимать во вниманіе сжимаемость морской воды; распредѣленіе же плотностей на глубинахъ имѣетъ значеніе для возникновенія теченій.

Другое показаніе сжимаемости морской воды есть отношеніе объема всего слоя воды въ океанѣ. Если принять среднюю глубину мирового океана равной 3,700 м. и вычислить объемъ слоя воды, который получился бы, если бы вода была абсолютно несжимаема, то окажется, что объемъ Мирового океана долженъ былъ бы тогда быть больше на 11,000,000 куб. км. Если эту 11 милліоновъ распредѣлить на всю поверхность Мирового океана (361 милл. кв. м.), то получится слой воды въ 30 метровъ толщиною, т. е. уровень Мирового океана при существующихъ увеличеніи глубины на эту величину ниже, и такимъ образомъ, благодаря сжимаемости морской воды, приближался полосу континентовъ и тѣмъ образомъ находится выше уровня океана, увеличивая тѣмъ самымъ общую поверхность суши.

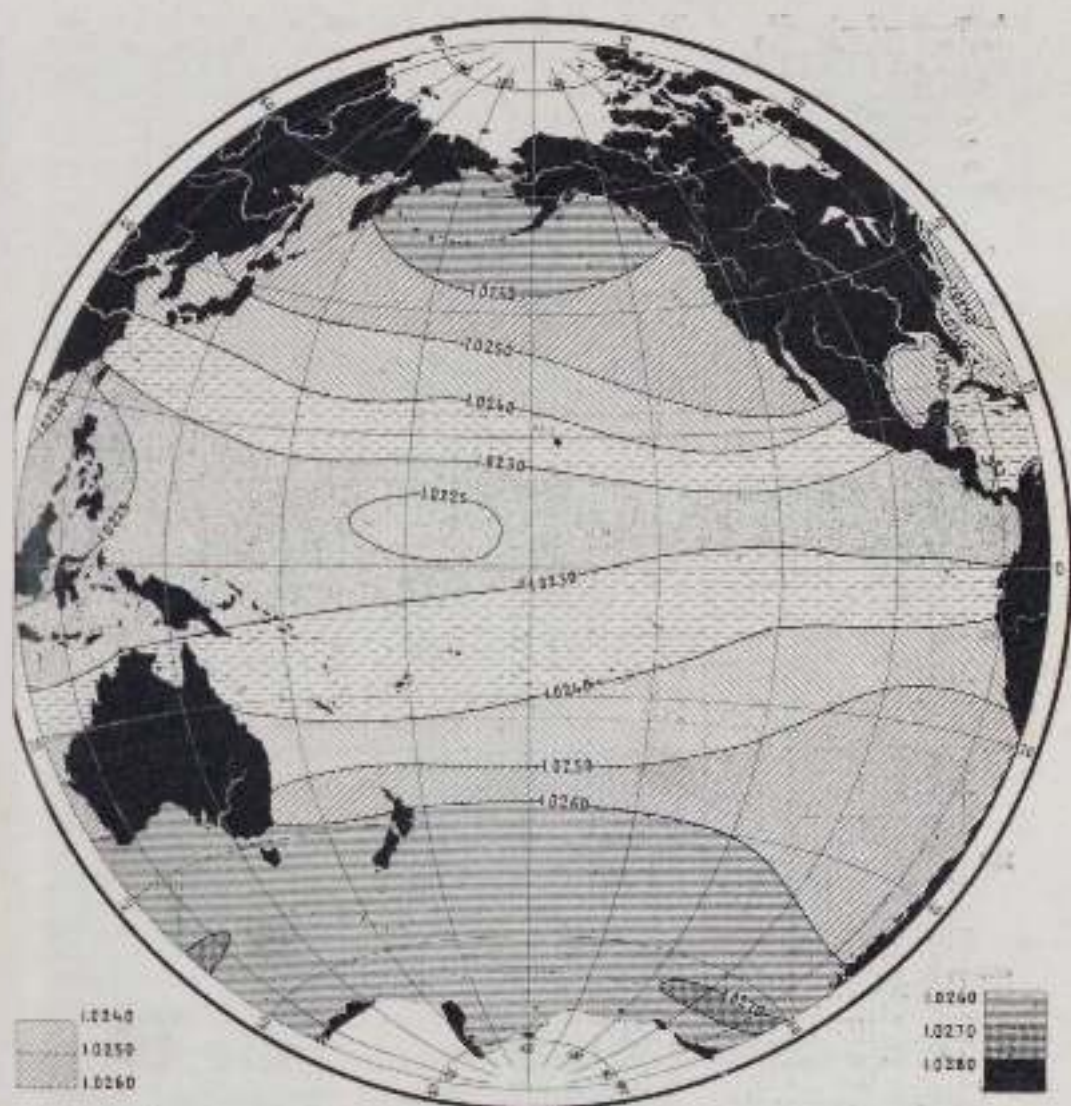
Давленіе съ глубиною въ океанѣ возрастаетъ почти пропорціонально глубинѣ; на каждыя 10 м. приблизительно по одной атмосферѣ. Такимъ образомъ на 9,000 м. давленіе равняется приблизительно 900 атмосферамъ, а на 10,000 м. — 1,000 атмосферамъ (точнѣе, на 9,000 м. давленіе — 945 атм., а на 10,000 м. — 1,113 атм.).

Распредѣленіе солености и плотности на глубинахъ океановъ и морей. — *Океаны.* — Всѣ матеріалы, собранные отъ начала океанографическихъ изслѣдованій (*Challenger*—1872 г.) по вопросу о распредѣленіи солености и плотности на глубинахъ, далеко еще не достаточны для составленія яснаго и удовлетворяющаго современнымъ требованіямъ понятія о вертикальномъ распредѣленіи этихъ элементовъ въ океанахъ. Причиной тому служатъ два обстоятельства: наблюденія на глубинахъ могутъ производить только специально снаряженные экспедиціи, а таковыхъ немного сравнительно съ общимъ числомъ судовъ, плавающихъ въ океанахъ и производящихъ наблюденія на поверхности, что дѣлается безъ остановки судна. Второю причиною недостаточности имѣющихся матеріаловъ является ихъ разновременность и неодинаковость примѣнявшихся способовъ изслѣдованія, выработанныхъ только за послѣднія десять лѣтъ.



Фиг. 43. Географическое распределение

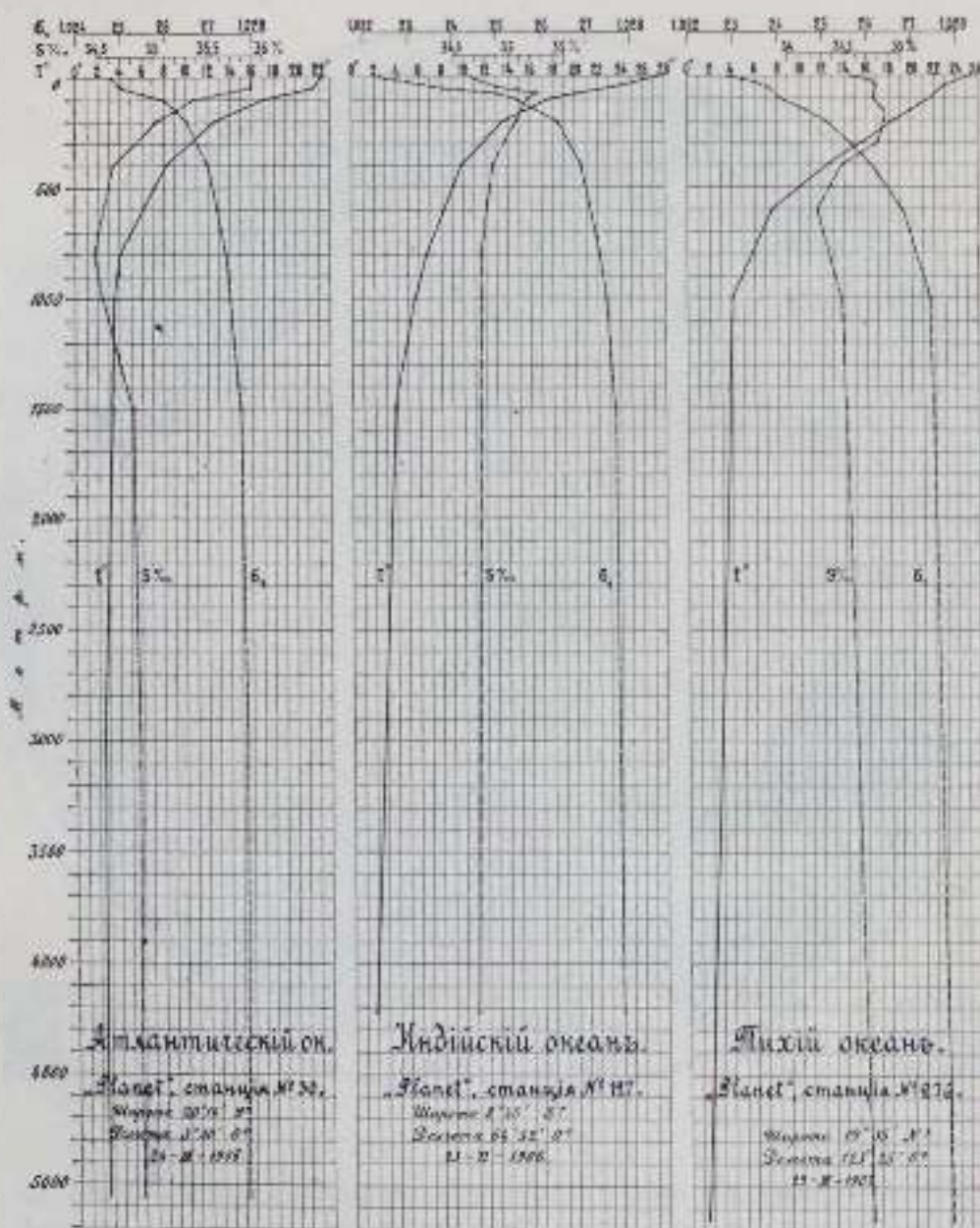
Насколько возможно судить на основании имеющихся данных, вертикальное распределение солёности в океанах имѣют замѣтныя колебанія только въ верхнемъ слое до 1.000 метровъ; ниже эти измѣненія солёности становятся очень невелики. Сказанное хорошо видно на прилагаемомъ чертежѣ (рис. 43), гдѣ представленъ характеръ вертикальнаго распреденія солёности, плотности и температуры на трехъ



Изогипсы на поверхности океана.

станціях германской океанографической экспедиціи на суднѣ *Planet* въ 1906—1907 гг. въ Атлантическомъ, Индійскомъ и Тихомъ океанахъ; наблюденія, послужившія для построенія графика, произведены современными приёмами.

На другомъ чертежѣ (рис. 44) данъ вертикальный разрѣзъ Атлантическаго океана съ сѣвера на югъ вдоль восточной половины океана,

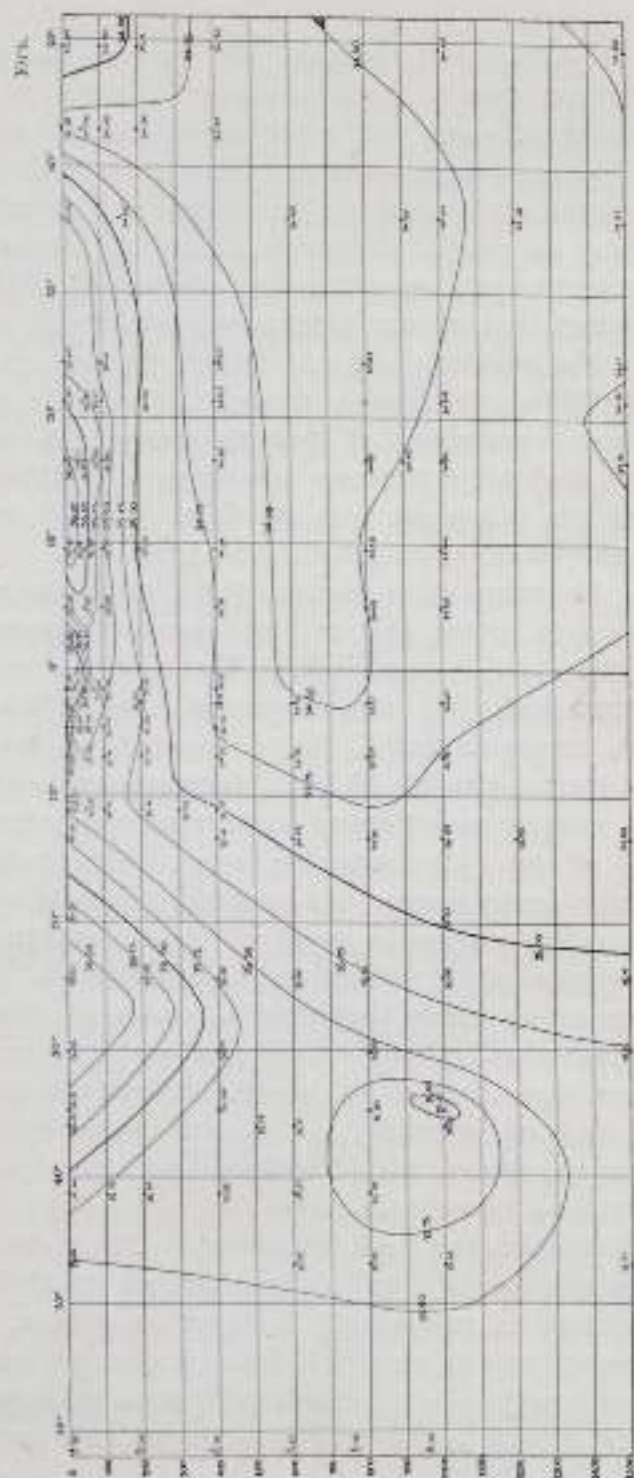


Фиг. 16. Распределение солёности, плотности и температуръ по глубинамъ океановъ.

изображающий распределение солёности въ слое до глубины въ 1.500 м. (построенъ на основаніи наблюденій *Planet*). Здѣсь также хорошо видно,

что до 1.000 м. встречаются замѣтные измѣненія въ вертикальномъ распредѣленіи солености, а глубже они сглаживаются.

Около экватора (см. чертежъ фиг. 44) лежитъ тонкій слой малой солености, меньше $35,0^{\circ}/_{\infty}$, несомненно сдвинутый къ сѣверу. Въ насыщенныхъ полосахъ къ сѣверу и къ югу отъ экватора лежатъ области съ большими соленостями, выше $36,0^{\circ}/_{\infty}$; къ сѣверному полушарію эта область и шире по меридіану и глубже, и солености изъ ней выше. Между 40° и 30° с. ш. на глубинахъ отъ 800 до 1.100 м. замѣчается отдѣльная область повышенной солености, $36,0^{\circ}/_{\infty}$ и больше; она есть послѣдствіе подводнаго теченія подъ большой солености, вытекающихъ изъ Средиземнаго моря черезъ Гибралтарскій проливъ (*Planet* проходила



Фиг. 44. Распредѣленіе солености на глубинахъ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° в. ш. и между меридианами 100° з. д. и 20° в. д. Январь—Апрѣль 1903 г.

очень близко отъ пролива). Въ южномъ полушаріи на разрѣзѣ видна обширная область малой солености (34,50‰ и меньше), выходящая на поверхность между 40° и 50° ю. ш. Она на глубинахъ между 600—800 м. распространяется на сѣверъ даже экватора, это указываетъ, что на глубинахъ существуетъ въ этомъ мѣстѣ медленное передвиженіе водъ съ юга на сѣверъ. Подобную же картину вертикальнаго распределенія солености даютъ меридіанальныя разрѣзы и для Индійскаго и для Тихаго океановъ, почему они и не приведены здѣсь.

Распределеніе на глубинахъ плотности видно на чертежѣ (фиг. 43), гдѣ кривыя плотности морской воды σ_t приближаются своими очертаніями къ кривымъ температуръ, а не соленостей; т.-е. и здѣсь замѣчается большая зависимость плотности отъ температуры, нежели отъ солености, какъ это было уже указано выше при изученіи распределенія плотности по поверхности.

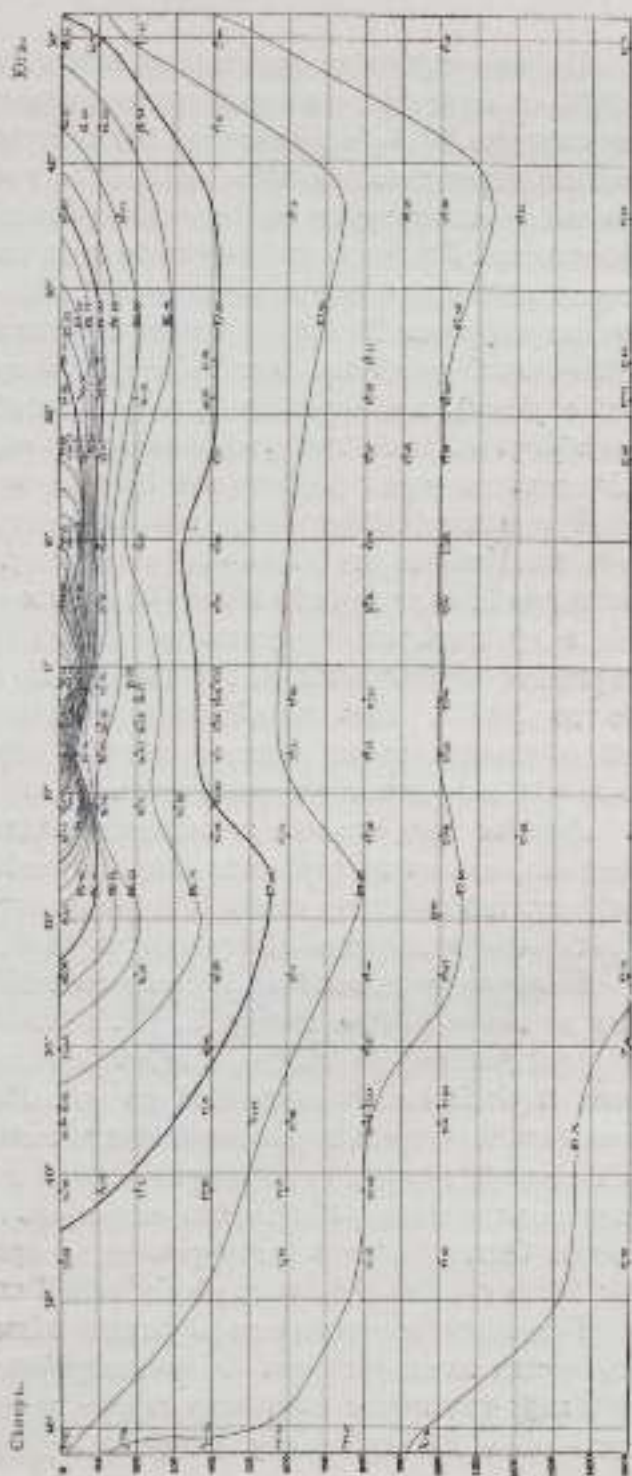
На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 45) данъ разрѣзъ Атлантическаго океана съ сѣвера на югъ, изображающій вертикальное распределеніе плотности въ этомъ океанѣ. Изъ сравненія его съ разрѣзомъ для солености (фиг. 44) видно отсутствіе сходства между ними; если же разрѣзъ, изображающій плотность, сравнить съ такимъ же разрѣзомъ для температуры (см. фиг. 58, стр. 146), то между распределеніями плотности и температуры на глубинахъ окажется полное сходство.

Моря. — Вертикальное распределеніе солености въ моряхъ находится въ зависимости отъ ея величины на поверхности ихъ и отъ характера подводнаго соединенія моря съ близлежащими частями океановъ. На глубинахъ морей обыкновенно распределеніе солености равномернѣе въ горизонтальномъ направленіи, нежели на поверхности, и, чѣмъ море глубже, тѣмъ, съ удаленіемъ отъ поверхности, и распределеніе солености однообразнѣе. Въ моряхъ въ большей части случаевъ соленость ($S_{\text{‰}}$) и плотность (σ_t) съ глубиною увеличиваются, иногда очень незначительно, иногда болѣе замѣтно. Для примѣра достаточно указать на нѣкоторыя европейскія моря.

Средиземное море совершенно отдѣлено на глубинахъ отъ Атлантическаго океана (въ Гибралтарскомъ проливѣ 360 м. = 200 м. с.) и обладаетъ на поверхности большою соленостью, нежели въ Атлантическомъ океанѣ въ широтѣ Гибралтарскаго пролива. Слѣдовательно зимою, когда температуры на поверхности моря ниже, нежели въ соответствующихъ широтахъ Атлантическаго океана, поверхностныя воды моря, при

своей большой солености и понижении температуры, приобретают большую плотность и опускаются в глубину моря. Поэтому Средиземное море имеет свои глубины, заполненные водою значительной солености. В самой восточной части моря, где соленость на поверхности выше $39^{\circ}/_{\text{оо}}$, с глубиною она немного убывает (до $38,7^{\circ}/_{\text{оо}}$). Плотность здесь возрастает с глубиною от 1,02615 на поверхности до 1,02908 в придонном слое.

В средней и в западной частях моря, где на поверхности соленость колеблется от $37^{\circ}/_{\text{оо}}$ до $38^{\circ}/_{\text{оо}}$, она увеличивается с глубиною до $38,4^{\circ}/_{\text{оо}}$ — $38,6^{\circ}/_{\text{оо}}$. Плотность же изменяется здесь с глубиною следующим образом. От 1,02563 на поверхности до 1,02905 в придонном слое.



Фиг. 45. Распределение плотности во глубинах. Азимут: от северу 10° с. в. до 35° с. в. и южку меридианом $12^{\circ}30'$ в. д. и $12^{\circ}30'$ в. д. Визуальное измерение. Апрель 1860 г.

Мраморное море на поверхности имѣетъ соленость отъ 25,0‰ до 20,0‰, съ глубиною она вездѣ увеличивается; на 25 м. (13,7 м. с.) соленость уже 30‰, а начиная со 100 м. глубины (55 м. с.) и до дна соленость возрастаетъ отъ 38‰ до 38,8‰, т.-е. на большихъ глубинахъ она такая же, какъ и въ части Средиземнаго моря, примыкающей къ Дарданелламъ. Плотность на поверхности моря около 1,01329, а въ придонныхъ слояхъ она больше — около 1,02884. Отсюда видно, что вся глубокая котловина Мраморнаго моря заполнена тяжелой водою, пришедшею изъ Средиземнаго моря по дну Дарданельскаго пролива (70—90 м. глубины), а поверхностный, мало соленый и мало плотный слой воды образуется влѣдствіе расширенія его водою поверхностнаго теченія, идущаго черезъ Босфоръ изъ Чернаго моря.

Черное море отличается подобнымъ же вертикальнымъ распредѣленіемъ солености. Начиная отъ 17‰—18‰ на поверхности соленость увеличивается до 20‰ на глубинѣ 100 м. (54 м. с.) и отсюда до дна (2.190 м.—1.200 м. с.) медленно возрастаетъ до 22,5‰. Плотность отъ 1,0080 на поверхности увеличивается съ глубиною и въ придонномъ слой доходитъ до 1,0173. Весь нижній болѣе соленый, плотный и мощный слой образованъ водою нижняго теченія, идущаго по дну Босфора (60 м.—33 м. с.) изъ Мраморнаго моря.

Азовское море, согласно недавнимъ изслѣдованіямъ, еще не опубликованнымъ, имѣетъ на глубинахъ воду большей солености, чѣмъ на поверхности, гдѣ соленость около 12‰, а съ глубиною она постепенно увеличивается и доходитъ въ придонномъ слой до 16‰.

Нѣмецкое море вездѣ въ придонномъ слой заполнено водою солености не менѣе 34,6‰. Между Англіей и Голландіей соленость придоннаго слоя доходитъ до 35,1‰, а вдоль береговъ Скандинавіи, гдѣ проходитъ глубокий каналь, огибающій съ юга Норвегію и заходящій въ Скагерракъ, тамъ придонные слои обладаютъ соленостью до 35,1—35,2‰. Въ Каттегатѣ, начиная съ некоторой глубины и до дна, проходитъ узкая полоса воды солености 34,0‰, она заходитъ къ югу до половины длины пролива. Отсюда-то, какъ далѣе указано, и проникаетъ время отъ времени болѣе соленая вода въ глубокіе слои Балтійскаго моря.

Балтійское море вездѣ на глубинахъ обладаетъ болѣе соленою водою, нежели на поверхности. Съ океанографической точки зрѣнія бассейны моря начинаются собственно говоря только отъ линіи о-въ Зееландъ — о-въ Рюгенъ, между которыми существуетъ полоса малыхъ

глубинъ, обособляющая часть моря, лежащую къ западу отъ вышеупомянутой линіи и образующую такъ называемый Архонскій бассейнъ.

Въ собственно Балтійскомъ морѣ, тамъ, гдѣ находятся болѣе глубокия котловины его (Борнгольмская, Готландская, Аландская и Ботническая), наблюдается три различныхъ слоя воды; верхній — распрѣсненный, мощностью около 40—60 м. (20—33 м. в.) и нижній, гораздо болѣе соленый; между ними происходитъ постоянное смѣшеніе, и такимъ путемъ постепенно образуется промежуточный слой воды меньшей солености, чѣмъ придонная тяжелая вода, но болѣе, чѣмъ вода поверхностнаго слоя.

Придонная вода питается притокомъ соленыхъ тяжелыхъ водъ изъ Каттегата; онѣ занимаютъ наибольшія глубины во всѣхъ котловинахъ моря и образуютъ тамъ до нѣкоторой степени застоявшуюся воду. Постепенно, при каждомъ новомъ приливѣ тяжелой воды извнѣ (главнымъ образомъ зимою), верхніе слои глубиннаго слоя, нѣсколько распрѣснѣвшіеся отъ смѣшенія съ поверхностнымъ слоемъ, приподнимаются, и такимъ образомъ возникаетъ промежуточный слой, который такъ же, какъ и поверхностный, постепенно уходитъ изъ моря поверхностнымъ теченіемъ въ Каттегатъ и далѣе въ Нѣмецкое море.

Указанное вертикальное распрежденіе слоевъ воды разнаго характера очень хорошо видно изъ слѣдующаго прѣдѣла, взятомъ изъ изслѣдованій «Международной Комиссіи по изученію моря».

13—VII—1897 г.—Глубокая впадина къ востоку отъ Готланда.

Глубины . . .	0	20	30	60	70	80	100	125	150	200	220	метр.
Соленость . .	7,05	7,05	7,12	7,29	7,77	8,98	10,23	10,95	11,37	11,65	14,73	‰
Плотность . .	1,024,91	5,10	5,07	5,87	6,25	7,20	8,17	8,73	9,06	9,29	9,34	σ _t
	поверхностный				промежуточный			глубинный—слой.				

Причина, обуславливающая перечисленный характеръ приподнятія соленыхъ водъ изъ глубиннаго слоя въ Каттегатъ въ Балтійское м., обнаружена недавно наблюденіями «Международной Комиссіи по изученію моря». Оказалось, что амплитуды приливовъ въ нижнемъ слое воды Каттегата въ три раза болѣе, нежели въ верхнемъ распрѣсненномъ слое, гдѣ онѣ около 20 см. Нижнее теченіе изъ Каттегата несетъ болѣе соленую воду черезъ Веллы въ Архонскій бассейнъ, тогда же верхн. приливъ уровень соленыхъ глубокихъ водъ стоитъ выше. Нижнее теченіе имѣетъ наибольшую скорость въ придонномъ слое и послѣ выраженной годичной періодичности сильнѣе зимой (наиб. скор. въ Дек.), нежели лѣтомъ, обратное поверхностное теченіе, которое имѣетъ наибольшіи скорость лѣтомъ (Май—Авг.).

Соленая вода черезъ Веллы заполняетъ прежде всего глубины Архонскаго бассейна, и уже отсюда, послѣ переноса ея глубинами частей, она переходитъ въ Борнгольмскую впадину и затѣмъ, послѣ ея переноса — въ Готландскую. Очевидно, чѣмъ далѣе отъ Веллы, тѣмъ болѣе въ глубинныхъ слояхъ будетъ происходить медленнѣе и въ болѣе длинное промежутокъ времени.

Въ болѣ мелководныхъ мѣстахъ моря не существуетъ придоннаго слоя соленой и тяжелой воды.

Поверхностный слой имѣетъ на всемъ протяженіи моря до Финскаго залива толщину отъ 40 до 60 м. (21—33 м. с.) и соленость отъ 6‰ до 8‰ ; промежуточный же слой отъ 8‰ до 10‰ , а глубинный, мощностью въ глубокихъ мѣстахъ до 100 м., имѣетъ воду большей солености на западѣ (т. е. ближе къ источнику возобновленія ея); такъ къ востоку отъ о-ва Борнгольма соленость придонной воды 16‰ , а въ Голландской впадинѣ уже 12‰ .

Въ Финскомъ заливѣ въ придонномъ слой, при входѣ, солености около 9‰ — 10‰ и затѣмъ постепенно убываетъ къ востоку. На меридианѣ Голланда она отъ $6,5\text{‰}$ до 7‰ , а у Толбухина маяка на днѣ около 3‰ — 5‰ .

Въ Ботническомъ заливѣ съ юга до Кваркена придонные слои имѣютъ соленость отъ 5‰ до 6‰ ; къ сѣверу же отъ Кваркена соленость убываетъ до 5‰ и 2‰ .

Въ *Бѣломъ морѣ* на глубинахъ соленость большая, нежели на поверхности; въ глубокой части моря (послѣдняя является по широтѣ отъ Капдалакской губы къ вост. берегу моря) соленость на поверхности колеблется между 24‰ — 26‰ . Ниже же слоя въ 50 м. (27 м. с.) соленость вездѣ въ глубокой части моря болѣе 28‰ , а глубже—200 м. (109 м. с.) она болѣе 30‰ , что для Бѣлаго моря представляетъ довольно значительную величину.

Въ *Каспійскомъ морѣ* соленость съ глубиною возрастаетъ, хотя и въ очень незначительныхъ размѣрахъ, а именно всего на нѣсколько десятыхъ долей 8‰ .

Въ придонныхъ слояхъ глубокой сѣверной котловины (къ сѣв. отъ паралл. Баку) соленость около $12,74\text{‰}$ (на поверхности $12,49\text{‰}$); въ южной же глубокой котловинѣ соленость около $12,68\text{‰}$ (на поверхности $12,35\text{‰}$).

Газы, находящіеся въ морской водѣ.—Вода обладаетъ способностью поглощать газы, съ которыми ея поверхность находится въ соприкосновеніи.

Поглощеніе газовъ водою происходитъ въ зависимости отъ температуры ея и *парциальнаго давленія* газовъ, послѣднее въ случаѣ, если надъ поверхностью воды находятся сѣбя нѣсколькихъ газовъ, какъ это бываетъ въ природѣ при соприкосновеніи воды съ атмосфернымъ воздухомъ.

Температура оказывает большое влияние на величину поглощения газовъ водою: чѣмъ температура ниже, тѣмъ вода поглощаетъ газовъ больше. Приблизительно вода поглощаетъ при 0° въ 2 раза больше кислорода и азота и въ 3 раза больше углекислоты, нежели при температурѣ 30°.

Частичальное давленіе атмосферныхъ газовъ различно. Отсюда вытекаетъ, что вода поглощаетъ изъ воздуха кислородъ и азотъ неравномѣрно, и, если въ воздухѣ ихъ содержаніе выражается отношеніемъ 21 : 78, т.-е., округленно, какъ 1 : 4; то въ водѣ при 15° тѣ же газы будутъ содержаться приблизительно въ отношеніи 34 : 63 или, округляя, какъ 1 : 2. Слѣдовательно вода поглощаетъ кислородъ въ большей степени, нежели азотъ; послѣднее очень важно для развитія жизни въ водѣ (животныхъ и растений).

Морская вода вслѣдствіе своей солености обладаетъ, сравнительно съ прѣсною водою, меньшею способностью поглощенія газовъ. Чѣмъ соленость больше, тѣмъ морская вода меньше поглощаетъ газовъ; но и въ морской водѣ главное вліяніе на количество поглощенныхъ газовъ имѣетъ ея температура.

При средней океанской солености 35,0‰ одинъ литръ воды при давленіи въ 760 мм. и при различныхъ температурахъ поглощаетъ слѣдующія количества газовъ въ кубическихъ сантиметрахъ:

При температурахъ	2°	0°	15°	30°
Кислорода	8,47	8,03	5,84	4,50 к. с.
Азота	15,00	14,40	11,12	9,30 к. с.

Такимъ образомъ морская вода поглощаетъ почти въ 2 раза больше газовъ при низкихъ температурахъ, нежели при высокихъ, и, какъ и въ случаѣ дистиллированной воды, кислородъ поглощается въ большей пропорціи, нежели азотъ, приблизительно также въ отношеніи 1 : 2.

Третій газъ, имѣющійся всегда въ воздухѣ и встрѣчаемый всегда и въ водѣ, есть углекислота. Она въ водахъ океана почти вся находится въ связанномъ состояніи, въ видѣ углекислыхъ соединеній; въ свободномъ же видѣ она бываетъ въ водѣ въ очень незначительныхъ количествахъ. Если общая сумма углекислоты на литръ воды въ среднемъ около 50 куб. сант., то изъ этого количества въ свободномъ состояніи ея не болѣе нѣсколькихъ десятыхъ куб. сантиметровъ на литръ морской воды. Вообще вопросъ о присутствіи свободной углекислоты въ водахъ океана еще далеко не выясненъ.

Морская вода имѣетъ воздѣ щелочную реакцію, хотя въ некоторыхъ образцахъ, взятыхъ съ глубинъ, и была подсѣчена кислая реакція. Морская вода при продолжительномъ дѣйствіи на углекислый кальцій (известь) раковинъ и скорлупокъ морскихъ животныхъ, послѣ отмирания послѣднихъ, совершенно растворяетъ ихъ. Это и есть причина, почему на большихъ глубинахъ (ниже 5.000 м.—2.700 м.с.) уже не встрѣчается известковыхъ грунтовъ на днѣ океановъ.

Распределение газовъ, поглощенныхъ водою, на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ и моряхъ. — Исслѣдованія содержанія и присутствія атмосферныхъ газовъ въ водѣ открытыхъ океановъ показали, что нѣтъ такихъ глубинъ, гдѣ бы отсутствовали кислородъ и азотъ. Изъ этихъ двухъ газовъ азотъ недѣлительный, и потому его количество въ водѣ остается неизмѣннымъ; а слѣдовательно по его содержанию въ водѣ (зная процентное отношеніе поглощенія водою азота и кислорода, о чемъ сказано выше) можно всегда судить и о томъ количествѣ кислорода, какое должно было быть въ данномъ образцѣ воды, если бы кислородъ не расходовался на жизненные процессы и окисленіе. Отсюда узнають, сколько его было израсходовано на поддержаніе жизни организмовъ и окисленіе.

Подобнаго рода исслѣдованія въ широкомъ размѣрѣ стали возможны только въ самое послѣднее время; кромѣ того они требуютъ опытныхъ наблюдателей и большого труда, а потому подобныхъ работъ пока произведено очень немного. На ихъ основаніи оказывается, что поверхностные слои океановъ, конечно, всего богаче кислородомъ, потому что они не только непосредственно соприкасаются съ атмосферою, но и, благодаря волненію, постоянно перемѣшиваются. Въ высокихъ широтахъ содержаніе кислорода въ поверхностной водѣ значительное, нежели въ тропикахъ, потому что температура тамъ ниже (см. выше таблицу зависимости между температурою и количествомъ поглощенія водою кислорода и азота).

Для примѣра здѣсь приведенъ меридіанальный разрѣзъ Атлантическаго океана (на основаніи наблюдений *Planet*, и для тѣхъ же станцій, что и разрѣзы для солиности и плотности, почему они всѣ сравнимы между собою. См. фиг. 44 и 45), показывающій распределеніе кислорода на глубинахъ въ кубическихъ сантиметрахъ на литръ воды (фиг. 46). Какъ видно на чертежѣ, около экватора вода на поверхности содержитъ на литръ 4—5 куб. сант. кислорода; въ широтѣ 50° с. — 6—7 к. с., въ широтѣ 50° ю. — 7—8 к. с. Увеличеніе содержанія кислорода въ юж-

ных широтах обуславливается болѣе низкою температурою воды на поверхности (на 50° с. ш. температура около 10° — 11° , а на 50° ю. ш. около 4° . См. фиг. 54, стр. 134—135).

Разсматривая графику (фиг. 46), ясно видно, что въ тропической полосѣ съ глубиною количество кислорода быстро убываетъ, и на глубинахъ между 200 м.—800 м. (109—140 м. с.) его особенно мало въ двухъ областяхъ по обѣ стороны экватора. По мѣрѣ удаленія отъ эква-

Слева.

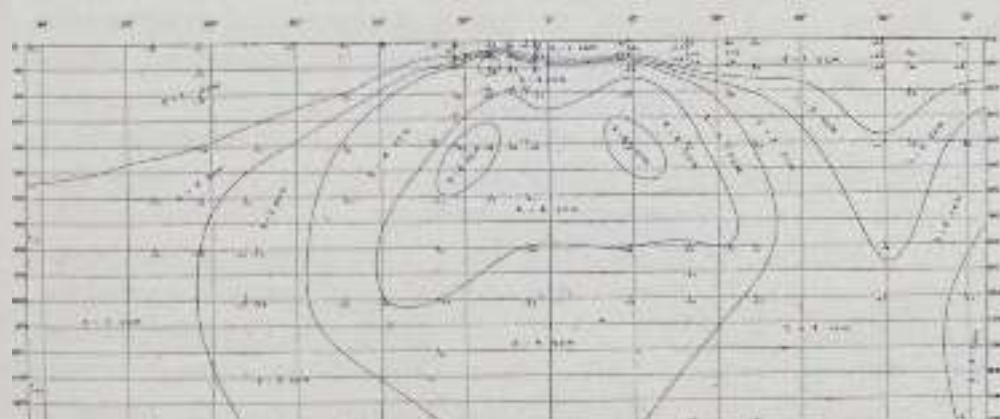
Спра.



Фиг. 46. Распределение кислорода въ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридианами $22^{\circ}30'$ з. д. и $22^{\circ}15'$ в. д. Январь—Апрѣль 1906 г.

Слева.

Спра.



Фиг. 47. Распределение температуры кислорода въ Атлант. ок. между 60° с. ш. и 50° ю. ш. и между меридианами $22^{\circ}30'$ з. д. и $22^{\circ}15'$ в. д. Январь—Апрѣль 1906 г.

тора къ сѣверу и къ югу количество кислорода на тѣхъ же глубинахъ возрастаетъ.

Разсматриваемое явленіе станетъ еще понятнѣе, если построить такой разрѣзъ океана, гдѣ было бы показано, сколько не хватаетъ кислорода на каждой глубинѣ для насыщенія имъ воды соответственной солености и температуры. Картина распредѣленія такого недостатка кислорода на глубинахъ изображена на слѣдующемъ чертѣжѣ (фиг. 47), гдѣ ясно видно, что поверхностные слои, соприкасающіеся съ воздухомъ и постоянно перемѣняемые волненіемъ, почти насыщены кислородомъ. Въ тропикахъ, особенно между 20° с. и ю. ш., линіи, показывающія распредѣленіе одинаковыхъ недостатковъ насыщенія воды кислородомъ, идутъ почти параллельно поверхности и очень сближены между собою, тогда какъ за предѣлами 20-хъ широтъ эти линіи совершенно расходятся и опускаются на большія глубины, показывая тѣмъ самымъ, что здѣсь мощные слои воды океана почти насыщены кислородомъ. Между параллелями 20° с. и ю. ш. на глубинахъ отъ 200 м. до 800 (100—440 м. с.) очерчивается обширная область недостатка кислорода съ двумя центрами, гдѣ не хватаетъ до 5—6 к. с. на литръ.

Причиною подобаго распредѣленія кислорода на глубинахъ являются два обстоятельства. Первое заключается въ богатомъ развитіи жизни, животной и растительной, въ верхнихъ слояхъ океана. Животныя поглощаютъ имъ воды кислородъ, необходимый для окисленія ихъ тканей, и выделяютъ углекислоту, остающуюся въ водѣ. Водоросли же поглощаютъ углекислоту и разлагаютъ ее на углеродъ, идущій на созиданіе ихъ клеточекъ, и на кислородъ, поглощаемый водою. Для существованія растений необходимъ свѣтъ, поэтому водоросли встрѣчаются только въ верхнихъ слояхъ океана, гдѣ они особенно многочисленны около поверхности. Такимъ образомъ приповерхностные слои океановъ получаютъ еще кислородъ и отъ водорослей, поэтому онъ тутъ, какъ выше было указано, почти насыщаетъ воды океановъ.

На большихъ глубинахъ, куда свѣтъ проникаетъ мало, а начиная съ глубинъ въ 800—1.000 м. (440—550 м. с.) и совсѣмъ отсутствуя, водорослей нѣтъ, кислородъ поглощается еще богатою животною жизнью, и потому его на глубинахъ 300—500 м. (165—270 м. с.) всего меньше.

Другою причиною, поддерживающею подобное распредѣленіе кислорода на глубинахъ, является существованіе вертикальной циркуляціи водъ въ океанахъ. Въ умеренныхъ широтахъ охладившіяся соленая вода

становятся плотнее (см. карту плотностей на поверхности, фиг. 42, стр. 100—101), и кроме того, вследствие постоянного испарения, увеличивается соленость поверхностной воды; эти две причины, дѣлая ее тяжелѣе ниже лежащихъ слоевъ, заставляютъ опускаться внизъ, унося съ собою большое количество кислорода на глубины океана. Послѣ продолжительнаго и медленнаго движенія къ экватору эти воды около послѣдняго поднимаются, и, конечно, онѣ бѣдны кислородомъ послѣ продолжительнаго нахожденія на значительныхъ глубинахъ, гдѣ ихъ кислородъ постепенно израсходовался. Исслѣдованія содержанія газовъ на глубинахъ въ другихъ океанахъ показываютъ, что и тамъ кислородъ распределенъ такимъ же образомъ, какъ въ Атлантическомъ океанѣ.

Въ моряхъ содержаніе газовъ въ поверхностныхъ и глубинныхъ слояхъ находится въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

Для поверхности морей эти условія заключаются въ ея температурѣ и солености. Чѣмъ ниже температура и меньше соленость, тѣмъ большее количество атмосфернаго воздуха поглощается поверхностными слоями моря.

Для глубинныхъ слоевъ морей мѣстныя условія заключаются главнымъ образомъ въ способѣ подводнаго сообщенія даннаго моря съ океаномъ или другимъ моремъ и въ характерѣ вертикальнаго распределенія плотности воды, какъ въ немъ самомъ, такъ и въ томъ бассейнѣ, съ которымъ оно имѣетъ подводное сообщеніе. При нѣкоторомъ сочетаніи указанныхъ условій получается особенная, своеобразная распределенія газовъ въ глубинныхъ слояхъ, совершенно иная, нежели въ океанахъ, гдѣ провѣтриваніе глубоководныхъ слоевъ обезпечено вертикальною циркуляціей воды, обусловленной большою разностью плотностей воды на поверхности океановъ въ тропическихъ поясахъ и на полярныхъ окраинахъ умеренныхъ поясовъ. Отсутствіе такихъ условій въ нѣкоторыхъ моряхъ, разобщенныхъ на глубинахъ отъ океановъ, создаетъ бассейны съ плохо и вовсе не провѣтриваемыми глубинными слоями, примѣры коихъ приведены дальше.

Средиземное море обладаетъ довольно равномернымъ вертикальнымъ распределеніемъ кислорода. Въ поверхностныхъ слояхъ количество кислорода въ западной половинѣ моря около 4,5—5,3 к. сант. на литръ воды, что составляетъ 95^о/₁₀₀—99^о/₁₀₀ полного насыщенія; а въ восточной половинѣ моря, гдѣ соленость больше, количество кислорода на поверхности

колеблется около 4,4—4,7 в.с. на литр, что составляет 92%—98% насыщения.

На больших глубинах количество кислорода от 4,0 до 4,6 в.с. на литр, что составляет от 70% до 80% насыщения.

Согласно новейшим изслѣдованіямъ *), вертикальная циркуляція (конвекціонные токи) въ Средиземномъ морѣ устанавливается главнымъ образомъ зимою въ сѣверныхъ частяхъ моря, около береговъ Франціи и Италіи, въ южной части Адриатическаго и въ сѣверной части Архипелага. Эта циркуляція захватываетъ и слои большихъ глубинъ, принося съ собою туда кислородъ изъ поверхностныхъ слоевъ и провѣтривая такимъ образомъ большія глубины.

Черное море обладаетъ совершенно особеннымъ распределеніемъ газовъ на глубинахъ, обусловленнымъ особымъ распределеніемъ плотности воды. Какъ выше было указано (въ статьѣ о распределеніи солености), поверхностныя воды Чернаго моря значительно распрѣснены, а на глубинахъ ниже 200 м. (100 м.с.) и до самаго дна встрѣчаются только воды солености отъ 21‰ до 22,4‰, плотностью отъ 1,01651 до 1,01733, тогда какъ плотность поверхностныхъ слоевъ всего около 1,01006.

По причинѣ подобнаго распределенія плотностей, только въ поверхностныхъ слояхъ до глубины въ 200 м. существуетъ вертикальный обмѣнъ воды. Этотъ обмѣнъ обусловливается охлажденіемъ воды на поверхности зимою, а слѣдовательно увеличеніемъ ея плотности, что и заставляетъ охладившуюся воду опускаться до глубины слоя одинаковой съ нею плотности, каковая находится на глубинѣ около 200 м. (это такъ называемые конвекціонные токи). Вся же толща водъ отъ 200 м. до дна (2.200 м.—1.200 м.с.) совершенно уединена отъ болѣе легкаго поверхностнаго слоя и потому лишена вертикальной циркуляціи. Запасъ кислорода, приносимый по дну Босфора въ глубины Чернаго моря вмѣстѣ съ тяжелыми солеными водами Мраморнаго моря, недостаточенъ для окисленія всѣхъ продуктовъ гніенія органическихъ остатковъ, падающихъ изъ поверхностныхъ слоевъ. При такихъ условіяхъ хотя поверхностные слои почти насыщены кислородомъ, на глубинахъ, начиная съ 150 м. (80 м.с.) и до дна, кислородъ совершенно отсутствуетъ въ водахъ Чернаго моря, а вмѣсто его тамъ образуется сероводородъ, препятствующій развитію всякой жизни на этихъ глубинахъ, гдѣ встрѣчаются только серо-

*) См. труды океанографической экспедиціи на суднѣ *Thor* въ 1908—1910 гг.

водородным бактериям. На глубинѣ 200 м. въ водѣ уже находится сѣроводорода около 0,4 куб. с. на литръ; а въ придонныхъ слояхъ большихъ глубинъ (2.000—1.090 м. с.) количество сѣроводорода на литръ достигаетъ до 5 куб. сант.

Балтійское море относительно вертикальнаго распредѣленія кислорода находится въ довольно благопріятныхъ условіяхъ. Вообще до слоя глубиною около 50—60 м. (27—33 м. с.), т.-е., во многихъ мѣстахъ Финскаго залива въ слой близкомъ ко дну (наибольшія глубины залива около 80—90 м.=44—50 м. с.), а въ Рижскомъ заливѣ безусловно до самаго дна содержаніе кислорода въ водѣ около 8 к. с. на литръ воды, что очень близко къ ея насыщенію (85⁰/₀—95⁰/₀). Въ самыхъ же глубокихъ частяхъ Балтійскаго моря количество кислорода уменьшается до 4,3 и даже 2 к. с. на литръ, составляя всего 40⁰/₀ и даже 25⁰/₀ отъ количества, насыщающаго воду при температурѣ ея на данной глубинѣ. Для большихъ глубинъ моря, повидимому, притокъ соленыхъ водъ изъ Каттегата есть единственный путь полученія кислорода, такъ какъ вслѣдствіе большой плотности глубинныхъ слоевъ не можетъ существовать обмѣна водъ между поверхностью моря, охлажденною зимою, и большими его глубинами (отсутствуютъ конвекціонныя токи для большихъ глубинъ).

Каспійское море представляетъ въ отношеніи распредѣленія газовъ на глубинахъ примѣръ, приближающійся къ Черному морю. На поверхности содержаніе кислорода подходит къ нормальному; начиная съ глубины около 300 м. (165 м. с.), количество кислорода въ водѣ становится ничтожнымъ, а на 600—700 м. (330—380 м. с.) онъ совершенно исчезаетъ, вслѣдствіе недостаточной вертикальной циркуляціи между глубинными слоями и поверхностными. Отсутствие вертикальной циркуляціи (конвекціонныхъ токовъ) обусловлено соответственнымъ распредѣленіемъ плотностей (соленость съ глубиною увеличивается, а температура понижается).

Происхожденіе солей въ океанахъ. — Относительно происхожденія солености океановъ существуетъ два предположенія. Согласно одному первичный океанъ былъ прѣсный и осолелъ постепенно, вслѣдствіе вноса въ него рѣчными водами различныхъ солей, которыя растворяются дождевыми водами, постепенно выщелачивающими породы, по поверхности коихъ онѣ стекаютъ. Имѣются даже попытки вычисленія продолжительности времени, какое было бы необходимо для достиженія степени

современной солености Мирового океана. Предположеніе это находитъ, между прочимъ, себѣ подтвержденіе въ наблюденіяхъ надъ озерами, среди которыхъ почти всѣ непроточныя отличаются солеными водами, весьма, конечно, различнаго состава.

Другое предположеніе считаетъ, что Мировой океанъ былъ наполненъ соленою водою отъ самаго своего возникновенія. При чемъ соли, находившіяся въ растворѣ водъ первичнаго океана, перешли въ него при первыхъ дождяхъ изъ атмосферы и были внесены первыми водами, стекавшими съ поверхности суши.

Второе предположеніе заслуживаетъ большаго довѣрія, между прочимъ, еще и потому, что древнѣйшіе дошедшіе до насъ морскіе организмы заставляютъ думать, что они существовали въ соленыхъ водахъ. Изученіе состава отложений каменной соли, образовавшихся въ отдаленныя эпохи существованія земли путемъ испаренія бассейновъ морской воды, показываетъ, что составъ воды океановъ, повидимому, не претерпѣлъ измѣненій, только степень насыщенности была другая. Изъ опредѣленій состава прѣсныхъ водъ, теперь вливающихъ въ океанъ, и морскихъ водъ, о чемъ было сказано въ главѣ о солености (см. стр. 67), ясно видно, что составъ ихъ весьма различенъ. Въ водахъ океановъ преобладаютъ хлористыя соединенія, а въ прѣсныхъ—карбонаты, которыхъ мало въ океанѣ. Слѣдовательно, простымъ подсчетомъ количества вносимыхъ рѣками въ океанъ солей нельзя объяснить ни современнаго состава морской воды, ни степени ея солености.

Конечно, составъ воды и степень солености первичнаго океана могли быть иные, нежели теперь; наконецъ и то и другое могло съ теченіемъ времени измѣняться и, конечно, продолжаетъ измѣняться и теперь, но столь медленно, что люди въ теченіе историческаго времени не могли этого подмѣтить.

ГЛАВА VI.

Температура водъ океановъ и морей.

I:— Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ.— Нѣкоторые физическія свойства воды вообще и морской воды.— Источники тепла, нагревающіе водную поверхность.— Суточный и годовоі ходъ температуры воды на поверхности океановъ и морей.— Географическое распреѣленіе температуры воды на поверхности океановъ и морей.— Распреѣленіе температуры воды на глубинахъ океановъ и морей.

II:— Замерзаніе прѣсной и морской воды.— Морской ледъ; ледяныя поля и ихъ образованіе; полярный пакъ.— Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обоихъ полушаріяхъ.— Географическое распреѣленіе пловучихъ льдовъ.— Условія полярныхъ плаваній и путешествій по полярнымъ льдамъ.

III:— Значеніе солености океановъ въ экономіи природы.

I.— Приборы и способы наблюденія температуры воды на поверхности и глубинахъ.— Для опредѣленія температуры воды на поверхности существуетъ два пріема,—можно, доставляя воду съ поверхности ведромъ, опредѣлить ея температуру на палубѣ, или можно опускать въ поверхностный слой особый термометръ.

Первый способъ имѣетъ нѣкоторые преимуществы, особенно если одновременно необходимо доставлять воду и для опредѣленія удѣльнаго вѣса. Тогда, поднявъ воду въ ведро и поставивъ его въ тѣни на что-нибудь деревянное, въ него опускаютъ плавать термометръ, принадлежавшій серіи ареометровъ. Замѣтивъ, когда термометръ перестанетъ мѣнять свои показанія, отсчитываютъ его, пока онъ находится въ водѣ; этотъ отсчетъ и будетъ температура воды на поверхности моря вокругъ корабля. (Какъ это уже было указано въ главѣ о солености, воду надо зачерпывать всегда съ носовой части корабля).

Второй пріемъ требуетъ термометра особаго устройства, у котораго шарики имѣютъ вокругъ себя оправу въ видѣ цилиндра, гдѣ можетъ задерживаться заборная вода, пока термометръ будетъ поднимать и отсчитывать, что необходимо для предохраненія термометра отъ поврежденія его показаній за это время. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 48), это есть обыкновенный ртутный термометръ, достаточно чувствительный, съ дѣленіями черезъ градусъ, настолько крупными, что десятые доли легко отсчитывать на глазъ. Термометръ заключенъ въ двойную мѣдную трубку съ кольцомъ вверху для прикрѣпленія ланя. Двойная трубка устроена



Фиг. 48

такъ, что, поворачивая ее, можно открывать или закрывать сквозную прорѣзъ въ обѣихъ трубкахъ. Опуская термометръ въ воду, оправу закрываютъ, а при отсчетѣ—открываютъ. Внизу имѣется на цѣпочкѣ динце, туго входящее въ свое гнѣздо, чтобы, вынувъ его послѣ отсчета, можно было легко вылить бывшую тамъ воду. Термометръ на линѣ бросаютъ за бортъ съ носовой части корабля и, продержавъ въ водѣ минутъ около 5, поднимаютъ и сейчасъ же отсчитываютъ: сначала десятые доли градуса, а потомъ и цѣлые градусы. Придать затѣмъ алгебраически къ отсчету поправку термометра, получаютъ искомую температуру поверхности воды. Во время отсчета термометра надо его держать за кольцо сверху оправы, а не за нижнюю его часть.

Для опредѣленія температуры воды на глубинахъ оба описанные приема непригодны, а существуютъ другіе способы, изъ коихъ наиболѣе употребительны два слѣдующіе: или устраниваютъ батометръ съ особою изоляціей, предохраняющей воду внутри его отъ измѣненія ея температуры пока приборъ поднимаютъ и отсчитываютъ термометръ, или пользуются особыми термометрами въ оправѣ, которая можетъ поворачиваться на 180°, при чемъ столбикъ ртути въ термометрѣ обрывается на отсчетѣ, соответствующемъ температурѣ воды на данной глубинѣ; или наконецъ пользуются термометрами для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ съ указателями.

Первымъ приборомъ, доставившимъ свѣдѣнія о действительныхъ температурахъ на большихъ глубинахъ, былъ упоминавшійся выше (стр. 71) батометръ Э. Ленца, которымъ онъ пользовался въ плаваніи на русскомъ суднѣ *Предпріятіе* подъ командою кап. 2 р. О. Конебу въ 1823—26 гг. Батометръ былъ снабженъ термометромъ съ толстыми стѣнками для предохраненія его отъ быстраго измѣненія температуры, и кромѣ того цилиндрическія стѣнки и динце батометра были устроены изъ ряда слоевъ разной теплопроводности; а именно, попеременно толстаго слоя малой теплопроводности и тонкаго большой теплопроводности; всего такихъ слоевъ имѣлось 17. При такомъ устройствѣ температура внутри батометра сохраняется неизмѣнною очень хорошо. Термометръ былъ установленъ вдоль оси цилиндра батометра на стержнѣ, соединившемъ клапаны батометра. Принаты были также во

вниманіе разныя поправки на измѣненіе температуры отъ оставанія термометра и измѣненія давленія воды. Сравненіе наблюденій Э. Ленца съ данными экспедиціи *Challenger'a*, полученными почти въ тѣхъ же мѣстахъ и на близкихъ глубинахъ, показываетъ, насколько были вѣрны наблюденія Ленца.

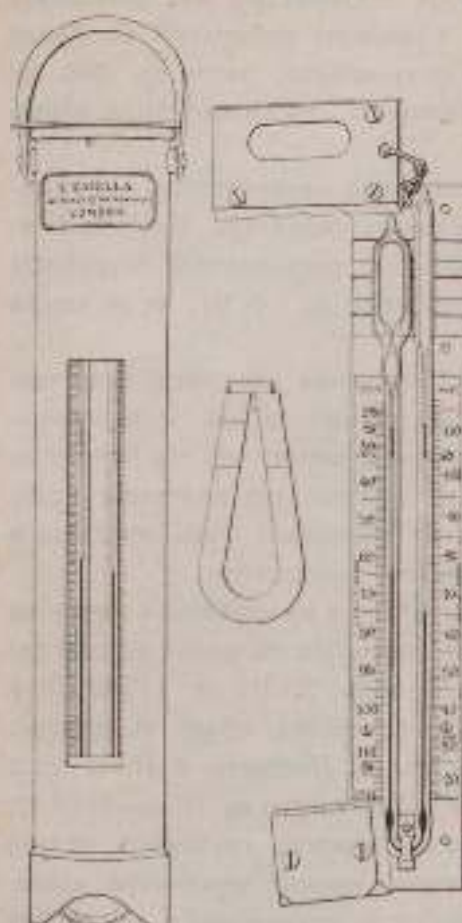
Въ настоящее время эта идея была снова осуществлена, и, пользуясь современной техникою, были построены батометры Нансена-Петтерсона, описанный выше (стр. 73, фиг. 35), позволяющій опредѣлять температуру воды на глубинахъ съ точностью до ± 0.01 , если ввести нѣкоторыя добавочныя поправки *).

Пользованіе батометромъ Нансена-Петтерсона для опредѣленія температуръ на глубинахъ имѣетъ одно неудобство: заразъ можно опредѣлить температуру только на одной глубинѣ, потому что эти батометры нельзя напѣливать на линіи одинъ надъ другимъ для полученія сразу вертикальнаго ряда температуръ, а надо нѣсколько разъ опускать и поднимать батометръ, вслѣдствіе чего работа замедляется.

Другой пріемъ для опредѣленія температуръ на глубинахъ помощью максимумъ-минимумъ термометровъ тоже употреблялся давно; первые подобные приборы Сикса появились въ концѣ XVIII ст. (1782 г.) и впервые были примѣнены для океанографическихъ цѣлей въ первомъ кругосвѣтномъ плаваніи русскихъ моряковъ на *Надеждѣ* и *Невѣ* подъ командою кап. 2 р. Ф. Крузенштерна и Ю. Лислскаго въ 1801—1803 гг. Однако такіе термометры давали на значительныхъ глубинахъ сильно преувеличенныя показанія вслѣдствіе сжатія шарика термометра давленіемъ воды и слѣдовательно механическаго выдавливанія въ трубку термометра его термометрической жидкости, передвигавшей при этомъ указатели. Дѣйствительно, давленіе воды на каждые 1.000 метровъ глубины увеличивается на 100 атмосферъ, почему термометръ будетъ давать значительно болѣе высокіе отсчеты.

Указанный недостатокъ впервые замѣтили въ Англіи, и по предложенію одного изъ первыхъ морскихъ метеорологовъ, адмирала Фицъ Роя, фирма Negretti & Zambra построила термометры Сикса съ приспособленіемъ для предохраненія отъ давленія, съ тѣхъ поръ подобное устройство примѣняется ко всѣмъ глубоководнымъ термометрамъ.

*) Поправки къ температурѣ воды за сжатіе и расширеніе тѣла батометра и воды, въ немъ заключенной, при поднятіи его съ данной глубины.



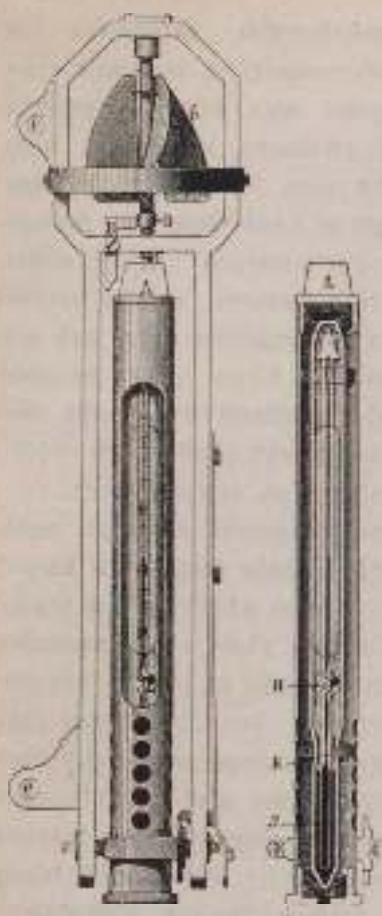
Фиг. 49. Термометр для изм. в вод. темп-ратур.

На чертежѣ (фиг. 49) показанъ подобный приборъ современнаго устройства. На эбонитовой толстой дощечкѣ (направо на чертежѣ) укрѣплена согнутая въ видѣ буквы *U* трубка, слѣва вверху находится продолговатый шарикъ термометра, окруженный стеклянною оболочкою, пространство между которою и шарикомъ отчасти заполнено толuoloю; такимъ образомъ при сдвигиваніи водою на глубинахъ внешней оболочки шарика давленіе не передается самому шарикѣ. Внутренность шарика наполнена также толuoloю (въ первыхъ термометрахъ были винный спиртъ; толуоль употребляютъ потому, что онъ правильнѣе измѣняетъ свой объемъ при одинаковыхъ переменахъ температуры), который и служитъ термометрическою жидкостью. Въ правой половинѣ термометра тоже находится толуоль, а вверху, въ расширеніи трубки, шаръ толуола. Толуоль въ двухъ трубкахъ термометра разобщенъ другъ съ другомъ столбикомъ ртути (на чертежѣ

черная полоска), играющимъ роль вершини. Въ правой и лѣвой трубкахъ имѣется по стальному указателю (на черт. они стоятъ около 30° и 110° Ф.), снабженныхъ пружинками, удерживающими ихъ въ любомъ мѣстѣ трубки. Вокругъ указателей достаточно пространства, чтобы термометрическая жидкость могла ихъ свободно обтекать, не сдвигая съ мѣста. Нижний конецъ лѣваго указателя дастъ отчетъ наименьшей температуры, а нижній конецъ праваго — наибольшей въ томъ слое воды, сквозь который термометръ прошелъ. Отсчеты положеній указателей производятся по шкаламъ около трубокъ (на черт. дана шкала Фаренгейта, но она можетъ быть и Цельзія).

Чтобы приготовить термометръ къ наблюденію, магнитомъ (см. черт. 48) приводятъ оба указателя къ соприкосновенію съ концами столбиковъ ртути. Для предохраненія отъ ударовъ весь приборъ вкладывается въ мѣдный футляръ, сквозь который свободно проходитъ вода. Такие приборы обыкновенно привѣшиваютъ надъ лотомъ, чтобы получить наибольшую и наименьшую температуры въ слое воды отъ поверхности до дна. Если температура правильно уменьшается сверху внизъ, что въ открытыхъ океанахъ по большей части и бываетъ, то два отсчета указателя термометра дадутъ температуры на поверхности и на днѣ или на той глубинѣ, до которой приборъ опускали. Если же въ данномъ мѣстѣ океана или моря есть прослойки болѣе высокой или болѣе низкой температуры, нежели въ выше и ниже лежащихъ слояхъ, то термометръ для наибольшихъ и наименьшихъ температуръ непримѣнимъ.

Чтобы получать температуру воды на желаемой глубинѣ, пользуются термометрами, въ которыхъ при оборачиваніи шарикомъ вверхъ столбикъ ртути отрывается (всегда въ томъ же самомъ мѣстѣ трубки термометра), при чемъ, чѣмъ температура была выше, тѣмъ и оторвавшійся столбикъ длиннѣе. Такие термометры были изобрѣтены въ 1878 г. механиками Negretti & Zambra въ Лондонѣ. На чертѣжѣ (фиг. 50) справа данъ разрѣзъ такого термометра. Онъ состоитъ изъ обыкновеннаго ртутнаго термометра съ цилиндрическимъ шарикомъ (чтобы онъ скорѣе принималъ температуру среды), трубка котораго на некоторомъ разстояніи отъ шарика изогнута, въ ней сдѣлано почти капиллярное суженіе, потомъ небольшое расширеніе — *и*, и затѣмъ, послѣ новаго изгиба, трубка принимаетъ форму прямого цилиндра. Этотъ термометръ заключенъ въ другую трубку толстаго стекла, въ которой онъ и центрированъ сверху небольшою воронкою, внизу—особою кольцевою прокладкою *к*. Пространство ниже послѣдней образуетъ вѣтшнюю оболочку шарика *а*, которая предохраняетъ шарикъ отъ давленія воды. Пространство между оболочкою и шарикомъ отчасти заполнено ртутью, чтобы облегчить передачу температуры внутрь. Дѣленія нанесены, какъ во всѣхъ современныхъ приборахъ, на самой трубкѣ термометра, который помощью двухъ резиновыхъ колецъ центрированъ въ мѣдной трубкѣ. Подъ шарикомъ термометра, снизу, подложены кусокъ резины и резиновое кольцо, на которое надавливаютъ ввинченное въ трубку дно, сверху термометръ упирается въ такое же резиновое кольцо, такимъ образомъ онъ укрѣпленъ неподвижно въ мѣдномъ цилиндрѣ.



Фиг. 50. Раушенловский термометр
Reichenow & Zambek.

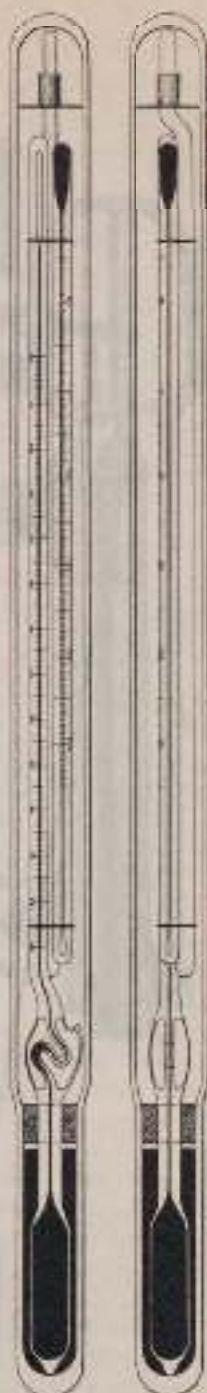
Поворотный механизм устроенъ слѣдующимъ образомъ (на черт. слѣва). Въ вилкѣ мѣдной рамы на оси ее укрѣпленъ цилиндръ съ термометромъ. Чтобы положеніе цилиндра было устойчивымъ, вверху его имѣются двѣ пластинки *Д* (на черт. видны одна — передняя), между которыми заходитъ ось λ винта *б*. Нарѣзка на оси такова, что, когда термометръ опускаютъ и давленіемъ воды винтъ *б* вращается по часовой стрѣлкѣ, то ось винчивается между щеками *Д* въ перекладину рамы и опускается внизъ до отказа, а слѣдовательно и термометръ въ этомъ положеніи не можетъ перевернуться. Когда же приборъ начать поднимать, то давленіемъ воды винтъ *б* станетъ вращаться въ обратную сторону и ось его λ будетъ вывинчиваться, пока конецъ ее не выйдетъ изъ пластинокъ *Д*. Тогда термометръ будетъ въ неустойчивомъ равновѣсіи и отъ сотрясеній лопъ опрокинется. Когда онъ повернется на 180° , то пружина *з* заскочиваетъ въ вырѣзъ боковой шайбы цилиндра, и послѣдній рѣзко останавливается. Вотъ этогъ-то толчокъ вмѣстѣ съ центробѣжною си-

лою и заставляють столбикъ ртути оторваться именно тамъ, гдѣ сѣченіе его всего меньше; т.-е. въ мѣстѣ суженія трубки (*и*). Оторвавшійся столбикъ упадетъ въ конецъ трубки, почему дѣленія на ней слѣдуютъ сверху внизъ. Толстое стекло трубки, слой воздуха и внѣшняя толстая стеклянная трубка предохраняють оторвавшійся столбикъ ртути отъ нагреванія при прохожденіи сквозь болѣе теплые верхніе слои воды. Нагрѣваніе ртути въ шарикѣ все-таки должно заставлять мало-по-малу ртуть изъ него канать въ трубку. Для того, чтобы капли ртути не присоединялись къ отрывающемуся столбику и тѣмъ самымъ не мѣняли отсчета, и устроено расширеніе въ трубкѣ термометра *и*. Объемъ его такъ рассчитанъ, что вся вытекшая изъ шарика ртуть, при прохожденіи сквозь

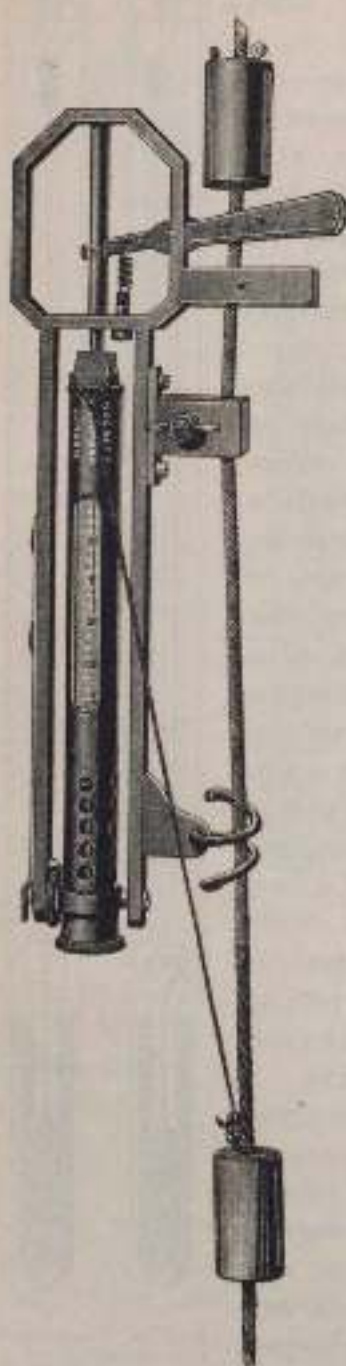
теплые поверхностные слои, собирается въ этомъ углубленіи и въ трубку не попадаетъ.

Оборачиваніе термометра происходитъ въ моментъ выхода конца оси i изъ пластинокъ d , и, слѣдовательно, чѣмъ длиннѣе навинтованная часть оси i , тѣмъ большее вертикальное разстояніе успеетъ пройти приборъ до момента перевертыванія термометра. На большихъ глубинахъ, гдѣ температура мѣняется медленно, не имѣетъ значенія, что термометръ поднимется при этомъ на 10—12 метровъ; въ этихъ случаяхъ важно, чтобы термометръ не перевернулся ранѣе времени отъ приподниманія судна на качкѣ. Если же измѣрять температуры въ верхнихъ слояхъ океана, гдѣ онѣ измѣняются съ глубиною гораздо быстрее, то, чтобы термометръ не измѣнилъ своего показанія, проходя до поворота черезъ болѣе теплые слои, въ рамѣ устроено особое приспособленіе. Можно, поднимая угольникъ e и закрѣпляя его винтикомъ, установить винтъ b такъ, чтобы онъ при опусканіи термометра и навинчиванія оси i въ перекладную рамку опустился бы очень немного. Для этого на оси i есть штифтъ a , который при подниманіи угольника e ранѣе въ него упрется. Въ такомъ случай и конецъ оси винта i меньше опустится между пластинками d , и тогда при подъемѣ всего въ одинъ метръ термометръ будетъ оборачиваться. Рамка имѣетъ два ушка $e—e$, за которыя она и крѣпится безежами къ линю; очевидно, на томъ же линѣ можно подвѣсить рядъ такихъ приборовъ и сразу получить температуры на нѣсколькихъ глубинахъ.

Въ современныхъ термометрахъ шкала раздѣлена на десятые доли градуса, позволяя отсчитывать съ точностью до $+0,01$. При такой точности отсчета необходимо уже принимать во вниманіе расширеніе сжимающагося столбика ртути, для чего внутри стеклянной оболочки термометра устанавливается еще другой термометръ, шарикъ котораго находится вверху, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 51). Рядомъ съ трубками



Фиг. 51. Реверсивный термометръ Рагнера съ добавочнымъ термометромъ.



Фиг. 52. Рамка системы Милла.

термометромъ установлена стеклянная палочка, поддерживающая трубки обоихъ термометровъ (правая фигура). Главный термометръ также снабженъ двойнымъ резервуаромъ для предохраненія отъ давленія и расширеніемъ въ каналѣ термометра, гдѣ собирается ртуть, вытекающая изъ шарика при его погруженіи въ поверхностныя слои воды. Устройство этого расширенія нѣсколько иное, чѣмъ въ вышеописанныхъ термометрахъ. Когда термометръ поднятъ и оторвавшаяся часть столбика ртути и рядомъ находящійся добавочный термометръ показываютъ одно и то же, то значить длина оторвашагося столбика осталась безъ измѣненія подъ вліяніемъ повышенной температуры верхнихъ слоевъ воды. Если же отсчеты получаются разные, то значить температура верхнихъ слоевъ воды повліяла на ртуть оторвашагося столбика главнаго термометра. Тогда по этой разности отсчетовъ вводятъ поправку на расширеніе столбика ртути въ стеклѣ термометра.

Когда приходится наблюдать температуры въ поверхностныхъ слояхъ на малыхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, удобно пользоваться поворотными термометрами въ рамѣ системы Милла (R. H. Mill), позволяющей оборащивать термометръ на той глубинѣ, гдѣ онъ находится.

Устройство этой рамы видно на чертежѣ (фиг. 52); она въ общемъ одинакова съ рамою Negretti & Zambra, разница только въ механизмѣ, освобождающемъ цилиндръ съ термометромъ. Въмѣсто винта здѣсь имѣется рычагъ, конецъ котораго ходитъ въ прорѣзъ центральнаго стержня, заходящаго нижнимъ концомъ между двухъ пластинокъ цилиндра термометра. Спиральная пружинка все время

тащить рычаг вниз, и следовательно термометры не могут опрокинуться, пока стержень не поднять. Последнее достигается, пуская бѣжать по линію особый разъемный грузъ (на чертежѣ такіе цилиндрическіе грузы показаны надѣтыми на линію вверхъ и вниз); грузъ ударяетъ по рычагу и поднимаетъ стержень, освобождая трубку термометра, и послѣдній, находясь въ неустойчивомъ равновѣсіи, переворачивается. Чтобы можно было опредѣлять сразу температуры на нѣсколькихъ глубинахъ, можно подвѣсить къ линію нѣсколько термометровъ (не больше четырехъ), надѣвъ предварительно грузы для нихъ петлями штерговъ на пластики цилиндровъ съ термометрами. Тогда поворотъ верхняго прибора этихъ самыхъ освобождаетъ грузъ для слѣдующаго термометра и т. д.

При опредѣленіи температуры воды на глубинахъ или на поверхности необходимо дать время приборамъ приобрести температуру окружающей ихъ воды. Для этого необходимо ихъ оставлять неподвижно на данной глубинѣ, при ртутныхъ термометрахъ достаточно 4—5 минутъ. При наблюденіи вертикальнаго ряда температуръ слѣдуетъ сперва ихъ наблюдать въ верхнихъ слояхъ, а потомъ постепенно въ болѣе глубокихъ, чтобы не перемѣшивать слоевъ воды.

Всѣ термометры, употребляемые для наблюденія температуры воды, должны имѣть аттестаты отъ соответственныхъ учрежденій съ указаніемъ ихъ поправки, и разъ въ годъ можно проводить поправку ихъ нулю. Для этого ихъ помещаютъ въ мелко истолченный прѣсный ледъ, насыпанный въ большую металлическую воронку, чтобы образующаяся при таеніи вода свободно стекала. Воронку со льдомъ помещаютъ въ комнату для каютъ, гдѣ температура выше нуля, а термометры углубляютъ въ ледъ до черты нуля на шкалѣ. Если во прѣшествіи минутъ десяти нѣсколько разъ повторенный отсчетъ термометра черезъ минутныя промежутки времени будетъ равенъ поправкѣ термометра, взятой изъ таблицы поправки, съ обратнымъ знакомъ (т. е. если поправка при 0° = -0,1 Ц., а термометръ показывалъ +0,1 Ц.), то значитъ поправки такого прибора остались безъ измѣненій. Если же показаніе термометра во лду отличается отъ поправки его при 0° съ обратнымъ знакомъ, то алгебраическая разность этихъ показаній есть та величина, которую надо алгебраически приписать ко всякъ поправкѣ, изъ томъ числѣ и къ поправкѣ при 0°. Тогда получится новая, исправленная таблица поправокъ термометра.

Подобныя измѣненія показаній термометровъ при 0° случаются въ современныхъ термометрахъ рѣдко и обыкновенно въ предѣлахъ сотыхъ долей градуса, но тѣмъ не менѣе эту поправку необходимо вносить ежегодно, такъ какъ только такимъ путемъ можно убѣдиться, что въ показаніяхъ термометра не произошло никакой погрѣшности, зависящей отъ молекулярныхъ измѣненій въ самомъ стеклѣ прибора.

Нѣкоторыя физическія свойства воды вообще и морской воды.—*Теплоемкость.*—Самое важное, съ точки зрѣнія физической географіи, свойство воды—это ея громадная теплоемкость; всѣ остальные тѣла, какъ металлы, такъ и твердые, отличаются во много разъ меньшей теплоемкостью. Напримеръ:—

Тѣло.	вода	лѣдъ	чугунъ	гранитъ	воздухъ
Теплоемкость. . .	1,000	0,505	0,13	0,20	0,237

Теплоемкость морской воды очень сильно отличается от таковой же для пресной, что это видно из следующего примера:

Сленость ‰	0,00	20,0‰	30,0‰	35,0‰	40,0‰
Теплоемкость	1,000	0,951	0,939	0,932	0,926

В силу физико-географического значения теплоемкости воды можно быть принято одинаковой для всей воды земного шара.

Действительно, воды покрывают около 71% земной поверхности, и на этом громадном протяжении они сравниваются с другими океанами — воздушными, охватывающими 100% земной поверхности. Вследствие огромной разности в теплоемкости этих двух тел, Мировой океан служит обширными источниками запаса тепла для атмосферы.

При средней слености океана 35,0‰, что при 0° соответствует удельному весу морской воды 1,02813, и при удельном весе воздуха 0,00129 трудно вычислить, какое количество тепла отдаст вода воздуху при своем охлаждении.

$$1,02813 \times 0,932 : 0,00129 \times 0,237 = 3,134,2$$

Это значит, что если взять-нибудь единицу объема морской воды, напр., 1 куб. ст. охладится на 1°, то она при этом выделит столько теплоты, что нагреть ею на 1° — 3,134 куб. ст. воздуха. Если бы вместо воды была поверхность гранита (как это, например, бывает в Финляндии и Шведской губ. во многих местах), то тогда из вышеуказанного отчисления надо бы отнять удельный вес воды 1,02813 таковой же для гранита 3,0, а вместо теплоемкости воды поставить таковую для гранита, т. е. 0,2. Вычисление тогда даст результат 1,902,5 куб. сант. вместо 3,134,2 куб. сант. Отсюда ясно видно, какими большими запасами тепла обладают воды земного шара и какое громадное значение для климата всего земного шара, а следовательно и для всей физико-географической явлений и зависящих от последних экономических условий, имеет то обстоятельство, которое с первого взгляда не кажется столь важным, а именно, что 71% земной поверхности занята водой.

Наибольшая плотность и температура замерзания воды. — Пресная вода приобретает наибольшую плотность при температуре +4°. По мере понижения температуры пресной воды до 4° плотность ее увеличивается, достигает наибольшей величины при 4°, и при дальнейшем охлаждении плотность ее начинает уменьшаться.

В морской воде температура, соответствующая наибольшей плотности ее, находится в зависимости от степени слености воды; с увеличением слености температура наибольшей плотности понижается.

Температура замерзания пресной воды равна 0°, в морской же воде она зависит от степени слености, — чем положительнее, тем и температура замерзания ниже.

Таким образом оказывается, что и температура наибольшей плотности и температура замерзания морской воды оба зависят от степени слености, и с увеличением слености оба тоже понижаются, но только не одинаково быстро, — понижение температуры наибольшей плотности идет быстрее. Зависимость между этими двумя свойствами морской воды и ее сленостью видно из следующего таблицы:

Сленость $S_{\text{пр}}$	0	5	10	15	20	24,895	25	30	35	40	
Температура наибольшей плотности	θ	3°,95	2°,9	1°,9	0°,8	0°,3	—1°,332	—1°,4	—2°,5	—3°,5	—4°,5
Температура замерзания	τ	0°	—0°,3	—0°,5	—0°,8	—1°,1	—1°,332	—1°,35	—1°,6	—1°,9	—2°,2

Отсюда видно, что при солености 24,635‰ температура наибольшей плотности (θ) и замерзания (γ) сближаются, и при больших соленостях температура наибольшей плотности уже выше температуры замерзания. Иначе говоря, при соленостях больше 24,7‰, морская вода до самого момента замерзания становится все тяжелее и тяжелее, тогда как пресная вода или мало соленая — наоборот. Влияние этих условий на замерзание морской воды подробно разобрано выше в статье о льдах в океанах (см. стр. 176).

Источники тепла, нагревающие водную поверхность.—**Суточный и годовой ход температуры воды на поверхности океанов и морей.**—*Источники тепла.*—Источниками, нагревающими водную поверхность, могут быть: излучы, солнце и внутренняя теплота твердой коры земного шара. Последняя могла бы иметь некоторое значение для придонных слоев, но почти никакого для поверхностных. Теплота, получаемая от излучы, совершенно ничтожна по величине, такъ же, какъ и теплота, отраженная отъ поверхности луны.

Итакъ, единственнымъ источникомъ тепла, нагревающимъ водную поверхность, является солнце. Солнечные лучи или лучистая энергия солнца проникаетъ черезъ атмосферу (при чемъ по пути воздухъ поглощаетъ около 30% энергии) и достигаетъ до поверхности воды. Здѣсь часть лучистой энергии солнца отражается вслѣдствіе зеркальности водной поверхности; другая часть той же энергии тратится на испареніе воды, т.-е. на превращеніе ея въ газообразное состояніе. Слѣдовательно, эти обѣ части лучистой энергии солнца тратятся для нагреванія водной поверхности.

Другая доля лучистой энергии солнца — частью проникаетъ на некоторую глубину въ воду, главнымъ образомъ осѣдая и только отчасти нагревая слои воды, сквозь которые она проходитъ.

Остальная же и значительная часть лучистой энергии солнца поглощается поверхностнымъ слоемъ воды, а слѣдовательно, согласно физическимъ законамъ, она вмѣстѣ съ этимъ и нагреваетъ эти поверхностные слои.

Волненіе, перекидывая приповерхностные слои воды, тоже уменьшаетъ нагреваніе водной поверхности. Какъ въ предшествовавшемъ отдѣлѣ было указано, вслѣдствіе большой теплоемкости воды, получаемое ею тепло нагреваетъ ее несравненно меньше, нежели сушу въ той же широтѣ.

Въ свою очередь, ночью и зимою, водная поверхность, охлаждаясь, освобождаетъ, какъ указано выше, огромное количество тепла (при охлажденіи 1 куб. сант. воды на 1° выделяется столько теплоты, что она нагреваетъ на 1°—3.134 б. е. воздуха).

Суточный и годовой ход температуры воды на поверхности океанов и морей.—Правильная смѣна одного и того же явленія, повторяю-

щаяся периодически через одинаковые промежутки времени, называется ходомъ наблюдаемаго явления; суточнымъ ходомъ, если периодъ его суточный, и годовымъ—если периодъ его годовой.

Всѣ явленія, связанныя съ нагрѣваніемъ земной поверхности солнцемъ, должны имѣть и суточный и годовой ходъ.

Разница между крайними величинами того же периодическаго явления въ теченіе одного періода называется амплитудою, смотря по періоду—суточной или годовой.

Наблюденія показали (главный матеріалъ—двухчасовыя наблюденія на *Challenger*’ы), что наибольшая температура воды на поверхности наступаетъ въ теченіе сутокъ въ открытыхъ океанахъ около 2—3 ч. дня, ближе къ экватору около 1 ч. дня, опаздывая относительно времени наибольшаго нагрѣванія (12 ч. дня) вследствие того, что охлажденіе поверхностной воды черезъ лученспусканіе въ небесное пространство идетъ менѣе быстро, и потому приходъ тепла нагрѣваніемъ и расходъ лученспусканіемъ сравниваются около 2—3 ч. дня, когда и наступаетъ наибольшая температура. Кромѣ того тутъ оказываютъ вліяніе теплоемкость воды и испареніе.

Суточные амплитуды въ открытыхъ океанахъ, вдали отъ береговъ, очень малы. Даже въ тропикахъ онѣ не превосходятъ $0^{\circ},5$, въ широтахъ около 30° — 40° онѣ около $0^{\circ},4$, а въ болѣе высокихъ широтахъ всего около $0^{\circ},1$.

Въ теченіе года наибольшія и наименьшія температуры воды на поверхности открытыхъ океановъ наступаютъ въ среднемъ въ сѣверномъ полушаріи въ Августѣ и Февралѣ; а въ южномъ—обратно: наибольшія въ Февралѣ, а наименьшія въ Августѣ (въ тропикахъ наибольшія и наименьшія температуры бывають около мѣсяца позже).

Годовыя амплитуды въ открытыхъ океанахъ по величинѣ, конечно, больше суточныхъ. Наименьшія годовыя амплитуды встрѣчаются въ тропикахъ, гдѣ встрѣчаются области съ замѣненіемъ температуры воды въ предѣлахъ одного градуса. Пространства, имѣющія амплитуды до 2° , охватываютъ обширныя части океановъ въ тропикахъ, особенно въ Тихомъ. На картѣ годовыхъ амплитудъ температуры на поверхности океановъ (фиг. 53) видно, что области наибольшихъ годовыхъ колебаній температуры воды находятся: въ сѣверномъ полушаріи, въ широтахъ 40° — 50° , а въ южномъ—въ широтахъ 30° — 40° . Въ среднемъ на поверхности океановъ въ разныхъ широтахъ годовыя амплитуды таковы:

	сѣверная				полушаріе				южная			
широты.	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	
годовая амплитуда воды.	8,4	10,2	6,7	3,4	2,3	2,3	2,6	3,6	5,1	4,8	2,9	

Наибольшія амплитуды встрѣчаются въ 40° с. и 30° ю. ш., потому что въ этихъ широтахъ на океанахъ вообще въ среднемъ располагаются максимумы давленія атмосферы (см. карты изобаръ), сопровождающіеся ясною погодою и слабыми вѣтрами, и къ тому же разница въ полуденныхъ высотахъ солнца и въ продолжительности дня и ночи лѣтомъ и зимою уже достаточно велика сравнительно съ болѣе высокими широтами; ясность же атмосферы способствуетъ лѣтомъ, въ болѣе длинныя дни, нагреванію, а зимою, въ болѣе длинныя ночи, охлажденію. Слабые вѣтры, господствующіе въ центрахъ максимумовъ давленія, не способствуютъ увеличенію испаренія, т.-е. уменьшаютъ потерю тепла при переходѣ воды изъ жидкаго въ газообразное состояніе.

Съ приближеніемъ къ полярнымъ областямъ около параллелей 50° увеличиваются облачность и сила вѣтра, и съ ними и волненіе, перемѣшивающее поверхностныя воды и тѣмъ самымъ предохраняющее ихъ и отъ нагреванія и отъ охлажденія, почему въ этихъ широтахъ наблюдается уменьшеніе амплитудъ, особенно въ южномъ полушаріи, гдѣ и вѣтры свѣжѣе, и плавучіе льды находятся ближе и равномернѣе распределены вокругъ всего этого сплошнаго воднаго пояса (между 56°—65° ю. ш.).

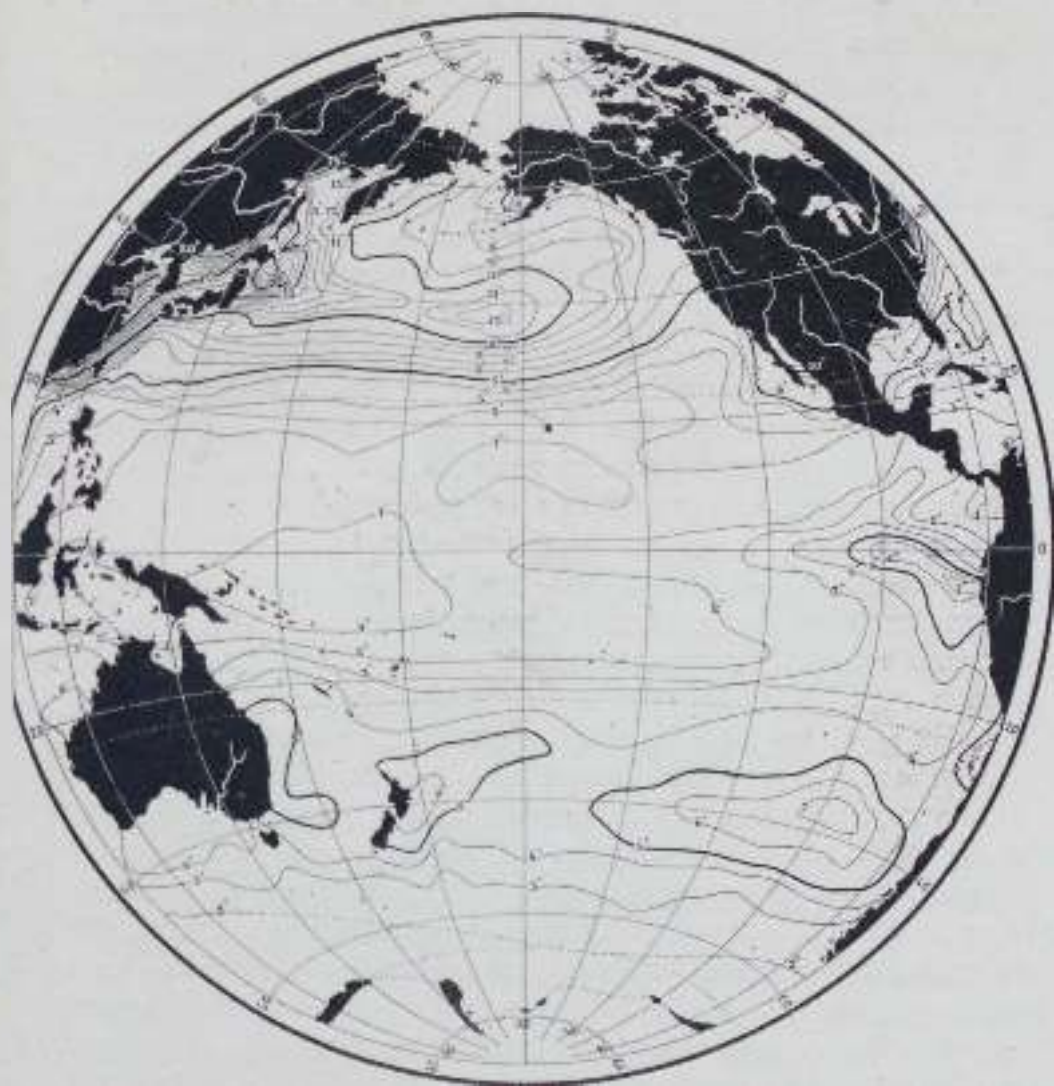
Въ полярныхъ водахъ годовыя амплитуды не превосходятъ двухъ градусовъ, т.-е. сравниваются съ тропическими, потому что лѣтомъ солнечное тепло тратится на таеніе льдовъ и не нагреваетъ поверхностныя воды, а зимою воды, охладившись до точки замерзанія, покрываются льдомъ, предохраняющимъ ихъ отъ дальнѣйшаго пониженія температуры.

На картѣ (фиг. 53) видно, что самыя значительныя годовыя амплитуды встрѣчаются въ сѣверномъ полушаріи (такъ же, какъ и въ атмосферѣ); онѣ особенно велики въ двухъ областяхъ,—у береговъ Соединенныхъ Штатовъ къ югу отъ Новой Шотландіи и у береговъ Азіи отъ Сахалина до о-ва Гайнана. Въ обоихъ указанныхъ областяхъ есть мѣста, гдѣ годовыя амплитуды доходятъ до 20° и даже до 30°, вслѣдствіе нѣкоторыхъ перемѣненій въ теченіе года въ этихъ мѣстахъ теплыхъ (Гольфстрима въ Атл. ок. и Куро-Сиво въ Тих. ок.) и холодныхъ теченій, идущихъ изъ полярныхъ и сѣверныхъ областей.



Фиг. 62. Географическое распределение осадков.

Области амплитудъ болѣе 5° , лежащія вдоль западныхъ береговъ Ю. Америки (у Перу и Галапагосскихъ о-въ), западныхъ береговъ Африки въ Гвинейскомъ заливѣ и у Африки въ Индійскомъ океанѣ, наконецъ у мыса Гвардафуй, объясняются выступаніемъ въ этихъ мѣстахъ болѣе холодныхъ водъ нижнихъ слоевъ, вслѣдствіе сдуванія вѣтрами (пассатами и муссонами) поверхностнаго, болѣе теплаго слоя.



Кривые температуры воды на поверхности океана.

Карта амплитудъ (фиг. 53) ясно показываетъ, какія обширныя пространства Мирового океана отличаются очень небольшими годовыми колебаніями температуры отъ 5° и менше.

Наименьшая температура на поверхности въ открытомъ океанѣ наблюдается въ Атлантическомъ океанѣ, къ востоку отъ береговъ нова Новаа Шотландія — 3°,3, а самая большая—въ западной части тропи-

ческой области Тихаго океана, къ сѣверу и югу отъ экватора $+32^{\circ}$ ($32^{\circ}, 2$), т.-е. разность крайнихъ температуръ доходить до 35° (въ воздухѣ же до 125°). Въ моряхъ, вслѣдствіе вліянія окружающей ихъ суши, амплитуды больше, чѣмъ въ близлежащихъ частяхъ океановъ; напр., въ *Балтійскомъ* морѣ, въ южной части, амплитуды доходятъ до 17° , въ средней до 14° и въ сѣверной до 12° . Въ *Черномъ* морѣ амплитуды отъ 15° до 17° , а въ сѣверной части, между Одессою и Крымомъ, до 20° — 24° .

Географическое распредѣленіе температуры воды на поверхности океановъ и морей.—*Океаны.*—Для составленія картины распредѣленія температуры поверхностныхъ водъ въ океанахъ на основаніи судовыхъ наблюденій, собранныхъ за много лѣтъ, поступаютъ точно такъ же, какъ и при обработкѣ наблюденій надъ соленостью на поверхности, что уже было изложено выше (см. стр. 87), и, послѣ обработки собраннаго матеріала, проводятъ на картѣ линіи равныхъ температуръ, называемыя изотермами. Можно такимъ образомъ составить карты изотермъ: годовыхъ, мѣсячныхъ или для даннаго момента. Для общаго представленія о географическомъ распредѣленіи температуры поверхностныхъ водъ въ океанахъ достаточно рассмотреть это явленіе въ среднемъ за годъ.

На картѣ (фиг. 54, стр. 134) представлены *годовыя изотермы*; рассматривая ихъ, видно, что въ южномъ полушаріи, начиная съ 40° ю. ш. и далѣе къ югу, изотермы распредѣляются почти согласно параллелямъ, т.-е., иначе говоря, географическое распредѣленіе температуры на поверхности въ этихъ широтахъ почти совпадаетъ съ астрономическимъ распредѣленіемъ нагреванія поверхности земнаго шара солнечными лучами. Если бы не было океаническихъ теченій, то исчезли бы и тѣ небольшіе изгибы изотермъ, которые видимъ на картѣ; тогда изотермы совершенно совпадали бы съ параллелями. По мѣрѣ же приближенія къ экватору изгибы изотермъ становятся все значительнѣе. Между экваторомъ и 30° ю. ш. изотермы дѣлаютъ особенно значительные изгибы часто на 20° по широтѣ въ южномъ Атлантическомъ и Тихомъ океанахъ и на 10° по широтѣ въ южномъ Индійскомъ океанѣ. При этомъ во всѣхъ трехъ океанахъ изотермы приближаются къ экватору въ восточной части океановъ и удаляются отъ него въ западной.

Совершенно такой же характеръ имѣютъ изотермы и къ сѣверу отъ экватора, въ океанахъ Атлантическомъ и Тихомъ, гдѣ тоже встрѣчаются изгибы изотермъ до 20° по широтѣ и болѣе и тоже въ восточ-

ной половины океана къ экватору, а въ западной — къ полюсу. Въ Индійскомъ океанѣ, къ сѣверу отъ экватора, уже на 20° с. ш., находится берегъ Азіи, и потому здѣсь, за отсутствіемъ сѣверной половины океана, изотермы, соотвѣтственно мѣстнымъ условіямъ, распределены совершенно иначе.

Изгибы изотермъ въ тропическихъ поясахъ океановъ вполне объясняются распределеніемъ поверхностныхъ теченій. Последнее подробно изложено въ главѣ X (теченія), здѣсь же достаточно указать, что по обѣимъ сторонамъ экватора, съ востока на западъ, идутъ экваторіальныя или пассатныя теченія, воды которыхъ, по мѣрѣ движенія вдоль экватора къ западу, успѣваютъ нагрѣться до высокой температуры. Эти теченія, встрѣтивъ на западѣ материка Америки, Азіи и Африки, расходятся къ сѣверу и къ югу отъ экватора, разнося свои теплыя воды въ умѣренные пояса и обусловливая этимъ удаленіе изотермъ отъ экватора въ западныхъ частяхъ океановъ.

Въ восточныхъ же частяхъ океановъ между 30° с. и ю. широтъ къ экватору приближаются нѣсколько охлажденные воды изъ умѣренныхъ широтъ, заставляя тѣмъ самымъ изотермы изгибаться здѣсь къ экватору. Кромѣ того, въ охлажденіи поверхностныхъ водъ тутъ еще играетъ роль и выступаніе болѣе холодныхъ водъ съ глубины вдоль западныхъ побережій континентовъ въ тропикахъ (т.-е. именно въ восточныхъ частяхъ океановъ), о чемъ было уже сказано выше въ статьѣ о годовыхъ амплитудахъ температуръ воды на поверхности.

Начиная съ 35° с. ш. и далѣе къ сѣверу, въ Атлантическомъ и Тихомъ океанахъ географическое распределеніе температуры на поверхности совершенно иное. Прежде всего обращаетъ вниманіе сближеніе изотермъ около 40° с. ш. въ западныхъ частяхъ обоихъ океановъ у береговъ континентовъ Америки и Азіи. Особенно рѣзко выражено это явленіе въ Атлантическомъ океанѣ; здѣсь на протяженіи 5° по широтѣ температура измѣняется отъ 20° до 10° . Въ Тихомъ океанѣ между 37° и 45° с. ш. у Японіи замѣтно то же самое явленіе, тамъ на протяженіи 5° по широтѣ температура воды уменьшается отъ 18° до 6° .

Въ обоихъ случаяхъ столь быстрое измѣненіе температуры по широтѣ объясняется встрѣчей холодныхъ теченій, идущихъ вдоль материковъ на юго-востокъ, и теплыхъ — на сѣверо-востокъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ береговъ.



Фиг. 54. Географическое распределение температуры

Въ восточныхъ же частяхъ обоихъ океановъ въ этихъ широтахъ и далѣе къ сѣверу изотермы широко расходятся вѣеромъ, что особенно замѣтно въ Атлантическомъ океанѣ, поверхность котораго на сѣверѣ свободно сообщается съ полярнымъ бассейномъ. Здѣсь мѣстами изотермы идутъ вдоль меридіановъ или подъ угломъ къ нимъ въ 45°. Такое распределеніе температуры обусловлено теплыми теченіями въ сѣ-



воды по поверхности океановъ къ срединѣ ок. 1933.

веро-восточной части океановъ. (Вѣтви Гольфстрима въ Атл. ок. и Куро-Сиво въ Тих. ок.).

Такимъ образомъ географическое распрежденіе температуры воды по поверхности океановъ, кромѣ естественнаго убыванія температуры отъ экватора къ полюсамъ вслѣдствіе астрономическихъ причинъ, находится въ большой зависимости еще и отъ мѣстныхъ условій, выражающихся

океаническими теченіями; всѣ изгибы изотермъ и отклоненія отъ нормальной распредѣленія температуры обуславливаются именно теченіями.

Указанныя отклоненія изотермъ показываютъ, что нѣкоторыя области океановъ теплѣе, а другія холоднѣе, чѣмъ слѣдовало бы по ихъ широтѣ. Эти отклоненія въ положительную и отрицательную стороны очень хорошо выражаются изономалами, т. е. линіями, проведенными черезъ мѣста съ одинаковыми отклоненіями отъ нормальныхъ температуръ параллелей. На картѣ (фиг. 54) изономалы показаны: отрицательныя — черточками, а положительныя — точками; рассматривая расположеніе изономалъ, видно, что большая часть поверхности океановъ отличается малыми отклоненіями отъ нормальной температуры и находится между изономалами $+2^{\circ}$ и -2° . Большія положительныя отклоненія (до $+5^{\circ}$) встрѣчаются въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ. Большія отрицательныя (до -7° и -8°) лежатъ всегда узкою полосой вдоль западныхъ береговъ континентовъ въ тропическихъ и умѣренныхъ широтахъ, т. е. тамъ, гдѣ наблюдается поднятіе холодной воды съ глубинъ. Значительная область южнаго Атлантическаго и Индійскаго океановъ, около 50° — 60° ю. ш., охвачена изономалою -3° . Изономала -4° встрѣчается еще въ Тихомъ океанѣ около Курильскихъ о-въ, это есть слѣдствіе вліянія сильно охлажденныхъ водъ Охотскаго моря.

Въ мѣсяцы достиженія самыхъ высокихъ и низкихъ температуръ, въ Августѣ и Февралѣ, общій картина географическаго распредѣленія температуры по поверхности океановъ не измѣняется; только въ Августѣ, мѣсяцѣ наибольшихъ температуръ для сѣвернаго полушарія, вся система изотермъ нѣсколько передвигается къ сѣверу, и именно въ этомъ мѣсяцѣ наблюдаются и самыя высокія температуры воды на поверхности. Въ Февралѣ вся система изотермъ передвигается къ югу, и въ областяхъ, занятыхъ высокими температурами, крайнія величины меньше, нежели въ Августѣ, вслѣдствіе того, что лѣто сѣвернаго полушарія отличается болѣе высокими температурами, нежели лѣто южнаго.

Крайнія мѣсячныя температуры поверхности воды въ океанахъ достигаютъ слѣдующихъ предѣловъ: наибольшія въ Августѣ — до 32° въ западной части Тихаго ок. около Соломоновыхъ о-въ и въ восточной у береговъ сѣверо-зап. Мексики. Наименьшія въ Февралѣ — ниже 0° къ югу отъ 60° ю. ш. и къ сѣверу отъ береговъ С. Америки и Азіи въ полярномъ бассейнѣ, а также у Нью-Фаундленда и Гренландіи въ Атлантическомъ океанѣ.

Изъ изученія картъ годовыхъ изотермъ и картъ изотермъ для Августа и Февраля видно, какія обширныя части поверхности Мирового океана заняты водою высокихъ температуръ (выше 20°). Въ среднемъ около 53% поверхности Мирового океана покрыто слоемъ воды выше 20°, и только 13% поверхности приходится на воды съ температурою ниже 4°.

По картамъ изотермъ можно вычислить среднія температуры поверхности каждаго изъ трехъ океановъ и наконецъ всего Мирового океана:

Океаны	Среднія темп. всей поверхности
Атлантическій	16,9
Индійскій	17,0
Тихій	19,1
Мировой	17,4

Такимъ образомъ Тихій океанъ самый теплый, а Атлантическій наиболѣе холодный, что отчасти обусловливается ихъ географическимъ положеніемъ. Тихій наиболѣе широкъ въ тропической полосѣ, а Атлантическій именно тамъ-то и суживается, а расширяется въ умеренныхъ и высокихъ широтахъ южнаго полушарія, гдѣ воды на поверхности значительно переохлаждены (см. изономалы, фиг. 54.). Затѣмъ сѣверный Тихій почти лишенъ сообщенія съ Сѣвернымъ Полярнымъ бассейномъ, а Атлантическій, наоборотъ, получаетъ оттуда большое количество охлажденной воды.

Если сравнить среднюю температуру поверхности Мирового океана 17°,4 со среднею годовою температурою нижнихъ слоевъ атмосферы вокругъ всего земного шара 14°,4, то окажется, что въ среднемъ за годъ поверхностныя воды океана на 3° теплѣе воздуха. Отсюда еще нагляднѣе видно, какой запасъ тепла для нагреванія атмосферы представляетъ собою Мировой океанъ, и какое большое значеніе для физико-географическихъ условій земного шара имѣетъ преобладаніе водной поверхности надъ сушею и ихъ взаимное распределеніе, при которомъ высокія широты заняты преимущественно водами.

Температура на поверхности морей.—Изъ большого числа существующихъ морей достаточно указать здѣсь на русскія моря и еще на нѣкоторыя, замѣчательныя своими особенно высокими температурами.

Бѣлое море въ широкой части входа въ него (Бѣлое море часто понимаютъ, начиная къ югу отъ линіи Каналь-нось—Святой-нось, хотя физико-географически надо считать его начало къ югу отъ порога въ

Горы, т.-е. по параллели 67° с. ш., от устья р. Поной до мыса Коппунинъ) не глубоко, большею частью около 100 м., и летомъ (Авг.—Сент.) здѣсь температуры на поверхности до 6°—8°, зимою же (Янв.—Апр.) понижаются до —1°,0 и —2°,0; періодъ льдовъ здѣсь длится около 2½—3½ мѣсяцевъ, при чемъ встрѣчается только разбитый ледь.

Самая узкая часть входа въ Бѣлое море—Горло имѣетъ наибольшія температуры въ концѣ лѣта (Авг.—Сент.), когда онѣ доходятъ до 7° и 9°,5; наименьшія же въ концѣ зимы (Апр.), около —1°,6 и —1°,8. Сезонъ льдовъ продолжается около 5 мѣсяцевъ (конецъ Ноября — начало Мая).

Въ самомъ Бѣломъ морѣ на поверхности наибольшія температуры бывають въ Августѣ, и въ области глубокой части моря (средняя часть и Кандалакск. зал.) онѣ достигаютъ до 13°—14°, а ближе къ дельтѣ С. Двины и до 16°. Въ мелководной части моря (прибреж. мѣста и Онежскій зал.) до 12°—15°. Сезонъ льдовъ начинается въ концѣ Октября и продолжается до середины Мая. Неподвижный ледь встрѣчается только у береговъ.

Балтійское море имѣетъ наибольшія температуры на поверхности въ Августѣ; въ южной широкой части его онѣ доходятъ до 16°—17°, также, какъ и въ восточной половинѣ Финскаго залива. Въ Ботническомъ заливѣ уже при входѣ всего 13°, а далѣе на сѣверъ температуры убываютъ до 10°.

Наиболѣе низкія температуры бывають въ Февралѣ. Въ южной части моря онѣ доходятъ до 2°,5; а въ заливахъ Финскомъ и Ботническомъ до 0° и немного ниже.

Замерзаніе начинается на сѣверѣ Ботническаго залива въ Декабрѣ; наибольшее распространеніе льды получаютъ обыкновенно въ Мартѣ, когда они сплошнымъ покровомъ скрываютъ Ботническій зал. до Кваркенга и сѣверо-восточную и восточную части Финскаго зал., ледяной покровъ котораго соединяется прибрежною полоскою льдовъ со льдами Ботническаго зал. Окончательно растаивають льды въ Финскомъ зал. въ Маѣ, а на сѣверѣ Ботническаго—только въ Іюні.

Въ *Черномъ морѣ* наибольшія температуры на поверхности наблюдаются въ Августѣ, когда онѣ доходятъ отъ 22° до 26°.

Наименьшія бывають въ Февралѣ, когда въ южной части моря температура около 8°—12°, а въ сѣверной 6°—8°, и иногда 0°, такъ какъ образуется ледь, хотя и на короткое время. Долше всего льды

держатся въ Дифировско-Бутскомъ лиманѣ—около двухъ съ половиною, трехъ мѣсцевъ (Дек.—Мартъ). Въ Одесскомъ зал. ледъ бываетъ въ Декабрѣ и Январѣ въ теченіе 2—3 недѣль.

Въ Азовскомъ морѣ наибольшія температуры воды бываютъ въ Августѣ и достигаютъ 25° — 26° .

Наименьшія температуры случаются въ Февралѣ; въ Декабрѣ начинается уже замерзаніе, а на сѣверѣ моря и въ Ноябрь. Продолжительность ледяного покрова отъ 2 до 4 мѣсцевъ.

Въ Каспійскомъ морѣ имѣется мало данныхъ для той его части, которая лежитъ вдаль отъ береговъ. Весною и въ началѣ лѣта температура воды доходитъ до 23° . Зимой сѣверная часть моря замерзаетъ на довольно обширное пространство на время около 4 мѣсцевъ. Плавающие льды изъ сѣверной части моря спускаются до Дербента; на восточномъ берегу море замерзаетъ у мыса Тюбъ Караганъ на время около мѣсяца.

Берингово море, какъ и другія моря побережья Азіи въ Тихомъ океанѣ, еще недостаточно изучено. Въ Августѣ мѣсяцѣ у Берингова пролива температуры отъ 3° до 5° и 8° ; на югѣ, у Алеутскихъ о-въ, проходитъ изотерма 10° . Такимъ образомъ это море отличается очень низкими температурами. Зимой вся сѣверная часть замерзаетъ, а южная, у береговъ Камчатки, въ концѣ зимы также покрывается льдомъ.

Охотское море тоже принадлежитъ къ очень холоднымъ бассейнамъ. Здѣсь, въ Августѣ, въ средней части моря, температура воды отъ 11° до 12° , а въ сѣверной даже немного выше. Температуры въ 15° — 16° встрѣчаются только въ южномъ углу моря. Зимой море замерзаетъ и, повидимому, на обширныхъ пространствахъ покрывается льдами.

Японское море въ Августѣ на сѣверѣ имѣетъ температуры отъ 16° до 20° , которыя къ югу возрастаютъ и доходятъ до 27° . Замерзаетъ только сѣверная часть моря до линіи Лаврузовъ проливъ—Владивостокъ. Въ началѣ Декабря замерзаніе начинается, а къ Апрелью все море, кромѣ Татарскаго пролива, уже очищается отъ льдовъ.

Красное море представляетъ примѣръ бассейна съ очень высокими температурами по поверхности. Въ Августѣ мѣсяцѣ онѣ доходятъ до 32° въ его южной части, а въ Февралѣ тамъ же отъ 24° до 25° .

Еще болѣе высокія температуры встрѣчаются въ Персидскомъ зал., гдѣ въ Августѣ онѣ доходятъ до $35^{\circ},6$, а въ Февралѣ уменьшаются до 22° .

Распределение температуры воды на глубинах океанов и морей.—

Способы проникновения тепла на глубины океанов.—Тепло может проникать въ глубину океановъ слѣдующими способами: непосредственно вмѣстѣ съ лучистой энергіей солнца, теплопроводностью и посредствомъ конвекціонныхъ движеній.

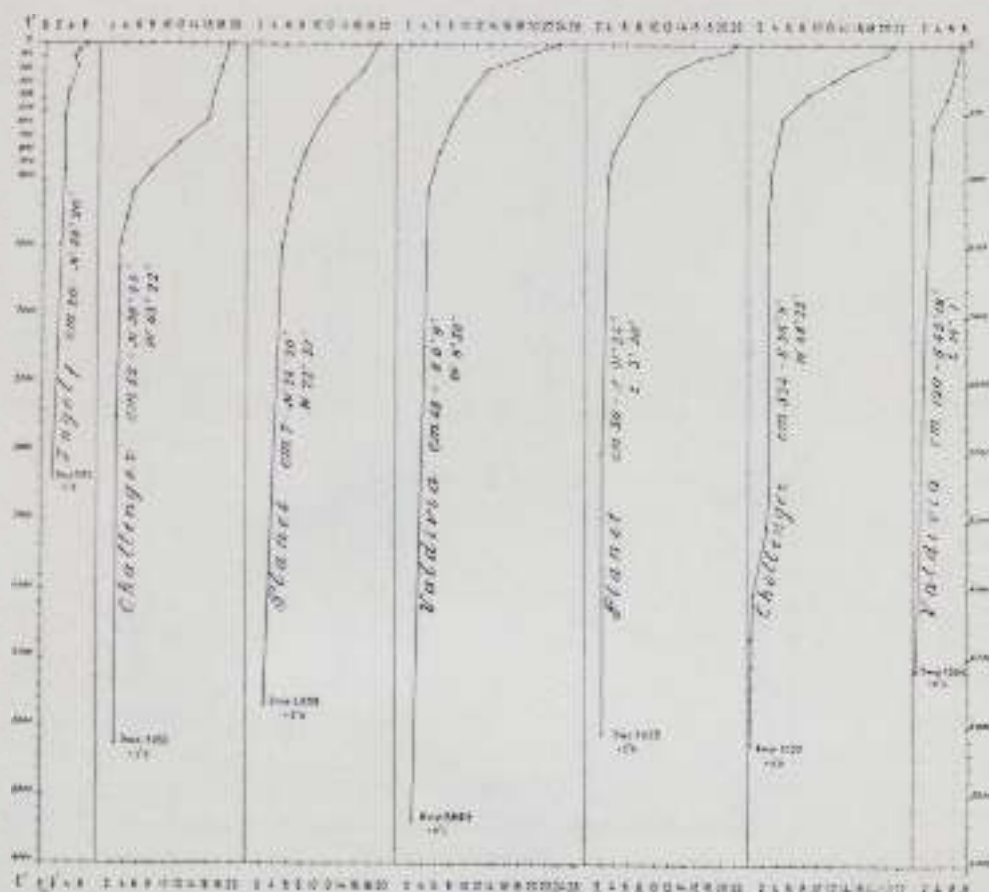
Первымъ путемъ, какъ уже и было указано выше (стр. 127), лучистая энергія солнца не можетъ проникать глубоко, такъ какъ значительная часть ея поглощается верхними слоями, а затѣмъ довольно быстро израсходуется и осталная часть энергіи, освѣщающая и темного нагревающая верхній слой воды около 800—1.000 м. (см. далѣе—Прозрачность). Въ настоящее время не имѣется рѣшающихъ изслѣдованій относительно той глубины, до которой солнечные лучи нагреваютъ слои водъ *).

Теплопроводность воды чрезвычайно мала, и слѣдовательно такимъ путемъ передача тепла въ глубину происходитъ чрезвычайно медленно.

Конвекціей, какъ уже было указано, называется вертикальное движеніе, вызванное въ данной средѣ такими измѣненіями въ плотности слоевъ, что выше лежащіе слои оказываются большей плотности, нежели находящіеся подъ ними. Если при этомъ поверхностные слои и теплѣе ниже лежащихъ, то, опускаясь, они будутъ нагревать глубинные слои.

Въ водныхъ бассейнахъ съ соленою водою подобное явленіе обуславливается не только пониженіемъ температуры на поверхности, но и испареніемъ поверхностной воды, при чемъ въ обоихъ случаяхъ происходитъ увеличеніе ея плотности (явленіе суточной конвекціи бываетъ во всѣхъ водоемахъ. Оно хорошо видно далѣе на примѣрахъ, графикъ стр. 178). Такія конвекціонныя движенія въ теченіе сутокъ могутъ охватывать только неглубоко лежащіе слои, перемены же въ состояніи поверхностной воды, вызываемыя годовыми колебаніями, конечно, значительно больше, и потому и конвекціонныя движенія, ими обуславливаемыя, захватываютъ слои гораздо большей мощности. Последняя причина главнымъ образомъ и способствуетъ переносу тепла отъ поверхности въ болѣе глубокіе слои океановъ, какъ это и подтверждается наблюденіями въ умеренныхъ широтахъ океановъ.

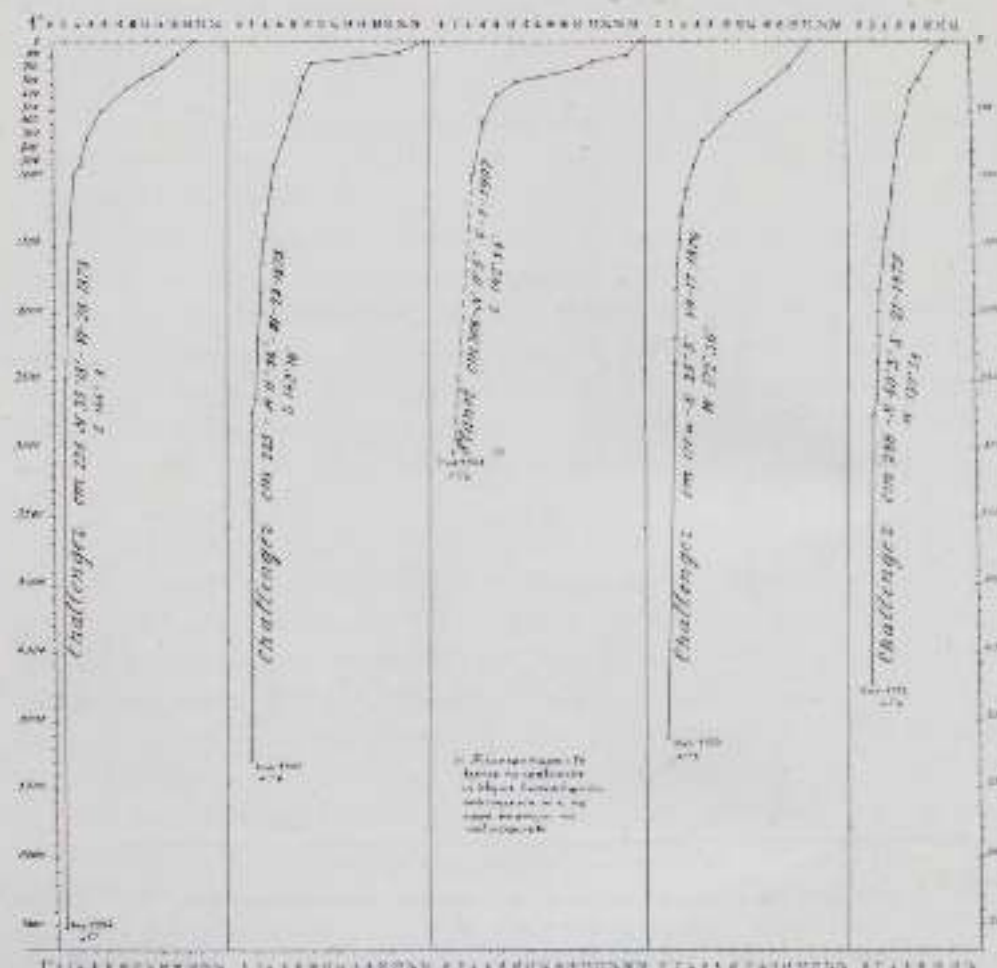
* Люкшъ во время австрійской океанографической экспедиціи въ Средиземное и Красное моря сдѣлалъ нѣкоторые изслѣдованія, на основаніи коихъ предположилъ возможность нагреванія воды солнечными лучами до 100 м. глубины.



Фиг. 35. Распределение температуры на глубинах Атлантического океана.

Распределение температуры на глубинах отдельных океановъ въ тропическихъ и умеренныхъ поясахъ. — Суточные колебанія температуры воды проникаютъ на очень незначительныя глубины ниже поверхности, не болѣе 25—30 м. (14—16 м. с.). Годовыя колебанія, конечно, проникаютъ глубже и захватываютъ слой до 150 м. (по даннымъ Эме въ Средн. м. до 350 м.). Ниже этой глубины температуры разныхъ слоевъ не имѣютъ ни суточныхъ, ни годовыхъ колебаній, существованіе же колебаній болѣе продолжительныхъ періодовъ, если таковыя имѣются, до сихъ поръ еще не обнаружено.

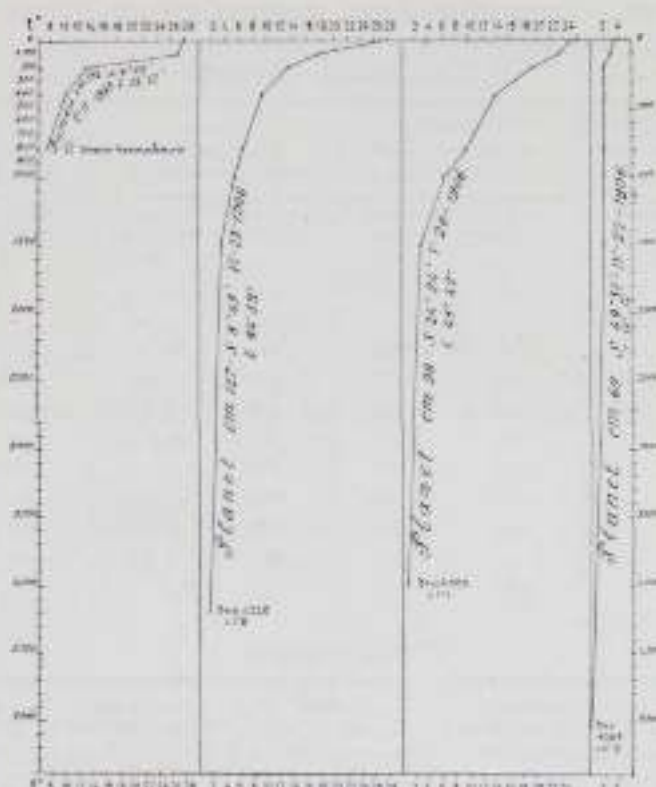
Отдѣльные случаи наблюденій вертикальнаго распределенія температуры въ океанахъ, имѣвшія мѣсто до плаванія *Challenger*'а (1872—1876 гг.), были слишкомъ отрывочны и немногочисленны, чтобы на нихъ



Фиг. 55. Распределение температуры на глубинах Атлантики.

основывать каких-либо общих заключений^{*)}, и только послѣ вышеупомянутой экспедиции, побывавшей во всѣх трехъ океанахъ и работавшей съ болѣе современными инструментами, получился сразу достаточный

^{*)} Однако еще Д. Кларк Россъ, послѣ своего антарктическаго плаванія (1839—41 гг.), высказалъ такую гипотезу: предполагая, что вода океановъ имѣетъ наибольшую плотность при 4°, онъ, на основаніи нѣкоторыхъ немногочисленныхъ наблюденій термометрами съ незащищенными отъ давленія воды шариками, т. е. дававшими слишкомъ высокія температуры, предположилъ, что на некоторой глубинѣ въ океанѣ существуетъ слой воды постоянной температуры, распространяющійся до самаго дна.



Фиг. 52. Распределение температуры на глубинах Тихого океана.

материалъ для сужденія о вертикальномъ распредѣленіи температуры въ Мировомъ океанѣ. Потому выводы, сдѣланные на основаніи собранныхъ *Challenger*'омъ данныхъ, получили общій характеръ, и послѣдующія океанографическія работы изолѣтъ подтвердили ихъ.

Главнѣйшій и самый интересный выводъ состоитъ въ слѣдующемъ. Оказывается, что вездѣ въ открытыхъ океанахъ, кромѣ полярныхъ странъ, температура отъ поверхности до самаго дна непрерывно уменьшается, и на днѣ, на глубинахъ въ 3.000—4.000 м. (1.600—2.200 м. с.) и болѣе бываетъ между $+2^{\circ}$ и -1° , и слѣдовательно всегда ниже самой низкой температуры на поверхности въ тѣхъ же мѣстахъ. Такой характеръ измѣненія температуры съ увеличеніемъ глубины для трехъ большихъ океановъ хорошо видно на графикахъ, приведенныхъ выше въ статьѣ о солености (фиг. 43, стр. 102), а также на графикахъ, помѣщенныхъ здѣсь, гдѣ для каждого океана дано нѣсколько кривыхъ рас-

Атлантический океанъ.

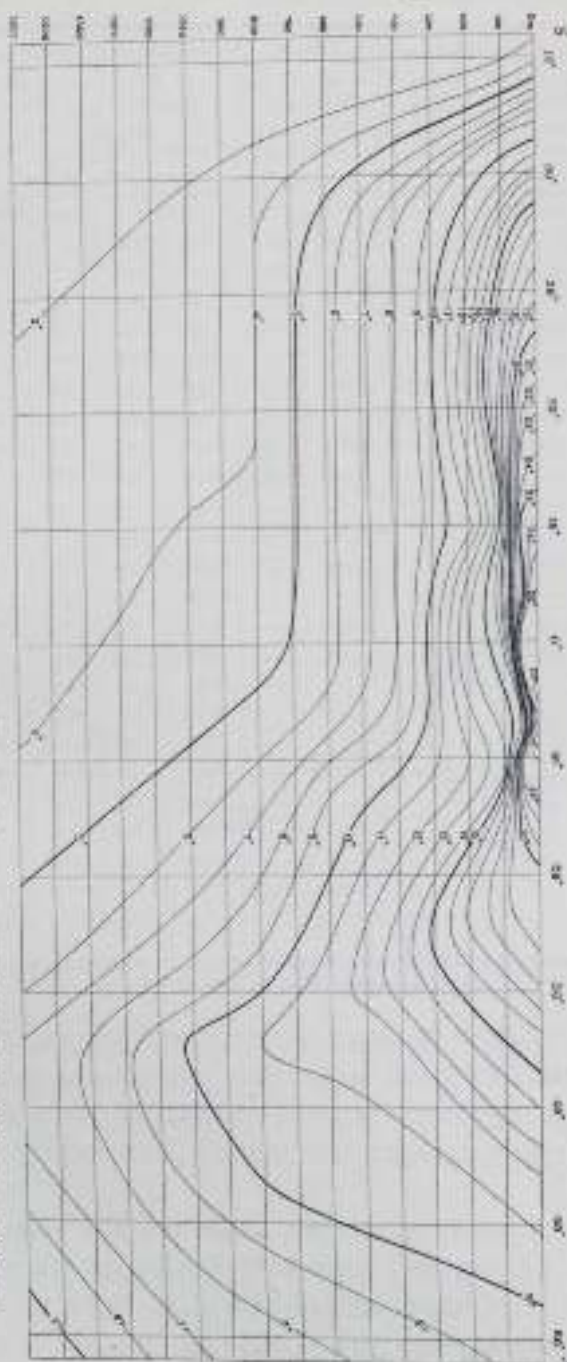
Ingolf. Ср. 26; 20-VI-1893 58°29' с. ш.; 40°10' з. д.		Challenger. Ср. 55; 23-V-1873 29°44' с. ш.; 67°32' з. д.		Planet. Ср. 51; 16-II-1906 24°28' с. ш.; 22°37' з. д.		Valdivia. Ср. 46; 8-IX-1888 19°10' ю. ш.; 86°02' з. д.		Planet. Ср. 30; 24-III-1906 21°14' ю. ш.; 73°20' з. д.		Challenger. Ср. 32; 29-II-1876 32°22' ю. ш.; 49°12' з. д.		Valdivia. Ср. 126; 18-XI-1888 47°19' ю. ш.; 14°17' з. д.	
метры.	тощи.	метры.	тощи.	метры.	тощи.	метры.	тощи.	метры.	тощи.	метры.	тощи.	метры.	тощи.
0	67,1	0	118,0	0	195,7	0	235,0	0	335,3	0	313,9	0	72,8
57	5,1	—	—	—	—	—	—	50	31,5	—	—	—	—
84	4,8	—	—	—	—	—	—	100	17,9	91	20,1	100	7,9
188	0,0	180	18,3	200	37,3	200	13,8	300	12,5	183	15,6	300	9,7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	374	13,1	—	—
377	3,9	548	17,7	400	13,1	400	10,1	400	8,2	368	8,9	400	5,3
549	0,2	549	15,3	600	10,3	600	8,0	—	—	549	4,8	600	0,4
—	—	732	11,9	800	8,4	800	6,3	800	4,9	732	4,1	800	3,3
942	0,2	814	6,0	1000	7,2	—	—	1000	7,5	814	3,7	1000	2,8
—	—	1067	5,8	—	—	1100	4,7	—	—	1067	3,4	—	—
—	—	1280	4,3	—	—	—	—	—	—	1280	3,0	—	—
—	—	1463	2,8	1300	3,0	—	—	1300	2,3	1463	2,8	—	—
—	—	1646	2,7	—	—	—	—	—	—	1646	2,9	—	—
—	—	2032	2,4	—	—	—	—	—	—	2032	2,6	—	—
—	—	2377	2,2	—	—	—	—	—	—	2377	2,8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2560	2,9	—	1,8
—	—	2743	2,3	—	—	—	—	—	—	2743	2,8	2930	—
3192 380	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	3382	2,8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	3500	2,5	3828	2,2	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4024	0,7	—	—
—	—	—	—	4855 580	2,5	—	—	—	—	4572	0,3	—	0,4
—	—	5120 600	2,3	—	—	—	—	—	—	5120	0,3	4580 580	—
—	—	—	—	—	—	1095	2,1	5060 600	2,5	—	—	—	—

Въ некоторыхъ столбцахъ цифры глубины представляются результатами пересчета морскихъ саженъ въ метры, почему они и отличаются разными цифрами, а не нулями.

предъявляя температуры съ глубиною въ разныхъ широтахъ: умеренныхъ, тропическихъ и экваторіальныхъ поясовъ, и притомъ для такихъ мѣстъ, гдѣ измѣненіе температуры съ глубиною характерно (фиг. 55, 56 и 57). Эти данныя извлечены изъ оригинальныхъ наблюденій океанографическихъ экспедицій.

На графикахъ видно, что въ тропическихъ широтахъ отъ поверхности до 1.000 м. (550 м. с.) глубины температура убываетъ быстро (отъ 28°—22° до 4°—3°,5); начиная же съ 1.500 м. (820 м. с.) она убываетъ настолько медленно, что отъ 1.500 м. до 5.500 м., т.-е. въ слое 4.000 м. толщиной, температура измѣняется всего на

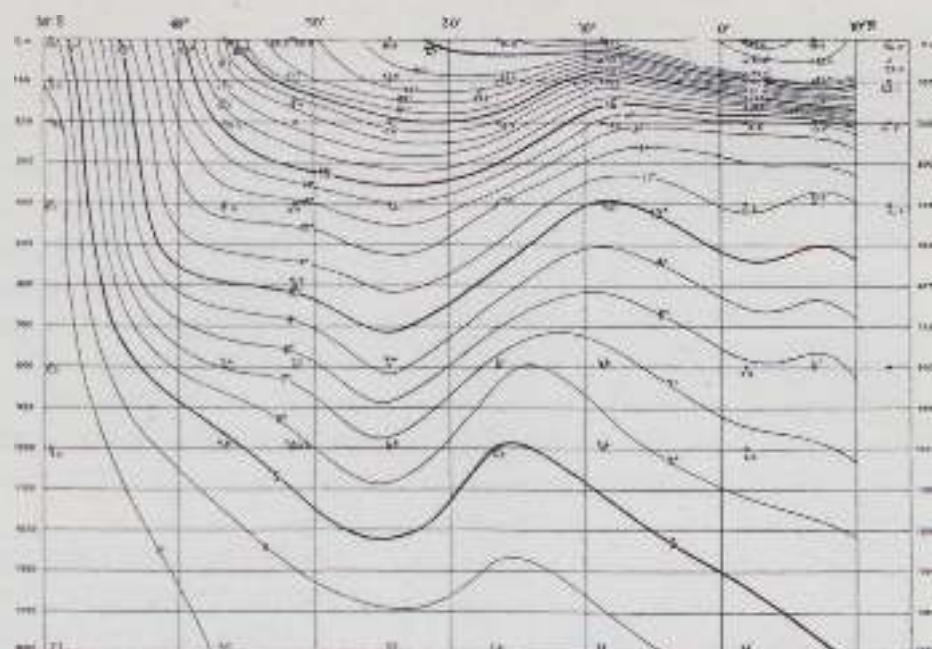
Фиг. 56. Распределение температуры по глубинам Аравия, от мыса Орел до мыса Меридиона 22°30' и до 10° в широту экватора.



1°—2°, тогда как въ верхнемъ слое на протяжении первой тысячи метровъ отъ поверхности температура убывала на 24°—20°.

Въ умеренныхъ широтахъ характеръ измѣненія температуры съ глубиною остается тотъ же, только вслѣдствіе болѣе низкихъ температуръ на поверхности уменьшеніе температуры съ глубиною происходитъ гораздо медленнѣе, что хорошо видно на всѣхъ графикахъ для соответствующихъ широтъ (фиг. 55, 56 и 57).

Для полноты картины вертикальнаго распрежденія температуры въ океанахъ, кромѣ того, приводятся вертикальные разрѣзы для всѣхъ трехъ океановъ вдоль меридіановъ, построенные на основаніи наблюденій разныхъ экспедицій послѣдняго времени (фиг. 58, 59 и 60). На этихъ разрѣзахъ хорошо видно, какъ изотермобаты (линіи равныхъ температуръ на различныхъ глубинахъ) сближаются въ тропическихъ частяхъ океановъ, изгибаясь въ то же



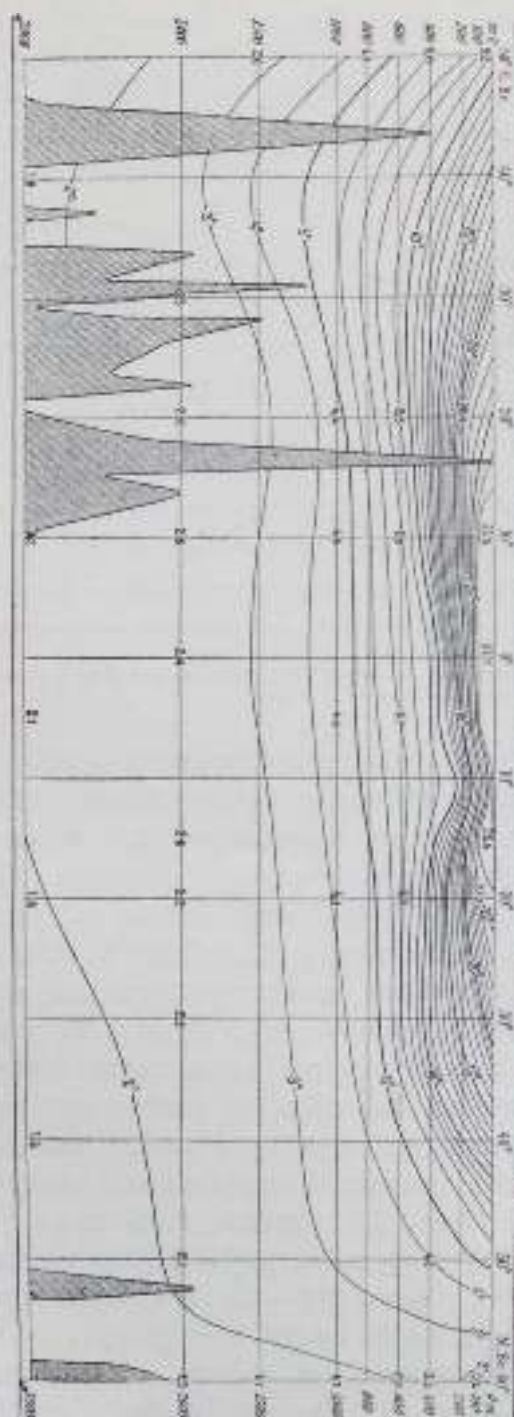
Фиг. 58. Распределение температуры на глубинах въ западн. Индйскомъ ок. между 10° с. ш. и 30° в. д. и между 20° в. д. и 90° в. д.

время вверхъ, къ поверхности, а въ умеренныхъ широтахъ—внизъ, ко дну. Чѣмъ глубже, тѣмъ и разстояніе между изотермобатами больше, т.-е. измѣненіе температуры съ глубиною происходитъ все медленнѣе и медленнѣе. Въ Тихомъ океанѣ, самомъ обширномъ и самомъ глубокомъ, гдѣ условія рельефа дна болѣе однообразны, нежели въ другихъ океанахъ, на разрѣзѣ (фиг. 60), построенномъ до глубины въ 3.000 м. (1.640 м с.), т.-е. въ два раза большей, нежели разрѣзы для двухъ другихъ океановъ, видно, насколько равномерно распределена температура на большихъ глубинахъ; изотермобаты идутъ почти горизонтально, на громадныхъ протяженіяхъ по меридіану температуры почти не мѣняются, и никакой зависимости отъ широты совершенно незамѣтно.

Такимъ образомъ оказывается, что теплый поверхностный слой воды въ океанахъ съ температурою выше 20°, который, какъ выше указано (стр. 136), покрываетъ 53% всей поверхности Мирового океана, имѣетъ очень небольшую толщину, всего 100—150 метровъ, и только прикрываетъ огромную толщу водъ болѣе низкой температуры.

На поверхности океановъ температуры въ разныхъ мѣстахъ колеблются, какъ выше было указано, отъ—2° до + 30°, а уже на глубинѣ

Фиг. 64. Придонные температуры на глубинах Тихого океана от 0° до 10° ю. ш. в южной половине 1907



400 м. эти разности уменьшаются до 18° (от 0° до 18°), как это видно на карте изотермобаты, для глубины в 400 м. (фиг. 64, стр. 162).

Разности температур еще меньше в придонных слоях океанов, где они изменяются всего от $-1^\circ,3^*$ до $+3^\circ$ в разных местах океанического ложа ниже окраин материковых склонов.

Разсматривая карту придонных температур (фиг. 61), видно, что в Тихом океане придонная температура распределена весьма равномерно. На огромном пространстве ложа этого обширного океана (45% Мирового океана и 33% всей земной поверхности) придонные температуры изменяются в пределах всего от $+1^\circ$ до $+2^\circ,5$; при чем в северном полушарии несколько выше, нежели в южном,

* Придонные температуры до $-1^\circ,95$, наблюдавшиеся на *Deutschland* в 1912 г. у самого Антарктического материка, в Ю. Атл. ок. на глубинах 600—700 м., совершенно исключительны и имеют малое распространение. Они объясняются иными причинами, главным образом характером подводного рельефа в этих местах.



Фиг. 61. Распределение изотерм температуры (на экваториальной проекции Меркатора)

гдѣ самыя низкія температуры ($+1^{\circ}$) встрѣчаются въ глубокомъ пониженіи дна между линіей Новая Зеландія — о-ва Тонга и островами Низменными. Температуры 0° начинаютъ попадаться только далеко на югѣ, за 60° ю. ш.

Въ Индійскомъ океанѣ придонныя температуры также распределены очень равномерно. Линія температуръ ниже 0° , окаймляющая Антарктическій континентъ, здѣсь далеко выдвигается къ сѣверу и лежитъ между 60° и 50° ю. ш. Вся остальная часть океана имѣетъ придонныя температуры отъ 0° до $+2^{\circ}$, при чемъ въ южномъ полушаріи, съ увеличеніемъ глубины, понижаются и придонныя температуры (0° , $+1^{\circ}$). Поэтому-то, въ зависимости отъ рельефа дна, тамъ и получаютъ двѣ области температуръ отъ 0° до $+1^{\circ}$; одна лежитъ между Мадагаскаромъ и о-вами Кергеленъ и св. Павла, а другая между послѣдними о-вами и Австраліей. Эта послѣдняя область доходитъ на сѣверѣ до Явы.

Въ Атлантическомъ океанѣ вся сѣверная его часть отличается высокими придонными температурами отъ 2° до 3° , и у самаго подножія подводнаго порога, идущаго отъ Гренландіи къ Европѣ, встрѣчаются температуры въ $3^{\circ},5$ и даже 4° , тогда какъ сейчасъ же къ сѣверу отъ того же подводнаго края придонныя температуры около $-1^{\circ},2$; тѣ и другія на глубинахъ отъ 1.000 до 2.000 м. Глубокія котловины (болѣе 5.000 м. = 2.730 м. с.), лежащія по обѣ стороны меридианальнаго поднятія дна океана, обладаютъ придонными температурами отъ 2° до $2^{\circ},5$, и такія же температуры встрѣчаются и въ южномъ полушаріи въ Африканской котловинѣ, потому что она на югѣ замкнута глубинами менѣе 4.000 м. (2.190 м. с.), отдѣляющими ее отъ большихъ глубинъ полярнаго пространства. Напротивъ того, придонныя температуры Американской котловины, въ южномъ полушаріи, на югѣ сообщаются съ приполярными областями, гораздо ниже, нежели гдѣ-либо въ умеренныхъ широтахъ въ океанахъ, а именно отъ $0^{\circ},4$ до $0^{\circ},7$, а противъ Патагоніи даже $-0^{\circ},1$ начиная съ параллели 50° ю. ш. Все остальное придонное пространство океана до Антарктическаго континента имѣетъ придонныя температуры ниже 0° , въ среднемъ около $-0^{\circ},5$, спускающіяся мѣстами до $-0^{\circ},9$.

Полярныя области океановъ.—Въ полярныхъ областяхъ всѣхъ трехъ океановъ въ южномъ полушаріи и въ сѣверномъ полярномъ пространствѣ, составляющемъ внутреннее море Атлантическаго океана и пока еще часто неправильно называемомъ Сѣвернымъ Полярнымъ океа-

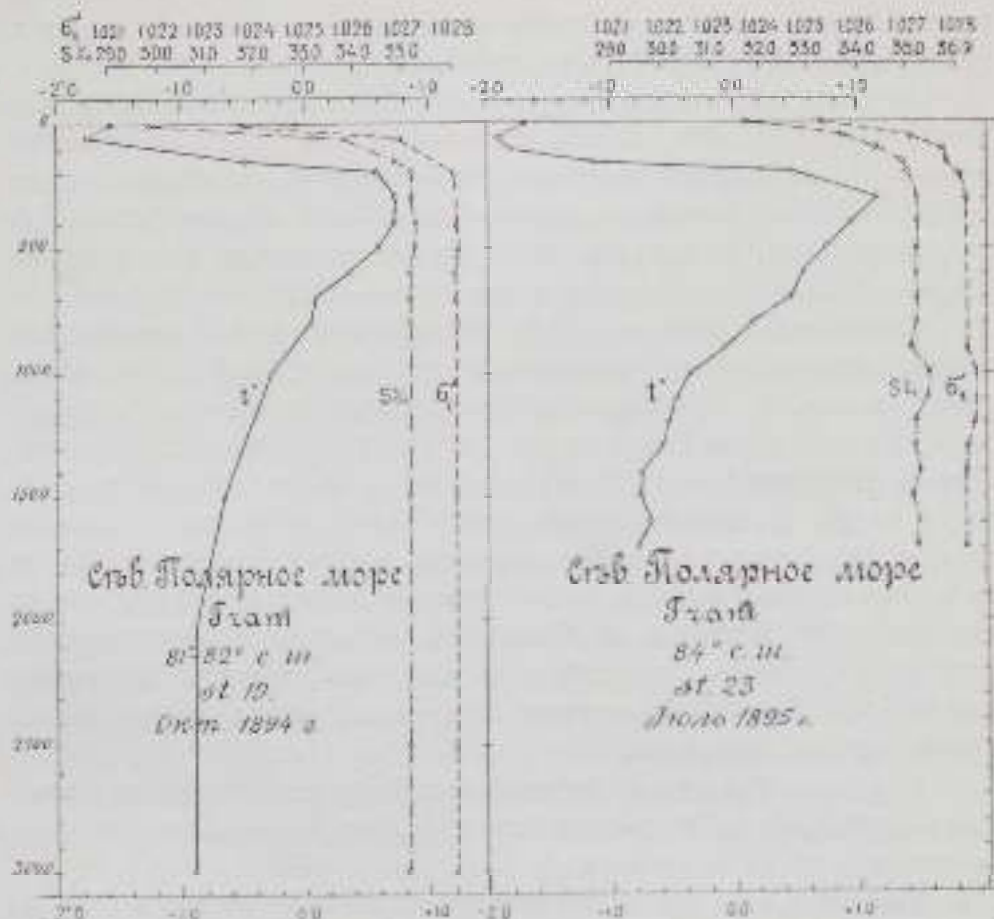
номъ, вертикальное распределение температуры весьма своеобразно и имѣетъ одинаковый характеръ въ обоихъ полушаріяхъ.

Верхній слой воды въ полярныхъ пространствахъ отличается низкой температурою, и даже лѣтомъ температура его рѣдко поднимается выше $+1^{\circ}$, по большей части въ лѣтніе мѣсяцы она бываетъ около $+0,5^{\circ}$, нерѣдко спускаясь ниже 0° и до -1° , и даже до $-1^{\circ},5$. Въ теченіе зимы и весны температуры поверхностныхъ водъ держатся около $-1^{\circ},5 - 1^{\circ},9$, а осенью между 0° и $-1^{\circ},0$.

Сѣверное Полярное море (Сѣв. Полярный океанъ) Атлантическаго океана, какъ уже было указано выше (см. стр. 40 и фиг. 18), раздѣляется порогами, идущими отъ Шпицбергена къ Гренландіи, на двѣ части, на собственно Полярный бассейнъ, большія глубины котораго начинаются за $82^{\circ}-83^{\circ}$ с. ш., и на Сѣверно-Европейское море. Последнее лежитъ между вышеуказаннымъ порогомъ и другимъ подобнымъ ему, отдѣляющимъ все это водное пространство на югъ отъ глубинъ Атлантическаго океана по линіи: Шотландія, черезъ Фарерскіе о-ва, Исландія, къ Гренландіи. Съ востока Сѣверно-Европейское море граничитъ Норвегіей, а къ сѣверу отъ нея до Шпицбергена (черезъ о-въ Медвѣжій)—окраиною материковой отмели. На западъ оно примыкаетъ къ Гренландіи.

Полярный бассейнъ и Сѣверно-Европейское море обладаютъ различнымъ вертикальнымъ распределеніемъ температуры, обусловленнымъ совершенно особыми причинами.

Полярное море отъ поверхности до глубины около 200 м.—250 м. (109—137 м. с.) покрыто слоемъ воды низкой температуры и малой солености (отъ $29^{\circ}/_{\text{‰}}$ до $32^{\circ}/_{\text{‰}}$ въ верхнемъ слое до 30 м. толщиной и отъ $32^{\circ}/_{\text{‰}}$ до $35^{\circ}/_{\text{‰}}$ въ слое отъ 30 м. до 250 м.), ниже же, до самаго дна, находится слой воды большей солености (около $35,2^{\circ}/_{\text{‰}}$) и болѣе высокой температуры. Два слѣдующіе графика (фиг. 62) показываютъ распределение температуры, солености и плотности въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, они построены на основаніи наблюденій, произведенныхъ во время плаванія *Fram'a* подъ руководствомъ Ф. Нансена поперекъ Полярнаго моря отъ Ново-Сибирскихъ о-въ къ Шпицбергену (1893—96 гг.). Одинъ графикъ (станція 19) относится къ области, лежащей въ сѣверу отъ пол-ва Таймыра, а другой (ст. 24) — къ сѣверу отъ архипелага Франца-Иосифа, т. е. къ двумъ различнымъ частямъ Полярнаго моря.



Фиг. 42. Распределение температуры, солей и плотности по глубинам ЦСН. Карского моря.

Разсматривая графики, видно, что температура въ обоихъ случаяхъ, хотя одинъ относится къ серединѣ лѣта, а другой — къ началу зимы, измѣняется съ глубиною одинаково. На поверхности она отрицательная ($-1^{\circ},5$ и $-1^{\circ},7$), съ глубиною она становится еще ниже и на 50 м. (27 м. с.) достигаетъ наименьшей величины ($-1^{\circ},8$ и $-1^{\circ},9$); затѣмъ съ дальнѣйшимъ увеличеніемъ глубины температура быстро повышается, и уже на глубинѣ 200 м. (109 м. с.) она положительная ($+0^{\circ},6$ и $+0^{\circ},4$); начиная отсюда, до глубины въ 800 м. (440 м. с.), температура остается выше нуля, а ниже она переходитъ снова черезъ нуль и медленно убываетъ до самаго дна.

Разсматривая на тѣхъ же графикахъ кривыя распределенія соле-

ности и плотности ($S^{0/00}$ и σ_t), видно, что верхний слой воды въ 200 м. (109 м. с.) никакой температуры отличается и малою соленостью (менѣе $35^{0/00}$) и малою плотностью. Затѣмъ, начиная съ 200 м. и до наибольшей глубины, послѣднія остаются безъ измѣненія. При этомъ соленость и плотность поверхностнаго слоя увеличиваются съ востока на западъ (ст. 19— $S^{0/00} = 29,9$; ст. 23— $S^{0/00} = 31,66$).

Понимому, верхний слой воды Полярнаго моря низкой температуры и малой солености происходит главнымъ образомъ вслѣдствіе притока прѣсныхъ водъ изъ Сибирскихъ и другихъ рѣкъ, впадающихъ въ это море ^{*)}, а затѣмъ на поверхности опрѣсненію способствуетъ и лѣтнее таяніе снѣговъ изъ льдахъ.

Слой воды съ температурами выше нуля и большой солености, встрѣчающійся между глубинами 200—800 м. (110—440 м. с.), есть подводное продолженіе той вѣтви Гольфстрима, которая проходитъ по западную сторону Шпицбергена (см. гл. X). Несмотря на болѣе высокія температуры, плотность этихъ водъ, вслѣдствіе ихъ большой солености, все-таки больше, нежели плотности опрѣсненнаго верхняго слоя (см. графики фиг. 62), потому онѣ и лежатъ ниже его. Однообразіе солености въ глубокихъ слояхъ показываетъ, что Полярное море до самаго дна наполнено водою того же происхожденія, что и промежуточный теплый слой (отъ 200 до 800 м.), т.-е. постепенно охлаждавшимися и потому сдѣланными болѣе плотными водами Гольфстрима. Охлажденіе теплаго промежуточнаго слоя воды (подводнаго теплаго теченія) происходитъ отчасти отъ соприкосновенія его съ выплывающимъ холоднымъ слоемъ воды, а отчасти отъ соприкосновенія его же съ обѣихъ сторонъ (главнымъ образомъ съ лѣвой, т.-е. съ той, куда отъ него лежитъ вся масса воды Сев. Пол. м.) съ остальными уже ранѣе охладившимися водами глубинъ Сѣвернаго Полярнаго моря.

Сѣверно-Европейское море имѣетъ нѣсколько иной характеръ распределенія температуры съ глубиною. Здѣсь поверхностный слой воды, за исключеніемъ широкой полосы вдоль берега Гренландіи, т.-е. Восточно-Гренландскаго холоднаго теченія, лѣтомъ вездѣ имѣетъ температуры выше 0° , даже поблизости окраины льдовъ, несомыхъ Восточно-Гренландскимъ теченіемъ (см. гл. X). Нерѣдко температуры на поверхности достигаютъ 5° — 10° въ восточной части моря, гдѣ проходитъ

^{*)} Подсчитать количества прѣсной воды, вливающейся въ Полярное море, сдѣланный Нансенемъ, вполнѣ оправдываетъ это предположеніе.

вѣтъ Гольфстрима. Съ глубиною температура сперва быстро убываетъ до 300—400 м. (165—220 м. с.), а потомъ начинаетъ медленно уменьшаться до дна, гдѣ она бываетъ около $-1^{\circ},0$ или $-1^{\circ},3$. Соленость всей толщи воды, начиная съ небольшихъ глубинъ и до дна, остается весьма постоянною (около 34,90—34,94‰).

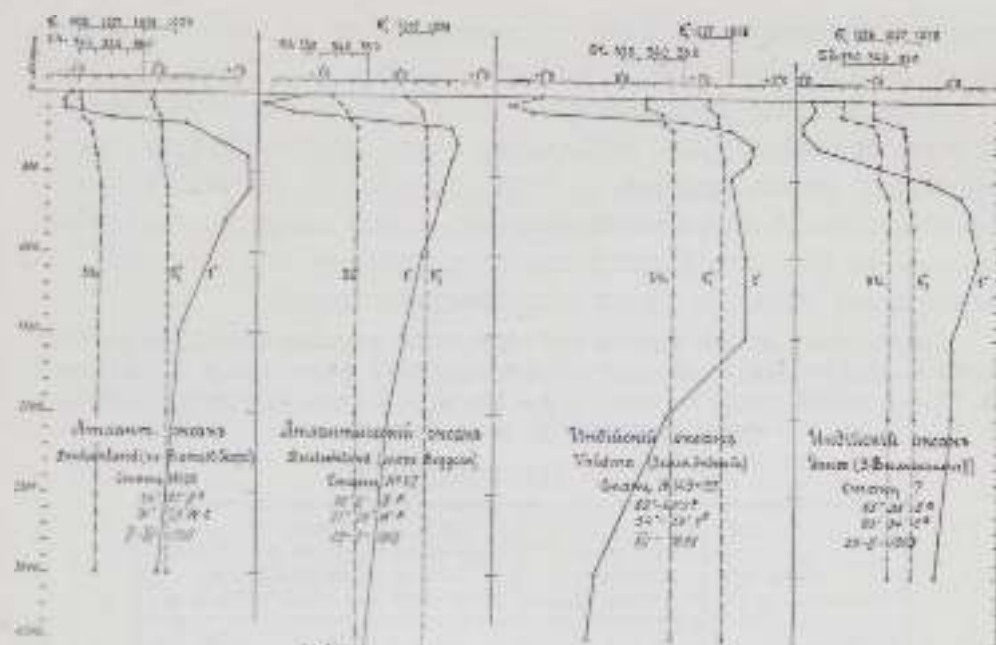
Все это вмѣстѣ заставляетъ предполагать, что такой большой толщины холодный глубоководный слой происходитъ вслѣдствіе охлажденія воды зимою и весною на поверхности лучеиспусканіемъ, а отчасти онъ есть послѣдствіе образованія льда осенью, при чемъ соленость поверхностной воды всегда нѣсколько увеличивается, и слѣдовательно вода становится тяжелѣе и опускается. Значительная соленость воды на глубинахъ указываетъ, что охлаждается главнымъ образомъ вода, пришедшая изъ Атлантическаго океана (вѣтъ Гольфстрима).

Подъемъ дна, идущій отъ Шнидбергера къ Гренландіи, не позволяетъ холодной водѣ большихъ глубинъ Сѣверно-Европейскаго моря проникнуть къ глубинамъ Полярнаго моря. Другой подъемъ дна, соединяющій Шотландію съ Гренландіей, оказываетъ такое же вліяніе по отношенію къ лежащимъ по его южную сторону большимъ глубинамъ Атлантическаго океана, гдѣ на глубинахъ въ 500—600 м. (275—330 м. с.) температуры около 6° — 8° , тогда какъ по его сѣверную сторону на тѣхъ же глубинахъ онѣ ниже 0° .

Южное Полярное пространство трехъ океановъ (Атл., Тих. и Инд.).—Температура на поверхности Южнаго Полярнаго пространства держится въ среднемъ около 0° и ниже, доходя мѣстами и лѣтомъ до $-1^{\circ},5$, даже до $-1^{\circ},7$.

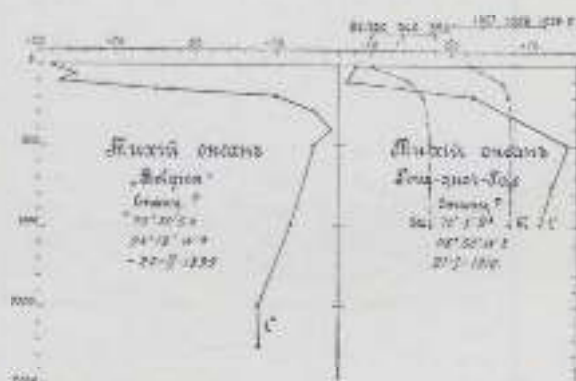
Сейчасъ же подъ поверхностью лежитъ слой воды толщиною до 100, иногда до 200—300 м. (55 м. с., 109—165 м. с.), гдѣ температура немного ниже, нежели на поверхности, а соленость, а потому и плотность большѣ (см. фиг. 63); глубже этого слоя температура быстро повышается и становится выше нуля, доходя до $+1^{\circ},0$, а мѣстами почти до $+2^{\circ},0$ на глубинахъ до 400, 500 метровъ (215—270 м. с.). Начиная отсюда, температура постепенно понижается съ увеличеніемъ глубины, оставаясь положительною до глубинъ около 1.500—2.000 м. (820—1.090 м. с.). Пониженіе температуры продолжается и далѣе до самаго дна, гдѣ на глубинахъ въ 4.000—5.000 м. (2.200—2.700 м. с.) она около $-0^{\circ},4$.

Вездѣ повышенію температуры соответствуетъ и увеличеніе солености



Фиг. 62. Распредел. температур, солей и плотн. на глубинах Южного Полярного пространства.

и плотности, которая, начиная от глубины около 400 м. (220 м. с.), остается почти без изменения до дна, как это видно из графиках (фиг. 63), где даны примеры для различных частей Южной полярной области, лежащих в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах.



Фиг. 63. Распр. темп., солей и плотн. на гл. Юж. Пол. пр.

Таким образом в общем получается и для Южной полярной области такое же вертикальное распределение температуры, как и для Северной. Вверху лежит малой толщины холодный слой (около -1°C) небольшой солености (меньше 34‰), глубже идет большой мощности (около 1.000—1.500 м.) теплый слой воды с температурами выше нуля, отличающийся и большею соленостью (выше $34,5\text{‰}$). Ниже же, до самого дна,

находится холодный слой воды съ температурами немногимъ менѣ нуля (до $-0^{\circ},4$) и большой солености (болѣ $34,5^{\circ}/\text{‰}$).

Происхождение средняго слоя теплой воды большой солености объясняется постепеннымъ опусканіемъ водъ, двигающихся изъ болѣе умѣренныхъ широтъ океановъ къ югу. Эти теплыя и соленыя воды оказываются плотнѣе оуфрѣженныхъ таяніемъ льдовъ поверхностныхъ слоевъ океановъ въ высокихъ южныхъ широтахъ, поэтому онѣ и лежатъ непосредственно подъ холодными поверхностными водами.

Для полноты и ясности картины ниже приводятся цифровыя таблицы, по которымъ построены графики фиг. 63, а также здѣсь же даны такія же таблицы и для графиковъ фиг. 62, т.-е. для Сѣвернаго Полярнаго моря. Для южнаго Поляра, пространства таблицы и графики расположены съ запада на востокъ.

Сѣверное Полярное море.

Fram (изъ отб. отъ пол.-за. Теймурса). (Стат. 39; 37-38-X-1894 г.). 61°43' 30" Ш. с. ш.; 113°12' 11" Д. в. д.				Fram (изъ отб. отъ архипел. Фру-де-суфа). (Стат. 38; 25-31-VII-1895 г.). 68°20' 40" Ш. с. ш.; 72°55' 10" Д. в. д.		
метры.	t°	S°/‰	σ _t	t°	S°/‰	σ _t
0	-1,35	39,30	1,0239	-1,35	31,63	1,0053
50	-1,78	35,70	879	-1,88	35,71	879
100	—	—	—	-1,79	34,38	875
150	-0,47	34,79	879	-1,35	34,80	877
200	-0,81	35,39	881	-0,43	34,98	880
250	0,79	35,19	881	1,18	35,10	881
300	0,78	35,32	882	0,98	35,14	881
350	0,80	35,28	882	0,73	35,23	881
400	0,35	35,12	881	0,16	35,20	881
450	0,11	35,24	882	0,37	35,29	881
500	0,04	35,36	882	0,12	35,25	881
550	—	—	—	-0,04	35,07	881
1000	-0,10	—	—	-0,33	35,39	883
1100	—	—	—	-0,44	35,41	885
1200	—	—	—	-0,49	35,38	884
1300	—	—	—	-0,50	35,30	885
1400	—	—	—	-0,78	35,24	882
1500	-0,62	35,24	882	-0,76	35,15	882
1600	—	—	—	-0,61	35,28	882
1700	—	—	—	-0,79	35,18	885
2000	-0,86	—	—	—	—	—
2500	-0,89	35,39	884	—	—	—
3000	-0,84	35,27	883	—	—	—

* Для опредѣленія Ф_{из} Наполеона немаловажное значение имѣетъ уменьшеніе на 0,14‰.

Образованіе же мощнаго слоя придонныхъ водъ большой солёности съ температурою ниже нуля, лежащаго еще ниже, объясняется, какъ и въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ, постепенною отдачею тепла промежуточнымъ слоемъ воды высокой температуры и солёности на его верхней грани, вслѣдствіе соприкосновенія съ холодными поверхностными водами. При этомъ пониженіи температуры происходитъ увеличеніе плотности, и частицы воды постепенно опускаются, образуя холодный придонный слой воды той же солёности.

Новѣйшія изслѣдованія, сопровождавшіяся опредѣленіемъ количества кислорода, раствореннаго въ водѣ глубинъ, подтверждаютъ вышеизложенный взглядъ на образованіе въ Полярныхъ пространствахъ океановъ холодныхъ придонныхъ водъ и промежуточнаго теплаго слоя, такъ какъ количество кислорода быстро убываетъ до глубинъ около 200 м., а ниже остается почти постояннымъ, слегка увеличиваясь съ глубиною. Это явленіе подтверждаетъ заключеніе, что солёныя воды промежуточнаго и глубиннаго слоевъ давно уже не имѣли соприкосновенія съ атмосферою.

Южныя высокія широты отличаются болѣе низкими температурами какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ, нежели соответственныя сѣверныя, и потому полярный характеръ вертикальнаго распределенія температуры придвинутъ тамъ гораздо ближе къ экватору. Особенно это замѣтно въ южномъ Атлантическомъ океанѣ, гдѣ вся область къ югу отъ о-ва Южная Георгія и Буве (о-въ Южная Георгія — $54^{\circ}5'$ ю. ш., $45^{\circ}35'$ з. д.; о-въ Буве — $54^{\circ}20'$ ю. ш., $6^{\circ}14'$ в. д.) имѣетъ уже полярный характеръ. Все это хорошо видно на графикѣ (фиг. 63), гдѣ въ широтѣ всего 54° около о-ва Юж. Георгія (*Deutschl.*—ст. 109) наблюдается такое же вертикальное распределеніе температуры, какъ и въ морѣ Ведделя на 16° южной и приблизительно на томъ же меридіанѣ. Точно также если сравнить кривыя температуръ въ южномъ Индійскомъ океанѣ (*Valdivia* ст. 149—153) въ широтѣ 62° — 63° ю. ш. съ кривою въ сѣверномъ Атлантическомъ въ широтѣ 58° с. (*Ingolf*—ст. 20; фиг. 55, стр. 141), то не трудно замѣтить, что въ южномъ Индійскомъ океанѣ температура на всѣхъ глубинахъ ниже $+2^{\circ}$, а въ сѣв. Атлантическомъ, только на четырехъ градусахъ ближе къ экватору, температура на всѣхъ глубинахъ выше $+2^{\circ}$.

Общій обзоръ распределенія температуры на глубинахъ океановъ и причины, обуславливающія подобный характеръ явленія.— Выше было дано описаніе характера распределенія температуры на глубинахъ въ отдѣльныхъ океанахъ и ихъ полярныхъ частяхъ и приведены

были соответствующие примѣры для разныхъ широтъ, а также были даны вертикальные разрѣзы вдоль меридіановъ. На основаніи всего имѣющагося въ океанографіи подобнаго матеріала вытекаетъ заключеніе, что температура воды въ открытыхъ океанахъ замѣтно измѣняется только отъ поверхности до глубины около 1.000 м. (550 м. с.), а отъ этой глубины до дна—очень немного. Въ тропикахъ, гдѣ на поверхности температуры около 24° — 28° , температура на 1.000 м. уже около 5° — 7° , т. е. на 20° меньше. Отъ 1.000 м. до 2.000 м. температура убываетъ около 1° — 2° , а ниже еще медленнѣе—около $0^{\circ},5$ и менѣе на 1.000 м. Въ умѣренныхъ поясахъ, гдѣ на поверхности воды холоднѣе, нежели въ тропикахъ, убываніе температуры съ глубиною происходитъ еще постепеннѣе, по тоже главнымъ образомъ между поверхностью и глубиною въ 1.000 м., а ниже температуры убываютъ очень медленно. Вообще въ предѣлахъ тропическаго и умѣренныхъ поясовъ океановъ, температуры на глубинѣ около 2.000 м. почти одинаковы вдоль меридіановъ, и уже незамѣтно вліянія широты, такъ ясно выраженнаго въ этихъ поясахъ на поверхности и въ слое до глубины въ 1.000 м.

Въ верхнемъ слое въ 1.000 м. ясно замѣтно, что въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ температуры на соответствующихъ глубинахъ всегда выше, нежели въ умѣренномъ поясѣ южнаго полушарія. Это обстоятельство есть несомнѣнное послѣдствіе вліянія слѣдующихъ двухъ причинъ: во-первыхъ—рельефа дна, который въ сѣверномъ полушаріи на глубинахъ много меньше 1.000 м. отдѣляетъ сѣверныя части Атлантическаго и Тихаго океановъ отъ Полярнаго моря, чего въ южномъ полушаріи нѣтъ, и гдѣ вслѣдствіе выклиниванія материковъ увеличивается доступъ холодныхъ водъ съ юга. Во-вторыхъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе вообще болѣе низкихъ температуръ на полярной окраинѣ умѣреннаго пояса южнаго полушарія, гдѣ какъ было указано выше (стр. 157), распределеніе температуръ на поверхности и на глубинахъ принимаетъ совершенно полярный характеръ *).

Для того, чтобы лучше и легче подмѣтить общій характеръ вертикальнаго распределенія температуры въ океанахъ, можно изъ всѣхъ имѣющихся наблюденій на разныхъ глубинахъ вывести для каждаго океана черезъ нѣкоторое число градусовъ по широтѣ и долготѣ и для определенныхъ глубинъ среднія величины температуръ на этихъ глубинахъ; тогда получится для каждой глубины рядъ температуръ, въ которыхъ

*) Въ общемъ это было указано А. И. Воейковымъ еще около 25 л. тому назадъ.

Среднія температуры на глубинахъ.

Глубина въ метрахъ.	Тихій океанъ.			Атлант. океанъ.			Индійскій океанъ.			Глубина въ метрахъ.
	Поясъ отъ 15° с. ш. до 15° с. ш.	Поясъ отъ 10° с. ш. до 7° с. ш.	Поясъ отъ 5° ш. п. до 2° ш. п.	Поясъ отъ 10° с. ш. до 5° с. ш.	Поясъ отъ 5° с. ш. до 2° с. ш.	Поясъ отъ 10° с. ш. до 5° с. ш.	Поясъ отъ 15° с. ш. до 10° с. ш.	Поясъ отъ 5° ш. п. до 2° ш. п.	Поясъ отъ 20° ш. п. до 15° ш. п.	
	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	Поясъ температуръ:	
	отъ 15° с. ш.	отъ 10° с. ш.	отъ 5° ш. п.	отъ 10° с. ш.	отъ 5° с. ш.	отъ 10° с. ш.	отъ 15° с. ш.	отъ 5° ш. п.	отъ 20° ш. п.	
	отъ 15° с. ш.	отъ 10° с. ш.	отъ 5° ш. п.	отъ 10° с. ш.	отъ 5° с. ш.	отъ 10° с. ш.	отъ 15° с. ш.	отъ 5° ш. п.	отъ 20° ш. п.	
0	26,1	26,3	24,8	24,4	26,1	26,9	27,6	27,5	25,2	0
100	24,5	17,0	25,4	21,0	15,9	21,3	24,7	18,6	25,8	100
200	17,9	11,2	21,5	19,9	12,5	16,7	19,6	13,8	19,3	200
400	12,7	8,9	18,1	16,2	7,8	12,0	12,1	8,6	14,1	400
600	7,3	6,0	8,0	13,6	5,8	7,9	11,2	8,1	10,9	600
800	4,8	5,0	6,1	10,5	4,4	5,2	10,4	6,3	8,4	800
1.000	3,3	4,5	4,9	8,0	4,1	4,9	8,7	4,8	5,7	1.000
1.500	2,8	3,3	5,5	6,1	3,9	8,1	6,1	3,5	7,5	1.500
2.000	2,4	2,6	2,5	3,9	3,0	2,8	4,9	2,4	4,4	2.000
3.000	2,1	2,0	2,0	3,0	2,7	2,4	3,8	2,2	3,5	3.000
4.000	1,8	1,9	1,6	2,5	2,2	1,9	—	1,8	3,2	4.000
205	1,7	1,7	1,6	2,5	2,1	1,2	1,9	1,4	1,0	205

случайныхъ отклоненій отдѣльныхъ наблюденій (или отклоненія, зависяща, быть-можетъ, отъ какихъ-либо періодическихъ причинъ, еще недостаточно выясненныхъ) ступаютъ, и главнымъ особенностями вертикальнаго распредѣленія температуры на глубинахъ станутъ болѣе замѣтны.

Подобная работа выполнена для всѣхъ океановъ черезъ каждые 10° или 5° по широтѣ и 10° по долготѣ для глубинъ въ 0, 100, 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000 метровъ океанографомъ Г. Шоттомъ *). Изъ полученныхъ такимъ способомъ рядовъ распредѣленій температуръ можно въ свою очередь вывести температуры на вышеуказанныхъ глубинахъ для цѣлыхъ поясовъ, лежащихъ между какими-либо параллелями. Таблица на этой страницѣ и представляетъ результаты подобнаго вычисленія для всѣхъ трехъ океановъ.

Изъ рассмотрѣнія цифръ таблицы видно, что въ Атлантическомъ и Индѣйскомъ океанахъ до глубинъ въ 1.500 м. (820 м. с.) температуры къ сѣверу и къ югу отъ экваторіальной полосы всегда выше, нежели на соответствующей глубинѣ въ экваторіальной полосѣ; для Тихаго океана

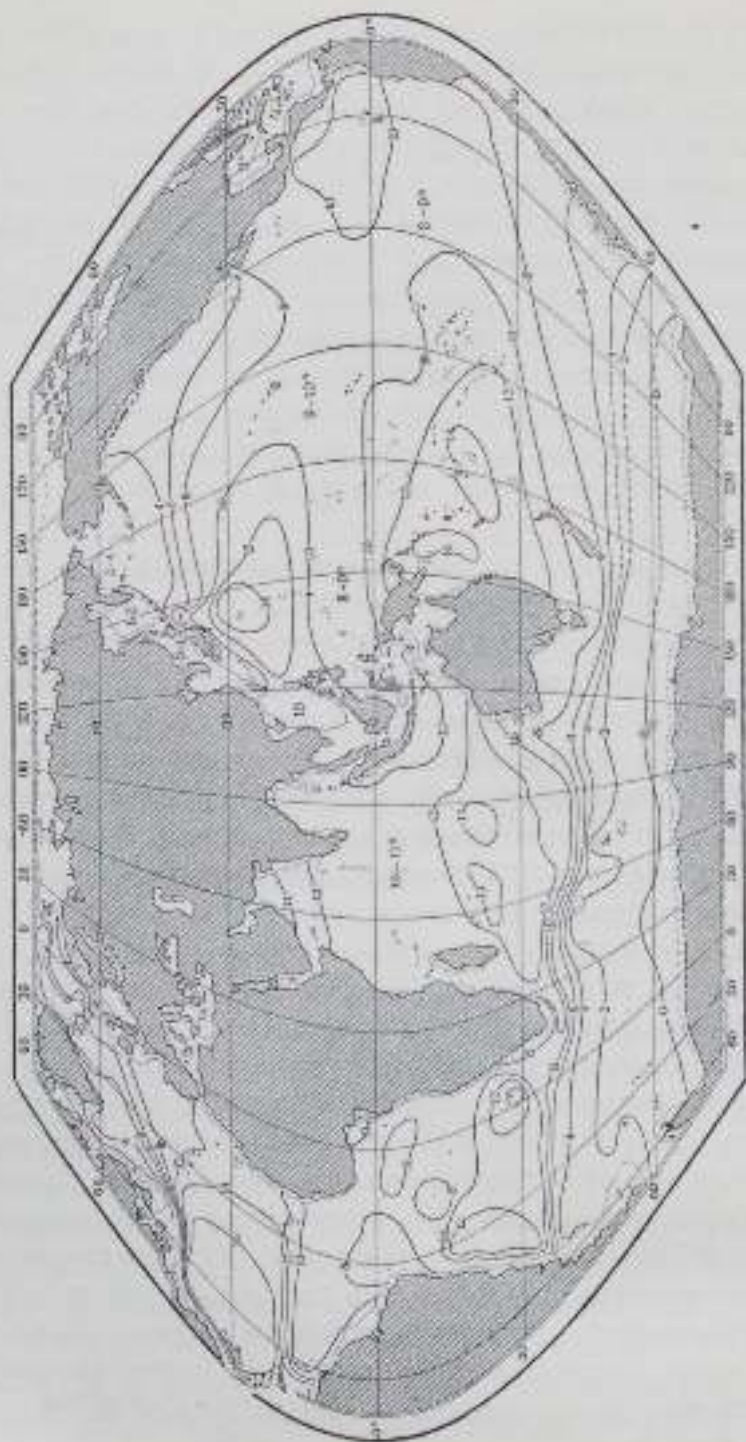
*). Для Атлант. и Индѣйскаго ок. она основана на 1.156 вертикальныхъ рядахъ наблюденій температуры на разныхъ глубинахъ, а для Тихаго—на 660 рядахъ.

замѣчается то же самое, но до глубинъ 600—1.000 м. (336—547 м. с.). Только въ поверхностномъ слое во всѣхъ океанахъ наблюдаются болѣе высокія температуры въ экваторіальной области. При этомъ въ Тихомъ океанѣ область, соответствующая наибольшимъ температурамъ на поверхности и наименьшимъ на глубинахъ (600—1.000—1.500 м.), находится къ сѣверу отъ экватора (10° с. ш.—7° с. ш.); въ Индійскомъ океанѣ—къ югу отъ экватора (5° ю. ш.—10° ю. ш.); а въ Атлантическомъ океанѣ по обѣ стороны экватора (5° с. ш.—5° ю. ш.). Такое расположеніе поясовъ пониженныхъ температуръ на глубинахъ до нѣкоторой степени объясняется распределеніемъ надъ океанами по обѣ стороны экватора штилевыхъ полосъ, пассатовъ и муссоновъ, а также и элементовъ океанографическихъ (распределеніе суши и воды, очертанія материковъ, температуры на поверхности океановъ и океаническихъ теченій).

Отсюда видно, что указанные выше экваторіальные пояса (см. таблицу) въ сущности и являются настоящими раздѣленіями океановъ отъ поверхности до дна на *сѣверную* и *южную* половины, хотя они нѣсколько и не совпадаютъ съ географическимъ экваторомъ, но эти отступленія обусловлены только-что указанными причинами.

Изъ той же таблицы видно еще, что пояса «высокихъ температуръ», расположенные къ сѣверу и къ югу отъ экватора, неодинаковы по своимъ температурамъ, а именно пояса южнаго полушарія имѣютъ въ общемъ болѣе низкія температуры, нежели пояса сѣвернаго. Для Атлантического океана это замѣчается уже начиная съ глубины въ 200 м. (100 м. с.), для Индійскаго—съ 600 м. (330 м. с.), а для Тихаго—только съ 3.000 м. (1.640 м. с.). Такимъ образомъ въ среднемъ выводѣ въ этихъ поясахъ замѣчается болѣе сильное охлажденіе водъ на глубинахъ въ южномъ полушаріи сравнительно съ сѣвернымъ.

Если взглянуть на карту годовыхъ изотермъ поверхности океановъ (фиг. 54, стр. 134—135), гдѣ нанесены изономалы температуры поверхностной воды, то видно, что значительная часть южнаго Атлантического океана имѣетъ отрицательныя аномаліи; также и въ Индійскомъ океанѣ, хотя тамъ область отрицательныхъ аномалій менѣе распространяется къ сѣверу, доходя только до 20° ю. ш. (въ Атл. ок.—до экватора). Въ обоихъ океанахъ изономала —4° занимаетъ обширное пространство вдоль параллели 50° ю. ш., тогда какъ въ Тихомъ океанѣ нѣтъ подобнаго переохлажденія водъ на поверхности въ тѣхъ же широтахъ.



Фиг. 64. Рентгеновские температуры воды на глубинах 400 метров (среднегодовые значения).

Причиной отмѣченнаго выше вертикальнаго распредѣленія температуръ въ умѣренныхъ и экваторіальныхъ поясахъ океановъ является вертикальный круговоротъ водъ, образующійся въ океанахъ вслѣдствіе ежегоднаго охлажденія водъ въ умѣренныхъ широтахъ осенью и зимою, т.-е. въ тѣхъ широтахъ, гдѣ воды на поверхности обладаютъ большею соленостію и значительно вышею плотностію, нежели около экватора (см. карту плотностей, фиг. 42, стр. 100—101). Въ тѣхъ же широтахъ (около 35° — 40°) и годовыя колебанія температуры воды (см. фиг. 53, стр. 130—131) самая большія, почему тамъ зимою, при значительномъ пониженіи температуры на поверхности, вода становится также же ниже лежащихъ слоев *) и медленно опускается внизъ; оттого въ этихъ широтахъ, ведѣ на глубинахъ отъ 100 м. (55 м. с.) до 800—1.000 м. (440—550 м. с.) и наблюдаются болѣе высокія температуры (см. таблицу на стр. 160), нежели въ экваторіальномъ поясѣ.

Въ экваторіальныхъ же областяхъ всѣхъ океановъ обратно—температуры на соответствующихъ глубинахъ ниже, нежели въ поясахъ по обѣ стороны экватора, при чемъ даже на глубинѣ въ 100 м. (55 м. с.) температуры уже значительно ниже, нежели въ поясахъ умѣренныхъ широтъ къ сѣверу и къ югу. То же самое очень хорошо видно на картахъ изотермобатъ, существующихъ для многихъ глубинъ всѣхъ океановъ (100, 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000); на этихъ картахъ легко прослѣдить до глубины въ 1.000 м., а въ южномъ полушаріи и до 1.500 м. **), существованіе полосъ болѣе теплой воды въ умѣренныхъ широтахъ, разединенныхъ полосою болѣе холодной воды около экватора. Только-что указанное явленіе особенно ясно выступаетъ на картахъ изотермобатъ 600 и 400 м. Последняя и приведена здѣсь (фиг. 64); на ней хорошо видны эти три полосы температуръ въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ по всей ихъ ширинѣ, а въ Тихомъ въ его западной Азіатско-Австралійской части.

Въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. изотермобатъ 12° вѣнхается (см. карту фиг. 64) всю ширину океана между 20° — 40° с. ш.; внутри ее есть изотермобаты 14° , 16° и 18° .

*) Не надо забывать кромѣ того, что испареніе происходитъ всегда и при всѣхъ температурахъ, а следовательно и съ поверхности воды въ умѣренныхъ поясахъ въ океанахъ, а такъ какъ воды океановъ солены, то испареніе увеличиваетъ ихъ плотность и тѣмъ способствуетъ возникновенію вертикальной циркуляціи.

**) Глубже, на уровнѣ 2.000 м. (1.100 м. с.) подобное горизонтальное распредѣленіе температуръ совершенно исчезаетъ, а, какъ уже было указано выше (стр. 158), температуры во всѣхъ широтахъ одинаковы.

Въ южномъ полушаріи изотермобата 10° окхватываетъ полосу между 15° — 35° ю. ш.; внутри ея проходятъ изотермобаты 12° и 14° . Между указанными дугами поясами въ экваториальной полосѣ находятся изотермобаты 8° и ниже.

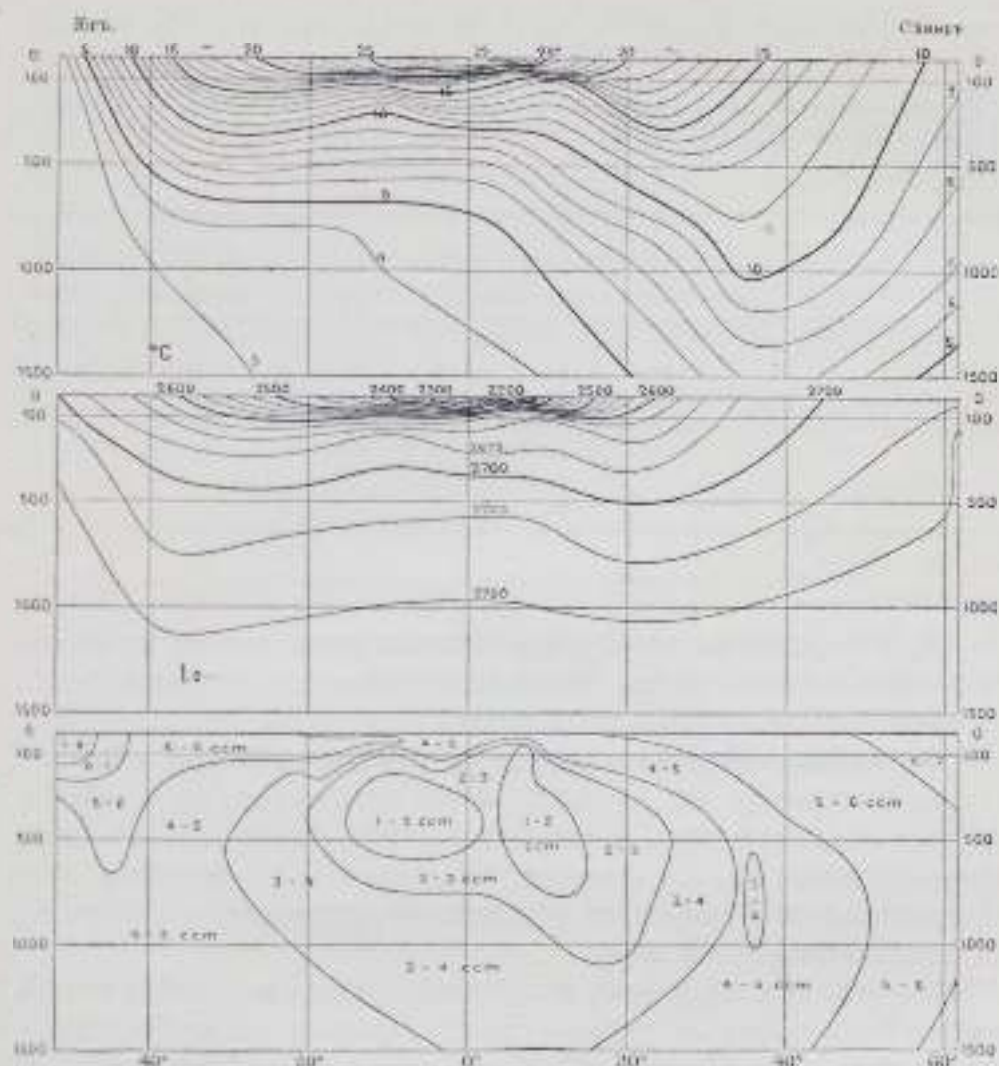
Въ Индійскомъ ок., въ южномъ полушаріи, изотермобата 12° окхватываетъ во всю ширину океана полосу между 12° — 35° ю. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14° ; а въ экваториальной полосѣ, гдѣсь съотвѣтствующей, какъ выше было указано, полоса между 5° — 10° ю. ш., температуры 10° — 11° .

Въ Тихомъ ок., въ сѣверномъ полушаріи, изотермобата 12° окхватываетъ значительную область въ западной ея части между широтами 35° — 20° с. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14° . Въ южномъ полушаріи изотермобата 12° обнимаетъ въ западной части океана обширную область между параллелями 5° — 30° ю. ш.; внутри ея есть изотермобаты 14° . Въ экваториальной же полосѣ, между 5° — 15° с. ш., температуры 8° — 9° .

Если сравнить эту карту (фиг. 64) съ таблицей среднихъ температуръ (стр. 160), то ясно видно полное ихъ согласіе. Примеры на фиг. 55, 56 и 57 выбраны именно среди этихъ полосъ температуръ.

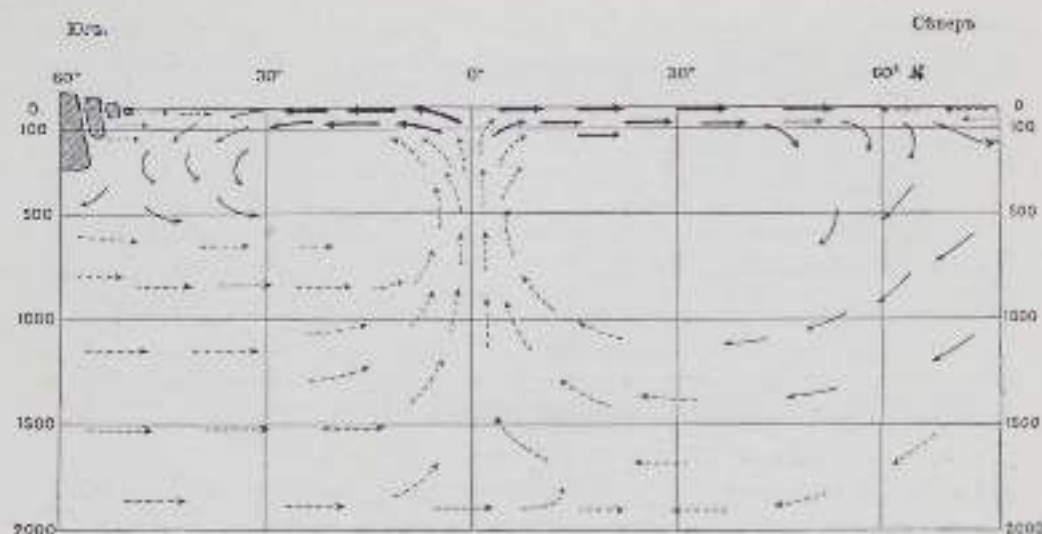
Распределение на глубинахъ океаномъ другихъ океанографическихъ элементовъ: солености, плотности и содержанія кислорода также вполне подтверждаетъ высказанное выше предположеніе о существованіи въ океанахъ вертикальной циркуляціи воды. На слѣдующемъ примѣрѣ для Атлантическаго океана, болѣе исследованнаго, нежели другіе, это хорошо видно (фиг. 65). Въ этомъ примѣрѣ дано вертикальное распределение отъ 60° с. ш. до 50° ю. ш. вдоль меридіана: температура, плотности и содержанія кислорода отъ поверхности до 1.500 м. (820 м. с.). На разрывахъ хорошо видно опусканіе изотермобатъ въ южномъ полушаріи въ широтахъ между 10° и 30° ю. ш. на глубинахъ до 800 м. и въ сѣверномъ полушаріи между 20° и 50° с. ш., въ послѣднемъ случаѣ опусканіе особенно ясно. Около экватора же замѣтенъ выгибъ изотермобатъ къ поверхности. На разрывѣ для плотности видны въ тѣхъ же мѣстахъ изгибы линій равныхъ плотностей (изопизнъ), а на разрывѣ распределения кислорода ясно видны по обѣ стороны экватора дѣй области съ малымъ количествомъ кислорода на глубинахъ отъ 200 до 600 м., которыя объясняются не только большимъ развитіемъ жизни на этихъ глубинахъ въ тропическихъ широтахъ, а также и поднятіемъ глубинныхъ водъ, долго не бывшихъ въ соприкосновеніи съ атмосферой и, слѣдовательно, бѣдныхъ кислородомъ.

Для большей наглядности предполагаемое круговое движеніе водъ въ океанахъ изображено на прилагаемомъ меридіанальномъ разрывѣ Атлантическаго океана до глубины въ 2.000 м. (1.100 м. с.). На чертежѣ (фиг. 66, см. стр. 166) сплошными стрѣлками показано движеніе относительно теплыхъ водъ, а пунктирными—относительно холодныхъ водъ,



Фиг. 65. Распределение на глуб. Атлантик. по толщине, плотности и скорости.

толщина стрелок выражает относительную скорость движения, — чем толще, тем быстрее. В тех местах, где на той же úrovненной поверхности плотности разные (см. фиг. 65, средний график), образуются вертикальные движения воды, а именно: опускаются там, где поверхности равных плотностей опускаются, и поднимаются, где они изгибаются вверх. На глубинах из 2.000 м. поверхности равных плотностей идут, впрочем, параллельно уровням, и потому там могут быть только горизонтальные движения водных слоев.



Фиг. 16. Вертикальный обмен воды въ Атлантическомъ океанѣ.

Конечно, скорости этихъ движеній весьма незначительны, какія-нибудь сотыя доли миллиметра въ секунду, почему до сихъ поръ онѣ и не могли быть обнаружены наблюденіями.

Распределение температуры на глубинахъ морей.— Распределение температуры на глубинахъ морей какъ окраинныхъ, такъ и внутреннихъ, находится въ зависимости: отъ рельефа дна по линіи соприкосновенія ихъ съ океаномъ, отъ широты и отъ мѣстныхъ причинъ, которыя въ совокупности обуславливаютъ температуру и соленость на поверхности данного моря.

Въ окраинныхъ моряхъ ихъ большія глубины не бываютъ иногда отдѣлены отъ такихъ же глубинъ рядомъ лежащаго океана; вслѣдствіе этого вертикальное распределение температуры въ нихъ близко отъ того, какое существуетъ въ соседней части океана на соответствующихъ глубинахъ, при чемъ, конечно, мѣстные условія сказываются и здѣсь.

Примѣрами такихъ морей могутъ служить моря, омывающія берега Россіи въ Тихомъ океанѣ.

Берингово море, расположенное въ довольно высокихъ широтахъ и окруженное сильно охлажденными частями материковъ (особенно сѣв.-вост. Азія), имѣетъ вертикальное распределение температуры, похожее на типъ, встрѣчающійся въ высокихъ южныхъ широтахъ океановъ, а именно: быстрое убываніе температуры до небольшой глубины, затѣмъ нѣкоторое

понижение и далѣе медленное убываніе до дна, гдѣ температура около 1°. Наблюденій въ Беринговомъ морѣ очень мало, и они недостаточно хороши и обстоятельны.

Охотское море также мало изслѣдовано, главный матеріалъ — наблюденія адмирала С. О. Макарова въ 1888 г., изъ которыхъ видно, что вертикальное распрежденіе температуры похоже на таковое же въ Беринговомъ морѣ, только пониженіе температуры поблизости поверхности еще сильнѣе выражено, потому что вообще это море болѣе холодное, нежели Берингово, вслѣдствіе еще большаго вліянія на него холодной сѣв.-вост. Азіи.

Японское море тоже не имѣетъ большого числа наблюденій; на основаніи существующихъ данныхъ можно предполагать, что сѣверо-западная часть моря на глубинахъ холоднѣе, нежели юго-восточная, въ первой наблюдаются глубинныя температуры около 0° *).

Во внутреннихъ моряхъ большія глубины ихъ всегда отдѣлены подводнымъ порогомъ отъ рядомъ лежащихъ частей океана или другихъ морей, и потому, при условіи, что соленость въ данномъ морѣ на поверхности и на глубинахъ одинакова или мало различается, температура воды въ такихъ моряхъ остываетъ до дна безъ измѣненія, начиная отъ глубины, близко соответствующей порогу.

Температура глубинныхъ слоевъ будетъ зависѣть отъ зимней температуры воды на поверхности моря (т.-е. отъ широты и мѣстныхъ условій). Въ зависимости отъ этого обстоятельства получается два типа морей.

Типъ первый. — Если зимою поверхностныя воды охлаждаются ниже температуры воды на глубинѣ порога въ рядомъ лежащемъ бассейнѣ (океанѣ или морѣ), то вся глубокая впадина моря, начиная отъ глубины порога (или почти отъ этой глубины) до самаго дна, будетъ заполнена водою температуры равной зимней на поверхности.

Типъ второй. — Если же зимою поверхностныя воды моря обладаютъ болѣе высокими температурами, нежели существующія по другую

*) Повидимому, Японское море, въ поверхностныхъ слояхъ имѣющее всѣ признаки окраивающаго моря, находящагося въ большой зависимости отъ близлежащаго океана, на глубинахъ имѣетъ характеръ внутреннего моря, отдѣленнаго поднятіемъ дна въ проливахъ, соединяющихъ его съ Тихимъ ом. На эту мысль приводятъ наблюдавшіеся придоныя температуры, но для рѣшенія вопроса необходимы болѣе обстоятельныя опредѣленія вертикальныхъ рядовъ температуръ отъ поверхности до самаго дна.

сторону порога и на его глубинѣ въ океанѣ или другомъ бассейнѣ, съ которыхъ данное море соединено въ поверхностныхъ слояхъ, то вся вода моря отъ глубины порога и до дна заполнена водою той температуры, какая встречается по другую сторону порога въ слояхъ океана (или другого моря) на глубинѣ порога.

Особые случаи вертикальнаго распределенія температуры. — Въ случаѣ же, если соленость на поверхности и на глубинахъ моря значительно разнится, то и вертикальное распределеніе температуры въ немъ будетъ въ зависимости отъ распределенія солености.

Примѣрами распределенія температуры на глубинахъ внутреннихъ морей могутъ служить моря: Бѣлое, Балтійское, Средиземное, Красное, Черное, Мраморное, Сулу, Целебесъ, Банда и Каранбское.

Примѣры морей перваго типа.

Бѣлое море еще мало изучено, однако имѣющійся матеріалъ позволяетъ думать, что это море принадлежитъ къ первому типу. Въ проливѣ, соединяющемъ его съ Сѣвернымъ Подарнымъ моремъ (т. наз. Сив. Лед. ок.), носимымъ названіе Горла, глубина около 100 м. (55 м. с.), и здѣсь, вслѣдствіе сильныхъ приливо-отливныхъ теченій, перемѣшивающихъ воду, температуры весьма однообразны отъ поверхности до дна, лѣтомъ (Авг.) около 6° — 7° , а зимою ниже -1° и вѣроятно около $-1^{\circ},8$.

Самое море можетъ быть раздѣлено на двѣ области, глубокую — средняя его часть и губы Двинская и Кандакская и мелководную — Онежскій зал. и прибрежная вода моря.

Глубоководная часть зимою на поверхности имѣетъ температуры около $-1^{\circ},0$ и $-1^{\circ},9$, при чемъ и вся толща воды до дна имѣетъ ту же температуру около $-1^{\circ},5$; т. е. температуру близкую къ точкѣ замерзанія при той солености, какая бываетъ на поверхности моря.

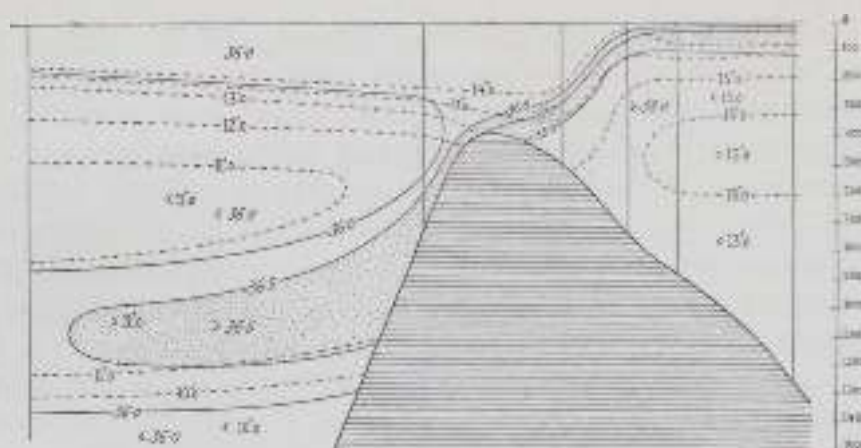
Лѣтомъ тонкій поверхностный слой воды (около 25 м.) сильно нагревается (12° — 14°), далѣе же въ глубину уже на 50 м. вода имѣетъ температуры ниже нуля, а начиная отъ 100 м. до дна (260 м.) температура $-1^{\circ},6$, т. е. зимняя на поверхности.

Въ мелководной части моря зимою отъ поверхности до дна во всей толщѣ воды наблюдаются такіе же низкія температуры, какъ и въ глубоководной части моря. Лѣтомъ же здѣсь вода значительно прогревается, и придонный слой имѣетъ около $7^{\circ},0$.

Средиземное море представляет хороший примеръ первого типа (темпер. отъ глуб. порога до дна равна зимней темп. на поверхности) распределения температуры, если рассматривать глубоководныя температуры въ предѣлахъ $0^{\circ},8$ и отбросить разности температуръ меньшія указанной величины. Тогда действительно, начиная съ глубины близкой къ глубинѣ Гибралтарскаго пролива (360 м. = 200 м. с.), вся масса воды Средиземнаго моря отъ поверхности до дна обладает температурами, наблюдаемыми зимою (т.-е. самыми низкими зимними температур.) на поверхности въ разныхъ мѣстахъ моря (между $13^{\circ},0—13^{\circ},8$). Такъ какъ Средиземное море подьетсямъ дна, проходящимъ отъ Сициліи къ Африкѣ, раздѣляется на два бассейна, то въ каждомъ изъ нихъ глубинныя температуры немного различаются; въ западной половинѣ на всѣхъ глубинахъ ниже порога въ Гибралтарскомъ проливѣ онѣ немного меньше, нежели въ восточной части моря (напр., на 2.000 м. въ западной части придонныя температуры между $12^{\circ},99—13^{\circ},18$; а въ восточной—между $13^{\circ},52—13^{\circ},62$).

Вслѣдствіе того, что плотность воды въ Атлантическомъ океанѣ меньше, нежели въ Средиземномъ морѣ ^{*)}, получается разность уровней этихъ бассейновъ, и, какъ результатъ послѣднего, появляются два теченія: поверхностное—менѣе соленое, изъ океана въ Средиземное море (оно приближается къ Африканскому берегу вследствие вліянія вращенія земли, т.-е. уклоняется вправо отъ первоначальнаго направленія своего движенія), и подводное—изъ Средиземнаго моря въ океанъ (оно по той же причинѣ проходитъ ближе къ Испаніи). На чертежѣ (фиг. 67) данъ продольный разрѣзъ Гибралтарскаго пролива изъ Атлантическаго океана въ Средиземное море, гдѣ видно, что, начиная съ глубины около 200 м. (109 м. с.), т.-е. нѣсколько меньшей, чѣмъ глубина пролива (360 м. = 200 м. с.), температура на всѣхъ глубинахъ въ Средиземномъ морѣ остается около 13° , а соленость болѣе $38,00^{\circ}/_{\infty}$. По другую сторону пролива, въ океанѣ, въ слой до 200 м. глубины, температура выше 14° , а соленость $36,90^{\circ}/_{\infty}$. Ниже до 400 м. температура уменьшается до 12° , и соленость становится не много менѣе $36,9^{\circ}/_{\infty}$. Такимъ образомъ всегда на одинаковомъ уровнѣ воды

^{*)} Въ Ферралѣ (н. с.) въ Атл. ок. на поверхности передъ проливомъ плотность $\sigma_t = 1,02689$, а въ Средиз. м. на такомъ же разстояніи къ востоку— $1,02722$. Въ Бонѣ (н. с.) въ Атл. ок.— $1,02615$, а въ Средиз. м.— $1,02654$, по наблюденіяхъ датской океанографической экспедиціи на *Thetis*, въ 1908—1910 гг.



Фиг. 47. Разрѣзъ по параллели Гибралтарскаго пролива.

въ Средиземномъ морѣ плотнѣе и тяжелѣе, нежели въ океанѣ. Тяжелая вода Средиземнаго моря (на чертежѣ обозначена точками), пройдя по дну Гибралтарскаго пролива, опускается на большую глубину. Наблюденія послѣднихъ лѣтъ показали, что эта вода распространяется къ сѣверу вдоль материковаго склона Европы (т.-е. поворачиваетъ вправо подъ вліяніемъ уклонающаго дѣйствія отъ вращенія земли) и замѣчается здѣсь на глубинахъ 1.000—1.500 м. до юго-западныхъ береговъ Ирландіи *).

Красное море находится совершенно въ одинаковыхъ условіяхъ со Средиземнымъ; въ Бабъ-Эль-Мандебскомъ проливѣ подъемомъ дна всего въ 200 м. (109 м. с.) море отдѣлено отъ лежащихъ къ востоку глубинъ Аденскаго залива (отъ 2.000 до 3.000 м. = 1.090—1.640 м. с.). Воды Краснаго моря какъ на поверхности, такъ и на всѣхъ глубинахъ имѣютъ большую соленость, нежели воды на тѣхъ же глубинахъ въ Аденскомъ заливѣ. Въ самое холодное время года (Мартъ—Апрѣль) въ сѣверной части моря температуры на поверхности доходятъ до 21°,5 при солености 40,40‰ и 40,50‰. Вслѣдствіе всваренія воды на поверхности при довольно высокой температурѣ (21°,5) соленость ея еще повышается до 40,70‰, вода становится весьма тяжелой и опускается на дно, занимая всю глубокую часть котловины моря, начиная съ 700 м. (380 м. с.). Такимъ образомъ отъ этой глубины до дна (2.200 м. = 1.200 м. с.) температура остается постоянною, около 21°,5 (въ предѣлахъ нѣсколь-

* На вертикальномъ разрѣзѣ распредѣленія солености вдоль восточной части Атлант. ок. (фиг. 44, стр. 163) видна струя соленой воды Средиземн. м. на глубинахъ Атл. ок.

нихъ десятныхъ долей градуса) *). Въ Индѣйскомъ океанѣ, въ Аденскомъ заливѣ и въ океанѣ вдали отъ залива, но въ тѣхъ же широтахъ, температура на глубинѣ 2.000 м. между 3°—4°.

Для интереса ниже приведены наблюденія въ Красномъ морѣ, въ наибольшей южной станицѣ, съ глубиною буйе 1.000 м.; въ Аденазскомъ заливѣ С. О. Макарова, въ Индѣйскомъ океанѣ у входа въ Аденскій заливъ.

Красное море.—Роза. Ст. 121; 18-Х-1897 г. 12°52' с. ш.; 41°43' в. д.				Аденскій зал.—Диница. Ст. 126; 18-IV-1894 г. 12°48' с. ш.; 40°50' в. д. Въ 15 миль отъ Адены.				Индѣйск. ок.—Уордъ. Ст. 298; 1-IV-1900 г. 10°6' с. ш.; 12°41' в. д. Въ 170 миль отъ мыса Расъ-Гафузъ.			
метры.	θ	σ _t	σ _ω	метры.	θ	σ _t	σ _ω	метры.	θ	σ _t	σ _ω
0	22,2	1,024,2	27,60	0	25,4	1,024,18	26,25	0	25,5	1,028,14	25,43
100	24,3	—	28,80	100	24,2	—	26,10	100	25,5	—	25,73
200	—	—	—	200	19,7	—	25,23	200	—	—	—
300	—	—	—	300	—	—	—	300	12,1	—	25,15
400	—	—	—	400	12,8	—	23,42	400	—	—	—
500	—	—	—	500	11,7	—	22,27	500	10,9	—	—
1000	—	—	—	—	—	—	—	1000	9,2	—	25,27
1100	21,5	—	28,80	—	—	—	—	1100	—	—	—
								1200	11,7	—	25,28
								2000	1,2	—	25,35

Въ Красномъ морѣ уже на глубинѣ въ 100 м., почти при одинаковой температурѣ, плотность (σ_t) значительно больше, нежели въ Аденазскомъ заливѣ и Индѣйскомъ океанѣ.

Примѣры морей второго типа.

Карибское море отдѣлено отъ Атлантическаго океана и его громадныхъ глубинъ, лежащихъ къ сѣверу отъ Антильскихъ о-въ, подводною возвышенностью, на которой расположенъ архипелагъ Антильскихъ о-въ. Глубина на порогѣ около 1.700 м. (900 м. с.), а по его западную сторону въ Карибскомъ морѣ глубины въ 5.000 и 6.000 м. (2.700—3.300 м. с.). Температура на поверхности моря круглый годъ очень высока (не ниже 27°—28°), а соленость близка къ океанской. Въ океанѣ, на глубинѣ порога, температура воды равна 4°,2; поэтому океанская вода при температурѣ 4°,2 является наиболее плотною на соответственной глубинѣ и занимаетъ всю глубокую котловину моря, гдѣ температура остается отъ 1.700 м. до дна равною 4°,2.

*) На самомъ дѣлѣ, такъ же, какъ и въ Средиз. м. и др. моряхъ, температура съ глубиною должна нѣсколько увеличиваться, вслѣдствіе увеличенія давления, но для объясненія этого увеличенія температуры наблюденія не должны были бы вестись съ точностью до 0°,02—0°,03, а не + 0°,2—0°,3, какъ они могли быть произведены экспедиціей на *Роза* въ 1895—96 гг.

Совершенно такіе же прихѣры существуютъ въ моряхъ Тихаго океана въ Зиндскомъ архипелагѣ и въ Южно-Китайскомъ.

Въ морѣ *Сулугу*, лежащемъ между архипелагомъ того же имени и о-мъ Целебесъ и окруженномъ со всѣхъ сторонъ подводнымъ порогомъ глубиною въ 730 м. (460 м. с.), температура понижается отъ 28° до 10°,2 на глубинѣ порога, а далѣе, до самаго дна (4.660 м. = 2.550 м. с.), остается безъ измѣненія. Это температура воды въ океанѣ на глубинѣ порога.

Въ морѣ *Целебеса* наблюдается точно такое же явленіе. Море отдѣлено отъ Тихаго океана подводнымъ порогомъ глубиною около 1.500 м. (820 м. с.), и температура отъ 29° на поверхности понижается до 3°,7 на глубинѣ порога и отсюда до дна (5.000 м. = 2.734 м. с.) остается постоянною.

Въ морѣ *Банда*, глубочайшемъ изъ Австралійско-азиатскихъ морей, большія глубины отдѣлены отъ рядомъ лежащихъ глубинъ Тихаго океана подводнымъ порогомъ въ 1.600 м. (875 м. с.). Этотъ порогъ и не допускаетъ въ котловину моря воду съ большихъ глубинъ океана; поэтому, начиная съ 1.600 м. до дна (5.690 м. = 3.110 м. с.) вся глубокая впадина моря занята водою температуры 3°,2, т.-е. такою, какая встрѣчается въ этомъ мѣстѣ въ океанѣ на глубинѣ порога.

Моря: Балтійское, Черное и Мраморное являются прихѣрами морей, хотя и внутреннихъ, но, вслѣдствіе неправильнаго вертикальнаго распрежденія солености, имѣющихъ совершенно своеобразное вертикальное распрежденіе температуры, и потому они не подходятъ ни къ первому, ни ко второму типу, и относятся къ особымъ случаямъ.

Балтійское море въ Бельтахъ и Зундѣ отдѣлено малыми глубинами отъ Скагеррака и Каттегата, соединяющихъ его съ Нѣмецкимъ моремъ, но съ океанографической точки зрѣнія можно принять, что котловина собственно Балтійскаго моря начинается на востокъ и на югъ отъ линіи малыхъ глубинъ, соединяющей Скандинавію (въ Зундѣ) съ датскими о-ми Зеландей, Мель, Фальстеръ и о-мъ Рюгенъ у берега Мекленбурга. Море имѣетъ нѣсколько глубокихъ впадинъ, изъ нихъ главная расположена между о-мъ Готландомъ и русскимъ берегомъ (болѣе 200 м.), и нѣсколько менѣе обширныхъ въ другихъ мѣстахъ, а также въ Ботническомъ и Финскомъ заливахъ.

Вслѣдствіе громаднаго количества прѣсной воды, вливающейся рѣками въ море, а съ другой стороны, вслѣдствіе проникновенія болѣе соленыхъ и плотныхъ водъ изъ Нѣмецкаго м. (см. стр. 107) въ Балт. м.,

образуются два слоя воды, придонный — тяжелый и поверхностный — легкий, разделенные переходным промежуточным слоем.

В поверхностном слое (около 50—60 м. толщиной) годовые колебания температуры проникают до его нижней границы, при чем они значительно запаздывают на глубинах.

Следующие наблюдения из восточной части Ботнического залива показывают характер изменения годовых колебаний с глубиной.

Метры	Февраль	Май	Август	Ноябрь
0	2°,5	4°,7	16°,7	8°,8
20	2°,7	4°,4	15°,4	8°,8
40	2°,6	3°,6	4°,8	8°,9
50	3°,9	3°,2	3°,9	6°,8
дно 60	5°,9	4°,1	4°,3	6°,9

В тяжелой воде придонного слоя температура и ее колебание зависят главным образом от прилива новых масс соленой воды из Каттегата, что бывает (см. стр. 107) времяами, а не непрерывно. Годовые амплитуды в придонном слое заметны, но они гораздо меньше, нежели в верхних слоях (к вост. от Готланда около 2°,5, от 5°,8 до 3°,3; в глубоких впадинах Ботнического зал. около 1°,5).

Вследствие существования из моря двух слоев весьма различной плотности, конвекционные движения воды, обусловливаемые годовым колебанием температуры на поверхности, захватывают только поверхностный слой, и потому летом случается, что наиболее низкие температуры встречается на промежуточных глубинах, именно на границе между поверхностным легким слоем воды и промежуточным более тяжелым. Примером может служить следующий типичный ряд температуры, взятый к востоку от о-ва Готланда 3-го августа 1907 г.

Глубины (метры)	0	20	30	40	65	100	230
Температура	13,8	13,22	8,21	3,68	2,34	4,15	4,74
Соленость (‰)	6,98	7,00	7,09	—	7,43	10,23	11,89
Плотность (σ _t)	1,024,72	4,83	5,46	—	5,99	8,18	9,47

Отсюда следует, что хотя Балтийское море и отделено от Немецкого рядом подводных порогов и следовательно имеет все внешние признаки внутреннего моря, однако вертикальное распределение температуры в нем не подходит к вышеуказанным двум типам (см. стр. 167). Оно своеобразно вследствие преобладания местных условий,

выражающихся въ питаніи время отъ времени глубокихъ слоевъ моря водою, проникающею изъ Каттегата черезъ промежуточный бассейнъ между Датскими о-ми, Юландіей и о-мъ Рюгенъ въ глубины Балтійскаго моря; надо замѣтить, что въ Каттегатѣ весь слой воды до дна совершенно измѣняетъ свои температуры отъ зимы къ лѣту и обратно (приблизительно отъ 2° до 14°).

Черное море обладаетъ условіями вертикальнаго распредѣленія температуры, напоминающими описанныя выше въ Балтійскомъ морѣ, потому что поверхностный слой въ Черномъ морѣ отличается малою соленостью, а следовательно и малою плотностью. Глубинныя же воды, подобно тому какъ въ Балтійскомъ морѣ онѣ приходятъ изъ Нѣмецкаго моря, въ Черномъ притекаютъ изъ Мраморнаго моря и обладаютъ гораздо большою соленостью, нежели собственныя воды Чернаго моря на поверхности.

Послѣдствіемъ такого расположенія слоевъ воды различной плотности оказывается существованіе въ верхнемъ слой, толщиной отъ 45 до 90 м. (25—50 м. с.), конвекціонныхъ движеній обусловленныхъ охлажденіемъ воды зимою на поверхности и производящихъ увеличеніе ея плотности и опусканіе до глубины, гдѣ она встрѣчаетъ болѣе соленую и болѣе плотную воду пришедшую изъ Мраморнаго моря. Несмотря на то, что глубинная вода на нѣсколько градусовъ теплѣе, нежели бываетъ зимою вода на поверхности Чернаго моря, она все-таки значительно тяжелѣе ея влѣдствіе своей большой солености (въ Черномъ м. на поверхности 8‰ отъ 15‰ до 19‰, на глубинахъ 45 м. отъ 18‰ до 19‰, а на глубинахъ въ 90 м. уже отъ 19,0‰ до 21,1‰).

Такимъ образомъ въ верхнемъ слой отъ 45 до 90 м. (25—50 м. с.) толщиной, лѣтомъ температуры отъ 14°—26° на поверхности убываютъ до 7° въ западной части моря и до 6° въ восточной. Ниже же глубинахъ въ 45—90 м. температура начинаетъ понижаться и доходить на 200 м. (около 100 м. с.) до 8°,7; постепенно увеличиваясь съ глубиною, она достигаетъ въ придонномъ слой 9°,6—9°,3.

Такъ какъ тяжелые и теплые глубинные слои притекаютъ въ море чрезъ Босфоръ подводнымъ теченіемъ, то, очевидно, въ западной части Чернаго моря эти теплыя воды будутъ лежать ближе къ поверхности, нежели въ восточной, и потому и холодный слой воды, находящійся лѣтомъ на глубинахъ 45—90 м., въ западной части моря тоньше, нежели въ восточной. Все это видно въ таблицѣ стр. 175.

Мало соленая и менее плотная вода Черного моря уходит на юг поверхностным течением через Босфор *).

Расположенное за Черным морем *Азовское море*, вследствие своего мелководья, прогревается летом до самого дна, чему способствует и перегибание слоев волнением.

Выше приведены снитогра наблюдений в Черном и Азовском морях на различных глубинах: температуры, плотности и солености **) (стр. 175).

Мраморное море получает нижним течением через Дарданеллы соленую и теплую воду из Эгейского моря (около 17° — 18° при $80/_{\infty}$ от 34 до 39). Эта тяжелая вода и занимает глубокую впадину моря, поверхностные же слои обусловлены сгибанием мало соленых вод, пришедших из Черного моря верхним Босфорским течением, и более соленых вод — из Эгейского моря. Поэтому охлажденная зимой поверхностная вода все-таки остается в верхних слоях, так как, хотя и более теплая, но значительно более соленая, а следовательно и более плотная вода глубин не позволяют конвекционным токам проникать глубоко.

В верхнем слое, около 100 м., температуры значительно изменяются в течение года (на поверхности от 25° летом до 11° — 12° весной, для зимы сдвигший нить); начиная же от глубины в 100 м. и до дна (1400 м.—765 м.с.) температура весьма мало меняется, оставаясь равной приблизительно $14^{\circ},5$ ($14^{\circ},9$ — $14^{\circ},1$) при солености $38,5/_{\infty}$.

Каспийское море изучено еще очень недостаточно, но на основании имеющихся данных можно думать, что, начиная с глубины около 300 м. (165 м.с.), температура до дна остается почти постоянной, изменяясь только в десятых долях градуса. В северной котловине моря глубинная температура около $5^{\circ},2$; в южной котловине моря она несколько выше, около 6° .

Таким образом во всех тех случаях, когда какая-либо часть Мирового океана оказывается на глубинах отдаленною от него, как, например, в случае внутренних морей, температуры глубинных

*) Обстоятельное исследование течений в Босфоре было произведено флигель-адъютантом, кап. 1 р. С. О. Макаровым, в 1881—1882 гг. „Объ обитии вод Черного и Средиземного морей“, прилож. к. II т. Зап. Им. Акад. Наук, 1885 г.

**) Замечания из труда „Материалы по гидрологии Черного и Азовского морей, собранные в экспедициях 1890 и 1891 гг.“. Г. Б. Шиндлера и барона Ф. Ф. Врангеля, Зап. по Гидрографии, т. XX. Приложение. СПб. 1899 г.

слова въ нихъ всегда значительно отличаются отъ температуръ воды въ Мировомъ океанѣ въ тѣхъ же широтахъ и на тѣхъ же глубинахъ. Указанное обстоятельство еще разъ косвенно подтверждаетъ, что низкія температуры, встрѣаемыя на большихъ глубинахъ въ открытомъ океанѣ въ тропическихъ широтахъ, потому только и могли тамъ появиться, что на этихъ глубинахъ существуетъ постоянный притокъ водъ изъ болѣе высокихъ широтъ, гдѣ онѣ охлаждаются на поверхности и затѣмъ опускаются и на нѣкоторой глубинѣ медленно двигаются къ экваторіальной волосѣ.

II—Замерзаніе прѣсной и морской воды.—Явленіе замерзанія проходитъ въ прѣсной и въ морской водѣ совершенно иначе, вслѣдствіе коренного различія въ составѣ этихъ двухъ тѣлъ. Прѣсная вода, не будучи химически чистою водою (дистиллированою), содержитъ въ себѣ тѣмъ не менѣе такое незначительное количество веществъ, что ея физическія и химическія свойства почти не отличаются отъ таковыхъ для дистиллированной воды. Между тѣмъ вода океановъ, какъ выше было указано въ главѣ о солености, имѣетъ въ растворѣ большое количество веществъ, весьма значительно измѣняющихъ ея физическія и химическія свойства.

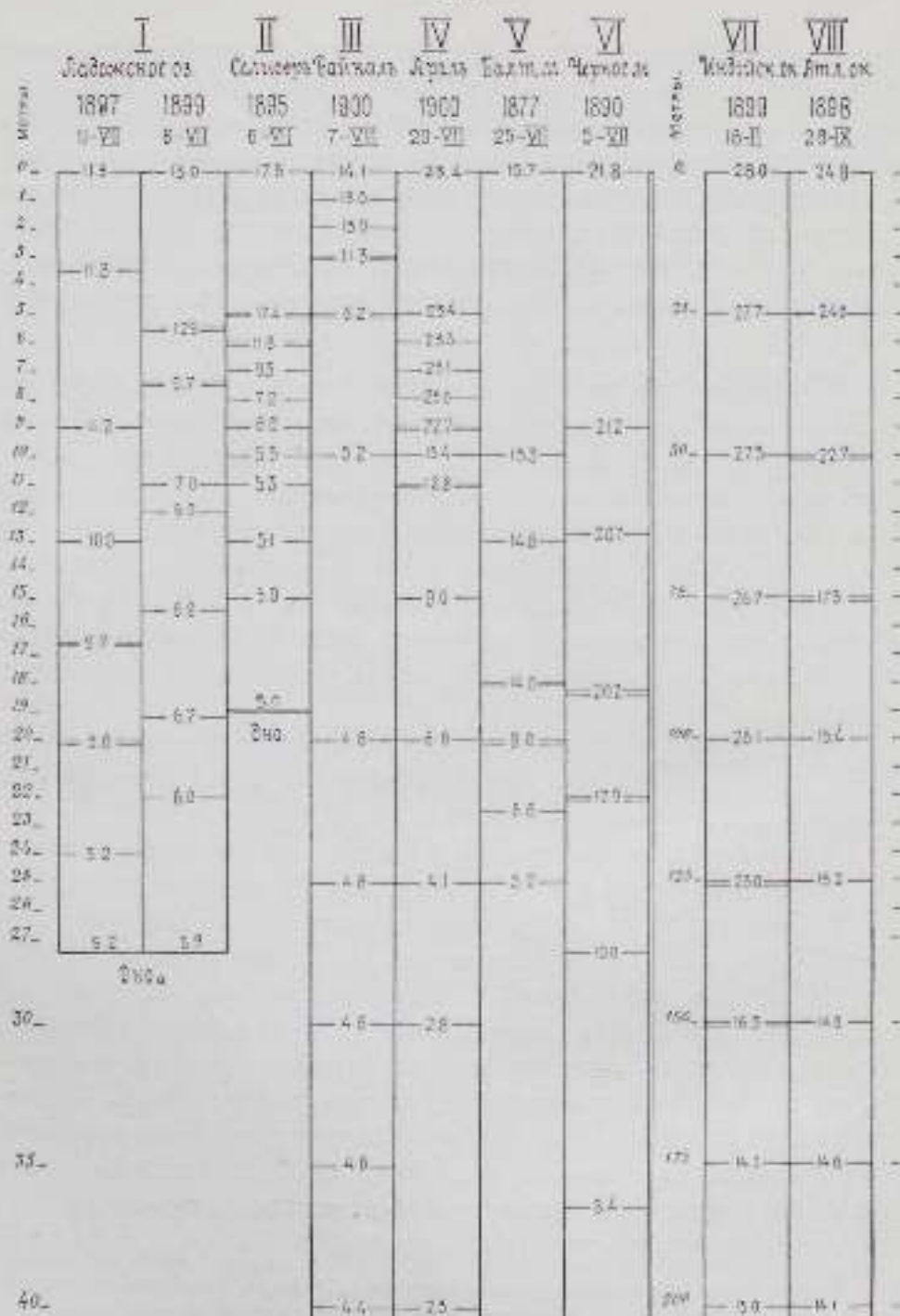
По отношенію къ явленію замерзанія главными физическими свойствами воды, какъ прѣсной, такъ и океанической, являются температуры замерзанія и наибольшія плотности.

Прѣсная вода, такъ же, какъ и дистиллированная, замерзаетъ при 0° и достигаетъ наибольшей плотности при 4° (дистил. вода при $3^{\circ},98$).

Въ зависимости отъ этихъ двухъ свойствъ явленіе замерзанія протекаетъ въ бассейнахъ съ прѣсною водою слѣдующимъ образомъ.

Въ прѣсноводномъ бассейнѣ (озерѣ) съ наступленіемъ осени, поверхностный слой воды съ каждымъ днемъ все болѣе и болѣе охлаждается во-первыхъ—потерю тепла лученспусканіемъ; во вторыхъ—соприкосновеніемъ съ быстрѣе охлаждающимся нижнимъ слоемъ воздуха. Послѣдствіемъ охлажденія является увеличеніе плотности поверхностного слоя и слѣдовательно опусканіе его до глубины слоя одинаковой плотности. Такимъ образомъ начинается вертикальная циркулія, называемая конвекціоннымъ движеніемъ или просто конвекціей.

Конвекціонное движеніе встрѣается ежедневно зѣмь въ бассейнахъ умеренныхъ широтъ и круглый годъ въ тропическихъ; оно вызывается ночнымъ охлажденіемъ поверхностного слоя. Конечно, въ теченіе сутокъ толща слоевъ, захвачиваемыхъ конвекціоннымъ



Фиг. 18. Слой температурного скачка.

движением, гораздо меньше, и потому конвекция происходит менее глубоко, нежели это случается при охлаждении озера осенью, когда захватывается нередко весь слой воды до дна. Летом, в течение ночи, охлаждение поверхностного слоя не может быть очень значительным, а катаясь днем снова происходит нагревание поверхности; осенью же охлаждение поверхностного слоя идет со каждым днем все увеличиваясь.

Охладившийся, а следовательно сжавшийся более плотный и тяжелый поверхностный слой опускается до той глубины, где он встречается со слоем одинаковой плотности (т. е. одинаковой температуры для пресных бассейнов). Конвекционная движенье, продолжая всю ночь, перемешивает слой воды, лежащий выше наиболее низко опустившегося слоя; таким обуславливается в нем более равномерное распределение температуры. На нижней границе этого слоя будет расположиться ряд других, тонких слоев с быстро увеличивающейся вверх температурой, а ниже будут лежать слои более низкой температуры, медленно убывающей во дно.

Весь это-то сумка слоев с быстро изменяющейся в них температурой и называется слоем температурного скачка.

То же самое явление наблюдается и в морях и в открытых озерах, в их тропических частях. В океанах и морях, где вода соленая, кроме охлаждения поверхности ночью, имеет еще значение ночное испарение с поверхностного слоя, увеличивающее его соленость, а следовательно и плотность, а также и волнение. Поэтому в морях и в озерах слой скачка лежит более глубоко, нежели в пресных озерах, обычно около 30—150 м. (27—82 м. в.), и он выражен менее резко. В морях с однообразною соленостью в верхних слоях слой скачка лежит глубже; а в морях с увеличивающейся с глубиною соленостью слой скачка лежит ближе к поверхности, потому что охладившийся нижний слой, опускаясь, встречает уже на малой глубине слой одинаковой с ним плотности.

Очевидно, глубина слоя скачка в пресных водах будет зависеть от колебания температуры на поверхности, волнения, прозрачности и метеорологических условий. В том же месте он может быть в разные дни и часы дня на разных расстояниях от поверхности. В соленых бассейнах будут еще влиять степень солености и ее вертикальное распределение. Вот указываемые особенности видны на графике (фиг. 68, стр. 178), где приведены примеры расположения слоя скачка летом в разных озерах России, в мало соленом озеро Араль (16,9‰), в слабо соленых морях Балтийском и Черном и в озерах Индийском и Атлантическом.

На каждом графике слой скачка выделен двойными черточками глубин, между которыми он лежит.

Напримр, для Ладожского озера видно, что на том же самом месте озера в разные годы (и, конечно, в разные дни того же года и разные часы дня) слой скачка может лежать на разных глубинах. На оз. Селенгер и на Байкале слой скачка очень близок к поверхности (3—6 и 3—5 м.). Араль — слабо соленое озеро, место, на которому относится вышесказанный пример, лежит в западной, глубокой части моря, где соленость с глубиною быстро увеличивается, и где потому опускающийся охлажденный слой встречается со слоем той же плотности близко к поверхности, оттого и слой скачка тут лежит не глубоко (9—11 м.). Балтийское море имеет сверху слой воды однообразной солености, и потому в этом слое конвекционные токи протекают так же, как и в пресном бассейне; слой скачка здесь очень незначителен, убываясь температуры на 6° (от 18 до 20 м.). В Черном море условия распределения солености в верхнем слое одинаковы с Балтийским; слой скачка во втором примере выражен убыванием температуры почти на 8° (18—22 м.).

Въ океанахъ, въ тропической полудн., слой спадка лежитъ гораздо глубже, чѣмъ и видно на прикѣсахъ,—въ Индійскомъ океанѣ между 125—150 м., а въ Атлантическомъ—между 50—75 м.

Фиг. 68.—Слой температурнаго спадка. I—наблюденіи Ю. М. Шовальского; II—наблюденіи Д. Н. Анучина; III—наблюденіи у ст. Голоустная въ южной части Байкала (изъ Физ.-геогр. очерка Байкала А. В. Вознесенскаго); IV—наблюденіи Л. С. Берга въ западной, наиболѣе глубокой части Арала (около 60 м.); V—наблюденіи Джана, къ востоку отъ Борисаля (55° 33' с. ш., 18° 2' в. д.); VI—наблюденіи Л. В. Шиндлера (ст. 20, въ среднѣ Чернаго моря между Крымомъ и Анатоліей); VII—наблюденіе эксп. на *Vaidin* (ст. 218, Индійскій океанъ между Коломбо и о-вомъ Чаносъ, 2° 30' с. ш.—76° 47' в. д.); VIII—наблюденіи эксп. на *Vaidin* (ст. 63, Атл. ок., Гвинейскій зал., 2° 0' с. ш.—8° 4' в. д.).

Осенью, вслѣдствіе увеличенія охлажденія озера на поверхности, конвекція захватываетъ съ каждымъ днемъ все болѣе и болѣе глубокіе слои, постепенно понижая температуру всего слоя, охваченнаго ею, пока вся толща воды озера не охладится до температуры, близкой къ 4°, т. е. соответствующей ей наибольшей плотности. Съ приближеніемъ къ этому времени конвекціонное движеніе ослабѣваетъ, и поверхностный слой начинаетъ охлаждаться ниже 4°, т. е. становится легче лежащихъ подъ нимъ слоевъ, и съ этого момента его охлажденіе идетъ очень быстро, такъ какъ охлаждается только тотъ же самый слой. Едва температура поверхностнаго слоя опустится ниже 0° на 0° 01—начнется его замерзаніе. Такимъ образомъ въ прѣсноводномъ бассейнѣ, послѣ того какъ поверхностный слой охладился ниже 4°, т. е. до температуры наибольшей плотности, наступаетъ скоро замерзаніе, потому что дальнѣйшее охлажденіе поверхностнаго слоя дѣлаетъ его все легче и легче ниже лежащихъ, такъ какъ температура замерзанія лежитъ ниже температуры наибольшей плотности.

Прежде, нежели перейти къ описанію замерзанія бассейновъ съ соленою водою, необходимо указать, что при замерзаніи морской воды только часть нѣкоторыхъ солей, находящихся въ ней въ растворѣ, переходитъ въ ледъ, изъ нея образовавшійся; другая же часть солей при этомъ переходитъ въ растворъ, увеличивая собою соленость, а слѣдовательно и плотность поверхностной воды. Уже одно это обстоятельство вноситъ въ процессъ замерзанія морской воды большое усложненіе сравнительно съ замерзаніемъ прѣсной воды. Очевидно, увеличеніе солености поверхностнаго слоя способствуетъ поддержанію и усиленію конвекціонныхъ движеній и тѣмъ самымъ задерживаетъ замерзаніе. Это есть *верная* причина.

Второю причиною, замедляющею замерзаніе морской воды, является ея соленость, вслѣдствіе чего температура замерзанія всегда выше 0°, и

чѣмъ солѣность больше, тѣмъ она ниже, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы.

Зависимость температуры: замерзанія и наибольшей плотности отъ солѣности.

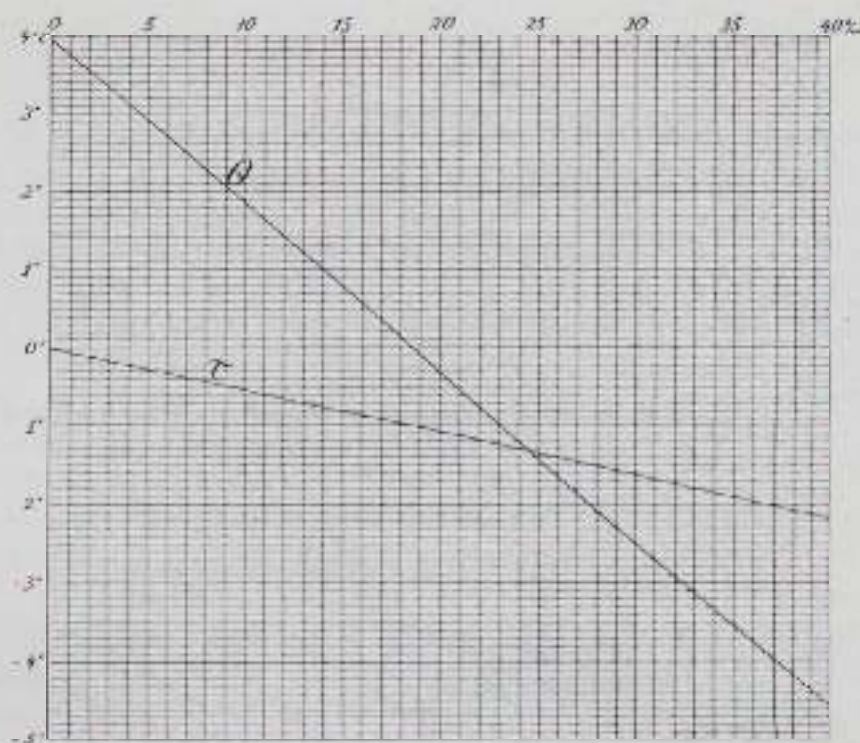
Солѣность S'_{100}	0	5	10	15	20	24,695	25	30	35	40
Темпер. замерзанія— t° . . .	0°	$-0^{\circ},3$	$-0^{\circ},5$	$-0^{\circ},8$	$-1^{\circ},1$	$-1^{\circ},332$	$-1^{\circ},35$	$-1^{\circ},6$	$-1^{\circ},9$	$-2^{\circ},2$
Темпер. соответств. наибольшей плотности воды при данной солѣности— θ°	$3^{\circ},98$	$2^{\circ},9$	$1^{\circ},9$	$0^{\circ},8$	$-0^{\circ},3$	$-1^{\circ},332$	$-1^{\circ},4$	$-2^{\circ},5$	$-3^{\circ},5$	$-4^{\circ},5$

Напримѣръ, при солѣности Финскаго залива и Балтійскаго моря между $5^{\circ}/_{100}$ — $10^{\circ}/_{100}$, морская вода начинаетъ замерзатъ при охлажденіи ея до— $0^{\circ},3$ и— $0^{\circ},5$. Въ Черномъ морѣ, гдѣ солѣность больше ($15^{\circ}/_{100}$ — $20^{\circ}/_{100}$), вода должна охладиться больше, до— $0^{\circ},8$ и— $1^{\circ},1$, а въ полярныхъ странахъ, гдѣ солѣность на поверхности между $30^{\circ}/_{100}$ — $35^{\circ}/_{100}$, температура замерзанія уже около— $1^{\circ},6$ и— $1^{\circ},9$.

Въ послѣдней строкѣ той же таблицы даны температуры (θ°), при которыхъ морская вода опредѣленной солѣности достигаетъ наибольшей плотности, что съ прѣсной водою бываетъ при 4° . Изъ таблицы видно, что по мѣрѣ увеличенія солѣности понижается и температура θ° наибольшей плотности морской воды. При увеличеніи солѣности отъ $0^{\circ}/_{100}$ до $40^{\circ}/_{100}$ температура θ° измѣняется болѣе чѣмъ на 8° (отъ $+4^{\circ}$ до— $4^{\circ},5$); между тѣмъ температура замерзанія t° при томъ же увеличеніи солѣности измѣняется всего на 2° (отъ 0° до— $2^{\circ},2$). Отсюда видно, что существуетъ такая солѣность, при которой обѣ эти температуры сравниваются; какъ видно изъ таблицы, это случается при $S=24,695^{\circ}/_{100}$, тогда температуры замерзанія и наибольшей плотности обѣ равны— $1^{\circ},3$.

Морская вода солѣности *меньше* $24,7^{\circ}/_{100}$, подобно прѣсной водѣ, при охлажденіи осенью сперва достигаетъ состоянія наибольшей плотности, а потомъ, продолжая охлаждаться, достигаетъ точки замерзанія.

Морская же вода солѣности *больше* $24,7^{\circ}/_{100}$ при охлажденіи своею осенью сперва достигаетъ точки замерзанія, плотность же ея продолжаетъ увеличиваться при дальнѣйшемъ охлажденіи. На прилагаемомъ графикѣ (фиг. 69) изображена выше приведенная таблица; на немъ описываемыя свойства морской воды разныхъ солѣностей видны еще нагляднѣе. Линія температуръ наибольшей плотности (θ°) наклонена



Фиг. 19. Зависимость между температурами τ° и θ° и соленостью.

круче, нежели линия температур замерзания (τ°), они пересекаются на вертикальной линии, соответствующей солености 24,7‰. При соленостях больше этой вода при охлаждении раньше достигает своей температуры замерзания (τ°), нежели своей температуры наибольшей плотности (θ°).

Такъ какъ въ полярныхъ частяхъ океановъ соленость на поверхности бываетъ между 30‰—35‰, то только-что указанное свойство воды такой солености образуетъ *прямую* причину, замедляющую образование льда изъ морской воды. До самого момента замерзания поверхностный слой дѣлается все тяжелѣе и тяжелѣе, и такимъ образомъ все время поддерживается обменъ воды (конвекція) между нижними, болѣе легкими и теплыми слоями, и поверхностнымъ. Въ прѣсныхъ и мало соленыхъ водахъ (менѣе 24,7‰) для образования льда достаточно охладить до точки замерзания одинъ поверхностный слой, а въ водахъ болѣе соленыхъ (болѣе 24,7‰) должна охладиться нѣкоторая толщина слоевъ, прежде нежели начнется замерзание.

Насколько быстрее увеличивается с увеличением солёности наибольшая плотность морской воды сравнительно с плотностью её при температурѣ замерзанія, видно изъ следующей таблицы.

Зависимость отъ солёности: плотности при температурѣ замерзанія и наибольшей плотности.

Солёность $S_{(0)}^0$. . .	0	5	10	15	20	24,235	25	30	35	40
Плотность при t° — (температурѣ замерзанія) — τ° . . .	0,99987	1,00394	1,00800	1,01202	1,01607	1,01985	1,02010	1,02414	1,02821	1,03227
Наибольшая плотность, при данной солёности — σ_t . . .	1,00000	1,00415	1,00818	1,01213	1,01607	1,01985	1,02010	1,02415	1,02822	1,03232

Такимъ образомъ въ полярныхъ водахъ три причины замедляютъ образованіе льдона:

- 1—точка замерзанія (τ°) значительно ниже 0° (около— $1^{\circ},7$);
- 2—наибольшая плотность (σ_t) солёной воды больше её плотности при температурѣ замерзанія (τ°);
- 3—при переходѣ морской воды въ лёдъ (въ твердое состояніе) часть солей, бывшихъ въ растворѣ, въ лёдъ не переходитъ, а остается въ растворѣ и тѣмъ самымъ увеличиваетъ солёность воды, что въ то же время понижаетъ точку замерзанія и дѣлаетъ поверхностный слой тяжелѣе ниже лежащихъ, т. е. поддерживаетъ конвекцію.

Кромѣ того, конечно, и волненіе, перемѣшивая воду, противодействуетъ замерзанію одинаково какъ и въ прѣсноводныхъ бассейнахъ.

Въ полярныхъ водахъ океановъ всегда существуютъ круглый годъ старые льды прежнихъ зимъ, присутствіе которыхъ значительно уменьшаетъ волненіе и слѣдовательно ускоряетъ замерзаніе. Затѣмъ осенью атмосферные осадки въ полярныхъ странахъ выпадаютъ въ видѣ снѣга, при чемъ снѣгъ съ соленою водою образуетъ охлаждающую смесь ^{*)}, способствующую замерзанію.

Наконецъ въ тѣхъ мѣстахъ полярныхъ областей океановъ, гдѣ остается старый пловучій лёдъ, къ осени поверхностные слои воды между старыми льдинами значительно расширены таящей снѣговой водою, сбѣгающей съ поверхности льдинъ.

^{*)} Напрямѣрь, при выпаденіи количества снѣга, равнаго по растаяванію слою воды въ 10 мм., получается пониженіе температуры, могущее охладить на 1° слой воды въ 1 метръ.

Всѣ эти явленія въ свою очередь способствуютъ образованію новаго льда, который и появляется какъ результатъ совокупнаго дѣйствія какъ противуположныхъ, такъ и способствующихъ условий къ его образованію.

Морской ледъ; ледяныя поля и ихъ образованіе; полярный нахъ.— Какъ уже было указано выше (см. температуру на поверхности), въ полярныхъ водахъ лѣтомъ температура на поверхности очень близка къ нулю ($+1^{\circ}$, $+1^{\circ},5$), и потому осенью, съ наступленіемъ холодовъ, охлажденіе воды идетъ быстро, и какъ только температура поверхностнаго слоя опустится до точки замерзанія, сейчасъ появляются ледяныя кристаллы въ видѣ иглъ. Если волненія нѣтъ, то при такой температурѣ воздуха кристаллы быстро растутъ въ числѣ и размѣрахъ (доходя до 2—3 сант. длиною; 0,5—1 с. шириною; при толщинѣ всего въ 0,5—1 мм.). Кристаллы быстро смерзаются между собою и образуютъ тонкую матовую поверхность, такъ называемое ледяное сало. Обыкновенно сало начинаетъ образовываться сразу во многихъ мѣстахъ поверхности и образуетъ небольшія круглыя льдинки (1—3 фут. діам.), называемыя блинчатымъ льдомъ. Такой ледъ вначалѣ очень неустойчивъ, и волненіемъ его легко можетъ разбить и уничтожить; но, какъ только стихнетъ, онъ снова образуется. Если ничто не мѣшаетъ, а температура въ воздухѣ стоитъ низкая, то отдѣльныя блины смерзаются, образуя иногда совершенно гладкую поверхность; но чаще она бываетъ изборозжена сѣтью мелкихъ рубцовъ, вслѣдствіе обламыванія при сталкиваніи краевъ отдѣльных блиновъ. Такой ледяной покровъ утолщается нарастаніемъ снизу, гдѣ вода наполнена ледяными кристаллами.

Если передъ замерзаніемъ высадеть сѣнь, то онъ способствуетъ замерзанію, образуя сѣжную кашу.

Въ тихую погоду и при низкой температурѣ воздуха случается, что образованіе обширныхъ площадей льда происходитъ въ нѣсколько часовъ. Волненіемъ ледъ можетъ разбить, ниспровергнуть отдѣльныя льдины одну на другую, но потомъ дальнѣйшее пониженіе температуры воздуха не замедлитъ заставить образоваться достаточно прочный ледяной покровъ, отличающійся по большей части неровною поверхностью вслѣдствіе вышеописанныхъ обстоятельствъ. Такой ледъ имѣетъ толщину около 3—4 сант.; онъ гораздо менѣе проченъ, нежели ледъ прѣсной воды, который при той же толщинѣ держитъ уже человѣка; морской же ледъ долженъ быть для этого не тоньше 5—6 см. Зато морской ледъ отличается большою

упругостью, и на лыжахъ можно по тонкому льду перейти черезъ трещину или полыню.

Въ открытомъ морѣ старые льды много способствуютъ ускоренію образованія новаго льда, но-первыхъ, охлаждая воду вокругъ, затѣмъ препятствуя волненію и наконецъ доставляя прѣсную воду, стекающую въ лѣтнее время съ ихъ поверхности. Поэтому между старыми льдами новый ледъ образуется скорѣе и раньше.

Наблюденія показываютъ, что естественнымъ замерзаніемъ ледъ не можетъ достигнуть толщины болѣе 3—4 метровъ, потому что ледъ—плохой проводникъ холода. Обыкновенно же за зиму ледъ усиливается дойти до толщины въ 2—2,5 метровъ.

Ледъ изъ морской воды имѣетъ удѣльный вѣсъ близкій къ 0,9; такъ какъ въ природѣ никогда не бываетъ большихъ массъ льда совершенно сплошныхъ, а въ нихъ всегда включены пузырьки воздуха, то и удѣльный вѣсъ ледяныхъ глыбъ всегда различный. Принимая удѣльный вѣсъ морской воды въ полярныхъ странахъ около 1,026, можно допустить, въ среднемъ, если взять кусокъ морского льда совершенно правильной геометрической формы, что отношеніе надводной его части къ подводной будетъ 1:7. Обыкновенно льдины имѣютъ неправильную форму, и, конечно, островочечныя части ихъ, когда льдина плаваетъ, оказываются вверху, почему надъ водою часто бываетъ не седьмая, а большая часть всей льдины.

Цвѣтъ морского льда обыкновенно зеленый, тѣмъ свѣтлѣе, чѣмъ больше въ немъ воздушныхъ пузырьковъ. Морской ледъ соленый, по составу его иной, нежели воды, изъ коей онъ образовался (см. стр. 180); съ теченіемъ времени соли вывѣтриваются и выделяются слѣговой водою, потому старые льды почти прѣсные.

При температурахъ около 0° морской ледъ отличается большою пластичностью и упругостью и ломается трудно; при низкихъ же температурахъ ледъ очень твердъ и хрупокъ и при сдавливаніи ломается легко и съ сильнымъ трескомъ.

При самомъ началѣ образованія ледяного покрова волненіе и вѣтеръ нерѣдко валамываютъ молодой ледъ и набиваютъ льдинки одну на другую. При дальнѣйшемъ утолщеніи льда случается то же самое. Вѣтры, вслѣдствіе тренія о поверхность льдовъ, заставляютъ ихъ двигаться по какому-либо направленію; двигающаяся огромная площадь льдовъ даже и при очень малой скорости обладаетъ большою живою силою. Подоб-



Фиг. 70. Начало образования тороса около Таймырского полуострова.

ная движущаяся масса льдовъ, встрѣчая на своемъ пути не только берега, но даже лишь льды, стоячіе или двигающіеся по иному направленію, произвести на нихъ громадное давленіе, котораго не выдерживаетъ крѣпость льда; тогда послѣдній взламывается по линіи приблизительно перпендикулярной къ направленію движенія. Вломъ льда даетъ возможность остальной массѣ льдовъ продвинуться еще впередъ, произойдетъ новое нажиманіе, и въ концѣ концовъ по линіи излома образуется нагроможденіе ледяныхъ обломковъ выше и ниже уровня воды, пока эта масса обломковъ не сдѣлается достаточно прочной. Тогда ледъ начинаетъ жатиматься по другой линіи, гдѣ снова нагромождаются такіе же гряды ледяныхъ холмовъ, называемыхъ торосами. Когда вѣтеръ задуетъ съ иного направленія, тогда получатся новыя гряды торосовъ и т. д.

Первое возникновеніе тороса видно на прилагаемой фотографіи (фиг. 70), снятой зимою 1914—15 г. въ Гидрографической экспедиціи Морского Министерства подъ командою флигель-адъютанта В. А. Вилькицкаго у береговъ Таймырскаго полуострова. Когда же подобные то-



Фиг. 71. Торось из Сѣв. Полярнаго моря, змѣн. Нансена 1895 г. съ сѣв. отъ Э. Фраппа-Юнга.

росы достигаютъ особенно большаго развитія, то получаются громадныя нагроможденія льдовъ, образчикомъ которыхъ служитъ фотографія (фиг. 71), представляющая такой торось по фотографіи экспедиціи Нансена въ Полярное море въ 1893—96 гг. Эти торосы, пересѣкаясь между собою, образуютъ сѣтку ледяныхъ грядъ, изобразжающихъ всю поверхность полярныхъ льдовъ, оставшая между собою сравнительно небольшія, болѣе или менѣе ровныя площадки, круглою или формою, со всѣхъ сторонъ окруженныя торосами.

Совершенно такое же вліяніе на движеніе льдовъ имѣютъ и приливо-отливныя теченія, передвигая плажды въ сутки льды въ разныхъ стороны.

При напорахъ льдовъ отдѣльныя льдины подходятъ одна подъ другую и тѣмъ самымъ утолщаютъ ледяной покровъ Полярнаго моря, при чемъ толщина его доходитъ до 6—8—20 и болѣе метровъ *).

*) Фрэнсис Ф. Нансенъ послѣ второй зимы среди льдовъ Полярнаго моря лежалъ на льдинѣ болѣе 15 м. толщиной, хотя, когда судно вошло на льды изъ сѣвера отъ Челюскаго м., то оно, очевидно, было на водѣ. Постоянные напоры льдовъ за полтора года по-



Фиг. 72. Гористый ледъ въ Карскомъ м., вост. граница Орочанскаго 1902 г.

Въ тѣхъ мѣстахъ, откуда идетъ въ данное время напоръ льдовъ, гдѣ слѣдовательно давленіе ихъ уменьшилось, происходятъ разрывы льдовъ и образуются полынья въ видѣ каналовъ, которыя при низкой температурѣ воздуха быстро затягиваются льдомъ. При новыхъ напорахъ перѣдко этотъ молодой ледъ наламывается въ свою очередь, и каналъ совершенно закрывается.

Высота торосовъ надъ остальною поверхностью льда, въ большомъ удаленіи отъ береговъ (километровъ 1.000), не превосходитъ 9 метровъ, а обычно бываетъ 4—5 м., рѣдко 7 м. Для того, чтобы такую массу льда поддерживать выше уровня воды, необходимо, чтобы и подъ торосомъ было большое скопленіе ледниъ, что въ дѣйствительности и бываетъ. Ниже уровня воды находится толща льдовъ раза въ два, въ три больше той, что надъ поверхностью воды; такимъ образомъ общая толщина тороса можетъ доходить метровъ до 15—20 *).

степенно поднимали подъ судно льдины и утащали ихъ снизу, приподымая *Фремо*, обводы котораго были такъ рассчитаны, чтобы напоромъ льдовъ судно не сжимало, а именно наплавали наверхъ.

*) Подобныя измѣренія очень затруднительны, а потому и точные размѣры знать трудно.

Торосы одногодозалые менѣе крѣпки, потому что глыбы льда изъ нихъ только нагромождены другъ на друга; многолѣтніе торосы крѣиче, такъ какъ за лѣтнее время глыбы успѣваютъ обтѣять и плотнѣе лечь другъ къ другу; лежаній на нихъ силѣе тоже лѣтомъ дается вода, которая, просачиваясь между глыбами, замерзаетъ и ихъ скрѣпляетъ.

Такимъ образомъ, если взглянуть на полярные льды сверху, то глазамъ представилась бы поверхность, изборозжденная по всевозможнымъ направленіямъ грядami торосовъ разнаго характера. Нѣкоторое представленіе этой картины даетъ фиг. 72, гдѣ изображенъ торосистый ледъ Карскаго моря по фотографіи экспедиціи герцога Орлеанскаго на *Belgica* въ 1907 г. Снимокъ сдѣланъ 20 Іюля по восточную сторону южнаго о-ва Новой Земли въ разстояніи десяти миль отъ берега.

Подобные полярные льды называются ледяными полями; они-то и покрываютъ всю поверхность сѣвернаго и южнаго полярныхъ частей океановъ и постоянно, непрерывно находятся въ движеніи, обуславливаемомъ главными образами господствующими вѣтрами. Неподвижные льды зимою, а иногда и лѣтомъ встрѣчаются только около береговъ полярныхъ земель; особенно широкая полоса ихъ лежитъ зимою вдоль всего берега Сибири; она достигаетъ большой ширины къ востоку отъ Таймыра, простирается здѣсь за сѣверныя окраины Ново-Сибирскихъ о-въ. Существованіе зимою такой полосы неподвижныхъ льдовъ—берегового припая обуславливается малыми глубинами, при которыхъ торосы становятся на мель и тѣмъ самымъ закрѣпляютъ окружающіе ихъ льды на мѣстѣ. Такіе сиданіе на мели торосы сибирскими промышленниками называются станухами. Обыкновенно съ Ноября мѣсяца береговой припай стоитъ здѣсь уже неподвижно.

Въ полосѣ берегового припая встрѣчаются торосы особенно большихъ размѣровъ, движеніе льдовъ тутъ встрѣчаетъ сильное препятствіе въ видѣ берега, и потому нагроможденія ихъ бывають особенно велики. Въ такихъ мѣстахъ не рѣдко можно видѣть торосы, возвышающіеся до 12 метровъ надъ поверхностью льдовъ, а случается и до 15—18 и 20 м. Подобные торосы существуютъ по нѣскольку лѣтъ, обтаивая лѣтомъ, они уплотняются и, стоя на мели, образуютъ подобіе ледяного острова. Примѣръ подобнаго тороса виденъ на слѣдующей фотографіи (фиг. 73), снятой въ экспедиціи Б. А. Вилькицкаго у берега Таймырскаго полуострова.

Подобные же большіе торосы встрѣчаются и у сѣверныхъ береговъ



Фиг. 13. Береговой торосъ у Таймырскаго полуострова.

Гренландіи и Земли Гриннелла, потому что тамъ движеніемъ льдовъ отъ Берингова пролива къ Гренландіи образуется у береговъ сильный напоръ.

Вдоль окраины берегового припая къ Сѣверномъ Полярномъ морѣ обыкновенно существуетъ полынья, то открывающаяся, то закрывающаяся. Ею наблюдали въ нѣсколькихъ мѣстахъ къ сѣверу отъ береговъ Восточной Сибири и къ сѣверу отъ Земли Гриннелла и Гренландіи. Существованіе полыньи обусловливается постояннымъ движеніемъ льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ вдали отъ береговъ подъ вліяніемъ главнымъ образомъ вѣтровъ, а также и приливо-отливныхъ теченій.

Вся внутренняя часть Сѣвернаго Полярнаго моря покрыта ледяными полями, непрерывно передвигавшимися по разнымъ направленіямъ, но въ общемъ имѣющими движеніе отъ Берингова пролива къ Шпицбергену и Гренландіи. Значительную роль въ этомъ движеніи играетъ зимняя область высокаго атмосфернаго давленія, находящаяся въ С.-В. Сибири, и благодаря которой надъ всею сибирскою частью Полярнаго моря зимною дуетъ вѣтры изъ южной половины компаса.



Фиг. 74. Наноръ льдовъ въ Карсепортъ въ лѣтнее 1901 г. на *Вейма*.

При всякомъ продолжительномъ періодѣ вѣтровъ того же направленія въ какой-либо части Полярной области, приведенная этими вѣтрами въ движеніе масса ледяныхъ полей производитъ на своей передней границѣ большое давленіе на льды, не участвующіе въ ихъ движеніи. Такъ какъ зимою ледъ очень хрупокъ, то при нанорѣ онъ ломается съ сильнымъ трескомъ и шумомъ, при этомъ льдины въ 4—6 метровъ толщиною лопаются, какъ дощечки, одна глыба за другою громоздится другъ на друга, и въ результатѣ быстро нарастають гряды торосовъ, а болѣе ровныя мѣста льдинъ заливаются водою, выступившею изъ трещинъ. Наноръ продолжается иногда десятки минутъ, иногда часы, а случается, что съ небольшими перерывами и цѣлые дни. Въ Полярныхъ моряхъ все время, весь годъ повторяются эти наноры льдовъ, съ тою разницею, что лѣтомъ, вслѣдствіе пластичности льда при температурахъ около нуля, наноры происходятъ безъ страшнаго шума, сопровождающаго ихъ зимою. Кромѣ того лѣтомъ наноры, повидимому, не такъ сильны. На фиг. 74 изображенъ моментъ начала подобнаго нанора льдовъ на судно лѣтомъ

въ Барскомъ я. (*Belgica*, Июль 1907 г.); конечно, въ этомъ морѣ напоры не достигаютъ такой силы, какъ въ открытомъ и обширномъ Полярномъ морѣ.

Вся совокупность непроходимого и все время движущагося ледяного покрова Полярнаго моря называется арктическимъ пакомъ. Отдѣльныя льдины, его составляющія, очень не много уменьшаются въ своей толщинѣ таишемъ за короткое полярное лѣто, зимою же образуются новыя и новыя льды, а старыя утолщаются нагроможденіями, и если пакъ не имѣлъ бы выхода въ болѣе низкія широты, гдѣ онъ растаиваетъ, то Сѣверное Полярное море, окруженное на значительномъ протяженіи естественными берегами, могло бы сплошь покрыться льдами.

Въ южномъ полушаріи пакъ непосредственно граничитъ съ вѣшней стороны съ открытыми частями океановъ, и потому тамъ онъ свободно увносится теченіями въ болѣе низкія широты, гдѣ и растаиваетъ.

Въ сѣверномъ полушаріи пакъ движется отъ береговъ Сибири къ тому широкому проливу, который образованъ промежуткомъ между Гренландіей и Шпицбергеномъ и продолжается далѣе на югъ тоже достаточно широкимъ Датскимъ проливомъ между Исландіей и Гренландіей. По этому пути ежегодно выносятся Восточно-Гренландскимъ теченіемъ потокъ арктическаго пака, занимающій отъ берега Гренландіи, по параллели, полосу около 500 кил. шириною.

Лѣтомъ въ Полярномъ морѣ на окраинѣ пака ледяныя поля болѣе или менѣе раздвинуты и свободные промежутки между ними могутъ быть оценены приблизительно въ $18\frac{1}{2}$ — $28\frac{1}{2}$, т.-е. около одной четверти общей поверхности *) льдовъ.

Средняя скорость Вост.-Гренландскаго теченія около 10 миль въ сутки, и если допустить, что средняя мощность ледяныхъ полей всего 5 метровъ (16 ф.), то за годъ теченіемъ выносятся 12.700 куб. километровъ льдовъ. Допуская, что изъ 8.000.000 кв. кил. поверхности Сѣвернаго Полярнаго моря $\frac{7}{8}$ его пространства покрыто ледяными полями со среднею толщиной въ 5 м., получается выводъ, что вышеупомянутымъ теченіемъ ежегодно выносятся около одной трети всего арктическаго пака.

Другой потокъ льдовъ изъ Сѣверо-американскаго архипелага и

*) Согласно опредѣленію в.-адмирала С. О. Макарева, на основаніи топографическихъ съемокъ частей ледяныхъ полей къ сѣверу отъ Шпицбергена, что совершенно сходится и съ опредѣленіями на глазъ прежнихъ полярныхъ мореплавателей.

изъ Баффинаова моря направляется по западную сторону Гренландіи черезъ Дэвисовъ проливъ, гдѣ выносятся по такому же расчету 5.000 куб. кил. льдовъ въ годъ. Наконецъ по южную сторону Шниибергена, между нимъ, Медвѣжимъ о-мъ и Новою Землею выносятся въ годъ около 2.000 куб. кил. льдовъ, что въ общей суммѣ даетъ около 20.000 куб. кил. льдовъ за годъ, т.-е. около половины всего количества арктическаго нава. Время, которое необходимо наку, чтобы пройти черезъ Арктическую область отъ Берингова пролива къ Шниибергену, опредѣляется приблизительно въ 6 лѣтъ. Отсюда получается выводъ, что врядъ ли можно встрѣтить въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ много льдовъ болѣе чѣмъ 10-лѣтняго возраста; кромѣ, конечно, льдовъ, стоящихъ на мели на мелкихъ мѣстахъ или въ уединенныхъ заливахъ и проливахъ. Такимъ путемъ регулируетъ природа количество пловучихъ льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ.

Количество льдовъ, выносимыхъ въ низкія широты теченіями изъ Южнаго Полярнаго пространства, нельзя оцѣнить цифрой, потому что не имѣется для того даже и приблизительныхъ данныхъ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, по мѣрѣ приближенія къ центральной части его, т.-е. съ удаленіемъ отъ береговъ, ледяныя поля становятся болѣе ровными, какъ это видно изъ путешествія Пири къ сѣверному полюсу въ Мартѣ-Апрѣлѣ 1909 г. (полюсъ былъ достигнутъ 6-го Apr. 1909 г.).

Ледяныя горы, ихъ образованіе и ихъ характеръ въ обо-ихъ полушаріяхъ.—Кромѣ описанныхъ выше льдовъ, происходящихъ отъ замерзанія морской воды, въ полярныхъ пространствахъ океановъ встрѣчаются еще льды совершенно иного характера и по ихъ внѣшнему виду и по ихъ образованію. Они носятъ названіе «Ледяныхъ горъ», и дѣйствительно ихъ вертикальные размѣры вполне оправдываютъ такое названіе.

Въ сѣверномъ полушаріи средняя высота ледяныхъ горъ надъ уровнемъ воды около 70 м., но встрѣчаются горы и до 100 м. и, въ видѣ исключенія, до 140 м. и даже 195 м. Въ среднемъ можно считать, что надъ водою находится только 1:5 или 1:6 доля всей высоты горы, а остальная часть подъ водою; т.-е. общія мощность горы можетъ доходить до 600—700 м. Отсюда уже видно, какія громадныя массы льда представляютъ эти горы, тѣмъ болѣе, что и горизонтальные размѣры ихъ также значительны; верѣяко горы имѣютъ нѣсколько кило-метровъ въ длину и въ ширину.

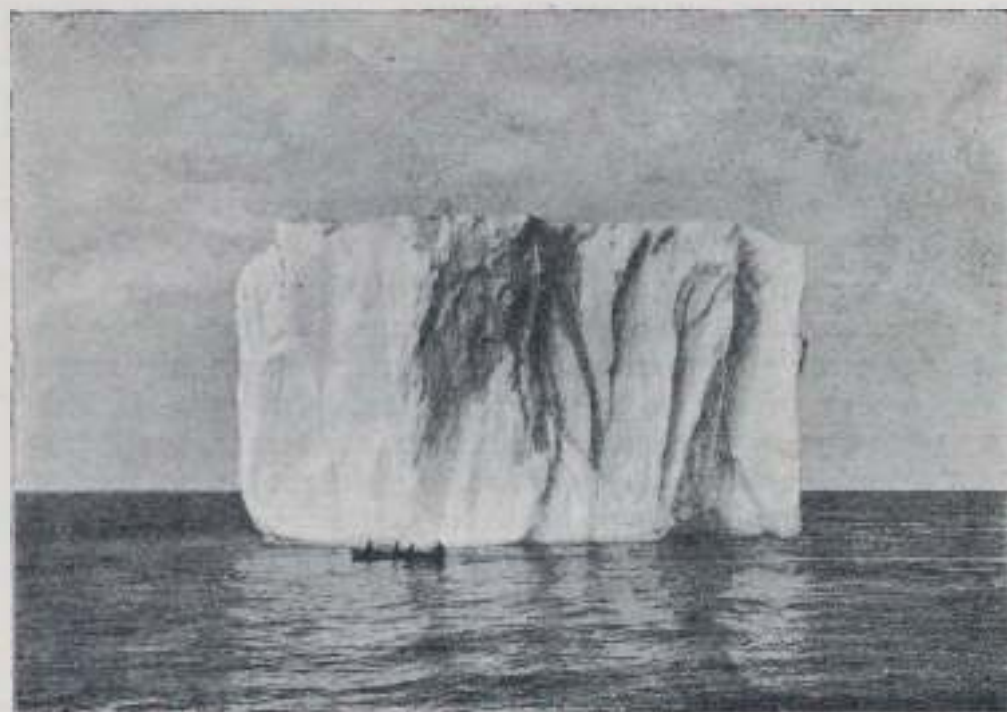


Фиг. 75. Ледяная гора въ Баффиновомъ м., экспедиція Парри, 1819—20 гг.

Прекрасный примѣръ такой ледяной горы виденъ на фиг. 75, гдѣ размѣры горы хорошо отъмѣняются по сравненію съ судномъ. Рисунокъ взятъ изъ описанія полярнаго плаванія В. Парри въ 1819—20 гг. съ цѣлю открытія сѣверо-западнаго прохода въ Тихій океанъ. Гравюра сдѣлана по рисунку лейтенанта Бичи, извѣстнаго впоследствии самостоятельнаго полярнаго изслѣдователя; ледяная гора была встрѣчена въ Баффиновомъ морѣ въ Іюль мѣсяцѣ.

Другой примѣръ (фиг. 76) даетъ понятіе о ледяныхъ горахъ, встрѣчающихся въ Баренцовомъ морѣ между Европой и Шпицбергеномъ. Ледяная гора была встрѣчена 29-го Іюля 1906 г. къ югу отъ о-ва Надежды ($76^{\circ}17'$ с. ш.— $24^{\circ}58'$ в. д. Гр.) пароходомъ *Андрей Первозванный* научно-промысловой Мурманской экспедиціи, подъ начальствомъ А. А. Брейтфуса. Гора возвышалась надъ уровнемъ моря на 22 м. и сидѣла на мели въ глубинѣ 64 м., т.-е. общая высота ея была 88 м.; стоящая рядомъ шлюпка служитъ нагляднымъ масштабомъ.

Изслѣдуя составъ льда, изъ котораго состоятъ ледяныя горы, убѣдились, что онъ совершенно прѣсный; принимая во вниманіе однородность ихъ льда и огромную мощность его, очевидно, что никакое скопленіе морского льда (изъ морской воды) не можетъ создать подобныхъ ледяныхъ горъ. Изученіе полярныхъ странъ показало, что громадной



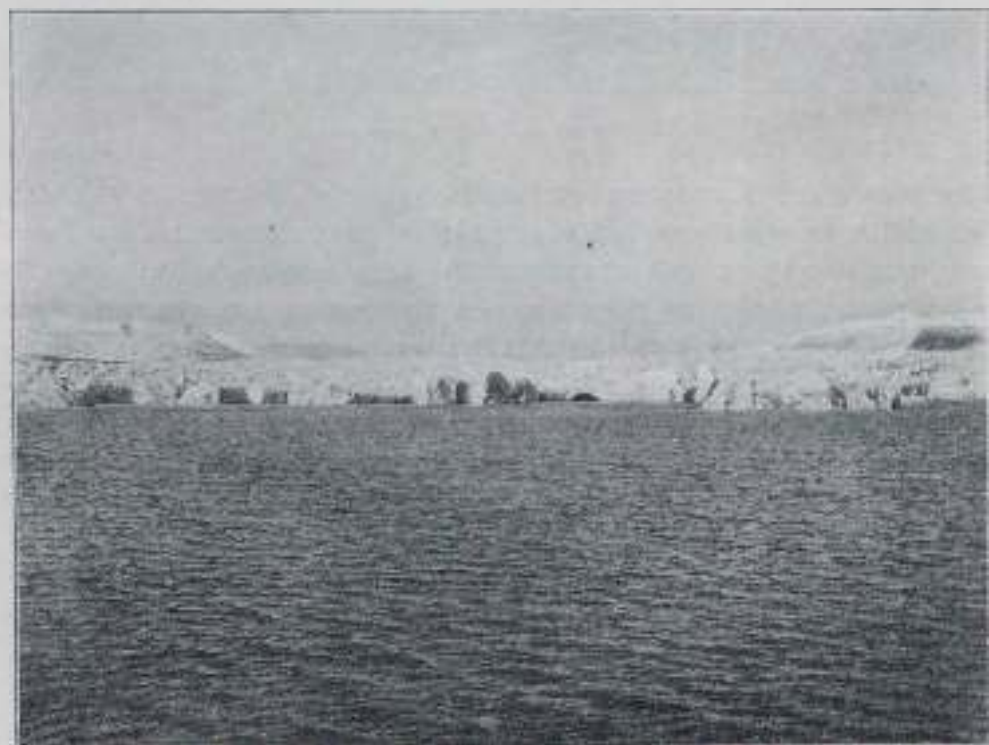
Фиг. 76. Ледяная гора из Баренцева моря.

мощности ледяные покровы занимают иногда въ полярныхъ странахъ большія пространства суши, образуя материковый ледъ. Въ Гренландіи, напримѣръ, подобный материковый ледъ покрываетъ, за исключеніемъ узкихъ полосъ по берегамъ, все внутреннее пространство этого наибольшаго о-ва въ мірѣ (2.100.000 кв. в.); онъ достигаетъ тамъ мощности около 2 километровъ. На другихъ полярныхъ земляхъ тоже существуютъ подобные же покровы материковаго льда (въ Американскомъ полярномъ архипелагѣ, на Шпицбергенѣ, Землѣ Франца-Иосифа, Новой Землѣ и, вѣроятно, и на Землѣ Императора Николая II), только они не столь толсты. Отъ этихъ внутреннихъ ледяныхъ покрововъ, въ мѣстахъ, гдѣ рельефъ береговой полосы суши тому благопріятствуетъ, отдѣляются громадной ширины ледяные потоки, называемые ледниками, которые медленно текутъ подъ уклонъ берега, уходя нижними концами въ море, и подъ постояннымъ напоромъ сверху все вновь сползающихъ массъ льда нижніе концы его могутъ выдвинуться на значительное разстояніе отъ берега, на глубину большую, нежели толщина льда, гдѣ, вслѣд-



Фиг. 77. Схема возникновенія ледниковъ горъ (изъ Урала).

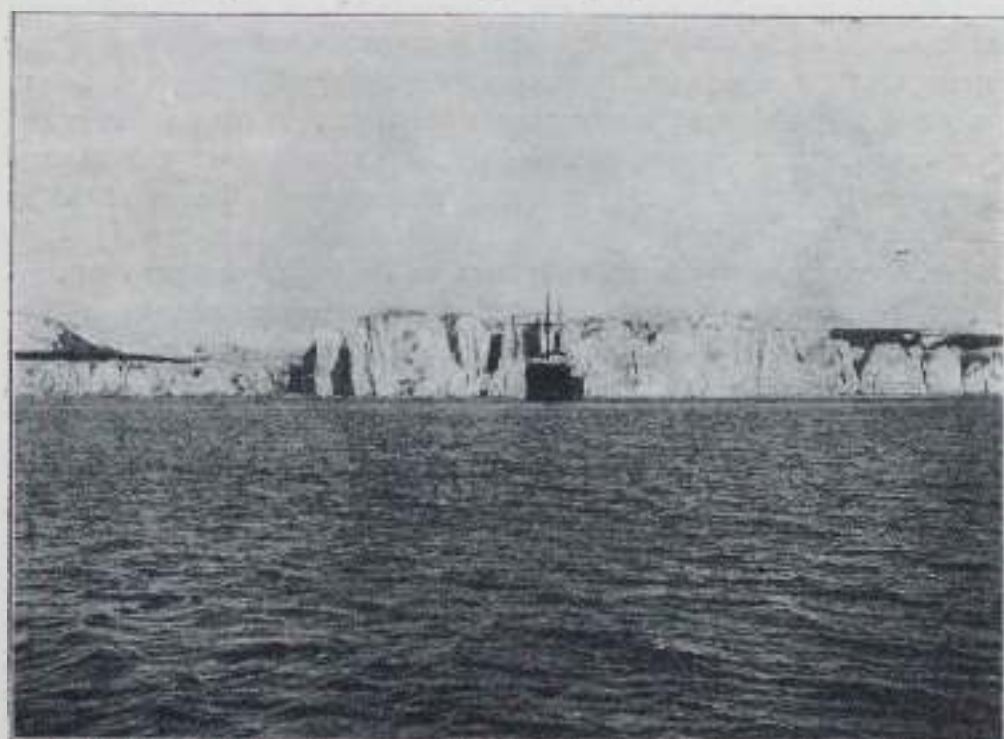
ствіе его меньшаго удѣльнаго вѣса, нежели вода, а тѣмъ болѣе морская, ледъ всплываетъ. Волненіе и колебаніе уровня отъ вѣтра и отъ приливовъ опускаютъ и поднимаютъ ледъ, нарушаютъ связь между нимъ и остальною частью ледника, ледъ котораго всегда изборозженъ болѣе или менѣе глубокими трещинами. Трещины образуются вслѣдствіе перехода ледника черезъ неровности и изгибы рельефа дна, по которому онъ медленно движется, побуждаемый къ тому тяжестью постоянно накапливающагося и не тающаго снѣга. По изслѣдованіямъ Дригальскаго въ Гренландіи ледъ даже и вдоль горизонтальной поверхности все-таки те-



Фиг. 78. Ледники на Новомъ Землѣ въ Карскомъ и въ Ходькинскомъ заливахъ Арктики.

четь). Такимъ образомъ нижняя часть ледника, находящаяся на плаву, разбивается на отдельные громадные куски, подобно тому, какъ это изображено схематически на фиг. 77. Внизу, подъ ледникомъ, видна доп-ная морена—обломки скалы, свалившіеся со склоновъ горъ при разрушеніи ихъ отъ климатическихъ переиѣлъ и постепенно сквозь трещины провалившіеся до дна ледникова ложа.

Самые громадные полярные ледники въ сѣверномъ полушаріи находятся въ Гренландіи. Потому и наиболѣе крупныя ледяныя горы встрѣчаются около береговъ Гренландіи какъ съ восточной такъ и западной стороны ея. Остальныя полярныя земли не обладаютъ такими ледниками (Шпицбергенъ, Новая Земля и др.), почему и образующіеся изъ нихъ ледныя горы меньшаго размѣра. На слѣдующемъ рисункѣ (фиг. 78) видно общее расположеніе конца ледника, спускающагося отъ внутренняго материковаго льда сѣвернаго острова Новой Земли въ Карское море (Медвѣжій зал.). На другомъ рисункѣ (фиг. 79) *) предста-



Фиг. 79. Ледники на Новой Землѣ въ Медвѣжьей-заливѣ на вост. бер. Новой Земли и пароходъ *Визиргола*.

*) Объ снимкѣ съ фотографіи участника экспедиціи, генер.-маіора А. В. Иванова.

влеть конецъ того же ледника, но только съ болѣе близкаго разстоянія. Стоящій рядомъ съ ледникомъ пароходъ *Натурсонъ*, гидрографической экспедиціи подъ начальствомъ генерала А. Н. Вилькицкого, даетъ понятіе о размѣрахъ той части ледника, которая находится выше уровня воды. Высота его была 17 м. (57 ф.), а глубина моря рядомъ съ краемъ ледника 128 м. (420 ф.). Наблюденіе было сдѣлано 6-го Сентября 1901 г.

Отдѣленіе ледяной горы отъ ледника сопровождается сильнымъ трескомъ, ледъ ломается съ шумомъ, напоминающимъ выстрѣлы изъ орудій или сильныя взрывы, при этомъ огромныя куски льда летятъ въ разные стороны и въ воду. Когда гора отдѣлится, то лѣтомъ, если около нея море свободно, ее вѣтромъ, а главнымъ образомъ теченіемъ начинаетъ относить далѣе. При этомъ, по мѣрѣ того, какъ подтываетъ ее основаніе и вообще часть, расположенная ниже уровня воды, центр тяжести всей массы мѣняется, и гора, постепенно наклонившаяся, можетъ перевернуться или будетъ плавать въ положеніи неустойчиваго равновѣсія. Последний случай самый опасный для полярныхъ мореплавателей, такъ какъ иногда достаточно бываетъ сотрясенія воздуха отъ выстрѣла изъ ружья, чтобы гора перевернулась. Перевертываніе подобной громадной массы, на поверхности которой всегда лежатъ большіе куски льда, плохо съ ней связанные, производитъ не только большое волненіе, но и можетъ быть причиною большой аваріи для судна, находящагося близко къ мѣсту переворачиванія горы.

Волненіемъ и прибоемъ выбивается изъ бокавъ горъ породоцныя пещеры, но такъ какъ материнныя горы постоянно измѣняются, то эти пещеры не успѣваютъ сдѣлаться глубокими. Постоянное подтаиваніе, обращиваніе и вообще разрушеніе горъ обуславливаютъ ихъ разнообразную форму и причудливый видъ (см. фиг. 75).

Въ теченіе своихъ странствованій ледяныя горы періодко садятся на мель, къ нимъ примерзаютъ грунты дна, и послѣ многихъ обращиваній иногда поверхность горы настолько сильно покрывается пломъ, что даже и на близкомъ разстояніи нельзя замѣтить, что подъ слоемъ или есть ледъ. Такія горы, стоя на мели, случалось, вводили въ заблужденіе мореплавателей, принимавшихъ ихъ за острова *).

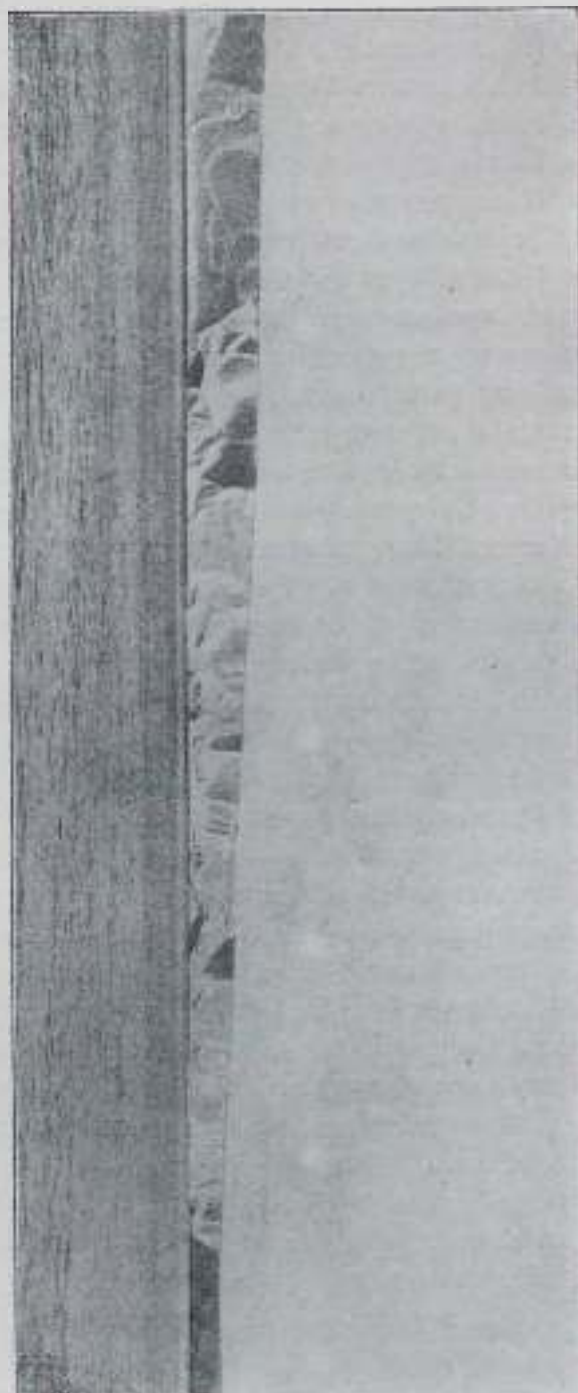
*) Напр., экспедиція графа Вильчека въ 1872 г., сопровождавшая *Tegelhof*, на обратномъ пути заходила въ ср. Костинъ Шаръ на Новой Землѣ и нашла тамъ два острова, которые и внесла на карту. Впоследствии гидрографическая экспедиція Морского Министерства подъ начальствомъ кап. 2 р. А. М. Вухтіева въ 1890 г. заходила туда же и убѣдилась, что эти острова исчезли.

Выше, говоря о движеніи арктическаго пака, было указано, что льды въ сѣверномъ полушаріи двигаются отъ береговъ Сибири и сѣверо-западной Америки черезъ полюсъ къ Гренландіи и Шпицбергену. Вслѣдствіе этого ледяныя горы, образуемыя ледниками Гренландіи, Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и другихъ арктическихъ земель, двигаются также къ выходу изъ Полярнаго моря въ Атлантическій океанъ и не могутъ упасть ни въ среднюю часть полярнаго пространства, ни тѣмъ болѣе къ берегамъ Сибири, куда ихъ бы не допустили и малыя глубины материковой отмели, окаймляющей широкою полосой весь сѣверный берегъ Азіи. Ледяныя горы, вынесенныя теченіемъ въ Атлантическій океанъ, тамъ постепенно растаиваютъ.

Въ южномъ полушаріи ледяныя горы достигаютъ еще болѣе значительныхъ размѣровъ, нежели въ сѣверномъ, вслѣдствіе болѣе сильнаго оледенѣнія Антарктическаго материка. Различіи въ характерѣ ледяного покрова въ разныхъ частяхъ Южно-полярнаго материка обуславливаетъ два разныхъ вида ледяныхъ горъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Южно-полярнаго материка, напримѣръ, на берегахъ Земли Граама (къ югу отъ мыса Горна), на берегахъ Земли Викторіи (къ югу отъ Новой Зеландіи) и въ другихъ мѣстахъ, имѣющихъ горный характеръ, съ глубокими долинами, спускающимися къ водѣ, существуютъ ледники обыкновеннаго типа, но большой мощности; они даютъ начало ледянымъ горамъ, по виду подобныхъ Гренландскимъ горамъ.

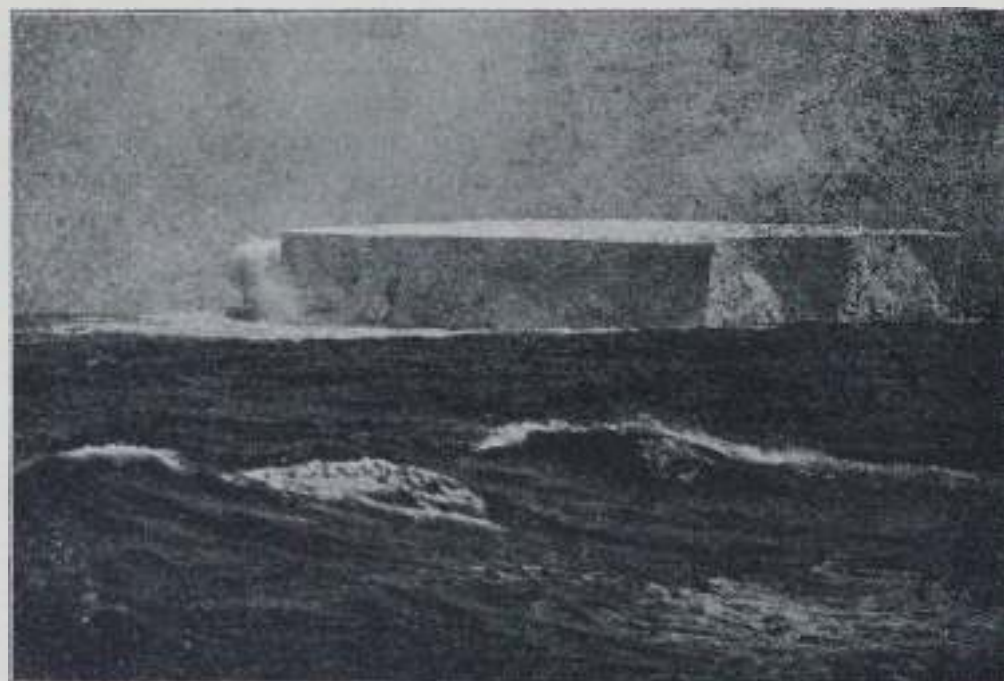
Въ другихъ мѣстахъ Антарктическаго материка побережье его отличается, повидимому, равниннымъ характеромъ на значительномъ протяженіи и внутрь страны и вдоль берега. Въ такихъ мѣстахъ (на берегу Атл. ок. въ морѣ Уэдделл, берега Земли Коатса и Вильгельма II; берега къ западу отъ Земли Александра I въ Тихомъ ок., и наконецъ берегъ между Землею Викторіи и Землею Эдуарда VII, лежащую къ югу отъ Новой Зеландіи) къ берегу океана спускается, съ почти совершенно ровною поверхностью, громадной мощности ледникъ, образующій изъ морѣ своимъ нижнимъ концомъ «Великій барьеръ», какъ его называлъ Джозефъ Кларкъ Россъ, открывшій его въ 1840 г. «Великій барьеръ» тянется почти по параллели на разстояніи 750 кил. Въ 1902 г. онъ былъ тщательно обследованъ антарктической англійской экспедиціей Р. Ф. Скотта (1901—1904 гг.) и снятъ на карту. На всемъ протяженіи «Великаго барьера» высота его мѣняется довольно значительно (отъ 15—20 ф. до 240 ф. = 4,5 м. до 73 м.), но на большей части своего протяженія

Фиг. 80. «Ледяной барьер» в Восточном море. Видно плато и гора Валдиза VII.



онъ имѣть высоту около 30—40 м. Среднее же углубленіе его около 180—200 м. Ледникъ, образующій «Великій барьеръ», простирается по внутри страны по крайней мѣрѣ на 550 кил. Край «Великаго барьера» изображенъ на фиг. 80 по фотографіи, снятой экспедиціей Скотта; на ней хорошо виденъ общій характеръ барьера. Глубины моря около самаго края ледника, по измѣренію Скотта, держатся около 500—700 м. (300—400 м. с.).

Совершенно понятно, что обломки подобнаго ледника должны быть громадны по своимъ размѣрамъ и столбообразной формы, потому что они образуются изъ совершенно почти равнаго пласта льда. Столбообразныя ледныя горы представляютъ особенность южныхъ полярныхъ странъ, вѣ�тъ о нихъ даетъ видъ ледной горы (фиг. 81) по фотографіи экспедиціи на *Valdivia*, встреченной съ-чъ полярной



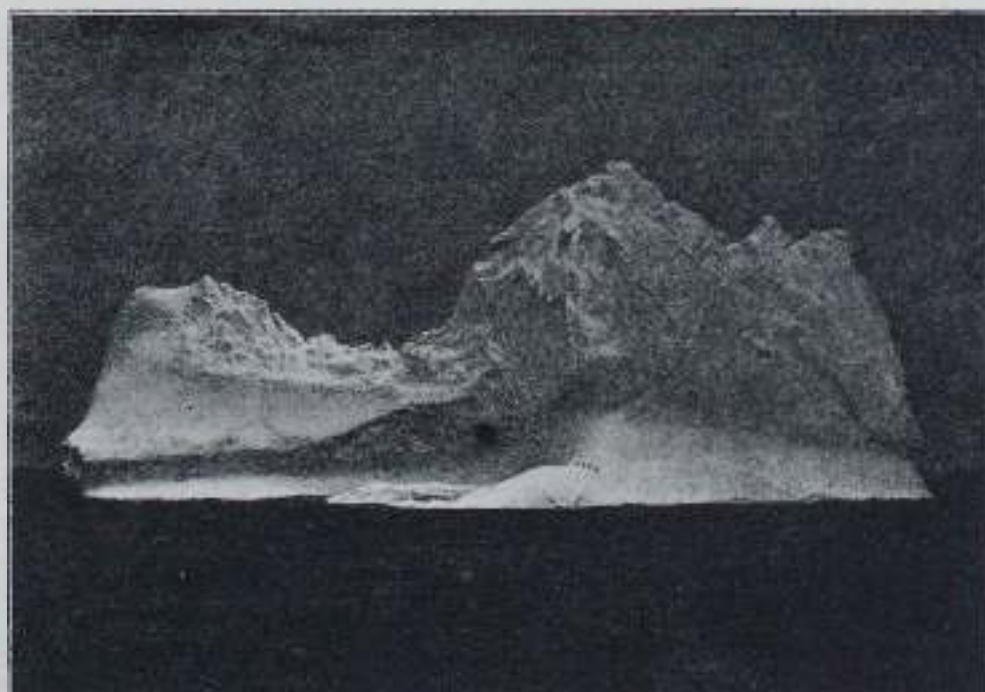
Фиг. 81. Столообразная ледяная гора, встрѣченная въ южной части Индійскаго ок.

части Индійскаго океана, къ сѣверу отъ берега Антарктическаго материка, называемаго Землею Эндерби (въ $61^{\circ}40'$ ю. ш. и $61^{\circ}30'$ в. д., 19-го Декабря 1898 г.). Ледяная гора имѣла очень правильную форму, она возвышалась надъ уровнемъ моря на 40 м. и имѣла въ длину 140 м. Съ лѣвой стороны на фотографіи виденъ набросъ воды отъ прибоя. Такія ледяныя горы встрѣчаются иногда огромныхъ размѣровъ, почему и продолжительность ихъ существованія велика, случается, проходитъ два года, пока онѣ успѣваютъ растаять. За это время теченія ихъ успѣваютъ занести въ болѣе низкія широты южнаго полушарія, нежели Гренландскія горы въ сѣверномъ полушаріи.

Какихъ размѣровъ встрѣчаются эти столообразныя ледяныя горы, видно по слѣдующимъ примѣрамъ. Въ 1854 г. въ Атлантич. ок. въ Декабрѣ была встрѣчена ледяная гора (44° ю. ш. и 28° в. д.) размѣрами отъ 60 до 40 мор. м. и высотой 90 м., объемъ ея приблизительно былъ 500 куб. вѣд.; эту гору встрѣчали многія суда (21) до Апрѣля 1855 г. (40° ю. ш. — 20° в. д.). Въ 1865 г. видѣли столообразную гору ($45^{\circ}30'$ ю. ш. — $37^{\circ}40'$ в. д.) длиною около 25 м. и очень широкую. Въ 1893 г., когда горъ было много, въ Мартѣ (51° с. ш. — 50° в. д.) видѣли гору въ 82 м. длиною.

Горы въ 300 м. высокою не рѣди, съ 1884 г. замѣчено такихъ 24, одна въ 1884 г. (44° ю. ш. — 40° в. д.) имѣла 518 м. высоты. Обыкновенные же размѣры ихъ нѣсколько сотъ метровъ въ длину и ширину, при 1:5—1:6 надъ водою.

По мѣрѣ своего существованія ледяныя горы южнаго полушарія также сильно разрушаются, главнымъ образомъ подѣ вліяніемъ свѣжихъ С.З. вѣтровъ, господствующихъ въ этихъ широтахъ. Навѣтренная сторона горы всегда болѣе разрушена, и часто подѣ вліяніемъ разрушенія гора теряетъ свою столообразную форму и принимаетъ видъ, изображенный на фотографіи (фиг. 82). Эта ледяная гора была встрѣчена на



Фиг. 82. Ледяная столообразная гора, значительно обтаявшая. На ней вѣтру пологаетъ.

Valdivia 4-го Декабря 1898 г. въ южномъ Индійскомъ океанѣ (55°24' ю. ш.—19°36' в. д.) и, какъ видно, совершенно ничего не имѣетъ общаго со столообразной формой, изъ которой она произошла.

Географическое распредѣленіе пловучихъ льдовъ.—Географическое распредѣленіе полярныхъ льдовъ совершенно различно для ледяныхъ полей и ледяныхъ горъ. Первые, вслѣдствіе своей меньшей массы, скорѣе успѣваютъ растаять и потому въ своемъ движеніи къ экватору не достигаютъ такихъ низкихъ широтъ, какъ ледяныя горы.

Высота ледяных горъ къ болѣе низкия широты обусловлена холодными теченіями, направляющимися изъ полярныхъ странъ въ умеренныя широты океановъ, а на движеніе ледяныхъ полей большое вліяніе имѣютъ и вѣтры. Съ другой стороны, на положеніе границы полярныхъ льдовъ имѣютъ также вліяніе вѣтры теплыхъ теченій, проникающія иногда далеко въ полярную область (Гольфстримъ). Вотъ почему границы распространенія полярныхъ льдовъ въ океанахъ и назначаютъ всегда на картѣ океаническихъ теченій (см. далѣ карту теченій). Распределеніе суши и воды въ полярныхъ и въ приполярныхъ широтахъ имѣетъ также большое значеніе въ этомъ вопросѣ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ ледяныя поля, какъ выше было объяснено, двигаются черезъ полюсъ къ Гренландіи и, уносимыя Восточно-Гренландскимъ теченіемъ, уходятъ къ югу, въ Атлантическій океанъ. Такимъ же образомъ уносятся къ югу льды изъ Баффинаова моря Лабрадорскимъ теченіемъ, а ледяныя поля, встрѣчающіяся къ востоку отъ Шпицбергена, другими, менѣе сильными полярными теченіями переносятся въ южную часть Баренцова моря. Теплыя воды вѣтвей Гольфстрима, омывающія сѣв.-зап. Европу, препятствуютъ образованію льдовъ вокругъ всего омываемаго ими этого побережья и способствуютъ таянію надвигающихся съ сѣвера и сѣверо-востока полярныхъ льдовъ. Всѣ выказанныя причины вмѣстѣ и обуславливаютъ положеніе средней границы распространенія льдовъ въ сѣверномъ Атлантическомъ океанѣ.

Начиная отъ середины Мурманскаго берега средняя граница ледовыхъ льдовъ, въ концѣ зимы (Мартъ, Апрель), идетъ сперва къ сѣверу, а потомъ, на значительномъ разстояніи отъ берега, на западъ къ Медвѣжьему о-ву, откуда поднимается на сѣверъ вдоль западнаго берега Шпицбергена. Здѣсь περίдо до 76° — 78° с. ш. встрѣчается узкая полоса открытой воды, вдоль же берега стоитъ ледяной припай. Отсюда граница льдовъ идетъ круто на югъ къ Исландіи, сѣверные берега которой бываютъ болѣею частью открыты. Отъ Исландіи граница льдовъ идетъ на западъ и, обогнувъ оконечность Гренландіи, вскорѣ круто спускается по меридіану къ Нью-Фаундленду, гдѣ зимою, случалось, суда встрѣчали обширныя ледяныя поля. Такъ, въ 1890 г. пароходъ *Texas* въ 44° с. ш. и $49^{\circ}25'$ з. д. 12-го Февр. встрѣтилъ поле около 50 миль длиною; 17-го Февр. парусникъ *Meleor* 9 дней былъ затеръ льдами; 22-го Февр. пароходъ *Conscript* пробылъ черезъ скопленіе ледяныхъ полей до 100 миль шириною.

Въ Тихомъ океанѣ къ концу зимы льдомъ покрыты бывають всѣ

сѣверная часть Берингова моря и побережье Камчатки. Въ Охотскомъ морѣ къ концу зимы покрыта льдомъ вся сѣверная и сѣверо-восточная часть его до Сахалина и его восточный берегъ до залива Анива. Татарскій проливъ замерзаетъ до параллели Дуа.

Въ южномъ полушаріи ледяныя поля доходятъ въ нѣкоторые годы въ проливъ Дрека (къ югу отъ м. Горна) до 57° ю. ш., а въ области о-ва Бука (къ юго-западу отъ м. Доброй Надежды) даже и до 53° ю. ш.

Границы распредѣленія *ледяныхъ горъ*, по указаннымъ причинамъ, иныя, онѣ подходятъ гораздо ближе къ экватору къ обоимъ полушаріямъ.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ около береговъ Сѣверной Америки, начиная отъ Сѣверо-американскаго архипелага и далѣе на западъ, вдоль Сибири, у береговъ не встрѣчается вовсе ледяныхъ горъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе малой приглубости всей этой полосы моря, а затѣмъ и вслѣдствіе постоянного дрейфа льдомъ отъ береговъ Сибири и Сѣверной Америки черезъ полюсъ къ Гренландіи и Шницбергцу. Наконецъ еще и потому, что на берегахъ Сибири и на сѣверныхъ берегахъ Аляски совершенно нѣтъ ледниковъ. Ледники, найденные на островахъ Беннета и Генерала Вилькинсакаго, совершенно незначительны; ледники же, видѣнные Гидрографической Экспедиціей Морского Министерства въ 1913 г. на Землѣ Императора Николая II, тоже не велики и по причинѣ отдаленности береговъ Сибири къ нимъ не подходятъ. Ледяныя горы начинаютъ попадаться у сѣверо-восточной части Новой Земли, у архипелага Франца-Иосифа и у Шницбергена. Около послѣдняго онѣ достигаютъ уже замѣтныхъ размѣровъ потому, что ледники его довольно значительны. Ледяныя горы въ изобиліи и большихъ размѣровъ встрѣчаются у всѣхъ береговъ Гренландіи, и отсюда иногда онѣ заходили даже до Фарѣрскихъ о-въ; былъ случай, что встрѣтили гору въ 500 миляхъ къ западу отъ Ирландіи.

Средняя граница *ледяныхъ горъ* (см. карту теченій) идетъ параллельно берегу Гренландіи, до Исландіи, потомъ круто поворачиваетъ на югъ и идетъ между меридіанами 30° — 40° з. д. до 40° параллели, гдѣ снова круто поворачиваетъ вдоль этой параллели къ берегу Сѣв. Америки у пол-ни Новая Шотландія. Въ этой части океана, около Ньюфаундлендской банки, и именно около юго-восточной и южной ея окраины, бывають огромныя скопленія ледяныхъ горъ въ нѣкоторые годы (обыкновенно проходитъ годъ времени, пока ледяныя горы успеютъ отъ мѣста своего образованія — береговъ Гренландіи добраться до Нью-

Фаундленда). Напримѣръ, въ 1882 г. въ Маѣ, ледяныя горы изобиловали по окраинѣ Ньюфаундлендской банки, и пароходы, шедшіе въ Нью-Йоркъ, за сутки встрѣчали тутъ до 350 ледяныхъ горъ разныхъ величинъ. Бывало, что ледяныя горы доходили до $36^{\circ} 10'$ с. ш. и 39° в. д., т.-е. на 650 морскихъ миль къ юго-западу отъ Ньюфаундлендской банки.

Въ Тихомъ океанѣ въ сѣверномъ полушаріи ледяныхъ горъ нѣтъ.

Въ южномъ полушаріи ледяныя горы, какъ выше было объяснено, часто бываютъ особенной столообразной формы и весьма значительныхъ размѣровъ, что, при широкомъ свободномъ сообщеніи океановъ съ полярною областью и болѣе низкой температурѣ южнаго полушарія, позволяетъ имъ продвигаться иногда весьма значительно къ экватору.

Наиболѣе сѣверное положеніе средняя граница ледяныхъ горъ имѣетъ въ южномъ Атлантическомъ ок. (см. карту теченій, пред. гран. льдовъ), гдѣ она переходитъ 40° ю. ш. и около Игольнаго мыса достигаетъ даже до 36° ю. ш. Въ Индійскомъ ок. граница ледяныхъ горъ спускается до 40° — 45° ю. ш., а къ югу отъ Новой Зеландіи и до 50° — 55° ю. ш., пройдя которую, она далѣе, къ востоку, въ Тихомъ ок. идетъ между 40° и 50° ближе къ 50° и наконецъ отходитъ къ югу, очень близко отгибая и. Горны. Ледяныя горы встрѣчаются чаще лѣтомъ, рѣже зимою въ южн. пол. Особенно много ихъ бываетъ къ СВ отъ м. Горна и въ Тихомъ ок. между меридіанами 90° и 150° в. д.; затѣмъ къ Индійскому ок. ледяныя горы чаще встрѣчаются къ востоку отъ о-ва Кергеленъ, нежели къ западу отъ него.

Случалось, что въ Атлантическомъ океанѣ наблюдали ледяныя горы къ 36° и $35^{\circ} 50'$ ю. ш., около м. Доброй Надежды. Въ 1893 г. было особенно большое число ихъ въ области Фалклендскихъ о-въ, гдѣ онѣ располагаются полосой вдоль линіи 200 м. глубины съ юга на сѣверъ (вдоль теченія мыса Горна), за сутки плаванія на протяженіи 90 м. миль число ихъ было около 350 и всѣ большого размѣра. Въ 1906 г. наблюдалось въ томъ же мѣстѣ подобное же скопленіе ледяныхъ горъ, и одна изъ ледяныхъ горъ дошла до устья р. Лаплати (38° ю. ш.). Въ 1894 г. судно *Доска* встрѣтило кусокъ льда въ 26° ю. ш.— 26° в. д.

Вообще обиліе пловучихъ льдовъ и ледяныхъ горъ изъ года въ годъ бываетъ различно. Иные годы бываютъ особенно богаты льдами, иные менѣе изобилуютъ ими въ зависимости отъ благоприятныхъ или неблагоприятныхъ условій въ мѣстахъ ихъ образованія для ихъ дальнѣйшаго движенія. Напр., въ Индійскомъ ок. въ 1906 г. было замѣчено 305 горъ, а въ 1905 г. всего 12, а въ 1907 г.—36; въ 1885 г.—1.

Условія полярныхъ плаваній и путешествій по полярнымъ льдамъ.—Плаванія среди полярныхъ льдовъ на парусныхъ судахъ и на паровыхъ совершенно различны по своему характеру. Только познакомившись съ описаніями полярныхъ плаваній XVIII и первой половины XIX столѣтій, можно понять тѣ трудности, какія приходилось преодолевать полярнымъ мореплавателямъ въ началѣ изученія полярныхъ областей, и оценить ихъ энергію и настойчивость, результатами которыхъ было расширеніе нашихъ свѣдѣній относительно очертаній полярныхъ земель, ихъ строенія и физико-географическихъ условій всего полярнаго міра. Последнее не только обогатило наши знанія о полярныхъ странахъ, но и познакомило людей съ такими явленіями, пониманіе которыхъ, въ свою очередь, позволило оценить и постигнуть цѣлый рядъ другихъ физико-географическихъ обстоятельствъ (слѣды ледниковой эпохи), послѣдствія коихъ наблюдаются во многихъ мѣстахъ на поверхности земного шара тамъ, гдѣ въ настоящее время никакихъ льдовъ не имѣется и физико-географическія условія совершенно иные. Потому, безъ знакомства и изученія условій полярной области, мы не могли бы понять и объяснить многое, наблюдаемое теперь въ укрѣпленныхъ поясахъ земного шара.

Со времени перваго путешествія европейцевъ въ полярныя страны, подъ начальствомъ С. Кабота (полярный мореплаватель венеціанскаго происхожденія, натурализовавшійся въ Англію) въ 1498 г., когда онъ открылъ входъ въ Гудзоновъ заливъ, прошло 400 лѣтъ, и въ теченіе болѣе чѣмъ трехъ четвертей этого времени существовать только парусный флотъ, которымъ и приходилось пользоваться полярнымъ мореплавателямъ. Рядъ удачныхъ и неудачныхъ плаваній ихъ въ сѣверную полярную область постепенно, хотя и очень медленно, накопили опытъ и ознакомили людей съ условіями полярныхъ путешествій.

Самое опасное для цѣлости судна въ полярныхъ моряхъ есть давленіе льдовъ; большое число раздавленныхъ льдами судовъ наглядно подтверждаетъ этотъ выводъ, а такъ какъ въ открытомъ морѣ въ полярныхъ пространствахъ судну не избѣжать подобнаго давленія льдовъ, то главный выводъ изъ опыта полярныхъ мореплавателей заключался въ слѣдующемъ правилѣ—всегда идти, придерживаясь берега полярныхъ земель. Малая прибрежная глубина не позволяла мощнымъ, глубоко-сидящимъ льдамъ подходить къ самому берегу, вдоль котораго часто оставался узкій каналъ достаточной глубины для плаванія небольшихъ

деревянныхъ и не глубоко сидящихъ парусныхъ судовъ. Но такимъ-то канадцамъ не только плавали, но и лавировали подъ парусами. Последнему способствовали небольшіе размѣры судовъ и умѣнье управляться на нихъ; удивительными примѣрами подобнаго управленія богата исторія пикетныхъ плаваній, давнихъ англійскому военному флоту столь много опытныхъ и смѣлыхъ моряковъ, развившихъ въ молодости свой морской глазомеръ, увѣренность и быстроту рѣшivosti участіемъ въ многочисленныхъ полярныхъ плаваніяхъ, предпринимавшихся англичанами.

Незнаніе условій полярной жизни и гигиены также дорого стоили людямъ, и, пока накопился по этому предмету достаточный опытъ, прошло много времени. За этотъ промежутокъ времени люди успѣли продвинутся до крайнихъ предѣловъ полярныхъ земель, лежащихъ вкругъ Сѣвернаго Полярнаго пространства, и намѣтить въ нѣсколькихъ мѣстахъ берега Антарктическаго материка.

Въ концѣ XIX ст. полярныя изслѣдователи оказались передъ обширнымъ пространствомъ Сѣвернаго Полярнаго моря, заполненнымъ по своимъ окраинамъ льдами очень тяжелаго характера, съ массою выгромождений въ видѣ торосовъ. Отсутствіе береговъ далѣе къ сѣверу лишило возможности примѣнять вышеуказанный старый, испытанный приемъ плаваній, а попытки отважиться войти съ кораблемъ въ ледной накъ оканчивались крушеніями судовъ (напр., *Jannette* въ 1879 г.). Попытки продвинутся къ сѣверу по льду пѣшкомъ также не были успѣшны, и такимъ образомъ далѣе 83° с. ш. съ небольшимъ, т.-е. окраины сѣверныхъ полярныхъ земель (Маркгамъ въ 1876 г. къ сѣверу отъ Земли Гранта; Локвудъ въ 1882 г. къ сѣверу отъ Гренландіи), не удавалось проникнуть въ полярное пространство, которое, казалось, и навсегда должно было сохранить свою неизвѣстность.

Было ясно, что прежніе приемы полярныхъ изслѣдованій не могли дать ничего болѣе, и необходимо было найти новые способы, что и было выполнено Ф. Нансеномъ. Его главная заслуга и заключается именно въ томъ, что, внимательно изучивъ всю совокупность данныхъ о полярныхъ странахъ, онъ сумѣлъ сдѣлать изъ нихъ новый выводъ, на который, между прочимъ, его навела находка у западныхъ береговъ Гренландіи предметовъ, оставленныхъ на льдахъ экспедиціей *Jannette* къ сѣверо-востоку отъ Ново-Сибирскихъ о-въ. Предметы эти, очевидно, были привнесены къ Гренландіи льдами. Внимательный разборъ различныхъ другихъ подобныхъ случаевъ переноса предметовъ изъ американской

половинами Сѣвернаго Полярнаго моря изъ Гренландіи позволилъ Нансену убѣдиться, что въ Полярномъ морѣ несомнѣнно существуетъ постоянное движеніе льдовъ, идущее отъ Берингова пролива къ Атлантич. ок. Оставалось воспользоваться этимъ движеніемъ льдовъ и вмѣстѣ съ ними проникнуть въ неизвѣстную центральную область Полярнаго моря. Но для выполненія подобнаго плана нужно было имѣть и особое судно, которое бы выдерживало громадное давленіе льдовъ въ открытомъ морѣ. Нансенъ обобщилъ и это препятствіе, предложивъ придать подводной части судна такіе обводы, чтобы оно подъ напоромъ льдовъ поднималось ими же вверхъ, а не сдвигалось. Подобное судно (*Fram*) было построено; трехлѣтній дрейфъ его со льдами черезъ Полярное море и благополучное прибытіе къ Шпицбергену доказали справедливость разсужденій Нансена, а удивительно богатый матеріалъ, собранный экспедиціей въ совершенно новыхъ условіяхъ, и его высокая научная обработка справедливо ставили Нансену заслуженную научную извѣстность.

Плаваніе Нансена однако не рѣшило вполне вопроса о состояніи центральной части Сѣвернаго Полярнаго моря. Основываясь на данныхъ, собранныхъ Нансеномъ, можно было предполагать, что тамъ, кромѣ плавающихъ льдовъ, ничего нѣтъ, но это было только предположеніе. Попытки продвинуться къ полюсу вѣшкомъ по льду, какъ самого Нансена, такъ потомъ и Каньи (экспеди. герцога Абрудскаго въ 1900—1901 гг. на Землю Франца-Иосифа) и первыя попытки Пири окончательнаго успѣха не имѣли: всѣ они достигали до 85°—87° с. ш. не больше и дальше не могли пройти. Описаніе характера поверхности ледяныхъ полей, приведенное выше (стр. 187), дѣлаетъ вполне понятнымъ, что передвиженіе по нимъ на саняхъ есть непрерывная борьба съ препятствіями, при чемъ приходится не только перебираться самими черезъ грады торосовъ, но и перетаскивать тяжело нагруженные запасы сани, потому что постоянное движеніе льдовъ въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ не позволяетъ устраивать на нихъ склады запасовъ по пути слѣдованія, съ тѣмъ, чтобы ими пользоваться при обратномъ движеніи. Приходится запасы на все санное путешествіе туда и обратно везти съ собою.

Съ другой стороны, и промежутокъ времени для такихъ санныхъ экспедицій ограниченъ. Темнота полярной ночи, освѣщаемой только отблескомъ снѣга да иногда луною, не позволяетъ выбирать путь среди нагроможденныхъ торосовъ. Поэтому санныя поѣздки по льдамъ можно предпринимать, только начиная съ конца Феврала мѣсяца, когда появляется

азра. Начинаяющееся же въ Июні таяніе снѣговъ на ледяныхъ поляхъ обращаетъ ихъ поверхность въ совершенно непроходимое снѣговое болото. Такимъ образомъ для саннаго передвиженія по льдамъ остается всего не болѣе 100 дней времени, въ теченіе коего необходимо дойти до наибольшей широты и вернуться обратно. Въ этомъ и заключается одна изъ главныхъ трудностей достиженія по льдамъ высокихъ широтъ въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ. При такого рода предпріятіяхъ главное значеніе имѣетъ опытъ, т.-е. качество, приобретаемое только долгою практикою и не могущее быть замѣненнымъ никакимъ теоретическимъ изученіемъ вопроса. Затѣмъ, конечно, для ускорачиванія пути необходимо свою базу возможно далѣе выдвинуть къ сѣверу, т.-е. устроить ее на окраинахъ болѣе выдающейся къ полюсу земли.

Такъ и поступалъ Пири, начинавшій свои поѣздки отъ сѣверныхъ береговъ Земли Гранта, лежащихъ за 82° с. ш. Однако успѣхъ Пири въ 1909 г. (6-го Апрѣля онъ достигъ полюса) объясняется не только однимъ этимъ обстоятельствомъ, а главнымъ образомъ его огромнымъ опытомъ санныхъ поѣздокъ по льдамъ и знакомствомъ съ мѣстными полярными условіями. Пири провелъ въ общей сложности 24 года въ полярныхъ странахъ, совершенно освоился съ жизнью эскимосовъ и ихъ приемами передвиженій и только благодаря этому и смогъ достигнуть полюса, и то однако послѣ многихъ попытокъ.

Путешествіе Пири окончательно подтвердило, что середина Сѣвернаго Полярнаго пространства занята моремъ, и притомъ очень глубокимъ, и косвенно показала, что поблизости нигдѣ нѣтъ большихъ земель, такъ какъ, по мѣрѣ приближенія къ полюсу, ледяныя поля становились все ровнѣе и менѣе торосисты, откуда слѣдуетъ, что движеніе льдовъ въ центральной части Полярнаго моря не стѣсняется никакими берегами.

Антарктическія путешествія по Южно-полярному матеріку находятся въ совершенно иныхъ условіяхъ. Наиболѣе вдавшіяся къ югу части берега этого матеріка лежатъ въ Атлантическомъ океанѣ (около 30° з. д.) и въ Тихомъ океанѣ къ югу отъ Новой Зеландіи (около 170° в. д. и 78° ю. ш.); слѣдовательно, къ южному полушарію отправная точка лежитъ на 4° дальнѣе отъ полюса, нежели въ сѣверномъ полушаріи (82°); зато тамъ идти приходится по твердой землѣ или по леднику, а не по ледянымъ полямъ, находящимся въ непрерывномъ движеніи. Неподвижность поверхности, по которой двигаются, позволяетъ устроить по пути движенія рядъ складовъ и тѣмъ облегчить отрядъ, идущій къ полюсу.

Кромѣ большой длины пути, въ южномъ полушаріи приходится преодолевать еще и другія трудности, а именно, подъемъ съ поверхности ледника (того ледника, который своею окраиною образуетъ ледяной барьеръ Росса, см. стр. 199) на высокое плоскогоріе внутренней части Антарктическаго материка (около 2,500—3,000 м. высоты) и движеніе по плоскогорію, гдѣ господствуютъ сильныя вѣтры.

Немного однако на всѣ эти трудности и лишения, люди преодолѣли ихъ, въ началѣ XX ст. достигли до центральныхъ точекъ полярныхъ пространствъ обоихъ полушарій, посѣтили оба магнитныхъ полюса (сѣверный вторично) и ознакомились съ ихъ физико-географическими условіями. (Амундсенъ достигъ южнаго полюса 14-го Дек. 1911 г., а Р. Ф. Скоттъ 18-го Янв. 1912 г.).

Эта побѣда всѣхъ препятствій въ изслѣдованіи полярныхъ странъ къ началу XX ст. есть результатъ изученія и опыта болѣе нежели 400-лѣтнихъ работъ. Последующія предпріятія не только дополняютъ первыя, по необходимости бѣглыя работы, но, конечно, откроютъ еще нѣкій рядъ новыхъ и непредвидѣнныхъ данныхъ, которые также послужатъ на пользу человѣчеству.

III.—Значеніе солености океановъ въ экономіи природы.— То обстоятельство, что воды океановъ обладаютъ нѣкоторою соленостію, имѣетъ громадное значеніе для природы земного шара.

Въ физико-географическомъ отношеніи соленость океаническихъ водъ содѣйствуетъ смягченію климата земного шара, потому что, препятствуя замерзанію морской воды, тѣмъ самымъ обусловливаетъ въ полярныхъ и приполярныхъ областяхъ болѣе продолжительное соприкосновеніе океаническихъ водъ съ атмосферою, а это въ свою очередь увеличиваетъ количество тепла, отдаваемого водами воздуху.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, вслѣдствіе меньшаго количества образовавшихся на зиму льдовъ, въ нихъ таяніе лѣтомъ меньше затрачивается тепла, и потому тѣ области океановъ, гдѣ это происходитъ, болѣе нагрѣваются.

Соленость океановъ усиливаетъ вертикальную циркуляцію водъ въ нихъ (конвекцію), потому что плотность воды на поверхности океановъ увеличивается не только отъ пониженія ея температуры, но еще и отъ испаренія; въ прѣсной водѣ подобнаго явленія не можетъ быть. Замерзаніе соленой воды только способствуетъ возникновенію вертикальной циркуляціи, потому что поверхностная вода при замерзаніи получаетъ часть солей, не перешедшихъ въ ледъ, становится плотнѣе и опускается

ниже, замѣщающіе же ее болѣе теплые, нижніе слои отдають свое тепло воздуху.

Такимъ образомъ вертикальная циркуляція въ океанахъ захватываетъ, вслѣдствіе солености ихъ водъ, гораздо болѣе мощный слой; въ открытомъ океанѣ до 150 м., а въ умѣренныхъ широтахъ, особенно на ихъ подярныхъ окраинахъ, конвекція можетъ доходить и до 200—300 м. (100—165 м. с.). Слѣдовательно, при этомъ не только поверхностный слой воды отдаетъ свое тепло воздуху, а слой болѣе 150 м. мощностью, т. е. воздухъ получаетъ отъ водъ *сеземель* океановъ гораздо больше тепла, нежели онъ имѣлъ бы отъ океановъ съ *прѣсной* или мало соленою водою.

Слѣдующій простой примѣръ еще нагляднѣе покажетъ важное значеніе умѣряющаго вліянія океана съ соленою водою на климатъ, особенно зимній, въ тѣхъ широтахъ, гдѣ въ это время года могъ бы уже образоваться ледъ, если бы вода въ океанѣ была прѣсная.

Теплоемкость соленой воды нѣсколько меньше, нежели прѣсной, а именно, при $S=35\%$ она около 0,83 (см. стр. 155), теплопроводность же воздуха 0,24. Если 1 куб. метръ морской воды охладится на 1° , то онъ изтрѣтитъ отданнымъ тепломъ около 3.300 к. м. воздуха (точнѣе 3.134).

Все пространство Атлантическаго ок., лежащее къ сѣверу отъ линіи Неландія — Шетландія, т. е. Сѣверно-Европейскаго м., въ Февралѣ имѣетъ температуры ниже 0° вдоль всей широкой полосы, прилегающей къ Европѣ. Если бы океанъ здѣсь былъ прѣсный, то онъ нѣмно заморозалъ бы теперь же при солености 35% онъ остался бы открытымъ на значительномъ пространствѣ, приблизительно равномъ 700.000 кв. миль. Если сдѣлать вѣроятнѣе допущеніе, что слой воды въ 200 м. толщиной на всемъ этомъ пространствѣ охладится за зиму на 1° , отдавъ свое тепло воздуху изъ него, то это тепло изтрѣтитъ на 10° слой воздуха въ 4.000 м. толщиной на площади равной Европѣ. Вотъ какое грандіозное умѣряющее вліяніе имѣетъ океанъ на климатъ соседнихъ странъ, но только при условіи отсутствія на немъ ледяного покрова.

Въ Сѣверномъ Полярномъ пространствѣ даже и при наличіи ледяного покрова всѣмъ океанъ умѣряетъ температуры зимы. Наблюденія Нансена на *Фрам* показали, что, между льдами Сѣвернаго Полярнаго м., температуры воздуха не доходятъ до такихъ низкихъ величинъ, какія встрѣчаются гораздо южнѣе, напримѣръ, въ сѣверо-восточной Сибири.

Въ свою очередь, увеличеніе вертикальной циркуляціи въ океанахъ способствуетъ лучшему провѣтриванію глубинъ, куда доставляется большее количество кислорода, поглощеннаго поверхностною водою изъ атмосферы.

Въ биологическомъ отношеніи соленость океаническихъ водъ имѣетъ очень большое значеніе, обусловливая несравненно большее разнообразіе животныхъ и растительныхъ формъ и способствуя ихъ развитію и росту. Обширныя и распространенныя коралловыя постройки, дающія настолько значительныя отложенія коралловыхъ известняковъ, что мѣстами изъ нихъ образовались цѣлыя части суши (напр., полуостровъ Флорида), могли возникнуть только въ водахъ, богатыхъ солями разнаго рода, изъ коихъ эти животныя извлекаютъ матеріалъ для своихъ построекъ.

Обширные и мощные залежи осадочных пород, иногда почти сплошь состоящая из отложений остатков морских организмов, могли образоваться только в океане с солеными водами, позволяющими организмам широко черпать нужные им материалы для образования своих раковин, скелетов, панцирей и покровов из разнообразного состава солей, растворенных в морских водах, в которых кроме того вследствие той же солености чрезвычайно развита растительная жизнь в виде водорослей, служащих пищей для животных; последние сами не могли бы извлекать себе пищу из морской воды непосредственно. Отложения, образовавшиеся из скоплений организмов болто или менее опресненных вод или совершенно пресных, никогда не достигают мощности морских отложений.

Вообще богатство и разнообразие растительной и животной жизни в соленых водах океана несравненно больше, нежели в пресных водах морей. Многие организмы совершенно не могут существовать в мало соленых бассейнах, а другие уменьшаются в своих размерах. Так, напр., в Балтийском м. встречается только около тридцати видов животных из большого числа обитающих в Немецком м., да и те попадаются только в южной части Балтийского моря. В средней части моря встречается уже всего несколько видов морской фауны, а в заливах живут только пресноводные животные.

Ко всему сказанному о населении океанов остается еще добавить следующее: люди, привыкшие жить на суше и наблюдать все громадное разнообразие животной жизни вокруг себя, невольно начинают заблуждаться и думать, что наземная фауна гораздо разнообразнее и богаче океанической. Но, если подсчитать число родов животных, известных теперь в зоологии, и исключить из них числа наземных животных и обитателей только пресных вод, то общее число оставшихся родов будет уменьшено только всего на 2% — 3% от общего числа родов животных. Вот какое огромное разнообразие представляет океаническая фауна.

Богатство растительной и животной жизни в океанах, обусловленное их соленостью, доставляет человеку обильные морские промыслы. Морские водоросли дают йод, извлекаемый ими из морской воды (в опресненных морях таких богатых йодом водорослей нет); выпариванием из морской воды добывают соль; по берегам океанов и морей с достаточно соленой водой разводят устричные парки (в Балтийском море, например, устрицы водиться не могут); тут же

на отмелях ловить омаровъ, лангустъ, крабовъ и т. п. морскихъ животныхъ; и наконецъ морскіе промыслы въ открытомъ морѣ и въ океанѣ на материковой отмели снабжаютъ людей богатымъ запасомъ пищи въ видѣ рыбы и разными другими продуктами, какъ, напримѣръ, кожами тюленей, моржей, акулъ, жиромъ ихъ и китовъ, китовымъ усомъ и др. произведеніями морскихъ промысловъ. Изъ отбросовъ добычи промысловъ приготавлиются удобрительные туки для земледѣлія, и такимъ образомъ все, что человѣкъ сумѣлъ промыслить въ морѣ, идетъ ему на пользу, богатство же и разнообразіе добычи обусловлены богатствомъ веществъ, содержащихся въ водахъ океана въ растворѣ.

Такимъ образомъ соленость океановъ имѣетъ большое значеніе для населенія земного шара, не только косвеннымъ образомъ, вліяя на климатъ земли, но и непосредственно, въ экономическомъ отношеніи.

ГЛАВА VII.

Прозрачность, цвѣтъ и сверканіе морской воды. Распространеніе звука.

I.—Прозрачность.—Проникновеніе свѣта въ воду.—Прозрачность морской воды.—Способы наблюденія прозрачности воды.—Результаты наблюденій и предѣлы вертикальнаго проникновенія свѣта въ океанахъ.

II.—Цвѣтъ воды.—Способы наблюденія цвѣта воды.—Собственный цвѣтъ воды.—Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ.—Цвѣтъ воды океановъ, морей и озеръ.—Распределеніе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ.

III.—Сверканіе въ морской водѣ и причина его.

IV.—Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ.

I.—Прозрачность.—Проникновеніе свѣта въ воду.—При проникновеніи лучей изъ воздуха (коэффициентъ преломленія коего почти 1) въ воду всегда происходитъ отраженіе нѣкоторой части лучей, тѣмъ большее, чѣмъ уголъ паденія тупѣе, а остальные лучи, переходя изъ среды менѣе плотной (воздуха) въ среду болѣе плотную (воду), преломляются, при чемъ въ водѣ лучи приближаются къ перпендикуляру паденія. Только при условіи нахожденія солнца въ зенитѣ, уголъ преломленія будетъ нуль, и всѣ лучи (кромѣ небольшой части отразившихся) проникнутъ въ воду. Когда солнце будетъ касаться своимъ дискомъ горизонта, почти всѣ его лучи будутъ отражаться поверхностью воды, и только очень небольшое ихъ количество будетъ проникать въ воду вслѣдствіе преломленія, образуя

съ перпендикуляромъ паденія уголъ около 49° . При другихъ высотахъ солнца надъ горизонтомъ между 0° и 90° , лучи его будутъ проникать въ воду въ большихъ количествахъ и будутъ составлять съ поверхностью воды большіе углы, т.-е. будутъ приближаться къ перпендикуляру паденія. Напримѣръ, при высотѣ солнца, равной 60° (лѣтомъ во многихъ мѣстахъ умѣренного пояса), лучи, преломляясь въ водѣ, составятъ съ перпендикуляромъ паденія уголъ уже въ 22° .

Отсюда видно, что степень освѣщенія слоевъ воды подъ поверхностью ея зависитъ отъ высоты солнца, и потому продолжительность дневного освѣщенія въ водѣ гораздо меньше промежутка времени между восходомъ и заходомъ солнца *).

Прозрачность морской воды.— Морская вода не представляетъ абсолютно прозрачной среды и при достаточной толщинѣ слоя совершенно не пропускаетъ лучей свѣта.

Исслѣдованія показали, что прозрачность морской воды имѣетъ избирательный характеръ, т.-е. морская вода различнымъ образомъ поглощаетъ простые лучи солнечнаго спектра. Прежде всего поглощаются лучи наименѣе преломляющіеся и въ то же время обладающіе наибольшею длиною волны, т.-е. ультра-красные; ихъ почти цѣлкомъ поглощаетъ тонкій верхній слой воды. Изъ видимой части спектра наиболѣе всего поглощаются красные лучи и наименѣе всего—фіолетовые. За ними въ спектрѣ слѣдуютъ ультра-фіолетовые лучи, обладающіе большою преломляемостью и малюю длиною волны, они поглощаются водою всего менѣе.

Способы наблюденія прозрачности воды.— Первые попытки наблюдать прозрачность морской воды были сдѣланы членомъ Парижской Академіи Наукъ Бугеромъ во время его плаванія въ Южную Америку для участія въ градусномъ измѣреніи въ Перу (въ XVIII ст.). На основаніи произведенныхъ имъ опытовъ, Бугеръ пришелъ къ выводу, что на глубинѣ около 210 м. находится предѣлъ проникновенія свѣта въ воду.

Одинъ изъ первыхъ русскихъ кругосвѣтныхъ мореплавателей, кап. 2 р. О. Коцебу, во время своего плаванія на шлюпѣ *Рюрикъ* въ 1815—1818 гг., первый попробовалъ опускать въ воду диски, прикры-

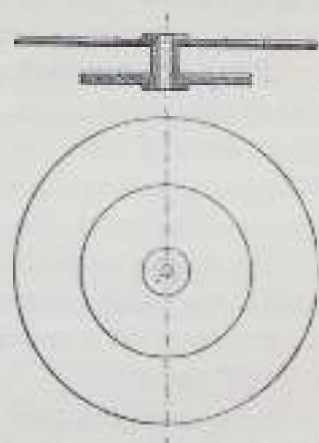
*) Опыты, произведенные на рейдѣ о-ва Мадеры въ Мартѣ 1889 г. Монахскимъ принцемъ Альбертомъ, показали, что на 20 м. глубины день былъ коротче на 4 ч., на 30 м.—на 7 ч., а на 40 м.—почти на 10 ч.

вленные перпендикулярно къ лини, и притомъ не только бѣлые, но и красные. Глубина, на которой они пропадали для глаза, принималась за предѣлъ прозрачности.

Такіе же опыты были повторены командующимъ американскою научною экспедиціей въ южную полярную область Уильямсомъ въ 1838—42 гг., при чемъ послѣдній отмѣчалъ глубину пропаданія диска и глубину его появленія при медленномъ выбирании лини и изъ этихъ двухъ глубинъ бралъ среднюю.

Подобныя же наблюденія производились затѣмъ многими, но особенно обстоятельно изтеромъ Секки въ 1865 г. въ Средиземномъ морѣ, и съ тѣхъ поръ простой приборъ, служащій для этихъ наблюденій и состоящій изъ диска въ 30 сантим. въ діаметрѣ, называется *дискомъ Секки*.

Приборъ можетъ быть сдѣланъ на каждомъ кораблѣ и во всякой мастерской. Какъ видно на чертежѣ (фиг. 83), онъ состоитъ изъ диска, въ центрѣ котораго впаивана короткая трубка, а къ ея нижнему концу укрѣпленъ другой меньшій, обыкновенно свинцовый дискъ для увеличенія груза, чтобы приборъ лучше натягивалъ линь, на которомъ онъ подвѣшивается. Линь пропускаютъ сквозь трубку, а снизу на немъ дѣлають кнопу; на линѣ кладутъ марки черезъ опредѣленные разстоянія (метры и дециметры; футы и т. п.). Дискъ окрашивается цинковыми бѣлилами, что придаетъ ему чистобѣлый цвѣтъ. Можно сдѣлать и иначе, напр., черезъ 120° по окружности снабдить дискъ ушками и за нихъ взять три штерта одинаковой длины и, связавъ ихъ въ одинъ узелъ, прикрѣпить къ нему линь.



Фиг. 83. Дискъ Секки.

При наблюденіи дискъ опускають съ тѣневой стороны корабля, чтобы отблескъ отъ воды не мѣшалъ наблюденію, и медленно травятъ линь, пока дискъ не перестанетъ быть виденъ. Давъ глазу отдохнуть нѣсколько минутъ, начинаютъ медленно выбирать линь и отмѣчаютъ глубину появленія диска, среднее изъ двухъ этихъ чиселъ и будетъ глубина прозрачности въ данномъ мѣстѣ.

Болѣе совершенные способы опредѣленія прозрачности позволяютъ находить предѣлъ проникновенія въ воду не только свѣтовыхъ

лучей, но и фиолетоваго и ультра-фиолетоваго конца спектра. Подобныхъ приборовъ измѣется нѣсколько, и у новѣйшихъ передъ фотографическими пластинками можно ставить светофильтры, т.-е. плоскія стекла, окрашенныя въ какой-либо простой цвѣтъ (красный, синий и т. п.). Опустивъ такой приборъ на желаемую глубину, его открываютъ, посылая по линію грузъ; послѣ выставки пластинокъ въ теченіе нѣсколькихъ десятковъ минутъ (30—60 и больше), новый грузъ, посланный по линію, закрываетъ приборъ. Конечно, послѣдній такъ устроенъ, что вода не можетъ проникнуть къ пластинкамъ и ихъ испортить.

Для того, чтобы наблюденія прозрачности, помощью диска Секки или спеціальными приборами, были сравнимы, необходимо всегда наблюдать около полдня, т.-е. при наибольшей возможной высотѣ солнца, когда лучи его проникаютъ всего глубже въ воду, и время и продолжительность наблюденій должны быть отмѣчены.

Результаты наблюденій и предѣлъ вертикальнаго проникновенія свѣта въ океанахъ. — Наблюденія прозрачности помощью *диска Секки* показали, что глубина, на которой онъ пропадаетъ, зависитъ, кромѣ высоты солнца надъ горизонтомъ, еще отъ степени оптической чистоты воды.

Не только плавающія въ водѣ во взвѣшенномъ состояніи неорганическія частицы, но и живущія въ водахъ мельчайшіе организмы (такъ наз. пелагическій планктонъ) оказываютъ большое вліяніе на степень прозрачности воды.

Насколько можетъ быть велико вліяніе планктона на прозрачность воды, видно изъ слѣдующаго примѣра, заимствованнаго изъ наблюденій германской экспедиціи на *Valdivia* въ 1898—99 гг., произведенныхъ при помощи бѣлаго диска на 23-хъ станціяхъ въ открытой океанѣ. При этомъ одновременно наблюдалось и количество планктона на одной квадратной метрѣ поверхности.

Средняя прозрачность	Объемъ планктона.	Глубина прозрачности.
въ 11-ти станціяхъ, гдѣ планктона было мало	85 куб. см.	26,1 метра.
въ 12-ти станціяхъ, гдѣ планктона было много	530 » »	16,9 »

Неорганическія частицы, плавающія въ водѣ, встрѣчаются главнымъ образомъ по окраинамъ океановъ; мельчайшіе же организмы (планктонъ) могутъ быть въ поверхностныхъ слояхъ океановъ на какомъ угодно удаленіи отъ береговъ.

Наибольшая наблюдавшаяся прозрачность была встрѣчена въ Атлантическомъ ок., въ Саргассовомъ морѣ, здѣсь дискъ Секки былъ

виденъ на глубинѣ 66,5 м. (36 м. с.); въ широтахъ болѣе сѣверныхъ, около 50° с. ш., дискъ былъ виденъ на 15—20 м. (8—11 м. с.). У береговъ Мурмана, раннею весною, наблюдалась прозрачность до 45 м. (25 м. с.). Въ Индѣйскомъ ок. въ полосѣ SE пассата дискъ былъ виденъ на глубинѣ 40—50 м. (22—27 м. с.); также и между о-ми Чагосъ и Занзибаромъ. Въ Тихомъ ок. въ NE пассатѣ прозрачность до 59 м. (32 м. с.), а въ полосѣ SE пассата—до 45 м. (25 м. с.) глубины.

Въ Средиземномъ морѣ наибольшая прозрачность наблюдалась въ Ионическомъ морѣ и у береговъ Сиріи, до 50—60 м. (27—33 м. с.). Въ Красномъ морѣ прозрачность въ среднемъ меньше, чѣмъ въ Средиземномъ, хотя разъ и наблюдали дискъ на 50 м. (27 м. с.). Въ Балтійскомъ морѣ, въ тихую погоду, въ южной части прозрачность доходила до 11—13 м. (6—7 м. с.), а послѣ свѣжихъ погодъ уменьшалась до 7—10 м. (4—5 м. с.). Въ Бѣломъ м. прозрачность воды не велика, въ Горѣ около 6 м. (3 м. с.), въ средней части моря около 8 м. (4 м. с.).

Наблюденія надъ прозрачностью воды въ Атлантическомъ ок., въ 1910 г. въ экспедиціи сэра Дж. Меррея, при помощи фотографическаго способа, показали, что на 1.000 м. (547 м. с.) солнечный свѣтъ еще замѣтенъ, а на 1.700 м. (930 м. с.) послѣ двухчасовой выставки пластинокъ вовсе не было замѣтно дѣйствія свѣта. Такимъ образомъ предѣлъ проникновенія солнечнаго свѣта въ глубины океана фотографическимъ способомъ опредѣляется между 1.000—1.700 м.

На этомъ основаніи можно высказать предположеніе, что на большихъ глубинахъ въ нѣсколько тысячъ метровъ солнечный свѣтъ не проникаетъ, но крайней мѣрѣ въ размѣрахъ, доступныхъ нашимъ способамъ опредѣленій.

Съ другой стороны, существованіе у животныхъ, встрѣчающихся на большихъ глубинахъ, органовъ свѣченія, приводитъ также къ предположенію, что солнечный свѣтъ на соответствующихъ глубинахъ отсутствуетъ. Косвенно это подтверждается находженіемъ на большихъ глубинахъ животныхъ съ атрофированными глазами или совершенно безъ признаковъ органовъ зрѣнія.

II.—Цвѣтъ воды.—Способы наблюденія цвѣта воды.—Въ теченіе долгаго времени не было никакого прибора для наблюденія цвѣта воды; опредѣленія цвѣта на глаза выраженіями—темно-синій, свѣтло-голубой, синевато-зеленый и т. п.—лишены всякой опредѣленности и находятся въ полной зависимости отъ физиологическихъ особенностей

каждого наблюдателя и того, кто его наблюдениями будет пользоваться. Незначительные отбѣнки тѣхъ же цвѣтовъ нерѣдко представляются весьма различно глазамъ разныхъ лицъ, и потому подобныя наблюденія не могли быть сравнимы, и ихъ нельзя было обрабатывать, для этого необходимо, чтобы результаты наблюдений были выражены числами, тогда и самое наблюдение принимаетъ научный характеръ, но, чтобы удовлетворить такому требованію, надо имѣть какой-либо измѣрительный приборъ.

Таковой былъ предложенъ въ 90-хъ годахъ прошлаго столѣтія швейцарскимъ географомъ Ф. А. Форелемъ, построившимъ его первоначально для наблюденія цвѣта воды озеръ швейцарскихъ Альпъ, отличающихся чистыми голубыми отбѣнками.

Всѣякія шкалы цвѣтовъ, отпечатанныя красками, имѣютъ важныя недостатки; онѣ выцвѣтаютъ и при новомъ печатаніи трудно получить цвѣта, совершенно одинаковые первому изданію шкалы. Поэтому Форель построилъ свою шкалу такимъ образомъ, чтобы она не измѣняла своихъ отбѣнковъ съ теченіемъ времени и могла бы быть всегда возобновлена точно такою же, какъ и первая. Съ этою цѣлью шкала состоитъ изъ ряда растворовъ, имѣющихъ всегда одинаковые отбѣнки.

Составляютъ два основныхъ раствора:

синій растворъ—А

желтый растворъ—В

Оѣрно-кислой мѣди . . . 1 часть.

Нейтральной хромо-кислой соли калия — 1 часть.

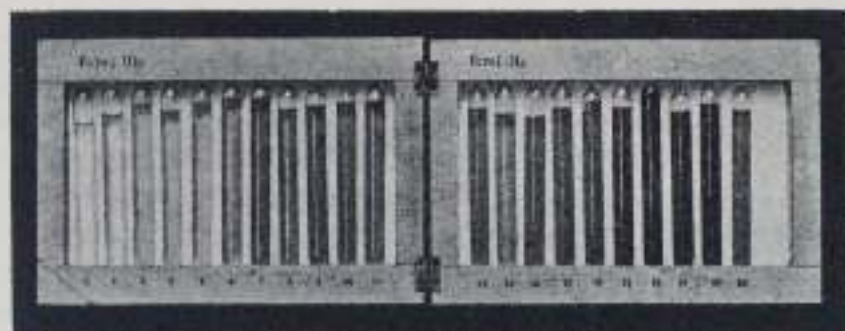
Амміака 5 частей.

Дистиллированной воды —199 частей.

Дистиллированной воды—194 части.

Растворъ А даетъ темно-голубой цвѣтъ, а растворъ В—чисто-желтый цвѣтъ. Эти основные растворы смѣшиваютъ между собою въ соотвѣствующихъ доляхъ и получаютъ рядъ отбѣнковъ, изъ числа коихъ выбраны слѣдующія сочетанія.

№ отбѣнка по порядку отъ синня.	Пропорціи количества растворовъ		Соотвѣственные цвѣта:
	синня А.	желтаго В.	
I.	100%	0%	темно-голубой.
II.	98%	2%	
III.	95%	5%	
IV.	91%	9%	
V.	80%	14%	
VI.	60%	20%	
VII.	73%	27%	
VIII.	65%	35%	
IX.	56%	44%	
X.	46%	54%	
XI.	35%	65%	зеленовато-желтый.



Фиг. 84. Шкала для определения цвѣта воды (колориметръ).

Полученные растворы наливаютъ въ трубочки діаметромъ въ 1 сантим. и запаиваютъ послѣднія; тогда растворы держатся довольно долго безъ перемѣны. Трубочки помѣщаютъ въ рамку, какъ это видно на фиг. 84 *), а подъ нихъ при наблюденіи можно подкладывать бѣлую или черную бумагу. Этотъ приборъ иногда называютъ *ксантометромъ*.

Обыкновенно наблюденія надъ цвѣтомъ ведутъ одновременно съ опредѣленіемъ глубины прозрачности помощью опусканія бѣлаго диска. Тогда при всегда *одинаковомъ* углубленіи диска, остановивъ его подниманіе, сравниваютъ цвѣтъ слоя воды между нимъ и поверхностью съ оттѣнкомъ шкалы Фореля, подложивъ подъ нее бѣлую бумагу. Если хотѣть непосредственно сравнить цвѣтъ воды со шкалою, тогда подъ нее подкладываютъ черную бумагу, такъ какъ въ природѣ имѣютъ тогда верхній слой воды наложеннымъ на совершенно черную область большихъ глубинъ. Наблюденія всегда производятъ съ тѣневой стороны корабля.

Кромѣ шкалы Фореля, потому было еще предложено нѣсколько подобныхъ же приборовъ, но они пока не вошли въ употребленіе и не имѣютъ особенныхъ преимуществъ сравнительно со шкалою Фореля.

Собственный цвѣтъ воды.—Цвѣтъ всякаго тѣла зависитъ только отъ тѣхъ простыхъ лучей солнечнаго спектра, которые оно пропускаетъ—если оно прозрачное, или—если оно не прозрачное, то отъ тѣхъ простыхъ лучей, которые отчасти проникаютъ внутрь тѣла и изъ лучейиспускаются во всѣ стороны, примѣшиваясь къ той части бѣлаго цвѣта, которая была отражена поверхностью непрозрачнаго тѣла.

*) На фиг. 84 изображены двѣ рамки, потому что для наблюденія цвѣта воды сверху, гдѣ встрѣчаются и коричневые оттѣнки, шкала продолжена еще на 10 нумеровъ до чисто-коричневаго цвѣта.

Долго предполагали, что вода не имеет собственного цвета, а есть тело совершенно бесцветное; Буаверъ, повидимому, былъ первый, который указалъ, что вода обладаетъ собственнымъ синимъ цвѣтомъ. Опыты Тиндала, Сорэ и Гагенбаха не рѣшили вопроса о цвѣтѣ воды и причинѣ его. Исслѣдованія, рѣшающія вопросъ о цвѣтѣ воды, были произведены бельгійскимъ физикомъ и химикомъ Шпрингомъ въ 1883 г. Приготовивъ дистиллированную воду со всѣми предосторожностями, онъ наполнилъ ею стеклянную трубку въ 5 метровъ длиною, закрытую съ концовъ плоско параллельными стеклами; трубку онъ заключилъ въ свѣтонепропускаемый футляръ и установилъ ее концомъ къ окну, выходящему на тѣневую сторону. Разсматривая цвѣтъ воды сквозь слой ея въ 5 метровъ, ясно было видно, что вода обладаетъ замѣчательно чистымъ и тѣмнымъ голубымъ цвѣтомъ, который она и сохраняла въ трубкѣ неопредѣленно долгое время.

Предосторожности, принятыя Шпрингомъ при приготовленіи дистиллированной воды, обеспечивали не только ея полную химическую чистоту, но и оптическую пустоту, т.-е. отсутствіе плавающихъ въ ней непрозрачныхъ мельчайшихъ частичекъ. Присутствіе послѣднихъ въ атмосферѣ, какъ извѣстно, есть причина голубого цвѣта небеснаго свода, вслѣдствіе разсѣиванія свѣта при отраженіи его отъ мельчайшихъ частицъ, плавающихъ въ воздухѣ *).

Такимъ образомъ вода, поглощая красные и желтые лучи спектра и пропуская голубые, сама принимаетъ голубой цвѣтъ.

Зависимость цвѣта воды отъ находящихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ.—Если къ такой чисто-голубой водѣ прибавить какого-либо тончайшаго порошка, не растворяющагося въ водѣ, то цвѣтъ воды начинаетъ постепенно переходить въ разные оттѣнки зеленого, тѣмъ болѣе темнаго, чѣмъ больше вода заключаетъ взвѣшенныхъ частицъ, и тѣмъ онѣ крупнѣе.

Объясняется это такъ: чѣмъ больше находится въ водѣ частицъ во взвѣшенномъ состояніи и чѣмъ онѣ крупнѣе, тѣмъ большее количество желтыхъ и красныхъ лучей пройдетъ черезъ слой воды той же толщины **); а слѣдовательно, вода получитъ зеленый оттѣнокъ, потому

*) Въ настоящее время пришли къ выводу, что, крохѣ пыли въ воздухѣ, голубой цвѣтъ его обуславливается разсѣиваніемъ солнечнаго свѣта даже молекулами воздуха.

**) На основаніи изслѣдованій лорда Рэлея въ мутныхъ средахъ, лучи тѣмъ свободнѣе проходятъ сквозь нихъ, чѣмъ больше ихъ длина волнъ. Красные же и желтые лучи спектра обладаютъ болѣею длиною волнъ, нежели синіе и голубые.

что примѣсь желтаго и краснаго цвѣтовъ къ собственному голубому цвѣту воды даетъ зеленые тона.

Цвѣтъ воды оксановъ, морей и озеръ.—Какъ уже было указано выше (стр. 66), въ океанахъ и моряхъ находится собственно не вода въ химическомъ смыслѣ слова, а сложный растворъ разныхъ веществъ, и потому цвѣтъ морской воды могъ бы и отличаться отъ собственного цвѣта воды. Наблюденія показываютъ, что основной голубой цвѣтъ воды остается преобладающимъ въ морской водѣ, потому что вещества, находящіяся въ ней въ растворѣ, вполнѣ растворены, и растворъ ихъ самъ по себѣ безцвѣтенъ, а слѣдовательно не вліяетъ на собственный цвѣтъ ихъ растворителя—воды.

Въ прѣсноводныхъ водоемахъ—озерахъ цвѣтъ воды зависитъ очень часто отъ цвѣта растворенныхъ въ нихъ веществъ. Напр., очень большое число озеръ Европейской Россіи имѣетъ въ своемъ составѣ растворы гумусовыхъ кислотъ бураго цвѣта. Даже въ такихъ обширныхъ водоемахъ, какъ Ладожское озеро, примѣсь гумусовыхъ кислотъ придаетъ водѣ нѣкоторый желтоватый оттѣнокъ при разсматриваніи ея сквозь слой достаточной толщины. Затѣмъ, въ озерахъ, по большей части не глубокихъ и не обширныхъ, всегда имѣется нѣкоторое количество не растворенныхъ взвѣшенныхъ частицъ, взмученныхъ или возведенъ или принесенныхъ притоками,—обстоятельство, способствующее образованію зеленоватого оттѣнка. Только въ горныхъ озерахъ, гдѣ вода доставляется непосредственно таяніемъ ледниковъ, образовавшихся изъ снѣга, т.-е. изъ почти дистиллированной воды, ледниковые потоки, ручьи и рѣчки не успѣваютъ растворить много веществъ; вливаясь въ горныя озера, они теряютъ свою скорость и быстро отлагаютъ взвѣшенные частицы, которыя часто дѣлаютъ ихъ воды совершенно мутными. На нѣкоторомъ же разстояніи отъ впаденія притоковъ воды горныхъ озеръ отличаются большою чистотою и обладаютъ голубымъ цвѣтомъ разныхъ оттѣнковъ, потому что они заполнены почти дистиллированной водою.

Въ моряхъ цвѣтъ воды зависитъ отъ слѣдующихъ физико-географическихъ условій: количества притоковъ, характера водъ, ими приносимыхъ, рельефа дна моря и его глубины и степени солености, потому что соленая вода способствуетъ быстрѣйшему осажденію находящихся въ ней взмученныхъ частицъ (причина этого явленія еще не установлена).

Въ Балтійскомъ морѣ, напримѣръ, цвѣтъ воды зеленоватый, потому что, вслѣдствіе большого числа притоковъ, приносящихъ много взвѣ-

пенныхъ частицъ малої глубины и, слѣдовательно, постоянно поднимаемой волненіемъ со дна мутн и малої солености, въ водѣ всегда находится много извѣшенныхъ частичекъ, обусловливающихъ ея зеленый цвѣтъ.

Въ Нѣмецкомъ морѣ вода уже синеватѣе, а, напр., въ Черномъ морѣ она совершенно синяя, такъ же, какъ и въ Средиземномъ.

Въ открытомъ океанѣ вода вездѣ темно-голубая, она только нѣсколько измѣняетъ свой оттѣнокъ въ разныхъ мѣстахъ *).

Бывали случаи, что въ океанѣ вода казалась иногда красноватою, иногда оливково-зеленою или блѣватою; но при изслѣдованіи оказывалось, что эти оттѣнки были обусловлены цвѣтомъ скопившихся тутъ или животныхъ или водорослей, окрашенныхъ въ эти цвѣта. Такимъ образомъ планктонъ оказываетъ влияние не только на прозрачность поверхностныхъ слоевъ водъ океановъ, но и на ихъ цвѣтъ.

Распределеніе цвѣта воды въ океанѣ и въ моряхъ. — Наблюденія цвѣта воды, какъ выше было указано, затрудняются физиологическими причинами, почему данныя прежнихъ экспедицій и не могутъ быть использованы. Шкала Фореля появилась только въ концѣ XIX ст. и далеко не сразу вошла въ употребленіе на судахъ, почему и наблюденій при ея посредствѣ немного. Единственная картографическая обработка распространенія цвѣта воды и въ океанахъ принадлежитъ Шотту и выполнена имъ въ трудахъ экспедиціи на *Valdivia*; его карта относится къ Атлантическому и Индійскому океанамъ, нѣкоторымъ морямъ ихъ и Южно-Китайскому м.

Въ тропикахъ этихъ океановъ, приблизительно тамъ, гдѣ находятся области наибольшихъ соленостей, а также въ Аравійскомъ м. и въ Бенгальскомъ зат. Индійскаго океана, къ югу отъ мыса Доброй Надежды около 60°—55° ю. ш. и въ южной части Китайскаго м. встрѣчаются обширныя пространства воды чисто темно-голубого кобальтова цвѣта (номеръ 0 по шкалѣ Фореля) ¹²). Эти области окружены водами менѣе ярко голубого цвѣта (0—2 по шкалѣ Фореля). Затѣмъ, отчасти вдоль береговъ материковъ, а отчасти въ умеренныхъ широтахъ океановъ и на экваторѣ въ обоихъ океанахъ встрѣчаются полосы голубовато-зеленаго цвѣта и даже зелено-голубоватаго (2—5 и 5—9 по шкалѣ Фореля).

*) Айкенъ дѣлалъ опыты: наливалъ морскую воду въ длинныя трубки и получалъ на противѣ чисто-голубой цвѣтъ.

**) Воды Гальфстрима обладаютъ удивительно яркимъ голубымъ цвѣтомъ замѣтельной красоты, который, разъ виданный, не забывается. Ю. III.

Еще далѣе въ полярнымъ областямъ начинаютъ попадаться воды чисто-зеленаго цвѣта (болѣе 9).

Въ *Средиземномъ морѣ* темно-голубой оттѣнокъ (номеръ 0) встрѣчается только въ средней и восточной частяхъ моря; остальная часть имѣетъ только голубую воду (0—3).

Красное море, несмотря на свою большую соленость, имѣетъ въ общемъ воду голубовато-зеленоватую (2—5), и только въ сѣверной частн его встрѣчается вода голубого цвѣта (0—2).

Нѣмецкое и Балтійское моря имѣютъ воду, первое—голубовато-зеленоватую, а второе—мутно-зеленую (9—12 по шкалѣ Фореля).

Бѣлое море имѣетъ зеленый цвѣтъ воды иногда съ оттѣнкомъ желтоватаго цвѣта.

Такимъ образомъ цвѣтъ воды океановъ и морей, какъ видно, не имѣетъ прямой связи ни съ распределеніемъ солености, ни температуры. Очевидно, зависимость между этими явленіями и другими условіями болѣе сложная и еще далеко не выясненная. Несомнѣнна только нѣкоторая зависимость и связь между прозрачностью и цвѣтомъ воды; вообще въ океанѣ, съ увеличеніемъ прозрачности, цвѣтъ воды приближается къ темно-голубому, а такъ какъ прозрачность тамъ больше, гдѣ количество плавающихъ мелкихъ организмовъ (планктона) меньше, то до нѣкоторой степени воды темно-голубой окраски оказываются менѣе богаты организмами.

Зеленые и зеленоватые оттѣнки, наблюдаемые вдоль береговъ океановъ и въ мелководныхъ моряхъ, есть совершенно понятное слѣдствіе постоянного присутствія въ водѣ въ большомъ количествѣ взвѣшенныхъ частичекъ.

III.—Сверканіе въ морской водѣ и причина его.—Сверканіе, перѣдко наблюдаемое на поверхности морей и океана, не имѣетъ никакого отношенія къ физическимъ свойствамъ морской воды, потому что явленіе сверканія производится или бактеріями или животнымъ, находящимися въ морской водѣ и обладающими или самостоятельными органами свѣченія или у нихъ свѣтится все тѣло или полосы и пятна на тѣлѣ животнаго.

Въ прѣсныхъ водахъ явленіе свѣченія не наблюдается, и слѣдовательно содержаніе въ растворѣ въ морской водѣ разныхъ веществъ въ большемъ количествѣ, нежели это бываеъ въ прѣсныхъ водахъ и главнымъ образомъ хлористаго натрія, отсутствующаго въ прѣсной водѣ, должно играть роль въ этомъ явленіи органической жизни въ океанахъ.

Способностью свѣтиться обладаютъ очень многія морскія животныя,

при чемъ это свойство присуще имъ въ весьма разнообразныхъ степеняхъ; по характеру свѣщенія всѣхъ морскихъ свѣтящихся животныхъ можно раздѣлять на три рода: 1—есть животныя, у которыхъ свѣтится все тѣло, 2—есть такія, у коихъ свойствомъ свѣщенія обладаетъ только какая-нибудь часть тѣла и 3—существуютъ животныя, обладающія не только способностью объединять свѣщеніе въ какой-либо части тѣла, но и усиливать этотъ свѣтъ при помощи особыхъ отражательныхъ приспособленій и очень сложныхъ чечевичъ, предназначенныхъ для направленія и сосредоточиванія лучей свѣта, вызываемыхъ животнымъ, по его желанію.

Къ первому роду животныхъ прежде всего принадлежатъ *свѣтящіеся бактерии*, которыхъ очень много родовъ. Онѣ или плаваютъ въ водѣ непосредственно или живутъ на покровахъ какихъ-либо другихъ животныхъ, заставляя послѣднихъ свѣтиться безъ всякаго съ ихъ стороны участія въ этомъ явленіи, при чемъ такимъ путемъ могутъ свѣтиться и растительные организмы. Колоніи такихъ бактерий можно разводить на поверхностяхъ, покрытыхъ подходящею для бактерий средою, и тогда при благоприятныхъ температурахъ, по большей части не высокихъ, эти поверхности даютъ довольно сильное свѣщеніе. Существуютъ бактеріи, которыя свѣтятся даже при температурахъ ниже замораанія воды, что даетъ возможность свѣтиться даже льду. Такія бактеріи, попадая внутрь тѣла животныхъ, надолго заставляютъ ихъ свѣтиться, и даже случается, нѣсколько поколѣній животныхъ такимъ путемъ получаютъ временно способность свѣщенія, вовсе имъ самимъ не принадлежащую.

Среди простѣйшихъ одноклѣточныхъ животныхъ многія обладаютъ способностью свѣтиться и среди нихъ особенно, напримѣръ, *ночесвѣтка* (*Noctiluca miliaris*), которая размножается очень легко и быстро, и, плавая въ поверхностныхъ слояхъ, обуславливаетъ ихъ свѣщеніе. Будучи не болѣе булавочной головки, онѣ встрѣчаются въ огромномъ числѣ, буквально, случается, кишатъ въ верхнемъ слое и днемъ окрашиваютъ его въ свой цвѣтъ, а ночью заставляютъ его свѣтиться голубоватымъ свѣтомъ. Ночесвѣтки живутъ въ умѣренныхъ широтахъ, а въ тропическихъ океанахъ и моряхъ ихъ замѣняютъ другіе подобные же организмы (*Eucyrtis noctiluca*), имѣющіе видъ палочки около миллиметра длиною.

Многія болѣе крупныя животныя тоже обладаютъ способностью свѣщенія, напримѣръ, медузы, свѣтящіяся иногда всею поверхностью своего колокола, а иногда отдѣльными пятнами на немъ. Здѣсь свѣщеніе распределяется во всемъ тѣлѣ животного и части его. Многія морскія

мѣды обладаютъ также свойствомъ свѣщенія: коралловые полипы, моллюски, ракообразныя и рыбы.

Нѣкоторые изъ болѣе высоко стоящихъ въ своемъ развитіи животныхъ обладаютъ настоящими оптическими аппаратами для усиливанія и управленія свѣтомъ, испускаемымъ ихъ особыми органами: это особенно часто встрѣчается у глубоководныхъ рыбъ. Самая причина свѣщенія до сихъ поръ не найдена, но несомѣнно, что многія животныя свѣтятся по желанію и могутъ управлять своими органами.

Такимъ образомъ, хотя свѣтъ солнца и не проникаетъ на сколько-нибудь значительныя глубины, послѣднія вовсе не представляютъ собою области, совершенно лишенной свѣта; напротивъ того, она освѣщается всѣми цвѣтами радуги тѣми животными, которыя тамъ встрѣчаются. Одни изъ нихъ свѣтятся по желанію, другія—отъ раздраженія при прикосновеніи, третьи—совершенно произвольно.

Косвенно на существованіе свѣта на глубинахъ указываетъ развитіе органовъ зрѣнія у многихъ глубоководныхъ животныхъ, иногда снабженныхъ особенно большими глазами, очевидно, чтобы лучше использовать слабый свѣтъ, встрѣчающійся на большихъ глубинахъ.

IV.—Распространеніе въ водѣ звуковыхъ волнъ.—Къ упомянутымъ выше физическимъ свойствамъ воды слѣдуетъ присоединить и проводимость ея звуковыхъ волнъ.

Въ воздухѣ звуковыя волны распространяются со скоростью 332 м. въ секунду, въ прѣсной водѣ эта скорость равняется 1.435 м. въ секунду, а въ водѣ средней океанской солености скорость распространенія звука есть 1.500 м. въ секунду. Такимъ образомъ звуковыя волны распространяются въ морской водѣ почти въ пять разъ быстрее, нежели въ воздухѣ.

Это послѣднее обстоятельство получило большое примѣненіе въ послѣднее время въ дѣлѣ мореплаванія устройствомъ звуковыхъ подводныхъ сигналовъ, теперь вошедшихъ во всеобщее употребленіе въ туманную погоду, когда свѣтовые сигналы невозможны, а звуковыя въ воздухѣ верѣдь въ туманную погоду подвергаются самымъ неожиданнымъ и неправильнымъ рефракціямъ, тогда какъ въ водѣ ничего подобнаго не наблюдается.

При существующихъ теперь приспособленіяхъ для выслушиванія подводныхъ сигналовъ ихъ можно слышать на суднѣ на разстояніи въ 10—15—20 километровъ и крѣтомъ до нѣкоторой степени можно опредѣлить и уголь, внутри коего расположена точка, подающая сигналы.

Движенія воды въ океанахъ и моряхъ.

Главныя движенія, наблюдаемыя въ водахъ океановъ и морей, могутъ быть двухъ родовъ—колебательныя и поступательныя. Первые, въ свою очередь, бываютъ случайныя—волненіе и періодическія—приливы. Поступательныя движенія морской воды называются теченіями. Теченія, образующіяся при приливахъ, обладаютъ ясно выраженою періодичностью, связывающею ихъ съ ихъ причиною—приливами, и потому разсмотрѣніе ихъ всегда относить къ отдѣлу приливовъ, хотя они и сопровождаются поступательнымъ движеніемъ воды.

Волненіе производится обыкновенно вѣтромъ, но можетъ происходить и отъ другихъ причинъ, напримѣръ, вслѣдствіе рѣзкаго измѣненія давленія атмосферы надъ какою-либо частью даннаго водоема, или отъ толчка, переизаннаго водной массой сушию, вслѣдствіе землетрясенія или вулканическаго изверженія.

Приливы обязаны своимъ происхожденіемъ космическимъ силамъ, а ихъ періодичность—брашенію земли.

Теченія производятся цѣлою совокупностью причинъ, дѣйствующихъ на воды океана, и непосредственно треніемъ воздуха и слѣдовательно измѣненіемъ уровня, вызывающимъ перемѣщеніе частицъ воды.

ГЛАВА VIII.

Волненіе.

I.—Описаніе явленія волненія. — Историческая замѣтка по вопросу объ изученіи явленія волненія. — Характеръ волненія, возмъ вѣтровымъ, отъ землетрясеній и стоячимъ. — Понятіе о трохондальной теоріи волненія. — Примѣненіе законовъ образованія трохонды къ объясненію волнового движенія воды. — Элементы волны. — Внутреннее строеніе волны. — Способы наблюденія элементовъ волнъ. — Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ. — Результаты наблюденій волнъ въ открытомъ океанѣ. — Видоизмѣненіе волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, буруны, толчея. — Вліяніе на волненіе распространенія на поверхности воды масла или скопленій мелкихъ, плавающихъ предметовъ.

II.—Волны отъ землетрясеній и вулканическихъ изверженій, случающихся въ морѣ.

III.—Стоячія волны, сейши.

Описаніе явленія волненія. — Съ явленіемъ живообразнаго движенія водной поверхности знакомы всѣ, даже жители изободѣ континентальныхъ мѣстъ видѣли его на какомъ-либо сосѣднемъ водоемѣ.

Первое, что поражает наблюдающего волнообразное движение поверхности жидкости, это быстрое распространение формы волны, откуда и появились выражения: «волна бѣжитъ», «быстрый, какъ волна» и т. п. Такое перемѣщеніе формъ волны однако вовсе не обусловливаетъ какого-либо передвиженія по тому же направленію и частицъ той водной массы, гдѣ наблюдается волнообразное колебаніе поверхности; достаточно самаго простого опыта, чтобы убѣдиться въ отсутствіи поступательнаго движенія въ массѣ колеблющейся воды. Стоить только помѣстить на волнующуюся поверхность поплавочъ и наблюдать его движеніе по отношенію къ какому-нибудь неподвижному предмету на берегу. Наблюденіе быстро покажетъ, что поплавокъ, не обладающій собственнымъ движеніемъ, не имѣетъ поступательнаго движенія, а только колебательное; при этомъ онъ поднимается и опускается на нѣкоторую величину, и между этими двумя крайними положеніями по вертикали онъ передвигается немного впередъ и настолько же вѣрно, т. е., очевидно, онъ описываетъ въ пространствѣ нѣкоторую орбиту. Движеніе поплавка, если и замѣчается, то оно обусловливается вѣтромъ, если волненіе произведено послѣднимъ. Въ случаѣ же, если оно вызвано, напримѣръ, паденіемъ какого-либо предмета на покойную до того поверхность воды, то колебаніе поплавка будетъ совершенно правильное, и поступательнаго движенія не будетъ вовсе, потому что волненіе въ данномъ случаѣ имѣетъ совершенно правильный характеръ, не нарушаемый треніемъ воздуха, двигающагося при вѣтрѣ почти по горизонтальному направленію надъ водою. Волненіе такого рода встрѣчается и въ природѣ послѣ успокоившагося вѣтра. Такое правильное волненіе называется зыбью и представляетъ установившуюся форму волненія (по-англійски такія волны называются *free waves* — свободныя волны, въ отличіе отъ волнъ, все время подвергающихся дѣйствію вѣтра — *forced waves* — не свободныя волны).

Не трудно объяснить себѣ, почему ударъ, сопровождающій паденіе какого-либо тѣла на спокойную поверхность воды, производитъ волненіе, расходящееся концентрическими окружностями отъ мѣста паденія тѣла. Последнее, падая, вымѣщаетъ свой объемъ въ водѣ и тѣмъ самымъ раздвигаетъ водныя частицы и образуетъ кольцеобразное возвышеніе вокругъ себя. Въ слѣдующее мгновеніе упавшее тѣло уже углубилось ниже уровня воды, и на его мѣстѣ появляется маленькій взбросъ частицъ воды, стремящихся вернуться въ свое положеніе равновѣсія и перехо-

дающих его въ этомъ стремленіи, вследствие инерціи, пока сила тяжести и внутреннее треніе не остановятъ ихъ; на мѣстѣ бѣгшаго вокругъ точки наденія тѣла кольцообразнаго возвышенія въ этотъ моментъ и по той же причинѣ появляется кольцообразное углубленіе, окруженное новымъ кольцевымъ возвышеніемъ. Такимъ путемъ волнообразное движеніе переносится все далѣе и далѣе по поверхности воды, пока внутреннее треніе жидкости не уравниваетъ силы первоначальнаго толчка, полученнаго жидкостью.

Если черезъ мѣсто наденія тѣла вообразить вертикальную плоскость, то она въ сѣченіи съ волноюю поверхностью воды дастъ профиль волны, волновую линію, которая, какъ дальнѣе будетъ видно, въ математикѣ разсматривается подъ именемъ трохонды.

Вообще, чтобы поверхность жидкости, находящейся въ покоѣ подъ вліяніемъ всѣхъ дѣйствующихъ на нее силъ, привести въ волнообразное движеніе, необходимо, чтобы на нее подействовала какая-нибудь новая сила; въ природѣ такую силою обыкновенно бываетъ вѣтеръ.

Исслѣдованія показали *)), что, если двѣ среды разнаго удѣльнаго вѣса соприкасаются другъ съ другомъ, то только въ состояніи покоя раздѣляющая ихъ поверхность будетъ плоскостью. Въ случаѣ же, если хотя бы одна изъ нихъ движется, то раздѣляющая ихъ поверхность принимаетъ волнообразный характеръ, при чемъ размѣры волнъ зависятъ отъ скорости движенія и отъ разности плотностей обѣихъ средъ.

Дѣйствительно, въ случаѣ воды и воздуха треніе соприкасающихся слоевъ двухъ средъ сейчасъ же вызоветъ движеніе верхняго слоя воды по направленію вѣтра, но, вследствие тренія верхняго слоя воды о слѣдующій, нижележащій, онъ будетъ отставать отъ вѣтра, и на немъ образуются небольшія волны, такъ называемыя капиллярныя, которыя, постепенно нарастая, сообразно силѣ вѣтра, и образуютъ волнообразное движеніе воды.

Очевидно, по мѣрѣ усиленія вѣтра должно увеличиваться и волненіе; въ природѣ такъ и происходитъ, однако зависимость размѣровъ волненія отъ силы вѣтра далеко не прямая, а гораздо болѣе сложная, какъ это указано далѣе.

*) Эти изслѣдованія были сдѣланы лордомъ Кельвиномъ и Гельмгольцемъ.

Историческая замѣтка по вопросу объ изученіи явленія волненія.—Повидимому, первая попытка объясненія причины волненія принадлежит знаменитому живописцу и ученому XV—XVI ст. Леонардо да-Винчи, высказавшему много совершенно справедливаго и вѣрнаго по вопросу о волненіи; между прочимъ, онъ первый указалъ, что, при волнообразномъ движеніи воды, переизмѣняется только форма волны.

Первые теоретическія изслѣдованія явленія волненія были сдѣланы Ньютономъ и помѣщены въ его „*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*“, 1726 г. Затѣмъ этотъ вопросъ былъ снова разобранъ Лапласомъ въ прибавленіи къ его труду „*Système du monde*“, 1776 г. Черезъ 10 лѣтъ этими изслѣдованіями завался Лагранжъ, напечатавшій свою работу въ 1786 г. Его формула для выраженія скорости движенія формы волны употребляется и теперь.

Первые довольно обстоятельные опыты волнового движенія были сдѣланы Флешергомъ, и описаніе ихъ опубликовано въ 1793 г. въ трудахъ ученаго общества въ Гаарлемѣ въ Голландіи.

Въ 1802 г. Герстнеръ, профессоръ въ Прагѣ, издалъ свой трудъ по теоріи волнъ, въ которомъ значительно подвинулъ этотъ вопросъ. Онъ впервые показалъ, что, съ увеличеніемъ глубины въ арифметической прогрессіи, радіусы орбиты частицъ убываютъ въ геометрической прогрессіи.

Затѣмъ нѣкоторые шаги впередъ были сдѣланы французскимъ эмигрантомъ Ла Кудрѣ въ 1796 г. въ трудахъ ученаго общества въ Копенгагенѣ, гдѣ онъ изучаетъ вопросы о вѣтрѣ и волненіи. Въ этомъ же трудѣ затронутъ вопросъ и о вліяніи масла на характеръ волненія, при чемъ авторъ относится отрицательно къ возможности успокоить волненіе разливаніемъ масла на поверхности воды.

Временные прерыванія въ 1809 г. опыты надъ явленіемъ волненія, такіе же, какъ и Флешергомъ.

Важныя изслѣдованія по теоріи волненія принадлежатъ Пуассону, онъ напечаталъ ихъ въ 1816 г. въ трудахъ Парижской Академіи Наукъ. Его результаты сошлись съ тѣми, какіе были найдены позднѣе изъ ихъ опытовъ братьями Веберъ въ 1825 г. Почти одновременно этимъ вопросомъ занимался и Коши.

Въ 1823 г. итальянецъ Бидоне произвелъ рядъ опытовъ, подтверждавшихъ теоретическіе выводы Пуассона.

Два года спустя братья Веберъ опубликовали свой большой трудъ о волнахъ вообще и, между прочимъ, о волнахъ въ жидкостяхъ и описали свои обстоятельные опыты по этимъ вопросамъ. Трудъ братьевъ Веберъ „*Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall und Lichtwellen*, 1825“ былъ для своего времени вѣнчающимъ и до сихъ поръ онъ сохраняетъ свое значеніе и цѣнность.

Опыты Росселемъ въ 1834 — 44 гг. были повторены опыты братьевъ Веберъ въ гораздо большемъ масштабѣ и болѣе точными приемами; опыты Росселя и до сихъ поръ являются одними изъ лучшихъ. Въ 1842 г. Эри опубликовалъ обширную работу по теоріи волнового движенія.

Первые наблюденія надъ океанскими волнами принадлежать американскому морскому офицеру Уилксу; они были сдѣланы во время его плаванія въ высокихъ широтахъ южнаго полушарія въ 1838—42 гг.

Затѣмъ обстоятельныя наблюденія надъ явленіемъ волненія въ океанѣ были сдѣланы Скоресби, морякомъ англійскаго торговаго флота, который въ теченіе своихъ многочисленныхъ плаваній собралъ богатый матеріалъ по разнаго рода явленіямъ природы.

Въ 1857—59 гг. Дарси и Баззлзъ произвели опыты надъ волненіемъ въ большомъ масштабѣ въ отвѣтвленіи Бургонскаго канала въ 400 м. длиною, 16 м. шириною и глубиною въ 0,6 м., при чемъ, между прочимъ, получено было опытное подтвержденіе формулы Лагранжа относительно скорости распространенія волнъ
$$V = \sqrt{2g \times \frac{d}{2}}.$$

Въ 1862 г. Фрудъ издалъ результаты своихъ изслѣдованій по изученію явленія волненія, и въ томъ же году Ранкинъ напечаталъ свою геометрическую теорію волнового движенія, являющуюся однимъ изъ наилучшихъ изложеній этого вопроса. Вопросы о явленіи волненія у береговъ и на малыхъ глубинахъ были разобраны въ 1863 г. Гагенемъ.

Обширныя и обстоятельныя наблюденія надъ волненіемъ на океанскомъ просторѣ были произведены лейтенантомъ французскаго флота Парри въ теченіе его плаваній въ 1867—70 гг.

Въ 1866 г. итальянскій морской инженеръ А. Чизальди издалъ большой трудъ „*Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso specialmente su quelle littorali*, 1866“, гдѣ собранъ цѣлый рядъ свѣдѣній объ изученіи волненія и большая литература по этому вопросу.

Французскій инженеръ-кораблестроитель Буссиескъ издалъ въ 1872 г. весьма важное изслѣдованіе по теоріи волнъ.

Обстоятельное изложеніе и изученіе этого вопроса выѣтся также въ трудахъ другого французскаго инженера-кораблестроителя Вертэя.

Многочисленныя наблюденія, произведенныя французскими морскими офицерами на судахъ военнаго флота, по примѣру лейтенанта Пари, были обработаны и использованы г. Автоанъ въ 1874 г., который обратилъ болѣе вниманіе на вопросъ о соотношеніи между силою вѣтра и размѣрами волненія.

Въ новѣйшее время, съ 1870 г., т.-е. отъ начала океанографическихъ изслѣдованій, подобныя наблюденія надъ волненіемъ въ океанахъ и моряхъ были произведены во время многихъ океанографическихъ экспедицій, которыя не перечисляются здѣсь.

Слѣдуетъ еще упомянуть о работѣ германскаго океанографа Г. Шотта, совершившаго въ 1891 и 1892 гг. плаваніе на трехъ русскихъ судахъ торговаго германскаго флота въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ. Онъ произвелъ нѣкоторое число наблюденій и при обработкѣ ихъ разобралъ данныя другихъ наблюдателей.

Сѣверо-американскій морской инженеръ Гайаръ въ 1904 году издалъ большой трудъ по изслѣдованію волненія у береговъ Канады и въ большихъ озерахъ Сѣверной Америки.

Наконецъ во время плаванія германскаго военнаго судна *Planet* въ 1906—1907 гг. въ Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ производились опыты для наблюденія волненія при помощи фотограмметрическаго способа.

Характеръ волненія, волны вѣтровыя, отъ землетрясеній и стоячія. — Волны, наблюдаемыя въ природѣ въ разныхъ водоемахъ, могутъ быть трехъ родовъ. Во-первыхъ, возбужденныя вѣтромъ, латѣмъ волны, возникшія, какъ результатъ сильнаго толчка на днѣ или около береговъ, что случается иногда при землетрясеніяхъ; тогда возникаетъ волна громаднхъ размѣровъ, распространяющаяся на обширныя пространства.

Наконецъ бываютъ волны, возбужденныя какою-либо рѣзкою измѣненіемъ въ давленіи атмосферы или другою причиною; тогда вся масса воды въ бассейнѣ приходитъ въ колебаніе, образуя стоячія волны.

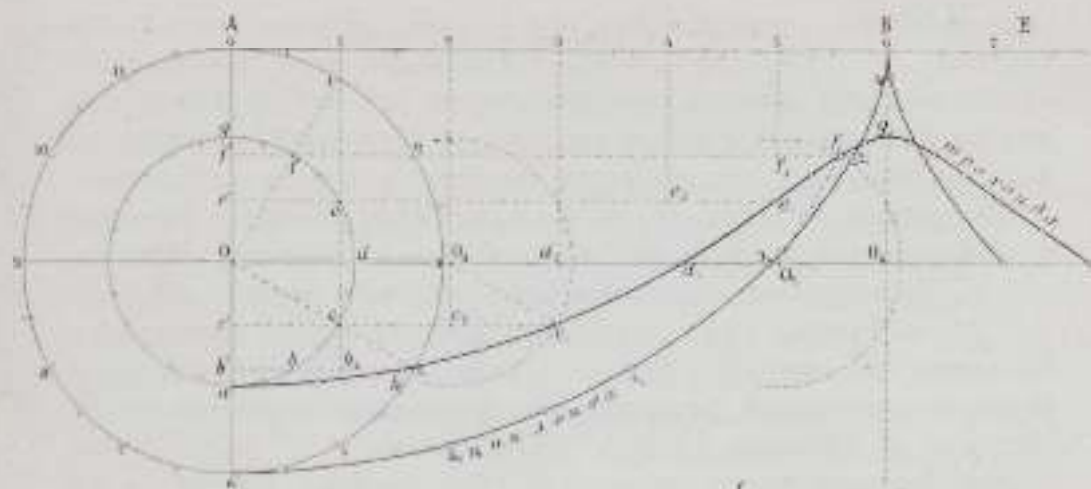
Въ дальнѣйшемъ данъ разборъ этихъ случаевъ волненія, наблюдаемыхъ въ природѣ.

Понятіе о трохондальной теоріи волненія.—Въ трохондальной теоріи волненія рассматривается только случай установившагося волненія, подобнаго тому, каковъ бываетъ въ морѣ послѣ того, какъ возбужденнѣе волненіе нѣтъ успокоеся. Такое правильное волненіе называется зыбью.

Наблюденія волненія въ природѣ и опытные изслѣдованія надъ движеніями частицъ воды Герстнера и братьевъ Веберъ показали, что, при волнообразномъ движеніи въ жидкости, каждая частица ея колеблется около того положенія равновѣсія, какое она занимала при спокойномъ состояніи жидкости. Если вообразить вертикальную плоскость, пересекающую поверхность изволнованной жидкости по направленію распространенія волненія, то всѣ частицы, принадлежащія одному и тому же уровню (т.-е. лежащія при спокойномъ состояніи жидкости на той же самой горизонтальной поверхности), какъ въ верхнемъ слое, такъ и на разныхъ глубинахъ, совершаютъ одинаковыя колебанія, уменьшающіяся въ размѣрахъ съ увеличеніемъ глубины по опредѣленному закону. При этихъ колебаніяхъ частицы жидкости описываютъ въ пространствѣ равномерныя движенія замкнутыя кривыя, которыя суть окружности. Одновременно частицы того же самаго слоя находятся въ различныхъ мѣстахъ на кривыхъ, ими описываемыхъ, и притомъ такъ, что, если одна частица находится вверху своего пути, то рядомъ лежащія или еще не достигли этого положенія или уже перешли черезъ него, и тѣмъ дальше будутъ лежать частицы отъ вышеуказанной, тѣмъ ниже онѣ расположены на своихъ путяхъ, и наконецъ на нѣкоторомъ удаленіи найдется частица, находящаяся внизу своего пути. Если будемъ разсматривать частицы того же слоя, лежащія еще далѣе отъ первой, то увидимъ, что положенія ихъ повторяются. Такимъ образомъ, слѣдствіемъ указаннаго одновременнаго расположенія частицъ того же слоя на ихъ орбитахъ является волновал линія, а совокупность послѣднихъ на данномъ протяженіи жидкости образуетъ волновую поверхность.

Стремленіе выразить наблюденныя движенія математически, а также теоретическія изслѣдованія колебательныхъ движеній частицъ какой-либо среды привели къ созданію трохондальной теоріи волненія. Прежде, нежели дать о ней понятіе, посмотримъ, какимъ образомъ получается кривая, называемая трохондой.

На чертежѣ (фиг. 85) кругъ *AB* предполагается катящимся по прямой *AE* слѣва направо. Если закрутить карандашъ въ центрѣ *O*



Фиг. 85. Построение циклоиды и трохойды.

катящегося круга, то при движении последнего карандашъ на плоскости чертежа опишетъ прямую OO_1 . Если же укрѣпить карандашъ въ концѣ радиуса Ob , то карандашъ при качении круга опишетъ кривую $b-A_1-B$, называемую *циклоидой*. Подходя къ точкѣ b , а вершина въ точкѣ B . Очевидно, при дальнейшемъ качении круга Ab направо, карандашъ опишетъ другую кривую циклоиды.

Если же помѣстить карандашъ гдѣ-нибудь въ точкѣ a на радиусѣ $Ob = R$ между центромъ и окружностью, то онъ опишетъ кривую $a-c$, y_1 , называемую *трохойдой*.

Построить циклоиду и трохойду можно слѣдующими способами. Раздѣляя катящуюся окружность на нѣсколько равныхъ частей (на черт. 85 на шесть) и на прямой AB отложимъ длину AB , равную полуокружности катящегося круга (πR). Тогда при качении круга точки его окружности: $1, 2, 3, \dots$ будутъ послѣдовательно совпадать съ точками: $1, 2, 3, \dots$ прямой AB . Чтобы найти точку, гдѣ окажется карандашъ, установленный въ точкѣ b , когда точка 1 -я окружности совпадетъ съ таковою же на прямой AB , или, что то же самое, когда центръ O перемѣстится на разстояніе AI , проводить *) черезъ точку b катящейся окружности прямую параллельную AB , а изъ точки 1 -й той же дуги опустяють перпендикуляръ, и отъ пересѣченія его съ линіей, проведенной парал-

*) На чертежѣ это и некоторые другія линіи, относящіяся къ построению циклоиды, не проведены, чтобы не загромождать чертежъ.

лезно AB , откладывая вправо еще величину половины хорды $5-7$ и получая искомую точку 5 , принадлежащую циклоиде. Для получения следующей точки циклоиды проводить через 4 точку окружности прямую параллельно AB , а из точки 2 -й той же прямой опускать к ней перпендикуляр; от места их пересечения вправо откладывают линию, равную половине хорды $4-8$, и получают точку циклоиды 4 . Поступая так же и далее, находят сколько требуется точек циклоиды, соединив их согласно кривою, получают искомую циклоиду.

Для построения трохонды поступают подобным же образом. Положим, что карандаш будет помещен на радиусе R из точки a . Проводят радиусом $Oa = r$ окружность ady , называемую *производящею*^{*)}, делят ее на несколько равных частей (на черт. на шесть); через точку b проводят прямую параллельно AB , а из точки 1 -й той же AB опускают перпендикуляр; от их пересечения точки b_1 откладывают вправо линию b_1b_2 равную $b'b$ (т. е. половину хорды), и получают точку b_1 , принадлежащую трохонде. Опустив из точки 2 -й линии AB перпендикуляр до его пересечения (c_1) с прямой, проведенной параллельно AB через точку c производящей окружности, откладывают вправо от точки c_1 линию c_1c_2 равную $c'e$ и получают точку трохонды c_1 . Поступая так же и далее, находят сколько угодно точек и через них проводят согласную кривую $a b_1 c_1 d_1 f_1 g_1$, которая и будет искоюя трохонда.

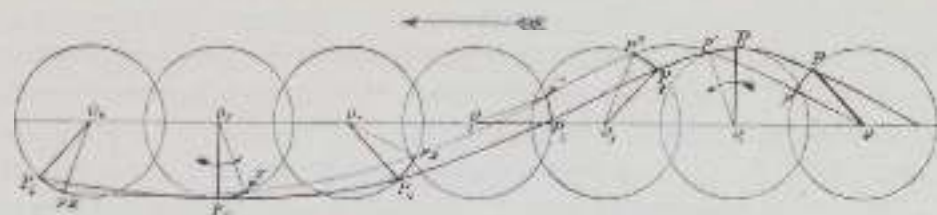
Построение трохонды или циклоиды можно выполнить и иначе. Для нахождения, например, точки c_1 опускают из точки 2 -й прямой AB перпендикуляр, в пересечении которого с прямой OO_1 в точке O_2 будет находиться центр катящегося круга, когда точка его окружности 2 -я совпадет с одноименною точкою на линии AB . Чтобы занять такое положение, катящийся круг должен повернуться на угол AO_2 ; очевидно, если провести радиус O_1I , то он составит с радиусом O_1O_2 катящегося окружности такой же угол. Поэтому, если из точки O_1 провести радиус производящей окружности параллельно радиусу O_1I , то в пересечении его с производящею окружностью и получится точка трохонды c_1 . Так же можно получить и остальные точки трохонды или циклоиды.

При той же катящейся окружности, в зависимости от величины радиуса производящей окружности, в виде трохонды будет получаться

*) Так как она производит трохонду.

различный. Очевидно, представляя для всех возможных трохонд будущую — прямая OO_0 и циклонда $6-A-B$ *).

Примѣненіе законовъ образованія трохонды къ объясненію волнового движенія воды. — На чертѣхъ (фиг. 86), прямая



Фиг. 86. Колебательное движеніе частицъ поверхностнаго слоя.

$O-O_0 \dots$ представляетъ положеніе уровня воды въ состояніи равновѣсія подъ вліяніемъ силы тяжести **). Если на поверхность воды подействовала какая-нибудь сила, то подъ ея вліяніемъ частицы выйдутъ изъ состоянія покоя и начнутъ колебаться около своего положенія равновѣсія (точки $O, O_1, O_2 \dots$).

Согласно трохондальной теоріи волненія, каждая водная частица описываетъ равномерное движеніемъ круговыхъ орбитъ одинаковаго радіуса для того же слоя, въ одинаковый промежутокъ времени, при чемъ всѣ частицы двигаются на своихъ орбитахъ въ одну сторону. На чертѣхъ точки $O, O_1, O_2 \dots$ изображаютъ положеніе частицъ воды поверхностнаго слоя въ состояніи покоя **), точки же $P, P_1, P_2 \dots$ одновременное положеніе тѣхъ же частицъ при ихъ движеніи на своихъ орбитахъ въ сторону, указанную стрѣлками. Если соединить эти послѣднія одновременныя положенія частицъ согласно кривою, то и получится волновая кривая или трохонда.

Если черезъ нѣкоторый промежутокъ времени снова замѣтить одновременное положеніе частицъ на своихъ орбитахъ, то, такъ какъ каждая изъ нихъ пройдетъ по орбитѣ одинаковое разстояніе, то радіусы, проведенные къ точкамъ $P, P_1, P_2 \dots$ и $p, p^1, p^2 \dots$ образуютъ между

*) Если взять радіусъ r больше R , то будутъ получаться трохонды съ пеллями вверху, такіе трохонды не имѣютъ значенія для волнообразнаго движенія. Измѣненіе радіуса катящагося круга при томъ же радіусѣ производящей окружности тоже будетъ измѣнять видъ трохонды.

**) Въ действительности линія уровенной поверхности при спокойномъ состояніи жидкости лежитъ немного ниже линіи центровъ орбитъ; она не проведена на чертѣхъ, чтобы яснѣе его не замѣнять.

собою попарно въ каждой орбитѣ одинаковые углы. Соединяя точки $p, p', p'' \dots$ согласно кривою, получимъ снова трохонду, но нѣсколько смѣщенную въ ту сторону, куда вращаются частицы въ верху своихъ орбитъ, т. е. вся форма волны перемѣстится нѣлѣво; но направленію стрѣлки вверхъ чертежа. Когда каждая частица опишетъ половину своей орбиты, то частица P_1 , бывшая на вершинѣ волны, окажется на подошвѣ ея, а частица P_2 будетъ на вершинѣ волны. Черезъ промежутокъ времени, необходимый для полного описанія орбиты, всѣ частицы вернутся въ положенія $P, P_1, P_2 \dots$ и вершина волны снова совпадетъ съ точкою P_1 .

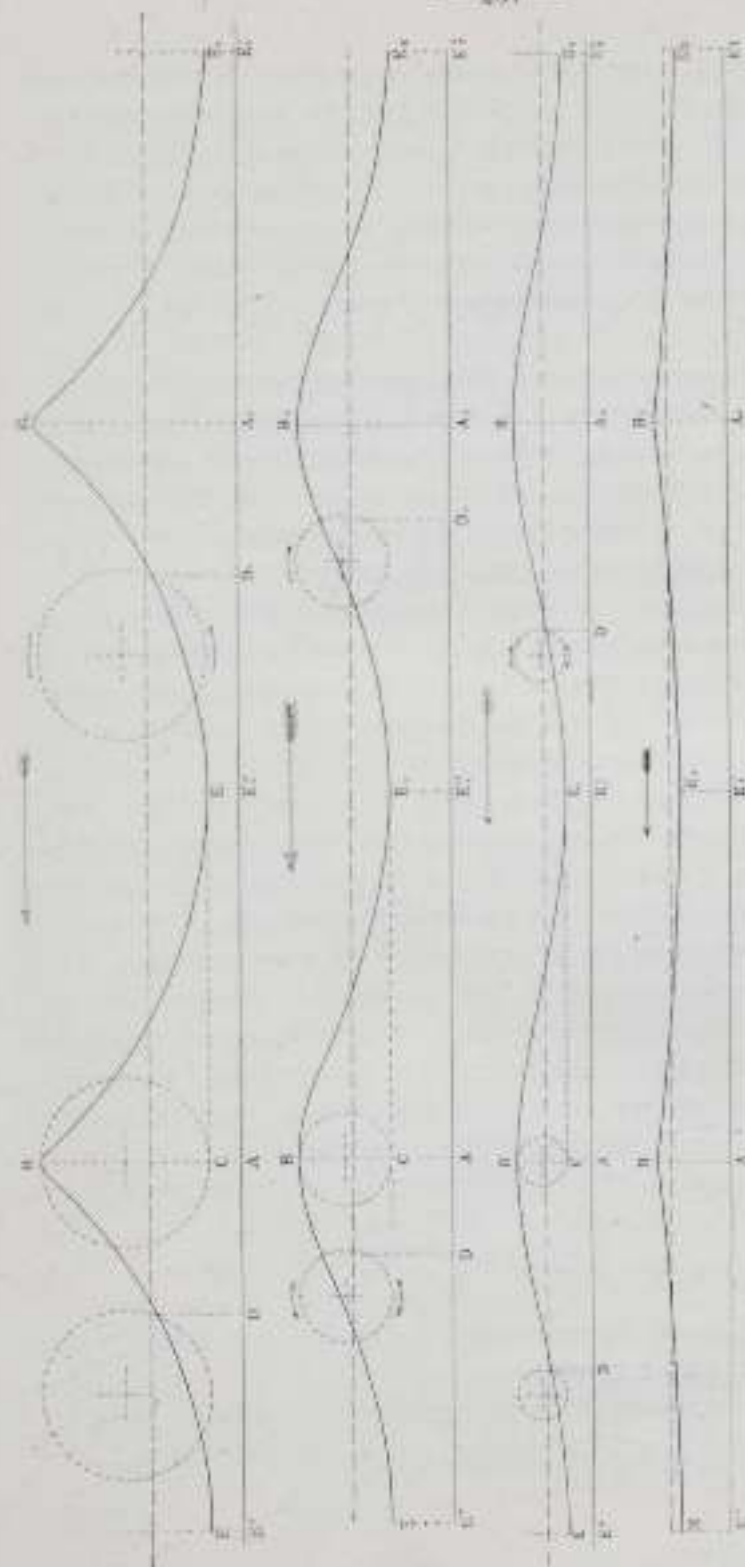
Положеніе частицы на орбитѣ называется фазою данной частицы, оно определяется угломъ между двумя положеніями радиуса производящей окружности, изъ которыхъ одно положеніе (обыкновенно вертикальное внизъ) принимается за нулевое, а второе направлено къ мѣсту нахожденія частицы въ данный моментъ.

Если сравнить чертежи 85 и 86, то не трудно замѣтить, что орбиты чертежа 86 соответствуютъ разнымъ положеніямъ производящей окружности при движеніи катящагося круга по линіи AB . Отсюда видно, что трохонда можетъ быть также получена, какъ результатъ одновременныхъ положеній на своихъ орбитахъ частицъ одного и того же слоя воды, имѣющихъ одинаковыя колебательныя движенія, но находящихся одновременно въ разныхъ фазахъ. Поэтому понятно, что поплавокъ, находящійся на поверхности воды при волнообразномъ ея движеніи, совершаютъ только колебанія: вверхъ, внизъ, вправо и лѣво и вовсе не имѣетъ поступательнаго движенія.

Сравнивая профили волны $P-P_1$ и $p-p_1$, видно, что послѣдній профиль перемѣстился по отношенію къ первому нѣлѣво, т. е. въ ту же сторону, куда вращаются всѣ частицы въ верхней части своихъ орбитъ. Такимъ образомъ, обычно наблюдаемое поступательное движеніе волны есть *поступательное движеніе только формы волны*, въ которомъ частицы воды вовсе не участвуютъ; онѣ колеблются на своихъ орбитахъ, а форма волны — бѣжитъ.

Элементы волны. — На чертежѣ *) (фиг. 87) даны четыре профиля двухъ послѣдовательныхъ волнъ. Каждое сосѣднее возвышеніе и углубленіе называются волною (напр. EVE_1), самая верхняя точка волны — $B, B_1 \dots$ называется вершиною волны или гребнемъ ея; а

*) На фиг. 87 даны трохонды, а не синусоиды, какъ это очень часто бываетъ во многихъ курсахъ на чертежахъ, изображающихъ волну, что совершенно не вѣрно.



Фиг. 85. Тригонометрические волны равных высот.

На чертежах изображены четыре профиля волны, все произвольным образом, того же общего волнового числа, но с различными отношениями у к волновой длине, или, что то же самое, с различными отношениями к волновой длине. Центры эллипсов, изображенных на чертежах, лежат на одной прямой, а их высоты, или их отношение к волновой длине, равны. Центры эллипсов, изображенных на чертежах, лежат на одной прямой, а их высоты, или их отношение к волновой длине, равны.

Верхний чертеж дает волну с отношением $\lambda : \lambda = 1 : 4$, т. е. очень крутую волну, близкую к предельной, или к волне с отношением $\lambda : \lambda = 1 : 5$. Второй чертеж дает волну с отношением $\lambda : \lambda = 1 : 3$, т. е. волну, которая встречается обычно в природных волнах. До отношения $\lambda : \lambda = 1 : 1.5$ волны не только можно построить, но и можно измерить. Отношения же $\lambda : \lambda$ могут быть только при очень малых значениях λ . В волнах, волны очень малой длины, можно измерить.

самая низшая— E, E_1, \dots подошвою. Въ правильной системѣ волненія линіи гребней и линіи подошвъ изъ плывѣ образуютъ рядъ параллельныхъ между собою линій. Уголъ, составляемый касательною къ профилю волны съ горизонтальною линіей, называется крутизою волны въ данной точкѣ.

Разстояніе по вертикальному направленію отъ вершины волны до ея подошвы, напримѣръ BC , называется высотой волны. Очевидно, что высота волны равна $2r$ производящей окружности (см. фиг. 85) или орбиты частицы воды.

Разстояніе по горизонтальному направленію между двумя гребнями BB , или между двумя подошвами EE , или E, E_1 соедѣнныхъ волнъ называется длиною волны. Отсюда слѣдуетъ, что разстояніе по горизонтальному направленію между всякими двумя частями воды, находящимися въ одинаковой фазѣ на склонахъ двухъ соедѣнныхъ волнъ, тоже будетъ представлять длину волны: напр., разстояніе между точками D и D_1 .

Промежутокъ времени, въ теченіе котораго форма волны пробѣгаетъ разстояніе, равное ея длинѣ, называется періодомъ волны. Въ этотъ промежутокъ времени каждая частица воды описываетъ свою орбиту, слѣдовательно, періодъ волны есть также промежутокъ времени, въ теченіе котораго частица описываетъ свою орбиту.

Разстояніе, проходимое формою волны къ единицу времени, называется скоростью волны. Обыкновенно дается пространство, проходимое волною въ метрахъ въ 1 с. времени или въ морскихъ миляхъ въ часъ.

Четыре величины: *высота, длина, періодъ и скорость*—составляютъ характерныя особенности волны и называются ея элементами.

Зависимость, существующая между элементами волны.—Изъ самаго опредѣленія каждого элемента волны и вышеизложенной трехчленной теоріи происхожденія волнового профиля слѣдуетъ, что изъ четырехъ элементовъ волны три связаны между собою уравненіемъ слѣдующаго вида. Пусть скорость распространенія волны будетъ— V , періодъ волны— τ , а длина волны— λ , то соотношеніе между этими величинами таково:

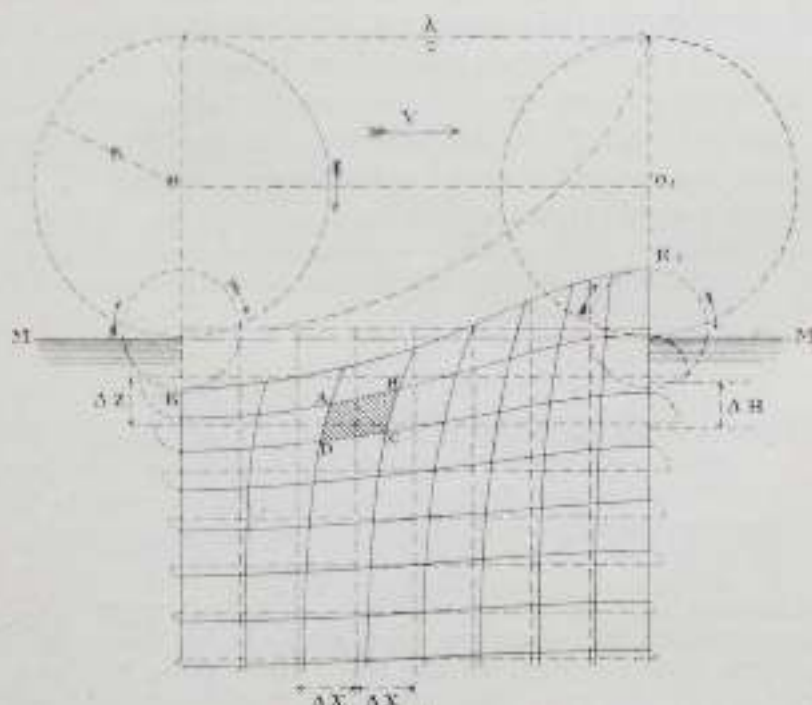
$$\tau = \frac{\lambda}{V} \quad \text{или} \quad \lambda = V\tau$$

Слѣдовательно, изъ трехъ элементовъ достаточно знать два, а третій можетъ быть полученъ вычисленіемъ.

Четвертый элементъ—высота h не находится въ прямой связи съ первыми тремя, и потому онъ получается только изъ наблюденія.

Внутреннее строение волны.— До сих пор разбиралось движение частиц, лежащих на поверхности, но когда поверхностные частицы начинают колебаться, то их движение передается и жидкости не только вдоль ее поверхности, но и в глубину; потому необходимо, для понимания явления волнения и физико-географического значения его, рассмотреть, каким образом, согласно трехмерной теории, волновое движение распространяется на нижележащие слои водных частиц.

На чертеже (фиг. 88) изображено вертикальное сечение водной массы, находящейся в волнообразном движении, при чем плоскость сечения выбрана перпендикулярно линии гребня волны. Мысленно предполагается, что вся масса жидкости разделена на рядъ бесконечно тонких горизонтальных слоевъ и такихъ же вертикальных столбцовъ. На чертежѣ пунктирными горизонтальными и вертикальными линиями изображены только некоторые изъ этихъ слоевъ и столбцовъ, вѣтвясь черезъ одинаковыя расстоянія, равныя 1:20 длины волны (ΔZ) для горизонтальныхъ линий и 1:16 для вертикальных (ΔX).



Фиг. 88. Вертикальное строение волны.

Въ действительности на чертежѣ горизонтальныя пунктирныя линіи простираются для каждаго слоя воды, докуда доказалъ соответствующія линіи въ жидкости при нахожденіи ея въ покое; это есть послѣдствіе измѣщенія частицъ воды въ возмозобразномъ движеніи. Урикены поверхности воды въ состояніи покоя обозначены линіей МН. Поэтому на чертежѣ слой воды одинаковой толщины, находящійся между горизонтальными пунктирными линіями, доказалъ соответственно выше тѣхъ же слоевъ въ состояніи покоя. Напротивъ, слой ΔΠ переходитъ при образованіи волненія въ слой ΔΖ. Горизонтальныя пунктирныя линіи, данныя на чертежѣ, есть линіи, на которыхъ приходятся центры производящихъ окружностей каждаго слоя, такъ какъ, согласно трохондальной теоріи волненія, эти должны лежать выше соответственнаго слоя на опредѣленную величину, которая находится въ зависимости отъ скорости движенія частицъ воды на своихъ орбитахъ. Какъ видно дальше, орбиты убываютъ съ глубиною, а время оборота частицъ на своихъ орбитахъ, т.-е. периодъ остается тотъ же самый, значить, и скорости частицъ на орбитахъ съ глубиною убываютъ; пропорціональна имъ уменьшаются и радиусы линій центровъ производящихъ окружностей отъ поверхности линій соответственныхъ слоевъ жидкости въ состояніи покоя.

Согласно трохондальной теоріи въ одной и той же системѣ волнового движенія катящіяся круги для всѣхъ слоевъ имѣютъ одинъ и тотъ же радиусъ (R на чертежѣ, фиг. 88), а радиусы производящихъ окружностей будутъ уменьшаться отъ поверхностнаго слоя внизъ по слѣдующему закону:—если глубины слоевъ увеличиваются въ арифметической прогрессіи, то радиусы производящихъ окружностей уменьшаются въ геометрической прогрессіи. Т.-е. на бесконечно большой глубинѣ радиусы производящихъ окружностей обращаются въ нуль; въ действительности же уже на глубинѣ, равной длинѣ волны, колебательное движеніе частицъ на ихъ орбитахъ становится почти незамѣтнымъ⁹⁾, и практически можно принять эту глубину за предѣлъ распространія трохондальнаго волнового движенія въ глубину.

Точная зависимость между глубиною и уменьшеніемъ радиусовъ производящихъ окружностей тѣмъ образомъ съ радиусомъ катящейся окружности выражается слѣдующимъ уравненіемъ:

$$r = R e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}}$$

гдѣ r — есть радиусъ производящихъ окружностей на произвольной глубинѣ,

R — радиусъ производящей окружности для трохонды на поверхности воды,
т.-е. половина высоты волны

z — глубина слоя

λ — длина волны

e — основание Наверомыхъ логарифмовъ.

⁹⁾ Опытъ братьевъ Веберъ далъ намъ поводъ высказать, что колебаніе распространяется на глубину, превышающую въ 350 разъ высоту волны. Опытъ былъ произведенъ въ слое всего въ 2 фута глубиною, почему и получились результаты недостаточно точные, чтобы ихъ можно было, экстраполируя, признать въ возмѣнію въ океанахъ.

Очевидно, что, больше глубина z , темъ все произведение правой половины уравнения становится меньше. Наглядно быстро идетъ убывание z съ увеличеніемъ λ , видно изъ следующей таблицы, вычисленной по этой формулѣ.

$\frac{z}{\lambda} = 0$	$\frac{z}{\lambda} = 1,0000$	$\frac{z}{\lambda} = 0,45$	$\frac{z}{\lambda} = 0,1109$	$\frac{z}{\lambda} = 0,50$	$\frac{z}{\lambda} = 0,0035$
0,05	0,7304	0,40	0,0510	1,00	0,0019674
0,10	0,5335	0,45	0,0592	1,50	0,0000007
0,15	0,3897	0,50	0,0432	2,00	0,0000035
0,20	0,2846	0,60	0,0231	2,50	0,0000015
0,25	0,2079	0,70	0,0124	—	—
0,30	0,1518	0,80	0,0066	5,00	15 цифръ послѣ запятой.

Выше приведенная мелкими шрифтами таблица взята изъ курса теоріи кораблестроенія гг. Поляри и Дюдебу, но существуетъ еще нѣсколько подобныхъ таблицъ, напр., французскаго корабельнаго инженера Бертиэ, а также и болѣе простое правило, предложенное англичаниномъ Равкинсомъ, вотъ оно.

Если глубины слоевъ z выразить въ десятихъ доляхъ длины волны λ , а 2τ — диаметры производящихъ окружностей на тѣхъ же глубинахъ въ доляхъ высоты волны — h или 2τ , то получатся слѣдующіе два ряда соответствующихъ другъ другу величинъ:

z — глубины слоевъ въ доляхъ λ	0	$\frac{1}{9}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{9}$
2τ — въ доляхъ h — 1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{512}$
или:	1	0,5	0,25	0,125	0,062	0,031	0,016	0,008	0,004	0,002

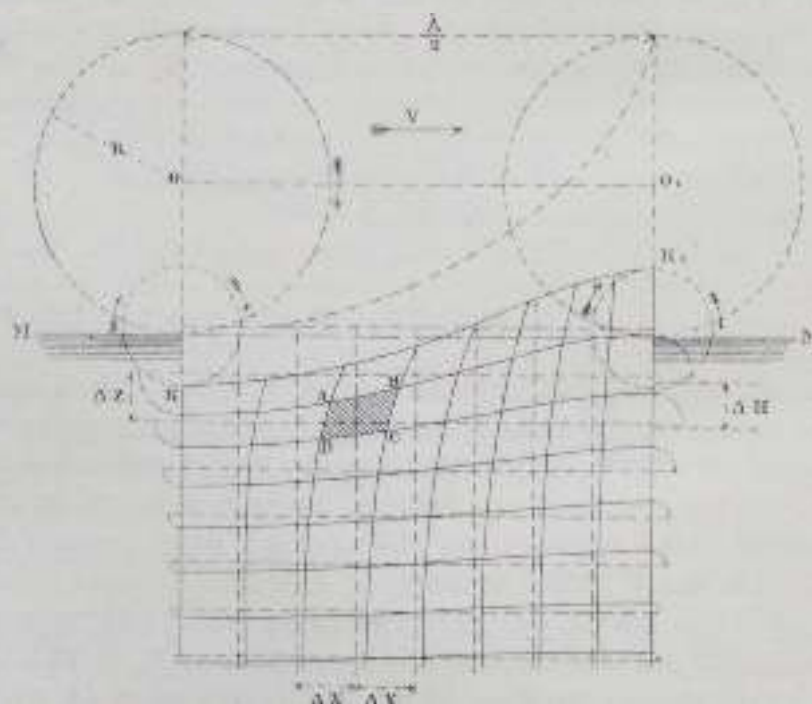
Такимъ образомъ, на глубинѣ равной $9:9$, т.-е. длинѣ волны λ , диаметры орбитъ будутъ всего 0,002 отъ діаметра ихъ для поверхностнаго слоя, а радіусы — 0,001. Если на поверхности высота волны $h = 2\tau = 8$ метровъ, что уже представляетъ большую штормовую волну, то на глубинѣ, равной длинѣ волны (около 150 метровъ), радіусъ орбиты будетъ всего 0,008 м. или 8 миллиметровъ.

Если взять самую большую когда-либо наблюдавшуюся волну длиною $\lambda = 824$ метра и высотой $h = 2\tau =$ около 15 м., то на глубинѣ, равной длинѣ волны λ , радіусъ орбиты — τ будутъ всего 14 миллиметровъ, а на глубинѣ $z = 1,5 \lambda = 1.236$ м., они будутъ 0,6 миллиметра,

т. е. волновое движение на этой глубинѣ можно считать совершенно прекратившимся.

Такимъ образомъ, даже наибольшія когда-либо наблюдавшіеся, совершенно исключительныя по размѣрамъ вѣтровыя волны не могутъ распространяться до дна океановъ. Обыкновенныя же штормовыя волны въ океанахъ около 100 м. длиною и 5 м. высотой на глубинѣ своей длины почти совершенно затухаютъ, радіусы орбитъ на этой глубинѣ будутъ всего около 5 миллиметровъ, а на глубинѣ 150 м. всего 0,2 мм.

На чертежѣ (фиг. 88) кривыми сплошными линиями показаны трохондальные профили паздаго равноотстоящаго слоя воды. Изъ чертежа видно, что длина волны (на фиг. 88 дана только полудлина $\lambda/2$) на всѣхъ глубинахъ остается одинаковою, такъ какъ катящійся кругъ одинъ и тотъ же для трохондальныхъ кривыхъ всѣхъ глубинъ. Но той же причиной и періодъ для частицъ воды на всѣхъ глубинахъ тотъ же самый. Очевидно, и скорость распространенія волны для слоевъ всѣхъ глубинъ тоже одинакова. Измѣняется же только высота волны, потому что радіусы производимыхъ окружностей уменьшаются. Для поверхност-



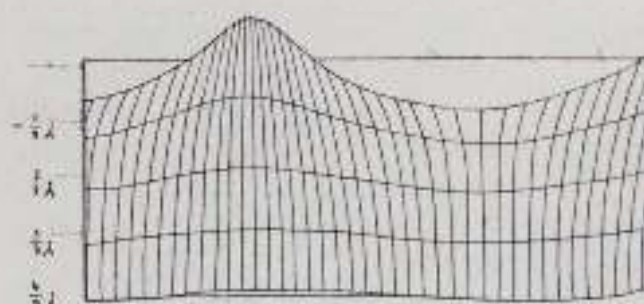
Фиг. 88. Трохондальные профили слоевъ.

ней волны отношение ее высоты къ длинѣ взято на чертежѣ около $1:16 - 1:17$, что случается и въ природѣ. На томъ же чертежѣ показанъ пунктиромъ затѣкающійся кругъ, и дуга, пунктиромъ, циклоида, которая представляетъ предѣльную возможную волновую поверхность, перейдя которую послѣдняя не можетъ оставаться сплошною, а разбивается на вершинѣ. На чертежѣ частицы вверху орбитъ идутъ направо, а потому и форма волны движется направо.

Вертикальные столбцы частицъ, находящіеся дѣйствительно въ такомъ положеніи при спокойномъ состояніи жидкости, по установленіи волнообразнаго движенія переходятъ изъ положеній, обозначенныхъ на чертежѣ пунктирными линіями, въ кривыя, показанныя сплошными линіями, слегка изогнутыя направо, къ вершинѣ волны.

Такимъ образомъ, то количество частицъ воды, какое содержится любая изъ вертикальныхъ полосъ ΔX , полностью переходитъ въ пространство, лежащее между соответственными изогнутыми вертикальными линіями. Послѣднія, сравнительно съ ихъ положеніемъ до волненія, въ правой половинѣ чертежа вверху сближаются (совершенно выклиниваются только около вершины циклоиды), и потому естественно, что въ правой половинѣ чертежа частицы воды въ каждой вертикальной полосѣ поднимаются, а въ лѣвой половинѣ чертежа обратно—опускаются, потому что тутъ вертикальныя полосы вверху расширяются.

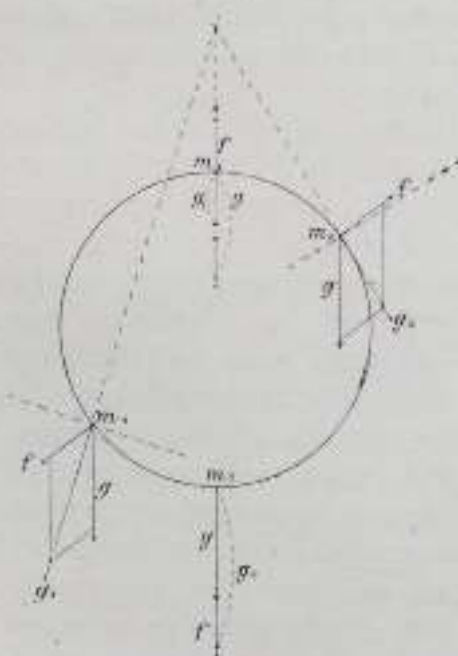
Каждый первоначальный прямоугольникъ, выѣтнй, при состояніи жидкости въ покоѣ, сѣченіе $\Delta H - \Delta X$, переходитъ въ ромбообразную фигуру $ABCD$, площадь которой, при всѣхъ ее видоизмѣненіяхъ при движеніи волновой формы, остается равной первоначальному прямоугольнику и заключаетъ въ себѣ все тѣ же самыя частицы воды, которая только все время различно перераспредѣляется, то поднимаясь выше своего уровня къ состоянію покоя, то опускается ниже его. При этомъ вертикальные столбцы частицъ колеблются около своего положенія при нахожденіи жидкости въ покоѣ, подобно упругимъ прутьямъ, укрѣпленнымъ своимъ основаніемъ на той глубинѣ, гдѣ волненіе прекращается. Въ каждый моментъ имѣются столбцы частицъ, занимающіе точно вертикальное положеніе, это столбцы, расположенные подъ подошвою или гребнемъ волны, всѣ остальные столбцы, расположенные между ними, будутъ наклонены къ гребню волны. Это хорошо видно на чертежахъ (фиг. 88 и 89). Таково внутреннее строеніе волны при установившемся волненіи, когда профиль волны на поверхности есть трохонда.



Фиг. 88. Вертикальное строение волны.

ним и толще у гребня волны, это есть необходимое послѣдствие перехода частицъ воды изъ состоянія покоя въ волнообразное движеніе. Только при подобномъ условіи и возможно, что слой, лежащій на нѣкоторой глубинѣ, въ каждой своей точкѣ будетъ испытывать одинаковое гидростатическое давленіе, т. е. будетъ находиться въ покой и имѣть горизонтальную поверхность, что и случается на глубинахъ, немного большихъ длины волны.

Только что законченное илліе вытекаетъ изъ слѣдующихъ разсужденій. Пусть на чертѣжѣ (фиг. 89) окружность представляетъ орбиту частицы воды на какой-либо глѣ-



Фиг. 89. Кажущіяся силы частицы въ круговомъ.

Какъ на 88-мъ чертѣжѣ, такъ и на фиг. 89 видно, что, при волнообразномъ движеніи воды, слои ея, имѣяшіе въ состояніи покоя вѣдѣ одинаковую толщину, при переходѣ ихъ въ троякообразные слои становятся тоньше у подо-

шны, g — есть сила тяжести, выражающаяся въ вѣсѣ частицы m при отсутствіи кругового движенія; f — есть центробѣжная сила, образующаяся въ слѣдствіе вращенія частицы m на орбитѣ. Въ точкѣ m_1 центробѣжная сила f направлена по радіусу вверхъ, а сила тяжести g — по радіусу внизъ, слѣдовательно, она увеличивается на всю величину центробѣжной силы, и вѣсъ частицы m_1 выражается величиною g_1 , меньшею g . Въ точкѣ m_2 , обратно, g_2 будетъ больше g ; въ точкахъ, лежащихъ направо отъ линіи $m_1 - m_2$, вѣсъ частицы будетъ увеличиваться отъ m_1 къ m_2 , а въ точкахъ окружности отъ m_2 до m_3 онъ будетъ уменьшаться. Слѣдовательно, въ верхней части орбиты, вѣсъ линіи изъ центровъ, вѣсъ частицы бываетъ меньше нормального, а ниже той же линіи, онъ больше нормального. Отсюда становится понятнымъ увеличеніе толщины слоевъ въ верхней части волны и уменьшеніе въ нижней.

Изъ того же самаго разсужденія вытекаетъ еще другое слѣдствіе. По причинѣ вращенія частицы на орбитѣ, направленіе кажущейся силы тяжести все время кажетъ свое положеніе. Только на гребнѣ и у подошвы (g_1

и g_2 оно совпадает с откосом, а на других точках уклоняется от него вверх и вниз (напр., в m_1 это есть направление g_2 , а в $m_4 - g_2$). Поверхность жидкости всегда нормальна к направлению силы тяжести в данной точке, а так как при волнении трехмерная поверхность суть уравненная поверхность, то, следовательно, на точках m_1 и m_4 ось вращения находится в положении перпендикулярное к направлению силы тяжести (на фиг. 90 к линиям g_1 и g_2), на чертёж пунктирные линии в точках m_1 и m_4 . Следовательно, если предположить, что на поверхности волны стоят малый неподвижный мая, совпадающий с поверхностью волны в этом месте (фиг. 91), тогда маятник будет приходить к каждой точке положения нормали к трохойде — $k_1, k_{11}, k_2, k_3, k_4$ и т.д. у основания и на гребнях волны маятник будет вертикален.

Если кистю поплавок опустить ниже его грузовой части, то он будет плавать вертикально, совпадая с вертикальными вертикальными столбцами воды, наклонившись всегда к вершинам воды, как на чертежах $S-S_1$.

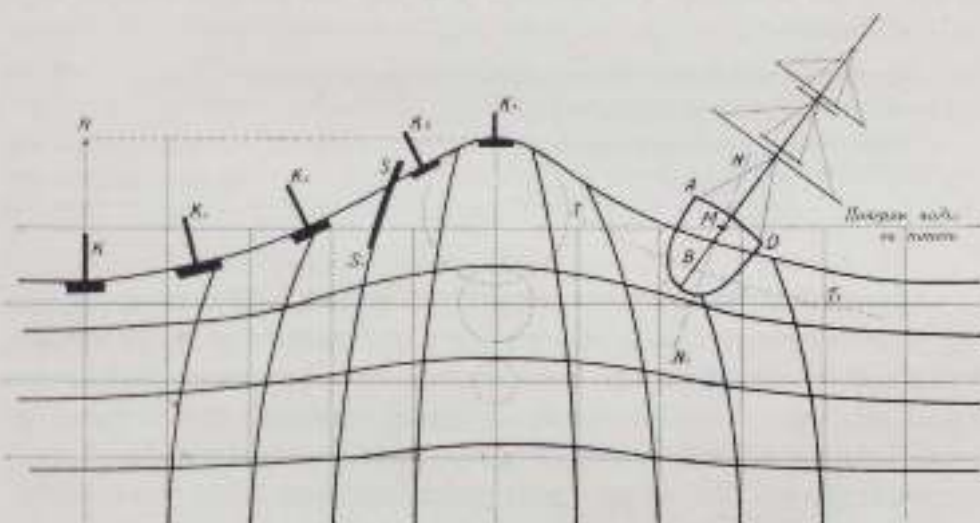


Fig. 10. Polymerization of styrene in the presence of a catalyst.

Корабль, свалив мачтами на волнение также уклоняется от отвесной линии, но так как мачты корабля не могут быть приравнены к поплавку, потому что они лежат не на одной горизонтальной тропой, а выстраивают целый ряд их, и на шпрангу они также лежат не в одной плоскости, то его мачты стремятся занять положение нормальное к плановой тропой, лежащей ниже горизонтальной (на чертеж пункт, линии $T-T_1$ и только на гребень и у подножия мачты расположены вертикально. В действительности же, вследствие качки, корабль все время колеблется около линии XX_1 нормальной к тропой $T-T_1$. Человек, находясь на шпранге корабля, подвержен влиянию этих же сил, что и корабль в покое, и потому он старается на всякий момент занять положение не отвесное, а близкое к нормальному к поверхности воды. Это обстоятельство, как уже будет сказано (см. стр. 255), и есть причина, затрудняющая измерение высоты моря в океане.

Рассмотрим на этих приложенных чертежах (фиг. 85, 86, 87, 88 и 89) пять-шесть треугольников, принадлежащих к одному, что очевидно, треугольнику в различных точках его и

единицы, а следовательно, и крутизна ее въ разныхъ точкахъ различна. Если высоту волны считать, крутизна возрастаетъ отъ глубины къ вершинѣ, и она наибольшая почти въ серединѣ между этими точками.

Уголъ наибольшей крутизны находится по выраженію:

$$\sin \alpha'' = \frac{r}{h} = \frac{2\pi r}{2\pi h} = \frac{2\pi r}{\lambda} = 0,2832 \frac{r}{h} = 0,2832 \frac{h}{2\lambda} = 3,1416 \frac{h}{\lambda}.$$

Гдѣ r — радиусъ орбиты на поверхности, h — радиусъ катящегося круга, h — высота волны, λ — длина волны.

Изъ выдвинутой углы α'' выдвигая все \sin можно получить, самый уголъ въ градусахъ тогда все выраженіе обратится въ:

$$\alpha'' = 180^\circ \times \frac{h}{\lambda}.$$

Примѣръ.—Наибольшая наблюдаемая волна была въ 824 м., $h = 15$ м. Отсюда уголъ наибольшей крутизны α'' будетъ $3^\circ,5$.

Обыкновенная штормовая волна имѣетъ длину въ 100 м., высоту 5 м., отсюда изъ углы наибольшей крутизны будетъ 9° . Обыкновенное волнение длиной въ 80 м. и высотой въ 2,5 м. имѣетъ $\alpha'' = 5^\circ,5$. Человѣческій глазъ начинаетъ замѣчать углы въ горизонтѣ только съ 17° .

Способы наблюденія элементовъ волны.—Какъ выше указано, изъ четырехъ элементовъ волны, три—периодъ, длина и скорость связаны между собою опредѣленною зависимостью, поэтому можно наблюдать только два изъ этихъ величинъ, а третью получать вычисленіемъ, но лучше опредѣлять всѣ три элемента независимо для проверки одной величины другою. Высота же наблюдается отдельно.

I.—*Корабль стоятъ на якорѣ.*—Для опредѣленія періода τ наблюдатель становится въ какой-либо точкѣ на палубѣ и наблюдаетъ моменты прохода послѣдовательныхъ волнъ черезъ какую-нибудь постоянную точку на борту корабля. Среднее изъ нѣсколькихъ промежутковъ будетъ періодъ τ .

Для опредѣленія скорости движенія волны, два наблюдателя (можетъ и одинъ, но это труднѣе) размѣщаются на концахъ линіи вдоль палубы корабля, величина коей l извѣстна, и наблюдаютъ моменты прохода одного и того же гребня черезъ линіи ихъ зрѣнія, избранная перпендикулярно килу корабля. Возьмъ среднее изъ нѣсколькихъ наблюденныхъ промежутковъ времени пробы волною длины l , на примѣръ t'' , получимъ истинную скорость V .

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

Для опредѣленія длины волны, при условіи, что волны короче корабля, наблюдатели расходятся вдоль палубы такъ, чтобы одновременно находиться противъ линій двухъ сосѣднихъ гребней. Расстояніе между ними и будетъ длина волны λ .

Если волны длиннѣе корабля, то λ можно получить по формулѣ

$$\lambda = VT$$

или можно λ наблюдать непосредственно, выпуская съ кормы латъ, т.-е. поплавокъ, привязанный къ линіи съ дѣленіями, пока секторъ латъ не окажется за кормой на гребнѣ волны въ тотъ моментъ, когда гребень слѣдующей волны будетъ у кормы корабля. Длина вытраченного латъ-лины и будетъ искома λ . Если волны ребольшія, то можно отнустать секторъ латъ на 5—10 волну.

Для нахожденія высоты волны, если она значительная, наблюдатель избираетъ такое мѣсто на кораблѣ, гдѣ бы въ моментъ нахожденія корабля у подошвы волны, т.-е. когда корабль расположенъ вертикально (см. выше фиг. 91), глазъ находился бы на линіи, проходящей черезъ гребни двухъ послѣдовательныхъ волнъ, былъ бы съ ними на створѣ; или, еще лучше, если глазъ будетъ видѣть на одной линіи гребень ближайшей волны и горизонтъ. Расстояніе наблюдателя въ этотъ моментъ отъ ватерлиніи корабля дастъ высоту волны h .

При волнахъ меньшаго размѣра наблюдатель, опускаясь по кораблю, находитъ соответствующее мѣсто для своего глаза.

Существуютъ приборы для наблюденія высоты волнъ; изъ нихъ наилучшій Фруда. Онъ основанъ на законѣ уменьшенія радиусовъ орбитъ частицъ съ увеличеніемъ глубины. Приборъ состоитъ (фиг. 92) изъ рейки A съ дѣленіями, у нижняго коня коей привѣшенъ грузъ B для баласта. Отъ груза идетъ тонкій линъ C къ кораблю, а за нижнюю часть груза укрѣпленъ тросъ D такой длины, чтобы площадка E находилась уже въ области, не возмущенной волненіемъ воды. Площадка состоитъ изъ рамы



Фиг. 92.
Приборъ Фруда.

съ натянутою на ней нарушницею; подъ нею подвѣшены лотъ F такого вѣса, чтобы вся система имѣла достаточный запасъ плавучести. Приборы такъ просты, что его легко сдѣлать и на суднѣ. При наблюденіяхъ остается замѣчать дѣленія на рейсѣ A при прохожденіи черезъ нее вершины и подошвы волны. Конечно, применять такой приборъ можно только для наблюденія волнъ не очень большихъ размѣровъ.

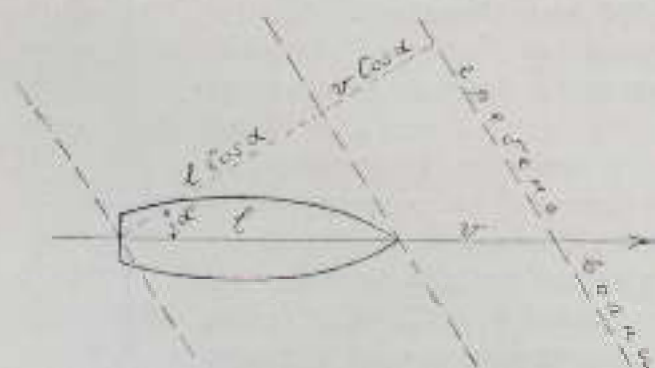
Наконецъ высоту волнъ можно измѣрять еще при помощи чувствительнаго анероида (напр., Гейдшмита), отсчитывая его показанія у подошвы и на вершинѣ волны. Этотъ способъ пригоденъ для большихъ волнъ и даетъ достаточно точные результаты при условіи, чтобы корабль былъ небольшого тоннажа и, слѣдовательно, близко слѣдилъ бы за поверхностью волны; т.-е. его собственный періодъ долженъ быть малъ; точность опредѣленій около 1 метра. Во всякомъ случаѣ, при этомъ наблюдатель долженъ находиться около середины корабля, чтобы избѣжать вліянія качки на отсчеты.

Вообще и при обыкновенномъ способѣ опредѣленія высоты волнъ, приближая совмѣщенія гребней съ горизонтомъ, нужно также помѣщаться посрединѣ корабля.

II. — *Корабль идетъ подъ угломъ къ линіи гребней волны.* — Если корабль идетъ и, какъ чаще всего бываетъ, курсъ его составляетъ какой-нибудь уголъ α° съ перпендикуляромъ къ линіи гребней, то оба эти условія необходимо принять во вниманіе для полученія истинныхъ величинъ элементовъ волны.

Для опредѣленія скорости два наблюдателя размѣщаются на концахъ измѣренной во палубѣ линіи l и наблюдаютъ моменты про-

хожденія того же гребня волны черезъ линію изъ извѣстныхъ, расположенную перпендикулярно къ лѣ корабля. Взявъ среднее изъ наблюденныхъ промежутковъ времени пробы-ганія волною длинны l , получаютъ t^* . На чертежѣ (фиг. 93)



Фиг. 93. Опредѣленіе скорости, періода и длины волнъ.

предполагается, что расстояние l пробегается волною въ промежутокъ времени t . Такъ какъ корабль идетъ подъ угломъ α къ линіи перпендикулярной гребнямъ волнъ, т.-е. къ направленію ихъ движенія, то, чтобы принять во вниманіе отклоненіе курса отъ направленія движенія волнъ, необходимо найти проекцію расстоянія l и скорости корабля v на направленіи движенія волнъ, для чего обѣ величины умножаемъ на $\cos \alpha$

$$l \cos \alpha \text{ и } v \cos \alpha$$

Если бы корабль не двигался, то искомаи скорость волнъ нашлась бы въ выраженіи

$$V = \frac{l}{t} \cos \alpha$$

но, такъ какъ корабль движется по линіи своего курса со скоростью v , а по линіи движенія волнъ — со скоростью $v \cos \alpha$, то истинная скорость волнъ найдется, если къ вышеприведенному выраженію присоединимъ относительную скорость корабля $v \cos \alpha$ съ соотвѣствующимъ знакомъ

$$V = \left[\frac{l}{t} \pm v \right] \cos \alpha$$

Знакъ плюсъ беруть, если корабль идетъ въ ту же сторону, куда и волненіе; а знакъ минусъ, когда корабль идетъ навстрѣчу волненію.

Для находженія длины волны можно использовать тѣ же наблюденія. Каждый изъ двухъ наблюдателей замѣчаетъ моменты прохожденія нѣсколькихъ послѣдовательныхъ гребней черезъ свою линію широтанія; въ сравненія этихъ моментовъ получится рядъ промежутковъ, каждый изъ нихъ представляетъ относительный періодъ волны (если бы корабль шелъ перпендикулярно гребнямъ, то эти промежутки были бы истинные періоды), взявъ среднее изъ промежутковъ обонхъ наблюдателей, получаютъ средній относительный періодъ волны — τ .

Относительная скорость движенія волнъ на направленіи линіи движенія гребней, очевидно, есть

$$\frac{l}{t} \cos \alpha$$

Отсюда, пользуясь известною уже зависимостью между длиной, скоростью и периодом волны (см. стр. 238), имеемъ

$$\lambda = \frac{l}{\lambda} \cos \alpha \tau_1 = l \cos \alpha \frac{\tau_1}{l}$$

Иногда определяют длину волны на ходу, выпуская за корму ленту, пока секторъ его не окажется на гребнѣ слѣдующей волны, а корма будетъ на гребнѣ предыдущей. Умноживъ полученную длину лентина на $\cos \alpha$, получаютъ λ . При значительной величинѣ угла α этотъ способъ даетъ большую погрѣшность.

Найдя истинную величину длины волны — λ и скорости распространения ея — V , получаютъ истинный періодъ вычислениемъ, а именно:

$$\tau = \frac{\lambda}{V} = \frac{l \cos \alpha \frac{\tau_1}{l}}{\left[\frac{l}{l} \pm v \right] \cos \alpha} = \frac{l \tau_1}{l \pm v}$$

Высота волны наблюдается на ходу корабля такъ же, какъ и на якорѣ.

Опытъ показываетъ, что указанные способы даютъ точность до $\pm 0,1$ искоемыхъ величинъ, конечно, если наблюдатели будутъ чисто практиковаться, потому что производить наблюденія элементовъ волненія въ открытомъ морѣ не легко. Если корабль можетъ на время наблюденій изменить свой курсъ на перпендикулярный гребнямъ волнъ, то опытъ очень облегчается наблюденія, и точность ихъ увеличивается.

Въ послѣднее время были сдѣланы попытки примѣнить къ изслѣдованію волнъ фотограмметрическій способъ, снимая волновую поверхность моментально и одновременно двумя камерами, расположенными на палубѣ близка на палубѣ корабля. Затѣмъ при помощи особаго прибора — стереоскопатора, куда вставлялись оба сдѣланныхъ снимка, отыскивались на обоихъ снимкахъ соответственныя точки поверхности волны и опредѣлялось ихъ положеніе, а затѣмъ строился планъ этой части моря въ горизонталяхъ черезъ полъ-метра вертикальнаго сѣченія. Сдѣлавъ рядъ обстоятельно избранныхъ вертикальныхъ сѣченій плана, получаютъ профили волнообразной поверхности моря, а изъ нихъ средний профиль, который и изслѣдуется.

Такого рода изслѣдованій волненія сдѣлано до сихъ поръ очень мало, одна попытка была сдѣлана около м. Горна и другая на суднѣ

Planet въ южномъ Индійскомъ океанѣ на границѣ и въ области SE изсѣсана, гдѣ было измѣрено шесть волнъ. Ниспавшихъ рѣшающихъ результатовъ, конечно, и не могло быть получено при такомъ маломъ числѣ наблюдений, они во многихъ отношеніяхъ сходятся съ результатами наблюдений, сдѣланныхъ обычнымъ способомъ. Среднія профили, такимъ путемъ полученныя, довольно близки къ трохоядальнымъ, выведенныя же отсюда движенія частицъ на орбитахъ не особенно хорошо подходятъ къ круговымъ или эллиптическимъ орбитамъ.

Кромѣ опредѣленія элементовъ волнъ, при наблюденіяхъ ихъ отмѣчаютъ еще и степень или силу волненія на глазъ по особой шкалѣ, установленной на международной метеорологической конференціи въ Лондонѣ въ 1874 г. Шкала волненія десятибалльная. 0 соответствуетъ идеально и совершенно гладкому, покойному морю, а 9 — волненію чрезвычайной силы.

Валы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высота волнъ въ мѣтрахъ.	0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	6-7	8-9	10-15	>15

Характеръ волненія въ открытомъ океанѣ.—Трохоядальная теорія волненія разбираетъ такъ называемое установившееся волненіе—либъ, въ океанѣ же и въ моряхъ гораздо чаще наблюдаются обыкновенныя вѣтровыя волны, далеко не имѣющія правильности, соответствующей теоретическимъ представленіямъ. При теоретическомъ разсмотрѣніи вопроса не принимается вовсе во вниманіе внутреннее треніе въ жидкости (вязкость), а также продолжительное дѣйствіе вѣтра на поверхность заволнованной воды и треніе ея о воду, возбуждающее поступательное движеніе верхнихъ слоевъ, все это имѣетъ чрезвычайно усложняетъ движеніе волненія въ открытомъ морѣ. Поблизости же береговъ и въ недостаточно глубокихъ моряхъ, гдѣ глубина сравнительно съ размѣрами волнъ невелика и слѣдовательно не соответствуетъ теоретическому представленію о томъ трохоядальной теоріи, характеръ волненія также измѣняется.

Пусть на поверхность воды въ спокойномъ состояніи подѣйствуютъ вѣтеръ; движеніе воздуха вдоль водной поверхности заставитъ поверхностный слой начать двигаться по тому же направленію. Вслѣдствіе существованія внутреннего тренія, и нижележащіе слои воды начнутъ увлекаться за поступательное движеніе, и низвергъ должно было бы

установится равномерное поступательное движение некоторого слоя жидкости со скоростью, убывающей сверху вниз. Такое движение, конечно, должно вывести поверхность жидкости из горизонтального положения, потому что из сил тяжести присоединились еще силы ветра.

Очевидно, подобная наклонная поверхность на сколько-нибудь значительномъ протяженіи океана или моря не можетъ существовать, такъ какъ ветеръ никогда не сохраняетъ одинаковой скорости и направленія; постоянныя же измѣненія въ движеніи воздуха приведутъ къ образованію въ верхнемъ слое воды безчисленнаго множества такихъ наклонныхъ поверхностей, соединенныхъ другъ съ другомъ разными кривыми поверхностями. Образовавшаяся такимъ путемъ неровная водная поверхность, подъ вліяніемъ постоянныхъ небольшихъ перемѣтъ въ силѣ и направленіи ветра, быстро преобразуется въ волнообразную съ колебательнымъ движеніемъ частицъ воды, въ которомъ послѣднія будутъ описывать орбиты такого рода, чтобы на поверхности движеніе частицъ удовлетворяло совокупному дѣйствию на нихъ силы тяжести, ветра, вязкости и инерціи. Очевидно, при этихъ условіяхъ колебательное движеніе частицъ будетъ иное, нежели при установившемся волненіи.

Какъ только образовались первыя (капиллярныя) волны, ветеръ тотчасъ начинаетъ сильно дѣйствовать на гребни, ускоряя въ этомъ мѣстѣ движеніе частицъ на орбитахъ и замедляя его у подошвы; при дальнейшемъ усиленіи ветра будутъ увеличиваться и колебательныя движенія частицъ. При этомъ внутреннее треніе (вязкость) жидкости будетъ быстро уничтожать колебанія частицъ меньшаго періода, нежели большаго, почему изъ хаоса разнообразныхъ волнъ, образованныхъ усиленіемъ того же ветра, постепенно выдѣлятся болѣе значительныя волны, которыя и образуютъ некоторую, болѣе или менѣе правильную, систему волненія.

Опредѣленной силѣ ветра должны соответствовать и опредѣленные размѣры волненія, и потому, если ветеръ держится некоторое время достаточно постояннымъ надъ данною частью океана, то устанавливается и волненіе *). Однако при этомъ никогда поверхность воды не бываетъ гладкая, правильная; какъ при зыби; хотя бы ветеръ и волненіе и уста-

*) Попытки найти аналитическое выраженіе зависимости между силою ветра и величинами элементовъ волны пока не дали еще хорошихъ результатовъ по малости числа хорошихъ наблюденій волненія и ветра и недостаточной еще ихъ точности. Между тѣмъ наблюденія показываютъ, что волненіе всегда устанавливается по силѣ ветра, какъ это, напримѣръ, видно въ областяхъ пассатовъ или постоянныхъ NW вѣтровъ въ южныхъ широтахъ.

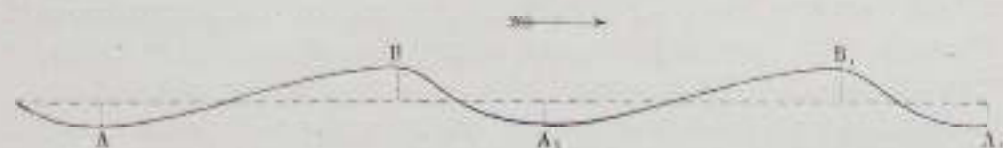
появились, но все же итеръ всегда производить на поверхности главныхъ волнъ рядъ второстепенныхъ, а на поверхности послѣднихъ—рядъ болѣе мелкихъ—третьестепенныхъ и т. д. Второстепенныя волны, нарастая, сливаются съ главными, третьестепенныя переходятъ во второстепенныя, и т. д., почему и получается разнообразіе характера среди главныхъ волнъ, которыя бывають то больше, то меньше. Нѣсколько волнъ подъ рядъ, три-четыре, имѣютъ почти одинаковые періоды и размѣры, затѣмъ появляется волна, только-что сливавшаяся съ наросшею на ней же второстепенною и потому большого размѣра, а далѣе нѣсколько совершенно неправильныхъ волнъ и снова двѣ-три одинаковыя *).

Стоитъ итеру стихнуть, и всѣ возбужденныя имъ системы волнъ снerva преобразовываются въ правильной формы зыбы разныхъ размѣровъ, а затѣмъ внутреннее треніе скоро успокаиваетъ волны меньшихъ размѣровъ, и остается зыба, преобразовавшаяся изъ главныхъ волнъ, пока и она, медленно убывая, постепенно не перейдетъ въ состояніе покоя.

По мѣрѣ того, какъ волненіе подъ дѣйствіемъ итера нарастаетъ, нажимаются и его элементы и притомъ не пропорціонально, особенно длина и высота. Отношеніе h къ λ при увеличеніи волненія убываетъ, потому что длина λ возрастаетъ быстрее высоты h .

Когда итеръ стихъ, то изъ образовавшейся зыбы отношеніе $h:\lambda$ продолжаетъ убывать вслѣдствіе вліянія внутренняго тренія жидкости. Такимъ образомъ волны бывають всего круче въ началѣ своего образованія и положе въ установившемся волненіи.

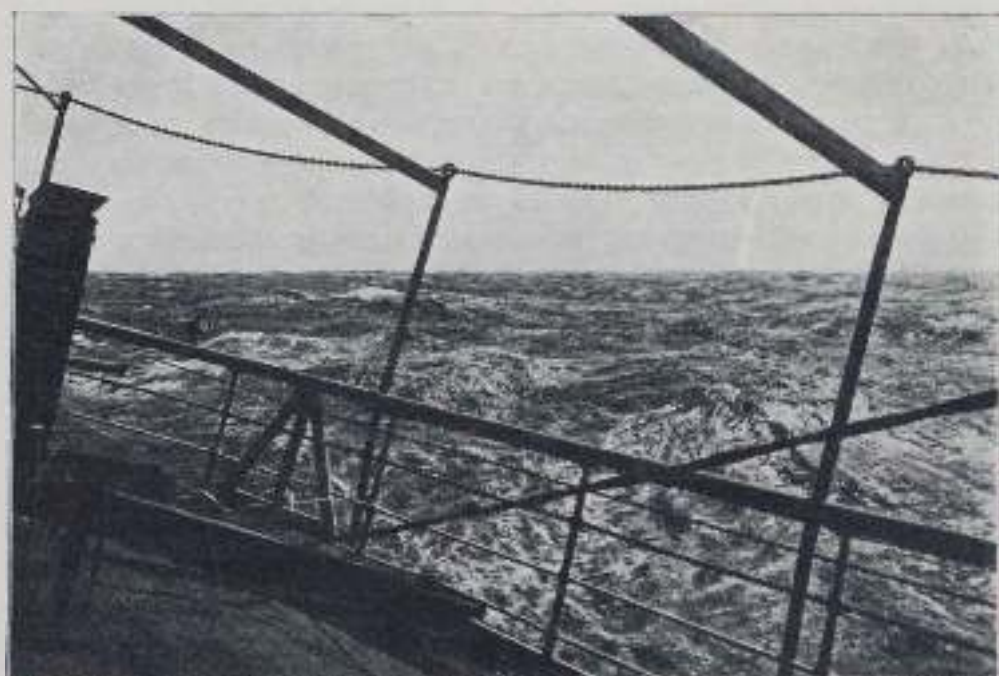
Подъ вліяніемъ итера при волненіи не только образуется поверхностное поступательное движеніе воды, но и форма волнъ теряетъ ту симметричность, какаа наблюдается при зыбѣ. Навѣтренный склонъ волны



Фиг. 94. Видъ итерныхъ волнъ.

АВ (фиг. 94) становится пологимъ, а подвѣтренный ВА, — крутымъ. Наконецъ подъ вліяніемъ итера, дѣйствующаго сильнее на гребни волнъ, частицы воды на вершинѣ волны двигаются быстрее на своихъ орбитахъ, опережаютъ ниже ихъ лежащія и рассыпаются, образуя бѣзья,

*) Отсюда и получился предразсудокъ о безтолѣ волѣ.



Фиг. 95. Сильное волнение. Индийскій океанъ, шир. 20° 15', 75° 30' д. л.

ишестя пологя (барашки). При вѣтрѣ большой силы и гребни образуются сильноѣ и обладаютъ большою массою воды и большою силою удара при встрѣчѣ съ какою-либо препятствіемъ (напр., бортомъ корабля).

Хорошее представленіе о характерѣ взволнованной поверхности океана въ штормовую погоду даютъ слѣдующія фотографія (фиг. 95) и другая, помѣщенная на заглавной страницѣ; послѣдній снимокъ сдѣланъ въ болѣе свѣжую погоду. На первомъ рисункѣ, гдѣ глазъ наблюдателя попятнее выше, хорошо видно, что, несмотря на сильное волненіе, линія горизонта все-таки почти прямая; то же и на второмъ рисункѣ, гдѣ особенно хорошо видны второстепенныя волны, образующіяся на поверхности главныхъ.

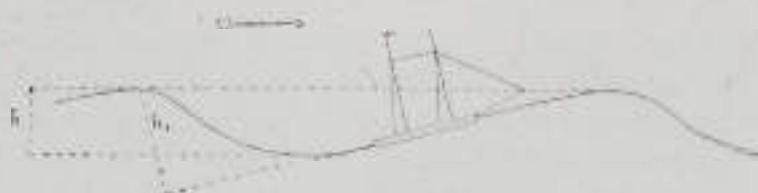
Результаты наблюденій волнъ въ открытомъ океанѣ. — Наибольшій рядъ наблюденій надъ волненіемъ въ открытомъ океанѣ принадлежитъ морякамъ французскаго военнаго флота и особенно лейтенанту Пари, сдѣлавшему въ теченіе трехлѣтняго плаванія около 4.000 наблюденій (изъ 1867—70 гг.). Подобныя же наблюденія производились англичанами, американцами, русскими и японцами.

Все эти наблюдения в среднем приводят к показывають, что наибольшіе размеры вѣтровыхъ волнъ въ открытомъ океанѣ встрѣчаются въ южномъ полушаріи въ той области Мирового океана, гдѣ синопическое водное кольцо охватываетъ землю, и гдѣ суша, даже и въ видѣ острововъ, находится далеко, не стѣсняя волненія (см. далѣе стр. 259). Въ этой области наблюдались волны до 400 м. длины (1300 ф.) и до 10—11, быть-можетъ, 12—13 м. высоты (33 ф.—36 ф.—40 ф.—45 ф.), съ періодами до 17—18 сек. и скоростью распространенія до 14—15 м. въ секунду, иногда и болѣе (до 22 м. въ с.).

Въ 1913 г. профессоръ Николаевской Морской Академіи гв.-лейт. А. Н. Крыловъ 22-го Марта въ Атлантическомъ океанѣ наблюдалъ къ NE отъ о-ва Мадеры съ 8 утра и до 6 ч. вечера зыбь, идущую отъ N при мертвомъ штилѣ. Волны были длиной до 185 м. (600 ф.), а высотой около 9 м. (30 ф.) съ періодами въ 12 с., откуда скорость распространенія получается 15 м. въ сек. (50 ф.). Волненіе было разведено циклономъ, прошедшимъ по сѣверной части океана, такимъ образомъ волны отъ мѣста своего возникновенія проѣзжали расстояние около 1800 морскихъ миль въ 48 час. Другое наблюдение было сдѣлано А. Н. Крыловымъ 27-го Марта 1913 г. въ 30 миляхъ на западъ отъ м. Финистерра. Шквалъ намерѣлъ сразу отъ SW и перешелъ въ WSW; онъ развелъ къ 5 ч. дня громадное волненіе, длина волнъ была 274 м. (900 ф.) при высотѣ въ 12—13,7 м. (40—45 ф.).

Но такіе штормовыя волны рѣдки, онѣ чаще случаются при особенно сильныхъ NW штормахъ въ южныхъ широтахъ, обыкновенныя же штормовыя волны имѣютъ меньшіе размеры: длину около 150 м. (490 ф.), высоту около 7—8 м. (23—26 ф.), періодъ около 7—8 с. и скорость распространенія около 17—18 м. въ сек. (56—60 ф.). У такихъ волнъ отношеніе высоты къ длинѣ около 1:19; вообще это отношеніе въ океанскихъ волнахъ не бываетъ больше 1:13 (Пара) и колеблется отъ 1:15 до 1:35. Уголъ наибольшей крутизны обыкновенно 7°—8°, въ южныхъ широтахъ, случается, доходить до 10°—12°. Такимъ образомъ, штормовыя волны очень редки.

Отмѣчавшіяся въ прежнее время особенно большія высоты волнъ до 60—100 ф. преувеличены наблюдателями, что весьма легко можетъ быть, если корабль въ моментъ опредѣленія высоты волны не будетъ находиться у подошвы, а въ нѣкоторомъ удаленіи отъ нея, на склонѣ волны. На чертежѣ (фиг. 96) изображены—профиль обыкновенной вѣ-

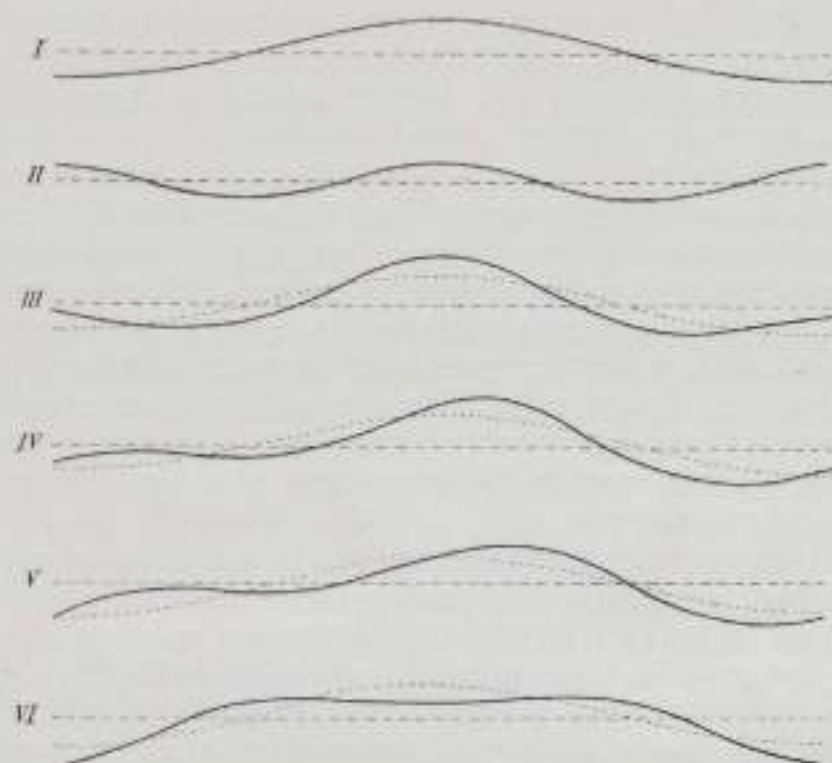


Фиг. 96. Приближенно определенная средняя высота волны.

тровой волны и корабль на склоне волны. Наблюдателю нормаль въ волнѣ всегда кажется отвѣсною линіей, поэтому, предполагая себя у подошвы волны, тогда какъ въ дѣйствительности онъ находится на склонѣ ея, наблюдатель легко можетъ принять высоту волны равною h , вмѣсто дѣйствительной и меньшей, равной h_1 .

Другое затрудненіе, встречаемое при наблюденіи волненій, заключается въ очень часто бывающей въ оковѣ интерференціи волненій. Одно волненіе еще не успокоилось, какъ приближается другое, идущее подъ угломъ первому; при этомъ могутъ получаться самые разнообразныя случаи интерференціи, совершенно нарушающіе правильность волненій.

На чертежѣ (фиг. 97) подъ номеромъ I изображена волна длиною въ 122 м. (пунктиръ есть уровень спокойной воды) и 6 м. высоты, имѣющая періодъ около 12,5 с. и скорость около 14 м. въ сек., а волна № II волна длиною въ 60 м., высотой 3,5 м., съ періодомъ около 6 с. и скоростью распространенія около 10 м. въ сек. Пусть направленія движенія волнъ совпадаютъ, тогда волны, обладая разною скоростью, будутъ различнаго образовъ накладываются одна на другую, образуя сложныя волны. Напримеръ, подъ № III изображено сочетаніе этихъ волнъ, тогда короткая и длинная волны совпали своими вершинами (кривая тонкимъ пунктиромъ есть профиль волны I). Высота сложной волны тогда увеличится до 7,9 м., а длина уменьшится до 90 м. Такъ какъ длинная волна идетъ скорѣе на 4 м. въ сек., то всего черезъ 2,5 сек. послѣ положенія III, сложная волна приметъ видъ IV, получится два гребня рядомъ, одинъ низкій, высотой 1,5 м., другой направо—9 м., а разстояніе между ними будетъ всего 60 м. Еще черезъ 4 сек. получится волна V, а черезъ 8 сек. положеніе VI, когда на мѣстѣ вершины длинной волны окажется подошва волны съ высотой послѣдней всего въ 1 м., а длина волны между этими двумя гребнями будетъ всего 50 м., тогда какъ слѣдующія волны будутъ до



Фиг. 97. Результаты интерференции волнъ, идущихъ въ тому же направленіи.

7,5 м. высотой. При пересѣченіи двухъ или нѣсколькихъ системъ волнъ въ разныхъ направленіяхъ интерференція будетъ еще сложнее.

Отсюда видно, какія бываютъ затрудненія при наблюденіи элементовъ волнъ въ морѣ. Ряды правильныхъ волнъ встрѣчаются рѣдко, и, чтобы ихъ не пропустить, необходимо отдать много времени наблюденіямъ надъ волненіемъ и приобрести большой навыкъ въ нихъ. Въ этомъ отношеніи первенство среди наблюдателей волнъ принадлежитъ лейтенанту французскаго флота Пари, который во время трехлѣтняго плаванія наблюдалъ волненіе въ теченіе 205 дней и сдѣлалъ за это время 4.000 наблюденій. Количество наблюденій другихъ лицъ (Шоттъ, Скоресби, Эберкромби и др.) разъ въ 100—50 меньше. Наблюденія Пари сдѣланы на судахъ (*Dupleix* и *Minerva*) прежняго времени^{*)}, ходившихъ много медленнѣе современныхъ, и потому стоячія волны, всегда образующіяся отъ хода корабля и сопровождающія его, нарушая тѣмъ са-

^{*)} Оба эти судна были парусныя съ вспомогательными винтовыми двигателями.
Ю. М. Шенгелъкинъ.

нынѣ характеръ наблюдаемаго волненія около судна, были гораздо меньше тѣхъ, какія получаются при современныхъ большихъ судахъ и значительныхъ скоростяхъ хода. Поэтому наблюденія Паря долго еще будутъ представлять особенно цѣнный матеріалъ.

Иногда случается, что въ какой-либо части океана появляется волненіе, несоотвѣтствующее ни силѣ, ни направленію вѣтра; такое волненіе приходитъ изъ другого мѣста океана, нерѣдко за тысячи миль, гдѣ оно было возбуждено штормовымъ вѣтромъ. Обстоятельство, что вѣтеръ, возбуждившій волненіе и обладающій гораздо большею скоростью, нежели волненіе, не распространяется такъ далеко, какъ волненіе, обусловливается тѣмъ, что штормовые вѣтры принадлежатъ къ циклоническимъ областямъ, гдѣ они дуютъ по спиралямъ къ центру циклона, а волненіе, возбужденное ими, свободно распространяется во всѣ стороны, не стѣсняясь областью циклона.

Причина, почему въ южномъ полушаріи, гдѣ океанъ охватываетъ всю землю, встрѣчаются наибольшіе размѣры волненія, зависитъ не только отъ отсутствія стѣсненія волненія берегами, но также и отъ характера вѣтровъ. Тамъ господствуютъ сѣвнѣе NW и W вѣтры, дующіе почти съ правильностью пассата, нерѣдко доходящіе до силы шторма, сохраняя все то же направленіе, потому тамъ и волны достигаютъ наибольшаго развитія, сравнительно съ болѣе узкими и стѣсненными сѣверными частями океановъ, гдѣ штормовые вѣтры принадлежатъ всегда къ циклоническимъ областямъ и слѣдовательно при передвиженіи циклона постоянно измѣняютъ свое направленіе въ томъ же мѣстѣ, и потому они не могутъ усиливать волненіе по первоначальному направленію.

Изъ всѣхъ имѣющихся наблюденій вытекаетъ, что высота волны есть самый непостоянный элементъ. Она быстро возростаеъ съ усиленіемъ вѣтра и такъ же быстро и убываетъ, когда вѣтеръ стихаетъ.

Длина волнъ также подвержена значительнымъ измѣненіямъ, особенно въ началѣ возникновенія волненія (см. стр. 253 по серединѣ), когда волны бываютъ всего круче, по мѣрѣ же увеличенія продолжительности шторма длина ихъ увеличивается; по разѣ достигнута длина долго сохраняется и по успокоеніи вѣтра.

Наиболѣе постоянный элементъ это скорость; она мало измѣняется и долго сохраняется даже, когда вѣтеръ успокоился и вѣтровая волна перешла въ зыбь, или когда волны въ своемъ распространеніи вышли изъ области возбуждающаго ихъ вѣтра.

Измѣненіе величины періода находится въ зависимости отъ длины и скорости; съ увеличеніемъ послѣднихъ возрастаетъ и онъ.

Все вышесказанное относится къ установившимся вѣтровымъ волнамъ, кромѣ которыхъ въ океанахъ и моряхъ встрѣчается еще совершенно правильная форма волненія — зыбь. Она образуется или если вѣтеръ, поднявшій волненіе, заштилѣлъ, или если волненіе отъ мѣста своего возникновенія распространилось на такую область, гдѣ вѣтеръ или очень слабый или совсѣмъ штиль, въ послѣднемъ случаѣ сразу получается совершенно не нарушенная трохондальная поверхность волненія.

Зыбь, какъ и вѣтровыя волны, бываетъ весьма различныхъ размѣровъ, но крайнія наибольшія величины, до которыхъ доходятъ ея элементы, бываютъ очень велики. Самая огромная волна зыби была замечена французскимъ морскимъ офицеромъ Моттепъ недалеко къ сѣверу отъ экватора въ Атлантическомъ ок. около 28° ш. д., она имѣла 824 м. въ длину и періодъ въ 23 с., а скорость распространенія была 35,8 м. въ сек., т.-е. 70 морск. миль въ часъ. Зыбь нередко распространяется на громадные пространства океана и, обладая большими скоростями распространенія, успѣваетъ въ короткій срокъ 2—3 сутокъ пересѣкать океанъ, сохраняя свою большую длину и большой періодъ. Запасъ энергій такъ великъ, что въ подобныхъ случаяхъ внутреннее треніе не можетъ его израсходовать, и только встрѣча съ берегами окончательно поглощаетъ остатки энергій.

Мѣстами зарожденія подобной громадной зыби являются главнымъ образомъ пояса океановъ около 40° — 50° сѣверныхъ и южныхъ широтъ, гдѣ осенью, зимою и раннею весною господствуютъ штормовыя циклоны, разводящіе огромное волненіе. Оттуда зыбь расходится во все стороны, и, какъ обычное явленіе, она достигаетъ экваторіальной штилевой полосы.

Атлантическій океанъ богаче такого рода наблюденіями, и тамъ подобная зыбь часто отмѣчалась въ штилевой полосѣ, зимою сѣв. полушарія тамъ наблюдается сильная зыбь отъ NW, а лѣтомъ сѣв. пол.—отъ SW. Т.-е. зимою зыбь отъ волненія, возбужденнаго штормовыми циклонами въ области Гольфстрима, а лѣтомъ—отъ штормовъ въ южныхъ широтахъ, гдѣ въ это время зима.

Случается, что NW зыбь не только доходитъ до штилевой полосы но и пересѣкаетъ экваторъ, достигая въ южномъ полушаріи о-въ Вознесенія и Св. Елены, т.-е. зыбь пребываетъ разстояніе до 4.000 морск. миль отъ береговъ Соедин. Штатовъ. Напримѣръ, въ 1886 г. Бьюкененъ

Средние размеры вихровых установившихся волн в тех частях океанов и морей, где дуют правильные ветры.

Выводы из наблюдений лейтенанта Паря.

ОБЛАСТЬ.	Средняя глубина.	Ветер, по Бо-форту.		Волнение.				$\frac{h}{\lambda}$	$\frac{v}{V}$
		τ метры в сек.	τ сек.	λ метры.	h метры.	V м. в с.			
Пассаты Атлант. ок. . . .	3900	3,5	4,8	5,8	65	1,9	11,2	1:35	0,43
» Индийск. ок.	4180	4,2	6,5	7,6	96	2,8	12,6	1:35	0,52
Зем. Тихой ок.	4500	4,5	8,5	8,2	102	3,1	12,4	1:33	0,68
NW ветры южн. Атл. ок.	4300	6,1	13,5	9,5	133	4,3	14,0	1:31	0,90
Батайскае и Японское м.	950	6,3	14,6	6,9	79	3,2	11,4	1:25	1,28
NW ветры южн. Инд. ок.	4600	6,8	17,4	7,6	114	5,3	15,0	1:22	1,16

Отдельные наблюдения Г. Эбергарда из 1885 г., Индия (Имал).

Вихровые волны.

Южн. Тих. обл. NW ветры	4500	—	—	10,7	164	—	15,3	—	—
» » » » »	—	—	—	10,7	232	—	21,7	—	—
» » » » »	—	—	—	8,0	122	—	16,5	—	—

Отдельные наблюдения Г. Шотта из 1892—1893 гг.

Вихровые волны.

1—SE пассаты Атлант. ок.	5000	5	8,8	5	38	1,0	7,8	1:20	1,11
2—SE » » » »	5000	5	8,8	6	62	4,0	10,2	1:16	0,86
3—ESE » Индийск. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
штормовая погода . . .	4500	8,5	16,7	8,8	130	7,5	14,7	1:17	1,14

Замеч.

4—Атл. ок. утра, пасаты N пол.	5000	1	1,7	5,2	49	0,8	9,5	1:61	—
5—Атл. ок. ясная погода, N пол., выйдя от NE пассата	5000	0	0	7,4	100	2,0	13,6	1:50	—
6—Инд. ок.—пасаты, на другой день пасаты наблюдения № 3, выйдя от E 1/2 S.	5000	5	8,8	9,5	140	6,0	14,8	1:23	—
7—Инд. ок., полур. гран. пасаты, огромный мах от SSW, т. е. из области W вихров. . .	5000	5	8,8	11,5	342	7,5	23,5	1:46	—

Отдельные наблюдения Planet из 1906—1907 гг.

Результаты фотограмметрических измерений.

Инд. ок. обл. W вихров.	5000	6	10,7	—	71	3,9	—	1:17	—
» » пассаты	5000	3	4,8	—	78	3,7	—	1:20	—
» » пассаты	5000	4	6,7	—	57	3,0	—	1:19	—

ОБЛАСТЬ.	Средняя глубина.	Витеръ.		Волненіе.				$\frac{h}{\lambda}$	$\frac{v}{V}$
		по Бо- форту.	τ метры въ сек.	τ сек.	λ метры.	h метры.	V м. въ с.		
Отдѣльные наблюденія лейт. плестр. фл. Гессенмайра въ 1895 г.									
Штировыя волны.									
Атлантическій океанъ.									
Область SE пассата . . .	—	1	8,8	4,5	30	1,5	6,7	1:20	1,31
» » » . . .	—	6	8,8	5,0	35	1,4	7,0	1:25	1,26
» W вѣтр. 38° ш. ш.	—	14	13,9	10,0	140	4,4	14,0	1:32	0,85
» W » 33° с. ш.	—	20	18,0	9,5	80	6,0	8,5	1:13	2,12
Звѣзды.									
Область SE пассата . . .	—	1	10,7	5,5	40	2,5	7,3	1:16	1,47
» » » . . .	—	2	8,8	9,5	130	3,0	13,7	1:43	0,64
» W вѣтр. 37° ш. ш.	—	6	6,7	5,5	55	3,4	10,0	1:16	0,67
» W » 33° с. ш.	—	8	15,4	8,0	100	4,5	12,5	1:22	1,23

Примечаніе.— Въ этой таблицѣ приведены не всѣ наблюденія Эбераромба, Шотта, Гессенмайра и Planet, а только часть ихъ.

Изъ этихъ данныхъ видно, что отношенія h къ λ колеблются отъ 1:25 (возможное предѣльное 1:3,14) до 1:35 въ штировыхъ волнахъ и отъ 1:23,3 до 1:60 для зыби, т. е. зыби при зыби значительно менше круга.

Единственными амбигуиозными данными, относящимися къ волнамъ пространствъ, ограниченныхъ изъ близости сравнительно разстояніи береговъ (Китайское и Японское м., наблюденія лейтенанта Парри) и меньшей глубины, показываютъ, что упомянутыя ограниченія уже сжаты до минимума въ размѣрахъ зыби.

Таблица лейт. Парри, дающая среднія величины, показываетъ, что при слабыхъ вѣтрахъ скорость волненія больше, а при сильныхъ вѣтрахъ — меньше. Шоттъ изъ своихъ наблюденій (ихъ всего было 18) приходитъ къ выводу, что вѣтеръ обладаетъ болѣе высокими скоростями, нежели волненіе. Наблюденія Гессенмайра не даютъ явнаго рѣшающаго вывода. Также не выяснена связь между скоростью вѣтра и высотой. Для разъясненія этихъ вопросовъ еще надо собрать и болѣе многочисленный и болѣе точный матеріалъ.

(химикъ экспедиціи *Challenger'a*), плывавъ на *Biscanier*, замѣтилъ, стоя на рейдѣ у о-ва Вознесенія, необыкновенную зыбь (1-го Марта въ 10 ч. веч.) съ періодомъ въ 16 с. и скоростью 25 м. въ сек. или 48,6 морск. миль въ часъ при длинѣ до 400 м. Она возникла въ области циклона въ сѣв. Атлант. ок. около 40° с. ш. и 55° з. д. 25-го Февраля и слѣдовательно въ 100 часовъ пробѣжала до о-ва Вознесенія разстояніе въ 3.640 морскихъ миль.

7-го Дек. 1880 г. наблюдалась огромная зыбь въ области всего сѣв. Атлант. ок., возбужденная циклономъ южнѣ Ньюфаундлендской

банки около 35° с. ш. Зыбь дошла до Ламанша, береговъ Испаніи и была отмѣчена въ морѣ на судахъ, бывшихъ къ югу отъ о-вовъ Зеленаго мыса. Подобная зыбь съ очень большими періодами въ 15—20 сек., т.-е. много бѣльшими періодами волненія, возбуждаемаго мѣстными вѣтрами, часто наблюдается по всему океаническому побережью Европы.

На берегахъ Гвинейскаго залива не рѣдко наблюдается такая же громадная зыбь съ періодами въ 15 сек., длиною до 350 м. и скоростью 45—46 м. въ часъ или 23,5 м. въ сек.; она приходитъ изъ области западныхъ вѣтровъ въ южномъ полушаріи въ 2—3 сутокъ.

Подобныя же явленія наблюдаются въ Индійскомъ ок. на Зондскихъ о-вахъ, напр., на западномъ берегу Суматры и въ Тихомъ ок. какъ на островахъ, такъ и на берегахъ Южной Америки.

Волненіе во внутреннихъ моряхъ.—Относительно волненія во внутреннихъ моряхъ имѣется очень мало данныхъ. Несомнѣнно, что размѣры площадей морей, а во многихъ внутреннихъ моряхъ и недостаточная ихъ глубина должны оказывать вліяніе на уменьшеніе вообще размѣровъ волны и измѣнять отношеніе высоты къ длинѣ, дѣлая ихъ круче. Лейтенантъ Пари высказывалъ убѣжденіе, что даже на большихъ глубинахъ надо находиться по крайней мѣрѣ въ 30 миляхъ отъ береговъ, чтобы вліяніе ихъ не сказывалось на волненіи. Слѣдствія относительно размѣровъ элементовъ волнъ въ Восточно-Китайскомъ и Японскомъ моряхъ, данныя лейтенантомъ Пари (см. выше таблицу мелк. шрифтомъ), показываютъ ясно, какое большое вліяніе на волненіе имѣетъ размѣръ площади моря, потому что въ моряхъ Китайскомъ и Японскомъ глубины довольно велики, и потому нѣкоторое уменьшеніе глубины въ нихъ сравнительно съ океанскою, хотя и сказывается въ убываніи величинъ нѣкоторыхъ элементовъ (гл. обр. длины и высоты), но, вѣроятно, меньше, нежели уменьшеніе площади бассейна.

Въ *Средиземномъ морѣ*, гдѣ глубина велика, высота волны, повидимому, доходитъ до 5,0—5,5 м.

Въ *Нѣмецкомъ морѣ* высоты волнъ въ штормовую погоду обыкновенно не бывають больше 4 м., какъ исключеніе, наблюдались волны до 6 м. высоты, до 45 м. длины при періодѣ въ 8—9 с.

Для *Балтійскаго моря* данныхъ почти не имѣется. Повидимому, наибольшая высота волнъ здѣсь не превосходить 5 м., а отношеніе высоты къ длинѣ около 1:10, т.-е. волны круты.

Для интереса выше были приведены таблицы съ данными нѣкоторыхъ наблюдателей относительно волнъ какъ вѣтровыхъ, такъ и змби. Результаты лейт. Парри представляютъ выводъ, сдѣланный имъ изъ всѣхъ своихъ наблюдений (4,000), остальные представляютъ примѣры, взятые у другихъ наблюдателей, общее число наблюдений у которыхъ очень невелико (Эберкромби—6, Шоттъ—18, Planet—6, Гассенмайръ—28).

Заключение о трохондальной теоріи.—Трохондальная теорія волненія вполне приложима къ явленію змби въ океанѣ, гдѣ глубина сравнительно съ размахомъ волны очень велика и, слѣдовательно, условія разбѣговъ бассейна получаются весьма близкими къ требуемымъ теоріей. Въ вѣтровыхъ волнахъ та ихъ часть, которая доступна наблюдениямъ, т.-е. поверхностная, отстаетъ отъ теоретическихъ представлений, профиль теряетъ полную симметричность по отношенію къ вершинѣ волны, частицы поверхностнаго слоя несомнѣнно получаютъ нѣкоторое поступательное движеніе въ сторону движенія вѣтра и формы волны, и потому орбиты ихъ не сошлуты, а на гребнѣ—частицы разсыпаются и переносятся вѣтромъ нѣсколько впередъ. Постоянное образованіе вторичныхъ и волнъ другихъ порядковъ на поверхности главныхъ, постепенное нарастаніе вторичныхъ волнъ и сліяніе ихъ съ главными волнами, наконецъ интерференція нѣсколькихъ системъ волненія, все это вмѣстѣ нарушаетъ въ океанѣ простоту теоретическихъ условій трохондальныхъ волнъ.

Однако, даже и при перечисленныхъ обстоятельствахъ, проверка формулъ трохондальной теоріи данными изъ наблюдений показываетъ, что въ среднемъ получаются результаты, подтверждающіе справедливость трохондальной теоріи. Весьма вѣроятно, что, въ моменты существованія на поверхности вѣтровыхъ волнъ, на нѣкоторой глубинѣ движенія частицъ совершаются уже по законамъ трохондальной теоріи.

Какъ только вѣтеръ стихнетъ, и частицы воды останутся только подъ вліяніемъ силы тяжести и внутренняго тренія, немедленно устанавливается движеніе, совпадающее съ трохондальной теоріей, что подтверждаетъ правильность приложенія этой теоріи къ объясненію волнового движенія въ океанахъ.

Видоизмѣненія волненія съ уменьшеніемъ глубины. Прибой, бурунъ, толчея.—При приближеніи волны къ берегу, глубина начинаетъ убывать, и наконецъ разбѣры волны сравнительно съ глубиною становятся уже замѣтными величинами. Вслѣдствіе этого создаются

совершенно иные условия в той среде, где распространяется волна, и следовательно видоизменяется и форма волны, и в зависимости от местных условий получаются или прибой разного характера или буруны.

По мере уменьшения глубины убывает скорость распространения волны согласно закону, найденному еще Лагранжем, а именно:

$$V = \sqrt{gr}$$

где V есть скорость волны, r —глубина, а g —ускорение силы тяжести. Т.-е., чем глубина меньше, тем и скорость волны меньше, вследствие влияния трения о дно. Вместе со скоростью убывает и длина волны и тоже пропорционально квадрату глубины.

$$\lambda = 2\sqrt{gr}$$

и здесь трение о дно влияет на укорачивание волны.

Высота волны при этом увеличивается, и волна, переходя с больших глубин на меньшие, становится круче.

Только период волны остается неизменным, и, благодаря этому, всегда можно определить те размеры, какие волна имела на глубокой воде, пользуясь формулами трохондальной теории.

Возрастание высоты волны с уменьшением глубины является из следующего рассуждения. На глубокой воде масса обладает некоторой кинетической энергией, для каждого слоя воды шириною в 1 м. и длиной—равною длине волны, пропорционально квадрату радиуса орбиты поверхностной частицы. При уменьшении глубины убывает сила части массы воды, находящейся в противоположном движении, и живая сила распределяется на меньшую массу, и потому скорость вращения частицы на орбитах увеличивается. Эта скорость для поверхностных частиц— V находится в следующей зависимости от длины волны λ , радиуса орбиты поверхностных частиц— r и ускорения силы тяжести— g :

$$V^2 = 2g \frac{r^2}{\lambda}$$

Отсюда видно, что высота волны $\lambda = 2r$ пропорциональна скорости частицы на их орбитах— V . Поэтому при увеличении V и λ возрастает.

Согласно исследованиям Эри о движении волн на малой глубине, высота волны при этом увеличивается пропорционально корню четвертой степени из глубины. Если начальная высота волны будет H_1 и начальная глубина r_1 , то высота H_2 на глубине r_2 , меньшей r_1 , получится из выражения

$$H_2 = H_1 \sqrt[4]{\frac{r_2}{r_1}}$$

Следовательно, например, при $H=1,5$ м. и $p=33$ м. имеем:

для $p_1 = 25$	20	15	10	5	2 метра
$H_1 = 5,9$	5,3	5,6	6,2	7,4	9,3 "

Также точно известъ на высоту и ширину того воднаго пространства, куда распространяется волна. Высота при этомъ увеличивается пропорционально ^{в квадрате} квадрату начальной ширины *). Т. е., при начальной высоте волны H и начальной ширине волны b , имеем высоту H_1 при ширине b_1 , меньшей b , въ выраженіи

$$H_1 = H \sqrt{b:b_1}$$

Следовательно, например, при $H=1,5$ м. и $b=5000$ м. имеем:

для $b_1 = 4000$	3000	2000	1000	500	100 метровъ
$H_1 = 1,7$	1,9	2,4	3,4	4,7	10,6 "

Такимъ образомъ съ приближеніемъ къ берегу высота волны быстро увеличивается, особенно, если волна выходитъ изъ какой-нибудь зажатой и суживающейся бухты.

По мѣрѣ того какъ волны приближаются къ берегу, и глубина убываетъ, уменьшается ихъ длина и увеличивается высота, т. е. они приближаются къ циклоидальной предѣльной формѣ, и въ то же время въ ихъ нижнихъ частяхъ, вследствие тренія о дно, замѣчается движеніе частицъ, почему верхняя часть волны начинаетъ опрокидываться, что случается около глубины, равной высотѣ волны, при этомъ верхушка волны разсыпается пѣшевымъ гребнемъ.

Подобное измѣненіе формы волны, хотя и происходитъ отъ одной и той же причины, но называется различно, смотря по тому, гдѣ оно случается. Если разбиваніе волны происходитъ у самой береговой черты, то это будетъ прибой, если же оно бываетъ на некоторомъ удаленіи отъ берега надъ полосой отмелей или подводныхъ рифовъ (иногда совершенно въ открытомъ морѣ), то движеніе называется буруномъ.

Прибой, кромѣ того, получаетъ разный характеръ въ зависимости отъ того, отмельный берегъ или приглубый.

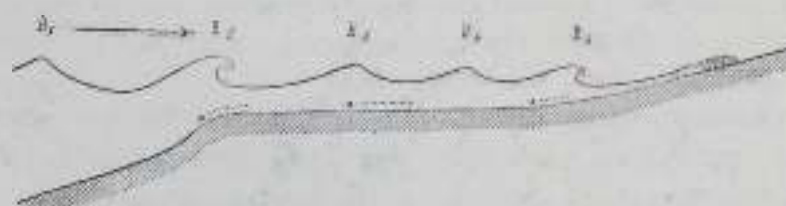
На отмельномъ берегу глубина убываетъ постепенно, а потому и нарастаніе волны прибой идетъ тоже постепенно. Какъ видно на фотографіи (фиг. 98), при этомъ получается рядъ волнъ съ разбивающимися гребнями, избѣгающими на некоторое разстояніе по пологому берегу,

*) Вынанъ уменьшенія глубины и ширины какой-либо части моря на увеличеніе высоты волны очень важенъ для дальнѣйшаго вопроса объ увеличеніи амплитуды приливовъ при ихъ распространѣніи въ заливахъ и проливахъ.



Фиг. 98. Прибой на спокойном берегу.

носа сила тяжести и трение не останавливать волну, и тогда потерявшая свою скорость вода тонким слоем потечет обратно, до встречи съ гребнемъ следующей волны. То же самое изображено схематически на чертежѣ (фиг. 99), при этомъ, какъ видно, часто получаются двѣ линіи разсыпающихся гребней, одна тамъ, гдѣ глубина первый разъ резко убываетъ B_1 , и вторая у самой береговой черты B_2 .



Фиг. 99. Схема прибой на отмели берега.

Вліяніе тренія волна о дно приводитъ къ образованію придоннаго теченія отъ берега на глубину (см. фиг. 99), оно останавливается каждою

набѣгающею волною и снова продолжается между ихъ гребнями. Въ то же время вся остальная масса воды прибой обладаетъ поступательнымъ движеніемъ къ берегу. Если прибой происходитъ при вѣтрѣ, то послѣдній еще усиливаетъ образованіе поверхностнаго теченія. Эти движенія воды при прибой достаточно сильны, чтобы перекачивать по дну обломки породъ, изъ коихъ сложены берега, и, постепенно обатывая ихъ, превращать въ гальку разной величины, въ крупный и мелкій песокъ и наконецъ въ илъ. При этомъ перекачиваемыя частицы двигаются зигзагообразно по отношенію къ береговой чертѣ и потому перемѣщаются вдоль нея.

Прибой у отмелаго берега бываетъ даже и въ томъ случаѣ, если вдали отъ берега волны имѣютъ направленіе движенія параллельно ему. При этомъ та часть волнъ, которыя идутъ ближе и на меньшихъ глубинахъ, болѣе замедляется въ своемъ движеніи, а болѣе мористая часть опережаетъ ихъ, и вся система волнъ загибается къ берегу, къ которому и подходитъ почти нормально, образуя прибой; это схематически изображено на чертѣхъ (фиг. 100).



Фиг. 100. Загибание прибой у отмелаго берега.

Прибой бываетъ у всякаго берега, но тамъ, гдѣ достигаютъ океанскія волненія или зыбь, онъ принимаетъ громадныя размѣры.

Выше (стр. 259) уже было упомянуто, что океанская зыбь, идущая изъ высокихъ широтъ сѣвернаго и южнаго Атлантическаго океана, достигаетъ о-въ Св. Елены, Мадеры и Вознесенія и образуетъ тамъ прибой большой силы, который въ былое время варуснаго плаванія, когда на рейдахъ этихъ о-въ скопилось много судовъ, нередко бывалъ причиною большихъ аварій.

Какъ примѣръ подобнаго прибоя, тутъ на рисунокѣ (стр. 268, фиг. 101) показанъ прибой у южнаго берега о-ва Мадера около порта Фунчалъ.

Такой же большой прибой случается на сѣверномъ отмеломъ берегу Гиннейскаго залива, гдѣ онъ чрезвычайно затрудняетъ высадку и выгрузку и погрузку судовъ, мѣстное названіе его «калема». Зыбь, образующая тутъ прибой, имѣетъ періодъ 15—16 сек. и на глубокой водѣ



Фиг. 101. Прибой у южного берега озера Мадера из залива Фунчала.

длину волны до 350 м. и скорость 45 морских миль в час или 23,5 м. в сек.

Подобный же прибой случается и у береговъ Европы; напримеръ, г. Воганъ Коранъ наблюдалъ въ Ламаншѣ на берегу Англіи (около Борнмутъ) въ Декабрѣ 1898 г. прибой съ періодами въ 19 сек., что соответствуетъ на глубокой водѣ волнѣ вышиною въ 660 м. и скоростью въ 67 морск. миль в часъ. Въ Февралѣ 1899 г. тотъ же наблюдатель тамъ же замѣтилъ прибой съ періодами въ 28,5 сек., следовательно на глубокой водѣ волна вышиною имѣла скорость 67 морскихъ миль в часъ и длину въ 790 м.

Когда прибой случается у приглубаго берега, круто поднимающагося изъ воды, то разсыпаніе волны происходитъ только при ударѣ о берегъ. При этомъ образуется обратная волна, встрѣчающаяся со слѣдующей за ней и уменьшающая ея силу удара, а затѣмъ избѣгаетъ повая волна и снова ударяетъ въ берегъ. Такіе удары волнъ, въ случаѣ большой вышины или сильнаго волненія, сопровождается верѣдко избросами волнъ на значительную высоту. Напримеръ, избросъ, изображенный на фотографіи (фиг. 102), представляетъ это явленіе у мыза въ Сентъ-Жанъ-де-Люцъ въ Бискайскомъ заливѣ, гдѣ берегъ открытъ



Фиг. 102. Вбросъ у мыса въ Сентъ-Мартъ-де-Ландъ въ Голландскихъ водахъ.

волнамъ, приходящимъ съ большихъ океанскихъ глубинъ залива. Для вброса достаточной силы необходимо, чтобы передъ тѣмъ волна имѣла большое пространство для разбѣга.

При вбросѣ волна получаетъ огромную силу, которая производитъ перѣдко громадные разрушенія, особенно въ случаѣ, если волна идетъ съ большой глубины и не ослабляется постепенно треніемъ о дно. Разрушительная сила прибой при этомъ достигаетъ удивительныхъ размѣровъ. На Шотландскихъ о-вахъ, къ сѣверу отъ Шотландіи, встрѣчаются обломки гнейсовыхъ скалъ, доходившіе до 6—12 тоннъ вѣсомъ, выброшенные прибоемъ на высоту до 20 м. надъ уровнемъ моря. Въ Шотландіи въ гавани Вискъ при постройкѣ водолоса въ Декабрѣ 1872 г. при восточномъ штормѣ сдвинуло и перебросило на другое мѣсто прибоемъ четыре бетонныхъ массива, связанныхъ въ одно цѣлое. Висну было три массива отъ 80 до 100 тоннъ каждый, а на нихъ были помѣщены и связаны съ ними вторыми массивы въ 800 тоннъ. Вся эта масса болѣе 1,000 тоннъ вѣсомъ была прибоемъ опрокинута въ гавань.

На мысѣ Белль-рокъ въ Шотландіи прибой, случается, даетъ

взбросъ до 33 м. высотой, а у стѣнки волнолома въ Олдерней, въ Англіи, бывають взбросы до 60 м. высотой.

Въ Вильбао, въ Испаніи, на берегу океана штормовымъ прибоемъ въ 1894 г. было перевернуто и сброшено со своего мѣста бетонный массивъ въ 1,700 тоннъ.

У маяка Тилламукъ въ Соединенныхъ Штатахъ, состоящаго на скалѣ того же имени немного вкѣвъ устья р. Колумбіи въ Тихомъ ок., въ свѣжую погоду часто бывають сильныя взбросы. Однимъ изъ такихъ взбросовъ, случившемся въ Декабрѣ 1894 г., обломокъ скалы, вѣсомъ около 60 килогр., подбросило выше фонаря маяка, имѣющаго высоту въ 139 фут., камень упалъ на крышу дома сторожа, стоящаго на 91 футъ выше уровня воды, пробилъ въ крышѣ отверстіе въ 20 кв. ф. и разрушилъ все внутри дома. Другой кусокъ скалы въ полъ-тонны вѣсомъ забросило къ подножію дома сторожа.

Въ 1902 г. 11-го Февраля тамъ же взбросомъ подняло столбъ воды, покрывшій башню маяка, т.-е. взбросъ былъ до 150 футовъ высоты.

Въ 1901 г. 29-го Декабря взбросомъ подняло воду выше фонаря маяка Тилламукъ, т.-е. на высоту въ 157 ф. надъ уровнемъ моря.



Фиг. 116. Прибой у волнолома въ Колумбо (о-въ Цейлонъ) при SW муссонѣ.

Въ Генуѣ въ 1898 г. штормовой прибой разломать возводило, при чемъ были сдвинуты съ мѣста 800-тонные массивы.

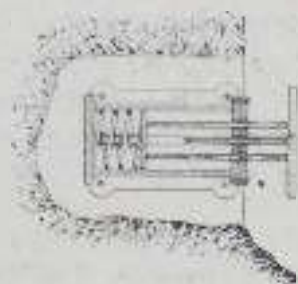
Замѣательный прибой бываетъ въ Коломбо на о-въ Пейтонъ при SW муссонѣ, который разводитъ въ осеннѣ большое волненіе, приходящее въ Коломбо съ большого простора и глубины (см. фиг. 103).



Фиг. 104. Прибой у береговъ о-ва Гернеса изъ Ламаншъ.

Въ Ламаншѣ, куда большая волна приходитъ изъ Атлантическаго океана хотя и не такъ свободно, какъ въ Коломбо, потому что она пробѣгаетъ здѣсь довольно большое пространство по материковой отмели, наблюдается все-таки сильный прибой, напр., у береговъ о-ва Гернеса (фиг. 104) и въ другихъ мѣстахъ.

Для опредѣленія величины давленія, развиваемаго прибоемъ, англійскій инженеръ Стевенсонъ построилъ динамометръ (фиг. 105), состоящій изъ площадки опредѣленнаго размѣра, удер-
живаемой пружинами въ выдвинутомъ поло-
женіи, перемѣщенія площадки во внутрь подъ
вліяніемъ удара волны отблывается приборомъ.
При помощи динамометра Стевенсонъ измѣрялъ
удары волнъ при выбросахъ и получилъ силу
удара, доходящую до 38 метр. тоннъ на ква-
дратный метръ. Устанавливая два динамометра,
одинъ тамъ, гдѣ получается *выбросъ*, а другой
всего въ 12 м. мористѣе и почти на той же



Фиг. 105. Динамометръ Стевенсона

высоты, Стевенсонъ опредѣлилъ, что на болѣе выдвинутомъ въ море приборѣ давленіе было въ два раза меньше, очевидно потому, что масса волны не успѣла еще приобрести той скорости, какую она получаетъ при взбросѣ.

Подобнаго рода дѣйствіе волнъ на берега производить разрушенія ихъ, и такъ какъ продолжительность времени, въ теченіе котораго берега подвергаются такому разрушительному дѣйствію волнъ, можетъ быть очень велика, то и результаты разрушенія получаются громадные. Напримеръ, разрушенія полнами береговъ Англіи за періодъ времени съ 1867 по 1900 г. уничтожило въ суммѣ площадь, равную 4,6 кв. кил. Берега Франціи въ Ламаншѣ также непрерывно подвергаются разрушеніямъ, и въ теченіе послѣднихъ 40 лѣтъ маякъ Лагёвъ около Гавра пришлось переносить на новое мѣсто, вслѣдствіе разрушенія берега. Въ этихъ случаяхъ, если существуетъ у береговъ достаточно сильное приливо-отливное теченіе, могущее унести матеріалъ, даваемый разрушеніемъ берега волненіемъ, то разрушеніе будетъ идти быстро; если жѣ таковыхъ теченій нѣтъ, то обрушившаяся часть берега создастъ нѣкоторую преграду, пока прибой ея не уничтожитъ.

Во внутреннихъ моряхъ, конечно, сила удара волнъ не можетъ быть такъ велика, какъ въ океанѣ. Такъ въ Средиземномъ морѣ принимаютъ за предѣлъ ударъ въ 85—100 $\frac{\text{мтр.}}{\text{кв. ф.}}$ а если берегъ пологій, то сила удара уменьшается до 57 $\frac{\text{мтр.}}{\text{кв. ф.}}$.

Въ Черномъ морѣ сила удара волнъ тоже значительная, въ виду большой его глубины, особенно у Кавказскаго берега, который очень приглубъ.

Въ Потѣ *) 5-го Февраля (ст. ст.) 1892 г. ударами волнъ были сдвинуты массивы, стоявшіе у головы южнаго мола гавани и плотно прижатые къ парапету мола; каждый массивъ имѣлъ 1.200 пуд. вѣсу, всего было сдвинуто пять массивовъ. 1-го Ноября 1893 г. съ головы мола ударами волнъ такъ же были сброшены массивы въ 1.000 пудовъ.

Въ Новороссійскѣ въ зиму 1890—91 г. были сброшены съ восточнаго мола гавани два массива, каждый по 2.400 пудовъ при боковой площади въ 1,8 кв. саж.

*) Свѣдѣнія относительно русскихъ морей любезно сообщены мнѣ профессоромъ Института инженеровъ Путей Сообщенія и начальникомъ Отдѣла Торговыхъ Портовъ М-ва Торг. и Промышл. В. И. Кандиба.

Въ Одессѣ на молѣ, ограждающемъ рейдъ, были случаи сдвига массивовъ въ 1.300 пудовъ.

Въ Балтійскомъ морѣ, въ Либавѣ, въ 1893 г. были случаи сдвига на сѣверномъ молѣ и на головѣ волнолома массивовъ до 1.200 пудовъ.

Вообще сила ударовъ волнъ для Чернаго моря, на сѣверномъ его побережьи, въ открытыхъ мѣстахъ, должна приниматься до $30-35 \frac{\text{мт}}{\text{м. в.}}$, а на Кавказскомъ берегу и до $40 \frac{\text{мт}}{\text{м. в.}}$. Въ Балтійскомъ морѣ, въ Либавѣ, силу ударовъ волнъ надо считать около $26-29 \frac{\text{мт}}{\text{м. в.}}$.

Если волна разбивается не у самого берега, а въ некоторомъ удаленіи отъ него, на отмели или на рифахъ, то подобное явленіе называется бурною.

На какой глубинѣ должны лежать отмели или подводныя скалы, чтобы на нихъ образовались буруны, зависитъ, конечно, отъ размѣровъ волненія. По имѣющимся свѣдѣніямъ, при сильномъ волненіи наблюдались буруны въ разныхъ мѣстахъ на слѣдующихъ глубинахъ.

На о-вѣ Мартиникѣ въ Малыхъ Антильскихъ о-хъ наблюдается бурунь на глубинахъ въ 10 м. (5,5 м.с.); около Лиссабона—на глубинѣ 13 м. (7 м.с.); на о-вѣ Мадера—на глубинѣ 27 и 31 м. (15—17 м.с.); около о-ва Терсейра (Азорскіе)—на глубинѣ 48 м. (26 м.с.); около о-ва Роббенъ (около Капштадта, южн. Африка)—на глубинѣ 45—55 м. (25—30 м.с.); у сѣверныхъ береговъ Испаніи около мыса Робаналь—на глубинѣ 46—57 м. (25—31 м.с.). Въ Средиземномъ морѣ у береговъ Сиріи иногда случается наблюдать буруны на глубинахъ до 84 м. (46 м.с.). На слѣдующемъ рисункѣ (фиг. 106) изображены бурунь на подводныхъ скалахъ около о-ва Гернсея въ Ламаншѣ.

Хотя бурунь бываетъ при волненіи опредѣленнаго размѣра, тѣмъ не менѣе, въ случаѣ прохожденія даже и меньшихъ волнъ надъ мѣстомъ, гдѣ измѣняется глубина, всегда замѣтно бываетъ увеличеніе высоты и укорачиваніе длины волнъ настолько, что для небольшихъ судовъ это представляетъ некоторую опасность.

Такъ, напримѣръ, на окраинѣ Ньюфаундлендской банки замѣчается измѣненіе характера волненія сравнительно съ тѣмъ, что наблюдается на глубокой водѣ. Даже на такихъ большихъ глубинахъ, какія имѣются на подводномъ порогѣ Уайвилъ Томсона, между Фарѣрскими о-ви и Шотландіей, т.е. при глубинахъ въ 400—500 м. (219—270 м.с.), замѣчается укорачиваніе волнъ.



Фиг. 106. Всплеск около носа Герсона на Лангитъ.

Глубина, на которой волнение, повидимому, совершенно не возмущает даже легких частиц пла, въ океанѣ соответствуетъ окраинѣ материковой отмели (200 м. = 109 м. с.).

Толчея есть результатъ интерференціи волнъ; въ этомъ случаѣ образуются высокія, круныя волны, почти цехлондальнаго характера. Такое движеніе наблюдается всегда при отраженіи волненія отъ берега, отъ стѣнки пристани, или при встрѣчѣ двухъ системъ волненія, напри- мѣръ, около выдающагося въ море мыса или въ центрѣ шхолона, куда вѣтры, стремившеся въ центральную область шхолона, гонять волны съ разныхъ сторонъ, образуя тамъ толчею, достигающую особенно большихъ размѣровъ въ срединѣ урагановъ и тайфуновъ.

Вліяніе на волненіе распространенія на поверхности воды масла или скопленій мелкихъ плавающихъ предметовъ. —

¹Вліяніе масла на измѣненіе характера волненія было извѣстно еще въ древности, а вліяніе скопленій какихъ-либо плавающихъ тѣлъ было подмѣчено еще Скоресби, который наблюдалъ въ полярныхъ странахъ вліяніе скопленій ледяныхъ кристалликовъ, образующихся на поверхности воды, при началѣ замерзанія (см. стр. 183).

Обыкновенно, при указаніи описываемаго явленія говорить—масло успокаиваетъ волненіе; это не вѣрно, волненіе остается безъ перемѣны, успокаиваются только гребни волнъ и второстепенныя, третъестепенныя и меньшія размѣровъ волны, существующія всегда на поверхности главныхъ волнъ (см. стр. 252); т.-е. вѣтровыя волны обращаются почти въ

волны лишь съ гладкою поверхностью и отсутствием гребней, срываемых втроихъ. Гребни при большой массѣ воды, ихъ образующей, представляютъ опасность для судовъ, такъ какъ удары гребней обладаютъ большою живою силою и не только могутъ сбить людей съ палубы, но и разрушить стояція на ней или висащія на шлюпбалкахъ любки, поломать палубныя рубки и разныя надстройки и т. п.

Масло всякаго рода обладаетъ почти въ два раза меньшимъ поверхностнымъ натяженіемъ, нежели вода, и гораздо болѣею вязкостью. Обладавъ въ то же время свойствомъ, очень быстро распространяться по поверхности воды, пленка масла охватываетъ большое пространство и тѣмъ усиленнымъ успокоиваетъ гребни и сглаживаетъ поверхности волнъ. Дѣйствительно, вслѣдствіе малаго поверхностнаго натяженія масла, вѣтеръ той же силы возбуждаетъ на его поверхности гораздо меньшихъ размѣровъ капиллярныя волны, и онѣ не могутъ легко нарастать и давать волны большихъ размѣровъ, усиливая постепенно волненіе. Въ то же время большая вязкость масла не позволяетъ вѣтру разорвать его слой, хотя онъ и очень тонокъ, не толще 0,0002 мм., и слѣдовательно масляный слой не даетъ вѣтру срывать гребни волнъ. Вслѣдствіе тонкости слоя масла, очень небольшое его количество быстро покрываетъ значительную площадь моря, напримѣръ, 50 куб. сант. масла въ 20 мин. покрываютъ площадь около 15.000 кв. метровъ, потому для средней величины корабля достаточно около 3 литровъ масла въ часъ. Чтобы равномерно выливать столь небольшое количество масла, употребляютъ слѣдующее простое средство. Обыкновенные мѣшки изъ-подъ угла, которые всегда есть на судахъ, наполняютъ хорошо растерзанной пенькой (пикмужиной), пропитанной масломъ, на каждый мѣшокъ надо литра по 4 масла. По два мѣшка съ каждаго борта на концахъ опускаютъ до воды, а концы крѣпятъ на борту. Чтобы масло легче распространилось по водѣ, въ мѣшкахъ дѣлаютъ нѣсколько дыръ. Время отъ времени мѣшки поднимаютъ и доливаютъ въ нихъ масла. Последнее можетъ быть всякаго сорта, но дѣйствительнѣе всего животныя масла (рыбій или тюлений жиръ), затѣмъ растительныя масла; минеральныя масла дѣйствуютъ хуже, также и болѣе густыя масла сравнительно съ болѣе жидкими.

Вѣнныя плавающие предметы въ такомъ количествѣ, что они покрываютъ большое пространство моря, сглаживаютъ, подобно маслу, вѣнныя на успокоеніе гребней и второстепенныхъ волнъ. Напримѣръ, скользякіе

большого количества подрослей въ Саргассовомъ морѣ и иногда и въ другихъ мѣстахъ океановъ оказываетъ вліяніе на характеръ волненія. Въ полярныхъ полсахъ океановъ такое же дѣйствіе оказываютъ плывучіе льды, почему тамъ волненіе никогда не достигаетъ большихъ размѣровъ.

Описаннымъ свойствомъ масла можно пользоваться, напримѣръ, при необходимости въ свѣжую погоду спустить шлюпки для подавія помощи или для сообщенія между судами. Въ этихъ случаяхъ суда будутъ стоять на мѣстѣ, и масло, распространившись вокругъ, образуетъ на поверхности моря большое пятно, внутри котораго гребни будутъ успокоены, и шлюпки не будутъ заливаться и захлестываться волнами. При прохожденіи черезъ буруны шлюпки тоже съ пользою могутъ употребить масло, выдѣливая мѣшокъ на носу.

Успокоивающее вліяніе на волненіе оказываетъ также и дождь, потому что капли его, обладавъ большою инерціей, проникаютъ въ верхній слой воды какъ бы постороннія тѣла и этимъ самымъ нарушаютъ характеръ движеній поверхностныхъ частицъ воды и успокаиваютъ гребни и исторосенныя волны.

II.—Волны отъ землетрясеній и вулканическихъ изверженій, случающихся въ морѣ.—Землетрясенія происходятъ главнымъ образомъ вслѣдствіе перемѣнъ пластовъ, слагающихъ земную кору. Такія перемѣны происходятъ вслѣдствіе сжатія земли отъ охлажденія лучеиспусканіемъ въ небесное пространство, и такъ какъ породы, слагающія земную кору, не абсолютно прочны, то оны, уступая сжатію, перемѣщаются, сжимаются и сдвигаются. Въ этихъ перемѣненіяхъ пластовъ земной коры принимаютъ участіе огромныя массы, и потому при этомъ получаются сильные толчки, возбуждающіе въ остальной части земной коры волны, распространяющіяся во все стороны, и тѣмъ далѣе, чѣмъ толчокъ былъ сильнее.

Вулканическія изверженія съ выдѣленіями лавы разныхъ составовъ случаются гораздо рѣже землетрясеній только-что указанного выше характера. Изверженія тоже сопровождаются періодо землетрясеніями, но обыкновенно гораздо менѣе сильными и потому охватывающими небольшія области.

Ложе Мірового океана, занимающее около 71% земной поверхности, тоже имѣетъ свои землетрясенія и свои подводныя вулканическія изверженія. Въ случаѣ таковыхъ, масса воды въ томъ мѣстѣ, гдѣ произошло

землетрясение, получает сильный толчок, возбуждающий въ ней волну, распространяющуюся во всѣ стороны.

Размѣры волнъ при этомъ получаются громадные, и, въ отношеніи отъ волнъ вѣтровыхъ, океанъ для такихъ волнъ является далеко не достаточно глубокимъ бассейномъ, и потому къ нимъ можетъ быть приложена простая формула Лагранжа $V = \sqrt{gr}$.

Подводныя землетрясенія, случающіяся достаточно часто, сопровождаются обыкновенно сильнымъ толчкомъ, перепадаемымъ водою на поверхность, а слѣдовательно и судамъ, случайно находящимся въ этомъ мѣстѣ. Толчки иногда столь сильны, что получается впечатлѣніе удара о рифъ или мель. Послѣдующія волны, возбужденныя ударомъ, уже становятся незамѣтны въ открытомъ океанѣ, потому что онѣ представляютъ только колебательное движеніе съ очень большимъ періодомъ и длиною и малою высотой. Но въ случаѣ, когда подобныя волны достигнутъ до берега, то тутъ онѣ могутъ доходить иногда до громадныхъ размѣровъ.

Въ Атлантическомъ океанѣ пространство между Азорскими о-ми и Мадерой и область къ востоку отъ о-ва Св. Павла вдоль экватора до мѣста наибольшей глубины въ южной части океана ($0^{\circ} 11'$ ю. ш., $18^{\circ} 15'$ з. д.) являются мѣстами, гдѣ особенно часто случаются подводныя землетрясенія.

Подводныя изверженія тоже перѣдки и иногда выражаются на поверхности очень сильнымъ и неправильнымъ волненіемъ, выдѣленіемъ пара и какъ будто кипѣніемъ воды (случай, бывшій въ Іюлѣ 1852 г. въ Атл. ок. $3^{\circ} 5'$ ю. ш. и $24^{\circ} 5'$ з. д. Въ томъ же году въ Октябрѣ: другое судно испытало такое же явленіе почти въ томъ же мѣстѣ $0^{\circ} 12'$ с. ш., 19° з. д.). Въ 1887 г. въ Іюлѣ въ $50^{\circ} 50'$ с. ш. и $27^{\circ} 8'$ з. д. въ Атлантическомъ океанѣ почтовый пароходъ линіи Бувардъ *Umbria* встрѣтилъ двѣ огромныя волны, смывшія съ палубы рубки, шлюпки, трубу и мачты. Подобный же случай былъ съ пароходомъ телеграфной компаніи *Faraday* въ $46^{\circ} 11'$ с. ш. и $27^{\circ} 53'$ з. д.

Волны, возбужденныя землетрясеніями, иногда получаютъ, какъ выше было указано, огромную силу и большое распространеніе.

Подобное послѣдствіе имѣло извѣстное Лиссабонское землетрясеніе въ Ноябрѣ 1755 г., оно сопровождалось при второмъ толчокѣ волною около 5 м. высоты, которая срывала суда съ якорей и разрушила набережную, при чемъ погибло много людей. То же землетрясеніе отозвалось по всему португальскому побережью образованіемъ высокихъ волнъ.

причинивших большія разрушенія. Такъ въ Кадиксеѣ волна имѣла до 18 м. высоты, она разрушила набережную, стѣну крѣпости и размыла перешеекъ, соединяющій городъ съ сушею. Волна добѣжала до береговъ Марокко и о-ва Мадера. Къ сѣверу отъ Лиссабона волна была отмѣчена въ Ламалинѣ и Нѣмецкомъ морѣ до Гамбурга. На противоположномъ берегу океана волна была отмѣчена на Ангильскихъ о-хъ, гдѣ мѣстами она имѣла высоту до 4 м.

Въ Тихомъ океанѣ, окруженномъ кольцомъ большихъ глубинъ, являющихся результатами складокъ земной коры, землетрясенія бывають часто, и неоднократно наблюдались сильныя волны, происшедшія отъ нихъ.

Въ Декабрѣ 1854 г. въ Японіи было сильное землетрясеніе, которое сопровождалось огромною волною до 9 м. высоты, хлынувшей на берега во многихъ мѣстахъ. Этотъ случай хорошо описанъ Гончаровымъ въ его сочиненіи «Фрегатъ Паллада». Черезъ 12 ч. 30 м. волна успѣла пройти черезъ океанъ и достигнуть берега Америки у Санъ-Франциско, а черезъ 13.8 часа она дошла до Санъ-Діега, лежащаго южнѣе. У береговъ Японіи неоднократно случались подобныя явленія, и одно изъ недавнихъ, бывшее въ Іюнѣ 1896 г., сопровождалось волною, которая мѣстами проникла далеко внутрь берега, при чемъ погибло до 27.000 людей и до 5.000 чел. было пероранено. Волна мѣстами достигала 6—10 м. и даже 15 м. высоты. Рыбаки, бывшіе въ это время далеко изъ морѣ, остались невредимы и даже не замѣтили волны, такъ какъ въ морѣ была только очень большая зыбь. Отъ береговъ Японіи волна въ 7 ч. 44 м. пересѣкла сѣверный Тихій океанъ и добѣжала до Сапдвичевыхъ о-въ, гдѣ на Гаваи была высотой до 2,5 м. Черезъ 10 ч. 34 м. волна достигла до Санъ-Франциско.

На берегахъ обоихъ Америкъ тоже нерѣдки землетрясенія, возбуждавшія волны. Въ Августѣ 1868 г. произошло землетрясеніе въ Арикѣ на берегу Перу. Черезъ 20 мин. послѣ перваго толчка волна около 2—3 м. высотой набѣжала на берегъ, затѣмъ море быстро отхлынуло по прямой мѣрѣ на одну милю отъ берега, послѣ чего на берегъ нахлынула громадная волна до 17 м. высотой, и въ теченіе нѣкотораго времени явленіе повторялось каждыя 15 мин. При этомъ суда были выброшены на берегъ далеко отъ береговой черты. Волна распространилась по океану на западъ и юго-западъ и черезъ 15.8 часа достигла о-ва Чатамъ (къ вост. отъ Нов. Зел.), у Новой Зеландіи (къ

Литлтонъ, южн. о-въ) она была черезъ 19,6 ч. у береговъ Австраліи, къ Сидней, черезъ 23 ч. Здѣсь волна была не высока, а къ Литлтонъ она достигала до 3 м.

Въ 1877 г. въ Маѣ было землетрясеніе въ Иквинкэ, около Арика, сопровождавшееся волною до 4,8 м. высотой и причинившее рядъ аварій судамъ, стоявшимъ на рейдѣ. Волна пересѣкла океанъ и дошла до Японіи въ 25 ч., а до Австраліи въ 18 ч. На Сандвичевыхъ о-вахъ, гдѣ волна была черезъ 14 ч., высота ея достигала (въ Гилло) 11 м. Телеграфный кабель, проложенный между Арика и Иквинкэ, былъ разорванъ въ 6 кил. отъ послѣдняго порта на глубинѣ 110 м., несмотря на то, что онъ былъ особенно прочный.

Въ Индійскомъ океанѣ тоже неоднократно случались подобныя же явленія, изъ нихъ особенно выдается случай вулканическаго изверженія на небольшомъ о-вѣ Кракатоя, лежащемъ посредникъ Зондскаго пр., случившагося 26-го и 27-го Августа (н. ст.) 1883 г. Новѣйшему, это самое сильное изверженіе, какое было за историческое время. Было три сильныхъ взрыва, 26-го въ 6 ч. веч., 27-го въ 5,5 ч. утра и въ 10 ч. веч., послѣдній взрывъ былъ самый сильный. Каждый взрывъ сопровождался волнами, заливавшими берега пролива и о-ва Суматры и Явы, а послѣдній взрывъ возбудилъ волну громаднаго размѣра, затопившую всѣ берега вокругъ. Два другихъ небольшихъ о-ва Себуку и Себези, лежащихъ въ Зондскомъ проливѣ недалеко отъ Кракатоя, населенные маляйцами, были совершенно затоплены, и съ нихъ были смыты не только всѣ жители, но и вся почва. Волна мѣстами достигала до 25—35 м. высоты, къ портѣ Телокъ Бетонъ на Явѣ канонерку сорвало съ якорей и занесло на 3 кил. внутрь суши и на высоту 9 м. надъ уровнемъ моря. Волны изъ Зондскаго пролива распространились по Индійскому океану, и на Цейлонѣ волна имѣла еще высоту до 2,5 м., а на западныхъ берегахъ Австраліи—до 1,8 м. Волна прошла въ южный Атлантическій океанъ и достигла м. Горна черезъ 23 ч. 31 м. послѣ момента самаго сильнаго взрыва (высота волны тутъ была 0,18 м.). Волна достигла даже береговъ Евразіи, напр., къ Гамбѣ она была черезъ 32 ч. 35 м., пройдя разстояніе въ 10.780 м. миль (20.000 в.), равно полуокружності земли.

Послѣдній взрывъ вулкана сопровождался проваломъ половины о-ва Кракатоя, который при этомъ раскололся какъ разъ по каналу кратера, избросилъ въ атмосферу громадное количество пепла на высоту не менѣе 80 кил. и возбудилъ воздушную волну, которая около трехъ

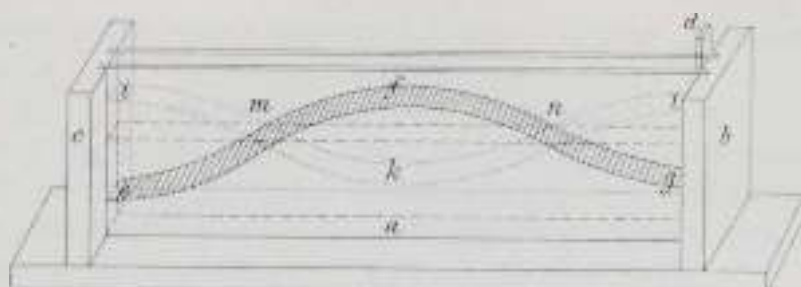
разъ обѣжала землю, въ Петроградѣ она была трижды отмѣчена барографомъ на Главной Физической Обсерваторіи.

Волна, возбужденная взрывомъ о-ва Кракатоа, имѣла длину въ 524.000 м., періодъ—3.480 сек., и скорость—189 м. въ сек. Волна землетрясенія въ Нивнине была длиною въ 241.000 м., періодъ ея 1.276 сек., скорость—189 м. въ сек. Волна Японскаго землетрясенія въ Симода въ 1854 г. имѣла длину въ 391.000 м., періодъ—1.980 сек., скорость—189 м. въ сек.

Примѣняя къ такимъ волнамъ формулу Лагранжа, можно получить среднюю глубину океана по дугѣ большого круга между двумя точками на берегу. Въ прежнее время, когда глубины океановъ были почти неизвѣстны, указываемый способъ былъ единственный, позволявшій получить понятие о средней глубинѣ океановъ. Конечно, такіа вычисленія даютъ только приблизительныя данныя, потому что въ дѣйствительности глубина измѣняется неравномѣрно, что вліяетъ на скорость волны, а при вычисленіи ее предполагають вездѣ одинаковою. Напримѣръ, по волнѣ Кракатоа были вычислены слѣдующія среднія глубины Индійскаго океана и по тѣмъ же линіямъ сняты глубины съ карты и вычислены среднія; получились слѣдующіе результаты:

	вычислено.	съ карты.
Зондскій пр.—Мадрасъ.	3109 м.	4200 м.
» — Аденъ.	3237 »	3930 »
» — о-въ Мауріція.	4444 »	4755 »
» — Банштадтъ.	3731 »	4200 »

III.—Стоячія волны, сейши.—Когда въ какомъ-нибудь водномъ бассейнѣ образуется колебаніе всей массы воды, при чемъ по поверхности ея не распространяется никакой волны, а колеблется весь объемъ воды, то такое колебательное движеніе называется стоячими волнами. Первые теоретическія и опытыя изслѣдованія стоячихъ волнъ были произведены братьями Веберъ. Колебанія при этомъ могутъ быть разнаго характера, но, каковы бы они ни были, всегда на поверхности отсутствуетъ волна, идущая отъ одного мѣста бассейна къ другому; замѣтъ этого на поверхности образуются одна или нѣсколько волнъ, очень пологихъ, которыя, не перемѣщаясь поступательно, поднимаются и опускаются на томъ же мѣстѣ, при чемъ вершина волны чередуется съ подошвою. На чертежѣ (фиг. 107) изображенъ видъ братьевъ Ве-



Фиг. 107. Наметьте bc , перегородку d и уровень воды.

берть abc со стеклянными боковыми стенками; въ d показана стеклянная перегородка, доходящая до дна, которую можно передвигать вдоль ящика. Если перегородку передвинуть параллельно самой себѣ къ концу ящика c , то въ зависимости отъ величины перемѣщенія въ водѣ образуются стоячія волны, которая долго колеблется. На чертежѣ изображена такая стоячая волна. При своихъ колебаніяхъ волна то достигаетъ крайняго положенія efg , то — ikh , при этомъ какъ разъ на уровнѣ жидкости въ покой ^{*)} оказываются двѣ точки m и n , гдѣ частицы жидкости остаются неподвижными. Эти точки называются узлами. Стоячія волны



Фиг. 108. Одноузловая волна.



Фиг. 109. Двухузловая волна.

могутъ быть съ однимъ узломъ посрединѣ (фиг. 108, узелъ въ точкѣ a), съ двумя (фиг. 109, узлы въ a и b), съ тремя и болѣе, въ зависимости отъ размѣровъ волны, размѣровъ бассейна и причины, производшей эти колебанія. Смотря по числу узловъ, они и называются — одноузловыми, двухузловыми, трехузловыми и т. д. (унинодальными, бинодальными, тринодальными...). Такимъ образомъ поверхность воды при существованіи стоячихъ волнъ находится въ такомъ же колебатель-

^{*)} Какъ выше было указано въ трохнодальной системѣ волненія, когда частицы описываютъ замкнутыя орбиты, центры послѣднихъ лежатъ на линіи, находящейся выше уровня частицъ въ покой.

номъ движеніи, какъ и струна, натянутая между двумя точками и приведенная къ колебательному движенію, на струнѣ тоже образуются одна, двѣ, три... стояція волны, раздѣленные узлами.

Наблюденіе падъ движеніями водныхъ частицъ въ стоячихъ волнахъ братьями Веберъ при помощи поплавковъ и французскимъ ученымъ Марей при помощи моментальной фотографіи показали, что водныя частицы при этомъ колеблются совершенно иначе, нежели при трюхондаальныхъ волнахъ, форма коихъ имѣетъ поступательное движеніе. Здѣсь частицы воды двигаются взадъ и впередъ по кривымъ, изогнутымъ внизъ. Внизу, на днѣ бассейна (см. фиг. 108), если сейша одноузловая, частицы двигаются взадъ и впередъ на нѣкоторомъ разстояніи почти горизонтально, а въ другихъ мѣстахъ около дна, параллельно послѣднему. Если же сейша двухузловая (фиг. 109), то подъ вершиною и впадиною волны частицы двигаются взадъ и впередъ вертикально, а подъ узлами и около нихъ по кривымъ и болѣе или менѣе горизонтально. На чертежахъ это движеніе частицъ показано стрѣлками, размѣръ которыхъ даетъ понятіе о величинѣ передвиженій частицъ.

Послѣдніе простыя формулы, выражающія соотношенія между періодомъ сейши, длиной и глубиною данного бассейна, суть слѣдующія:

$$T = \frac{2l}{V_{gr}}$$

гдѣ l — есть длина бассейна, p — глубина, T — періодъ сейши.

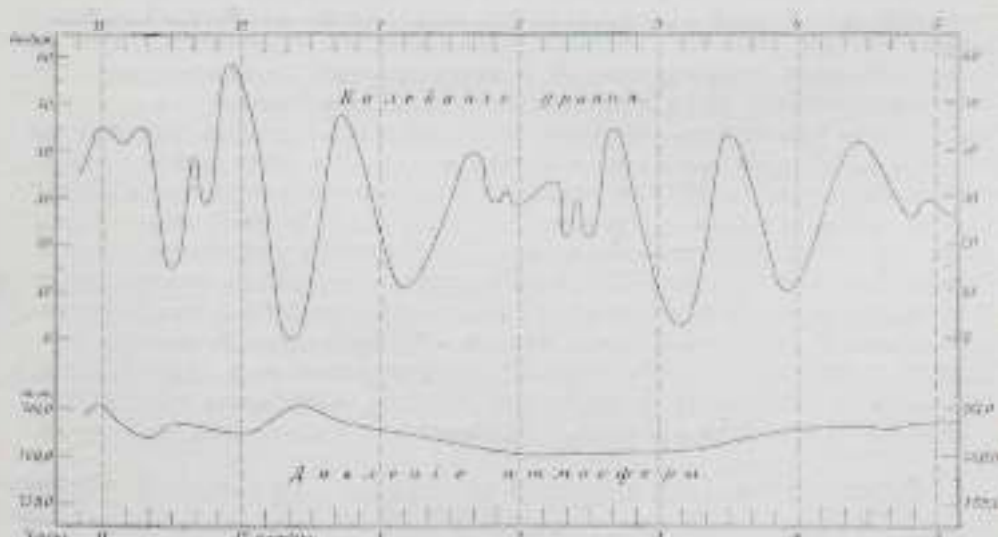
Въ этой формулѣ предполагается, что бассейнъ имѣетъ всюду одинаковую глубину. Болѣе сложная формула позволяетъ принять во вниманіе разную форму бассейновъ и рельефъ ихъ дна. Очевидно, что въ этой формулѣ предполагается при известномъ періодѣ и длинѣ вычислить среднюю глубину такъ не точно, какъ по формулѣ Лагранжа, это было показано выше для озера.

Впервые стояція волны были замѣчены на берегахъ озеръ Швейцаріи и изучены швейцарскимъ физикогеографомъ Форелемъ, который положилъ вообще начало изученію озеръ, образовавшему отдѣлъ океанографіи — лиминологію. Въ Швейцаріи давно крабрежными жителями озеръ были замѣчены колебанія уровня ихъ, часто случавшіяся при полномъ отсутствіи вѣтра или при такомъ волненіи, размѣры котораго совершенно не соответствовали величинѣ амплитуды колебаній и періоду ихъ. Амплитуды колебаній уровня при этомъ періодѣ достигали въ озерахъ значительной величины, иначе, конечно, онѣ не были бы замѣчены безъ особыхъ наблюденій. Такія колебанія получили на швейцарскихъ озерахъ названіе сейшъ. Форель первый занялся ихъ изученіемъ на

берегу Женевского озера, построил прибор — ливниграфъ, для записи колебаний уровня въ естественную величину, потому что большинство сейсмъ имѣютъ небольшую амплитуду, и убѣдился, что сейсмъ представляютъ не что иное, какъ стоянія волны, возбужденныя въ озерахъ обыкновенно рѣзкою переменною давленіемъ атмосферы надъ одною частью озера, напр., прохожденіемъ грозы, сопровождающейся всею рѣзкою уменьшеніемъ давленія атмосферы на сравнительно небольшомъ пространствѣ въ то время, какъ надъ другими частями бассейна давленіе остается прежнѣе.

Подобныя обстоятельства могутъ быть не только надъ озерами, но и надъ такими уютно бассейнами, частями морей и океановъ (бухтами, заливами, проливами) и возбуждать изъ нихъ явленіе сейсмъ. Наблюденія послѣдняго времени совершенно подтвердили такой выводъ; оказалось, что во всѣхъ моряхъ и у всѣхъ береговъ существуютъ сейсмъ, только во многихъ мѣстахъ онѣ еще не изучены.

Въ озерахъ сейсмъ имѣютъ весьма разнообразныя амплитуды и періоды. Въ Женевскомъ озерѣ амплитуды доходили до 2 м. съ періодомъ продольной одноузловой сейсмъ (могутъ быть и поперечныя сейсмъ, если бассейнъ длинный) въ 73 минуты. Въ озерѣ При (Соед. Шт.) періодъ доходить до 14 час., а въ оз. Онтарио—отъ 4 ч. 49 м. Въ Аральскомъ морѣ періодъ бываетъ въ среднемъ около 22,7 ч.



Фиг. 130. Сейсмъ въ Женевѣ 25-го Авг. 1881 г.

Въ Балтійскомъ морѣ сейши наблюдаются у всѣхъ береговъ, напримѣръ, въ Мемелѣ амплитуда достигаетъ 15 сант., а періодъ до 3 час.

Въ Черномъ морѣ сейши наблюдались въ Севастополѣ, гдѣ самопишущій барографъ при обсерваторіи Морского вѣдомства позволилъ ихъ замѣтить. На чертежѣ (фиг. 110, стр. 283) изображено колебаніе уровня въ Севастополѣ 25-го Августа (п. ст.) 1911 г. Утромъ проиша гроза надъ Севастопольскою бухтою, въ 11 ч. 20 м. утра давленіе атмосферы сразу упало съ 761,1 мм. на 6 мм.; потомъ къ 12 ч. 30 м. оно снова повысилось до 761,0 мм. и затѣмъ стало плавно уменьшаться до 3 ч., а послѣ того такъ же плавно увеличиваться. Рѣзкое убываніе давленія въ 11 ч. утра дало толчокъ уровню, и онъ началъ колебаться. Въ 11 ч. 15 м. уровень былъ на высотѣ 45 сант., черезъ 15 м. онъ упалъ до 15 с., затѣмъ поднялся до 58 с. и потомъ упалъ до 0 сант. и продолжалъ далѣе совершать колебанія періодомъ около 50—60 м. Такая амплитуда колебаній въ 58 сант. рѣдко достигается въ Севастополѣ, за цѣлый рядъ лѣтъ наблюденій подобной не было замѣчено.

ГЛАВА IX.

П р и л и в ы.

Описаніе явленія прилива и отлива. — Историческая замѣтка объ изученіи явленія приливовъ. — Понятіе о причинахъ приливовъ. Лунный и солнечный приливы. — Суточное и паралактическое неравенства прилива. — Подлунное неравенство прилива. — Сводъ всѣхъ разобранныхъ выше условій явленія прилива. — Неравенства второстепеннаго значенія. — Выводъ горизонтальной и вертикальной составляющихъ приливообразующихъ силъ и нахожденіе величины амплитудъ луннаго и солнечнаго приливовъ. — Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличіе ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явленія. — Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива. — Прикладной часть и его значеніе для предсказанія прилива; возрастъ прилива. — Предсказаніе приливовъ помощью гармоническаго анализа. — Таблицы приливовъ русскія и иностранныя. — Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ. — Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ океанѣ. — Распространеніе приливовъ по океану; котидальные линіи. — Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ. — Приливныя и отливныя теченія. — Приливы въ рѣкахъ. — Использование силы прилива. — Приборы для наблюденія приливовъ.

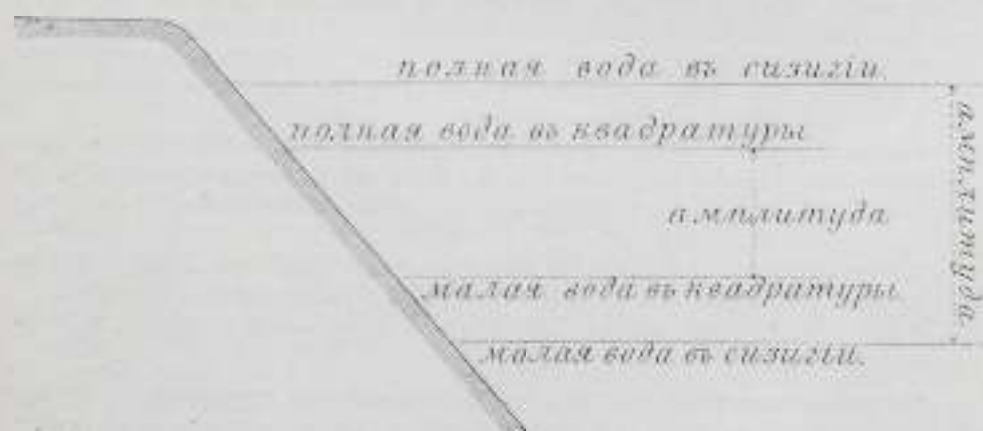
Описаніе явленія прилива и отлива. — Приливомъ и отливомъ называется такое періодическое колебаніе уровня океана или моря, которое происходитъ отъ притяженія Луны и Солнца.

Явление заключается въ слѣдующемъ: уровень воды постепенно поднимается, что называется приливомъ, достигаетъ наивысшаго положенія (фиг. 111), называемаго полною водою. Послѣ того уровень начинаетъ понижаться, что называется отливомъ, и черезъ 6 ч. 12,5 м. (приблизительно) достигаетъ наиболѣе низкаго положенія, называемаго малою водою. Затѣмъ уровень снова начинаетъ повышаться, и еще черезъ 6 ч. 12,5 м. (приблизительно) наступаетъ опять полная вода.

Такимъ образомъ періодъ явленія равенъ 12 ч. 25 м. (приблизительно), и каждые 24—25 часовъ бываетъ два прилива и два отлива, двѣ полной воды и двѣ малой.

Разстояніе по вертикали между уровнями послѣдовательныхъ полной и малой воды есть амплитуда прилива.

Если производить въ томъ же мѣстѣ наблюденія прилива въ теченіе мѣсяца, то окажется, что изъ дня въ день полная и малая вода сдвигаются свои положенія. Два раза въ мѣсяцъ, въ сизигіи (полнолуніе и новолуніе), уровни полной и малой воды располагаются всего далѣе другъ отъ друга, и тогда амплитуда прилива наибольшая; это случается каждые 14 дней (приблизительно). Послѣ момента сизигійныхъ полныхъ и малыхъ водъ уровни послѣдующихъ полныхъ и малыхъ водъ начинаютъ приближаться другъ къ другу; первая располагается все ниже и ниже, а вторая—все выше и выше, и около времени квадратуръ (первая и послѣдняя четверти) амплитуда прилива достигаетъ наименьшей величины (фиг. 111), что случается тоже каждые 14 дней (приблизительно).



Фиг. 111. Болѣе высокіе уровни при приливахъ.

Наблюдая моменты полных водъ, не трудно замѣтить, что онѣ бываютъ около времени верхняго и нижняго прохожденій Луны черезъ меридианъ мѣста, а малые — приблизительно по серединѣ между этими моментами (т. е. когда Луна находится около перваго вертикала). При этомъ каждая последующая полная и малая вода опаздываютъ относительно момента предшествовавшей въ среднемъ на 12,5 м.; такимъ образомъ за сутки накопится около 50 м. опозданія явленія, т. е. столько же, какъ и опозданіе прохожденія Луны черезъ верхнюю часть меридиана мѣста.

Въ свою очередь наибольшія амплитуды бываютъ около времени фазъ Луны, называемыхъ сизигіями, а наименьшія — около времени фазъ Луны, называемыхъ квадратурами.

Всѣ эти обстоятельства были замѣчены еще до Р. Х. и тогда же привели къ заключенію, что явленіе приливовъ связано съ Луною. Прешло однако болѣе полторы тысячи лѣтъ, пока нашли и сумѣли выразить научнымъ образомъ зависимость между явленіемъ приливовъ и Луною; это открытіе было сдѣлано Ньютономъ на основаніи впервые имъ высказанныхъ законовъ всемірнаго тяготѣнія.

Наблюдая внимательно приливы или изучая таблицы тщательно произведенныхъ наблюдений, не трудно замѣтить еще нѣкоторыя особенности, представляющія увеличенія отъ идеальной правильной ходъ явленій; во такъ какъ эти увеличенія правильно исторически, то они тоже суть характерное признаки явленія.

Моменты полныхъ и малыхъ водъ всегда запаздываютъ относительно времени прохожденія Луны черезъ меридианъ. Промежутки времени между верхнею или нижнею прохожденіемъ Луны черезъ меридианъ и моментами полной воды называются *лунными промежутками*, эти промежутки замѣняются въ нѣкоторыхъ предѣлахъ среднимъ или многимъ луннымъ промежуткомъ во время сизигій называется *среднимъ луннымъ промежуткомъ*.

Лунные промежутки бываютъ больше средних между новолуніемъ и полнолуніемъ и слѣдующими за ними квадратурами. Лунные промежутки бываютъ больше средних между квадратурами и слѣдующими за ними сизигіями.

Промежутки времени между полною и малою водою, а также между полною водою и действительности иногда не бываютъ равны между собою, но различаются иногда до 2 ч. времени. Также точки и промежутки времени между сизигіями и квадратурами являются неравны между собою.

При болыпомъ удаленіи Луны отъ земнаго, т. е. когда склоненіе Луны велико, всѣ эти нѣкоторыя явленія отъ ея нормальнаго хода увеличиваются въ размахѣхъ.

Всѣ эти особенности явленія подтверждаютъ преобладающее значеніе Луны въ возбужденіи явленія приливовъ.

Историческая замѣтка объ изученіи явленія приливовъ. — Явленіе приливовъ на берегахъ морей, гдѣ болѣе или менѣе ровная, выровненная приливами, сплывающая, своимъ правильномъ историческимъ догматъ были нехитрога обратить на

себя нижними береговыми жителями, темъ болѣе, что послѣдніе всегда заняты рыболовствомъ, для котораго правильное колебаніе уровня воды имѣетъ большое практическое значеніе. Такимъ образомъ существованіе периодическихъ колебаній уровня было извѣстно, конечно, съ самой древности.

Геродотъ (484—428 до Р. X.) былъ первый, который упомянулъ о явленіи приливовъ въ своихъ трудахъ, писавъ о приливахъ въ Брисенъ и въ Средиземномъ м. приливы очень невелики; и, хотя европейская империализмъ и возродился на берегахъ этого моря, вплоть донынѣ, что явленіе приливовъ было изучалось только послѣ плананій грековъ за пределы Гибралтара.

Первые наблюденія и изводы въ нихъ были сдѣланы Питеасомъ (325 до Р. X.) въ греческой колоніи Массалия (нынѣшня Марсель), ученымъ переплытывавшъ, бывавшъ не только въ Англій, но и даже въ Сибирь. Наблюдая приливы у береговъ Англій, гдѣ они очень велики и отличаются правильностью, Питеасъ былъ первымъ, который замѣтилъ зависимость между явленіемъ приливовъ и Луною, а именно, что полноводные воды бываютъ около времени прохода Луны черезъ перидіанъ, а малые — во время ея между лами; и второе, что амплитуда приливовъ измѣняется въ теченіе полудняснаго вѣтра съ фазой Луны; наконецъ, для полученія такихъ выводовъ надо было наблюдать приливы и измѣрять амплитуду ихъ.

Плиніевъ (130—50 до Р. X.), греческій ученый, считалъ закономъ явленія приливовъ и даже сдѣлать попытку выразить числомъ вліяніе Луны на приливы. Его описаніе приливовъ въ Кадиксѣ замѣчательно обстоятельно, при чемъ онъ упоминаетъ даже на существованіе разности амплитуды приливовъ во время равноденствій и солнцестояній.

Первая попытка составить таблицы приливовъ относится къ 1263 г. (до Р. X.), таблицы были составлены для р. Темзы у Лондонскаго моста.

Визландъ Галилея (1564—1642 г.) на приливы не былъ особенно внимателенъ. Кеплеръ (1571—1630 г.) внесъ болѣе серьезный вкладъ въ дѣло изученія явленія. Онъ указалъ, что, разбирая приливы, надо принимать во вниманіе не только вѣтры, а и лунный. Онъ же упоминаетъ впервые о 18-дневномъ періодѣ приливовъ. Въ общемъ до открытія законовъ всемірнаго тяготѣнія предположенія о причинахъ приливовъ не могли быть ясны.

Ньютономъ (1642—1727 г.) на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія положилъ основаніе теоріи приливовъ, такъ называемую теорію равновѣсія, излагая которую онъ далъ первое объясненіе главныхъ особенностей приливовъ, какъ, напримѣръ, суточного неравенства, и первое вычисленіе величины силъ, производящихъ приливы; всѣ послѣдующіе труды основаны на работѣ Ньютона.

Дальнѣйшее движеніе въ изученіи приливовъ принадлежатъ Д. Бергулли (1700—1782 г.), который развилъ теорію равновѣсія Ньютона и первый приспособилъ ее къ предположенію приливовъ. Его работы были большимъ усовершенствованіемъ теоріи равновѣсія вообще.

Лапласомъ (1768—1846 г.) доказано въ теоріи теоріи равновѣсія, которая Ньютономъ была только предположеніемъ, а именно, что окончательно подтвердилъ, что, подъ вліяніемъ притяженія Луны, изокредная сфера должна принимать видъ эллипсоида вращения.

Лапласъ (1749—1827 г.) первый предложилъ къ изученію приливовъ не только измѣнъ, разбирая явленіе не какъ результатъ статическаго равновѣсія, а какъ результатъ колебательнаго движенія частицъ воды, возбуждаемаго притяженіемъ лунной вои изъ Солнцемъ и Луною. Лапласъ предпринялъ по его наставленію наблюденія въ Брестѣ (съ 1807 по 1822 г.), провѣрять выводы своей теоріи, изверные показавшіе, какими способами можно изразить аналитически какъ либо периодическое явленіе. Работы Лапласа легли въ основаніе работъ современныхъ ученыхъ изученію явленія приливовъ.

1866 года (1805—1865 г.) много сделал для применения теории к практике предсказания приливов и давал для этого прекрасные примеры. Он же высказал мысль о построении карты распространения приливов, на что уже указывали Кинг, и хотя последний и не построил подобных карт, но ему принадлежат термин «спотидальная линия», т. е. линия, соединяющая местности с одновременными разными водами.

Гельм (1791—1866 г.) много работал по изучению приливов, и ему обязана наука многими одновременными наблюдениями в большом числе мест в Атлантическом океане. Он же построил и переиздал карты спотидальных линий для большей части Мирового океана. Однако из-за поспешности и недолгой деятельности наш справедливо высказавший сожительство приливов предположения изложил только карты для открытого океана, оставляя их для прибрежных вод, где приливы распространяются по значительной части в водах малых глубин.

Эри (1801—1892 г.) в своих трудах, живящих отношении к приливам, разобрались случаи движения воды в значительной малой глубине сравнительно с разницей воды. Он объясняет и показывает, что трение действительно может произвести опоздание в наступлении полной воды сравнительно с моментом прохождения Луны через меридиан, хотя это почти везде и наблюдается; обстоятельством, которое предположительно теориями не объясняется. Он же применил свою теорию ко многим случаям на практике и показывал, что она объясняет такие стороны явления приливов у берегов, которые оставались до тех пор неясными (наличие бора, сильная приливных течений).

В. Томсон, лорд Кельвин (1824—1908 г.) очень много сделал для практической стороны вопроса предсказания приливов. Он применял прием Лапласа — выражение прилива помощью особых родов и равнял его в гармонический анализ прилив колебания уровня при приливе. Им были построены особый прибор (из 1878 г.) — гармонический анализатор, бывавший задан механически. При помощи его можно было из кривой прилива за годовой период в какой-либо момент вывести коэффициенты прилива, подобно тому, как из наблюдений девиации получаются ее коэффициенты. Пользуясь этими коэффициентами, можно построить или вычислить кривую прилива для того же места на год вперед. Для облегчения выполнения этой задачи Томсон построил другой прибор — приливопредсказатель (1876 г.).

Г. Дарвин (1815—1912 г.) принадлежит разработка важных теоретических вопросов приливов, между прочим, он высказал гипотезу о возникновении Луны, как спутника приливов на еще жидкой массе Земли. Он же разработал вопрос о влиянии прилива на замедление вращения Земли на оси. Кроме того, Дарвин много работал над усовершенствованием приема гармонического анализа и давал удобные для выполнения его приемы. Его статьи о приливах в «Encyclopedia Britannica» представляют образцовые изложения вопроса, и им же написано одно из лучших популярных описаний современного состояния теории приливов под названием «Tides and kindred phenomena in the Solar system», 1911, third edition.

Р. Гаррикс в недавнее время посвятил приливам громадный труд (1894—1910 г.), где он сводит все достигнутые его предшественниками и изложил свою гипотезу распространения прилива в Мировом океане, основанную на применении спотидальных вод (сейфов) к явлению прилива.

В последние годы появилась хорошая работа, принадлежавшая перу известного американского ученого, где высказаны доводы о несостоятельности метода Дарвина о трении прилива и замедлении им вращения Земли. Она издана под названием «Contributions to geology and the fundamental problems of geology. The tidal and other problems», 1909.

На русском языке изложение теоретической стороны вопроса о приливах имеется в «Энциклопедическом словаре», оно принадлежит В. Р. Семенову.

Описание приливов и современныя приемы и способы обработки приливов и ихъ предсказанія прелестно изложено въ трудѣ А. М. Бухтѣва въ «Запискахъ по Гидрографіи» вып. XXXII, 1910 г., и тамъ же (вып. I, т. XI, 1916 г.) помѣщены имъ описаніе извѣстныхъ приливовъ у русскихъ береговъ на основаніи наблюденій въ 22 мѣстахъ и обработка ихъ по способу гармоническаго анализа.

Понятіе о причинахъ приливовъ. Лунный и солнечный приливы.—Попытки объяснить явленіе приливовъ и найти его причину дѣлались давно, но только послѣ открытія Ньютономъ законовъ всемірнаго тяготѣнія эти попытки получили твердое основаніе. Но и открытіе законовъ всемірнаго тяготѣнія стало возможнымъ только послѣ накопленія и изученія громадной массы наблюденій надъ движеніями небесныхъ свѣтилъ. Для солнечной планетной системы такіа матеріалы были уже въ значительной степени обработаны еще Кеплеромъ и выражены имъ тремя законами. Совокупность всѣхъ указанныхъ данныхъ и позволила Ньютону извлечь изъ нихъ законы всемірнаго тяготѣнія, выражающіе въ двухъ короткихъ уравненіяхъ всю сущность причинъ, управляющихъ движеніемъ въ пространствѣ какихъ угодно системъ материальныхъ точекъ.

Согласно этимъ законамъ притяженіе тѣлъ происходитъ:

- I—прямо пропорціонально массамъ тѣлъ, и
- II—обратно пропорціонально квадратамъ разстояній между ними.

Такимъ образомъ, если въ пространствѣ существуютъ два какихъ-либо тѣла, обладающихъ собственнымъ движеніемъ, напримѣръ, Земля и Луна, то каждое изъ нихъ будетъ притягивать другое съ одинаковою силою *), и въ результатѣ оба тѣла будутъ въ пространствѣ вращаться около общаго своего центра тяжести или центра массъ (центра инерціи системы), который не будетъ совпадать съ центромъ Земли или Луны, а будетъ находиться между ними и ближе въ центръ Земли, нежели Луны, потому что масса первой больше массы второй (въ 81,5 раза). При этомъ, такъ какъ притяженіе каждаго изъ двухъ тѣлъ взаимно равно и противоположно, то эти силы не могутъ оказывать никакого вліянія на положеніе общаго центра тяжести системы, который потому, по отношенію къ даннымъ тѣламъ, и остается неподвижнымъ.

Общій центръ тяжести или центръ массъ обладаетъ тѣмъ же свойствомъ, что и центръ тяжести каковаго-либо тѣла, т.-е. всякая сила, заставляющая тѣло двигаться поступательно, можетъ быть разсматриваема какъ бы приложенная въ его центрѣ тяжести. Такъ и въ системѣ двухъ

*) Одинъ изъ основныхъ законовъ механики—дѣйствіе равно противоположныхъ.

Д. М. Шмидтъ.

отдельных телъ, если на нее дѣйствуетъ какая-либо лишняя сила, то она дѣйствуетъ такъ же, какъ если бы ее приложили непосредственно къ общему центру тяжести системы.

На этомъ основаніи общій центръ тяжести системы Земля—Луна подъ вліяніемъ притяженія Солнца будетъ двигаться по эллиптической орбитѣ вокругъ солнца независимо отъ того, каковы будутъ взаимныя положенія Земли и Луны.

Въ какомъ же именно мѣстѣ на линіи, соединяющей центры Земли и Луны, будетъ находиться ихъ общій центръ тяжести? Это зависитъ отъ массъ обоихъ телъ, и такъ какъ масса Земли въ 81,5 разъ больше таковой же для Луны, то общій центръ тяжести системы будетъ находиться въ 81,5 разъ ближе къ центру Земли, именно на разстояніи 0,7 земного радіуса, какъ это и показано на чертежѣ (фиг. 112) вверху, гдѣ *З* есть Земля, *Л*—луна, а точка *Ц*—общій ихъ центръ тяжести; черезъ него, для наглядности, проведена ось, вокругъ которой и обращается вся система. Размѣры Земли и Луны на чертежѣ пропорціональны ихъ величинамъ въ природѣ. Подъ этимъ рисункомъ на томъ же чертежѣ изображено то же самое, но разстояніе между Землею и Луною дано въ правильномъ масштабѣ, а именно 60 земныхъ радіусовъ, чтобы выленить, насколько все-таки эта ось, вокругъ которой обращается система двухъ телъ, близко лежитъ къ поверхности Земли.

Вычислить положеніе общаго центра тяжести не трудно слѣдующимъ образомъ. Пусть *M* есть масса Земли, а *m*—масса Луны, *x*—искоемое разстояніе точки *Ц* (фиг. 112) отъ центра Земли, а *y*—разстояніе *Ц* отъ центра Луны, *r*—радіусъ Земли. Известно *M* = 81,5 *m*, а разстояніе отъ Земли до Луны равнымъ 60,3 *r*, имеемъ:

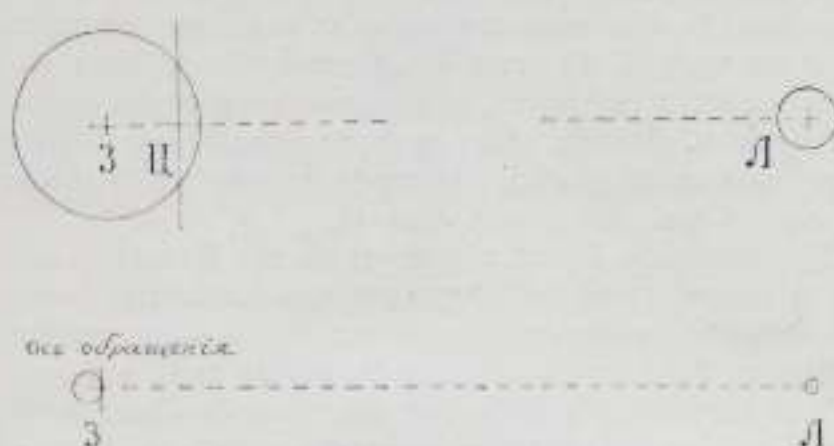
$$\frac{M}{m} = \frac{y}{x}, \quad \frac{81,5}{1} = \frac{y}{x}$$

$$\frac{81,5 + 1}{1} = \frac{x + y}{x} = \frac{60,3 r}{x}$$

$$x = \frac{60,3}{82,5} r = 0,73 r.$$

При обращеніи системы Земля—Луна вокругъ общей оси *Ц*, какъ и при всякомъ вращательномъ движеніи, развиваются въ каждомъ изъ телъ центробѣжныя силы, стремящіяся удалить ихъ другъ отъ друга, а взаимное притяженіе Земли и Луны въ то же время и съ такою же силою ихъ удерживаетъ, совершенно уравновѣсившия вышеупомянутыя центробѣжныя силы.

Однако последнее разсужденіе справедливо, только если разсматривать оба тѣла въ цѣломъ, если же брать отдѣльныя частицы ихъ (частицы водной или воздушной оболочки Земли или твердой коры и внутренняго ядра), то по отношенію къ нимъ такой выводъ будетъ не справедливъ. Дѣйствительно, каждая отдѣльная частица Земли обра-



Фиг. 112. Общая ось обращенія Земли и Луны.

щается вокругъ оси Ц (фиг. 112) и потому обладаетъ нѣкоторою центробѣжною силою, и въ то же время та же частица притягивается Луною, но послѣднее притяженіе вовсе не уравновѣшиваетъ центробѣжную силу частицы, потому что только общій совокупности центробѣжныхъ силъ всѣхъ частицъ Земли уравновѣшивается притяженіемъ Луны.

Такимъ образомъ оказывается, что центробѣжная сила каждой частицы Земли, происходящая отъ ея вращенія вокругъ оси Ц, общей для обоихъ свѣтилъ, не уравновѣшивается притяженіемъ той же частицы Луны.

Между этими двумя силами, дѣйствующими на одну и ту же частицу Земли, образуется *разность*, которая и составляетъ *приливообразующую силу Луны*.

Кромѣ вышеуказанныхъ движеній, Земля одновременно еще вращается на своей оси; при этомъ къ каждой частицѣ Земли прикладывается еще новая центробѣжная сила, возникающая при этомъ вращеніи, она не играетъ никакой роли въ образованіи приливовъ, и потому для упрощенія объясненія ихъ причинъ ее можно отбросить, т.-е., иначе говоря, сдѣлать на время предположеніе, что Земля стоитъ на своей

собственной оси перпендикулярно, обращаясь въ то же время вмѣстѣ съ Лунею вокругъ оси Π (фиг. 112), проходящей черезъ общій центръ тяжести системы Земля—Луна.

Послѣдствія такого предположенія наглядно видны на чертежѣ (фиг. 113). Въ срединѣ чертежа точка Π показываетъ положеніе общаго центра тяжести системы тѣлъ Земля—Луна. Ось, вокругъ которой обращаются эти оба тѣла, перпендикулярна къ плоскости чертежа и проходить черезъ точку Π . Въ точкѣ Z_1 находится центръ Земли въ какой-нибудь моментъ, а окружность, проведенная сплошною чертою изъ центра Z_1 , есть земной экваторъ. Какъ видно на чертежѣ, ось Π удалена отъ центра Земли на 0,7 радіуса. По другую сторону оси Π въ разстояніи 60,3 земныхъ радіусовъ лежитъ Луна— A_1 .

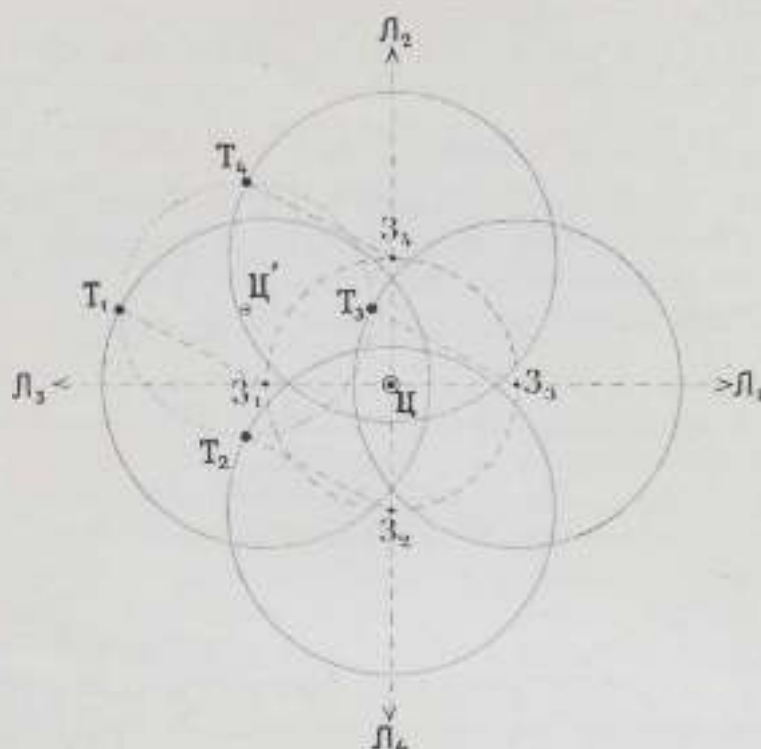
При обращеніи Земли и Луны около оси Π , центръ Земли опишетъ на плоскости чертежа (совпадающей съ плоскостью земного экватора) окружность, показанную черточками. Черезъ какое-нибудь время Луна перейдетъ изъ A_1 , а центръ Земли изъ Z_1 , потомъ изъ Z_2 и Z_3 .

Такъ какъ, согласно сдѣланному предположенію, Земля не вращается на своей оси, то при обращеніи ея около общей съ Лунею оси Π , любой радіусъ Земли будетъ при этомъ сохранять въ пространствѣ параллельное положеніе. Напримѣръ, радіусъ Z_1T_1 будетъ во всѣхъ положеніяхъ Земли параллеленъ своему первоначальному положенію ($Z_1T_1—Z_2T_2—Z_3T_3$).

Сказанное выше не трудно пояснить примѣромъ. Если навести крестъ нитей въ трубѣ теодолита на какую-нибудь звѣзду, то, вслѣдствіе вращенія Земли на своей оси, въ слѣдующее мгновеніе крестъ нитей сойдетъ со звѣзды. Если же, какъ выше было предположено, Земля не вращается на своей оси, то крестъ нитей въ трубѣ, разъ наведенный на звѣзду, всегда и будетъ продолжать съ нею совпадать, такъ какъ размѣры земной орбиты сравнительно съ удаленіемъ до звѣзды ничтожны, и со всѣхъ точекъ годового пути Земли около Солнца направленія на звѣзду могутъ быть приняты параллельными *).

На чертежѣ точка на поверхности Земли, изъ которой проведенъ радіусъ T_1Z_1 , избирая на экваторѣ, но и для всякой другой точки вышеприведенное разсужденіе будетъ одинаково вѣрнымъ.

*) Подобное обращеніе Земли около оси Π можно уподобить обращенію ведали изъ вслѣдствія вокругъ своей оси, при чемъ плоскость ведали все время остается въ пространствѣ параллельной самой себѣ, хотя и совершаетъ въ то же время полный оборотъ около своей оси.



Фиг. 113. Четыре крайних положения Земли при обращении ее въ пространство около общего центра Цуна.

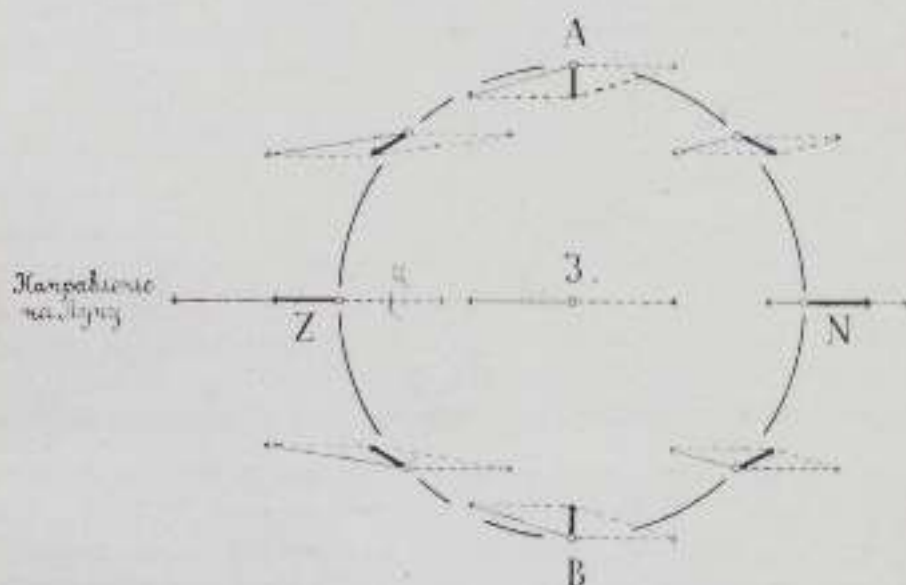
Отсюда вытекаетъ, что въ то время, какъ центръ Земли описываетъ на чертежѣ (фиг. 113) въ теченіе мѣсяца окружность $З_1, З_2, З_3, З_4$, точка на поверхности Земли— $Т_1$ опишетъ въ пространствѣ около центра Ц' пунктирную окружность одинаковаго радиуса. Если же какія-либо частицы одинаковыхъ массъ описываютъ около некотораго центра одинаковую окружность и съ одинаковою скоростью, то ихъ центробѣжныя силы, очевидно, тоже одинаковы по величинѣ и одинаково направлены.

Каковы же направленія этихъ центробѣжныхъ силъ?—Изъ чертежа (фиг. 113) видно, что въ положеніи $З_1$ центробѣжная сила, возбужденная обращеніемъ Земли около общаго центра тяжести Ц, направлена отъ точки Ц къ $З_1$. Такъ какъ точка $Т_1$ обращается около своего центра Ц', то ея центробѣжная сила направлена по линіи Ц' $Т_1$, очевидно, параллельно линіи Ц $З_1$; а такъ какъ точка $Т_1$ была избрана произвольно, то и для всякой точки земной поверхности будетъ справедливъ выводъ:

При обращеніи Земли около общаго съ Луною

центра тяжести каждая точка на поверхности или внутри земного шара обладает центробѣжной силой равной и одинаково направленною той центробѣжной силѣ, которая при этомъ обращеніи возникаетъ въ центрѣ Земли.

Остается теперь выяснить, каковъ будетъ результатъ совместнаго дѣйствія на каждую частицу Земли двухъ силъ:—притяженія Луны и центробѣжной (образованнаея, какъ только-что было показано, отъ обращенія Земли и Луны около ихъ общаго центра тяжести).



Фиг. 113. Совмѣщеніе центробѣжной силы и силы притяженія къ Лунѣ, раздѣляющихся (системъ силъ) въ ось, перпендикулярную экватору.

Слѣдующій чертежъ (фиг. 114) на плоскости земного экватора позволяетъ просто дать отвѣтъ на только-что поставленный вопросъ. Пусть на чертежѣ Луна находится въ плоскости экватора нѣсколько на продолженіи радіуса Земли— ZZ' . Точка Z обозначаетъ зенитъ, а N —надиръ наблюдателя, находящагося въ одной изъ точекъ экватора. Такъ какъ Луна находится нѣсколько и общій центръ тяжести системы Земля—Луна лежитъ тоже нѣсколько между центромъ Земли и ея поверхностью, то, возбужденнаго обращеніемъ этой системы около оси (перпендикулярной плоск. чертежа), проходящей черезъ общій центръ тяжести, центробѣжная

силы въ каждой точкѣ Земли будутъ направлены направо, и, какъ было показано, онѣ будутъ всегдѣ и равны и параллельны; на чертежѣ онѣ изображены въ каждой точкѣ пунктирными линиями, параллельными диаметру ZN .

Сила же, съ которою Луна притягиваетъ частицы Земли, будетъ для каждой изъ нихъ разная, потому что разстоянія ихъ отъ центра Луны неодинаковы, а сила притяженія обратно пропорціональна квадрату разстояній (то обстоятельство, что здѣсь берутся втория степени отъ разстояній, имѣетъ большое значеніе, увеличивая разности силъ даже для точекъ, близко лежащихъ другъ къ другу).

Итакъ эти силы направлены къ центру Луны, и на чертежѣ изображены въ каждой точкѣ толстыми, силочными стрѣлками ^{*)}. Въ правой половинѣ чертежа силы луннаго притяженія изображены меньшими, а въ лѣвой—большими стрѣлками, сообразно величинамъ силъ.

Для центра Земли сила притяженія Луны имѣетъ, очевидно, среднюю величину изъ всѣхъ такихъ силъ для совокупности всѣхъ частей Земли, и она равна и прямо противоположна центробѣжной силѣ (см. выше), какъ это и показано на чертежѣ. Для всякой другой частицы Земли такого равенства этихъ силъ не существуетъ. Напрямѣръ, для точекъ Z и N имѣемъ, что въ первой сила притяженія Луны наибольшая, а во второй—наименьшая изъ всѣхъ, что на чертежѣ и выражено разными по величинѣ толстыми стрѣлками. Если теперь произвести въ точкахъ Z и N сложеніе силъ: тяготѣнія къ Лунѣ (толстая стрѣлка) и центробѣжной (пунктирная стрѣлка), то получатся равнодѣйствующія силы, обозначенныя толстыми стрѣлками; онѣ будутъ почти равны другъ другу, но противоположны по направленію ^{**)}.

Произведя подобное же сложеніе силъ и для другихъ точекъ земной поверхности, увидимъ, что равнодѣйствующія силы (на черт. толстыя стрѣлки) въ лѣвой половинѣ чертежа направлены нѣсколько, а въ правой—въ противоположную сторону, при чемъ размѣры ихъ съ удаленіемъ отъ Z и N все убываютъ, и наименьшую величину онѣ имѣютъ въ точкахъ A и B , т. е. почти въ 90° отъ Z и N .

Эти равнодѣйствующія силы (на черт. толстыя стрѣлки) и есть **приливообразующія силы** въ каждой данной точкѣ Земли. На чертежѣ

^{*)} На чертежѣ, конечно, величины силъ для ясности сильно преувеличены.

^{**)} Строгимъ математическимъ путемъ выяснено, что эти двѣ равнодѣйствующія силы разнятся всего на 1:43 долю своей величины, именно сила въ N меньше силы въ Z .

онѣ показаны для точекъ, лежащихъ на земной поверхности и на генераторѣ; но такимъ же путемъ можно ихъ получить и для каждой точки, лежащей на поверхности или внутри Земли.

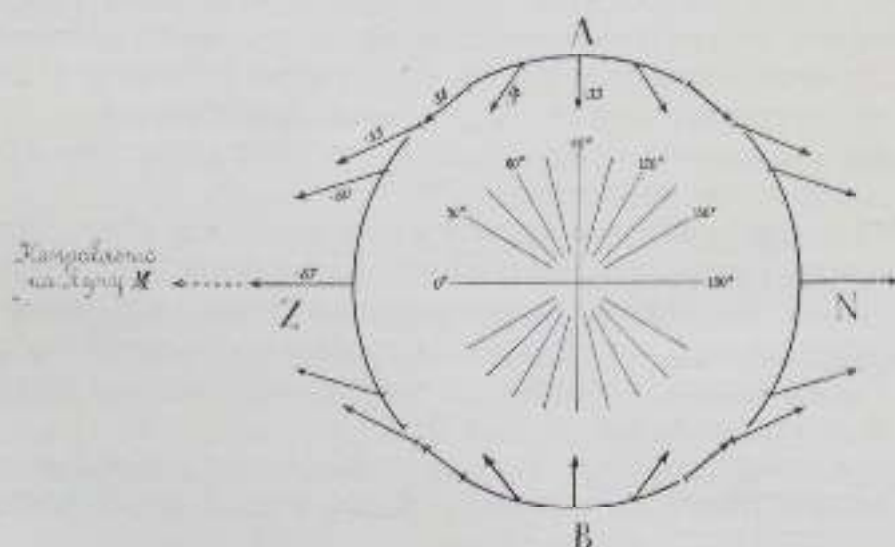
Слѣдовательно, въ каждой точкѣ Земли приливообразующая сила Луны есть равнодѣйствующая между тяготѣніемъ этой точки къ Лунѣ и центробѣжной силою въ той же точкѣ, происходящему отъ обращенія Земли и Луны около ихъ общаго центра тяжести.

Очевидно, только-что высказанный законъ остается справедливымъ, если вмѣсто Луны будетъ другое свѣтило, напримѣръ, Солнце.

На чертѣхъ 114 ясно видно, что только въ центрѣ Земли сила тяготѣнія къ Лунѣ и центробѣжная сила (образующаяся отъ обращенія Луны и Земли около общаго ихъ центра тяжести) равны и прямо противоположны, т.-е. уравновѣшиваютъ одна другую. Во всѣхъ же остальныхъ точкахъ Земли эти силы неравны между собою, ихъ *разность* и составляетъ приливообразующую силу Луны, такъ это уже и было указано выше на стр. 291.

Такъ какъ обѣ эти силы въ каждой точкѣ Земли, кроме ее центра, направлены другъ къ другу подъ угломъ, то именно это послѣднее обстоятельство и обуславливаетъ образование разныхъ направлений приливообразующихъ силъ въ каждой точкѣ Земли, по одну сторону ее центра — направленныхъ къ Лунѣ, а по другую — отъ Луны.

Для большей наглядности на слѣдующемъ чертѣхъ (фиг. 115) показаны направленія и относительные размѣры приливообразующей силы въ разныхъ точкахъ земного экватора, при условіи, что Луна нахо-



Фиг. 115. Направленія и относительные размѣры приливообразующей силы Луны въ разныхъ точкахъ Земли.

дится въ этой же плоскости и налѣво. Въ точкахъ экватора A и B , удаленныхъ почти на 90° отъ линіи $Z-N$, приливообразующая сила всего половина (0,33) той же силы въ точкахъ, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ (0,67). Величины силъ на чертѣхъ выражены десятиными и сотыми долями отъ единицы.

Изъ двухъ предшествовавшихъ чертежей (фиг. 114 и 115) видно, что приливообразующія силы, существующія въ разныхъ точкахъ земной поверхности, имѣютъ различное направленіе, и около точекъ, удаленныхъ на 90° отъ зенита и надира, направленія всѣхъ приливообразующихъ силъ идутъ отъ окружности къ центру Земли. Оба чертежа изображаютъ экваторіальное сѣченіе земного шара, но изъ сдѣланныхъ рассужденій, очевидно, слѣдуетъ, что вдоль окружностей всѣхъ сѣченій Земли большими кругами, проходящими черезъ зенитъ и надиръ Луны, расположеніе, величины и направленія приливообразующихъ силъ будутъ точно такія же, какъ и на экваторѣ. Нонятно также, что вдоль меридіана AB , перпендикулярнаго линіи ZN , приливообразующія силы вездѣ будутъ направлены во внутрь Земли: это справедливо и для каждаго меридіанальнаго пояса казоторой широты, лежащаго по обѣ стороны меридіана AB .

Здѣсь необходимо еще добавить, что каждая частица земного шара притягивается къ центру Земли, а потому, вслѣдствіе разныхъ направленій приливообразующихъ силъ изъ различныхъ точекъ Земли, онѣ будутъ складываться съ силою тяжести въ данной точкѣ, и въ результатѣ для мѣстностей, расположенныхъ въ зенитѣ и надирѣ и около нихъ, сила тяжести будетъ уменьшаться на величину приливообразующей силы, а вдоль меридіана AB и около него, напротивъ, приливообразующія силы будутъ увеличивать силу тяжести.

Величину приливообразующей силы Луны не трудно найтн элементарнымъ путемъ, пользуясь законами всемірнаго тяготѣнія Ньютона.

Назовемъ черезъ μ массу земной частицы, равную единицѣ; черезъ k —постоянную силы всемірнаго тяготѣнія, т.-е. силу всемірнаго тяготѣнія при условіи, что разстояніе между частицами равно единицѣ, и массы частицъ тоже равны единицѣ.

Тогда на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія: — притяженіе прямо пропорціоально массамъ и обратно пропорціоально квадратамъ разстояній, — обозначивъ массу Луны черезъ m , а разстояніе отъ центра Земли до центра Луны — черезъ d , имѣемъ слѣдующее:

Сила притяженія Луны:

$$k \frac{\mu m}{d^2}.$$

Полученное выраженіе силы луннаго притяженія выведено для центра Земли; между тѣмъ нѣкоторыя точки земной поверхности лежатъ ближе къ Лунѣ, а другія дальше. Ближе всего къ Лунѣ точка Z (фиг. 114 и 115), на одинъ радіусъ, а дальше всего точка N, тоже на одинъ радіусъ. Какъ для этихъ крайнихъ точекъ, такъ и для всѣхъ другихъ, кромѣ центра Земли, величины силы притяженія ихъ Луною будутъ другія, нежели для центра Земли.

Выше было доказано, что центробѣжная сила, образующіяся отъ обращенія Земли около общей съ Луною оси, одинаковы для каждой частицы Земли (см. стр. 294). Тамъ же было выяснено, что въ каждой точкѣ разность между силою притяженія Луною и только-что указанною центробѣжною силою именно и составляетъ приливообразующую силу Луны.

Слѣдовательно, отыскавъ выраженіе силы притяженія Луны для точекъ Z и N и вычтя изъ него одинаковыя величины центробѣжной силы, въ каждомъ случаѣ получимъ выраженіе для приливообразующей силы Луны въ ближайшей и дальнѣйшей отъ Луны точкахъ Земли.

Обозначимъ черезъ r радіусъ Земли, имѣемъ:

	для точки Z	для точки N
сила притяженія	$\frac{k \mu m}{(d-r)^2}$	$\frac{k \mu m}{(d+r)^2}$
центробѣжная сила	$\frac{k \mu m}{d^2}$	$\frac{k \mu m}{d^2}$
	$k \mu m \left[\frac{1}{(d-r)^2} - \frac{1}{d^2} \right]$	$k \mu m \left[\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(d+r)^2} \right]$

Отбросивъ на время множителя $k \mu m$, имѣемъ

$$\begin{array}{ll} \frac{d^2 - (d-r)^2}{d^2 (d-r)^2} & \frac{(d+r)^2 - d^2}{d^2 (d+r)^2} \\ \frac{(d+d-r)(d-d+r)}{d^2 (d-r)^2} & \frac{(d+r+d)(d+r-d)}{d^2 (d+r)^2} \\ \frac{(2d-r)r}{d^3 (d-r)^2} & \frac{(2d+r)r}{d^3 (d+r)^2} \end{array}$$

Въ двухъ послѣднихъ выраженіяхъ величина r (радіусъ Земли) незначительна въ сравненіи съ величиною d и особенно $2d$. На этомъ основаніи пренебрегад ею во множителяхъ: $(d - r)^2$ и $(d + r)^2$ и $(2d - r)$ и $(2d + r)$, будемъ имѣть:

$$\frac{2kr}{d^2 d^2} \qquad \frac{2kr}{d^2 d^2}$$

$$\frac{2r}{d^2} \qquad \frac{2r}{d^2}$$

или, вновь умноживъ на $k \mu m$, получимъ для Луны:

приливообразующія силы: $k \mu m \frac{2r}{d^2} \qquad k \mu m \frac{2r}{d^2}$

Слѣдовательно, при допущеніи, что величиною одного радіуса Земли сравнительно съ разстояніемъ до Луны (r почти $\frac{1}{60} d$) можно пренебречь, получается для точекъ Земли, находящихся въ данный моментъ Луну въ зенитѣ и въ надирѣ, что приливообразующая сила имѣть одинаковую величину. Въ дѣйствительности она въ надирѣ на 1:43 меньше, нежели въ зенитѣ.

Кромѣ Луны, есть еще другое приливообразующее свѣтило — Солнце. Все, что выше было выведено для системы тѣлъ Земля—Луна, остается справедливымъ и для системы тѣлъ Земля—Солнце: только въ этомъ случай общій центръ тяжести системы будетъ лежать не внутри Земли, а далеко отъ ея центра, внутри Солнца, потому что масса послѣднего очень велика сравнительно съ земною массою.

Нѣтъ надобности для Солнца повторять только-что сдѣланныхъ разсужденій; очевидно, что для Солнца приливообразующая сила будетъ выразиться для зенита и надира такъ:

$$k \mu S \frac{2r}{D^2}$$

гдѣ S есть масса Солнца, а D — разстояніе между центрами Солнца и Земли.

При полученіи данного выраженія сдѣлано такое же допущеніе о малости земного радіуса сравнительно съ разстояніемъ до Солнца (около 23 500 радіусовъ), какъ и при рѣшеніи этого вопроса для Луны.

Очевидно, что для Солнца приливообразующія силы въ zenithъ и надирѣ будутъ еще болѣе близки другъ къ другу.

Получивъ выраженія для приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, можно найти ихъ относительную величину; а именно:

$$\frac{k_{\mu} m \frac{2r}{d^3}}{k_{\mu} S \frac{2r}{d^3}} = \frac{m}{S} \cdot \frac{d^3}{d^3} = \frac{1}{81.5} \times 23484^3 r = 2,171.$$

Такимъ образомъ приливообразующая сила Луны въ два съ небольшимъ раза больше таковой же силы Солнца, несмотря на то, что масса послѣднего изъ 30 милліоновъ разъ больше массы Луны. Этотъ результатъ есть слѣдствіе вліянія разстояній между Землею и свѣтилami; разстоянія въ выраженіи для приливообразующей силы находятся въ знаменателѣ, и еще въ третьей степени, а такъ какъ разстояніе отъ Земли до Солнца почти въ 390 разъ больше, нежели до Луны, то его приливообразующая сила и получается въ два раза меньше лунной, хотя масса Солнца во много разъ больше Луны.

Для того, чтобы получить представленіе о величинѣ приливообразующей силы, надо сравнить ее съ какою-нибудь силою на Землѣ, величина коей известна изъ наблюденій. Такою силою является сила тяжести.

На основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія сила тяжести для частицы массы μ , лежащей на поверхности Земли, такова:

$$k_{\mu} \frac{M}{r^2}$$

гдѣ M есть масса Земли. Остается найти отношеніе этой силы къ приливообразующей силѣ Луны:

$$\frac{k_{\mu} m \frac{2r}{d^3}}{k_{\mu} M \frac{1}{r^2}} = 2 \frac{m r^3}{M d^3},$$

что приблизительно равно 1:9 000 000 доли силы тяжести или 0,000 000 111 76 g .

Такимъ образомъ даже наибольшая величина лунной приливообразующей силы, какая бываетъ въ точкахъ Земли, гдѣ Луна въ zenithъ и надирѣ, составляетъ очень маленькую долю силы тяжести, и зна-

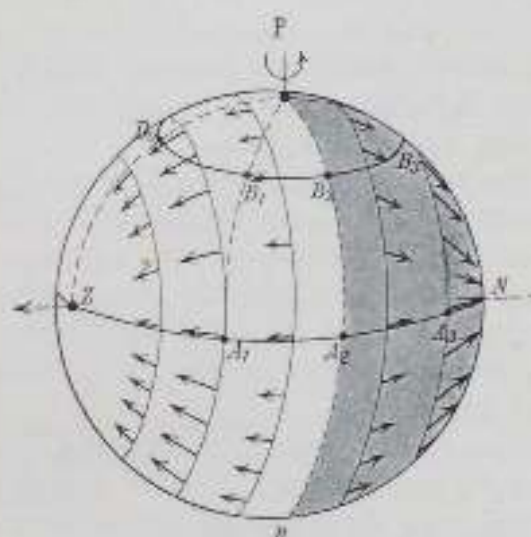
правлена она въ сторону, противоположную силѣ тяжести, а для точекъ земной поверхности А и В, удаленныхъ отъ Z и N почти на 90° (фиг. 114 и 115), приливообразующая сила еще въ два раза меньше, т. е. всего одна восемнадцати-милліонная доля силы тяжести, но направленіе ея здѣсь совпадаетъ съ силою тяжести (см. стр. 297).

Слѣдовательно, каждое тѣло и каждая водная частичка, имѣя Луну въ зенитѣ или надирѣ, становится легче на 1:9 000 000 долю своего вѣса, а въ точкахъ земной поверхности, удаленныхъ отъ Z и N на 90° , они становятся тяжелѣе на 1:18 000 000 долю своего вѣса. То же самое справедливо и для Солнца, только, вслѣдствіе меньшей величины его приливообразующей силы (на 2,1 раза), измѣненія силы тяжести, вслѣдствіе ея вліянія, тоже меньше, нежели для Луны.

Разборъ явленія прилива при условіи, что Луна и Солнце находятся на экваторѣ. — Всѣ предшествующія разсужденія относились главнымъ образомъ къ экваторіальному сѣченію Земли, теперь же остается вывести, каковы будутъ результаты дѣйствія приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, приложенныхъ въ любой точкѣ земной поверхности, если допустить, что Мировой океанъ покрываетъ Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ одинаковой глубины.

Согласно сказанному выше, въ точкахъ земной поверхности, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ, приливообразующія силы направлены вдоль продолженныхъ радіусовъ, т. е. нормально къ земной поверхности. То же самое существуетъ и вдоль всего меридіана (AB на фиг. 114, 115), удаленнаго на 90° отъ точекъ Z и N. Слѣдовательно, во всѣхъ этихъ мѣстахъ приливообразующія силы не могутъ произвести никакого передвиженія частицъ воды вдоль поверхности земли, а только вліяютъ на вѣсъ частицъ. Во всѣхъ же другихъ точкахъ земной поверхности приливообразующія силы направлены подъ различными углами къ земнымъ радіусамъ (см. фиг. 114 и 115), и потому, при разложеніи этихъ силъ на двѣ составляющія, перпендикулярныя другъ другу, одна изъ составляющихъ можетъ быть избрана совпадающею съ земнымъ радіусомъ въ той же точкѣ, тогда другая составляющая пойдетъ по касательной къ земной поверхности и будетъ лежать въ плоскости большаго круга, проходящаго черезъ эту точку и точки Z и N. Первая составляющая будетъ слагаться съ силою тяжести въ каждой точкѣ, а вторая — будетъ образовывать горизонтальную составляющую приливообразующихъ силъ.

Такъ какъ глубина океана сравнительно съ радиусомъ Земли очень мала (около 1:1,740), и величина приливообразующихъ силъ тоже не велика (около 1:9,000,000 силы тяжести), то и вертикальная и горизонтальная составляющія ея не велики, особенно вертикальная, къ тому же не играющая никакой роли въ явленія образованія прилива, и потому горизонтальная составляющая есть главная приливообразующая сила.



Фиг. 114. Горизонтальные составляющія приливообразующей силы Луны.

Только-что сказанное изображено на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 114), гдѣ въ перспективѣ представлена Земля; въ точкѣ Р—ея сѣверный полюсъ, стрѣлка около него показываетъ направленіе суточного вращенія. Кругъ ZA_1A_2N есть экваторъ, Луна находится въ изокости экватора, т.-е. склоненіе ея равно нулю; линія ZN показываетъ направленіе на Луну, которая находится въ зенитѣ точкѣ Z . Черезъ полюсъ Р и точки B_1 , A_1 и B_2 проходить меридіаны, близкійся къ то же время и кругомъ описанія для Луны; очевидно, что

его положеніе соответствуетъ линіи АВ на фиг. 114 и 115, и потому вдоль меридіана РВ приливообразующія силы направлены по радиусамъ внутрь Земли, а горизонтальная составляющія тутъ равны нулю. Черезъ мѣста на поверхности Земли, гдѣ горизонтальная составляющія приливообразующей силы имѣютъ равныя величины, проведемъ рядъ малыхъ круговъ, параллельныхъ кругу освѣщенія. По мѣрѣ удаленія отъ меридіана PA_1R горизонтальная составляющія увеличиваются и достигаютъ на некоторомъ маломъ кругѣ наибольшей величины, затѣмъ онѣ начинаютъ убывать, и въ точкѣ Z онѣ снова равны нулю. По другую сторону меридіана PA_2R горизонтальная составляющія приливообразующихъ силъ распределяются точно такъ же, только такъ онѣ направлены отъ Луны къ центру. Очевидно, что всѣ горизонтальная составляющія пер-

пендикулярны къ окружностямъ малыхъ круговъ, такъ это и показало на чертежѣ (фиг. 116).

Къ каждой частицѣ воды приложена своя горизонтальная составляющая приливообразующей силы, при чемъ всѣ ихъ направленія сходятся на линіи Z и N. Эти силы возбуждаютъ въ океанѣ перемѣщенія частицъ воды, направленные къ точкамъ Z и N; эти перемѣщенія, разъ возбужденныя, будутъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока уровенная поверхность океана около точекъ Z и N не поднимется настолько, что напряженія обратнаго направленія, вызванныя уже силою тяжести ислѣдствіе появленія уклона поверхности, не уравниваются первымъ. Въ этотъ моментъ въ океанѣ наступитъ равновѣсіе, и его поверхность подъ вліяніемъ приливообразующей силы и силы тяжести приметъ форму «выгнутого эллипсоида вращенія», одна изъ выуклостей котораго будетъ направлена къ центру Луны, а другая—прямо отъ него. Эллипсоидъ прилива будетъ расположенъ симметрично относительно экватора.

Изъ только-что сказаннаго видно, почему называемая теорія приливовъ называется теоріей равновѣсія.

Такимъ образомъ въ точкахъ Z и N уровень океана будетъ всего выше приподнятъ надъ естественнымъ, невозмущеннымъ Луною уровнемъ. По мѣрѣ удаленія отъ Z и N поверхность океана будетъ приближаться къ естественному уровню, такъ въ вдоль нѣкоторыхъ малыхъ круговъ *), параллельныхъ меридіану PA₂B, она пересѣчетъ естественную уровенную поверхность, которую имѣли бы воды при отсутствіи дѣйствія Луны, и далѣе она вслѣдъ будетъ лежать уже ниже ея. Тамъ, гдѣ поверхность океана будетъ лежать выше средняго уровня океана, это будетъ соотвѣтствовать явленію прилива, а въ противоположныхъ мѣстахъ—явленію отлива. При чемъ наибольшіе приливы будутъ только въ двухъ точкахъ Z и N, а наибольшій отливъ будетъ вдоль всей окружности меридіана PA₂B.

Луна собственнымъ движеніемъ вокругъ Земли совершаетъ полный оборотъ въ 27 $\frac{1}{2}$ дней, при чемъ за сутки она проходитъ часть своего пути, соотвѣствующую 50 мин. во времени, т.-е. въ теченіе сутокъ Луна очень мало перемѣщается по отношенію къ Землѣ. За тотъ же

*) Это случится на томъ маломъ кругѣ, гдѣ радіусъ земнаго шара, проведенный къ окружности этого круга, составитъ съ линіей, соединяющей центры Луны и Земли, уголъ въ 54°40'.

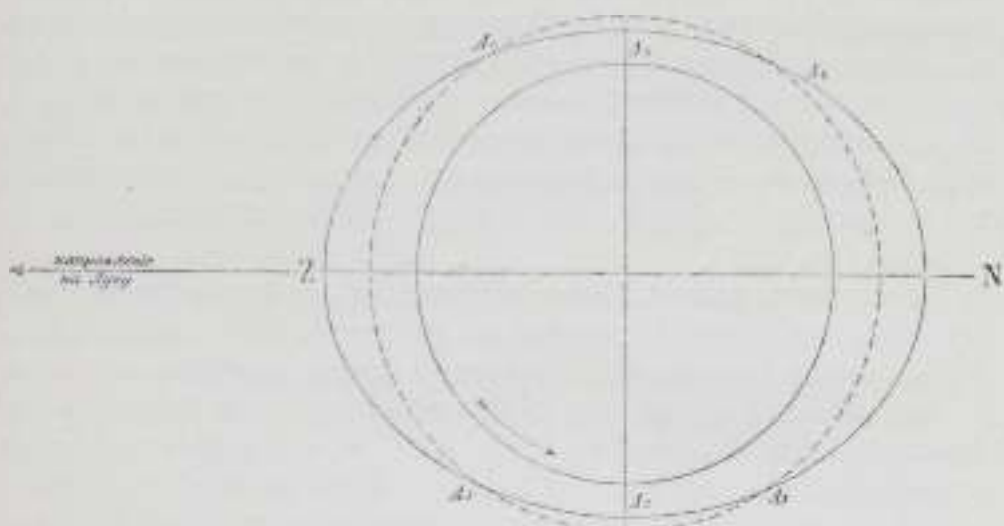
периодъ времени Земля совершаетъ полный оборотъ на оси, вследствие чего каждая точка ея экватора за тотъ же промежутокъ времени успеетъ пройти дважды черезъ линію ZN , остающуюся въ пространствѣ направленной къ центру Луны, передвигающейся за сутки на одну 27-ю долю своего мѣсячнаго пути (во времени на уголъ въ 50 мин.).

Такъ какъ въ точкахъ Z и N и около нихъ уровень все время стоитъ выше средняго, т.-е. существуетъ приливъ, а въ точкѣ A_1 и въ антиподѣ къ ней—все время отливъ, то именно вследствие суточного вращенія Земли, и только по этой причинѣ, въ каждой точкѣ экватора будетъ дважды въ сутки случаться приливъ и дважды отливъ.

Если, напримѣръ, Луна находится въ полнолуніи, то для какого-нибудь мѣста на экваторѣ, совпадающаго въ этотъ моментъ съ точкою Z линіи ZN (см. фиг. 116), Луна будетъ на его меридіанѣ въ 12 ч. ночи, и одновременно въ немъ будетъ наблюдаться и наиболѣе высокое положеніе уровня океана или приливъ, т.-е. полная вода. Вслѣдствіе вращенія Земли, избранное на экваторѣ мѣсто какъ бы пойдетъ по поверхности Земли по направленію стрѣлки около полюса P , и уровень въ немъ станетъ понижаться, т.-е. начнется отливъ. Черезъ 3 ч. 6 м. избранное мѣсто придетъ въ точку A_1 , гдѣ уровень океана занимаетъ среднее положеніе между приливомъ и отливомъ. При дальнѣйшемъ вращеніи Земли въ томъ же мѣстѣ экватора явленіе отлива будетъ продолжаться, и когда мѣсто черезъ 6 ч. 12,5 м. придетъ въ точку A_2 , то уровень океана займетъ самое низкое положеніе, т.-е. наступитъ малая вода (см. также фиг. 111). Начиная съ этого момента, при дальнѣйшемъ вращеніи Земли уровень океана въ избранномъ мѣстѣ экватора начнетъ повышаться, т.-е. наступитъ явленіе прилива, и когда мѣсто придетъ въ точку A_3 , то уровень океана снова займетъ среднее положеніе, это будетъ черезъ 9 ч. 19 м. послѣ прохожденія Луны черезъ меридіанъ мѣста въ точкѣ Z . Черезъ 12 ч. 25 м., т.-е. немного послѣ полдня, избранное на экваторѣ мѣсто придетъ въ точку N , гдѣ уровень второй разъ въ сутки займетъ самое высокое положеніе, т.-е. наступитъ вторая полная вода.

При дальнѣйшемъ вращеніи Земли явленіе начнетъ повторяться, и въ 6 ч. 37,5 м. дня избранное на экваторѣ мѣсто окажется на меридіанѣ $PB A_4$, но по другую сторону Земли, и въ немъ вторично за сутки будетъ наблюдаться малая вода. Наконецъ черезъ 24 ч. 50 м. отъ момента верхняго прохожденія Луны, т.-е. 50 м. послѣ полуночи, избранное

мѣсто придетъ снова въ точку Z^*), и къ нему будетъ опять поднята вода. Такимъ образомъ два прилива и два отлива будутъ случаться въ течение 24 ч. 50 м.



Фиг. 117. Разбѣлъ луннаго эллипсоида прилива по экватору, когда эллипсисъ Луны равенъ нулю.

Для большей ясности вышеназложеннаго здѣсь данъ еще чертежъ разбѣла Земли по экватору (фиг. 117), соответствующій чертежу фиг. 116. Названія точекъ сохранены тѣ же самыя. Внутренняя окружность изображаетъ границу твердаго ядра Земли, пунктирная окружность соответствуетъ положенію поверхности океана при условіи отсутствія возмущающихъ вѣнскихъ силъ (приливообразующихъ силъ Луны и Солнца), т.-е. только подъ вліяніемъ силы тяжести и центробѣжной силы отъ вращенія Земли на оси. Следовательно, пунктирная окружность есть естественная уровенная поверхность океана. Эллиптическая кривая $ZA_1A_2A_3 \dots$ есть поверхность океана, какую она приметъ подъ вліяніемъ приливообразующей силы Луны.

^{*)} Точка Z (фиг. 116), лежащая на поверхности Земли, есть точка, гдѣ Луна находится въ зенитѣ. Такъ какъ Луна собственнымъ движеніемъ обращается около Земли въ ту же сторону, какъ и Земля суточнымъ вращеніемъ, и за 24 ч. Луна по своей орбитѣ проходитъ уголъ, равный 50 мин. во времени, то следовательно и точка Z на поверхности Земли передвинется въ ту же сторону по экватору (эклипсисъ Луны — нуль). Потому-то Земля, совершивъ полный оборотъ на оси въ 24 часа, должна будетъ еще повернуться на уголъ въ 50 мин., чтобы та же самая точка ея поверхности опять была Луна въ зенитѣ.

Из чертежа видно, что при суточном вращении Земли во направлении стрелки какое-нибудь место на экваторе, бывшее в некоторый момент в точке Z, где Луна в зените, будет иметь в тот же момент полную воду; затем, по мере вращения Земли, в этом месте начнется отлив, и когда оно дойдет до A_1 , то в нем будет наблюдаться средний уровень. В точке A_2 будет малая вода, в A_3 — опять средний уровень и в точке X — снова полная вода через 12 ч. 25 м. после первой в точке Z; потому что, пока Земля совершила на оси полный оборот, Луна успела передвинуться собственным движением в ту же сторону, куда вращается и Земля, на угол, равный 25 м. во времени.

Если взять на земной поверхности место, лежащее не на экваторе, а в какой-либо широте, например, B_0 (фиг. 116), и предположить, что в данный момент оно находится на одном меридиане с точкою Z, т. е. имеет Луну в зените, то при вращении Земли на оси явление прилива и отлива в этом месте будет происходить точно так же, как и разобранные выше для места на экваторе.

Когда избранное на параллели место придет в точку B_0 , то в нем будет наблюдаться полная вода, в точке B_1 — средний уровень, в B_2 — малая вода, в B_3 — средний уровень и т. д. Разница в ходе явления прилива сравнительно с экватором состоит только в том, что амплитуды прилива будут меньше, и, по мере того, как избираемое место будет лежать все на более и более высокой широте, амплитуды будут становиться меньше и меньше, пока около полюса она не станет равна нулю. В полярных странах, при условии нахождения Луны на экваторе, лунный прилив должен отсутствовать, а будет наблюдаться только лунный отлив, так как уровень будет все время стоять ниже нормального.

Солнечный прилив. — Все вышесказанное одинаково справедливо и для Солнца. Явление солнечного прилива, при вращении Земли на оси, будет последовательно проходить через те же фазы, как и для лунного прилива, с той однако разницею, что промежутки времени между полными и малыми водами будут для солнечного прилива равны 6 ч. и за 24 ч. будет точно два прилива и два отлива, что для лунного прилива случается в 24 ч. 50 м., кроме того амплитуда солнечного прилива будет меньше лунного в отношении их приливообразующих сил, т. е. как 1:2,17 (см. стр. 300).

блюдаться полная вода, потому что Луна будет для него в этот момент в нижнемъ прохожденіи. Однако въ точкѣ H_2 (собственно, лежащей по другую сторону чертежа), куда пришло сѣнонымъ вращеніемъ Земли взятое на избранной параллели мѣсто, пониженіе уровня океана при полной водѣ окажется меньше, нежели оно было въ точкѣ Z , потому что ось эллипсоида луннаго прилива ZN теперь направлена подъ угломъ къ экватору, и точка H_2 отстоитъ отъ точки N (гдѣ поднятіе уровня одинаково съ точкою Z) на $2 \times 28^\circ = 56^\circ$. При дальнѣйшемъ вращеніи Земли въ 6 ч. 20 м. вечера въ избранномъ на параллели мѣстѣ будетъ средній уровень; и въ 12 ч. 50 м. ночи, т.-е. черезъ 24 ч. 50 м., оно снова совпадетъ съ точкою Z , и въ немъ будетъ наблюдаться полная вода, только уровень последней поднимется выше, чѣмъ это было въ точкѣ H_2 .

Разница въ высотѣ уровней полныхъ водъ въ зенитѣ и надирѣ произошла вслѣдствіе наклонности оси эллипсоида луннаго прилива къ экватору, потому что послѣдній дѣлитъ эллипсоидъ прилива на двѣ не симметричныя части.

Повинно, что какія бы мѣста ни избирать на Землѣ, для каждаго изъ нихъ амплитуды прилива въ верхнемъ и нижнемъ прохожденіяхъ не будутъ равны между собою. Исключеніе составляютъ только мѣста на экваторѣ, гдѣ амплитуды въ обоихъ прохожденіяхъ Луны будутъ одинаковы; и на обоихъ полюсахъ, гдѣ, какъ и при условіи нахожденія Луны въ нулевомъ склоненіи, въ теченіе сутокъ уровни не будутъ измѣняться, но они будутъ стоять выше того положенія, какое этотъ уровень имѣлъ здѣсь при условіи нахожденія Луны на экваторѣ (см. фиг. 115 и 116), потому что теперь ось эллипсоида луннаго прилива находится всего въ 62° отъ полюса (дуга ZP), а на чертежахъ (фиг. 116 и фиг. 117), гдѣ Луна была на экваторѣ, ось эллипсоида была удалена отъ полюса на 90° , почему тогда около полюса уровень стоялъ ниже.

Для болѣеясности на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 119) изображенъ разрѣзъ Земли по меридіану, соответствующій перспективному изображенію ея на фиг. 118; Луна находится въ томъ же наибольшемъ сѣверномъ склоненіи около 28° , слѣдовательно, для всѣхъ мѣстъ на параллели ZH_1 она послѣдовательно проходитъ черезъ ихъ зениты, и стрѣлка показываетъ направленіе на нее. Сплошная окружность на чертежѣ есть граница твердаго ядра Земли, а пунктирная—есть поверхность океана при условіи отсутствія возмущенія ея приливообразующею силою Луны, т.-е. естественная уровенная поверхность. Эллиптическая кривая

параллели ZH_2 будетъ два прилива и два отлива, но амплитуды ихъ въ зенитѣ и надирѣ будутъ различными.

Такое неравенство въ амплитудахъ, какъ выше уже было сказано, происходитъ отъ того, что ось эллипсоида луннаго прилива расположена наклонно къ экватору (дуга ZH_2 равна 28°), и потому послѣдній дѣлитъ эллипсоидъ прилива на двѣ не симметричныя части, а слѣдовательно и кругъ освѣщенія RR_1 дѣлитъ каждую параллель тоже на двѣ неравныя части.

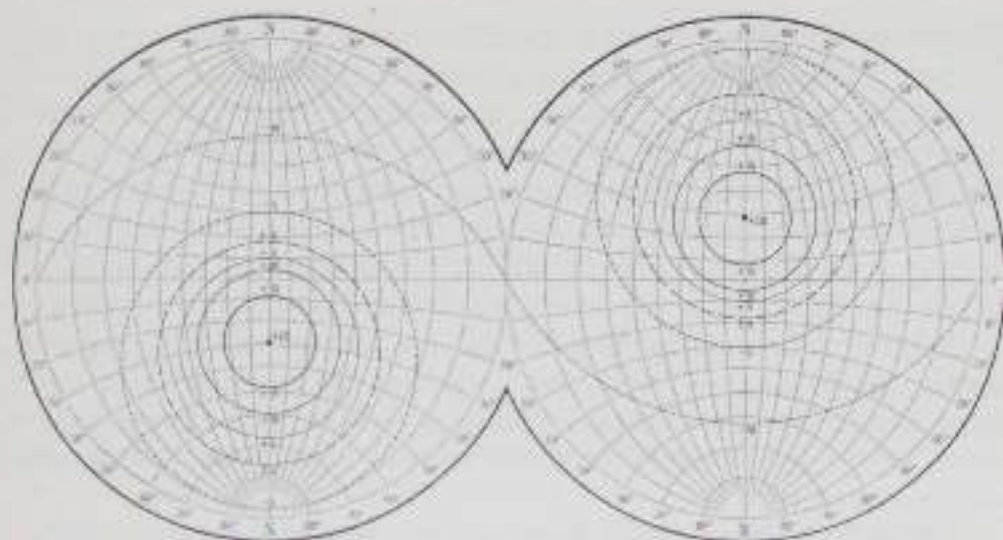
Очевидно, что, кромѣ экватора, для каждой параллели до широты точки R и R_1 будетъ существовать указанное неравенство въ амплитудахъ приливовъ: для всѣхъ же мѣстъ на параллеляхъ, проходящихъ черезъ точки R и R_1 (параллели: aR и R_1b на черт.) будетъ за сутки только одна полная вода, когда Луна въ зенитѣ (a), затѣмъ въ этомъ мѣстѣ начнется отливъ, и въ надирѣ черезъ 12 ч. 25 м. (R) будетъ малая вода, послѣ чего начнется приливъ. На полюсахъ въ теченіе сутокъ уровень будетъ сохранять неизмѣнное положеніе.

Описанное неравенство въ амплитудахъ приливовъ называется *суточнымъ неравенствомъ* прилива по *высотѣ*.

Выше было указано, что, при условіи нахождения Луны на экваторѣ, для каждаго мѣста на Землѣ промежутки времени между послѣдовательными полными и малыми водами вездѣ одинаковы и равны 6 ч. 12,5 м. Когда же Луна находится въ какомъ-либо склоненіи, то, какъ видно изъ чертежахъ (фиг. 118 и 119), малая вода, напримѣръ, для мѣстъ на параллели ZH_2 , слѣзущая за полною водою въ зенитѣ, случится не черезъ 6 ч. 12,5 м., а позже, потому что уровень океана стоитъ всего ниже вдоль круга RR_1 , и пересѣченіе его съ параллелью, точка H_1 , лежитъ не по серединѣ между точками Z и H_2 , а ближе ко второй. Въ свою очередь, промежутки времени между милою водою въ точкѣ H_1 и полною водою въ надирѣ въ точкѣ H_2 будутъ меньше 6 ч. 12,5 м. Это будетъ замѣчаться на всѣхъ параллеляхъ, кромѣ экватора и параллелей aR и R_1b .

Такимъ образомъ, послѣдствіе той же причины, нахождения Луны въ какомъ-либо склоненіи, а не экваторѣ, получается, кромѣ неравенства въ амплитудахъ, еще неравенство и въ промежуткахъ времени между моментами полныхъ и малыхъ водъ, или, какъ говорить, *суточное неравенство* прилива *во времени*. Просматривая таблицы приливовъ, не трудно замѣтить случаи обоихъ родовъ этихъ суточныхъ неравенствъ*).

*) Напр. просмотрѣте фиг. 132, гдѣ даны примѣры таблицъ.



Фиг. 119. Стереогрaфическая проекція распределения притягивающей силы Луны на поверхности Земли въ наибольшее склоненіе.

Слѣдующій чертежъ (фиг. 120) даетъ изображеніе всей поверхности Земли на двухъ полушаріяхъ въ экваторіальной стереогрaфической проекціи съ меридіанами и параллелями черезъ 10° ; въ избранный моментъ Луна имѣетъ наибольшее сѣверное склоненіе 28° , слѣдовательно, она находится въ зенитѣ черной точки на правомъ полушаріи, около которой стоитъ цифра +20. Такая же точка на лѣвомъ полушаріи имѣетъ Луну въ надирѣ; обѣ эти точки соответствуютъ точкамъ Z и N на чертежахъ фиг. 118 и фиг. 119; на первомъ видно, что всѣ горизонтальныя составляющія приливообразующей силы, которыя, какъ выше было показано, и возбуждаютъ приливъ и отливъ въ океанѣ (см. стр. 302), сходятся на земной поверхности въ точкамъ, гдѣ Луна находится въ зенитѣ и надирѣ. Послѣдствіемъ такого направленія приливообразующихъ силъ является возникновеніе эллипсоида луннаго прилива, крайнія точки выступовъ коего лежатъ на линіи ZN и на данномъ чертежѣ (фиг. 120) совпадаютъ съ двумя черными точками (+20). Вокругъ нихъ на чертежѣ проведено нѣсколько окружностей, представляющихъ изогипсы прилива и отлива *); одна изъ нихъ — черточками — соответствуетъ пересѣченію

* Изогипсы въ геодезіи называютъ кривыя, проведенныя на мѣстности черезъ точки, одинаково возвышающіяся надъ среднимъ уровнемъ океана. Ихъ часто называютъ въ топографіи и картографіи — горизонталями. Система изогипсъ самой-либо мѣстности даетъ картину ея рельефа.

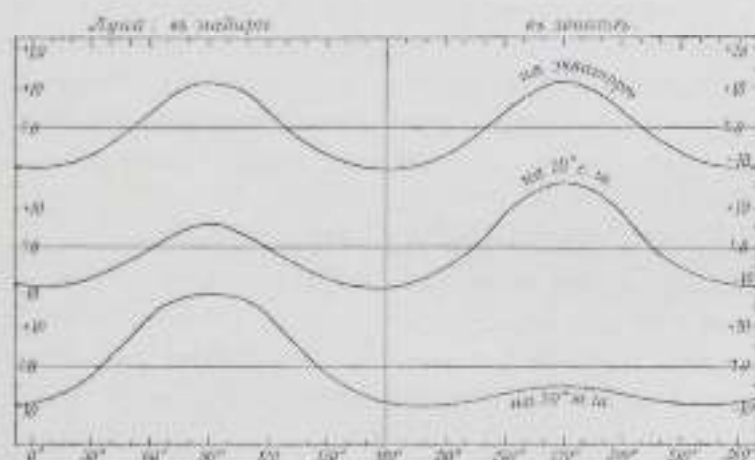
поверхности эллипсоида прилива съ естественною поверхностью уровня, не возмущенною Луною, она потому и отъбѣшена = 0. Остальные изогинсы проведены черезъ точки, гдѣ поднятія эллипсоида луннаго прилива соответствуютъ 5, 10, 15 и 20 нѣкоторымъ произвольнымъ единицамъ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ поверхность эллипсоида прилива лежитъ ниже естественной поверхности уровня, проведены изогинсы — 5 и — 10. Последняя изогинса соответствуетъ линіямъ АВ на чертежахъ фиг. 114 и 115 и окружности RR, на фиг. 118; она проходитъ на Землѣ тамъ, гдѣ уровень въ данный моментъ стоитъ всего ниже, т.-е. черезъ мѣста съ самою низкою малою водою, тогда какъ самая высокая полная вода случается только въ двухъ точкахъ (+20), и уровень въ нихъ приблизительно въ два раза больше приподнять, нежели онъ опущенъ въ полость наибольшаго отлива (—10).

Крайній лѣвый меридіанъ можетъ быть принятъ за нулевой, тогда меридіанъ NS на лѣвомъ полушаріи будетъ 90°, между полушаріями — 180°, средний праваго полушарія — 270° и крайній правый — 360°. Для упрощенія описанія допустимъ, что въ теченіе сутокъ Луна остается на томъ же мѣстѣ въ небесномъ пространствѣ; тогда, предполагая, что при суточномъ обращеніи Земли какое-либо мѣсто на экваторѣ вступаетъ въ предѣлы чертежа, начиная съ его лѣваго края, имѣемъ, что въ этотъ моментъ въ немъ будетъ наблюдаться малая вода — 10; черезъ 6 ч. избранное мѣсто придетъ на меридіанъ 90°, гдѣ будетъ полная вода +12; черезъ 12 ч. мѣсто будетъ на меридіанѣ 180° и снова окажется на линіи отлива — 10, т.-е. въ немъ опять будетъ малая вода. Затѣмъ начнется приливъ, и черезъ 18 ч. на меридіанѣ 270° будетъ полная вода +12, а черезъ 24 ч. на меридіанѣ 360° уровень, понижаясь, дойдетъ снова до малой воды — 10 на правой окраинѣ чертежа.

Если выбрать мѣсто на параллели 16° с.ш., то въ немъ, при суточномъ вращеніи Земли, сначала будетъ пониженіе уровня, пока оно не дойдетъ до линіи наибольшей малой воды — 10, потомъ начнется повышеніе уровня, сперва медленное, потомъ быстрое, и, менѣе чѣмъ черезъ 6 ч., мѣсто придетъ на меридіанъ 90°, гдѣ будетъ полная вода +5; затѣмъ ранѣе, чѣмъ мѣсто дойдетъ до меридіана 180°, въ немъ уже будетъ малая вода — 10; а когда оно дойдетъ до меридіана 270°, то наступитъ полная вода +16, т.-е. въ три раза болѣе высокая, нежели когда Луна была въ надирѣ мѣста. Затѣмъ начнется отливъ, и движеніе уровня будетъ продолжаться болѣе 6 ч.

Для мѣста, лежащаго на параллели 30° ю. ш., явление будетъ протекать такъ. При вступленіи въ предѣлы чертежа слѣва въ этомъ мѣстѣ наблюдается приливъ, и уровень будетъ продолжаться повышаться до 90° меридіана, гдѣ Луна придетъ въ зенитъ мѣста, тогда въ немъ будетъ полная вода $+20$, т. е. наибольшая возможная изъ всѣхъ высокихъ водъ. Потомъ начнется отливъ и малая вода -10 случится не черезъ 6 ч., а позже, приблизительно на меридіанѣ 200° ; потомъ начнется очень мало замѣтный приливъ, и полная вода будетъ на меридіанѣ 270° всего -5 , послѣ чего опять наступитъ отливъ, и малая вода случится, когда мѣсто придетъ на меридіанѣ 340° .

Такимъ образомъ, вслѣдствіе нахождения Луны въ склоненіи 28° с., не только амплитуды приливовъ въ зенитѣ и надирѣ не будутъ одинаковы, но и продолжительность прилива и отлива будетъ одновременно разная въ разныхъ широтахъ, потому что моменты малой воды будутъ въ экваторѣ полуночныя приближаться ко времени полной воды въ зенитѣ и удаляться отъ моментовъ полной воды въ надирѣ, а въ сѣверномъ полушаріи обратно.



Фиг. 120. Кривыя колебанія уровня, получаемыя на различныхъ параллеляхъ, въ моменты времени, Фиг. 121, на экваторѣ и параллеляхъ 10° с. ш. и 30° ю. ш.

Все вышесказанное показано еще и на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 121), гдѣ даны три кривыя колебанія уровня за сутки для мѣстъ: на экваторѣ и на параллеляхъ 10° с. ш. и 30° ю. ш. На графикѣ видно, что для экватора суточное неравенство не существуетъ;

для 10° с. ш., при Лунѣ въ надирѣ, полная вода меньше, и моменты малыхъ водъ приближены къ моменту полной воды въ надирѣ; для 30° ю. ш., при Лунѣ въ надирѣ, наблюдается высокая полная вода, а при Лунѣ въ зенитѣ почти нѣтъ повышенія уровня, и получается какъ бы одинъ приливъ въ сутки; при этомъ моменты малыхъ водъ приближены къ моменту полной въ зенитѣ.

Склоненіе Луны измѣняется непрерывно и два раза въ мѣсяцъ, а иногда и три, оно достигаетъ наибольшей величины (28°), а следовательно и суточное неравенство въ каждой широтѣ ежедневно измѣняется и по амплитудѣ и по времени.

Все сказанное выше относится къ Лунѣ, но оно также справедливо и для Солнца, которое тоже измѣняетъ свое склоненіе, а следовательно солнечные приливы должны тоже быть подвержены явленію суточного неравенства, и такъ какъ склоненіе Солнца бываетъ $23,5^\circ$ с. и ю., то и для солнечнаго прилива суточное неравенство достигаетъ замѣтной величины, но зато оно очень медленно измѣняется, потому что склоненіе Солнца мѣняетъ свой знакъ не два раза въ мѣсяцъ, какъ у Луны, а два раза въ годъ. Солнечные приливы въ 2,2 раза меньше лунныхъ, следовательно, и суточное неравенство въ солнечномъ приливѣ должно быть менѣе замѣтно выражено, нежели въ лунномъ. Понятно, что при совпадѣніи одноименныхъ и наибольшихъ склоненій для Луны и Солнца суточное неравенство получитъ наибольшую величину, вообще же оно будетъ очень разнообразно являться явленіе прилива въ каждомъ мѣстѣ.

Параллактическое неравенство.—Луна обращается около Земли по эллиптической орбитѣ въ теченіе 27 сь третью дней, при этомъ она бываетъ одинъ разъ въ наибольшемъ удаленіи отъ Земли (апогей, разстояніе 63,7 земныхъ радіусовъ) и разъ въ наименьшемъ (перигей, разстояніе 57,0 з. р.), между тѣмъ приливообразующая сила зависитъ отъ третьей степени разстоянія ($2k \propto \frac{1}{d^3}$), следовательно, даже небольшія измѣненія въ разстояніи сказываются замѣтными величинами въ приливообразующей силѣ, которая въ перигей почти на 40% больше, нежели въ апогей.

Отсюда возникаетъ новое неравенство въ амплитудахъ приливовъ, а именно — параллактическое съ періодами въ 27 сь третью дней.

Разстояніе до Солнца также измѣняется въ теченіе года, въ болѣ

Земля находится въ наибольшемъ удаленіи (апогей, 2-го Июля и. ст. разстояніе 23.731 земн. рад.), а въ Январѣ—въ наименьшемъ разстояніи (перигей, 2-го Января и. ст. разстояніе 22.949 з. р.); вслѣдствіе этой причины, величина приливообразующей силы Солнца измѣняется въ теченіе года приблизительно на 10%.

Періодъ измѣненія разстоянія отъ Земли до Луны, или луннаго параллакса, 27 съ третьою дней, а періодъ солнечнаго параллакса—годъ, вслѣдствіе несоизмѣрности этихъ періодовъ получается разнообразныя сочетанія измѣненій въ приливообразующихъ силахъ Луны и Солнца.

Полумѣсячное неравенство прилива.—Въ предшествовавшемъ разсмотрѣніи по отдѣльности лунный и солнечный приливы и ихъ видоизмѣненія, остается посмотрѣть, какъ эти два прилива сочетаются между собою въ природѣ, гдѣ, конечно, наблюдается совокупность обоихъ приливовъ, такъ какъ приливообразующія силы Луны и Солнца складываются, и равнодѣйствующая ихъ въ каждый моментъ и производитъ лунно-солнечный приливъ.

Направленія приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, вслѣдствіе обращенія Луны вокругъ Земли и послѣдней около Солнца, непрерывно измѣняются. Если направленіе отъ Земли къ Солнцу измѣняется въ теченіе мѣсяца немного, то направленіе къ Лунѣ за то же время измѣнится на 360° , при чемъ два раза,—въ сизигіи,—оно совпадетъ съ направленіемъ на Солнце и два раза,—въ квадратурахъ,—будетъ перпендикулярно къ нему.

Такъ какъ каждая дѣйствующая на тѣло сила дѣйствуетъ самостоятельно, то Луна производитъ свой эллипсоидъ прилива, а Солнце—свой, независимо другъ отъ друга. Эти эллипсоиды складываются всеми возможными способами въ періодъ полумѣсяца (въ сущности, въ теченіе $13\frac{1}{2}$ дней), и въ результатѣ получается два раза въ мѣсяцъ совпаденіе направленій большихъ осей эллипсоидовъ приливовъ (въ сизигіи), вслѣдствіе чего къ поднятію уровня отъ солнечнаго прилива прикладывается еще такое же отъ луннаго прилива; одновременно отъ лунной малой воды отнимается еще солнечная малая вода, и въ результатѣ совокупная амплитуда прилива получается наибольшая. На чертѣжѣ (фиг. 122) вверху показано положенія Земли, Луны и Солнца въ сизигіи и видно, что совокупная полная вода образуется изъ полныхъ водъ лунной (бѣлая полоска) и солнечной (черная полоска), а малая—изъ малыхъ водъ лунной и солнечной.

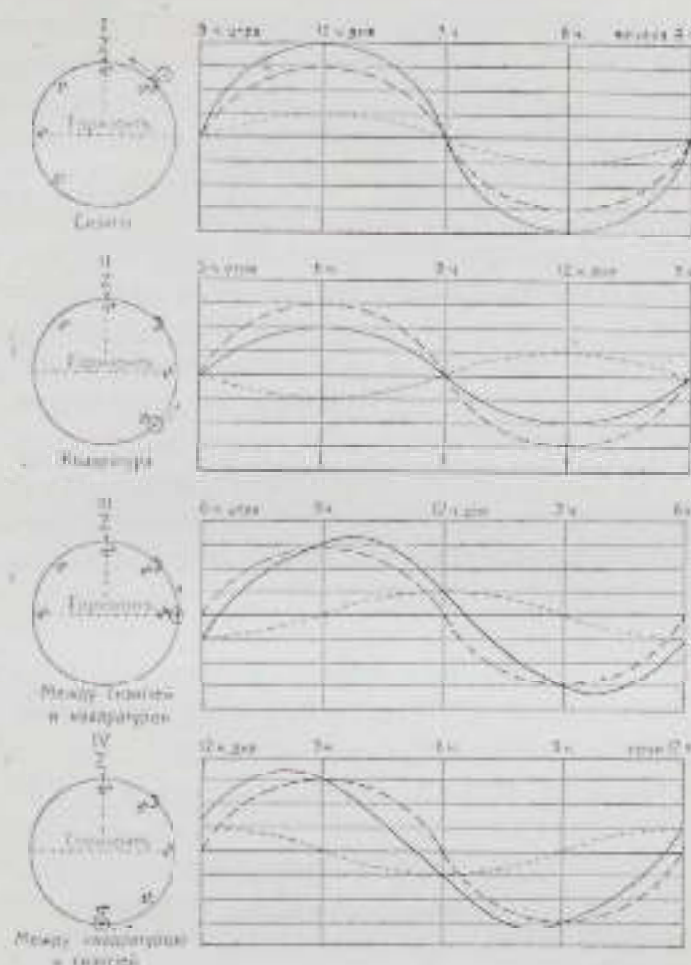


Фиг. 122. Объединенное сицилианское и квадратное приливы.

Въ квадратурахъ *) (фиг. 122, внизу) оси эллипсоидовъ приливовъ луннаго и солнечнаго расположены перпендикулярно другъ къ другу, и потому солнечному приливу соответствуетъ лунный отливъ, а лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ отливомъ, и при вращеніи Земли на оси изъ каждаго мѣста суточное колебаніе уровня совершается изъ меньшихъ размѣровъ, потому что амплитуда луннаго прилива уменьшается — снизу солнечнымъ приливомъ, а сверху — солнечнымъ отливомъ (см. фиг. 111, стр. 285)

Такимъ образомъ два раза въ мѣсяцъ получается наибольшая амплитуда — въ сизигіяхъ, и два раза — наименьшая, въ квадратурахъ. Такое изменение амплитудъ прилива называется полумѣсячнымъ неравенствомъ прилива.

*) Сизигія выражается въ фазахъ Луны полнолуніемъ и новолуніемъ, а квадратура — первой четвертью и послѣдней.



Фиг. 125. Объяснение сложения лунного и солнечного приливов из силъ и температуры.

На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 123) изображено только-что описанное сложение лунного и солнечнаго приливовъ для какого-либо мѣста, лежащаго на экваторѣ. Слѣдовательно, широта избраннаго мѣста будетъ также находиться на экваторѣ, съ которымъ будетъ совпадать и первый вертикаль. Предполагая, что склоненія Солнца и Луны равны нулю, выйдемъ, что суточныхъ движеніемъ оба приливообразующія свѣтила будутъ описывать экваторъ, на плоскости коего горизонтъ мѣста проектируется по диаметру экватора. На чертежѣ съ лѣвой стороны даны окружности, изображающія экваторъ, который оба свѣтила и описываютъ суточнымъ движеніемъ. На рис. I изображено положеніе свѣтилъ

въ одну изъ сизигій (новолуніе), когда Солнце и Луна кульминируютъ въ полдень, и можно допустить, что въ теченіе сутокъ оба свѣтила находятся все время въ одномъ мѣстѣ въ пространствѣ, тогда они опишутъ за 24 ч. полную окружность по экватору. На чертежѣ взять моментъ, когда Луна находится по срединѣ между восходомъ (6 ч. утра) и верхнимъ прохожденіемъ (12 ч. дня), т. е. когда положеніе уровня луннаго прилива соответствуетъ среднему уровню, что будетъ въ 9 ч. утра среднего солнечнаго времени. Рядомъ, направо, дано изображеніе колебанія уровня океана въ зависимости отъ луннаго и солнечнаго приливовъ по отдельности за 12 ч., при чемъ на ординатахъ отложены высоты уровней въ разные часы, а болѣе толстая горизонтальная прямая есть положеніе среднего уровня. Тонкая пунктирная кривая изображаетъ колебаніе уровня отъ солнечнаго прилива, прерывистая кривая — отъ луннаго прилива, а сплошная кривая есть колебаніе уровня отъ совокупнаго дѣйствія обоихъ приливовъ; она получается алгебраическимъ сложеніемъ ординатъ двухъ первыхъ кривыхъ, считая ординаты отъ линіи среднего уровня съ разными знаками въ разные стороны.

На графикахъ рис. I кривыя уровней луннаго и солнечнаго приливовъ начинаются въ 9 ч. утра отъ линіи среднего уровня; въ 12 ч. дня они достигаютъ наивысшей точки своего колебанія (въ этотъ моментъ оба свѣтила въ верхней кульминаціи); въ 3 ч. дня снова для обоихъ приливовъ наступаетъ средний уровень; въ 6 ч. вечера отливъ достигаетъ до малой воды, послѣ чего начинается приливъ, и въ 9 ч. вечера снова кривыя луннаго и солнечнаго приливовъ сходятся на среднемъ уровнѣ.

Сплошная кривая, изображающая наблюдаемый въ данномъ мѣстѣ составной сизигійный лунно-солнечный приливъ, лежитъ выше или ниже обеихъ кривыхъ и имѣетъ амплитуду болѣе, нежели каждый изъ составляющихъ приливовъ, равную суммѣ ихъ амплитудъ. Это и есть сизигійная амплитуда прилива, наибольшая изъ всѣхъ въ теченіе полумѣсяца.

На рис. II Луна взята въ тотъ же моментъ своего суточного пути, что и на рис. I, въ точкѣ экватора, соответствующей 9 час. утра среднего солнечнаго времени. Предполагая Луну въ квадратурѣ, положеніе Солнца должно быть удалено отъ нея на 90° или 6 час. времени, на рисунокъ это и помѣщено въ точкѣ 3 ч. утра. Такъ какъ и Луна и Солнце находятся въ это время въ суточныхъ своихъ дискахъ

въ разстояніи 90° одна отъ другого по экватору, то на графикѣ направо кривая обоихъ приливовъ, луннаго и солнечнаго, начинаются на ординатѣ 3 ч. утра на линіи среднего уровня. Въ 6 ч. утра Луна придетъ въ зенитъ мѣста, и потому въ этотъ моментъ наступитъ полная вода луннаго прилива, что и показано на графикѣ. Въ тотъ же моментъ Солнце будетъ находиться въ точкѣ 6 ч. утра, т.-е. будетъ восходить, что соответствуетъ малой водѣ солнечнаго прилива, какъ это и видно на графикѣ.

Еще черезъ 3 ч. времени Солнце придетъ въ точку 9 ч. утра, а Луна—въ точку 3 ч. дня, оба сѣтила будутъ находиться между кульминаціей и восходомъ или заходомъ, въ этотъ моментъ направо на графикѣ кривая ихъ приливовъ сойдутся на среднемъ уровнѣ, что и видно на рис. II. Въ 12 час. дня Солнце будетъ въ зенитѣ, и кривая его прилива на графикѣ показываетъ въ этотъ моментъ полную воду. Луна же будетъ тогда въ точкѣ захода, что соответствуетъ малой водѣ луннаго прилива, что и видно на графикѣ. Въ 3 ч. дня обѣ кривыя снова сойдутся на линіи среднего уровня.

Кривая составнаго квадратурнаго прилива (за черт. сплошная линія) будетъ лежать между кривыми обоихъ приливовъ (такъ какъ ординаты вычитаются), и амплитуда его будетъ наименьшею изъ всѣхъ въ теченіе послѣдствія.

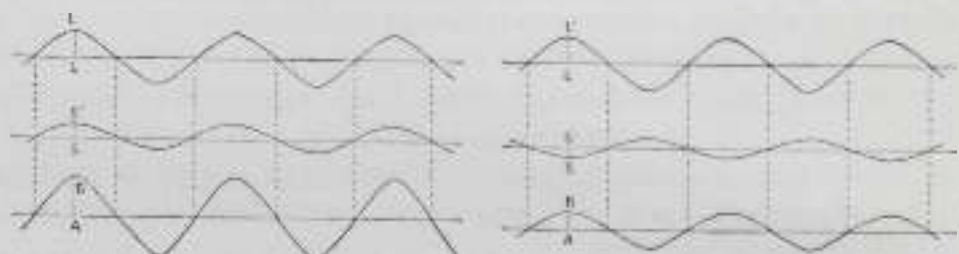
На рисункѣ III и IV изображены положенія сѣтитъ, промежуточные между сизигіями и квадратурами; на рисункѣ III Луна находится между сизигіей и квадратурой (между новолуніемъ и первой четвертью), а на IV между квадратурою и сизигіей (между первой четвертью и полнолуніемъ). На обоихъ рисункахъ Луна взята въ тѣ же моменты ея суточного пути, между восходомъ и зенитомъ, что соответствуетъ 9 час. утра солнечнаго времени. Поэтому на обоихъ графиксахъ, III и IV, кривая луннаго прилива начинается отъ среднего уровня, а кривая солнечнаго прилива (пунктирная кривая) начинается на рис. III, ниже на величину его полуамплитуды, потому что Солнце въ данный моментъ 6 ч. утра находится на горизонтѣ, что соответствуетъ солнечной малой водѣ.

На рис. IV Солнце въ моментъ наблюденія въ иномъ прохожденіи, въ точкѣ 12 ч. ночи, что соответствуетъ солнечной полной водѣ. Сложеніе кривыхъ солнечной и лунной въ этихъ случаяхъ даетъ кривую наблюдаемаго составнаго колебанія уровня, при чемъ моменты

полныхъ водъ случаются или позже или раньше прохожденія Луны черезъ меридианъ; моменты малыхъ водъ также или опаздываютъ или предупреждаютъ моменты прохожденія Луны черезъ меридианъ.

Сравнивая на графикахъ I—IV амплитуды составного лунно-солнечнаго прилива, видно, что наибольшія бываютъ въ сизигіи, наименьшія—въ квадратурахъ, а въ остальное время мѣсяца онѣ убываютъ отъ сизигіи къ квадратурамъ и увеличивается отъ квадратуръ до сизигіи.

Такимъ образомъ полумѣсячное неравенство не только образуетъ неравенство амплитудъ, но и неравенство во временахъ наступленія полныхъ и малыхъ водъ, подобно тому, какъ и суточное неравенство отразилось и на амплитудахъ и на продолжительности промежутковъ между полными и малыми водами.



Фиг. 124. Объясненіе сложенія луннаго и солнечнаго приливовъ въ сизигіи и квадратурахъ.

Чтобы еще болѣе сдѣлать яснымъ сочетаніе луннаго и солнечнаго приливовъ, здѣсь приведены слѣдующіе два чертежа (фиг. 124), на которыхъ въ верхней строкѣ изображены кривыя луннаго прилива, во второй—солнечнаго, а въ третьей сложеніе ихъ обѣихъ другъ съ другомъ; назъво, гдѣ моменты полныхъ и малыхъ водъ на обѣихъ кривыхъ совпадаютъ, сложеніе кривыхъ приводитъ къ кривой сизигійнаго прилива, а направо—къ кривой квадратурнаго прилива.

Сводъ всѣхъ разобранныхъ выше условій явленія прилива.—Выше, въ началѣ изложенія теоріи статическаго равновѣсія приливовъ, было сдѣлано основное предположеніе, что океанъ вездѣ слоемъ одинаковой глубины охватываетъ всю Землю. При *этомъ-то* предположеніи и были получены всѣ предшествующіе выводы, которые сводятся къ слѣдующимъ положеніямъ.

Въ теченіе **24 ч.**, подъ вліяніемъ Солнца, въ каждомъ мѣстѣ наблюдается два прилива и два отлива.

Въ теченіе **24 ч. 50 м.**, подъ вліяніемъ Луны, въ каждомъ мѣстѣ наблюдается тоже два прилива и два отлива.

Вслѣдствіе различія періодовъ приливовъ солнечнаго и луннаго на 25 мин., ежедневно происходитъ опаздываніе луннаго прилива по отношенію къ солнечному, что даетъ разнаа сочетанія обонхъ приливовъ, видоизмѣляя явленіе нѣо дня въ день.

Въ теченіе **мѣсяца** склоненіе Луны мѣняется въ среднемъ отъ 24° с. до 24° ю., и отымъ вносятся въ явленіе прилива суточное неравенство, для каждой параллели особенное и постоянно видоизмѣняющееся.

Такое же суточное неравенство существуетъ и для солнечнаго прилива, періодъ котораго **годъ**, потому что склоненіе Солнца колеблется отъ $23^{\circ},5$ с. до $23^{\circ},5$ ю. въ теченіе **года**.

Суточное неравенство Солнца, складываясь съ таковымъ же для Луны, при быстромъ измѣненіи послѣдняго, весьма разнообразно видоизмѣняетъ характеръ явленія прилива.

Въ теченіе **мѣсяца** удаленіе Луны отъ Земли измѣняется отъ наибольшаго до наименьшаго, и вмѣстѣ съ тѣмъ въ значительной степени измѣняется и ея приливообразующая сила.

Въ теченіе **года** измѣняется также и разстояніе до Солнца, а слѣдовательно, и величина его приливообразующей силы.

Всѣ только-что перечисленные явленія имѣютъ періодическій характеръ, при чемъ періоды ихъ не совпадаютъ, а потому разнообразіе ихъ сочетаній очень велико, почему въ томъ же мѣстѣ приливъ одного дня не вохотъ ни на предшествовавшій, ни на послѣдующій.

Отсюда видно, насколько въ дѣйствительности сложно явленіе прилива, даже если его разсматривать при простѣйшихъ условіяхъ, предполагая океанъ, охватывающій Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ воды одинаковой глубины.

Неравенства второстепеннаго значенія.—Склоненіе Луны находится въ зависности отъ положенія лунной орбиты по отношенію къ экватору. Орбита Луны перемѣняется въ пространствѣ довольно быстро и такимъ образомъ, что дѣлія узловъ ея передвигается ежегодно къ западу на $19^{\circ}21'$ (приблизительно), совершая полный оборотъ въ 18,6 лѣтъ. Вслѣдствіе такого перемѣщенія орбиты, предѣльные склоненія Луны въ теченіе 18,6 лѣтъ измѣняются отъ $18^{\circ}18',5$ до $28^{\circ}36',1$.

Суточное неравенство прилива, какъ выше сказано, зависитъ исклю-

Луны около общего их центра тяжести C (фиг. 125), одинаковые для обеих точек Земли и равны притяжению центра Земли Луною.

Назовем через μ — центробежную силу, m — массу частицы Земли, m — массу Луны, d — расстояние между центрами обоих сфер, через e — расстояние между частицей и центром Луны, через f — силу тяготения Луны на частицу массы μ .

На основании сказанного имеем: центробежная сила = тяготению центра Земли к Луне или

$$\mu = \frac{\mu m}{d^2} k, \quad f = \frac{m m}{e^2} k$$

Принимая массу частицы μ за единицу, получаем:

$$\mu = \frac{m}{d^2} k, \quad f = \frac{m}{e^2} k$$

Каждую силу можно разложить на две взаимноперпендикулярные составляющие; выберем одно из составляющих направлений для сил μ и f по касательной в точке μ , тогда другое направится по радиусу.

Та часть сил μ и f , которая будут проецироваться на касательную, образует в совокупности горизонтальную составляющую приращивающую силы Луны.

Следовательно:

$$\text{горизонтальная составляющая} = \mu \sin \theta - f \cos \beta \dots\dots\dots I$$

Для преобразования этого выражения в более удобную форму выразим $\cos \beta$ в зависимости от угла θ при центре Земли между радиусом r и линией AB .

Из треугольника ABP имеем:

$$e^2 = d^2 + r^2 + 2 dr \cos \theta$$

а с другой стороны:

$$\cos \beta = \sin \gamma; \quad \frac{\sin \gamma}{\sin (180^\circ - \theta)} = \frac{d}{e}; \quad \sin \gamma = \frac{d \sin \theta}{e}.$$

Подставив найденные выражения в уравнение I, имеем:

$$\text{формула поставл.} = \frac{k m \sin \theta}{d^2} - \frac{k m}{(d^2 + r^2 + 2 dr \cos \theta)} \times \frac{d \sin \theta}{\sqrt{d^2 + r^2 + 2 dr \cos \theta}} \dots\dots II$$

Так как расстояние от Земли до Луны 60 r , то без большой погрешности можно принять дугу ar (фиг. 125) за прямую перпендикулярную к линии AB , и тогда с большою точностью получим более простое выражение для расстояния частицы Земли от центра Луны:

$$e = d + r \cos \theta.$$

Подставив это выражение в выражение II, получим

$$\begin{aligned} \text{гориз. составн.} &= \frac{k m \sin \Theta}{d^2} - \frac{k m \sin \Theta \cdot d}{(d + r \cos \Theta)^2} = k m \sin \Theta \left[\frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d + r \cos \Theta)^2} \right] = \\ &= k m \sin \Theta \frac{d^2 + 3 d^2 r \cos \Theta + 3 d r^2 \cos^2 \Theta + r^3 \cos^3 \Theta - d^2}{d^2 (d + r \cos \Theta)^2} = \\ &= k m \sin \Theta \frac{3 r \cos \Theta + 3 \frac{r^2}{d} \cos^2 \Theta + \frac{r^3}{d^2} \cos^3 \Theta}{(d + r \cos \Theta)^2} = \\ &= k m r \sin \Theta \cos \Theta \frac{3 + 3 \frac{r}{d} \cos \Theta + \frac{r^2}{d^2} \cos^2 \Theta}{d^2 \left(1 + \frac{r}{d} \cos \Theta \right)^2} = \\ &= \frac{3 k m r \sin \Theta \cos \Theta}{d^2} \times \frac{1 + \frac{r}{d} \cos \Theta + \frac{1}{3} \left(\frac{r}{d} \right)^2 \cos^2 \Theta}{\left(1 + \frac{r}{d} \cos \Theta \right)^3}. \end{aligned}$$

Разбирая последнее выражение, можно видеть, что произведение

$$\frac{r}{d} \cos \Theta \text{ всегда } < 1 \text{ и даже } < \frac{1}{60,5}$$

а следовательно эта дробь во второй степени и под знаменателем есть величина очень небольшая, которая так же сравнительно со знаменателем 1-ого во второй степени и в числителе и знаменателе, что для первого приближения можно эту дробь пропустить, и тогда получится следующее выражение для горизонтальной составляющей притягивающей силы Луны:

$$\begin{aligned} \text{горизонтальная составляющая} &= \frac{3 k m r \sin \Theta \cos \Theta}{d^2} \\ \text{или} &= \frac{3}{2} \cdot \frac{k m r \sin 2 \Theta}{d^2} \dots \dots \dots A \end{aligned}$$

Та же часть притягивающей силы — κ и силы тяжести из Луны — f , которые проектируются на радиус и его продолжение (фиг. 125), образуют, по их сложению, вертикальную составляющую притягивающей силы Луны.

Следовательно:

$$\text{вертикальная составляющая} = \kappa \cos \Theta - f \cos \gamma \dots \dots \dots I$$

Примем, как и для вывода горизонтальной составляющей, массу части Δ за единицу, т.е. примем:

$$\text{вертикальная составляющая} = \frac{k m \cos \Theta}{d^2} - \frac{k m \cos \gamma}{c^2} \dots \dots \dots II$$

Заметим, что угол γ между направлениями d и c есть

$$\gamma = \Theta - \varphi \quad \text{полагая:}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{r}{d} = \frac{\sin (\theta - \gamma)}{\sin \gamma} = \frac{\sin \theta \cos \gamma - \sin \gamma \cos \theta}{\sin \gamma}$$

$$r = d \sin \theta \operatorname{Cotg} \gamma - d \cos \theta;$$

$$\operatorname{Cotg} \gamma = \frac{r + d \cos \theta}{d \sin \theta} \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{d \sin \theta}{r + d \cos \theta}$$

Найдем выражение для $\sin \gamma$ и $\cos \gamma$

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \frac{d \sin \theta}{(r + d \cos \theta) \sqrt{1 + \frac{d^2 \sin^2 \theta}{(r + d \cos \theta)^2}}} = \frac{d \sin \theta}{\sqrt{(r + d \cos \theta)^2 + d^2 \sin^2 \theta}} = \\ &= \frac{d \sin \theta}{\sqrt{r^2 + d^2 + 2rd \cos \theta}} = \frac{d \sin \theta}{\epsilon} \quad \text{что видно и прямо из} \\ &\quad \text{треугольника.} \end{aligned}$$

$$\cos \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}} = \frac{r + d \cos \theta}{\sqrt{(r + d \cos \theta)^2 + d^2 \sin^2 \theta}} = \frac{r + d \cos \theta}{\sqrt{r^2 + d^2 + 2rd \cos \theta}} = \frac{r + d \cos \theta}{\epsilon}.$$

Подставив эти значения в уравнение II-е, получаем:

$$\text{верт. составля.} = \frac{k m \cos \theta}{d^3} - \frac{k m}{r^3} \times \frac{r + d \cos \theta}{\epsilon} = k m \left[\frac{\epsilon^3 \cos \theta - d^3 (r + d \cos \theta)}{d^3 \epsilon^3} \right] \dots \text{III}$$

Давая такое же допущение, как и в выводе горизонтальной составляющей, предположим, что дуга d есть прямая, перпендикулярная к линии AE , что весьма близко к истине, потому что угол α не больше 1° . Следовательно, несмотря на сделанное допущение, будем иметь все-таки еще сь большую точностью:

$$\epsilon = d + r \cos \theta.$$

Подставив это выражение в уравнение III, получаем:

$$\begin{aligned} \text{вертикальная составляющая} &= k m \left[\frac{(d + r \cos \theta)^3 \cos \theta - d^3 (r + d \cos \theta)}{d^3 (d + r \cos \theta)^3} \right] = \\ &= k m r \frac{3 \cos^2 \theta + 3 \frac{r}{d} \cos^3 \theta + \left(\frac{r}{d} \right)^2 \cos^4 \theta - 1}{d^2 \left(1 + \frac{r}{d} \cos \theta \right)^3}. \end{aligned}$$

Разобрав это выражение, видно, что дробь

$$\frac{r}{d} < \frac{1}{60,3}, \quad \text{а следовательно}$$

$$\text{и подобно } \frac{r}{d} \cos \theta < \frac{1}{60,3}, \quad \text{откуда вытекает, что}$$

$$\frac{1}{3} \left(\frac{r}{d} \right)^2 < \frac{1}{60,3^2 \times 3}, \quad \text{а следовательно}$$

$$\text{и подобно } \frac{1}{3} \left(\frac{r}{d} \right)^2 \cos^2 \theta < \frac{1}{10908,27};$$

а потому можно пренебречь этимъ членомъ, и тогда получимъ еще съ большою точностью слѣдующее:

$$\begin{aligned} \text{вертикальная составляющая} &= \frac{kmr}{d^3} \times \frac{3 \cos^2 \Theta - 1}{1} \text{ или} \\ \text{вертикальная составляющая} &= \frac{3 kmr}{d^3} \left(\cos^2 \Theta - \frac{1}{3} \right). \dots \dots \dots \text{Б} \end{aligned}$$

Приливообразующая сила Луны, разложенная на горизонтальную и вертикальную составляющія, выражается слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \text{горизонтальная составляющая} &= \frac{3 kmr \sin \Theta \cos \Theta}{d^3} = \frac{3}{2} \cdot \frac{kmr \sin 2 \Theta}{d^3} \\ \text{вертикальная составляющая} &= \frac{3 kmr}{d^3} \left(\cos^2 \Theta - \frac{1}{3} \right). \end{aligned}$$

Пользуясь этими выраженіями, можно опредѣлить размахи амплитудъ приливовъ для Луны и для Солнца въ предположеніи, что океанъ покрываетъ весь земной шаръ. Ниже эти величины и выведены, здѣсь же приводятся только результаты этихъ выводовъ.

Оказывается, что:

$$\begin{aligned} \text{Амплитуда луннаго прилива} &= 0,55 \text{ метра } ^*) \\ \text{Амплитуда солнечнаго прилива} &= 0,25 \text{ " } \end{aligned}$$

Отношеніе полученныхъ амплитудъ между собою даетъ ту же величину, что и отношеніе приливообразующихъ силъ Луны и Солнца, выведенное выше (стр. 306).

Слѣдовательно, въ сизигіи, когда лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ приливомъ и лунный отливъ съ солнечнымъ отливомъ, то сизигійная амплитуда будетъ складываться изъ суммъ амплитудъ луннаго и солнечнаго приливовъ:

$$\begin{aligned} \text{амплитуда луннаго прилива} &= 0,55 \text{ м.} \\ \text{" солнечнаго " } &= 0,25 \text{ м.} \\ \hline \text{сизигійная амплитуда} &= 0,80 \text{ м.} \end{aligned}$$

Въ квадратурѣ же, когда лунный приливъ совпадаетъ съ солнечнымъ отливомъ, а лунный отливъ—съ солнечнымъ приливомъ, квадратурная амплитуда будетъ образоваться изъ разности амплитудъ обоихъ приливовъ.

*) 0,55 м. = 23,1; а 0,25 м. = 9,8 д.

амплитуда лунного прилива	=	0,55 м.
» солнечного »	=	0,25 м.
<hr/>		
квадратурная амплитуда	=	0,30 м.

Основываясь на изведенных выше выражениях для горизонтальной и вертикальной составляющих и закон Паскаля, что давление, оказываемое в какой-либо точке жидкости, передается ей частинками во все стороны без какой-либо потери, можно вывести с достаточной точностью величину амплитуды для лунного и для солнечного приливов.

Предположим, что на чертежах (фиг. 126) изображено сечение Земли по экватору, при чем Жирной окант, окружающий со ветки стороны твердое ядро Земли, под влиянием приливообразующей силы Луны принимает форму эллипсоида вращения, и, согласно статической теории приливов, во всей его массе частицы находятся в состоянии равновесия. Если представить, что в водах океана выдвинут некоторый бесконечно тонкий вертикальный канал, то в каждой точке его частицы жидкости будут находиться в равновесии и следовательно — в покое.

Наберем из океана воду каналом, чтобы одна часть его АВ (фиг. 126) шла по дну океана вдоль четверти земной окружности, другая ВС — параллельно из поверхности слоя океана, эти оба канала соединялись бы двумя вертикальными каналами, из них один AD по радиусу, идущему в центр Луны, в другой BC по радиусу, перпендикулярному к первому. В точках А и D и точках В и С, как выше было показано, горизонтальная составляющая приливообразующей силы равна нулю.

Теперь сделаем исследование, под влиянием каких сил находится частица жидкости в различных частях нашего канала по отдельности.

Так как поверхностный слой находится в равновесии, то все частицы его образующий, будут в покое, для чего необходимо, чтобы в каждой точке слоя существовала только сила, направленная нормально к поверхности слоя.

В вертикальной части канала DA каждая частица жидкости находится под влиянием двух сил: силы тяжести и приливообразующей силы Луны, направленной здесь прямо противоположно силе тяжести отъ центра Земли и потому уменьшающей itself каждой частицы.

В канале BC приливообразующая сила направлена к центру Земли (см. стр. 297),



Фиг. 126. Изображенный экспериментальный канал из океана по дну и по поверхности.

и хотя она тут почти в два раза меньше приливообразующей силы из AD , но все-таки она способна увеличивать влечение в канал BC .

В круговой придонной части канала AB заданная частица находится под действием двух сил: горизонтальной составляющей приливообразующей силы Луны, направленной вдоль канала от B к A , сила показывается стрелой на чертеже и другой силой, направленной нормально к поверхности канала и к центру Земли. Эта сила образуется разностью между притяжением Земли и вертикальным составляющим приливообразующей силы Луны (направленной от центра Земли). Эта сила, направленная нормально к поверхности канала, сила показана стрелками на чертеже, будет только увеличивать силу тяжести на каждой точке отрезка AB кругового канала.

Для того, чтобы учесть равновесие во всем канале $ABCD$, следует учесть сумму всех горизонтальных составляющих приливообразующей силы Луны вдоль отрезка канала AB , потому что по закону Паскаля давление передается от частицы к частице и сложить с вакуумным уровнем жидкости на отрезке канала BC . Полученная сумма выразит давление в канале, которое должно быть уравновешено вакуумным уровнем жидкости на отрезке канала AB , потому что вдоль отрезка канала DC никакая сила не действует *).

Назовем частицу воды массой равной единице чертой μ ; каждая частица на вертикальном отрезке канала AD притягивается Землей, и это притяжение есть не что иное, как влечение p частицы μ :

$$\text{притяжение } p = \frac{EM\mu}{r^2}$$

где M есть масса Земли.

Теперь найдем величину действия приливообразующей силы Луны на частицы жидкости массы $\mu=1$ для различных частей канала.

Для вертикальных отрезков канала AD и BC горизонтальная составляющая приливообразующей силы равна нулю, и для них остается лишь только вертикальную составляющую той же силы.

Для отрезка канала AD имеем:

$$\text{вертик. составн.} = \frac{Emr}{a^3} \times (3 \cos^2 \Theta - 1) \quad (\text{стр. 326})$$

в данном случае угол Θ — нулю, следовательно, имеем:

$$\text{вертик. составн.} = \frac{2Emr}{a^3}$$

она направлена от центра Земли. Для отрезка канала BC угол $\Theta=90^\circ$

$$\text{вертик. составн.} = \frac{-Emr}{a^3}$$

т. е. для канала BC она вдвое меньше и направлена к центру Земли.

Для кругового отрезка канала AB надо найти только горизонтальную составляющую приливообразующей силы Луны

$$\text{гориз. составн.} = \frac{3Emr \sin \Theta \cos \Theta}{a^3} = \frac{3}{2} Em \frac{r}{a^3} \sin 2\Theta \quad (\text{стр. 326})$$

*) Горизонт. составн. приливообразующей силы тут полностью израсходована на поддержание эллипсоидальной формы поверхности жидкости, иначе жидкость не находилась бы в равновесии, и поверхность ее не была бы в виде шара.

Пусть площадь поперечного сечения жидкого безконечно тонкого канала будет ω , масса объема безконечно малой части канала будет $\omega \Delta s$, а масса этого объема будет $\omega \Delta s \delta$, где δ есть плотность жидкости. Для такого элементарного объема справедливо предположение, что на все его частицы все силы действуют одинаково.

Следовательно, для него будет:

$$\text{гориз. составл.} = \omega \Delta s \delta \frac{r}{2} \int_{\Theta=0}^{\Theta=90^\circ} \sin 2\Theta \, d\Theta.$$

Для того, чтобы получить совокупность действий всех этих сил по всему отрезку AB , надо суммировать все эти силы, а именно:

$$\int_{\Theta=0}^{\Theta=90^\circ} \omega \delta \Delta s \frac{r}{2} \sin 2\Theta = \frac{r}{2} k \omega \delta \int_0^{90^\circ} \sin 2\Theta \, d\Theta, \quad (1)$$

но, так как $ds = r \, d\Theta$, то

$$\begin{aligned} \int_0^{90^\circ} \sin 2\Theta \, ds &= \int_0^{90^\circ} \sin 2\Theta \, r \, d\Theta = \frac{r}{2} \int_0^{90^\circ} \sin 2\Theta \, d2\Theta = -\frac{r}{2} \left[\cos 2\Theta \right]_0^{90^\circ} = \\ &= -\frac{r}{2} [\cos 2 \cdot 90^\circ - \cos 0^\circ] = -\frac{r}{2} [-1 - 1] = -\frac{r}{2} [-2] = r \end{aligned}$$

Подставляя найденную величину во выражение 1, имеем:
сумма горизонтальных составляющих вдоль отрезка канала AB

$$\text{равна } \frac{r}{2} k \omega \delta \frac{r^2}{d^3} \dots \dots \dots A$$

Для определения совокупного веса столба жидкости $AD-H$ надо найти равновесие между весом p части p и вертикальным составляющим противодействующей силы.

$$p = \frac{kLM}{r^2}; \quad \text{верт. сост.} = \frac{2k\omega r}{d^3}$$

Принимая массу частицы p за единицу, имеем:

$$p - \text{верт. сост.} = \frac{kM}{r^2} - \frac{2k\omega r}{d^3}$$

Полученную величину остается умножить на число частиц p во отрезке канала $AD-H$, тогда получим весь вес жидкости во канале H . Массу же жидкости во канале H определим по выражению $H \omega \delta$. Следовательно, весь жидкости во отрезке канала H будет:

$$H \omega \delta \left[\frac{kM}{r^2} - \frac{2k\omega r}{d^3} \right] \dots \dots \dots B$$

Для нахождения совокупного веса столба жидкости во отрезке канала $HC-A$ поступаем так же, только здесь надо взять не равновесие, а сумму веса частицы и вертикальный составляющей.

$$p + \text{вертик. сост.} = \frac{kM}{r^2} + \frac{k\omega r}{d^3}$$

Для частицы и массы равной единице.

Следовательно, если всея жидкости въ сферѣ h будетъ

$$h\omega\bar{\omega}\left[\frac{kM}{r^2} + \frac{2kmr}{d^2}\right] \dots\dots\dots C$$

Чтобы получить полную сумму значений въ паннѣхъ B A B C , остается составить уравненіе, которому должны удовлетворить все силы, действующія въ сферѣ сына отъ A до C , для того, чтобы въ немъ жидкости находились въ равновѣсіи.

$$\begin{aligned} Hk\omega\bar{\omega}\left(\frac{M}{r^2} - \frac{2mr}{d^2}\right) &= \frac{3}{2}h\omega\omega\bar{\omega}\frac{r^2}{d^2} + h\omega\bar{\omega}\left(\frac{M}{r^2} + \frac{mr}{d^2}\right) \\ H\frac{M}{r^2} - \frac{2mr}{d^2}H &= \frac{3}{2}\frac{mr^2}{d^2} + h\frac{M}{r^2} + h\frac{mr}{d^2} \\ (H-h)\frac{M}{r^2} - \frac{mr}{d^2}(2H+h) &= \frac{3}{2}m\frac{r^2}{d^2} \\ H-h &= \frac{m}{M}\frac{r^2}{d^2}(2H+h) + \frac{3m}{2M}\frac{r^2}{d^2} \\ H-h &= \frac{m}{M}\frac{r^2}{d^2}\left[(2H+h) + \frac{3}{2}r\right] \dots\dots\dots D \end{aligned}$$

Здѣсь $H-h$ есть полная амплитуда прилива для Луны.

Рассмотрѣвъ выраженіе D , видно, что:

$$\frac{m}{M} < \frac{1}{81} \quad \text{и} \quad \frac{r}{d} < \frac{1}{60}$$

а такъ какъ первая часть послѣдняго неравенства входитъ въ выраженіе D въ третей степени, то следовательно имѣемъ:

$$\frac{r^3}{d^3} < \frac{1}{216\,000}.$$

Перемножив эти два неравенства, получаемъ:

$$\begin{aligned} \frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3} &< \frac{1}{81} \times \frac{1}{216\,000} \\ \frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3} &< \frac{1}{17\,800\,000}. \end{aligned}$$

Слѣдовательно, если даже предположить, что величина $2H+h=30\,000$ метровъ, т. е. углубленій наибольшей глубины океана, то и тогда будетъ имѣть:

$$(2H+h)\frac{m}{M}\frac{r^3}{d^3} < \frac{30\,000}{17\,800\,000} = 0,0017 \text{ метра.}$$

Значитъ, эта величина въ выраженіи D меньше 2 миллим., и потому ею можно пренебречь, особенно въ сравненіи со вторымъ слагаемымъ, стоящимъ въ скобкахъ, гдѣ r есть радиусъ Земли, а именно:

$$\frac{3}{2}r = \frac{3}{2} \times 6\,370\,000 \text{ метровъ.}$$

Потому, отбрасывая въ выраженіи D слагаемое

$$\frac{m}{M} \frac{r^2}{a^3} \ll (H + h),$$

получимъ:

$$H - h = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \frac{r^2}{a^3} r = \frac{3}{2} \times \frac{r}{17869000} = \frac{3}{2} \times \frac{6370000}{17869000} = \frac{918,5}{594} = 0,55 \text{ метра.}$$

$$H - h = 0,55 \text{ метра.}$$

т. е. амплитуда луннаго прилива есть 0,55 м.

Для того, чтобы вывести величину амплитуды солнечнаго прилива, поступаютъ такъ же; но, такъ какъ расстояние до Солнца гораздо больше, нежели до Луны, и масса Солнца больше, то вышеприведенныя неравенства, показавшія отбросить въ выраженіи D амплитуду (H—h), въ этомъ случаѣ будутъ еще болѣе справедливы.

Потому можно написать для Солнца слѣдующее (*):

$$\begin{aligned} H - h &= \frac{3}{2} \frac{S}{M} \left(\frac{r}{D} \right)^2 r \\ &= \frac{3}{2} 333400 \left(\frac{r}{23484r} \right)^2 r \\ &= \frac{3}{2} 333400 \left(\frac{1}{23484} \right)^2 r \\ &= \frac{3}{2} \frac{6370000 \times 25,5}{109} = 0,25 \text{ метра.} \end{aligned}$$

т. е. амплитуда солнечнаго прилива есть 0,25 метра.

Условія, при которыхъ приливъ происходитъ на Землѣ, отличіе ихъ отъ теоретическихъ, и вытекающія отсюда усложненія явленія. — Какъ только отъ принимавшихся выше идеальныхъ условій перейти къ существующимъ на Землѣ, такъ сейчасъ же всѣмъ разобраннѣмъ выше и уже достаточно сложнымъ естественнымъ особенностямъ прилива присоединяется рядъ другихъ обстоятельствъ, вносящихъ еще новыя усложненія въ явленіе прилива.

Сдѣланный выше разборъ теоретическихъ условій явленія и тѣхъ особенностей, какія вносятъ въ него разныя сочетанія приливообразующихъ силъ Солнца и Луны, показываетъ, что, несмотря на всѣ видоизмѣненія, претерпѣваемая явленіемъ прилива, оно главнымъ образомъ должно проявляться въ широкой полосѣ океана, простирающейся по обѣ стороны отъ экватора до 40°—45° с. и ю. ш. Между тѣмъ именно въ этомъ-то полѣ на Землѣ протягиваются по меридіану материкъ обоихъ Аме-

*). Здѣсь S и M суть массы Солнца и Земли.

разъ, Европы и Африки, Азии и Австрали, становясь попереки естественнаго распространения прилива, съ востока на западъ.

Затѣмъ Мировой океанъ, хотя и занимаетъ 71% земной поверхности, но охватывается Землю непрерывнымъ кольцомъ по параллели только между м. Горня и Антарктическими землями, т.-е. въ широтахъ 56"—66" ю.

Изученіе рельефа дна океана показываетъ, что онъ отличается довольно разнообразными глубинами, мѣстами еще усѣянными цѣлыми архипелагами острововъ.

Такимъ образомъ первое важное предположеніе, положенное въ основу теоріи равновѣсія приливовъ, — сплюснкой океанъ всадѣ одинаковой глубины, — совершенно расходится съ природою земного шара, что, конечно, измѣнитъ глубокія измѣненія въ характеръ теченія приливовъ, сравнительно съ тѣмъ, что должно было быть по теоріи.

Далѣе, въ теоріи равновѣсія совершенно не принимается во вниманіе законъ инерціи, потому что эта теорія допускаетъ, что вся масса водъ океана во всякій моментъ занимаетъ положеніе равновѣсія по отношенію къ дѣйствующимъ на нее приливообразующимъ силамъ. Между тѣмъ эти послѣднія, какъ только-что было указано, непрерывно видоизмѣняются, и, слѣдовательно, вслѣдствіе инерціи, частицы водной массы океана непрерывно отстаютъ въ своихъ перемѣщеніяхъ отъ тѣхъ положеній, какія они должны были бы занимать согласно теоріи *).

Наблюдать движеніе прилива посреди открытаго океана до сихъ поръ было невозможно. Наблюденія на островахъ только до нѣкоторой степени могутъ замѣнить собою наблюденія посреди океана.

Почти всѣ извѣстныя наблюденія приливовъ произведены у береговъ материковъ, и только очень небольшое количество данныхъ имѣется для приливовъ на океаническихъ островахъ. Такимъ образомъ весь матеріалъ, на основаніи коего можно судить о явленіи прилива на земномъ шарѣ, собранъ почти исключительно у береговъ материковъ, т.-е. на внутренней окраинѣ материковой отмели, куда приливъ доходитъ изъ океана черезъ малыя глубины и перѣды склона нѣсколько проливовъ и узкостей, отъ чего происходитъ еще рядъ интерференцій; все это вноситъ большія усложненія, въ каждомъ мѣстѣ нныя, нежели въ другомъ.

*) Отсюда проистекаетъ новое усложненіе явленія, каждаго частицы подвергаются нѣкоторому возмужу дѣйствію на нихъ приливообразующихъ силъ, возмуж что эти частицы, вслѣдствіе отставанія, уже не будутъ симметрично расположены относительно лини ленивъ—надора, вдоль которой дѣйствуетъ приливообразующая сила.

Такихъ образомъ существованіе материковъ, неправильное распрежденіе суши и воды, неправильный рельефъ дна океана и существованіе анергій матерій вносятъ глубокія видоизмѣненія въ столь простые теоретическія предположенія: океанъ, охватывающій Землю со всѣхъ сторонъ слоемъ одинаковой глубины, отъизмѣнился измѣненіемъ характера прилива не только у береговъ, но и въ открытомъ океанѣ. Въ прибрежной же полосѣ океана, гдѣ появляется еще рядъ мѣстныхъ обстоятельствъ, приливъ можетъ значительно отличаться отъ теоретическихъ предположеній. Но всѣмъ перечисленнымъ условіямъ, отклоняющимъ приливъ отъ его теоретическаго хода, надо еще присоединить метеорологическія причины, нарушающія тоже правильность явленія, главнымъ образомъ вѣтры и колебанія давленія атмосферы (въ среднемъ измѣненіе давленія на одинъ миллиметръ соответствуетъ измѣненію положенія уровня на 13 мм.).

Статическая теорія равновѣсія прилива и динамическая теорія прилива.—Статическая теорія равновѣсія, открытая Ньютономъ, действительно впервые показала, что настоящая причина приливовъ есть всемірное тяготѣніе. Эта теорія удовлетворительно объясняетъ главнѣйшія особенности явленія: она показываетъ, что подъ вліяніемъ приливообразующихъ силъ свѣтлы въ сутки должно случаться два прилива и два отлива; что амплитуды ихъ должны измѣняться вездѣ, кромѣ экватора и полюса, всакой разъ, какъ приливообразующія свѣтила не находятся на экваторѣ; что амплитуды должны измѣняться въ зависимости отъ разстояній до приливообразующихъ свѣтилъ; что взаимное расположеніе свѣтилъ въ пространствѣ оказываетъ большое вліяніе на амплитуды приливовъ, образуя наибольшія сизигійныя амплитуды и наименьшія—квадратурныя.

Высѣтъ съ тѣмъ эта теорія не можетъ объяснить очень многихъ особенностей явленія. Такъ, напримеръ, согласно теоріи равновѣсія, наибольшая величина амплитуды прилива не должна превосходить 0,8 м., а она во многихъ мѣстахъ по берегамъ доходитъ до 10 м. и болѣе. По теоріи въ сизигій моменты полныхъ водъ должны совпадать съ моментами совмѣстнаго прохода Солнца и Луны черезъ меридіанъ мѣста, а на самомъ дѣлѣ за рѣдкими исключеніями въ сизигіи полная вода вездѣ случается позднеѣ на нѣсколько часовъ (прикладной часъ).

По теоріи самая высокая полная вода должна бы случаться въ дни сизигій, тогда какъ въ большей части мѣстъ она опадываетъ и

бываетъ на сутки, полторы сутокъ и до одиннадцати сутокъ позже сизигій или до семи сутокъ раньше ихъ (возрастъ притяга).

Суточное неравенство по теоріи должно выражаться во всѣхъ мѣстахъ той же параллели одинаковою величиною, а на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ. Напримеръ, въ портахъ Западной Европы оно почти незаметно, а въ тѣхъ же широтахъ въ Тихомъ океанѣ оно велико. Есть мѣстности на экваторѣ, гдѣ суточное неравенство очень велико, тогда какъ по теоріи на экваторѣ оно всегда должно быть равно нулю (см. стр. 313 выше).

Ньютонъ самъ находилъ необходимымъ принимать во вниманіе инерцію воды, но, въ виду трудности введенія этого условія, онъ не далъ никакихъ указаній, какъ это сдѣлать.

Всѣ эти и другія меньшія несообразности происходятъ оттого, что теорія равновѣсія разбираетъ явленіе при условіяхъ, которыя не соответствуютъ дѣйствительности, какъ это только-что указано въ предшествующей статьѣ. Объясненіе главныхъ сторонъ явленія ею впервые замѣчено, и въ этомъ ее большая заслуга, но подробности не могутъ быть ею охвачены и объяснены.

Затрудненія, встрѣтившіяся на пути статической теоріи прилива, заставили перейти къ созданію динамической теоріи, творцомъ которой былъ Лапласъ. Сущность ее состоитъ въ слѣдующемъ.

Причины, производящія приливъ, въ каждомъ мѣстѣ земной поверхности (см. стр. 303) достигаютъ наибольшей величины, когда приливообразующія свѣтила находятся въ зенитѣ мѣста, и наименьшей, когда они на горизонтѣ. Слѣдовательно, приливообразующія силы имѣютъ *периодическій характеръ* и возбуждаютъ и постоянно поддерживаютъ въ океанѣ колебательное движеніе волнообразнаго характера такого же періода, какъ и сами силы; это колебаніе частицъ и распространяется по океану въ видѣ волнъ съ главнымъ періодомъ въ 12 ч. 25 м. (потому что приливообразующая сила Луны въ 2,2 раза больше солнечной).

Теорія, предложенная Лапласомъ, разсматриваетъ явленіе приливовъ, какъ волнообразное движеніе частицъ воды съ періодами, соответствующими періодамъ приливообразующихъ силъ. Согласно этому предположенію, частицы воды находятся непрерывно въ движеніи, описывая нѣкоторыя орбиты, результатомъ чего является рядъ волнъ огромной длины и большого періода, одна за другою пересѣкающихся океанъ на разстояніяхъ, соответствующихъ періодамъ волнъ. Такимъ образомъ теорія Лап-

леса разбирать явление прилива, какъ родъ движенія, почему эта теорія и называется динамическою въ отличіе отъ теоріи Ньютона, называемой статическою, такъ какъ тамъ всѣ частицы предполагаются находящимися въ каждый моментъ въ положеніи равновѣсія.

Однако и динамическая теорія приливовъ могла быть обработана только при предположеніи, что Земля окружена океаномъ со всѣхъ сторонъ, при чемъ глубины его измѣняются въ зависимости отъ широты. Кромѣ того, динамическая теорія, такъ же, какъ и статическая, не принимаетъ во вниманіе внутренняго тренія жидкости и тренія ея о дно океана.

Всѣ послѣдующія со времени Лапласа работы послужили только для выясненія не разработанныхъ сторонъ динамической теоріи, для ея дополненія и развитія; среди этихъ работъ наиболѣе выдѣляются труды Георга Дарвина.

Такимъ образомъ, вслѣдствіе громадной сложности явленія прилива въ океанѣ, оно пока не могло быть представлено въ цѣломъ никакою теоріей; труды Ньютона и Лапласа и до сихъ поръ являются единственными попытками создать стройную и полную теорію приливовъ.

Итакъ, динамическая теорія приливовъ рассматриваетъ это явленіе, какъ родъ вольно-обязаннаго движенія; какими же образомъ подобно движеніе водныхъ частицъ можетъ создать явленіе прилива? Для полученія представленія объ этомъ можно использовать слѣдующее предположеніе наиболѣе простаго возможнаго случая.

Пусть вокругъ Земли по экватору существуетъ каналъ глубиною въ 5 километровъ, на которомъ съ востока на западъ преобладаетъ волна, возбужденная вѣтромъ-либо приливомъ, лѣтѣмъ прекратившимся; такая волна можетъ быть приравнена волнѣ океанской шель или волнѣ, возбужденной тономъ землетрясенія. Пусть причина, ее произведшая, прекратилась, тогда волна продолжитъ распространяться въ видѣ такъ называемой «свободной волны», скорость которой зависитъ только отъ глубины бассейна (см. стр. 264). При глубинѣ канала въ 5 вкл. свободная волна соизвѣстнажно можетъ имѣть скорость только въ 796 вкл. въ часъ; если же каналъ будетъ глубже, то и скорость волны увеличится, и при глубинѣ канала около 22 вкл. скорость волны будетъ около 1,672 вкл. въ часъ; следовательно, волна при такой скорости обойдетъ вокругъ Земли (окружность экватора 40,070 вкл.) въ 24 часа. При уменьшеніи же глубины канала время, въ которое «свободная волна» обойдетъ экваторъ, будетъ болѣе 24 ч.

Если теперь обратиться къ явленію солнечнаго прилива, то, какъ ранѣе было показано, Солнце стремится образовать эллипсоидъ прилива, вытянутого нѣско направленно одна къ нему, а другая въ противоположную сторону по линіи, соединяющей центры Солнца и Земли. Каждая изъ этихъ двухъ выпуклостей есть вершина двухъ волнъ солнечнаго прилива, отстоящихъ другъ отъ друга на половину окружности Земли.

Такая приливная волна, возбужденная Солнцемъ, въ случаѣ, если бы послѣднее перестало на нее дѣйствовать и при глубинѣ экваторіальнаго канала воды 22 в., продолжала бы обходить Землю въ 24 ч. Если же глубину канала предположить всего въ 5 вкл., то спо-

роств свободной волны не может быть меньше, а именно 796 миль; такъ, следовательно, въ этомъ случаѣ такая волна, имѣющая двѣ послѣдствительныя вершины удаленныя другъ отъ друга на половину окружности экватора (т.-е. длина ея—29,900 м.) ушибетъ въ 25 часовъ обойти только пять-околожности экватора.

Между тѣмъ возбужденная Солнцемъ приливная волна при суточномъ вращеніи Земли должна быть все время обращена одною изъ своихъ вершинъ къ Солнцу, и потому она, очевидно, обходитъ весь экваторъ въ 24 часа. Такимъ образомъ при глубинѣ канала въ 5 миль періодъ (примемъ, впрочемъ, нужной волны для прохожденія ея длины) свободной волны будетъ 25 час., а періодъ возбужденной волны солнечнаго прилива долженъ быть только 12 ч., потому что въ періодъ зависитъ только отъ близости суточного движенія Солнца.

Если бы экваториальный каналъ имѣлъ 22 миль, или болѣе глубины, то приливная возбужденная Солнцемъ волна могла бы свободно сдвигаться на югъ при суточномъ вращеніи Земли, такъ какъ при 22 миль-глубины скорость свободной волны сама по себѣ достаточна для обхода экватора въ 24 ч., и если бы каналъ былъ глубже, то и подавно совпадала бы Солнцемъ его приливная волна свободно сдвигалась бы на югъ по кругу Земли.

Если же экваториальный каналъ имѣетъ глубину менѣе 22 миль, то и скорость свободной волны на югъ будетъ менѣе необходимой для обхода Земли въ 24 ч.

Периодъ приливообразующей силы Солнца есть 12 ч., и следовательно возбуждаемая имъ приливная волна должна имѣть такой же періодъ; между тѣмъ действительная существующая въ земномъ океанѣ по экватору глубина канала (много менѣе 22 миль) этого не допускаетъ, и если даже предположить, что каналъ имѣетъ глубину около 5 миль (глубину, близкую къ той, какая существуетъ въ природѣ въ океанѣ вдоль экватора), то все-таки замедленіе скорости волны отъ недостаточной глубины канала будетъ настолько велико, что въ томъ мѣстѣ Земли, гдѣ въ данный моментъ Солнце будетъ въ зенитѣ, мѣсто и одна и вода окажется жалкой вода; а по обѣ стороны данного мѣста, въ 30° отъ экватора, будетъ — полная вода, т.-е. совершенно обратно тому, что должно было бы быть согласно статической теоріи прилива. Такое противорѣчіе произошло главнымъ образомъ влѣдствіе недостаточной глубины канала, несообразной возбужденному солнцемъ періоду приливной волны. Если бы каналъ имѣлъ около 22 миль-глубины, то волна солнечнаго прилива свободно бы сдвигалась на Солнце.

Итакъ въ Мировомъ океанѣ есть глубины въ 22 миль (или около 19 миль) и потому следовательно вода океана должна замедлять относительно прохожденія черезъ меридіанъ приливообразующую силу.

Все только-что изложенное относилось къ солнечному приливу, но оно одинаково приложимо и къ лунному. Единственная разница будетъ только въ томъ, что періодъ прилива, возбуждаемаго Луною—12 ч. 25 м., вмѣсто 12 ч., т.-е. болѣе солнечнаго, почему и предположи глубина экваториальнаго канала, при которой свободная волна въ періодъ въ 12 ч. 25 м. будетъ обходить экваторъ въ 24 ч. 50 м., должна быть менѣе 22 миль, а именно около 20,7 миль.

До сихъ поръ предполагалось, что весь Мировой океанъ заключенъ въ одинъ экваториальный каналъ, сдвигаясь теперь допустить, что существуетъ рядъ каналовъ вдоль параллелей, а Луна и Солнце крутъ движутся по экватору.

Каналъ въ широтѣ 60° будетъ имѣть въ два раза меньшую длину, нежели экваториальный, т.-е. около 20,000 миль. Пусть въ такомъ каналѣ образуется волна длиной въ 10,000 миль, тогда въ каналѣ будетъ получаться ровно двѣ волны, при чемъ вершины ихъ будутъ лежать въ 180° другъ отъ друга. Если каналъ по экватору и по параллели 60° одинаковой глубины, то свободная волна въ обоихъ каналахъ имѣетъ одинаковую скорость разпространенія, а следовательно она обойдетъ Землю по каналу на параллели 60° въ два

разе поверхности. Если же в обеих канавках возбуждено две свободных волны длиной в 180° , то очевидно период свободной волны для канала 60° должен быть в два раза меньше, нежели для экваториального канала.

Признавая волну же, возбужденную и поддерживаемую Солнцем, независимо от глубины канавок и от широты, имеем весь период в 12 ч. Если предположить глубину в обеих канавках равную 13,7 км, то для экваториального канала период свободной волны выйдет больше 12 ч., а для канала в 60° широты он будет меньше 12 ч. Следовательно, необходимая равномерная приливная вода, обеспечивающая весь для обеих широт одинаковый период в 12 ч, будет в экваториальном канале замедлена недостаточностью глубины (13,7 км, вместо 22,13 км.), и тем самым вода будет замедляться, тогда как в канале в 60° широты та же самая приливная вода будет свободнее ускоряться. Следовательно, и приливная вода почти запаздывать не будет (при той же глубине свободная волна длиной в 12 ч. идет со той же скоростью, а расстояние в два раза меньше). Получается вывод, что, если бы вдоль каждой параллели были каналы, то в экваториальной области приливы были бы обращенные т. е. при Солнце в zenith была бы низкая вода, а в умеренных и полярных широтах она была бы высокая (т. е. при Солнце в zenith была бы высокая вода).

Из действительности впрочем ясно видно отклонение между воображаемыми каналами на параллелях, и потому, когда вода влиянием притягивающей силы сошла в одну из канавок, перегибается и стремится образовывать в zenith и надир приливы и впадины, то частицы ее стремятся к этой точке Земли не только вдоль параллели, но и по всем направлениям (см. черт. 118, горизонт, сечения, прилива, стр. 307). При этих перегибаниях частицы на них оказывают влияние еще вращение Земли (см. главу о течениях), и в результате общий картонный изгиб становится очень сложным. Силы динамической теории анализируются, что должна быть такая критическая широта, из которой идти ни поднятия ни опускания уровня, и где влияние прилива выражается только перегибанием частицы воды.

Дуа и Соланж против того не остаются все время из астроиды, а удаляются от него довольно значительно. Из анализа от этого статической теории показывается необходимость существования сущного неравенства, что подтверждается и динамической теорией при условии неравномерного распределения глубины в равных широтах. Если же считать воду одинаковой глубины, то из динамической теории следует, что в таком случае сущное неравенство на всем земном шаре было бы равно нулю.

Всё перечисленное выше выводу из динамической теории было сделано самим Лапласом, и только из в 17-м столетии (начало XIX ст.) из науки не было никаких данных о глубинах океана, а явление прилива только начинали изучать и, естественно, прежде всего у берегов Европы, где сущное неравенство очень мало, то вывод динамической теории об отсутствии этого сущного неравенства при условии существования равномерной глубины океана, что тогда и предполагали, считая за некое и строгое объяснение действительного отсутствия этого неравенства у берегов Европы, подтверждающее теорию.

Полученные явления приливов в течение последующего времени показали, что сущное неравенство, напротив, встречается во явления прилива во всех больших частях земли, и что приливы в северном Атлантическом океане отличаются необыкновенною правильностью случайности, а именно объясняются двумя полными последованиями явления в теоретической теории.

Всё упомянутое выше расхождение из выводов динамической теории с действительностью показывает оттого, что она рассматривается прилив, как роль колебательного движения частицы, выражающегося в разе воды громадной длины и периода, распространяющихся по океану, но не принадлежащих по влиянию ни внутреннему трению жидкости,

ни трения на дно, ни клинчат перемычек дна, ни существование затерянных, ни других подобных обстоятельств. Если считать, взгляды на прилив, как на ряд разнообразного движения, приводяще, может предположение о существовании статического равновесия частоты из каждой моменты действия приливообразующих сил, так моменты из моменты изменяющихся своей величиной и направлением, то этого еще далеко недостаточно для составления полной теории прилива.

Объяснение, как выше уже было упомянуто, не дати удовлетворительного объяснения истинного хода явления в природе. Отсюда вовсе не следует, что общ. теория совершенно нецелесообразна и лишняя; напротив, статическая теория первая дает общее объяснение приливов и определяет главные характерные черты явления, относящиеся и до их природы и до их величины. Данная теория указывает существующую степень приближения к истине и дает некоторым пояснения наблюдаемых особенностей явления, которых не могли быть известны при помощи теории равновесия (массы, широты, возраста прилива, лунный притягиватель, приливные течения и др.). Общ. теория приливов дает необходимые основания для приложения явления на другом уровне энергии, что было бы совершенно невозможно, если бы она не заключала в себя ничего правильного.

Прикладной часть и его значение для предсказания прилива; возраст прилива.—Время наступления полной воды почти никогда не совпадает с моментом прохождения Луны через меридиан места; трение, вязкость, инерция и интерференция должны были сказаться в виде подобного замедления наступления полной воды сравнительно с моментом прохождения Луны.

Промежутком времени между двумя явлениями называется лунным промежутком [high water interval (HWI) или lunital interval]. Лунный промежуток из дня в день изменяется в зависимости от перемены астрономических положений приливообразующих светил; кроме того, для разных портов даже в тот же моменты лунные промежутки различны, потому что местные условия этих портов не одинаковы.

Следовательно, при одинаковом положении светил для того же порта величины лунных промежутков будут повторяться.

Лунный промежуток при условии нахождения в сизигию Солнца и Луны на экваторе и в среднем удалении от Земли — называется прикладным часом порта [high water full and change (сокращенно H. W. F & C) или vulgar establishment; établissement du port; Hafenzeit].

Очевидно, прикладной час для каждого порта есть величина постоянная, что следует из вышесказанного, и отсюда же видно, что прикладной час не может быть найден аналитически, а получается только из наблюдений, так как для каждого порта он зависит от

мѣстныхъ причинъ, не могущихъ быть принятыми во вниманіе теоретически, и, даже если бы это было возможно, все равно нельзя было бы найти такой моментъ, когда оба сдѣла—Солнце и Луна—въ сизигію были бы на экваторѣ и притомъ въ своихъ среднихъ удаленіяхъ. Практически эта задача рѣшается проще, а именно: опредѣляютъ возможное большее число разъ величину луннаго промежутка въ сизигіи; среднее изъ этихъ опредѣленій и даетъ прикладной часъ, тѣмъ болѣе точный, чѣмъ болѣе было сдѣлано опредѣленій.

Прикладной часъ есть слѣдствіе запаздыванія прилива въ зависимости отъ перечисленныхъ выше причинъ, но вліяніе послѣднихъ сказывается еще иначе на запаздываніи приливовъ, а именно по теоріи наибольшей приливы (т.-е. наиб. амплитуда) долженъ случаться въ дни сизигій, тогда какъ оказывается въ большей части мѣстъ и послѣ сизигій амплитуда продолжаетъ увеличиваться и достигаетъ наибольшей величины въ среднемъ черезъ двое сутокъ послѣ сизигій.

Промежутокъ времени между сизигіей и наибольшимъ ближайшимъ къ ней приливомъ называется возрастомъ прилива (age of the tide; âge de la marée; Alter der Springtiden).

Оба явленія—прикладной часъ и возрастъ прилива, согласно статической теоріи приливовъ, не должны были бы существовать, а между тѣмъ есть много мѣстъ, гдѣ и тотъ и другой достигаютъ значительныхъ величинъ.

Возрастъ прилива для большей части мѣстъ около 3 сутокъ, но есть мѣста, гдѣ онъ доходитъ до 3, 4, 5 сутокъ и даже 11 (Монтевидео); въѣзъ съ тѣмъ есть мѣста, гдѣ возрастъ прилива отрицательный, т.-е. наибольшей приливъ случается раньше сизигіи на нѣсколько сутокъ и даже до 6—7 сутокъ (Копенъ въ Баранбосъ ж.—на 7 сут., Валъ Уиндхемъ въ Алеут. о-вахъ—на 6,6 сут., Веллингтънъ въ Нов. Зеландіи—на 7 сут.).

Прикладной часъ для разныхъ портовъ находится отъ 0 ч. до 12 ч. Величины его даются въ *Nautical Almanac*, въ особыхъ таблицахъ приливовъ, въ Лодіяхъ и на морскихъ картахъ.

Назначеніе прикладнаго часа—находить приближенное время полной воды. Изъ опредѣленія, что такое прикладной часъ, видно, что его можно всегда обратить въ лунный промежутокъ для каждаго момента, для котораго извѣстны положенія Солнца и Луны; послѣднія даются въ *Nautical Almanac* и другихъ астрономическихъ ежегодникахъ. Для того, чтобы не вычислять каждыи разъ поправку прикладнаго часа, зависящую отъ положеній этихъ сдѣла, можно пользоваться таблицей 61-ю *Море-*

годовых таблицы ⁸⁾, где такие поправки уже вычислены при условии, что возраст прилива имеет среднюю величину 39 ч. (39,4 ч.). Следовательно, для большей части мест эти таблицы дают достаточно точно для практики мореплавания величины поправки прикладного часа.

Поправка зависит от положения Луны относительно Солнца (фаза Луны — полумсячное неравенство) и удаления Луны от Земли (параллактическое неравенство), потому выходами из таблицы служат: время прохождения Луны через меридиан места и полу диаметр Луны, определяющие указанные два условия. В действительности следовало бы прискивать время прохождения Луны через меридиан места и полу диаметр ее на момент за 39 ч. до данного дня (потому что из основания таблицы положен возраст прилива 39 ч.), но в виду незначительности протекающей отсюда ошибки достаточно находить эти элементы и на данный день. Величины поправки прикладного часа колеблются довольно значительно от +35 м. до — 1 ч. 19 м., и следовательно пренебрегать ими нельзя.

Прикладный пример пользования *таблицей 61* во величье экваторное время. Положим, надо отыскать время вечерней полной луны для Екатерининской гавани (гирей Александровск на Мураман) для 3/16 июля 1915 г., лежащей в восточной долготе от Гринича 33°28' или во времени 2 ч. 13 м. 52 с., плюс 2,2 ч; прикладной час этого порта 6 ч. 56 м.

Находить или *Nautical Almanac* время верхнего прохождения Луны через меридиан для Гринича и поправки на долготу Екатерининской гавани и полу диаметр Луны.

3/16 июля средн. время верх. прохода Луны от Гринича	3 ч. 18 м.
Поправка на долготу	— 3 м.
3/16 июля средн. время верх. прохода Луны от Екат. гав.	3 ч. 15 м.
Прикладной час Екатерининской гав.	6 ч. 56 м.
Из таблицы 61-й поправка прикл. часа	— 0 ч. 53 м.
Истинный промежуток	6 ч. 3 м.
3/16 июля средн. время верх. прохода Луны от Екат. гав.	3 ч. 15 м.
Луной промежуток	6 ч. 3 м.
3/16 июля среднее время вечерней полной луны	9 ч. 18 м.

Тот же самый момент, отысканный при помощи *Ежегодника продолгов. Смертв. Лоджментов океана и Индик. моря* из 1915 г. даст этот момент 9 ч. 39 м., т. е. почти на 21 м.

⁸⁾ Вспомогательная в конце книги.

Отсюда время утренней низкой воды для Екатерининской гавани 15/28 окт. 1913 г.
Получим такъ же, выходяще:

Приливной часть порта	6 ч. 56 м.
Поднимае вода таблицы 61.2	— 0 ч. 50 м.
Лунный приток/отлив	6 ч. 57 м.
14/27 октября время верх. прот. Луны из Гривиты	15 ч. 40 м.
Получим на долготу	5 м.
14/27 октября время верх. прот. Луны из Балт. гав.	15 ч. 35 м.
Лунный приток/отлив	5 ч. 57 м.
14/17 октября время прот. по лунной сутке время утренней низкой воды из Балт. гав.	21 ч. 32 м.
Или по приведенному счету 15/28 октября	9 ч. 32 м. утра.
Если пользоваться <i>Киевскими</i> приливами, то получаем 8 ч. 42 м. утра, т. е. точнее на 10 м.	

Отсюда видно, что въ тѣхъ портахъ, гдѣ приливы имѣютъ, согласно теоріи, ясно выраженный полусуточный правильный характеръ (какъ въ Екатер. гав.), такъ прикладной часъ позволяетъ находить время полныхъ и малыхъ водъ съ достаточнымъ приближеніемъ *) для практики мореплаванія. Въ портахъ же, гдѣ приливы отступаютъ отъ такого правильного вида и гдѣ возрастъ прилива сильно отличается отъ принятаго при составленіи таблицы 47-й (возрастъ прилива — 39.4 ч.), моменты полныхъ и малыхъ водъ получаются по прикладному часу неточно.

Въ сущности, прикладной часъ не можетъ быть больше 6 ч., потому что, если полная вода опаздываетъ, напримеръ, на 8 ч., то предшествующая была всего 4 ч. тому назадъ, а между тѣмъ есть много мѣстъ (болѣе 600), гдѣ прикладной часъ больше 6 ч. и нерѣдко 10, 11 и даже 12 часовъ.

Вообще вездѣ, гдѣ суточное неравенство велико, такъ прикладной часъ теряетъ свое значеніе, и пользованіе имъ для практическихъ цѣлей предвѣдѣній приливовъ не можетъ давать хорошихъ результатовъ.

Предсказаніе приливовъ помощью гармоническаго анализа.—По мѣрѣ накопленія наблюденій надъ приливами въ разныхъ мѣстахъ океана все болѣе и болѣе убѣждались, что приливъ во многихъ мѣстахъ совершенно удаляется отъ правильного полусуточного колебанія, и въ этихъ случаяхъ возникали большія затрудненія для предсказанія времени и высоты полныхъ и малыхъ водъ.

*) Особенно полныхъ водъ, потому что малые воды этихъ способомъ опредѣляются, исходя изъ моментовъ выведенныхъ полныхъ водъ четверти лунныхъ сутокъ, и потому, въ случаѣ неравномерности въ повышеніи и пониженіи уровня по обѣ стороны полной воды, опредѣленіе тѣмъ же способомъ моментовъ малыхъ водъ будетъ менѣе точно, нежели полныхъ.

Если бы существовала полная теория явлений, то для предсказания приливов на какой угодно срок было бы вполне возможно; но такой теории не существует, и задача настолько трудна, что вряд ли можно даже и ожидать появления такой теории, а между тем практика мореплавания требовала отыскать на этот вопрос тем настоятельнее, чем больше развивалось мореплавание.

Первая попытка удовлетворить этой потребности была сделана Лапласом, и затем она была развита лордом Кельвином; сущность ее заключается в следующем.

Предположим сперва, что существует только одно приливообразующее тело — Луна, и что она всегда находится на экваторе.

Тогда, согласно теории равновесия при условии, что океан покрывает всю Землю слоем одинаковой толщины, на земном шаре будут наблюдаться повсеместно изю для изю в моменты прохождения Луны через меридиан одинаковые приливы, повторяющиеся через 12 ч. 25 м., при чем амплитуда прилива определится раз навсегда. Если же принять во внимание существующее распределение суши и воды и разнообразие глубины океана, то, даже и при предположении существования одной только Луны, прилив делается столь сложным, что невозможно будет предсказать теоретически ни время полной воды, ни амплитуду прилива.

Это затруднение можно обойти таким образом. Предположим, что Луна находится всегда на экваторе, и орбита ее есть окружность, тогда ее приливообразующая сила изю для изю остается без перемены, и все местные условия (глубина, очертания берегов) и по-прежнему остаются всегда также постоянными. Поэтому из каждого места раз наблюдаемый момент полной воды укажет, через сколько времени она наступит после прохождения Луны через меридиан, и раз наблюдаемая амплитуда там же даст навсегда размах колебания уровня, при чем оба эти величины — лунный промежуток и амплитуда будут изю для изю повторяться (если пренебречь влиянием ветра и давления атмосферы). Для каждого порта при таких условиях будут получаться свои раз навсегда установленные величины лунного промежутка и амплитуды, в зависимости от местных условий; они называются постоянными величинами прилива для данного порта.

Если теперь сделать такое же предположение и для Солнца, то вся разница будет только в периоде прилива, который будет равен

12. 9. Для солнечнаго прилива въ каждомъ мѣстѣ получится тоже двѣ постоянныя прилива, иными достаточныя для предсказанія этого явленія, потому что оны съ теченіемъ времени измѣняться уже не будутъ.

Въ природѣ Луна и Солнце существуютъ и производятъ свои приливы одновременно, потому четыре постоянныя величины прилива (двѣ лунныя и двѣ солнечныя) были бы вполне достаточны для предсказанія лунно-солнечнаго прилива при условіи нахожденія обоихъ свѣтилъ на экваторѣ и въ постоянномъ удаленіи отъ Земли.

Въ дѣйствительности же Солнце и Луна непрерывно измѣняютъ свои склоненія и разстоянія до Земли, и потому вышеуказанныхъ четырехъ данныхъ для предсказанія приливовъ будетъ недостаточно. Чтобы обойти эти затрудненія, поступаютъ такъ. Какъ только-то было показано, одна Луна и одно Солнце, всегда двигающіеся по экватору, не могутъ удовлетворить сложному явленію приливовъ тогда раздѣляютъ приливообразующую силу каждого изъ обоихъ свѣтилъ на нѣсколько слагаемыхъ, при условіи, чтобы сумма ихъ составляла бы дѣйствительную величину приливообразующихъ силъ Луны и Солнца.

Предположимъ, что вмѣсто одной Луны вокругъ Земли обращается много лунъ разныхъ массъ, и выберемъ эти луны такъ, чтобы одна изъ воображаемыхъ лунъ имѣла массу, близкую къ настоящей Лунѣ, но обращалась бы всегда по экватору. Другая воображаемая луна предполагается обращающейся всегда по параллели 45° , и нѣкоторыя вспомогательныя луны воображаются отстающими отъ суточного вращенія Земли, третьи — предполагаются находящимися постоянно неподвижно на одномъ мѣстѣ въ небесномъ пространствѣ и т. д. Массы, орбиты и движенія нѣхъ этихъ воображаемыхъ свѣтилъ такъ подбираются, чтобы сумма ихъ приливообразующихъ силъ была всегда равна таковой же дѣйствительной Луны, двигающейся по своей настоящей орбитѣ, и при этомъ всѣ воображаемыя Луны двигаются съ разными скоростями на своихъ орбитахъ.

Съ перваго взгляда подобная совокупность предположеній кажется только затрудняющею задачу, а на дѣлѣ она упрощаетъ ее, потому что, по заданію, каждый изъ воображаемыхъ спутниковъ Земли предполагается двигающимся *равномерно* и по орбитѣ *параллельной* экватору, слѣдовательно, каждый возбуждаетъ въ океанѣ приливъ очень простаго характера, одинаково повторяющійся всю дѣнь въ дѣнь, такъ, какъ это объяснено выше въ случаѣ предположенія о существованіи одной Луны, но двигающейся всегда по экватору. Отсюда слѣдуетъ, что, если хотя бы

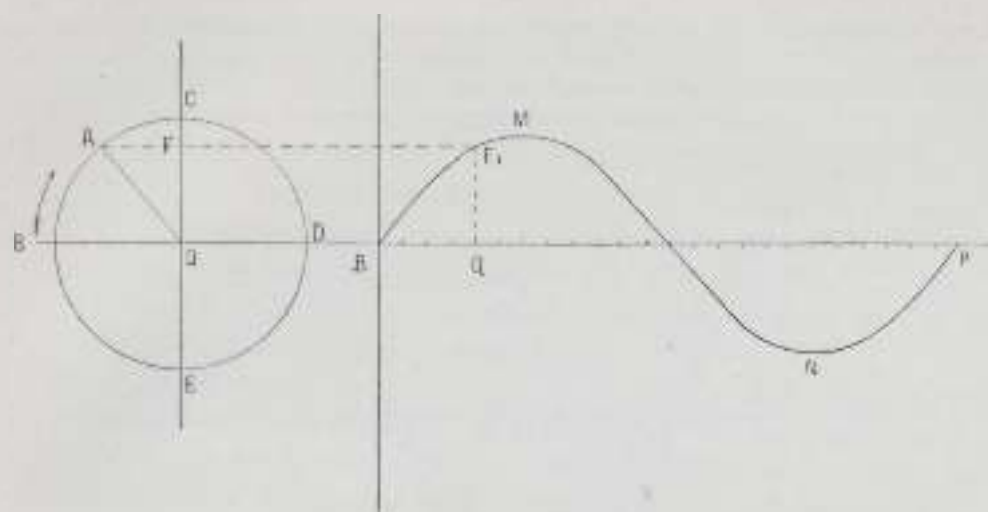
за одинъ только день для казого-либо мѣста были бы опредѣлены «постоянныя приливы» (промежутокъ времени отъ верхняго прохожденія и амплитуды) для одного изъ воображаемыхъ спутниковъ, то этого было бы всегда достаточно для предсказанія возбуждаемаго имъ прилива въ томъ же мѣстѣ. Если бы было возможно такимъ же путемъ по очереди опредѣлить постоянныя приливы для каждаго изъ воображаемыхъ спутниковъ, то получился бы полный матеріалъ для предсказанія луннаго прилива для избраннаго мѣста на всѣ времена впередъ.

Такой же точно приемъ можетъ быть примененъ и къ Солнцу, которое можно предположить раздѣленнымъ на рядъ воображаемыхъ солнцъ, двигающихся: одно по экватору, другія—по параллелямъ и производящихъ каждое свои частичные приливы, въ совокупности образующіе настоящій солнечный приливъ.

Въ результатѣ ряда такихъ предположеній для каждаго порта получится бы около 20—30 паръ «постоянныхъ приливовъ», соответствующихъ 20—30 воображаемымъ лунамъ и солнцамъ, что и дало бы достаточный матеріалъ для полного предсказанія прилива на сколько угодно времени впередъ. Конечно, теоретически разсуждая, для возможности полного предсказанія приливовъ понадобилось бы не 20—30 воображаемыхъ свѣтилъ, а бесконечно большое число ихъ, но многія изъ нихъ были бы очень малы по своей массѣ, и потому возбуждаемые ими приливы тоже были бы настолько незначительны, что ими для практики можно пренебречь и удовольствоваться 20—30.

Такой приемъ предсказанія прилива объясняетъ идею способа, называемаго гармоническимъ анализомъ прилива, отъ впервые былъ указанъ Лапласомъ, а разработанъ лордомъ Кельвиномъ, и въ настоящее время повсемѣстно примѣняется.

Подъ именемъ простоты гармоническаго движенія понимается следующее: по окружности вѣнатора радиусъ записана равноярная точка A (фиг. 127), координатное движеніе задается стрѣлкой, время одного оборота точки A или періодъ движенія есть — τ . Въ то время, когда точка A обходитъ окружность, проекція ея F на диаметръ CE будетъ совершать колебательное движеніе по диаметру CE впередъ и назадъ, такое колебательное движеніе и называется простыми гармоническими движеніями. Оно выражается уравненіемъ, которое можетъ быть представлено графически слѣдующею кривою. По прямой BP отъ точки B откладываются въ произвольномъ масштабѣ positivas, пропорциональныя промежуткамъ, необходимымъ для достиженія точкою A своихъ послѣдующихъ положеній на окружности. Длина BP выражаетъ время τ , а какая-нибудь длина BQ —промежутокъ времени, потребовавшийся, чтобы точка A прошла расстояние отъ B до A . Если изъ каждаго точки линіи BP возмемъ ординаты, различающіяся стрѣлочнымъ радиусомъ



Фиг. 127. Гармоническое колебание.

OC или OE , и соединить точки одинаково удаленные от центра, то получится и будет изображать графически колебание проекции точки A по диаметру круга за тот период времени, когда точка A обойдет окружность и с той же амплитудой CE .

Полученная кривая $BMNP$ называется *синусоидой*; из вершины изображена одна волна, соответствующая одному периоду движения; если же точку A продолжать двигаться по окружности, то эту точку P синусоида может быть повторена столько раз, сколько оборотов совершит точка A .

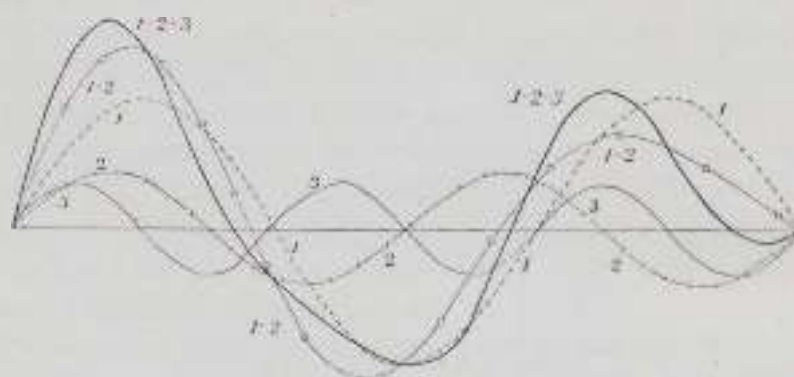
Следовательно, всякое периодическое явление можно представить соответствующей синусоидой, изображая тот же период и ту же амплитуду, что и наблюдаемое явление; например, периодическое колебание уровня из зависимости от приливовобразующей силы Луны, когда она движется по экватору, или колебание уровня из зависимости от вращения одного из участвовавших вращающихся тел системы Земли.

Составные изобразимых простых гармонических движений будут давать из комбинаций случаев сложное и неправильное колебание, которое может быть изучено сложением синусоид, изображающих каждое из составляющих простых гармонических движений. На чертеже (фиг. 128) изображены два синусоида, одна из периодом в два раза



Фиг. 128. Сложение двух синусоид.

ради больших, чем другие, более толстых ординаты откладывают из верхней привязи полу-периода, а из нижней — полного периода. Амплитуды обоих синусов тоже разные. Складывая алгебраически ординаты обоих синусов, получаем новую кривую (на черт. более толстая линия вверху), представляющую графически сумму двух простых периодических колебательных движений, дающих из совокупности более сложное движение.



Фиг. 128. Сложение двух и трех синусов.

На следующем чертеже (фиг. 129) таким же образом сложены синусы 1 и 2 синусов, имеющие разные периоды и амплитуды, и получена составная кривая 1-2, имеющая новое характерное сложение. Складывая же три синусов: 1, 2 и 3, получаем кривую 1-2-3 еще более сложную.

Во всех примерах начало сложения синусов было взято в той же самой точке на оси абсцисс, не возможно складывать синусов, начинающиеся точки которых раздвинуты на разных расстояниях — той же самой ординаты, или, как говорить, — синусов, фазы которых не совпадают.

Сложение синусов может приводиться не только графически, как было показано, но и аналитически.

Таким путем, очевидно, возможно постепенное сложение бесконечных простых синусов, получить новую сложную и неправильную кривую, и, обратно, всякая сложная кривая может быть разложена на ряд синусов разных периодов, амплитуд и фазового рода сочетаний, что из совокупности они дадут новую сложную кривую.

Всякую сложную и неправильную кривую, изображающую колебание уровня в каком-либо месте в зависимости от приливообразующих сил Луны и Солнца и влияния местных условий, можно разложить на ряд правильных периодических кривых — синусов, изображающих каждая одну простую волну, возбуждаемую только одним из изображаемых светилом, упоминавшихся выше. Каждое из этих светил, как выше сказано, описывает или экватор или параллель, и потому периодическое движение, им возбуждаемое, всегда остается того же периода, который определяется вычислением с желаемой точностью,

такъ какъ онъ вытекаетъ изъ движеній дѣйствительныхъ Луны или Солнца, вполнѣ извѣстныхъ до тысячныхъ долей секунды. Такъ же точно опредѣляются и моменты прохожденій черезъ меридіанъ каждаго изъ воображаемыхъ спутниковъ. Промежутки же времени между прохожденіемъ черезъ меридіанъ даннаго воображаемаго спутника и моментомъ полной воды возбужденнаго имъ простаго прилива, а также амплитуда послѣдняго могутъ быть получены только изъ наблюденій, потому что запаздываніе полной воды и амплитуда зависятъ только отъ мѣстныхъ условій, для каждаго порта различныхъ.

Выше было указано, что при сложныхъ приливахъ приходится прибѣгать для ихъ разложенія на простыя волны къ увеличенію числа воображаемыхъ приливообразующихъ свѣтилъ иногда до 20—30. Въ такихъ случаяхъ необходимо имѣть наблюденія за долгое время, чтобы изъ нихъ можно было вывести всѣ необходимыя простыя колебанія, а также, чтобы метеорологическія вѣтры, колебанія давленій) сами собою исключивсь бы, какъ случайныя причины.

Если же наблюдаемый приливъ приближается къ правильному полусуточному колебанію, то можно ограничиться меньшимъ числомъ простыхъ волнъ (т.-е. синусоидъ); то же самое, если точность предсказаній можетъ быть меньше. Въ этихъ случаяхъ достаточно 8 волнъ, а въ другихъ случаяхъ приходится увеличивать ихъ число до 20—25 и даже 28.

Всѣ эти составныя, простыя волны, образуемыя воображаемыми свѣтилами, дѣлятся на три рода: — полусуточного періода около 12 ч., суточного — около 24 ч. и разныхъ, болѣе продолжительныхъ, періодовъ (дѣй пѣдѣли, мѣсяцы, полгода и годъ), послѣднія имѣютъ малую амплитуду, и потому, когда приливъ не сложенъ и не требуется особенно точныхъ предсказаній приливовъ, то ихъ можно не принимать во вниманіе.

Простыя волны, изъ которыхъ разлагають сложную волну наблюдаемаго прилива, суть результатъ вліянія Луны и Солнца, почему ихъ называютъ астрономическими приливами. Но на Землѣ существуютъ еще другія причины, тоже производящія періодическія колебанія уровня океана; напирѣтъ, бризы, образующіе колебанія съ суточнымъ періодомъ. Многие порты расположены въ устьяхъ рѣкъ или на ихъ нижнемъ теченіи, тогда на колебаніи уровня сказывается годовое колебаніе въ количествѣ стока воды въ рѣкѣ, зависящее отъ колебаній въ количествѣ выпадающихъ осадковъ въ бассейнѣ рѣки или отъ талія снѣговъ для рѣкъ, берущихъ начало въ горахъ.

Въ открытомъ океанѣ на большой глубинѣ форма приливной волны правильная и симметрично расположенная по обѣ стороны вершины. При подходѣ къ берегамъ или въ рѣкахъ малая глубина застилаваетъ волну терять свою симметричность; поэтому у береговъ часто наблюдается, что малая вода стоитъ дольше большой или обратно, и продолжительность прилива меньше, нежели отлива. Всѣ эти обстоятельства тоже должны быть приняты во вниманіе при предсказаніи приливовъ, что и дѣлается введеніемъ поправки волнъ отъ метеорологическихъ или мѣстныхъ причинъ.

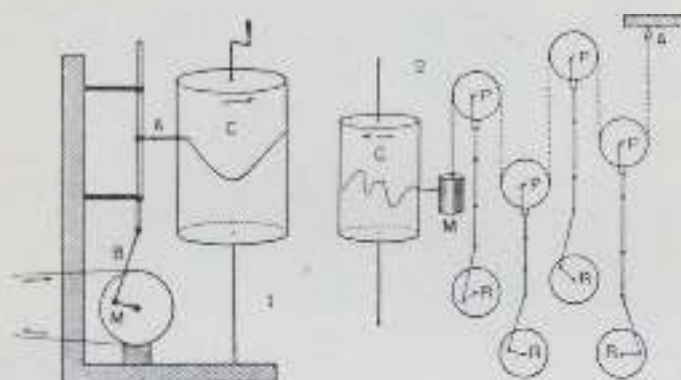
Гдѣ приливы правильны, то достаточно для предсказанія приливовъ 8—12 простыхъ волнъ, а для портовъ, расположенныхъ въ устьяхъ рѣкъ, необходимо не менѣе 25.

Наименьшій періодъ наблюденій, изъ котораго можно вывести хотя часть «постоянныхъ приливовъ», есть 15 дней, потому что за этотъ промежутокъ времени Луна успѣетъ измѣнить свое склоненіе отъ нуля до наибольшей величины, и взаимныя положенія Луны и Солнца измѣнятся отъ сизигій до квадратуры, т.-е. 15-дневный періодъ охватываетъ главнѣйшія измѣненія приливообразующихъ силъ. Затѣмъ одинъ мѣсяць, а если надо имѣть очень точныя предсказанія, а приливы въ этомъ мѣсяцѣ сложный, то необходимы наблюденія за годовой срокъ.

Разложеніе наблюденной кривой прилива на рядъ синусоидъ, отблжающихъ простымъ волнамъ, есть дѣло сложное и долгое. Затѣмъ, когда заданы путемъ выведены «постоянная» для каждаго простаго прилива, надо ихъ сложить соответственнымъ образомъ для полученія кривой колебанія уровня на слѣдующій годъ, что тоже есть работа кропотливая. Это сложное отблженіе синусоидъ можетъ быть выполнено вычисленіемъ, но для облегченія работы можно пользоваться припособленіемъ, предложеннымъ Г. Дарвиномъ, или особою машиною Кельвина, называемою «предсказатель приливовъ». Эта машина очень сложная и потому дорогая; она существуетъ всего въ нѣсколькихъ экземплярахъ, одна изъ нихъ, позволенная пользоваться 25 приливыми постоянными, имѣется въ Англій, а другая, иного устройства, допускающая 28 постоянныхъ прилива, — въ Соединенныхъ Штатахъ. Эти машины, разъ установленныя по постояннымъ приливамъ какаго-либо порта, вычерчиваютъ кривую прилива на цѣлый годъ въ нѣсколько часовъ. Въ общемъ, при помощи ихъ, предсказаніе прилива на цѣлый годъ впередъ требуетъ всего около 4—5 дней, тогда какъ вычисленіемъ на это нужно около двухъ-трехъ мѣсяцевъ.

Чтобы дать некоторое понятие о тапках машинах, здесь приведены сначала схемы машины для сложения четырех синусоид, или, как говорят, четырех-конт, а затем и окончательный вид такой машины, работающей на французском Гидрографическом управлении.

Прежде всего рассмотрим, как воспроизвести механически синусоиду. Было (стр. 345, фиг. 127) было показано, что при вращении точки на окружности ее проекция совершает колебательное движение по диаметру, например, вертикальному. Следовательно, чтобы воспроизвести синусоиду, можно на вертикальной рейке, ходящей вверх и вниз на обо-



Фиг. 129. Схема «Представителя синусоид» г-на Бельяева для четырех-конт.

меху, удерживать карандаш А (фиг. 130—1), который вращается молотом М, при посредстве шатуна В, приводится в колебательное движение вверх и вниз. Если перед карандашом А поставить на вертикальной оси цилиндр С и вращать его равномерно во время движения карандаша А, то последний на боковой, обвивающей цилиндр, нарисует синусоиду.

Чтобы заставить карандаш чертить на боковой поверхности не простую синусоиду, а сложную кривую, представляющую совокупность нескольких простых синусоид, г-н Бельяев устроил особый прибор, подобных только что описанному, сложил синусоид сложного сложения. На чертеже (фиг. 130—2) складывается четыре синусоиды; каждая отдельная часть прибора состоит из вертикального стержня, соединяющего в двух-обоймах, приводящего в колебательное движение молотки В. Вверху каждого стержня надеты по шпильке Р, которые обвиваются нитками и тянутся вниз, закрываясь на А, а другой конец ее вешают грузом М.

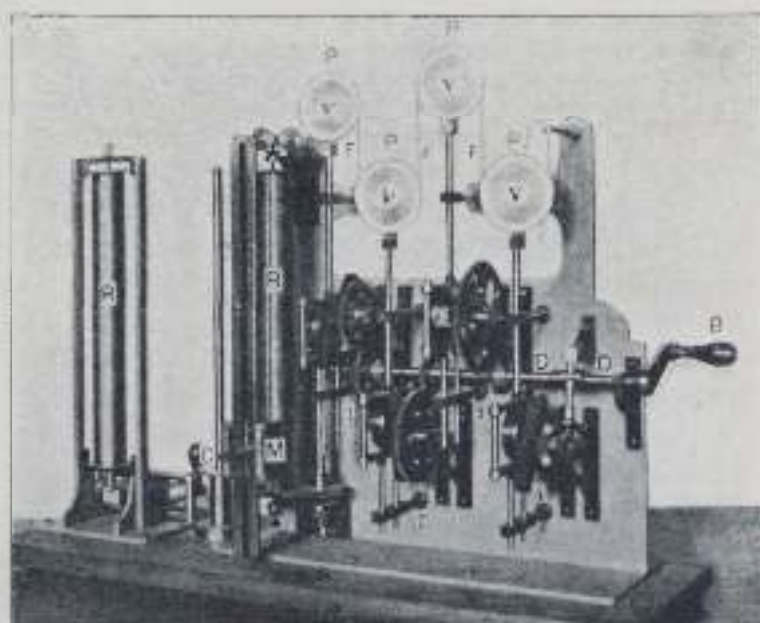
Каждый молоток В вращается со скоростью, соответствующей периоду того колеблющегося стержня, которое синусоиду он должен нарисовать, а амплитуда колебаний каждого шпильки Р тоже соответствует амплитуде того простого призна, который необходимо сложить (т. е. колебательных стержней *).

Такая шпилька или стержень с шпилькой Р последовательно, то конец ее или груз М с увеличением на нем карандашом совершает колебания, представляющие алгебраическую сумму одновременно вертикальных колебаний каждого шпильки, и следовательно

* Величина амплитуды колебаний определяется длиной молотка В, а период определяется диаметром зубчатости, вращающей каждый молоток.

зарядились, то поднимаются, то опускаются и вычерчиваются на бумагу вращающегося цилиндра В вращу, представляющую результаты сложения четырех заданных синусоид.

Таким же образом можно построить приборы для сложения 2х и 3х синусоид.



Фиг. 131. „Представитель приливов“ автора Бадина для четырех вост.

На фиг. 131 изображено осуществление прибора для сложения четырех синусоид, схема которого дана на фиг. 130—2. Рукоятка В вращает общую ось DD: на движение передается зубчатками соответственных диаметров четыре колеса 1, 2, 3 и 4, которые выставляют колебаться вверх и вниз вертикальные стержни со шпильками Р вверх. Эти шпильки заправлены вверх, огибают все шпильки Р и касаются груза М, снабженного шарниром С, ходящим по вертикальным направляющим. На два цилиндра R и R намотаны безконечная лента бумаги, равноосновным движением переходящая с одного цилиндра на другой, так что когда, как шарнир С чертит на ней кривую.

Некоторые примеры такого рода вычислений и их результатов служат кривым приливов для двух мѣст на восточных берегах Россіи—зал. Де-Кастри (из Татарского пр.) и о-ва Лангра (при сѣв. выходе из Татарского пр. в Охотское м.), приведеннымъ выше (фиг. 136, стр. 364). На этихъ графикахъ пунктиромъ показаны кривыя приливовъ, вычисленные при помощи гармоническаго анализа всего по 8 главнымъ волнамъ и на основаніи: для Де-Кастри только трехмѣсячныхъ наблюдений, а для Лангра четырехмѣсячныхъ. Сплошной же кривою показано дѣйствительно наблюдавшееся колебаніе уровня въ этихъ мѣстахъ.

Въ Де-Кастро, гдѣ приливъ правильный полусуточный, и гдѣ съдѣлательно небольшого періода наблюдений (3 мѣс.) и постоянныхъ прилива для восьми волнъ было достаточно, предсказанная кривая колебанія уровня (пункт.) хорошо совпадаетъ съ кривою действительнаго колебанія.

На о-вѣ Лангуъ приливъ неправильный и сложный, потому тамъ предсказанная кривая, на основаніи 4-мѣсячныхъ наблюдений и тоже восьми волнъ, менѣе хорошо согласуется съ действительнымъ колебаніемъ уровня; не всегда сходятся высоты полныхъ и малыхъ водъ и пренебрежыма ихъ интуйденія. Здѣсь сказался слишкомъ малый промежутокъ времени наблюдений для столь сложнаго прилива, недостаточный для вывода всѣхъ необходимыхъ востонныхъ прилива.

Для такихъ случаевъ необходима подобная связь наблюдений, въ теченіи всего года; почти всѣ изоморфичные періоды простыхъ колебаній, тѣ же колебанія, періоды вторыхъ болше года, имѣютъ очень маленюкія амплитуды и потому мало влияют на точность предсказаній, въ которыхъ все равно надлежитъ сдѣлать отклоненія отъ второстепенныхъ причинъ.

Таблицы приливовъ русскія и иностранныя.—При помощи непосредственныхъ вычисленій или пользуясь особыми машинками составляются «Таблицы приливовъ» (*Annuaire des marées des côtes de France;—Tables des marées des colonies françaises des mers de Chine;—Tide tables for standard ports in the United Kingdom and other ports of the world;—Tide tables, Washington;—Gezeitentafeln;—Ежегодникъ приливовъ Севернаго Ледовитаго океана и Бѣлаго моря;—Ежегодникъ приливовъ въ основныхъ пунктахъ Восточнаго океана*); въ которыхъ для нѣкотораго числа портовъ дается указаніе времени полныхъ и малыхъ водъ утреннихъ и вечернихъ и ихъ высотъ надъ тѣмъ уровнемъ, къ которому въ данной странѣ принято приводить всѣ глубины на морскихъ картахъ (а именно: въ Россіи и Великобританіи—къ среднему уровню изъ всѣхъ малыхъ водъ въ сизигіи; во Франціи—къ самому низкому уровню малыхъ водъ въ сизигіи, какой только наблюдается; въ Соед. Штатахъ—къ среднему уровню изъ всѣхъ вообще малыхъ водъ; въ Германіи—къ уровню на 0,3 м. ниже средняго уровня малыхъ водъ въ сизигіи). Для мореплавателей именно и важно знать въ моментъ прохода черезъ какой-либо проливъ, входа въ заливъ, въ портъ и т. д., какия тамъ глубины, чтобы опредѣлить, можетъ ли ихъ судно свободно пройти. Отвѣтъ на этотъ вопросъ и даютъ таблицы приливовъ, потому тамъ и помѣщаются не амплитуды приливовъ, а высоты уровней полныхъ и малыхъ водъ.

Рядитыми таблицы приливовъ, конечно, прежде всего и наиболее подробно даютъ свѣдѣнія для портовъ своей страны, а потомъ уже для нѣкотораго числа иностранныхъ портовъ. Самыя большія таблицы—англійскія и американскія. Въ англійскихъ (1915 г.) для 58 портовъ частью въ Великобританіи, а частью иностранныхъ даются подробныя предсказанія на каждый день; для портовъ съ менѣе правильными приливами указаны времена и высоты полныхъ и малыхъ водъ, а гдѣ приливы правильны, тамъ только для полныхъ водъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ внизу страницы даются для нѣсколькихъ добывочныхъ портовъ «постоянныя приливы», при помощи которыхъ можно приблизительно находить время и высоты полныхъ и малыхъ водъ, придавая алгебраически эти «постоянныя» къ предсказаннымъ величинамъ для главнаго порта.

Внизу страницы для каждого порта всегда указаны способы вычисленія и матеріалы, для того служившіе.

Во второй части таблицъ для 1.160 мѣстъ даны: *прикладной часъ* и *высоты сизигійныхъ* и *квадратурныхъ* приливовъ. Пользуясь *прикладнымъ часомъ*, можно находить время полныхъ и малыхъ водъ (см. стр. 340), а рассчитывая по пропорціи между высотами сизигійныхъ и квадратурныхъ полныхъ водъ можно находить и высоты полныхъ водъ на данный день. Особныя діаметры къ таблицамъ позволяютъ находить высоты уровня для любого часа дня.

Американскія таблицы самыя обширныя; въ нихъ для 70 портовъ Соед. Штатовъ и всего свѣта предсказаны времена и высоты полныхъ и малыхъ водъ и выѣется очень удобная таблица для нахождения высоты уровня въ любой моментъ для тѣхъ же портовъ.

Во второй части для 3.220 портовъ даны особыя постоянныя прилива и указаны тотъ портъ изъ первой части таблицъ, по которому, пользуясь этими поправками, можно получать время и высоты полныхъ и малыхъ водъ и для этихъ второстепенныхъ портовъ. Затѣмъ тамъ же даны еще разныя полезныя свѣдѣнія о характерѣ приливовъ въ разныхъ портахъ. Такимъ образомъ таблицы служатъ для 3.290 портовъ всего свѣта. Кроме того, въ таблицамъ еще даны предсказанія приливныхъ теченій для многихъ мѣстъ у береговъ Соед. Штатовъ.

Въ русскихъ таблицахъ (1915 г.) даны предсказанія приливовъ для русскихъ береговъ Сѣвернаго Ледовитаго ок. для 98 мѣстъ, при чемъ основнымъ портомъ считается Екатерининскія гавань на Мурманѣ. Для

вод имѣются предсказанія времени и высоты полныхъ и малыхъ водъ на каждый день и, кромѣ того, высоты уровня на каждый часъ сутокъ на цѣлый годъ; помощью этой таблицы можно и для другихъ портовъ получать высоты уровня на каждый часъ. Кромѣ того, для 14 портовъ предсказываются и приливная теченія.

Для Бѣлаго м. основнымъ портомъ служитъ Кемь, для которой имѣются такія же предсказанія, какъ и для Екате-р. гавани. Затѣмъ для 88 другихъ мѣстъ моря вычислены поправки, помощью которыхъ, пользуясь предсказаніемъ для Кемь, можно получать времена полныхъ и малыхъ водъ. То же самое сдѣлано и для высоты уровней въ каждомъ мѣстѣ; и для 14 мѣстъ предсказаны приливная теченія.

Въ «Ежегодникѣ приливовъ въ основныхъ пунктахъ Восточнаго океана», впервые вышедшемъ въ 1915 г., помѣщены предсказанія времени полныхъ и малыхъ водъ утреннихъ и вечернихъ, а также и высоты на каждый часъ сутокъ на весь годъ для трехъ основныхъ портовъ залива Де-Кастри, о-ва Лангъ и бухты Нагаева. Въ 1916 г. «Ежегодникъ» содержитъ, кромѣ того, поправки времени полныхъ и малыхъ водъ и коэффициенты прилива въ основныхъ пунктахъ для полученія тѣхъ же водъ и высоты уровня моря въ другихъ пунктахъ Восточнаго океана. Число такихъ мѣстъ 22.

Здѣсь (фиг. 132) приведены образцы частей страницъ четырехъ Таблицъ приливовъ: русскихъ—для Екатерининской гавани, французскихъ—для Бреста, англійскихъ—для Дувра и американскихъ—для Манилы (Филип. о-ва). Въ послѣднемъ портѣ приливъ отличается большою суточною составляющею, когда Луна далеко отъ экватора, и въ это время тамъ въ сутки бываетъ только одинъ приливъ и одинъ отливъ. Когда же Луна около экватора, то приливъ имѣетъ правильный характеръ *).

*) Въ американскихъ таблицахъ—буква N въ лѣвой графѣ всегда означаетъ, что Луна находится въ этотъ день въ южн. сѣв. склоненіи; E—что она на экваторѣ; P—перитей. Первая строка каждой для есть моменты низкой или высокой воды, а подъ ними—высоты ихъ, отрицательныя ниже нуля, въ фот. на морскихъ картахъ приведены всѣ глубины. Время остается отъ 0 ч. до 24 ч., нуль соотносится пополуночи относительно разницы меридиановъ, указанныхъ внизу страницъ таблицъ.

Въ англійск. табл. время дано Гринвичское по гражданскому счисленію, до полудня обозн. прифга, а послѣ полудня—жирный прифга.

Въ америк. и англ. табл. не указано, гдѣ подняла вода и гдѣ пала, это и само собою видно изъ сравненія соседнихъ чиселъ той же строки между собою.

Въ русскихъ табл. время дано мѣстное по гражданскому счету, также и въ франц. табл., только тамъ время западно-европейское (Гринвичское), отличающееся отъ Петроградскаго почти на 2 ч.

Ш. М. Шендлеръ.

ВРЕМЯ МЕРС.		ТОПКАЯ МЕРС.				БАЛАНСОВЫЕ			
		ПРЕДЪИЗЪ		ПОСЛЕДЪИЗЪ		ПРЕДЪИЗЪ		ПОСЛЕДЪИЗЪ	
		ЧАС.	МИН.	ЧАС.	МИН.	ЧАС.	МИН.	ЧАС.	МИН.
ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ПЛЕИНЫ МЕРС.				БАССЫ МЕРС.			
		НАЧИН.		ОБЩ.		НАЧИН.		ОБЩ.	
ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.	ВРЕМЯ МЕРС.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

ENGLAND, EAST COAST—DOVER.

29

H. W. F. & C. XI^a 12^h (Local mean time).
(XI. 7 (Standard time).

Lat. 51° 7' N. Long. 1° 10' E.

NOVEMBER, 1915.

DECEMBER, 1915.

WEEK DAY.	MONTH DAY.	Time.				WEEK DAY.	MONTH DAY.	Time.			
		H.	M.	P.	L.			H.	M.	P.	L.
M.	1	5	0	11	9	W.	1	0	0	5	11
Tu.	2	0	53	5	0	Th.	2	1	11	4	2
W.	3	2	13	4	2	F.	3	2	10	3	7
Th.	4	3	19	3	0	S.	4	3	15	2	4
Fr.	5	4	4	1	9	Sa.	5	4	4	1	4
S.	6	4	45	0	9	Su.	6	4	4	1	4

216

MANILA (Pass Direct Returns). PHILIPPINE ISLANDS.

OCTOBER.				NOVEMBER.				DECEMBER.			
MOON.	Day of—		Time and Height of High and Low Water.	MOON.	Day of—		Time and Height of High and Low Water.	MOON.	Day of—		Time and Height of High and Low Water.
	W.	Mo.			W.	Mo.			W.	Mo.	
N	Tu	1	9:58 5:51 14:13 18:31 9.9 -0.1 1.7 1.1	F	1	1:26 10:57 4.1 -0.4	S	1	2:51 11:02 11:13 11:13 4.8 -0.1 1.1 1.0		
	W	2	1:10 8:57 13:29 18:16 3.8 -0.4 1.2 1.0	S	2	2:17 11:13 4.1 -0.3	M	2	2:24 11:16 11:40 11:50 2.3 -0.1 1.2 1.0		
	Th	3	1:42 10:10 14:04 18:16 3.6 -0.2 0.9 0.8	S	3	2:16 11:21 3.8 -0.4	Th	3	2:24 11:16 11:45 11:50 2.9 0.4 1.3 0.9		
	Fr	4	1:15 11:39 3.3 -0.3	M	4	1:28 11:21 3.8 0.1	W	4	2:24 11:16 11:49 2.8 0.3 1.9		
	S	5	1:16 11:39 3.9 -1.4	Tu	5	1:31 11:19 11:50 2.9 0.4 1.0	Th	5	2:24 11:16 11:47 11:51 2.7 1.3 1.0 0.4		
	S	6	1:48 11:39 1.9 -1.4	W	6	1:13 11:12 11:54 11:57 1.9 0.2 0.7 1.0	F	6	2:24 11:16 11:50 11:54 2.2 1.4 1.0 0.4		

См. 331 Сборник русских, французских, английских и японских таблиц приливов, 1915 г.

Потому въ приведенномъ примѣрѣ таблицъ въ октябрь для первыхъ трехъ дней имѣется по двѣ полныхъ и малыхъ воды въ сутки. 3-го числа Луна достигла наибольшаго сѣвернаго склоненія, и наступило сильное суточное неравенство (оно должно было бы случиться раньше, но вслѣдствіе инерціи и тренія запаздываетъ). 9-го числа, которое не помѣстилось въ примѣрѣ, тутъ приведенномъ, Луна на экваторѣ, и приливъ принимаетъ опять правильный характеръ. То же самое хорошо видно въ слѣдующемъ столбцѣ ноября мѣсяца: 5-го числа Луна близка къ экватору, уже наблюдается вторая полная вода, а 6-го, когда Луна на экваторѣ, приливъ принимаетъ полусуточный характеръ. Въ началѣ декабря Луна около экватора и приливъ правильный (отсутствіе верхней малой воды 4-го числа произошло только вслѣдствіе того, что два прилива и два отлива бывають не за 24 ч., а за 24 ч. 50 м.).

Точность наблюденій.—Точность предсказаній въ таблицахъ приливовъ для тѣхъ портовъ, гдѣ предсказаны всѣ полныя и малыя воды, иногда достаточна для практики мореплаванія. Обыкновенно время предсказывается точно, нежели высота, потому что на послѣднюю имѣютъ большее вліяніе метеорологическія причины случайнаго характера. Время обыкновенно предсказывается съ точностью до 15—20 м.; ошибки въ полчаса рѣдки, а высоты—до фута, ошибки до 2 ф. рѣдки. Для портовъ же, гдѣ полныхъ предсказаній нѣтъ, а для нихъ пользуются данными основнаго порта, придавая къ нимъ поправки, точность меньше, но въ предѣлахъ 30—45 м. и 2 ф. по высотѣ. Штормовыя погоды могутъ иногда совершенно искажать предсказанное. Для портовъ, гдѣ имѣются многочисленныя ежечасныя наблюденія, гармоническія постоянныя выводятся гораздо точнее.

Вспомнивъ все сказанное выше относительно сложности какъ самаго явленія прилива, такъ и тѣхъ условій на Землѣ, среди которыхъ онъ существуетъ, нельзя не прийти къ заключенію, что получаемая точность предсказаній, основанныхъ исключительно на законѣ всемірнаго тяготѣнія, есть одно изъ блестящихъ доказательствъ его вѣрности.

Наблюдаемый на Землѣ характеръ приливовъ и примѣры ихъ.—Все изложенное выше показываетъ, что характеръ приливовъ въ природѣ можетъ иногда значительно отличаться отъ предполагаемаго теоріей.

Однако, такъ какъ и Луна и Солнце возбуждаютъ главнымъ образомъ приливъ полусуточный, остальныя же обстоятельства, указанныя

ныне, только видоизмѣняющъ явленіе, то его главный характеръ, т.-е. полусуточное колебаніе уровня, сохраняется въ большей части океана.

Изъ двухъ приливообразующихъ свѣтилъ Луна обладаетъ въ 2,2 раза большею приливною силою, нежели Солнце, потому и явленіе прилива въ большей части мѣстъ въ значительной степени зависитъ отъ Луны. Приливы, въ которыхъ преобладаетъ вліяніе Солнца, наблюдаются въ небольшомъ числѣ мѣстъ (см. кривую прилива на Таити, фиг. 136).

Приливы, гдѣ колебаніе уровня случается два раза въ течение 24—25 час. и оба раза предѣлы колебаній достигаютъ одинаковой величины, называются правильными.

Главное разнообразіе въ характерѣ приливовъ въ океанѣ заключается въ неодинаковости ихъ при верхнемъ и нижнемъ прохожденіи Луны черезъ меридіанъ мѣста, т.-е. въ суточномъ неравенствѣ какъ по высотѣ, такъ и по времени. Случается, что суточное неравенство по высотѣ доходитъ до такой величины, что одна изъ двухъ волнъ воды совершенно пропадаетъ, и тогда въ этомъ мѣстѣ наблюдается въ сутки одна высокая и одна малая воды (Мануа, стр. 353).

Какъ выше было объяснено, на основаніи законовъ всемірнаго тяготѣнія приливообразующія силы Луны и Солнца прежде всего стремятся возбудить приливъ полусуточного характера, а затѣмъ уже періодическія удаленія свѣтилъ отъ экватора вносятъ нѣкоторое нарушеніе въ такой правильный ходъ явленія. Первая причина обуславливаетъ въ явленіи прилива полусуточную составляющую, а вторая—суточную составляющую; отъ относительной величины этихъ составляющихъ въ данный моментъ и вліянія на нихъ мѣстныхъ условій (глубины, очертанія береговъ, положенія относительно открытаго океана, интерференцій, и т. п.) и зависитъ характеръ прилива въ каждомъ мѣстѣ.

Обзоръ характера приливовъ въ океанахъ.—Въ общемъ по берегамъ океановъ приливы имѣютъ довольно правильный характеръ, въ Атлантическомъ океанѣ и особенно въ его сѣверной половинѣ приливы очень правильны, что и обдѣлало въ свое время первое изученіе явленія.

Неправильнѣе приливы есть въ Мексиканскомъ зал. и Карайбскомъ м. и въ нѣкоторыхъ другихъ мѣстахъ.

Въ Тихомъ ок. (45°) Міров. ок.) въ общемъ приливы менѣе правильны, нежели въ Атлантическомъ ок.; наиболѣе правильные у береговъ Южной Америки, Австраліи и на нѣкоторыхъ островахъ (Самоа).

Неправильные приливы наблюдаются вдоль береговъ Сѣверной Америки и вдоль океаническихъ береговъ Японіи. Особенно неправильные въ моряхъ Азіатскаго побережья (Филиппины, Тонкинскій зал.) и на некоторыхъ островахъ (Сантшечены).

Въ Индійскомъ океанѣ во многихъ мѣстахъ побережья правильные приливы.

Неправильные—вдоль береговъ Африки и особенно у западныхъ береговъ Австраліи.

Объяснить, тѣмъ обусловлено появленіе неправильныхъ приливовъ, пока невозможно. Иногда почти рядомъ наблюдаются приливы совершенно разнаго характера; напримѣръ, въ Зондскихъ моряхъ приливы односуточные, а почти рядомъ по западному побережью Индо-Китаю, Малакки и Суматры въ Индійскомъ ок. они полусуточные. Въ Де-Кастрѣ приливъ правильный, а немного сѣвернѣе, у о-ва Лангра,—неправильный.

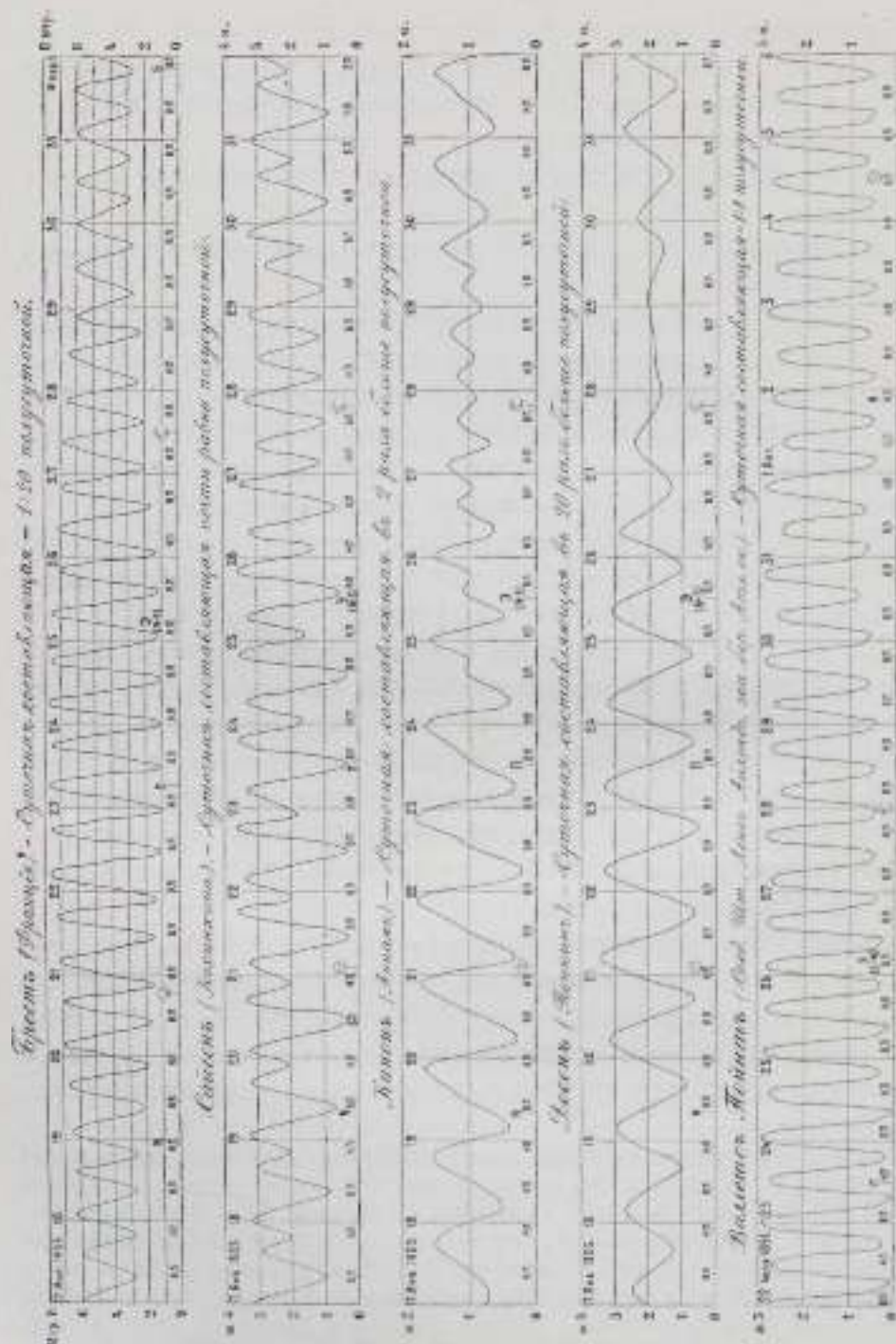
Очевидно, это есть результатъ вліянія мѣстныхъ условій, понимая послѣднія широко, т.-е. не только какъ условія вокругъ самого мѣста наблюденія, но и на значительномъ пространствѣ вокругъ него.

Для поясненія вышесказаннаго о характерѣ приливовъ на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 133) изображены кривыя колебанія уровня; вслѣдствіе прилива разнаго характера, въ пяти мѣстахъ. Четыре верхнія кривыя изображаютъ колебанія уровня за 15 дней для: Бреста, Сайгона, Кивона (Аннамъ) и Дэсона (Тонкинъ) для одного и того же времени *).

Въ Брестѣ приливъ отличается очень большою правильностью, суточная составляющая всего $\frac{1}{10}$ полусуточной. На кривой хорошо видны всѣ особенности прилива.

Прежде всего, прослѣдивъ кривую за всѣ 15 дней, видно, какъ ежедневно вмѣстѣ съ Луною опаздываютъ и моменты полныхъ и малыхъ водъ относительно солнечнаго времени. Прикладной часъ Бреста 3 ч. 46 м., и на кривой полная вода вездѣ опаздываетъ приблизительно на такую же величину. Амплитуда правильно увеличивается отъ квадратуры къ

*) На всѣхъ кривыхъ приливы приняты слѣдующія обозначенія: вертикальными линіи поперекъ всего чертежа есть линіи полночи. Короткими черточками съ буквами ВП и НП отмѣчаютъ моменты верхняго и нижняго прохожденія Луны черезъ меридианъ мѣста. Буква В показываетъ моментъ, когда Луна на экваторѣ, рядомъ въ скобкахъ (N—S) указываетъ, что склоненіе мѣняется или N на S или обратно. Буквы N или S показываютъ моменты, когда склоненіе Луны наибольшее. Фазы Луны показаны обычными знаками. Буквы П и А указываютъ моменты Перигея и Апогея. На всѣхъ кривыхъ время стало.



См. 151. Число землетрясений при цунами в Японии, Филиппинах, Индонезии и Бразилии.

сизигій, но наибольшая амплитуда случается воже сизигій почти на полторы сутокъ, это есть возрастъ прилива (38 ч.). Перигей пришелся на 23-е, черезъ двое сутокъ послѣ сизигіи, и потому амплитуда стала еще больше. Наибольшее N склоненіе было въ полночь на 19-е, и, несмотря на то, на кривой незамѣтно вліянія суточного неравенства, приливы въ обоихъ прохожденіяхъ остаются одинаковыя. Суточное неравенство во времени тоже незамѣтно, моменты малыхъ водъ приходится точно по серединѣ между полными водами, и возвышеніе и пониженіе уровня, т. е. приливъ и отливъ происходятъ одинаково быстро; уровень также не застываетъ ни на полныхъ, ни на малыхъ водахъ.

Въ *Сайгонѣ* суточная составляющая почти равна полусуточной, и потому, когда склоненіе Луны большое (между 17—25), одна изъ двухъ малыхъ водъ сильно вынѣсется отъ другой, получается большое суточное неравенство по высотѣ. Есть суточное неравенство и по времени, потому что мѣстамъ отлива короче прилива. 25-го Луна на экваторѣ, и послѣ этого суточное неравенство уменьшается, а 30-го снова увеличивается.

Въ *Кинонѣ* (Аннамъ) суточная составляющая въ два раза больше полусуточной, и тамъ, при большомъ склоненіи Луны, только одинъ приливъ и отливъ въ сутки, при чемъ отливъ короче прилива. Когда же Луна около экватора, то наблюдается два прилива и два отлива (26—29).

Въ *Досонѣ* (Тонкинъ) суточная составляющая въ двадцать разъ больше полусуточной, и тамъ наблюдается круглый годъ только суточный приливъ, при чемъ въ квадратурѣ (28) и при маломъ склоненіи приливъ совершенно неправильный.

Въ *Виллеттѣ Ноблингъ* (имѣетъ Виллетъ въ заливѣ Лонгъ-Айлендъ около Нью-Йорка) по другую сторону Атлантическаго океана, немого южнѣе Бреста, приливъ тоже правильный, но суточная составляющая равна одной восьмой полусуточной, и потому, когда склоненіе Луны большое (съ 30-го авг.), суточное неравенство становится замѣтно. Полныя и малыя воды имѣютъ замѣтную продолжительность, и въ малыхъ водахъ есть некоторая неправильность.

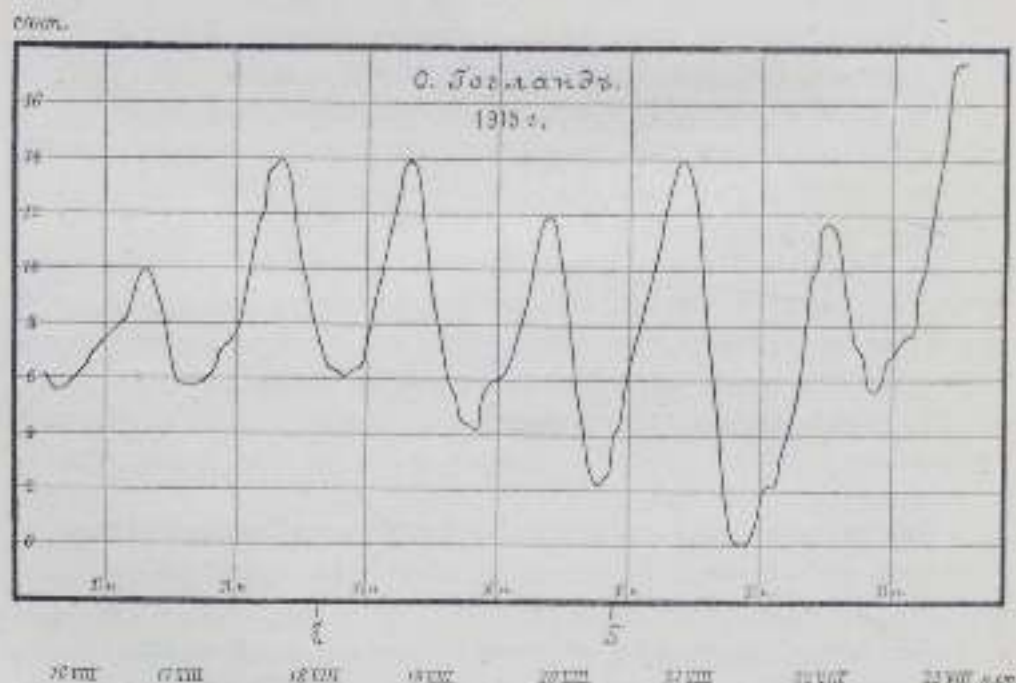
Приливы у береговъ Россіи и въ Тихомъ океанѣ.—Явленіе приливовъ въ русскихъ моряхъ за послѣдніе годы стало обстоятельно изучаться, и въ настоящее время Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морского Министерства издаются особые «Ежегодники приливовъ» для Мурмана и Вѣлаго м. (примѣрная страница дана выше, стр. 354) и для русскихъ побережій Восточнаго ок. Кромѣ того, приливы еще наблю-

дались и въ Балтійскомъ м., но, вследствие малой амплитуды, тутъ они не имѣютъ значенія для мореплаванія, а только теоретическій интересъ.

Въ Скагерракѣ и Каттегатѣ найдены приливы не только въ поверхностномъ слое опресненной воды, но и въ болѣе глубокомъ и соленомъ слое, при чемъ амплитуды въ нижнемъ слое оказались значительно (стр. 107). Въ Копенгагенѣ амплитуда 11 сант.

Въ южной части *Балтійскаго* моря амплитуды прилива по величинѣ: Киль—7 сант., Свинемюнде—2 сант., Либавъ—1,4 ст., т.-е. совершенно незамѣтны безъ тщательныхъ наблюденій самопишущимъ уровнемъ. Въ Ботническомъ зал. недвѣно тоже обнаружены приливы. Въ Ганге, при входѣ въ заливъ, амплитуда 3,7 ст., а на сѣверѣ, въ Ратанз.—2,9 ст. Въ Финскомъ зал. въ Гельсингфорсѣ—4,3 ст., въ Ревелѣ—2,6 ст.; при этомъ въ обоихъ заливахъ ясно выраженнаго суточного характера.

Только-что установленный Гл. Гидрограф. Упр. уровеньъ на сѣверной оконечности о-ва Готландъ по срединѣ восточной части Финскаго зал. далъ слѣдующую записъ (фиг. 134) за семь дней тихой погоды въ Августѣ 1915 г. Наибольшее за Августъ мѣсяцъ склоненіе



Фиг. 134. Кривая прилива на о-ве Готландъ въ Финскомъ заливѣ.

Луну S-е пришлось почти по среднѣмъ періода наблюдений, что очень выгодно для выясненія характера прилива. На чертежѣ хорошо видно, что суточная составляющая очень велика, и потому въ сутки бываетъ только одна полная и одна малая воды съ амплитудой до 14 сант.

Въ Петроградѣ приливъ тоже имѣется, сизигійная амплитуда 4,89 сант.; когда склоненіе Луны велико, то и суточное неравенство не- мало, и тогда бываетъ только одинъ приливъ и одинъ въ сутки.

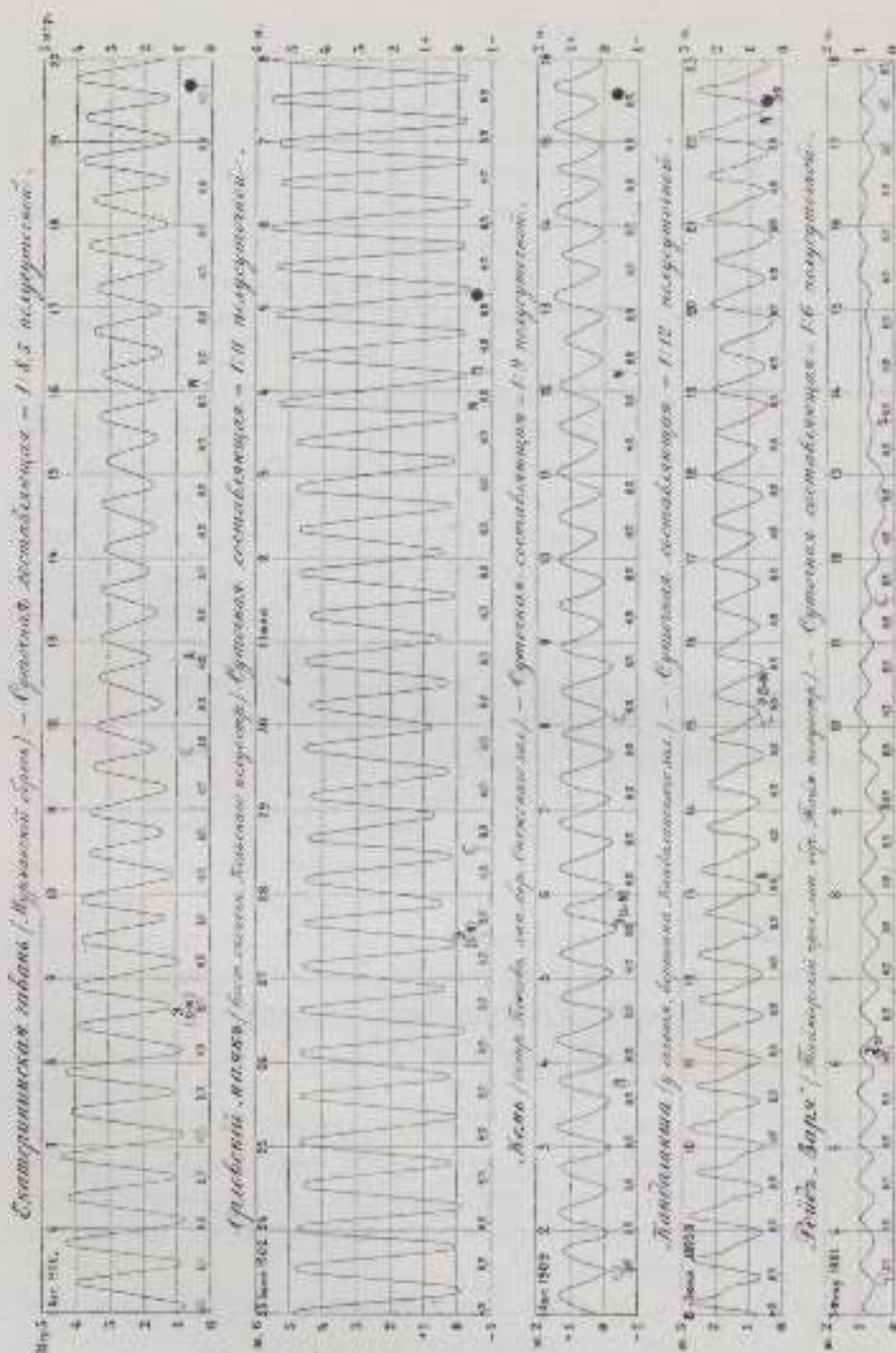
Въ Черномъ м. пока приливы еще не были обнаружены, но болѣе тщательная обработка записей самонаписныхъ уровнейъ, можетъ-быть, еще покажетъ существованіе приливовъ и тамъ.

У береговъ Мурмана и въ Вьломъ м. и у береговъ Сибири приливы совершенно правильные полусуточные; на чертежѣ (фиг. 135) показаны кривыя приливовъ для: Екатерининской гавани, лежащей при вхоdѣ въ Больскій зал., Орловскаго маяка при вхоdѣ съ сѣвера въ Горло Бѣлаго м. (на восточной оконечности Больскаго пол-ва), о-ва Борнхувенъ Березной на юго-западномъ берегу Оленскаго зал. (между с. Умекма и Суместимъ проходомъ), с. Кандалакши въ верхонѣ залива того же названія, г. Кеми на западномъ берегу Бѣлаго м. (о-въ Поповъ въ устьѣ р. Кеми, ниже города) и рейда Зари около о-ва Таймыръ (въ проливѣ между о-въ Таймыръ и западныхъ Таймырскихъ полуостр., мѣсто первой зимовки русской полярной экспедиціи барона Толя въ 1901 г.).

Въ Екатерининской гавани суточная составляющая прилива равна $\frac{1}{4}$ полусуточной, тогда какъ въ Брестѣ она $\frac{1}{4}$, несмотря на это, общій характеръ прилива совершенно правильный полусуточный, какъ это хорошо видно на кривой прилива за двѣ недели отъ сизигіи 5-го Августа до 19-го Августа и. ст. Наибольшая амплитуда наступаетъ послѣ сизигіи (возрастъ прилива 44 часа), также и наименьшая послѣ квадратуры (12—УІІІ); приливъ и отливъ продолжаются одинаковое время, но такъ какъ суточная составляющая имѣетъ значительную величину по отношенію къ полусуточной, то полная и малая воды въ нижнемъ прохожденіи Луны меньше, нежели въ верхнемъ. Сизигійная амплитуда 3,8 м. (12,5 ф.).

Приливъ въ Екатерининской гавани былъ изслѣдованъ по способу гармоническаго анализа и послужилъ основнымъ для предсказанія приливовъ по всему Мурману, гдѣ по изслѣдованію оказалось, что приливы вездѣ имѣютъ правильный характеръ.

На Орловскомъ маякѣ приливы столь же правильны, какъ и въ Екатерининской гавани, но амплитуды ихъ больше 6,7 м. (18,6 ф.),

[illegible]

потому что онъ лежитъ въ узкости, въ Горѣ Бѣлаго моря. Суточное неравенство тутъ мало замѣтно.

Въ *Кемѣ*, на о-вѣ Поповѣ, приливъ тоже правильный, въ немъ не велики разницы въ сизигійныхъ и квадратурныхъ приливахъ. О-въ Поповъ находится у устья рѣки Кемѣ, и ея теченіе сказывается на характерѣ кривой, приливъ продолжается меньше времени, нежели отливъ, и при последнемъ иногда замѣчается нѣкоторая неправильность около низовъ воды. Сизигійная амплитуда 1,6 м. (5,2 ф.).

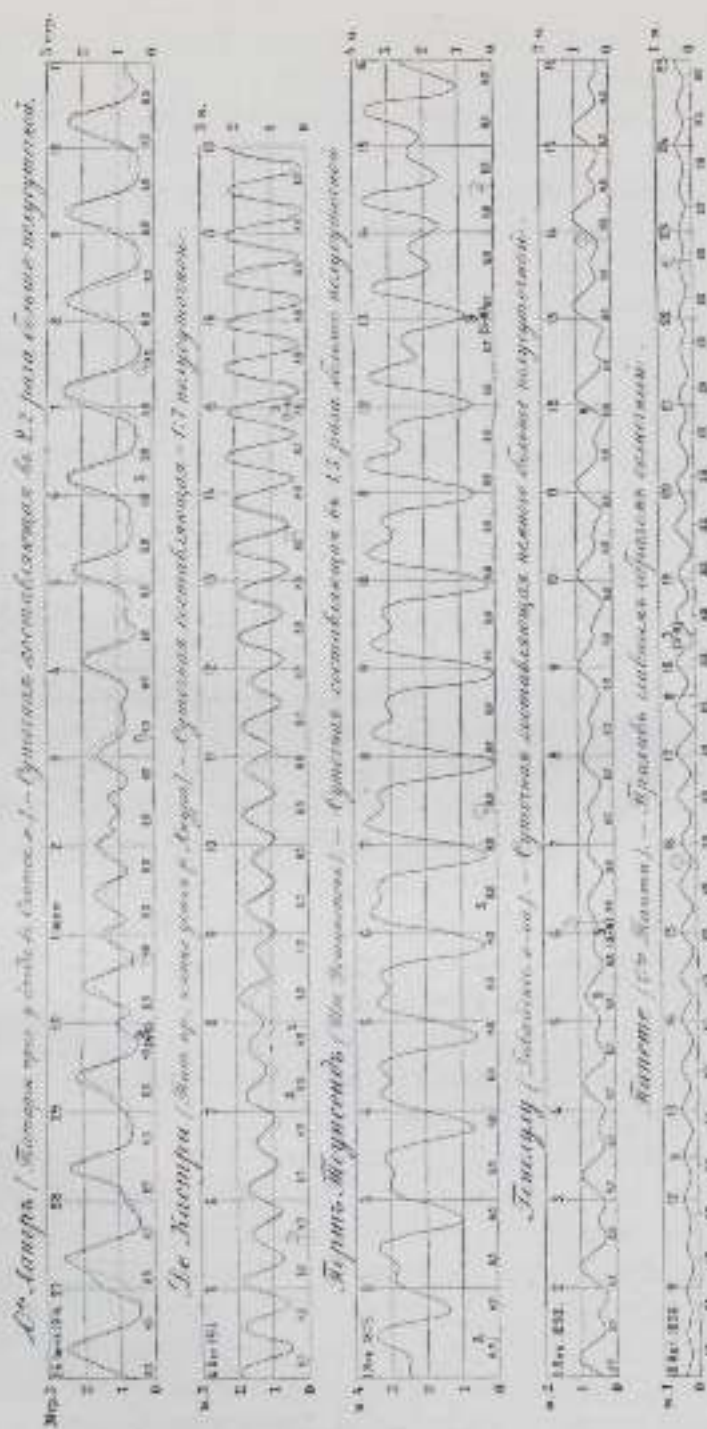
Приливъ въ Кемѣ также обработанъ по способу гармоническаго анализа и служитъ основаніемъ для предсказанія приливовъ въ другихъ мѣстахъ Бѣлаго м.

Въ *Кандаликѣ* приливъ тоже полусуточного характера, суточное неравенство мало замѣтно. Такъ какъ Кандаламша стоитъ въ устьѣ рѣки, то вліяніе ея сказывается на продолжительности прилива и отлива, и въ последнемъ бываютъ небольшія неправильности, подобныя, какъ въ Кемѣ, но болѣе замѣтныя. Сизигійная амплитуда 2,1 м. (6,8 ф.). Столь же правильны приливы и въ остальной части Бѣлаго м.

На основаніи обработки наблюденій приливовъ на Новой Землѣ въ двухъ мѣстахъ, у береговъ Сибири у Таймырскаго пр., у устьевъ р. Лены и р. Колымы и на Ново-Сибирскихъ о-вахъ видно, что и далѣе, вдоль сѣвернаго берега Россіи до Берингова пр., приливы продолжаютъ сохранять полусуточный характеръ, нарушаемый въ устьяхъ такихъ большихъ рѣкъ, какъ Лена и Колыма, стокомъ ихъ воды. Для характеристики приливовъ у береговъ Сибири приведена (фиг. 135) кривая для рейда Зари, гдѣ, какъ видно, приливъ совершенно правильный полусуточный съ сизигійною амплитудою въ 0,5 м. (21 д.).

По берегамъ Тихаго ок. приливы мѣстами отличаются, какъ выше было указано, большими неправильностями, и, чтобы дать о нихъ понятіе, на слѣдующемъ чертѣжѣ (фиг. 136) приведены кривыя приливовъ для двухъ мѣстъ на русскихъ берегахъ—зал. Де-Кастри въ Татарскомъ пр., въ той его части, гдѣ онъ значительно расширяется, и на о-вѣ Лангъ при входѣ въ проливъ съ сѣвера изъ Охотскаго м. Третья кривая изображаетъ колебанія уровня въ портѣ Тоунсендъ, находящемся при входѣ въ пр. Жуанъ-де-Фука въ узкій и длинный зал. Адмиралтейства, гдѣ лежитъ гор. Сизаль (штатъ Уоллингтонъ). Четвертая и пятая кривыя представляютъ образцы приливовъ по серединѣ океана. Одна относится къ портѣ Гонзоду на Гавайскихъ о-вахъ по серединѣ

Приливы на берегахъ и островахъ Тихаго океана.



Фиг. 123. Приливы на берегахъ и островахъ Тихаго океана. — Де Ланца, островъ въ дельтѣ р. Селенги; Де Кастра, островъ въ дельтѣ р. Амгу; Де Жуковскій, островъ въ дельтѣ р. Амгу; Де Журавлевъ, островъ въ дельтѣ р. Амгу; Де Ланца, островъ въ дельтѣ р. Селенги.

Севернаго Тихаго ок., а другая въ порту Палете на о-вѣ Танги, по серединѣ его южной части.

На о-вѣ Лангрю, какъ хорошо видно на кривой, приливъ неправильный, суточный составляющая въ 2,2 раза больше полусуточной, и потому при большомъ склоненіи Луны бываетъ только одна полная и малая вода въ сутки. Полная вода продолжается мало времени, а малая очень долго, отъ 6 и до 12 ч. времени. При маломъ склоненіи Луны приливъ полусуточного характера, но съ большою разностью по высотѣ между двумя последовательными полными водами. Амплитуда, когда господствуетъ полусуточный приливъ, около 0,6 м. (2 ф.), а при большомъ склоненіи, когда приливъ односуточный, амплитуды доходить до 2,1 м. (7 ф.). Нулевая кривая соответствуетъ приливу, предсказанному гармоническимъ анализомъ; она совпадаетъ довольно хорошо съ наблюденною кривою, хотя неправильность прилива велика, и число наблюдений, послужившихъ для вычисленія гармоническихъ постоянныхъ (1 мѣсяца, въ два разныхъ года по два)^{*)}, было недостаточно.

Въ заливѣ Де-Кастри, находящемся всего въ 190—200 кил. къ югу отъ о-ва Лангрю (положеніе этихъ двухъ мѣстъ хорошо видно на картѣ фиг. 137), приливъ совершенно правильный (суточная составляющая всего 0,2 полусуточной); приливъ и отливъ продолжаются одинаковое время, суточного неравенства совершенно незаметно ни по высотѣ, ни по времени. Возрастъ прилива 43 ч. Сизигійная амплитуда 2,1 м. (6,8 ф.). Обработка прилива по способу гармоническаго анализа произведена по наблюденьямъ за три полныхъ мѣсяца, что оказалось достаточнымъ для предсказанія прилива съ необходимою точностью, и



Фиг. 137. Карта Татарскаго пролива.

^{*)} Кривая была вычислена по восьми главнымъ постояннымъ прилива.

дѣйствительно пунктирная кривая предсказаннаго колебанія урени близка совпадаетъ съ наблюденною кривою.

Въ бухтѣ Нагаева, находящейся на сѣверномъ берегу Охотскаго м. при вхоdѣ въ зал. Гилгигинскій, приливъ имѣетъ значительную суточную составляющую. Повидимому, и въ другихъ мѣстахъ по берегу Охотскаго м. приливы также неправильные.

На американскомъ берегу Тихаго ок. приливы вообще отличаются неправильностью; для примѣра приведена кривая порта Тоунсендъ, гдѣ приливъ имѣетъ большую суточную составляющую (она превосходитъ полусуточную почти въ 1,5 раза), что особенно замѣтно при большомъ склоненіи Луны, при чемъ суточное неравенство по высотѣ главнымъ образомъ отражается въ малой водѣ, одна изъ которыхъ почти пропадаетъ. Разница въ высотахъ полныхъ водъ не такъ значительна, она больше, когда Луна на экваторѣ. Суточное неравенство во времени больше всего для полныхъ водъ, когда склоненіе велико (моменты полныхъ водъ сближены, а малыхъ раздвинуты). Сизигійная амплитуда 3,3 м. (11 ф.).

На томъ же чертежѣ даны еще двѣ кривыя приливовъ на о-вахъ Гавайскихъ и Таити, поднимающихся съ большихъ глубинъ посреди Тихаго ок.

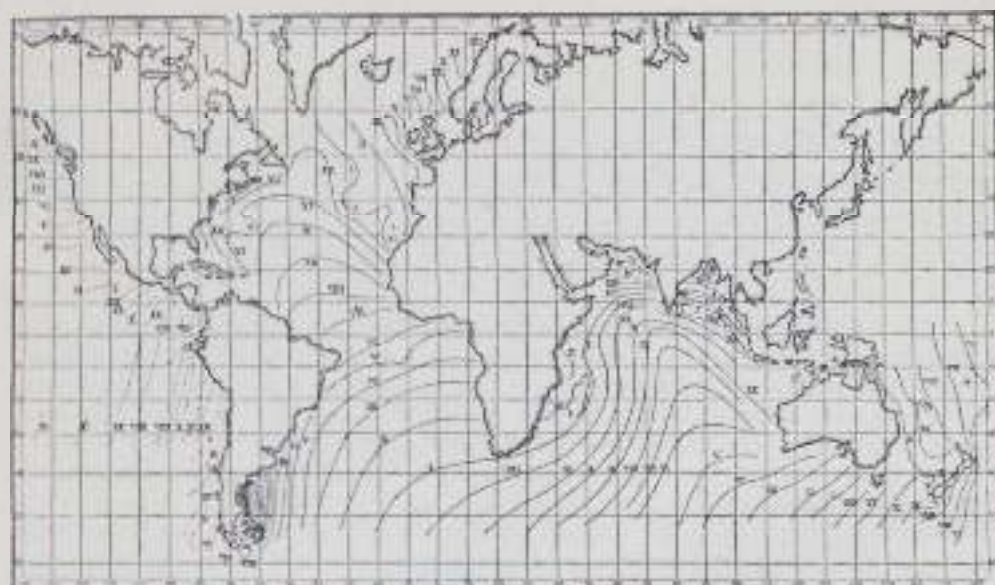
Въ Гонолулу (Гавай) приливъ полусуточный, но съ большою суточною составляющею (она немного болѣе полусуточной), которая по высотѣ главнымъ образомъ замѣтна въ полныхъ водахъ (обратно тому, какъ въ Тоунсендѣ).

Въ Папете (Таити) приливъ совершенно правильный, особенно въ сканіи, но главнымъ образомъ солнечный, потому что полныя воды болѣе слѣдуютъ за прохожденіями Солнца черезъ меридіанъ, нежели Луна.

Амплитуды на этихъ двухъ островахъ не велики, въ Гонолулу — около 0,6 м. (2 ф.), въ Папете еще меньше, около 0,3 м. (1 ф.).

Кривыя приливовъ для 15 мѣстъ, приведенная въ курсѣ съ ихъ описаніемъ, охватываютъ все главные случаи приливовъ; разнообразіе сочетаній, конечно, можетъ быть очень велико, но все главные типы указаны здѣсь, и такимъ образомъ сдѣланный обзоръ дастъ полное понятіе о характерѣ явленія приливовъ въ природѣ.

Распространеніе приливовъ по океану, котидальныя линіи. — Чрезвычайная сложность явленія приливовъ въ океанѣ, какъ неоднократно указывалось, не позволяетъ представить общую картину распространенія прилива по океану помощью какого-либо уравненія, т.-е. рѣшить



Фиг. 138. Изотидальная карта Зевея.

задачу теоретически. Поэтому остается попробовать решить ее приближенно на основании извѣстных наблюдений. Первая подобная попытка была сдѣлана въ серединѣ XIX ст. Зевелемъ; онъ собралъ всѣ извѣстныя тогда немногочисленныя наблюденія приливовъ и опредѣлилъ для каждаго мѣста время полной воды въ счисленіи по Гринвичскому меридіану и черезъ мѣста, гдѣ эти времена были одинаковы, провелъ согласныя кривыя, назвавъ ихъ ютидальными линіями. Каждая такая линія проходила по тѣмъ мѣстамъ океана, гдѣ въ одинъ и тотъ же моментъ была полная вода, т. е. ютидальная линія обозначала собою гребень приливной воды. На чертежѣ (фиг. 138), конія съ карты Зевея, латинскія цифры у ютидальныхъ линій даютъ моменты полной воды по Гринвичскому времени, а разстоянія между ютидальными линіями показываютъ пространство, проходимое полусуточною приливною волною въ одинъ часъ.

Свѣдѣнія, на основаніи коихъ построены эти линіи, были недостаточны; еще у береговъ Европы и Соединенныхъ Штатовъ имѣлись наблюденія, но даже на югѣ и по берегамъ другихъ океановъ ихъ было очень мало, а по срединѣ океана и совсѣмъ ихъ не было. Поэтому ютидальные линіи Зевея есть только попытка показать распространеніе прилива въ океанѣ, не дающая вовсе дѣйствительной картины явленія.

Новѣйшая попытка изобразить столь сложное движеніе, какъ распре- дѣленіе и распространеніе приливовъ въ океанѣ, была сдѣлана амери- канскими ученымъ Р. Гаррисомъ. Онъ разсматриваетъ движеніе прилива въ океанѣ, какъ результатъ ряда колебаній стоячихъ волнъ (сейсей), возбуждаемыхъ приливообразующими силами Луны и Солнца. На фиг. 139 изображены котидальные линіи Гарриса, которыя пока не получили признанія всѣхъ авторитетовъ по изученію приливовъ.

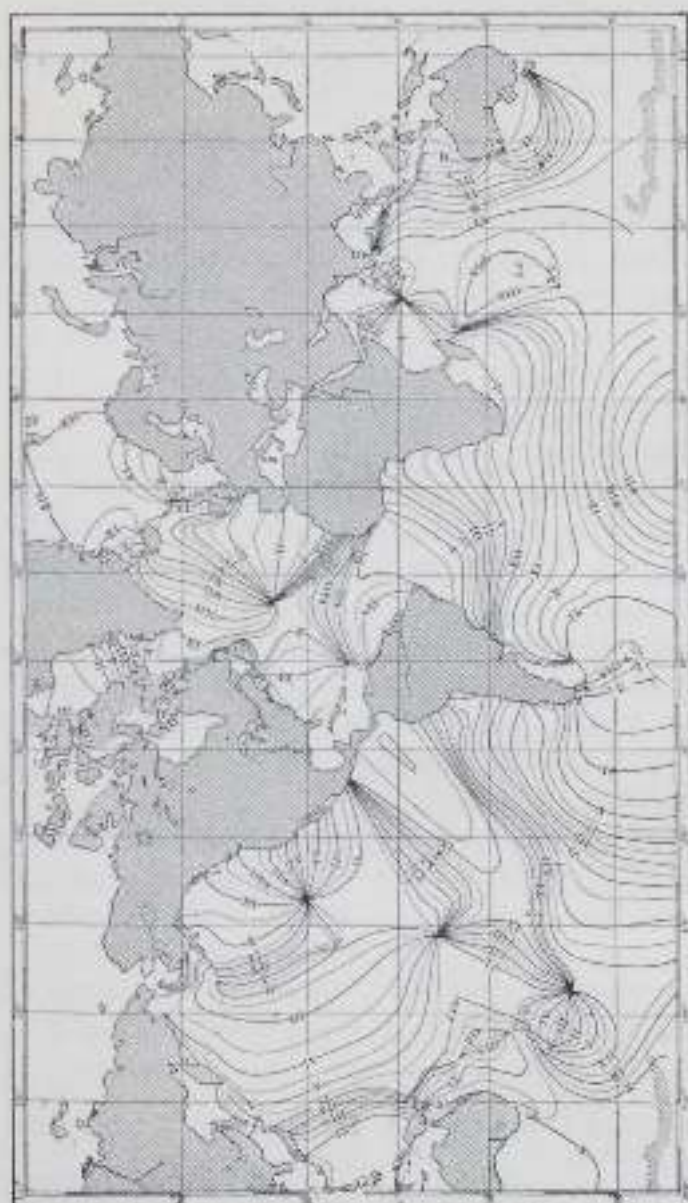
На основаніи существующихъ наблюденій приливовъ для 100 мѣстъ Гаррисъ раздѣ- лилъ океаны воображаемыми линіями на рядъ отсековъ такой формы, чтобы *каждый* отсекъ, могущій быть возбужденнымъ въ каждомъ отсека, имѣлъ бы періодъ колебаній одинаковый съ тѣмъ, какой обнаруживаютъ тѣмъ действительными наблюденіемъ приливовъ. Проникнувъ въ вниманіе, что подобныя стоячія колебанія могутъ одновременно происходить въ томъ же отсекѣ и въ разныхъ направленіяхъ, сообразно разнымъ направленіямъ приливо- образующихъ силъ ихъ возбужденіемъ, эти колебанія поверхности въ данныхъ отсекахъ должны протѣкати по двумъ направленіямъ. Каждое такое простое колебаніе, какое отдѣльно, будетъ имѣть свою узловую линію (см. стр. 251), около которой оно и происходитъ, при существованіи же одновременно другихъ подобныхъ простыхъ колебаній, по по иному направленію, узловыя линіи второго будутъ размѣщены надъ узлами въ первой, и такими образомъ при существованіи въ избранномъ отсекѣ океана одновременно двухъ простыхъ колебаній, только въ томъ пересѣченіи ихъ узловыхъ линій поверхность воды будетъ вращаться въправо *). При двухъ тѣхъ колебаніяхъ, черезъ точку пересѣченія ихъ узловыхъ линій можно всегда провести линію, вдоль которой перемѣнится поверхность обоихъ простыхъ колебаній, очевидно, вдоль этой линіи во всякій моментъ и будетъ нахо- диться наибольшее высшее изометрическое урѣвнѣ, т.-е. поверхность воды въ избранномъ отсекѣ океана. Такъ какъ каждое изъ двухъ простыхъ стоячихъ колебаній уровня предоминируетъ непре- рывно, то только эти узловые линіи, соединяющія мѣста наибольшихъ водъ, т.-е. котидальные линіи, также непрерывно будутъ вращаться вокругъ точки пересѣченія узловыхъ линій обоихъ простыхъ стоячихъ колебаній, гдѣ, какъ мы видѣли, уровень не вращается. Значитъ, въ разсматриваемомъ случаѣ котидальныя линіи въ теченіе вѣчности будутъ совершать обратъ около точки пересѣченія узловыхъ линій, гдѣ уровень не будетъ вращаться. Такимъ путемъ Гаррисомъ названа аффидромическою точкою **).

На слѣдующей картѣ (фиг. 139) представлена система котидальныхъ линій, построена- ныхъ Гаррисомъ. Мѣста, гдѣ которыя исходятъ изъ котидальныхъ линій, и есть афид- ромическія точки. Рисуя цифры на линіяхъ соотвѣтствуютъ по Гринвичскому времени моменту полной воды.

Система Гарриса еще требуетъ изученія и подтвержденія. На обширныхъ простран- ствахъ открытаго океана, гдѣ на картѣ у него приведенъ рядъ котидальныхъ линій, не видѣно ни одного наблюденія прилива. Поэтому и котидальныя линіи Гарриса пока пред- ставляютъ интересную гипотезу, которая, можетъ-быть, поможетъ рѣшенію вопроса, какъ распространяется приливъ по океану; для движенія впередъ этой задачи необходимы новыя и точныя наблюденія приливовъ.

*) При одномъ простомъ колебаніи вдоль всей узловой линіи его уровень остается неподвижнымъ.

**) Т.-е. точкою, гдѣ нѣтъ ни прилива, ни отлива.



Фиг. 129. Температурни и барични лини.

Попытка проверить гипотезу Гарриса была сделана въ Итменском м. къ сѣверу отъ На-де-Баха, гдѣ по картамъ Гарриса находится одна изъ изобрическихъ точекъ. При помощи электрическаго прелиметра Фале (опускаемого на дно) въ этомъ мѣстѣ, гдѣ глубина не велика (около 30 м.), были произведены точныя наблюденія, и оказалось, что приливъ тутъ существуетъ со всѣми особенностями приливовъ у береговъ Голландіи, но только съ небольшою амплитудой—около 60 см. Одною наблюденіемъ, конечно, еще недостаточно ни для подтвержденія, ни для опроверженія гипотезы Гарриса.

Единственный опредѣленный результатъ, къ которому въ настоящее время пришли въ вопросѣ о распространѣніи приливовъ въ океанѣ, есть отрицаніе взгляда, возникшаго при Уевелѣ и существовавшаго до конца XIX ст., а именно, что приливъ образуется главнымъ образомъ въ южной полосѣ Мирового океана, гдѣ послѣдній охватываетъ всю землю, и уже отсюда онъ распространяется по всѣмъ остальнымъ частямъ океана. При этомъ предполагалось, что приливная волна, двигаясь поступательно съ юга на сѣверъ, только черезъ 36 ч. достигала Европы, чѣмъ и объясняли существованіе возраста прилива.

Согласно современному взгляду, приливъ образуется въ каждой части океана самостоятельно, и только у береговъ, на материковой отмели, можно ожидать дѣйствительно поступательнаго движенія прилива, чтѣ и выражается въ котидальныхъ линіяхъ, которыя въ этихъ мѣстахъ бываютъ параллельны главному очертанію береговой линіи.

Возможность самостоятельнаго возникновенія прилива въ каждомъ океанѣ или въ каждой части океана подтверждается существованіемъ приливовъ не только во внутреннихъ моряхъ, но и въ озерахъ (напр., Верхнее, Мичиганъ).

Амплитуды приливовъ въ разныхъ мѣстахъ океановъ. — Теоретически амплитуды приливовъ не должны были бы въ сизигіи превосходить 0,8 м. (31 д.). И дѣйствительно на островахъ, расположенныхъ посреди океана и отличающихся большою глубиной и малыми горизонтальными размѣрами, амплитуды сизигійныхъ приливовъ близки къ этой величинѣ и если и превосходятъ ее, то обыкновенно не болѣе, чѣмъ въ два раза.

Сизигійныя амплитуды на океаническихъ островахъ.

Атлантическій ок.	Индійскій ок.	Сѣв. Тихій ок.	Южн. Тихій ок.
Тринидадъ	Бурбоа	Маріанскіе	Назменные — 0,6 м.
Д'Ахунъ . . — 1,5 м.	(С. Пьеръ) — 1,6 м.	(Гуамъ) . . — 0,8 м.	Маршалскіе — 0,9 „
Св. Елеа . . — 0,8 „	Маврикій	Каролинскіе	Тоуаринге -
Вознесеніе . . — 0,6 „	(С. Луи) — 0,5 „	(Зананъ) — 1,1 „	ста . . — 0,3 „

Зеленаго мыса . . . — 0,9—1,5 м.	Родригесъ . . . — 1,7 м.	Маршалъ- ские . . . — 1,3 м.	Фениксъ . . . — 1,4 м.
Капаресіе — 2,4—2,7 .	Сешельскіе — 1,2 .	Джамберта — 1,5 .	Самой (Анія) — 1,0 .
Мадера . . . — 1,8—2,1 .	Кидингъ . . . — 1,5 .	Фаннингъ . . . — 0,7 .	Тонга . . . — 1,0 .
Азорскіе . . . — 1,2—1,8 .	Амстер- дамъ . . . — 0,9 .	Гавайскіе (Гонгу- ду) . . . — 0,5 .	Фиджи . . . — 1,0 .
Фарерскіе — 1,2—2,7 .	Св. Паула . . . — 0,9 .		Ауклендъ . . . — 0,9 .
	Нергаленъ . . . — 1,4 .		Антиподъ . . . — 1,5 .
			Новая Ка- ледонія . . . — 1,0 .

Различія въ амплитудахъ, какія встрѣчаются, какъ видно изъ таблицы, и на океаническихъ островахъ, объясняются вліяніемъ мѣстныхъ причинъ, нерѣдко, какъ выше уже нѣсколько разъ указывалось, во много разъ превышающихъ приливообразующія силы Луны и Солнца.

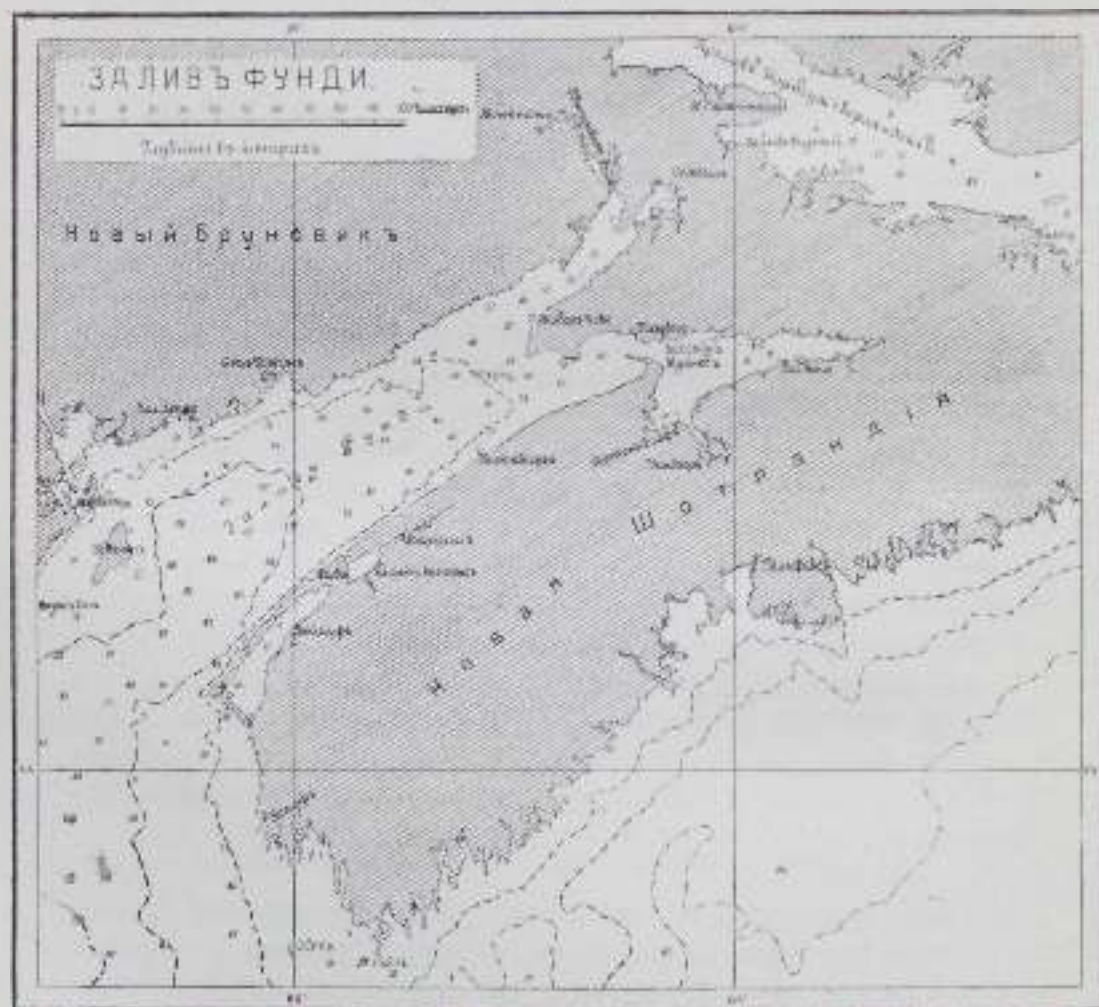
По мѣрѣ приближенія къ материкамъ убываютъ глубины, рельефы дна становятся разнообразнѣе, и самыя очертанія береговъ оказываютъ свое вліяніе, все это имѣетъ вносить большія измѣненія въ тотъ характеръ впаденія, какой оно имѣло посредникъ океана. Эти видоизмѣненія прилива у береговъ очень разнообразны, и часто въ мѣстахъ, лежащихъ поблизости другъ къ другу, характеръ приливовъ совершенно разный, какъ уже было указано выше (см. кривая прилива въ Де-Кастри и на о-вѣ Лангъ, стр. 364). Точно также и амплитуды приливовъ находятся въ огромной зависимости отъ мѣстныхъ условий. По большей части у береговъ материковъ, особенно издающихся въ море мысовъ, и тамъ, гдѣ береговая черта не дѣлаетъ большихъ изгибовъ внутрь материка и гдѣ рельефы дна имѣютъ ровный характеръ, амплитуды приливовъ не превышаютъ 1,5—2,0 м. (5—7 ф.). Изъ изгибающихся въ настоящее время наблюдений для болѣе чѣмъ 3.000 мѣстъ на берегахъ океановъ такіа и еще меньшія амплитуды встрѣчаются по крайней мѣрѣ въ 2.000 мѣстахъ.

Амплитуды болѣе 3 м. (10 ф.) встрѣчаются уже гораздо рѣже, а мѣста, гдѣ амплитуды болѣе 6 м. (20 ф.), сравнительно немногія, и они всѣ расположены или въ проливахъ, или въ верхнихъ заливахъ, или въ устьяхъ рѣкъ, т. е. въ различнаго рода *узкостяхъ*, гдѣ, чѣмъ дальше отъ открытаго моря, тѣмъ меньше, и тѣмъ ближе другъ къ другу.

Вліяніе такого сочетанія обстоятельствъ должно поднимать уровень полной воды все выше и выше по мѣрѣ перехода прилива въ верхнюю часть залива или въ наиболѣе узкую часть пролива, потому что близости береговъ приливъ получаетъ характеръ волны, распространеніе коей зависитъ всегда отъ глубины и ширины того воднаго простран-

ства, по которому она идет (см. стр. 264—265, влияние глубины и ширины залива на высоту волны).

Атлантический океан.—Наибольшие значительныя амплитуды встрѣчаются въ Атлантическомъ ок. Если прослѣдить явленіе приливовъ вдоль американскаго берега, начиная съ сѣвера, то замѣтимъ, что большія амплитуды наблюдаются въ разнахъ мѣстахъ по берегамъ Гудзонова пролива, до 7—9 м. (25—38 ф.). Затѣмъ особенно замѣчательныя приливы наблюдаются въ заливѣ Фунди, расположенномъ между полуостровомъ Новаго Шотландія и материкомъ.



Фиг. 145. Карта залива Фунди. Восточный берег Канады. Линіи разницы глубины проведены для: 100, 100 и 50 саженей.

На прилагаемой картѣ (фиг. 140) видно, какое изумудленное очертаніе имѣетъ заливъ Фунди, особенно въ верхней части его, гдѣ онъ развѣтвляется на двѣ бухты, именно тамъ-то приливы и отличаются особенно большими амплитудами. На той же картѣ видно, какъ постепенно уменьшается глубина вверхъ по заливу, при чемъ вдоль средней линии заливна глубина все время больше, нежели у береговъ; такимъ образомъ дно залива представляетъ какъ бы наклонную плоскость, поднимающуюся вверхъ по заливу. Какое вліаніе оказываетъ такое строеніе береговъ и рельефа два на явленіе прилива, видно на маленькой картонкѣ (фиг. 141), гдѣ проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ сильнее, чѣмъ амплитуды больше. Нагибы линій равныхъ амплитудъ посреди залива къ его верхнему соответствуютъ большимъ глубинамъ, а увеличеніе амплитудъ вверхъ по заливу соответствуетъ общему поднятію дна.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ помѣщены сизигійныя амплитуды, наблюдаемыя въ заливѣ Фунди, начиная отъ входа въ заливъ изъ океана. Въ правомъ столбцѣ—мѣстности по восточному берегу, въ лѣвомъ—по западному. Затѣмъ, внизу таблицы, приведены амплитуды прилива для нѣсколькихъ мѣстъ по другую сторону перешейки, замыкающаго заливъ Фунди съ сѣвера. Какъ видно, амплитуды тамъ невелики, а между тѣмъ географически этотъ берегъ расположенъ очень близко отъ залива Фунди.



Фиг. 141. Амплитуды приливовъ въ зал. Фунди. Цифры на линіяхъ амплитудъ есть ихъ значенія въ метрахъ.

Амплитуды сизигійныхъ приливовъ въ заливѣ Фунди.

Западный берегъ

Восточный берегъ

входъ въ заливъ изъ океана.

метры.

футы.

метры.

футы.

0-въ Мэнаше Силь . . .	5,5	18	Мысъ Сэбъ	3,4	11
„ Кампобелле	7,2	23,5	0-въ Силь	3,9	12,8
Заливъ Лепард	7,5	24,5	Портъ-Ярмуфъ	4,9	16
Портъ С-тъ Джонъ . . .	7,2	23,5	Большой проходъ пр. . .	6,3	20,8

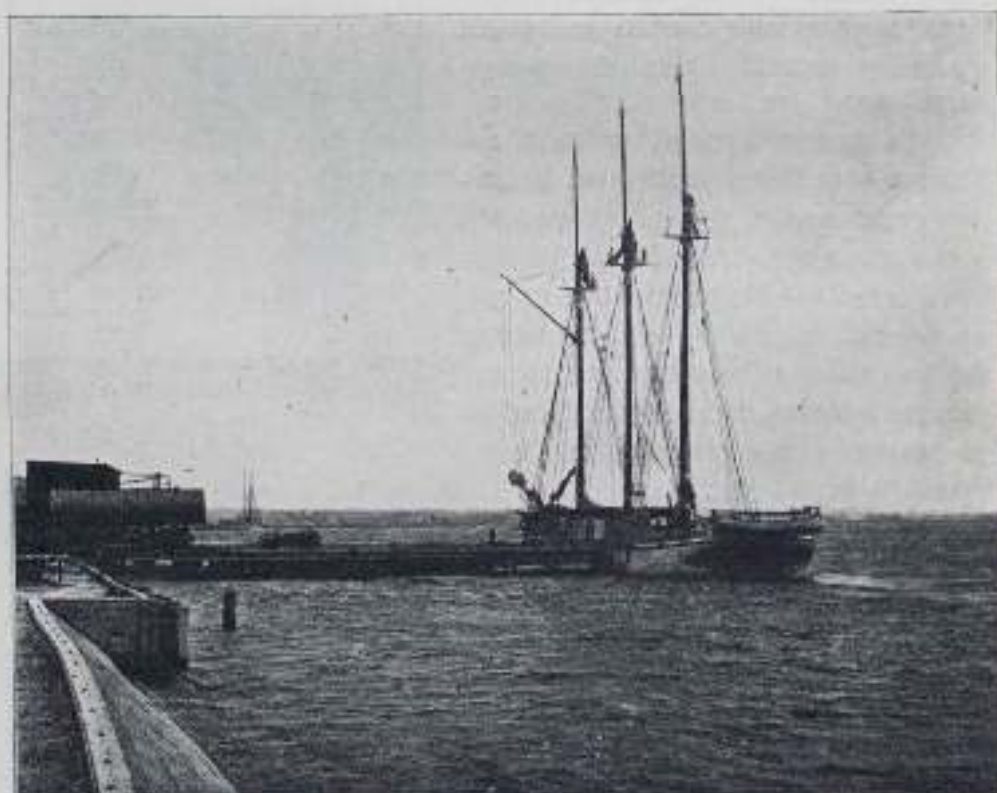
	метры.	футы.		метры.	футы.
Портъ Кванго	9,1	30	Портъ Вайхуфа	7,3	24
Смиссеръ Кова	11,3	37	Гавань Дигби	8,4	27,5
Сасивиль	13,7	45	Ангилониль	8,7	28,7
Фолли Пойнтъ	13,7	45	Портъ Георгъ	9,8	32
Манктонъ	14,3	47	О-въ Хатъ	10,1	33
Рѣка Непискодианъ	—	—	Портъ Парлборо	13,1	43
			Гертонъ Вѣфъ	14,0	46
			Заливъ Носъ	15,1	50,5

ВЕРХОВНЕ ЗАЛИВА.

По сѣверную сторону перешейка въ заливъ Св. Лаврентія.

	метры.	футы.		метры.	футы.
Мысъ Торментинъ	1,2	4	Портъ Пулланъ	1,6	5,1
Заливъ Зелёный	2,7	9	„ Пиклу	1,2	4

Просмотрѣвъ амплитуды въ таблицахъ, ясно видно, что, по мѣрѣ поднятій вверхъ по заливу, съ уменьшеніемъ глубины и ширины, ампли-



Фиг. 142-а. Монета. Подпись 1126.



Фиг. 1476. Монетонъ. Малая вода.

туды сильно увеличиваются, отъ 3,4 и 5,5 м. у входа до 11 м. (Синсеръ Кове) и 10 м. (о-въ Хотъ). Но самая большія амплитуды случаются въ глубинѣ двухъ развѣтлений залива, въ бассейнѣ Майнесъ, гдѣ опять-таки въ верховьяхъ заливчиковъ и устьяхъ рѣкъ наблюдаются особенно большія амплитуды, наибольшая въ заливѣ Носль—15,4 м. (50,5 ф.), иногда она доходитъ до 16,2 м. (53 ф.), это и есть самая большая амплитуда прилива на земномъ шарѣ *). По восточному берегу залива наибольшія амплитуды встрѣчаются тоже въ верховьяхъ отдельныхъ заливовъ, въ Саквилъ—14 м., въ р. Петикодокъ у Фолли Пойнтъ—14 м. и еще выше вверхъ по рѣкѣ, въ Монетонъ—14,3 м. (47 ф.). Насколько такое громадное колебаніе уровня измѣняетъ общій видъ мѣстности можно судить по слѣдующимъ двумъ фотографіямъ, сня-

*) Въ очень многихъ руководствахъ эта амплитуда сильно преувеличена и считается доходящею до 65—70 ф., чего въ действительности не бываетъ. Эта ошибка переходитъ изъ одного руководства въ другое.

тамъ съ той же точки и изображающимъ приливъ въ Монктонъ изъ полную и малую воду (фиг. 142-а и б, стр. 374—375).

Явленіе прилива въ зал. Фунди своими чрезвычайными размѣрами несомнѣнно обязано только мѣстнымъ условіямъ, что прекрасно подтверждается величинами амплитудъ по сѣверную сторону, переходяща, отдѣляющаго зал. Фунди отъ зал. Св. Лаврентія. Въ помѣщенной выше таблицѣ видно, что тамъ амплитуды почти такіе же, какъ и на островахъ посредняго океана.



Фиг. 143. Амплитуды приливовъ у береговъ Патасгоніи.

Къ югу отъ зал. Фунди вдоль береговъ, обѣихъ Америкъ амплитуды вездѣ не велики, до Патасгоніи, гдѣ въ зал. *Св. Маттея* и *Св. Георгія* снова встрѣчаются большія амплитуды до 9—12 м. (30—40 ф.), а въ портѣ *Галегосъ* (въ устьѣ р. Галегосъ) амплитуды доходятъ до очень значительной величины 14 м. (46 ф.). На приложенной картѣ (фиг. 143) проведены линіи равныхъ амплитудъ, при чемъ видно, что и здѣсь наибольшія величины ихъ бывають въ верховьяхъ заливовъ, устьяхъ рѣкъ и т. п. узкостяхъ.

Немного южнѣ порта Галегосъ, при выходѣ изъ пр. *Магеллана*, амплитуды опять возрастають; у входныхъ мысовъ онѣ уже 11,8 м. (38,7 ф.) и далѣе къ первой же узкости въ проливѣ 11,9 м. (39 ф.), тамъ же, гдѣ проливъ расширяется, и амплитуды убываютъ значительно, какъ

это видно и на картѣ (фиг. 143).

На восточномъ берегу Атлантическаго ок., начиная отъ м. Доброй Надежды къ сѣверу, амплитуды вездѣ малыя до береговъ Испаніи, откуда онѣ начинаютъ увеличиваться до входа въ Ламаниѣ (до о-ва Уессанъ, см. карту, фиг. 144). Въ Ламаниѣ амплитуды приливовъ очень велики, особенно вдоль французскаго берега, гдѣ въ заливѣ между Бретанією и Нормандіей онѣ достигаютъ до 11—12 м., что объясняется двумя причинами: постепеннымъ уменьшеніемъ глубины и сближеніемъ береговъ, какъ это и видно на картѣ (фиг. 144), гдѣ проведены линіи равныхъ глубинъ, а подъ названіями мѣстностей, въ скобкахъ, указаны амплитуды приливовъ въ метрахъ.



Фиг. 144. Карта глубинъ и амплитудъ приливовъ у французскія берега Ламанша.

У о-ва Уоссанъ, при входѣ въ Ламаншъ изъ океана, амплитуда 5,8 м. (19 ф.); далѣе къ востоку она увеличивается и въ самомъ углу, между Британією и Нормандіей, достигаетъ въ Сенъ-Мало—11,4 м. (36 ф.), а въ Гранвилѣ—12,2 м. (39,5 ф.). Здѣсь порть въ малую воду совершенно обсыхаетъ, какъ это видно на двухъ приложенныхъ фотографіяхъ, снятыхъ почти съ той же самой точки въ полную и малую воду (фиг. 145-а и б, стр. 378). Въ полную воду суда порядочной величины ходятъ по рейду, въ малую же на рейдѣ видны обсохшія рыбацкія суда, а направо, въ глубинѣ, видны ворота бассейна порта, закрытыя для удержанія воды внутри его. На двухъ другихъ фотографіяхъ (фиг. 146-а и б, стр. 379) изображена часть крутого берега около того же Гранвила въ полную и малую воду; на нихъ еще болѣе наглядно видно, какое значительное колебаніе имѣетъ уровень моря въ этомъ мѣстѣ.

Возвращаясь снова къ картѣ (фиг. 144) Ламанша, интересно отмѣтить, какъ амплитуда прилива отъ о-ва Брехъ до Діелетъ на сѣверѣ Нормандіи нарастаетъ съ углубленіемъ внутрь залива, гдѣ она вездѣ 9—10 м., даже и на всѣхъ островахъ (Джерсей, Гернсей и др.). Это хорошо видно на другой картѣ (фиг. 147, стр. 380), гдѣ проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ темнѣе, чѣмъ амплитуды больше.

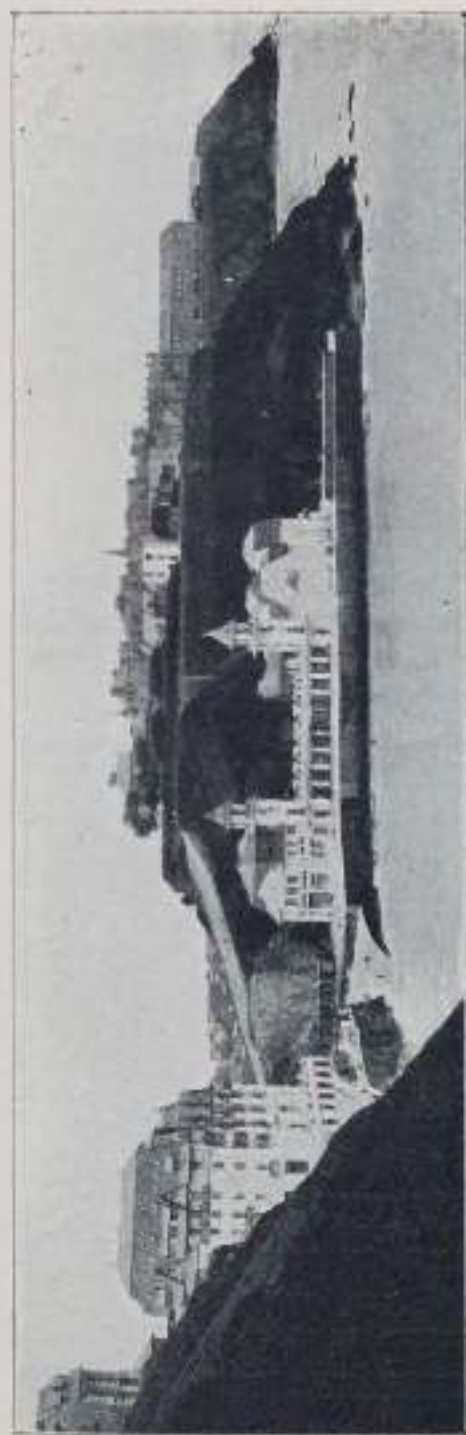
Далѣе къ востоку въ Шербургѣ и на м. Барфлёръ амплитуда почти



Фот. 143-а. Гурьевск. Большой порт.



Фот. 145-а. Гурьевск. Малый порт.

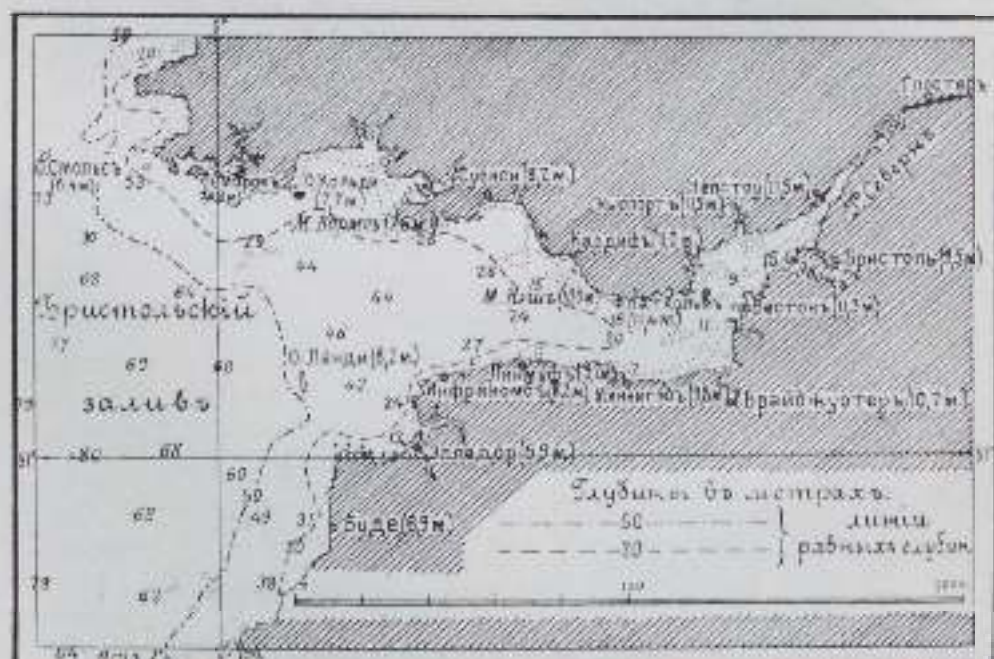


Фиг. 146 а и 146 б. Брестъ и Гривница въ нѣмцко и руско вой.



Фиг. 147. Амплитуды приливов у французского берега Ла-Манша.

въ два раза меньше, потому что тутъ направленіе берега параллельно распространенію прилива. Къ востоку, къ бухтѣ Сентъ, амплитуды снова увеличиваются по мѣрѣ приближенія къ Гавру, гдѣ берегъ болѣе перпендикуляренъ къ направленію распространенія прилива.



Фиг. 148. Карта глубинъ и амплитудъ приливовъ Бристольскаго залива.

Другая область въ Еаронѣ, гдѣ амплитуды прилива достигаютъ очень большой величины, лежитъ у юго-западныхъ береговъ Англіи въ *Бристольскомъ* зал., имѣющемъ, какъ видно на картѣ (фиг. 148), форму треугольника, въ вершину котораго впадаетъ р. Севернъ, образующая широкое, воронкообразное устье. Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены амплитуды вдоль обоихъ береговъ залива, начиная отъ входа изъ океана, а на картѣ показаны глубины и обозначены всѣ мѣстности, помѣщенные въ таблицѣ, подѣ названіями на картѣ даны величины амплитудъ.

Амплитуды сизигійныхъ приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ.

Сѣверный берегъ			Южный берегъ		
входъ въ океанъ.					
	метры.	футы.		метры.	футы.
О-въ Свонси	6,4	21	Будо	6,9	22,6
Пемброкъ	6,9	22,6	О-въ Девидъ	8,2	26,9
О-въ Колдидъ	7,7	25,3	Биддери	6,9	22,6
Милъ Вирасъ	7,6	25	Инфражамбъ	8,2	27
Свонси	8,2	27	Линкуфъ	9,2	30,4
Милъ Намъ	10,0	32,8	Минотъ	9,8	32,2
Кардифъ	11,0	36,2	Брайджуотеръ баръ	10,7	35
Нампорть	11,5	37,7	О-въ Фалкхемъ	11,4	37,6
Честеръ	11,5	37,8	Вестонъ	11,3	37
			Бристоль	9,5	31,3

Рѣка Севернъ.

Достаточно одного взгляда на эту таблицу и на карту, чтобы замѣтить, какъ увеличиваются амплитуды съ уменьшеніемъ глубины и обнаженіемъ береговъ залива.

Для еще большей наглядности на маленькой картѣ (фиг. 149, стр. 382), проведены линіи равныхъ амплитудъ, и пространства между ними заштрихованы тѣмъ сильнее, чѣмъ амплитуды больше.

Вообще берега Англіи, а отчасти и Шотландіи, обладаютъ большими амплитудами, напримѣръ, въ устьѣ р. Темзы, въ Лондонѣ у Лондонскаго моста—6,3 м. (20,8 ф.); Гастингъ на сѣверномъ берегу Ламанша—7,2 м. (23,6 ф.), Ливерпуль въ устьѣ р. Мерсей—8,1 м. (26,7 ф.)

На южномъ берегу *Низецкого* м. у береговъ Бельгіи и Голландіи амплитуды приливовъ меньше (Остенде 4,9 м.—16,1 ф.; Флессингенъ 4,5 м.—14,8 ф.).



Фиг. 10. Амплитуда приливовъ въ Бристольскомъ заливѣ.

У сѣверныхъ береговъ Европы самыя большія амплитуды на *Мурманъ* и въ *Горлы Бѣлаго м.*, о нихъ будетъ сказано далѣе, въ отдѣлѣ о приливахъ у береговъ Россіи.

Тихій океанъ.— Въ Тихомъ ок., начиная съ юга, вдоль Америки, болѣе значительныя амплитуды встрѣчаются только въ *Чилийскомъ* архипелагѣ, въ *Патамскомъ* и *Калифорнскомъ* заливахъ (устье р. Колорадо 9,6 м.—31,5 ф.) и въ узкихъ проливахъ между материкомъ и о-ми, окаймляющими берега Канады (до 6 м.—20 ф.), а также у начала полу-ва Аляска, гдѣ въ зал. *Корн* амплитуды доходятъ до 8,7 м. (28,6 ф.).

По берегамъ Азіи приливъ великъ въ *Охотскомъ м.*, въ верхонѣ Гижигинской губы до 11 м. (36 ф.); у береговъ *Кореи*, гдѣ въ Чемульпо 8,8 м. (28,8 ф.); въ *Кіото* въ Фуцау 7 м. (23 ф.).

Индійскій океанъ.— Въ Индійскомъ ок. большія амплитуды встрѣчаются у сѣверныхъ береговъ *Австраліи* въ заливахъ Коллиеръ 10,4 м. (34,3 ф.), Камбриджъ 6,9 м. (22,7 ф.); Кей 7 м. (23 ф.). Въ *Бенгалъ-скомъ* зал. въ нѣкоторыхъ мѣстахъ тоже наблюдаются довольно большія амплитуды (5,8 м.—19 ф.); въ *Аравійскомъ м.* по берегамъ Индіи, къ сѣверу отъ Бомбея, въ зал. Гамбей (Баннагаръ портъ 9,1 м.—29,8 ф.) и въ зал. Кетчъ (5,1 м.—16,8 ф.).

Сдѣланный выше обзоръ показываетъ, что въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. наблюдаются, какъ выше указано, и наиболѣе правильныя приливы, и такъ же встрѣчаются и самыя большія амплитуды.

Изъ того же обзора видно, что всѣ мѣстности, гдѣ наблюдаются большія амплитуды, непременно лежатъ въ какихъ-либо узкостяхъ, и нѣтъ ни одного пункта въ океанѣ вдали отъ береговъ, гдѣ бы приливы имѣли значительныя амплитуды.

Приливныя и отливныя теченія. — Вездѣ у береговъ приливъ и отливъ сопровождаются теченіями, называемыми приливо-отливными *). Если приливъ совершенно правильный, то приливное теченіе начинается, когда вода, поднимаясь при приливѣ, достигла среднего уровня. Постепенно нарастая, теченіе достигаетъ наибольшей скорости въ полную воду, затѣмъ при отливѣ оно постепенно убываетъ и прекращается къ моменту, когда уровень достигъ своего среднего положенія. При дальнѣйшемъ пониженіи уровня начинается отливное теченіе обратнаго направленія, которое въ свою очередь достигаетъ наибольшей силы въ малую воду и затѣмъ уменьшается при приливѣ и прекращается, когда уровень достигнетъ средняго положенія. При правильномъ приливѣ приливное и отливное теченія продолжаются одинаковый промежутокъ времени.

Какъ выше уже нѣсколько разъ было указано, согласно современному взгляду на явленіе прилива, оно представляетъ колебательное движеніе, которое у береговъ образуетъ постоянное волнообразное движеніе съ очень большою длиною и малою высотой волны. Въ главѣ о волненіи (стр. 233) уже было показано, что высота волны зависитъ отъ диаметра производящей окружности, а длина волны—отъ диаметра катящейся окружности; потому и при небольшой высотѣ волны длина ея можетъ быть какъ угодно велика, а вмѣстѣ съ тѣмъ и скорость распространенія волны тоже, между тѣмъ какъ движеніе частицы по своей орбитѣ въ то же время будетъ очень медленное. Колебательное движеніе воды при приливѣ вполне подходитъ къ этому случаю.

Предположимъ, что частица воды описываетъ круговую орбиту въ 12 ч. 25 м., соотвѣстственно періоду прилива; на чертежѣ видно (фиг. 150 стр. 384), что, если начало движенія частицы было наверху орбиты, то черезъ 3 ч. 6,25 м. она будетъ на четверти своего пути, что соотвѣтствуетъ положенію средняго уровня при приливѣ. Еще черезъ такой же промежутокъ, т.-е. черезъ 6 ч. 12,5 м. отъ начала движенія, частица

) Наблюденія и изслѣдованія послѣднато времени показываютъ, что и въ открытой океанѣ и на поверхности и на глубинахъ существуютъ приливо-отливныя теченія (The Depths of the Ocean, Sir J. Murray; p. 272).

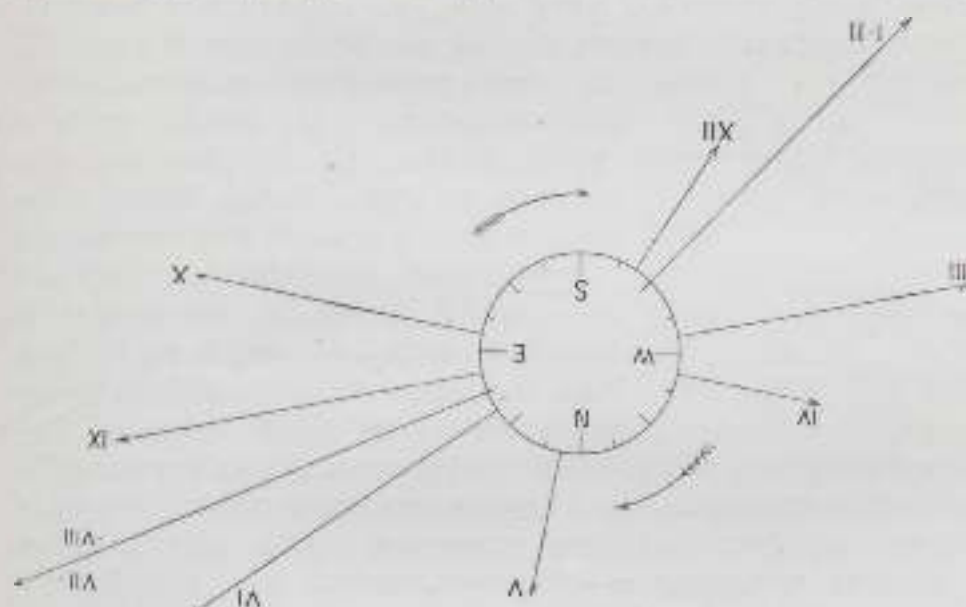


Фиг. 110. Орбита
частицы воды.

окажется внизу орбиты: это положение соответствует малой воде; въ 9 ч. 18,75 м. опять наступит средний уровень, а черезъ 12 ч. 25 м. отъ начала частица придетъ на вершину орбиты, и наступитъ полная вода. Отъ 9 ч. 18,75 м. до 3 ч. 6,25 м. будетъ действовать приливное течение, показанное на чертежѣ стрѣлкою. По мѣрѣ приближенія къ моменту 3 ч. 6,25 м. направление движенія частицы изъ горизонтальнаго постепенно переходитъ въ вертикальное, и потому приливное теченіе убываетъ и наконецъ прекращается, и черезъ нѣкоторый промежутокъ времени возникаетъ отливное теченіе, которое, усиливаясь, достигаетъ наибольшей величины къ 6 ч. 12,5 м.; потомъ оно начинаетъ ослабѣвать, и, когда въ 9 ч. 18,75 м. направление движенія частицы станетъ вертикальнымъ, оно прекратится. Случаи отсутствія теченія (что въ нашемъ прихѣрѣ соответствуетъ 3 ч. 6,25 м. и 9 ч. 18,75 м. или, что то же самое, положенію среднего уровня) въ англійскомъ языкѣ называются *slack water*, а во французскомъ—*les étales de Pot ou de Jusant*; *Pot*—значитъ приливное теченіе, а *Jusant*—отливное.

Какъ выше было указано, приливъ часто бываетъ неправильный, при чемъ продолжительность прилива и отлива неодинаковы; то же самое случается и съ приливными и отливными теченіями, которыя бываютъ неравной продолжительности. Кроме того, очень часто случается, что начало и конецъ приливного и отливного теченій не совпадаютъ съ серединою прилива или отлива (т.-е. не приходится посрединѣ между моментами полной и малой воды). Нередко бываетъ, что наибольшая скорость приливного теченія наступаетъ значительно позже или раньше полной воды, то же и для отливного теченія по отношенію къ малой водѣ. Напримѣръ, въ Ламаннѣ около Единстонскаго маяка (передъ входомъ въ Плимуть), между Шербургомъ и Барфлѣромъ (на вост. берегу пол-ва Нормандія) и около устья р. Соммы начало и конецъ теченій совпадаютъ со среднимъ уровнемъ; тогда какъ между Единстономъ и Шербургомъ начало теченій бываетъ позже среднего уровня, и раньше среднего уровня для мѣстъ, лежащихъ между Барфлѣромъ и устьемъ р. Соммы: эти опозданія и упрежденія здѣсь доходятъ до 1 ч. — 1 ч. 30 м., а въ другихъ мѣстахъ случаются и на 3—4 ч. позже или раньше, при чемъ и въ томъ же самомъ мѣстѣ всѣ эти явленія не остаются постоянными, а измѣняются изъ дня въ день.

При правильномъ ходѣ явленія направленія приливного и отлив-ного теченій должны были быть прямо противоположны, но, вслѣдствіи вліянія очертанія береговъ, рельефа дна и интерференціи, очень часто эти направленія пересѣкаются подъ разными углами. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, напримѣръ, въ южной части Нѣмецкаго м., приливныя и отливныя теченія принимаютъ вращательный характеръ, и, вмѣсто перерыва между приливнымъ и отливнымъ теченіями, наблюдается постепенный переходъ отъ одного направленія къ другому, при чемъ теченіе обходитъ весь компасъ, но прекращаясь, а только уменьшая свою скорость на переходныхъ направленіяхъ отъ приливного къ отливному. На чертежѣ (фиг. 151) данъ примѣръ такой круговой смѣны теченій на малѣ Тер-



Фиг. 151. Приливныя теченія у банка Терпедлингера. Римскія цифры указываютъ часъ.

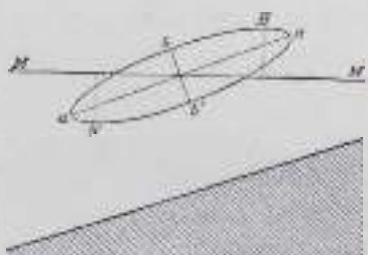
педлингера-банка въ Нѣмецкомъ м. противъ о-ва Терпедлингъ у входа въ зат. Зюдерзеа. Смыслъ вращенія приливо-отливныхъ теченій въ разныхъ мѣстахъ можетъ быть въ обѣ стороны, и случается, что въ двухъ мѣстахъ не особенно далекихъ другъ отъ друга онъ бываетъ различный *).

Скорости приливо-отливныхъ теченій бывають иногда значительныя, напримѣръ, во многихъ мѣстахъ у береговъ Великобританіи онѣ

*). Напримѣръ, на пловучихъ маякахъ у голландскаго берега, на однихъ по часовой стрѣлкѣ, а на другихъ противъ нея.

доходить до 2—3 морских миль в часъ (3,7—5,6 кил.), во Франціи такъ же и даже мѣстами у сѣверо-западныхъ береговъ доходятъ до 6 м.м. в часъ (11 к.); у сѣвернаго берега Сахалина въ 1915 г. Гл. Гидрограф. Упр. были обследованы приливо-отливныя теченія, доходящія тоже до 6 морск. м. в часъ. Въ проливахъ между Курильскими о-ви эти теченія достигаютъ скорости до 6 м.м. в часъ. Въ нѣкоторыхъ узкостяхъ между островами по берегамъ Британской Колумбіи въ Тихомъ ок. скорости такихъ теченій доходятъ до 12 м.м. в часъ (22 к.—въ узкости Сеймура); у береговъ Аляски тоже до 10—12 м.м. в часъ (уакости Сергія, пр. Опасный, 18—22 к.).

Несовпаденіе моментовъ начала приливо-отливныхъ теченій съ серединою между полною и малою водою, по современнымъ взглядамъ на явленіе прилива у береговъ, какъ на родъ волнообразнаго движенія,



Фиг. 152. Орбита частицы воды на малой глубинѣ.

объясняется измѣненіемъ орбитъ, описываемыхъ частицами. На большой глубинѣ орбиты должны быть круговыя, какъ это показано на фиг. 150 (см. выше), тогда моменты полной и малой воды совпадаютъ съ наибольшими скоростями приливо-отливныхъ теченій, начало же ихъ приходится посрединѣ между полными и малыми водами. Предполагаютъ, что уменьшеніе глубины выражается измѣненіемъ орбитъ изъ круговыхъ въ эллиптическія, при чемъ горизонтальная ось орбиты не только при этомъ вытягивается, но и наклоняется къ горизонту, принимая положеніе параллельное общему уклону дна, подобно тому, какъ это схематически изображено на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 152). Полная вода должна была бы случиться въ точкѣ *b*, а она приходится въ точкѣ *H*, а малая въ *b¹* вмѣсто *N*, т.-е. моменты этихъ явленій смѣнены каждое впередъ, а моменты поворота теченій остаются на своихъ мѣстахъ въ *a* и *o*, почему и оказывается, какъ будто приливо-отливныя теченія смѣстились по отношенію къ моментамъ полной и малой воды *).

Приливное теченіе, такъ же, какъ и отливное, всегда пѣкоторую часть

*) На чертежѣ большаа и малая оси эллипсиса на необходимости длинны не въ одинаковомъ масштабѣ, малая ось должна бы быть всего нѣсколько метровъ, а большаа десятъ и болѣе километровъ. Вообще такое объясненіе явленія недостаточно, но пока является лучшимъ.

времени идутъ противъ уклона поверхности (приливное въ началѣ его до полной воды, а отливное въ концѣ—послѣ малой воды), и потому, очевидно, они не могутъ возникать, какъ слѣдствіе уклона поверхности, подобно рѣчному теченію. Кроме того, и уклоны, могущіе образоваться при приливѣ или отливѣ, недостаточны, чтобы произвести столь сильныя теченія, какія наблюдаются при этомъ. Вѣроятнѣе будетъ предположить, что возникновеніе приливо-отливныхъ теченій обязано полнообразному характеру явленія прилива, особенно поблизости береговъ. Во всякомъ волнообразномъ движеніи (напр., на фиг. 86, стр. 235) частицы того же слоя, лежащія выше линіи центровъ своихъ орбитъ, имѣютъ нѣкоторую поступательную составляющую, направленную параллельно горизонту въ сторону движенія волны; а частицы, лежащія ниже линіи центровъ,—въ сторону, обратную движенію волны. На чертежѣ (фиг. 153) изображена схема двухъ послѣдовательныхъ волнъ, а пунктиромъ показано поло-



Фиг. 153. Схема движенія частицъ воды въ волнѣ.

женіе формы волны черезъ нѣкоторый промежутокъ времени. Частицы, находящіяся въ данный моментъ выше линіи MM' , обладаютъ поступательнымъ движеніемъ въ сторону движенія волны, что и показано стрѣлками, а частицы ниже линіи MM' двигаются нѣкоторое время въ обратную сторону, какъ показываютъ стрѣлки. Каждая частица по очереди участвуетъ въ этихъ двухъ перемѣщеніяхъ, пока она находится въ верхней или нижней части своей орбиты; а такъ какъ частицы въ волнѣ непрерывно слѣдуютъ одна за другою, то послѣдовательныя положенія разныхъ частей и образуютъ въ совокупности приливное и отливное теченія. На чертежѣ по необходимости изображены волны слишкомъ короткія и слишкомъ крутыя, въ природѣ же онѣ очень длинныя и настолько пологія, что промежутокъ времени, необходимый для прохожденія черезъ какое-либо мѣсто наблюденія частей волны, лежащихъ ниже и выше линіи MM' , равняется 6 ч. 12,5 м.

Отличный примѣръ приливныхъ теченій, показывающій характеръ этого явленія, представляютъ таковыя теченія въ Ламаншѣ и Нѣмецкомъ м., изображенныя на четырехъ картахъ (фиг. 154, стр. 388) для

Фиг. 154. Пространство между стеной и фундаментом в Манастира на Света Троица на река Тимок. Видът на запад. Стена и фундамент са изградени от каменни блокове, а основата е изградена от глина.

четырехъ послѣдовательныхъ моментахъ: I—пониж. воды въ Дувръ, II—третъ часовъ послѣ того, III—малой воды въ Дувръ и IV—спустя три часа послѣ малой воды. Приливное теченіе въ Ламаншъ идетъ изъ океана, а въ Нѣмецкомъ м. съ сѣвера на югъ, а отливное обратнѣе. (На картахъ границы между областями приливныхъ и отливныхъ теченій показаны пунктирными линіями).

На I картѣ приливное теченіе охватываетъ часть Ламанна къ востоку отъ линіи Соутгэмптонъ—Гавръ до линіи устья Темзы—Роттердамъ; къ самой узкой части въ Па-де-Кале оно обладаетъ скоростью до 3,5—4,5 морскихъ миль (6,5—8 к.) въ часъ. Въ западной части Ламанна въ это время господствуетъ отливное теченіе, имѣющее наибольшія скорости между о-ми Гернсей и Джерсей и Нормандіей (до 5 миль—9 к. въ часъ). Широкая, треугольная полоса спокойной воды (slack water) раздѣляетъ области приливного и отливного теченій. Отливное теченіе въ это время господствуетъ почти во всемъ Ирландскомъ м. и по восточному берегу Англіи, тогда какъ къ востоку отъ Зюдерзее до береговъ Даніи въ Нѣмецкомъ м. находится область приливного теченія.

На II картѣ картина иная. Приливное теченіе изъ восточной части Ламанна перешло въ южную часть Нѣмецкаго м. Оно же спустилось отъ береговъ Шотландіи къ югу и охватило почти все восточное побережье Англіи. Все пространство отъ Ирландіи до Франціи тоже охвачено приливыми теченіемъ.

Отливное теченіе занимаетъ почти весь Ламаншъ отъ Па-де-Кале до Плимута, имѣя около Нормандіи скорости до 6 морск. миль въ часъ (11 кил.). Къ западу отъ области отливнаго теченія расположена полоса покойной воды, раздѣляющая отливное и приливное теченія. Все Ирландское м. и вся восточная часть Нѣмецкаго м. заняты отливнымъ теченіемъ.

На III картѣ картина приблизительно обратная картѣ I. Наибольшія скорости опять встрѣчаются въ зал. С. Мало (до 4 м.м.—7 к.).

На IV картѣ картина приблизительно обратна картѣ II. Наибольшія скорости находятся у береговъ Нормандіи, гдѣ онѣ доходятъ до 3—5 морск. миль (5,5—9 к.) въ часъ.

Такимъ образомъ въ Ламаншъ наибольшія скорости приливо-отливныхъ теченій совпадаютъ довольно хорошо съ теоретическимъ предположеніемъ о сочетаніи наибольшей скорости съ серединою между полною и малою водою.

Разобранная карта приливных течений для четырех главных моментов явления в Ламаниѣ показывают, насколько оно сложно, и какъ много надо наблюдений, чтобы его представить достаточно ясно и точно. Область, охватываемая этими картами, есть одна изъ наиболее изученныхъ во всемъ океанѣ въ отношеніи приливо-отливныхъ течений (что вызывается большимъ движеніемъ судовъ здѣсь и значительными скоростями течений), для другихъ же мѣстъ, гдѣ приливныя теченья также обладаютъ большою силою, столь полныхъ изслѣдованій еще не имѣется.

Приливо-отливныя теченья въ открытомъ океанѣ и на глубинахъ.— Въ открытомъ океанѣ, гдѣ глубины большія, перемѣщенія частицъ воды подъ вліяніемъ приливо-образующихъ силъ должны были бы быть очень не велики; до настоящаго времени обыкновенно и предполагали, что въ открытомъ океанѣ скорости приливныхъ течений очень малы, нѣсколько сотыхъ долей метра въ секунду.

Единственныя наблюденія, которыя до сихъ поръ были сдѣланы въ открытомъ океанѣ, стоя на якорѣ, и притомъ не въ какомъ-либо проливѣ между океаническими островами, а въ открытомъ мѣстѣ океана, принадлежать экспедиціи сэра Д. Мёррея въ 1910 г. Къ югу отъ Азорскихъ о-въ, на подводномъ плато на глубинѣ болѣе 900 м. (490 м.с.), судно сутки *) стояло на драгѣ и производило измѣреніе течений въ поверхностномъ слое (10 м.) и на разныхъ глубинахъ до 732 м. (400 м.с.). Въ поверхностномъ слое (на 10 м.) было найдено вполнѣ определенное приливо-отливное теченіе, доходившее въ секунду до 0,38 м. (0,7 узла въ часъ) и все время измѣнявшее свое направленіе, за 12 ч. оно обошло весь компасъ. Постоянное теченіе въ томъ же мѣстѣ все время наблюдений шло на поверхности на SE со среднею скоростью 0,08—0,09 сант. въ сек. (0,2 узла въ часъ). Одного случая наблюдений, конечно, еще недостаточно для какихъ-либо общихъ выводовъ, однако приведенное выше наблюденіе несомнѣнно указываетъ, что приливо-отливныя теченья въ открытомъ океанѣ существуютъ и имѣютъ замѣтную величину.

На какую глубину въ океанѣ распространяются приливо-отливныя теченья, отлѣтить еще трудно за отсутствіемъ наблюдений. Для мелководныхъ морей установлено, что такія теченья тамъ доходятъ до самаго дна.

*) 12-го Іюня 1910 г. въ югу отъ Азорскихъ о-въ, ш. 58, 37°48' с. ш., 29°20' з. д.

Наблюденія океанографической экспедиціи сэра Д. Меррея, въ 1910 г. къ югу отъ Азорскихъ о-въ, несомнѣнно показали, что приливо-отливныя теченія существовали въ этомъ мѣстѣ на всѣхъ глубинахъ, и на 732 м. (400 м. с.) скорость ихъ была 0,27 метр. въ секунду (болѣе 0,5 узла въ часъ). Есть и другія указанія такого же рода, такъ въ 1883 г. Бёкананъ на банкѣ Дарія въ Атлантическомъ ок., къ западу отъ Марокко, на глубинѣ около 100 и 150 м., подмѣнилъ приливо-отливныя теченія. Онъ же въ проливахъ между Канарскими о-ми на глубинахъ до 1.800—2.000 м. встрѣтилъ дно совершенно оголенное отъ ила, тогда какъ вокругъ на глубинахъ въ 2.500 м. этотъ илъ встрѣчался вездѣ. Также и на банкѣ Геттисберга, къ западу отъ Гибралтарскаго пр., были найдены приливныя теченія. Въ Индійскомъ ок. между Сешельскими о-ми и банкою Сайа да Мала (на SE отъ Сешельскихъ) въ 1905 г. на глубинахъ до 1.700 м. (930 м. с.) было встрѣчено сильное теченіе, и дно оказалось совершенно чистымъ отъ всякаго ила, въ другихъ мѣстахъ поблизости покрываемаго дно океана. Подобное же наблюденіе было сдѣлано и адмираломъ С. О. Макаровымъ на *Витязѣ* въ 1886—89 гг. въ Ланерузовомъ пр.

Всѣ эти немногія наблюденія произведены въ мѣстахъ значительныхъ поднятій океаническаго дна или въ проливахъ, т.-е. своего рода узкостяхъ, и потому они не позволяютъ еще вывести какое-либо окончательное заключеніе о существованіи приливо-отливныхъ теченій въ глубокихъ слобѣхъ океана.

Приливы въ рѣкахъ. — Рѣки, впадающія въ моря, гдѣ есть значительные приливы, или въ океанъ, представляютъ естественные каналы, по которымъ приливъ можетъ распространяться иногда на большое разстояніе отъ устья. Разница между каналомъ и рѣкою состоитъ въ томъ, что въ рѣкѣ есть свое собственное теченіе, которое, слагаясь съ приливными теченіями, видоизмѣняетъ явленіе прилива; вмѣстѣ съ этимъ и неровности рѣчного дна и суженія и расширенія русла тоже оказываютъ свое вліяніе.

Вслѣдствіе уменьшенія глубины и вліянія встрѣчнаго теченія въ рѣкахъ обыкновенно приливъ бываетъ короче, нежели отливъ, и даже иногда въ устьяхъ рѣкъ образуется продолжительная полная вода, что представляетъ для мореплаванія очень удобное явленіе, такъ какъ большая глубина при полной водѣ долго сохраняется. Такое явленіе у береговъ Голландіи называется «еттеръ», а въ Сѣверной Диніи «манхой».

Приливъ, поднимаясь вверхъ по рѣкѣ, образуетъ приливное теченіе, совершенно останавливающее собственное теченіе рѣки и переводящее его въ обратное; при отливѣ же рѣчное теченіе возобновляется, пока оно, черезъ 5—6 часовъ, снова не встрѣтитъ слѣдующее приливное теченіе. Такимъ образомъ частицы воды въ рѣкѣ съ приливами, выше ея устья, совершаютъ передвиженія вверхъ съ приливнымъ теченіемъ и внизъ съ отливнымъ, и такъ какъ послѣднее продолжительнѣе и чѣмъ болѣе вверхъ по рѣкѣ тѣмъ продолжительнѣе, то и частицы воды, а слѣдовательно и плавающіе въ рѣкѣ предметы спускаются внизъ по рѣкѣ ея естественнымъ теченіемъ очень медленно, только понемногу подвигаясь къ устью съ каждымъ періодомъ прилива (12 ч.). Чѣмъ ближе къ устью, тѣмъ продолжительность приливного и отливного теченій все болѣе и болѣе сравниваются между собою. Приливное теченіе распространяется вверхъ по рѣкѣ на такое же разстояніе, какъ и самъ приливъ.

Обыкновенно приливное теченіе въ рѣкахъ сперва идетъ по дну, потому что болѣе плотная морская вода тяжелѣе, а сверху она залитаеся легчайшъ рѣчною водою отливного теченія, пока воды эти не перемѣшатся и приливное теченіе не пойдетъ вверхъ. Наблюденія на рѣкахъ показали (Бостонъ, С. Шт.), что даже и тамъ приливное теченіе раньше наступитъ въ придонномъ слое. Слѣдуетъ, что въ рѣкѣ началось уже приращеніе уровня, т. е. отливъ, въ приливное теченіе продолжается еще 1 ч. — $1\frac{1}{2}$ ч. (Англія, р. Темза, портъ Руаъ).

Скорость приливного теченія въ нижнихъ частяхъ рѣкъ обыкновенно отъ 3 до 6 км. въ часъ, и такъ какъ приливное теченіе обыкновенно продолжается около 5—5,5 ч., то она можетъ перенести плавающія въ водѣ частицы и тѣла на разстоянія не болѣе 15—20 км., въ слабѣйшіе приливы болѣе, въ квадратурные жемень. При отливномъ теченіи эти же плавающие частицы и плавающія тѣла спускаются внизъ по рѣкѣ, совершая такіе колебательныя движенія ежедневно по два раза и постепенно подвигаясь къ устью, каждый день около 0,5 км. Въ верхней части рѣкъ, гдѣ отливное теченіе слабѣе и продолжительнѣе, частицы спускаются по рѣкѣ быстрее. Въ Сентъ, напримѣръ, отъ Руаа до устья 260 км., и по вычисленію оказывается, что плавающая частичка, подвигаясь въ полную воду отливнымъ теченіемъ, достигнетъ устья черезъ 6,35 дней.

Приливное и отливное теченія, конечно, перекрываютъ по дну и болѣе крупныя частицы изъ зависимости отъ ихъ величины и вѣса на разныхъ разстояніяхъ.

Выравнивающія работы и углубленіе рѣчного фарватера всегда приводятъ къ уравниванію продолжительности приливного и отливного теченій, особенно въ нижнихъ частяхъ русла, при чемъ увеличивается и скорость распространенія прилива вверхъ по рѣкѣ.

Разстоянія, на которыя приливы распространяются вверхъ по рѣкамъ, очень различны и зависятъ отъ многихъ причинъ. Самое большое разстояніе, проходимое приливомъ вверхъ по рѣкѣ, наблюдается въ Амазонкѣ, приливы тамъ еще замѣтны на разстояніи 1.400 км. отъ океана; на этомъ протяженіи расположено вдоль по рѣкѣ восемь мѣстъ съ пол-

ною водою. Въ р. Св. Лаврентія приливъ распространяется на 700 к. отъ устья; въ Квебекѣ (560 к.) амплитуда достигаетъ 4,6 м. (15 ф.).

Въ Россіи въ Сѣв. Двинѣ, въ Мезени, Печорѣ, Амурѣ, а въ западной Европѣ во всѣхъ рѣкахъ, впадающихъ въ Атлантическій океанъ и Нѣмецкое море, приливъ заходитъ въ рѣки. Это обстоятельство оказываетъ большую помощь мореплаванію, позволяя судамъ съ большою осадкою постигать порты, расположенные въ устьяхъ рѣкъ.

Этому обязаны своимъ развитіемъ и богатствомъ такіе порты, какъ: Лондонъ, Ливерпуль, Гувъ, Соутгэмптонъ, Бордо, Гавръ, Анверсъ, Роттердамъ, Бременъ, Гамбургъ.

Борь.—На многихъ рѣкахъ, но не на всѣхъ, куда заходитъ приливъ, наблюдается особенное явленіе, случившееся при распространѣніи прилива вверхъ по рѣкѣ, называемое по-англійски — *боръ*, а по-французски — *маскара*.

На рѣкахъ, гдѣ бываетъ боръ, онъ случается не ежедневно, а только около сизигій, когда приливы велики, при чемъ каждый случай произведенія бора не похожъ на другой, и въ каждой рѣкѣ явленіе обладаетъ особеннымъ характеромъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

Явленіе бора состоитъ въ слѣдующемъ. Онъ наступаетъ обыкновенно послѣ малой воды, при чемъ при движеніи вверхъ по рѣкѣ волны прилива, въ узкихъ и мало глубокихъ частяхъ ложа рѣки, передняя часть волны становится очень крутою, возвышающеюся обыкновенно надъ уровнемъ малой воды на 1—2 м. (3,5—7 ф.). Эта крутая волна быстро идетъ вверхъ по рѣкѣ (отъ 3 до 7 м. въ сек.), пересѣкая всю рѣку иногда почти по прямой линіи, а иногда по кривой, при чемъ вознущенность послѣдней обращена къ верховью рѣки. Если по пути встрѣчаются въ рѣкѣ мелкія мѣста, то надъ ними передняя часть волны разсыпается пѣнистымъ гребнемъ; въ болѣе глубокихъ же частяхъ русла этого не бываетъ. Иногда боръ сопровождается сильнымъ шумомъ. За первою волною близко слѣдуетъ еще нѣсколько меньшей высоты; послѣ прохожденія бора въ однихъ рѣкахъ уровень воды поднимается, но не достигаетъ высоты гребня волны бора, а въ другихъ повышеніе уровня идетъ непрерывно. При дальнѣйшемъ повышеніи уровня въ данномъ мѣстѣ боръ прекращается за нѣсколько времени до наступленія полной воды. Протяженіе рѣки, на которой бываетъ боръ, очень различно, въ нѣкоторыхъ рѣкахъ на нѣсколькихъ километрахъ, а въ другихъ на 70—80 км.



Фиг. 155. Боръ на р. Севернъ у г-ра Глостера.

На приложенной фотографіи (фиг. 155) изображенъ боръ на р. Севернѣ, впадающей въ Бристольскій зал. Фотографія снята около города Глостера (см. карту фиг. 148, стр. 380), и на ней хорошо видны—спокойная поверхность воды въ рѣкѣ выше волны бора и различающаяся часть волны, вслѣдствіе уменьшенія глубины у берега.

Обыкновенно боръ поднимается выше въ мѣстахъ, гдѣ русло рѣки узко и гдѣ глубина меньше. Иногда случается, что въ расширенныхъ и болѣе глубокихъ частяхъ русла боръ перестаетъ быть замѣтенъ, а выше, въ болѣе узкихъ и мелкихъ мѣстахъ, онъ снова появляется.

Изученіе бора приводитъ къ выводу, что это есть послѣдствіе волнообразнаго движенія воды, образующаго приливъ, распространяющійся вверхъ по рѣкѣ. Скорость распространенія бора совершенно совпадаетъ съ вычисленными скоростями для волнъ въ зависимости отъ средней глубины на каждомъ участкѣ рѣки, и всѣ остальные особенности бора походятъ на подобныя же явленія для волнъ на мелководіи. На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 156) дана вризанъ колебанія уровня при прохожденіи бора на р. Петшодѣкъ около Монкьюна въ сизнію (см. карту



Фиг. 156. Кривая повышения уровня при буре в Монктонѣ.

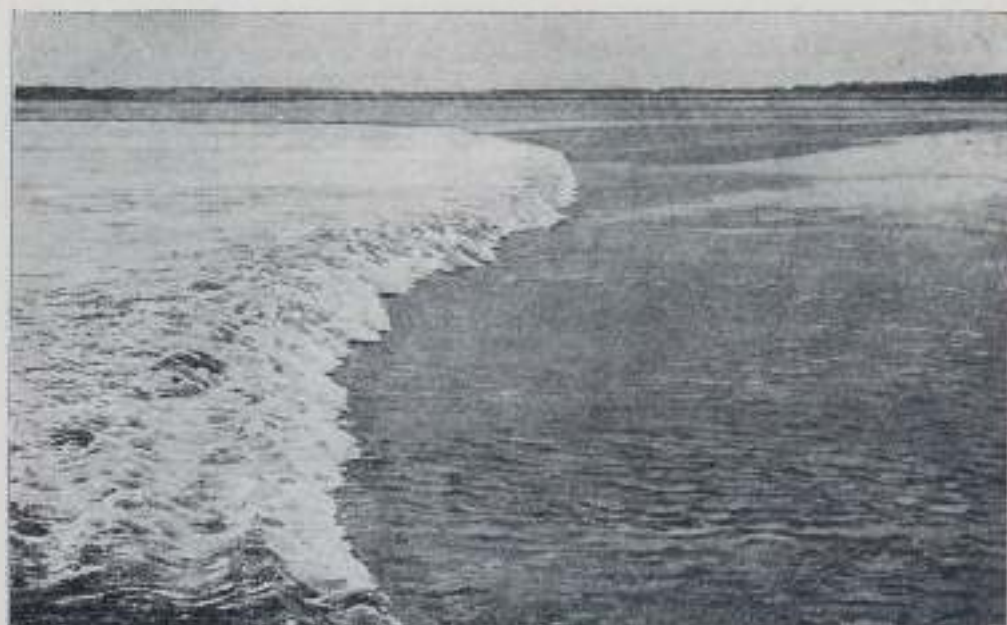
з. Фунди; стр. 372) по наблюденьямъ 1898 г. Эта рѣка имѣетъ широкое устье, длиною около 55 к., на которомъ и расположенъ г. Монктонъ въ 32 к. отъ впаденія рѣки въ верховье зал. Фунди. Въ этомъ мѣстѣ рѣка въ полную воду имѣетъ ширину около 750 м., а въ малую всего 150 м., при чемъ обнажаются обширныя илестыя отмели. Амплитуда прилива въ Монктонѣ 14 м., измѣненіе характера мѣстности въ полную и малую воды здѣсь уже было представлено выше на двухъ фотографіяхъ (фиг. 142 а-б, стр. 374—5).

Кривая (фиг. 156) показываетъ, что, послѣ перваго, рѣзкаго повышенія уровня, онъ съ нѣсколькими небольшими скачками поднялся на 9 футовъ (2,7 м.) черезъ 25 минутъ послѣ появленія бора *), за этотъ промежутокъ времени голова волны успѣла продвинуться вверхъ по рѣкѣ за Монктонъ на 5,5 кил. Въ квадратурѣ въ Монктонѣ бора не бываетъ, или онъ едва замѣтитъ.

На приложенной фотографіи изображена величественная картина бора у Монктона (фиг. 157, стр. 396); на ней ясно виденъ крутой передній склонтъ, такъ характерно отмѣченный на кривой колебанія уровня (фиг. 156).

Особенно сильный боръ наблюдается въ устьѣ р. Тзиень-тангъ-Кіангъ, въ Китаѣ, впадающей въ Хамбоускій зал. Здѣсь боръ въ сильнѣйшій достигаетъ 3,4 м. (11 ф.) высоты при скорости въ 15 к. въ часъ (9 узловъ). Судя по историческимъ даннымъ, нѣсколько столѣтій тому назадъ здѣсь не было столь сильнаго бора, что подтверждаетъ мнѣніе о вліяніи мѣстныхъ условий на его образованіе, которыхъ, конечно, за это время могли измѣниться.

*) Тогда какъ на рѣкахъ Франціи послѣ первой волны наступаетъ свѣрхъ нѣкоторое пониженіе уровня, а потомъ уже идетъ дальнѣйшее пониженіе его.



Фиг. 167. Явление бора у г. Монтевида на р. Рио-де-ла-Платина.

На Амазонкѣ боръ достигаетъ въ низинѣхъ 3,5—4,5 м. (12—15 ф.) и распространяется по рѣкѣ на 300 к.

На Гангѣ боръ силенъ въ рукавѣ его дельты Гугли, гдѣ иногда онъ доходитъ до 2 м. (7 ф.).

Въ Европѣ это явленіе бываетъ на нѣкоторыхъ рѣкахъ Франціи: Шарантѣ, Орнѣ и Сентѣ; особенно оно силенъ на Сентѣ, гдѣ около Кодобека, въ 50 к. отъ устья, волна бора (маскара), случалось, поднималась надъ уровнемъ малой воды на 2,2 м. (7 ф.). Послѣ выправительныхъ работъ маскара на Сентѣ уменьшился.

На нѣкоторыхъ англійскихъ рѣкахъ, —Трентѣ и Севернѣ,—тоже наблюдается явленіе бора; тамъ высота его достигаетъ 1—1,5 м. (4—5 ф.).

Въ Россіи, судя по нѣкоторымъ, недостаточно подробнымъ описаніямъ въ долине Бѣлаго м. Рейшкѣ, возможно, что явленіе бора встрѣчается въ устьѣ р. Мезени и въ Мезенскомъ зал., или по крайней мѣрѣ нѣчто подобное этому явленію.

Использованіе силы прилива. — Вопросъ объ использованіи силы прилива для техническихъ цѣлей, такъ же, какъ и силы волненія, давно уже занимаетъ людей. Однако техническія трудности и до

ских поръ еще не дали возможности использовать большую силу прилива. Для достаточной выгодности предпріятія необходимо соединеніе нѣсколькихъ естественныхъ условій и главнымъ образомъ двухъ, а именно: приливовъ большой амплитуды съ удобнымъ рельефомъ мѣстности, который позволялъ бы замкнуть бассейнъ большой вмѣстимости плотиною небольшой длины. Впуская воду въ бассейнъ въ полную волю, при отливѣ можно пользоваться силою паденія воды изъ бассейна, направляя потокъ воды въ турбины, при чемъ послѣднія обыкновенно вращаются насаженные на ту же вертикальную ось производя электрическаго тока. Подобныя устройства существуютъ, но въ очень небольшихъ размѣрахъ, напримѣръ, на о-вѣ Уайтѣ (противъ Соутгемптона), тамъ непосредственно турбина вращаетъ мельницу. Въ позднѣйшихъ проектахъ предполагается улучшить подобныя установки устройствомъ рядомъ двухъ бассейновъ, при чемъ одинъ для наивысшаго уровня прилива, а другой, въ то время, пока первый наполняется, служить для выхода отработанной воды, а въ малую воду и изъ него пользуются водою для движенія нижняго ряда турбинъ, устанавливаемыхъ въ нѣсколько этажей для работы при разныхъ уровняхъ воды въ бассейнахъ. Такимъ устройствомъ достигается непрерывность дѣйствія турбинъ въ теченіе сутокъ.

До сихъ поръ большихъ устройствъ подобнаго рода не было, но проектовъ имѣется нѣсколько для Англіи (устье р. Северна) и для Франціи (устье р. Сены). Весьма возможно, что усовершенствованія въ техники въ будущемъ позволятъ осуществить подобныя устройства.

Приборы для наблюденія приливовъ.—Для наблюденія колебанія уровня, отъ какихъ бы причинъ оно ни происходило, можно пользоваться или обыкновеннымъ футштокомъ или самопишущими приборами, называемыми мареографами или уровнеграфами, послѣднихъ очень много различнаго устройства; есть уровнеграфы, механически передающіе колебанія уровня пишущей части прибора, есть приборы, пользующіеся для того же гидростатическимъ давленіемъ, есть электрическіе приборы, при чемъ послѣдніе бываютъ и такого устройства, что записываніе колебанія уровня можетъ быть передано на десятки километровъ отъ мѣста наблюденія.

Изъ этихъ системъ уровнеграфовъ, какъ и вообще всякихъ самопишущихъ приборовъ, наиболѣе надежныя,—передающіе механически колебанія уровня къ записывающей части. Въ Россіи получали въ послѣд-

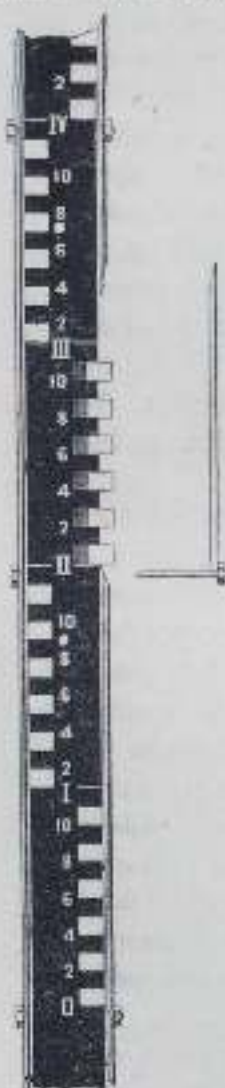
нее время большое распространение уравнильры системы Рордана, — механика Главной Физической Обсерватории, — который даже и описалъ.

Какой бы системы ни былъ самоишущій уравнильръ, при немъ непремѣнно должны быть футштоки, почему мы здѣсь и опишемъ прежде всего этотъ простой приборъ.

Футштокъ есть брусокъ прямоугольнаго сѣченія совершенно прямой и такой длины, чтобы амплитуда колебанія уровня была меньше

его. Футштокъ можно сдѣлать и изъ дерева, выкрасить его нѣсколько разъ масляною краскою и раздѣлить широкую сторону его на какія-либо части, напримѣръ, футы и дюймы, или дециметры и сантиметры и т. п. Нанесенныя дѣленія окрашиваются для того, чтобы видѣть ихъ съ нѣкотораго разстоянія; напримѣръ, рейка можетъ быть бѣлою, тогда дѣленія черезъ одно дѣлаются черными или красными. Подписи дѣлений обыкновенно дѣлаются черезъ одно, чтобы яснѣе ихъ видѣть издали. Деревянные футштоки требуютъ довольно часто окраски, при чемъ ихъ приходится снимать и снова ставить, что иногда можетъ повести къ ошибкамъ въ наблюденіяхъ, если футштокъ недостаточно точно установить на старое мѣсто.

Тамъ, гдѣ наблюденія надъ уровнемъ производится постоянно или долгое время, устанавливаютъ болѣе прочные металлическіе футштоки, подобные изображенному на чертѣжѣ (фиг. 158). Такой футштокъ состоитъ изъ поземсированнаго чугуна толщиной въ 3 д. и шириною въ 5,5 д. Съ одной стороны къ нему приклепана такая же разбѣроу полоса желѣза, и оба они оцинкованы. Въ желѣзной полосѣ сдѣланы гнѣзда, расширяющіяся во внутрь и имѣющія на поверхности ширину въ одинъ дюймъ (изображенный футштокъ раздѣленъ на дюймы и футы). Въ эти гнѣзда вставляются бѣлыя пластинки изъ фарфора или молочнаго стекла, имѣющія форму призмъ по разбѣрамъ гнѣздъ. Футы, раздѣленные на дюймы, расположены въ шахматномъ порядкѣ, а подписи нанесены по срединѣ. Чтобы удерживать пластинки на мѣстахъ, а въ



Фиг. 158. Футштокъ.

случаѣ порчи, ихъ замѣнять, съ обѣихъ сторонъ футштока привинчены узкія полосы никлированного желѣза, раздѣленные на части и соединяющіяся черезъ футштокъ болтами. На чертежѣ одна такая полоска показана отвинченною и пластики выдвинутыми изъ гнѣздъ. Такіе приборы устанавливаются Главнымъ Гидрографическимъ Управленіемъ Морского вѣдомства на гидрометеорологическихъ станціяхъ. Футштокъ устанавливается нулемъ дѣлений внизъ и такъ, чтобы при самомъ низкомъ уровнѣ нуль не оголился, а верхнее дѣленіе не уходило въ воду при высокомъ уровнѣ. Укрѣпляется футштокъ къ винтовой сваѣ по отвѣсу вертикально и наглухо; а для того, чтобы имѣть возможность наблюдать за неподвижностью прибора, неподалеку на берегу дѣлать на зданіи или скалѣ горизонтальную высѣчку или укрѣпляютъ особую марку, которую нивелировкою и связываютъ съ однимъ изъ дѣлений футштока, т. е. съ его нулемъ; подобная нивелировка повторяется время отъ времени, и если понадобится снѣтъ футштокъ для исправленія, то на его мѣсто можно будетъ поставить временной приборъ, а потомъ установить футштокъ назадъ и при помощи связочныхъ нивелировокъ съ тою же маркою знать каждый разъ относительныя высоты нулей обѣихъ футштоковъ и слѣдовательно приводить отсчеты уровней всегда къ одному и тому же нулю.

Если на станціи, гдѣ установленъ футштокъ, нѣтъ приливовъ или они очень малы, и уровень колеблется главнымъ образомъ подъ вліяніемъ вѣтра, то отсчеты высоты уровня производить или въ часы другихъ гидрометеорологическихъ наблюденій или въ случаяхъ особо высокихъ или низкихъ стояній уровня. Если же станція находится на берегу моря съ приливами, то отсчеты производить ежедневно по менѣе 15 дней подрядъ, потому что 15 дней охватываетъ періодъ измѣненія склоненія Луны отъ нуля до наибольшей величины, и слѣдовательно такіа наблюденія дадутъ возможность получить понятіе о соотношеніи полусуточной и суточной составляющихъ прилива, т. е. о степени правильности прилива. Для того же, чтобы получить матеріалъ для обработки прилива гармоническимъ анализомъ, необходимы болѣе продолжительныя ежедневныя наблюденія, хотя бы нѣскольکو мѣсяцевъ, а еще лучше за цѣлый годъ. При всѣхъ такихъ наблюденіяхъ особенно важно подмѣтить моменты полной и малой воды, почему около нихъ и надо наблюдать почаще.

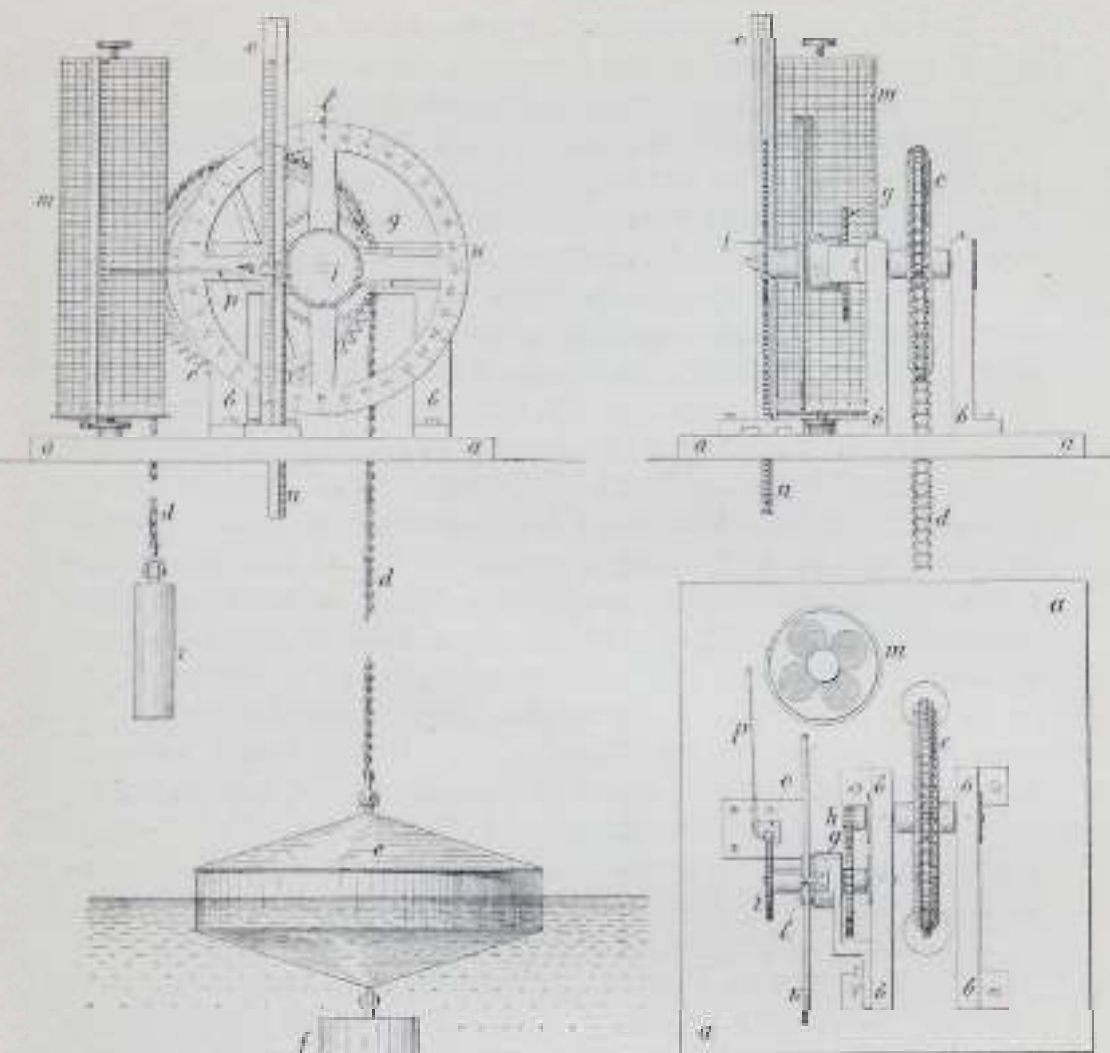
При выборѣ мѣста для наблюденія прилива не надо его брать очень глубоко въ заливѣ, чтобы интерференція или сейши не искажали малыми колебаніями кривой записи прибора.

Самопишущий уровень Рордана может отбичать колебанія уровня и въ натуральную величину и во сколько угодно разъ меньше, но обыкновенно не менѣе $\frac{1}{10}$. На чертежѣ (фиг. 159) этотъ приборъ изображенъ въ $\frac{1}{10}$ естественной величины, на лѣвой половинѣ весь приборъ полностью, а на правой—сбоку и сверху.

Основаніемъ прибора служитъ прямоугольная чугунная доска $a-a$, на ней устанавлены двѣ стойки $b-b$ и въ нихъ укреплены подшипники для главнаго колеса c , которое свободно вращается между стойками $b-b$. По окружности колеса c сдѣлано 60 зубцовъ, каждый въ сантиметръ въ своемъ основаніи (слѣдов. окружн. c тоже 60 с.). На эти зубцы наложена цѣпь d , охватывающая каждымъ звеномъ по одному зубцу. Нижнимъ концомъ цѣпи закрѣплена за поплавокъ e съ грузомъ f подъ нимъ, а на другомъ концѣ цѣпи подвѣшенъ противовѣсъ r , служащій для выбиранія слабины цѣпи при подъемѣ уровня. Колебаніе уровня воды заставляетъ поплавокъ опускаться и подниматься, а вмѣстѣ съ нимъ перемѣщается и цѣпь, вращая зубчатое колесо c , при чемъ передвиженіе поплавка на сколько-нибудь сантиметровъ плечетъ и поворотъ колеса c на столько же сантиметровъ.

Движенія поплавокъ, цѣпи и колеса c соотвѣствуютъ колебанію уровня, и если бы они непосредственно передавались пишущей части, то и запись была бы въ натуральную величину. Для полученія записи въ уменьшенномъ размѣрѣ (для уменьшенія высоты цилиндра m и булжги, на которой производится запись) дѣлается передача движеній колеса c производится двумя зубчатыми колесами, подбирая отношеніе діаметровъ которыхъ, получаютъ запись, уменьшенную во сколько требуется разъ. На ось колеса c насажена шестерня k , сцепляющаяся съ зубчатымъ колесомъ g , на другомъ концѣ той же оси надѣто колесо i , которое сцепляется съ зубчатою половою n , ходящею въ пазу линейки o съ дѣлениями. Къ зубчатой половѣ n прикрѣпленъ указатель p , на концѣ коего надвигается перо, записывающее на цилиндрѣ m .

Между зубчатками i и g на той же оси надѣто колесо h , большаго діаметра, по окружности раздѣленное на 360° частей, вверху надъ колесомъ h вѣдетъ индексъ l , установленный на подшипникѣ колеса h . Дѣленія на колесѣ h нанесены такъ, что, когда уровень поднимается, то отсчеты по индексу l увеличиваются; то же самое и по линейкѣ o отсчеты при повышеніи уровня увеличиваются на одинаковое число дѣленій, какъ и на колесѣ h , и каждое дѣленіе соотвѣтствуетъ одному сантиметру.



ОТЕЦ НАЗ. ПРОЦЕДУРЫ ВЕРИФИКАЦИИ.

Слідователно, коливання урівня можна непосредственно отсчитывать по колесу k и по линейке a .

На цилиндръ мы надѣваемъ графеновая бумага съ дѣленіями въ томъ же масштабѣ, что и на линейкѣ *о*, а часовой механизмъ вращаетъ цилиндръ, дѣляющій въ сутки одинъ оборотъ.

При установке прибора зубчатая полоса n так устанавливается, чтобы отсчет по указателю p соответствовал отсчету по колесу k .

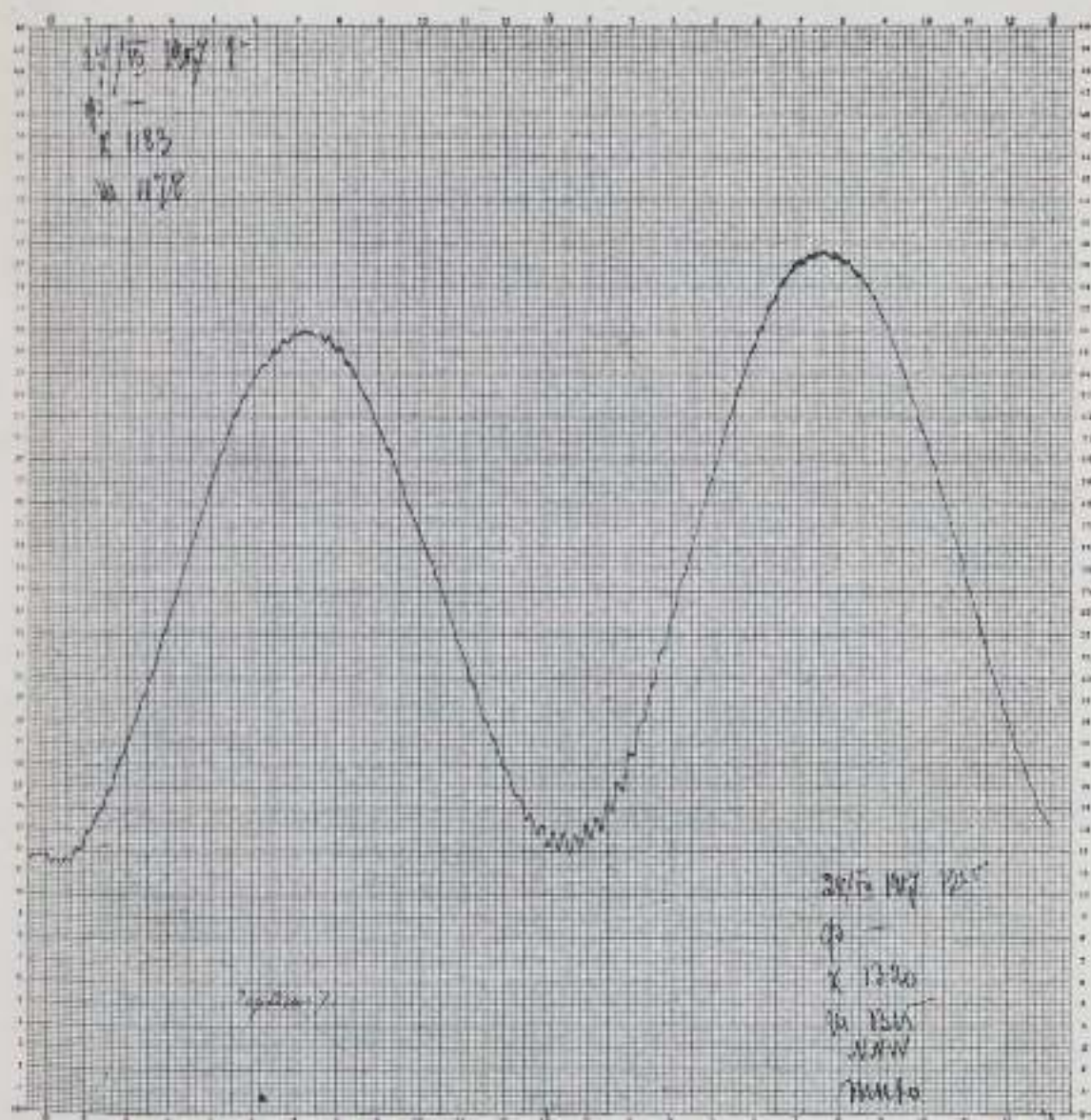
Ю. М. ШИДАНЬСКИЙ.

Тотъ же приборъ можетъ быть приспособленъ и для передачи колебаній уровня на какое угодно разстояніе, гдѣ и устанавливается вторая записывающая часть. Передача производится электрическимъ токомъ по тремъ проводамъ, тотъ при помощи электромагнитовъ передвигаетъ указатель записывающей части прибора вверхъ и внизъ одновременно съ движеніями такого же указателя на приборѣ, стоящемъ около берега моря и непосредственно наблюдающемъ колебаніе уровня.

При уровнемѣрѣ необходимо вѣсть рядомъ съ нимъ и футштокъ, чтобы, ежедневно сличая отсчеты по футштоку съ отсчетами на уровнемѣрѣ, повѣрять послѣдній. Обыкновенно такая повѣрка дѣлается дважды въ сутки, въ началѣ записи на цилиндрѣ *ж* и въ концѣ, чтобы быть увѣреннымъ, что въ теченіе сутокъ записи шла все время отъ одной и той же нулевой черты на бумагѣ. Для этого каждый день прежде нежели снимать бумагу съ цилиндра *ж* (обыкновенно въ 12 ч. 50 м. дня) закрываютъ отсчетъ по футштоку и отсчетъ на колесѣ *к* и записываютъ ихъ въ журналъ наблюденій; снявъ затѣмъ бумагу съ цилиндра, въ правомъ нижнемъ углу пишутъ число мѣсяца и годъ, къ которымъ относятся концы записи на бумагѣ, потомъ отсчеты: по футштоку, по колесу *к* и по линейкѣ *о*. На новомъ же листѣ бумаги пишутъ въ лѣвомъ верхнемъ углу число мѣсяца и годъ начала записи на этомъ мѣстѣ и отсчеты: по футштоку, колесу *к* и линейкѣ *о*, относящіеся къ моменту начала записи (обыкновенно въ 1 ч. дня, т.-е. черезъ 10 м. послѣ первыхъ отсчетовъ, считая, что десять минутъ уходитъ на снятіе бумаги съ цилиндра *ж*, заводъ часовъ, накладываніе бумаги и пусканіе въ ходъ). На фиг. 160 всѣ эти записи имѣются.

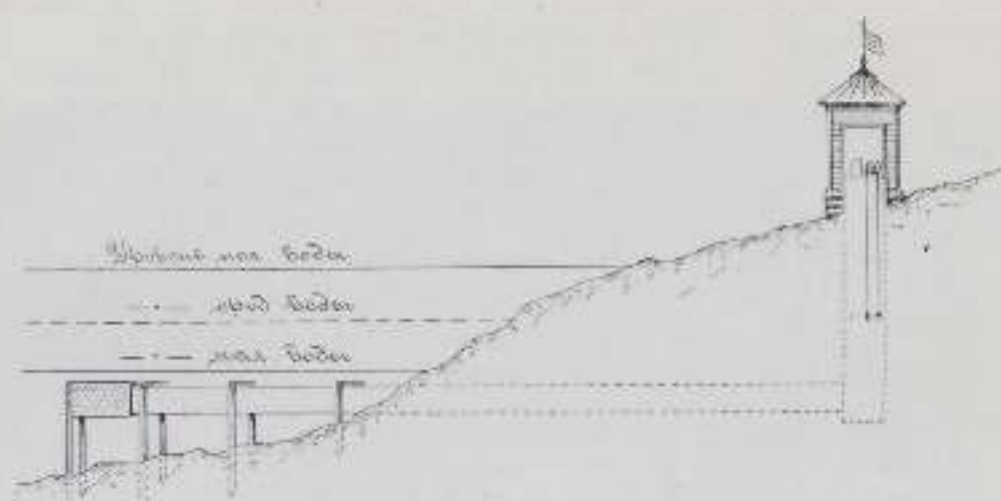
Отсчеты футштока и колеса должны совпадать, если бы они и не совпадали, то изъ ихъ разности будетъ видно, насколько надо поднять или опустить нулевую черту, обыкновенно совпадающую съ нижнимъ краемъ бумаги. На приложенномъ чертежѣ (фиг. 160) данъ промѣръ нѣсколько уменьшенной записи уровнемѣра Гордана для Екатерининской гавани въ сизигію 5—6-го Ноября 1906 г. въ тихую погоду.

Для установки уровнемѣра на берегу могутъ быть приняты различныя устройства въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, напримѣръ, на о-вѣ Лангеръ и въ зал. Де-Кастри приборъ былъ установленъ на деревянныхъ срубкахъ, нагруженныхъ камнями, но самый лучший способъ показанъ въ слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 161). Приборъ установленъ въ особой будкѣ на берегу, подъ нею устроены колодезь, соединяющійся



Фиг. 189. Записи уривокумбра Рордана из Експерименталнег тавана на Мурманѣ

трубою съ моремъ. Отверстіе трубы покрыто сѣткою для предупреждения засоренія и расположено ниже уровня самыхъ малыхъ водъ.



Фиг. 161. Глибинний урівнемір на березі.

Крім урівнеміра Рорданка, існує ще багато подібних приборів, більше или менше на него похожих и не вошедших в употребленіе в Россіи. Крім того, існують еще особіе урівнеміри, которые можно опускати на дно моря издалі от берегов и получать такимъ путемъ зніскъ наблюденій надъ приливомъ вь вѣкоторомъ удаленіи отъ береговъ, что чрезвычайно важно для изученія характера явленія, его распространенія по океану и его пониманія.

Такіе прибори єсть и англійскіе, и німечіе, и французскіе, но изъ нихъ до сихъ поръ только французскіе успіли бытъ обстоятельно изучены, испытаны и послужить для ряда обстоятельныхъ наблюденій у береговъ Франціи при гидрографическихъ работахъ и во французской южной полярной экспедиціи доктора Шарко (1908—1910 г.) *). Такимъ образомъ прибори французскаго инженеръ-гидрографа Фаве выдержали уже большое испытаніе и оказались удовлетворяющимъ своему назначенію. До глубинъ вь 200 м. урівнеміръ Фаве работавъ внозвѣ исправно и можетъ работать до глубинъ вь 400 м., вь настоящее же время испытываются приспособленія, которымъ должны дать прибору возможность работать на океанскихъ глубинахъ до 4.000—6.000 метровъ (2—3.000 м. с.).

*) Вь этой экспедиціи наблюденія на знохвѣ 225 дній безъ перерыва при помощи двухъ приборовъ, сѣдившихъ другъ друга, и, кромѣ того еще во многихъ мѣстахъ вдоль побережья Антарктическаго континента, вслѣдъ, гдѣ корабль экспедиціи стоялъ хотя бы нѣсколько сутокъ.

ГЛАВА X.

Теченія.

Описание и определение явлений океанических течений.—Историческая памятка объ изученіи течений.—Раздѣленіе течений.—Способы изслѣдованія теченій.—Наблюденіе поверхностныхъ теченій.—Наблюденіе глубинныхъ теченій.—Способы обработки наблюденій теченій, произведенныхъ на судахъ, и ихъ графическаго изображенія на картахъ.—Вліяніе вращенія земли на теченія. Причины океаническихъ теченій.—Общая схема теченій океановъ.—Описание теченій океановъ: Атлантическій океанъ, Индійскій океанъ и Тихій океанъ.—Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ южныхъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ.—Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждомъ изъ нихъ.

Описание и определение явлений океаническихъ течений.—Всѣ разобранныя въ главахъ о волненіи и приливахъ движенія водныхъ частицъ въ океанѣ или имѣютъ колебательный характеръ или, если и сопровождаются передвиженіемъ частицъ, какъ въ приливныхъ теченіяхъ, то на сравнительно небольшихъ разстояніяхъ и въ теченіе короткихъ промежутковъ времени.

Кромѣ подобныхъ движеній, въ Мировомъ океанѣ наблюдаются еще иныя, при которыхъ частицы воды переносятся на очень большія разстоянія, тысячи миль, при чемъ пути, направленія и скорости этихъ движеній въ океанѣ въ нѣкоторыхъ предѣлахъ остаются одни и тѣ же изъ года въ годъ, или въ другихъ случаяхъ имѣютъ періодическій или даже случайный характеръ. Такія передвиженія частицъ воды называются океаническими теченіями или просто теченіями.

Океаническое теченіе нерѣдко охватываетъ огромную массу воды, распространяясь широкою полосою не только по поверхности океана, но и захватывая слой нѣкоторой глубины (вообще очень незначительный, особенно сравнительно съ глубиною океана). Кромѣ такихъ движеній воды въ поверхностныхъ слояхъ, океаническія теченія существуютъ и на различныхъ глубинахъ, иногда очень большихъ, представляя собою подиольныя части и вѣтви одного общаго круговорота океаническихъ водъ.

Поверхностная система океаническихъ теченій составляетъ только

часть этого круговорота, болѣе обстоятельныя свѣдѣнія о коемъ только въ самое послѣднее время начинаютъ появляться въ океанографіи.

Историческая замѣтка объ изученіи теченій.—Первыя указанія на существованіе морскихъ теченій встрѣчаются у древнихъ греческихъ ученыхъ. Аристотель вполнѣ опредѣленно говоритъ о теченіяхъ въ проливахъ Керченскомъ, Босфорскомъ и Дарданеллахъ. Его ученикъ Теофрастъ упоминаетъ о подобномъ же теченіи въ Гибралтарскомъ проливѣ. Потомки лучшихъ мореплавателей древности финиціанъ—картегенянъ, повидному, имѣли какое-то представленіе о Саргасовомъ морѣ, столь связанномъ съ теченіями сѣверной части Атлантическаго океана.

Въ средніе вѣка (XI, XII и XIII ст.) норвежцы открыли морской путь изъ сѣверной Европы сперва въ Исландію, а затѣмъ въ Гренландію и Сѣв. Америку. Въ этихъ плаваніяхъ норвежцы познакомились съ морскими теченіями, какъ это видно по тѣмъ названіямъ, которыя они давали встрѣчавшимся по пути примѣтнымъ мѣстамъ, какъ напримѣръ: — о-въ Теченій (Strømmø), заливъ Теченій (Strømmfjords), мысъ Теченій (Strømmnæss) *). Арабы, такъ много плававшие по Индійскому ок. и установившіе морское сообщеніе между Китаемъ, Месопотаміей и Египтомъ, были знакомы съ муссонными теченіями. Арабы, несомнѣнно, спустились на югъ вдоль береговъ Африки, гдѣ также ознакомились съ теченіемъ Мозамбикскаго пролива. Въ концѣ XIII ст. генуэзцы и венеціанцы вновь открыли Канарскіе о-ва, а въ XIV ст. и Азорскій архипелагъ, при чемъ они должны были ознакомиться и съ океаническими теченіями. Въ серединѣ XV ст. португальцы и испанцы обладали уже несомнѣнными свѣдѣніями объ океаническихъ теченіяхъ; закъ, португальскій морякъ Педро де-Валаско въ 1452 г. во время своего плаванія на западъ изъ порта Фанъ (Азорскіе о-ва) открылъ о-въ Флоресъ (Азорскіе о-ва) и отсюда, взявъ курсъ на ХЕ, дошелъ до Ирландіи вдоль по теченію вѣтри Гольфстрима. Португальцы при своемъ движеніи на вѣтъ, вдоль береговъ Африки, познакомились съ Гвинейскимъ и Бенгуельскимъ теченіями, а Васко да-Гама, въ концѣ XV ст., во время перваго своего плаванія въ Индію, замѣтилъ Мозамбикское теченіе. Португальцы задолго до Колумба знали о существованіи Саргасова моря къ западу отъ Азорскихъ о-въ.

*) Повидному, это мѣсто должно было мысъ Кода, т.-е. при впадѣ въ Бостонъ и Нью-Йоркъ.

Первое обстоятельное наблюдение надъ теченіями въ открытомъ океанѣ было произведено Колумбомъ во время его перваго плаванія въ Америку, а именно 13-го Сент. 1492 г. въ 27° с. ш. и 40° в. д. онъ по отклоненію лота, опущеннаго глубоко въ воду, замѣтилъ, что судно несетъ теченіемъ на SW. Последующія плаванія Колумба (1494—1498 г., 1502—1503 г., 1504—1506 г.) ознакомили его еще болѣе съ сѣвернымъ экваторіальнымъ теченіемъ и дали ему возможность высказать, что воды океана вдоль экватора двигаются «вмѣстѣ съ небеснымъ сводомъ» къ западу. Въ четвертое свое плаваніе (1502—1503 г.) Колумбъ открылъ теченіе, идущее вдоль берега Гондураса.

Почти одновременно (1497 г.) были открыты вновь европейцами берега Лабрадора (57° с. ш.) и берега Америки далѣе на югъ до 38° с. ш. венеціанцемъ Себастьяномъ Каботомъ, натурализовавшимся въ Англіи. При этомъ онъ познакомился съ холоднымъ Лабрадорскимъ теченіемъ; а на обратномъ пути въ Англію онъ прошелъ вдоль Гольфстрима и былъ первымъ морякомъ, который имъ воспользовался вполне сознательно, потому что онъ это «западное теченіе» связалъ съ открытымъ немногомъ ранѣ испанцами экваторіальнымъ теченіемъ.

Немного позже (1499—1500 г.) испанцы Пинзонъ и Лесе, соратники Колумба, въ свое плаваніе къ берегамъ Южной Америки открыли Гвианское теченіе, и одновременно (1500 г.) португальскій мореплаватель Кабралъ послѣ своего плаванія вокругъ Африки прошелъ южнымъ экваторіальнымъ теченіемъ до Бразиліи и вдоль берега послѣдней однокменнымъ съ ней теченіемъ прошелъ на югъ.

Въ 1513 г. испанскіе мореплаватели Понсе де-Леонъ и Антонио де-Аламингосъ, во время своего плаванія отъ о-ва Порторико на сѣверъ вдоль восточной окраины Багамскихъ о-въ, пересѣкли струю Гольфстрима, при чемъ на обратномъ пути, несмотря на попутный вѣтеръ, корабли ихъ относило на сѣверъ. Впослѣдствіи Аламингосъ воспользовался этимъ открытіемъ и, когда въ 1519 г. Кортезъ послалъ его съ извѣщеніемъ о покореніи Мексики въ Испанію, онъ избралъ путь черезъ Флоридскій пр. и вдоль Гольфстрима до Европы, послѣ чего всѣ стали пользоваться этимъ путемъ при переходахъ изъ центральной Америки въ Европу.

Такимъ образомъ въ теченіе послѣднихъ десяти лѣтъ XV ст. и начала XVI ст. европейцы открыли почти всѣ главнѣйшія теченія Атлантическаго океана и нѣкоторые Индійскаго.

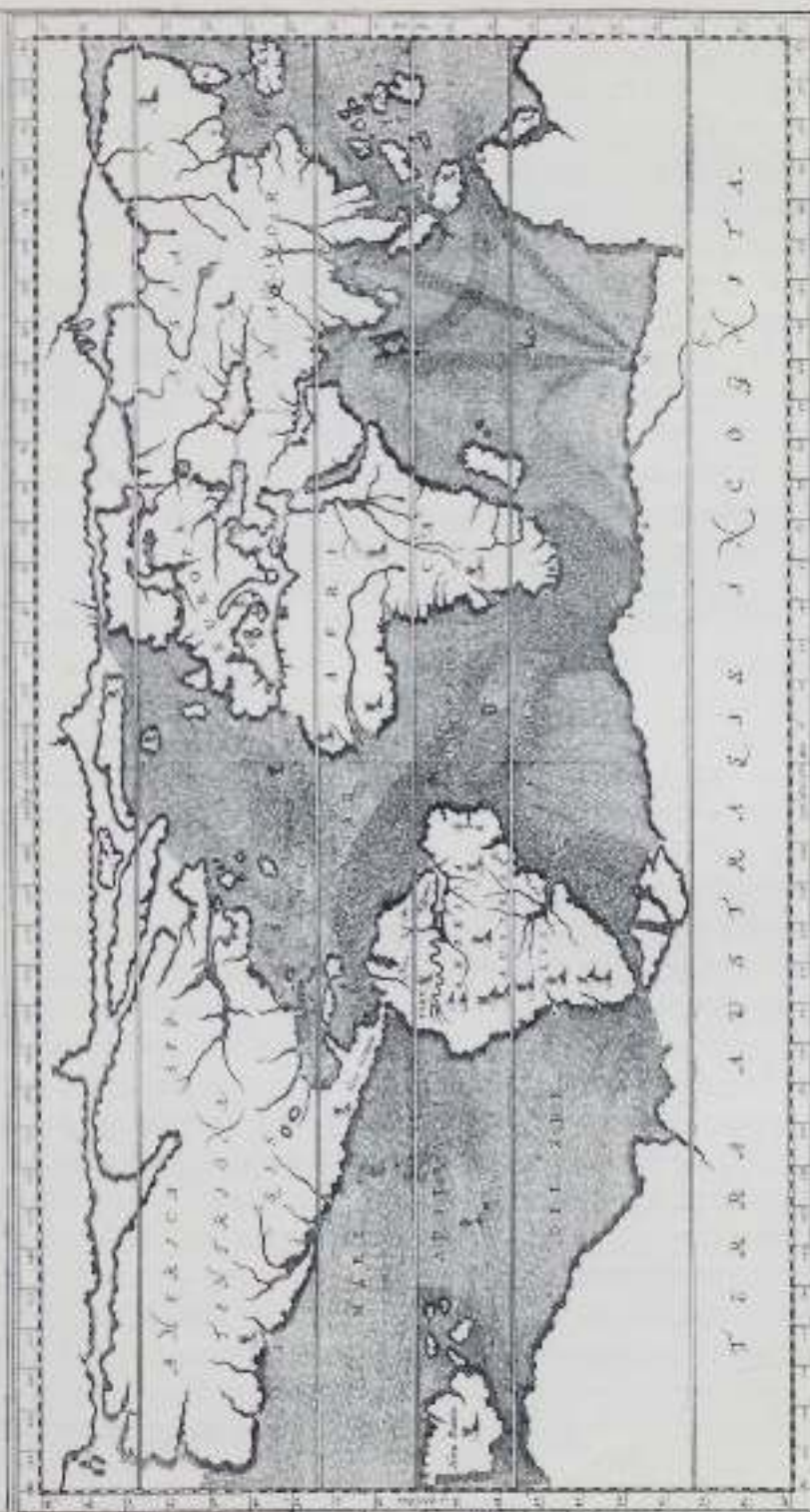
Плавания XVI ст., открывшія передъ европейцами громадныя пространства Тихаго ок., постепенно ознакомили ихъ съ общою системою океаническихъ теченій настолько, что въ XVII ст. появились уже труды, описывающіе общую систему теченій въ океанѣ; такъ, въ 1643 г. Фурнье въ своей «Гидрографіи» и Варениусъ въ 1650 г. въ своей «Географіи» дали схему теченій океановъ, какъ ее тогда понимали. Последний высказалъ при этомъ совершенно вѣрную мысль, что, «если одна часть океанической воды движется, то и вся масса океаническихъ водъ должна находиться въ движеніи».

Въ 1678 г. іезуитъ А. Кирхеръ издалъ въ Амстердамѣ сочиненіе „Mundus subterraneus“, представляющее описаніе всей природы земного шара и всѣхъ извѣстныхъ тогда естественно-историческихъ явленій. Въ немъ есть отдѣлъ, книга III, посвященный океану, и тамъ помѣщена первая карта океаническихъ теченій, уменьшенная копія съ которой и дана (фиг. 162) здѣсь. Нѣкоторое представленіе о теченіяхъ океановъ, какъ видно на этой картѣ, въ то время уже существовало, конечно, свѣдѣнія были только качественныя, т.-е. указывалось существованіе теченій и только; объ ихъ скоростяхъ, границахъ, физическихъ свойствахъ водъ, въ нихъ участвовавшихъ, не было никакихъ данныхъ. Такое положеніе вещей совершенно понятно; дѣйствительно, долгое время не существовало никакого способа опредѣленія долготы корабля въ морѣ, а опредѣленіе одной только широты не могло давать положенія судна, независимо отъ вліянія теченія на его плаваніе, т.-е. скорости теченія нельзя было вывести.

Опредѣленіе долготы корабля въ морѣ стало возможно только послѣ изобрѣтенія хронометра (1767 г.—Леруа). Съ этого времени астрономическое опредѣленіе мѣста въ морѣ и въ видимости береговъ могло давать положеніе корабля вполнѣ независимо отъ его плаванія, и потому сравненіе астрономическаго положенія судна съ его мѣстомъ, полученнымъ изъ навигаціонныхъ данныхъ (по его курсамъ и переѣзнымъ разстояніямъ), показывало по скорости и по направленію то теченіе, которое дѣйствовало на корабль въ пути между двумя послѣдовательными астрономическими опредѣленіями мѣста корабля.

Къ этому же періоду относятся и другія усовершенствованія въ области переходной астрономіи, также содѣйствовавшія достиженію большей точности астрономическихъ опредѣленій. Такъ, астрономъ Гадлей построилъ свой октантъ, а механикъ Доллондъ въ Лондонѣ — первый секстантъ; къ этому же времени относится важное для мореплаванія учре-

TABULA GEOGRAPHICO-HYDROGRAPHICA MONTIS OCEANI CURRENTES ABYSSOS, MONTES IGNIVOMOS
IN UNIVERSO ORBE INDIANS IN NOTIA HEC FIE. ABYSSUS, MONTES VULCANOS.



Tab. 112. Tabula mundi totius A. B. C. D. E. F. G. H. I. K. L. M. N. O. P. Q. R. S. T. U. V. W. X. Y. Z. A.

ждеіе въ Англіи комиссіи по составленію «Морского іѣснесслова» (первый Nautical Almanac въ 1767 г.), все это вмѣстѣ способствовало дѣлу изученія направленія и скорости теченій въ океанѣ.

Изученіе физическихъ свойствъ теченій также долго не могло осуществиться вѣдѣствіемъ отсутствія соответствующихъ для того приѣмовъ и приборовъ.

Въ этому надо присоединить еще одну причину: конецъ XVII и половина XVIII ст. соответствовали совершенному застою въ дѣлѣ научнаго изученія океановъ, торговое же мореплаваніе, не руководимое никакою научною идеей, само по себѣ никогда не дастъ никакихъ результатовъ, полезныхъ для морского дѣла вообще; опытъ каждаго моряка съ нимъ и отходитъ въ вѣчность. Въ тому же отдѣльные, мало провѣренныя и не сравненные между собою случаи наблюденій никогда не дадутъ того, что получается отъ научно собраннаго и обработаннаго матеріала.

Научныя изслѣдованія океановъ возобновились только послѣ плаваній Кука (1768—1780 г.), и только послѣ нихъ стали накопляться и матеріалъ по морскимъ теченіямъ.

Въ этому же времени относится первая научная попытка изученія теченія, предпринятая В. Франклиномъ въ Соед. Штатахъ. Будучи въ то время (1770 г.) почтъ-директоромъ, онъ обратилъ вниманіе на жалобы, что почтовые пакеты, посылаемые изъ Фальмута въ Нью-Йоркъ, шли на двѣ недѣли дольше, чѣмъ обыкновенныя торговыя суда въ то время ходили изъ Лондона въ Ньюпортъ (городъ порта Родъ Айлендъ, нѣсколько вост. Нью-Йорка), несмотря на то, что почта перевозилась на особыхъ судахъ и шла отъ южныхъ береговъ Англіи. Оказалось, что виною тому былъ Гольфстримъ; почтовыми судами командовали англійскіе моряки, незнакомые съ этимъ теченіемъ, а торговыми судами командовали американскіе моряки, которые были хорошо съ нимъ ознакомлены опытомъ, принимая участіе въ морскихъ промыслахъ у береговъ Америки. Когда именно американцы приобрѣли свой опытъ пользованія Гольфстримомъ, не выяснено, но очевидно, что безъ особыхъ разсиреовъ и заботъ Франклина эти свѣдѣнія еще долго оставались бы никому неизвѣстными. Но его настоянію моряки вѣрнее стали напоить свои наблюденія на варты, результатомъ чего была первая карта Гольфстрима, составленная Франклиномъ, копія которой помѣщена здѣсь (фиг. 163); отсюда еще разъ видно, какъ мало полезны для человѣчества наблюденія, не руководимыя и не одушевляемыя научною мыслью.



Фиг. 143. Первый карта Гольфстрима, составленная В. Франклином, ок. 1770 г.

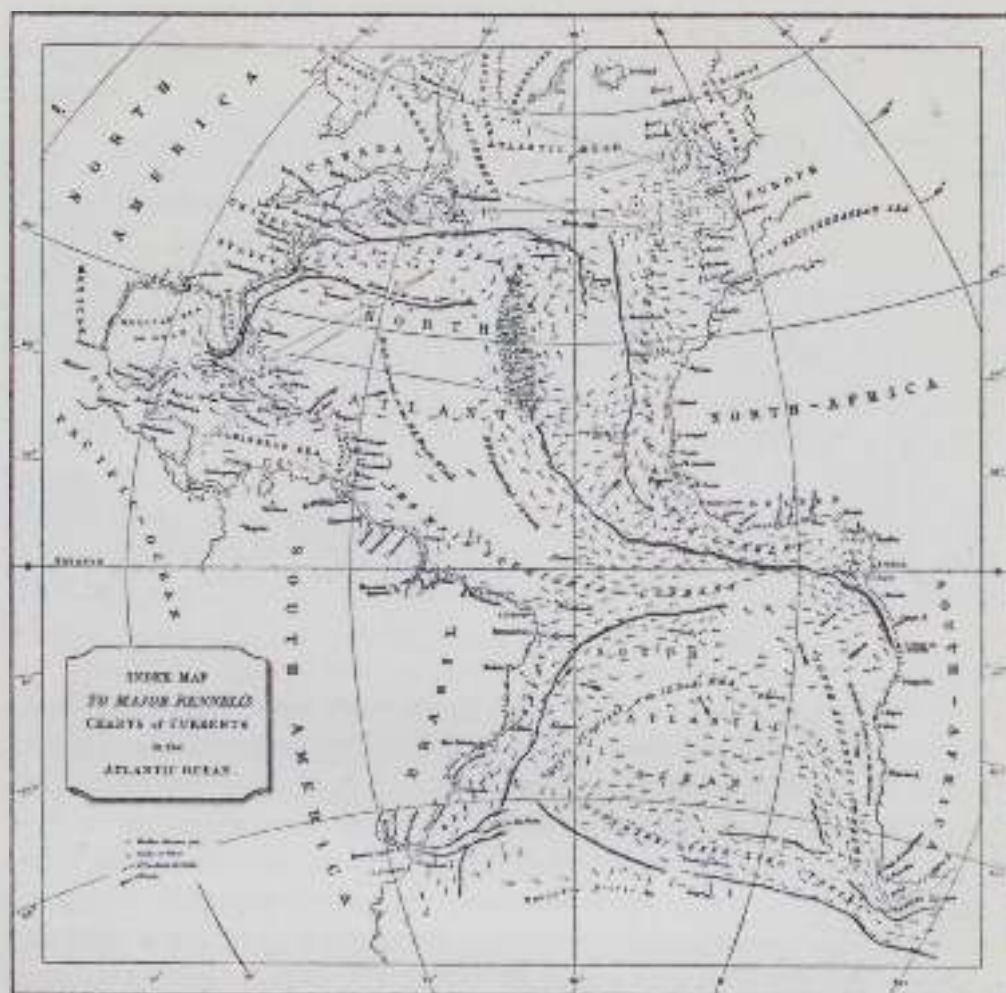
Въ началѣ XIX ст. (1814 г.) известный натуралистъ А. Гумбольдтъ, на основаніи своихъ 16 пересѣченій Гольфстрима и другихъ сдѣланныхъ, впервые высказалъ мысль, что это теченіе измѣняется въ продолженіе года и по силѣ, и по направленію, и по размѣрамъ.

Большое количество наблюденій надъ теченіями было собрано Великобританскимъ Адмиралтействомъ за первую четверть XIX ст., эти матеріалы были разработаны Джеймсомъ Реннелемъ, который показалъ способъ ихъ обработки и составилъ первый атласъ теченій сѣвернаго Атлантическаго ок. (1832 г.), сборный листъ котораго (фиг. 164, см. стр. 412) показываетъ, насколько къ этому времени уже подвинулось знаніе о теченіяхъ этой части океана.

Подобная же обработка была выполнена нѣсколько ранѣе французскимъ ученымъ Ромъ въ 1818 г., но въ меньшихъ размѣрахъ.

Въ серединѣ XIX ст. (1840—1850 г.) американскаго военнаго флота лейтенантъ Моръ, столь известный своими трудами по морской метеорологіи, не мало сдѣлалъ и для изученія океаническихъ теченій, онъ издалъ нѣсколько картъ теченій океановъ въ своихъ лопіяхъ (Sailing directions), бывшихъ первыми трудами такого рода.

Накопленіе и обработка матеріаловъ наблюденій надъ теченіями



Фиг. 169. Карта теченій в Атлантическом ок. Э. Реннон 1832 г.

позволили Гейнриху Берггаузу уже дать въ своемъ физико-географическомъ атласѣ (1837—1852 г.) карту теченій всѣхъ трехъ океановъ.

Развитіе мореплаванія потребовало подробнаго описанія теченій, и въ отвѣтъ на это требованіе были изданы во второй половинѣ XIX ст. (въ 1866 г.) первыя лонні океановъ, содержащія много свѣдѣній по физической географіи океановъ. Онѣ были составлены А. Финдлеемъ въ Лондонѣ, обработавшимъ заново весь громадный матеріалъ по этому вопросу. Въслѣдствіи эти лонні выдержали много изданій, а на французскомъ языкѣ появились такіе же труды Керхалля.

Въ новѣйшее время были изданы Гидрографическимъ департаментомъ Великобританскаго Адмиралтейства атласы теченій для каждаго мѣсяца и по четвертымъ года для трехъ океановъ. Голландскій метеорологическій институтъ въ Утрехтѣ издалъ подобныя атласы теченій для части тропическаго Атлантическаго ок. и для Индійскаго ок. Германская Морская Обсерваторія въ Гамбургѣ издала подобныя же атласы для всѣхъ трехъ океановъ и одинъ особенно подробный для Индійскаго ок. и восточно-азиатскихъ водъ. Бромѣ того, германскій океанографъ Г. Шоттъ выпустилъ три изданія карты теченій всѣхъ трехъ океановъ (3-е въ 1909 г.).

Въ послѣднее десятилѣтіе появилось большое число теоретическихъ работъ и обработокъ матеріаловъ по теченіямъ (Навсонъ, Экманъ, Сандстрёмъ, Петтерсонъ, Бьеркнесъ, Форчъ, Галле и др.), оживившихъ интересъ въ вопросу о причинахъ происхожденія теченій и выяснявшихъ нѣкоторыя особенности этого явленія, на которыя до сихъ поръ не обращали вниманія. Новѣйшія теоретическія изученія явленія океаническихъ теченій значительно подвинули впередъ пониманіе ихъ (особенно Навсонъ, Экманъ и Бьеркнесъ) и доказали необходимость тщательныхъ наблюденій на поверхности и на глубинахъ въ океанахъ.

Раздѣленіе теченій.—Теченія могутъ быть раздѣляемы на группы по различнымъ вышнимъ признакамъ, напримѣръ, могутъ быть теченія *постояннаго* и *периодическаго* характера. Первые изъ года въ годъ идутъ въ среднемъ по тому же самому направленію, сохраняютъ въ тѣхъ же мѣстахъ свою среднюю скорость и массу; вторые измѣняютъ только что указанныя свойства периодически (муссонныя теченія). Случайныя обстоятельства также могутъ вызывать иногда довольно замѣтныя, но кратковременныя или *случайныя* теченія.

Океаническія теченія всегда представляютъ переносъ частицъ воды изъ одного мѣста океана въ другое, и такъ какъ вода отличается очень большою теплоемкостью, то при такомъ переносѣ частицы послѣднія очень медленно теряютъ свое тепло и, кромѣ того, сохраняютъ свою соленость. Такимъ образомъ вода теченій всегда обладаетъ нѣкими физическими свойствами, нежелая та, среди которой идетъ теченіе; при этомъ, если температура воды теченія выше таковой же въ окружающей водѣ, то теченіе называютъ *теплымъ* независимо отъ числа градусовъ его температуры. Если же температура воды теченія ниже окружающей, то теченіе будетъ *холоднымъ*.

Течение всегда захватывает некоторый слой воды въ глубину, но бывают теченія совершенно незамѣтныя на поверхности, а существующія только на глубинѣ. Первые называются *поверхностными*, а вторыя — *водообъемными* или *глубинными*.

Наконецъ могутъ быть теченія, идущія близко у дна, тогда ихъ называютъ *придонными*.

По своему происхожденію теченія бываютъ: *дрейфовыми*, *сточными* и *компенсационными* (восполняющими).

Подъ именемъ дрейфовыхъ теченій понимаются такія движенія поверхностныхъ водъ, которыя возникли исключительно вслѣдствіе трепія (тангенціального — объясненіе см. теорія Экмана) вѣтра о водную поверхность. Часто дрейфовыхъ теченій, вѣроятно, и не существуетъ въ океанахъ, потому что всегда имѣются вѣтрѣ еще и другія причины, возбуждающія движеніе воды, однако въ случаяхъ, когда вліяніе вѣтра, какъ причины возникновенія теченія, является главнѣйшимъ, то такое теченіе называютъ дрейфовымъ. Далѣе въ описаніи теченій во многихъ мѣстахъ сдѣланы указанія на подобные случаи.

Теченіе называется сточнымъ, когда оно есть послѣдствіе накопленія воды, вызывающаго въ свою очередь уменьшеніе гидростатическаго давленія въ различныхъ мѣстахъ на тѣхъ же самыхъ уровняхъ поверхностяхъ разныхъ глубинъ. Накопленіе воды можетъ произойти отъ разныхъ причинъ: и отъ вліянія вѣтровъ, и отъ избытка притока прѣсныхъ рѣчныхъ водъ, или обильнаго выпаденія атмосферныхъ осадковъ, или таянія льдовъ. Наконецъ на уменьшеніе гидростатическаго давленія можетъ вліять и неравнозвѣрное распредѣленіе плотности, и слѣдовательно точно также быть причиною возникновенія сточнаго теченія.

Подъ компенсационнымъ теченіемъ понимается такое движеніе воды, которое восполняетъ убыль воды (т.-е. уменьшеніе гидростатическаго давленія), происшедшую по какой-либо причинѣ въ некоторой области океана вслѣдствіе оттока воды.

Вертикальныя движенія, постоянно происходящія въ океанѣ, носятъ названія или конвекціонныхъ движеній (см. стр. 177), или просто поднятія и опускающія воды.

Способы изслѣдованія теченій. — Для изслѣдованія теченій применяется очень разнообразныя способы, они могутъ быть *непосредственными* и *посредственными*. Къ непосредственнымъ относятся: слѣженіе наблюдаемаго и свѣдимаго мѣстъ борабля, опредѣленіе теченій

при помощи вѣртуповъ, поплавковъ, бутылокъ, плавающихъ остатковъ судовъ, потерѣнныхъ аварію, плавающихъ естественныхъ предметовъ (плавники, водоросли, льды).

Изъ числа посредственныхъ или косвенныхъ способовъ наблюдений теченій относятся: одновременныя наблюденія температуры и солёности, наблюденія надъ распространёніемъ пелагическаго плактона или вообще надъ распространёніемъ морскихъ животныхъ, такъ какъ ихъ существованіе находится въ зависимости отъ физическихъ свойствъ морской воды.

Большая часть изъ указанныхъ приёмовъ можетъ быть примѣнена и къ изученію подводныхъ теченій.

Наблюденіе поверхностныхъ теченій.—*Сравненіе обсервованнаго и счисляемаго мѣста корабля.*—Основной способъ изслѣдованія поверхностныхъ теченій состоитъ въ сравненіи мѣста корабля, полученнаго обсервацией, т. е. астрономическими наблюденіями по широтѣ и долготѣ, съ его положеніями, полученными навигаціонными путёмъ по счисленію, т. е. послѣдовательною прокладкою курсовъ корабля на картѣ и отложеніемъ на курсахъ переплываемыхъ разстояній. Навигаціонныя данныя: направленіе курса и скорость корабля находятся подъ вліяніемъ передвиженія того поверхностнаго слоя воды, среди котораго корабль прокладываетъ себѣ путь, а потому въ нихъ входитъ по величинѣ и по направленію поверхностное теченіе. Астрономическія же опредѣленія мѣста корабля независимы отъ вліянія теченія, потому обсервованное мѣсто корабля при существованіи теченія никогда не совпадаетъ со счисляемымъ его мѣстомъ. Если бы астрономическій и навигаціонный способы опредѣленія мѣста корабля не заключали въ себѣ никакихъ ошибокъ, то, соединивъ на картѣ оба мѣста корабля, получили бы среднее направленіе теченія за промежутокъ времени отъ того мѣста корабля, откуда начали производить прокладку курса, до момента производства астрономическихъ наблюденій. Намѣривъ линію, соединяющую счисляемое и обсервованное мѣста корабля, и раздѣливъ ее на число часовъ въ вышеуказанномъ промежуткѣ времени, получимъ среднюю часовую скорость теченія. Обыкновенно на судахъ торговаго флота астрономическія наблюденія производятся разъ въ сутки, при чемъ предшествовавшее обсервованное мѣсто служитъ исходнымъ для счисленія слѣдующихъ сутокъ; тогда полученное теченіе по направленію и по скорости будетъ среднимъ за предшествовавшіе 24 часа.

Въ дѣйствительности оба указанныхъ способа опредѣленія мѣста

корабли вносят свои ошибки, которые полностью и входят в величину определяемого течения. Ошибка астрономического места корабля в настоящее время оценивается в 3' меридиана или 3 морских мили (5,6 км.); ошибка же в численном месте всегда больше. Таким образом, если полученное за сутки течение представляется всего около 5—6 морских миль (9—11 км.), то эта величина не может быть приписана течению, потому что она находится в пределах ошибок определений места корабля, и такие случаи при обработке наблюдений над течениями считаются за случаи, когда течения не было вовсе.

Карты океанических течений основаны на десятках тысяч наблюдений такого рода, и для большей части квадратов *) имеются сотни случаев судовых наблюдений течений, а потому случайные причины неточностей определений течений, а также и случайными направления и скорости течений остаются без влияния на средние выводы.

Во всяком случае, картографическая обработка течений на основании судовых наблюдений их гораздо труднее и сложнее, нежели такая же обработка других элементов: температуры, солености и т. п. **).

Главнейшие причины ошибок в определениях места корабля в открытом океане состоят в следующем.

В астрономическом способе главные источники ошибок заключаются в часто бывающей неясности естественного (видимого) горизонта, над которым берется высота светила, и неточном знании земной рефракции, которая при великих высотах не может быть найдена из наблюдений, а вычислена из недостаточном исследовании секстана. Затем хронометры, несмотря на все их усовершенствования, платят своим наблюдателям ошибки в суточных ходе, на исправление которого и лица на поведении и сотрессания от ударов волн и на паровых суднах сотрессания от машины, всегда дают время от истинного меридиана не точно, что входит главным образом в ошибку долготы.

В навигационном способе главнейшие ошибки происходят от следующих причин: корабль никогда не идет точно по предполагаемому курсу, потому что рулевой всегда кем-то влияет; корабль по разным причинам (волнение, ветер, неравномерность в ход) сводит с истинного курса, а рулевой старается приводить его на курс. Компас корабля хотя и исправлен от влияния судового железа—девиации, но тем не менее некоторая величина девиации компаса всегда остается, следовательно, курс, по которому идет, в действительности иной, чем предполагаемый. Перепадом разности во настоящее время определяется гораздо лучше, нежели раньше, благодаря разным механическим способам, дающим прямо перепадом разности, а не скорости корабля для разных моментов. Но все-таки и при таком способе в определении перепадного разности есть ошибки.

*) Квадратами называются четырехугольники, образуемые на карт в меркаторской проекции меридианами и параллелями, обыкновенно через 3° по широте и долготу.

**) Об этом см. дальше, стр. 441.

Такъ какъ въ морѣ широты опредѣляются точное должно, то измѣненіе этого меръ можно судить по опредѣленію теченій (увеличивающае величину той составляющей теченій, которая направлена въ востокъ или въ западъ).

Вѣдъ эти источники ошибокъ въ опредѣленіяхъ мѣста корабля изъ моря изъ судовъ военныхъ флотовъ оказываютъ наименьшее вліяніе на точность мѣста корабля; на судахъ большихъ пароходныхъ компаний, содержащихъ почтовые рейсы, ошибки уже несколько больше, а на обыкновенныхъ грузовыхъ судахъ эти ошибки достигаютъ наибольшаго размѣра. Между тѣмъ по числу наблюдений послѣдній родъ судовъ во много разъ превосходитъ первые два.

При теченіяхъ, вѣнявшихъ значительная скорость, можно пользоваться приемомъ, предложеннымъ генералъ-лейтенантомъ М. Е. Жданко (Зад. по Гидрогр., 1913 г.) для уменьшенія ошибокъ теченія на болѣе короткіе промежутки, нежели 24 ч., при помощи изучения чотирехъ Соверенныхъ дней изъ астрономическихъ наблюдений. При этомъ, если наблюдатели несутъ и судовые инструменты въ полную порядокъ, вслѣдованіи и управленія ихъ вѣнностями, то, какъ показываетъ примѣръ, данный М. Е. Жданко, и опредѣленія теченія получаются достаточно надежными, а вѣнность съ этимъ увеличивается въ значительной степени точность изученія теченій, достигая даже точностью опредѣленія теченія несколько разъ на 24 ч. вѣнность измѣненія средняго теченія за сутки. Последнее, какъ мы знаемъ, часто не совпадаетъ съ теченіемъ, вѣняющимъ мѣсто въ продолженіе сутокъ изъ той части моря, которое проходила корабль. Это замѣчаніе справедливо и для большей части величайшей поверхности, а не только для морей. Возможность опредѣленія теченія чаще, чѣмъ на 24 ч., очень важна, и потому упомянутой способъ интересна.

Все сказанное выше относится къ болѣе часто бывающему случаю опредѣленія теченія въ открытомъ океанѣ; въ виду же береговъ тотъ же самый способъ слѣженія наблюдаемаго и считимаго мѣста корабля, сохраняя свое значеніе, становится несравненно точнѣе; потому что вѣнность астрономическаго способа опредѣленія наблюдаемаго мѣста пользуются приемомъ опредѣленія его по наблюденіямъ береговыхъ предметовъ, положеніе концы вѣннется на картѣ. Тогда наблюдаемое мѣсто корабля не зависитъ отъ ошибокъ хронометра и секстанса, неточности рефракціи и т. п. причинъ. Но этотъ приемъ пригоденъ только для опредѣленія прибрежныхъ теченій.

Наблюденія теченій особыми приборами.—Въ открытомъ океанѣ, какъ и въ виду береговъ, можетъ применяться способъ непосредственнаго опредѣленія направленія и скорости теченій при помощи поплавковъ, а также приборовъ, называемыхъ въ Россіи вертушками (current-meter; tournaquet или indicateur); но этотъ способъ требуетъ постановки корабля на якорь или на драгу на большихъ глубинахъ, и потому въ открытомъ океанѣ до сихъ поръ употреблялся сравнительно рѣдко. Востерныхъ, потому, что сами вертушки только недавно достаточно усовершенствованы, а затѣмъ постановка судна на якорь или драгу на

большой глубинѣ не только требуетъ особаго оборудованія (не существующаго обычно на судахъ), но и можетъ производиться только на кораблѣ, имѣющемъ своимъ назначеніемъ океанографическія изслѣдованія *). Остальныя суда могутъ наблюдать теченія только обычнымъ вышеописаннымъ способомъ сличенія наблюдаемыхъ и численныхъ мѣстъ, и потому пока этотъ способъ остается главнымъ и основнымъ для наблюденія теченій въ открытомъ океанѣ.

Для опредѣленія теченія на поверхности поплавокъ или плавника становится на якорь и выпускаютъ за бортъ поплавокъ такого рода, чтобы онъ почти весь былъ погруженъ въ воду для уменьшенія вліянія на него вѣтра. Къ поплавку привязываютъ лить, разбитый на какія-либо единицы длины; замѣтивъ по часамъ моментъ, травятъ лить изъ теченіе опредѣленнаго промежутка времени и отсюда получаютъ скорость теченія. Направленіе теченія опредѣляется по компасу румбомъ, по которому удалится отъ наблюдателя поплавокъ.



Фиг. 165. Поплавокъ
Митчелла.

Очень удобными поплавками представляются предложенные американцемъ Митчеллемъ, изображенныя на фиг. 165. Они представляютъ два цинковыхъ или жестяныхъ цилиндрическихъ сосуда одинаковаго діаметра и высоты. Нижний есть просто ведро, а верхній имѣетъ горлышко, закрываемое пробкою; къ нему и привязываютъ лить. Цилиндры можно подвѣшивать одинъ подъ другимъ или раздвигать дальше другъ отъ друга на проволокахъ. Для наблюденія поверхностныхъ теченій ихъ подвѣшиваютъ одинъ сейчасъ подъ другимъ. Такая пара цилиндровъ менѣе подвержена вліянію вѣтра, нежели одинъ поплавокъ.

Приборамъ, служащихъ для опредѣленія направленія и скорости теченій, кромѣ поплавковъ, было предложено много. Изъ нихъ наиболѣе извѣстны: Эме, дающій только направленіе, Пидебери, Вольгута и Эзмана, дающіе и направленіе и скорость. Вертушка Эзмана

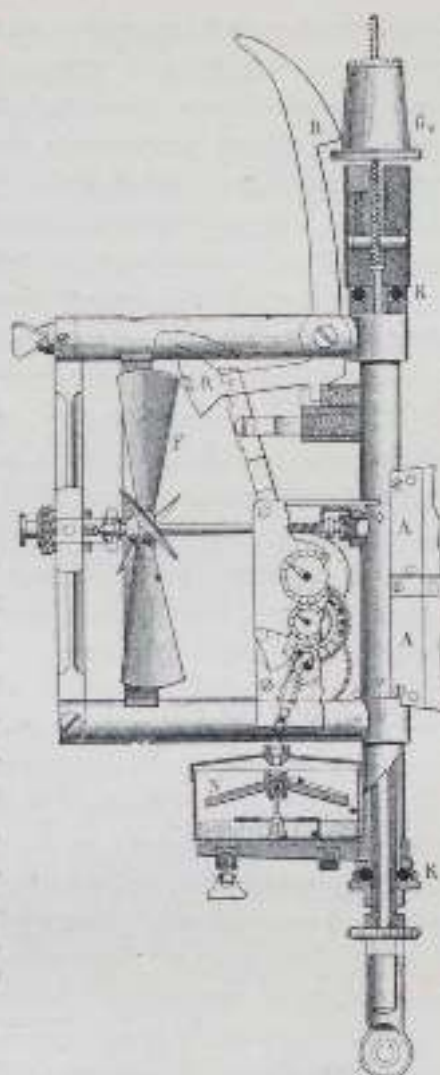
*) Въ морской практикѣ бывають случаи, когда корабль даже на очень значительныхъ глубинахъ до 5—6.000 м. можетъ быть сдѣланъ почти неподвиженъ. Это при прокладкѣ кабелей телеграфными судами, тогда возможно было бы произвести наблюденія и посреди открытаго океана.

наиболее совершенная; она здесь и описана; на чертеж (фиг. 166) видно, что прибор состоит из трубчатой оси КК, которая вращается на шариках вокруг внутренней оси, подвешенной на лини и внизу снабженной кольцом; из последнего приваливается грузъ, напримѣръ, диндолъ, чтобы держать линю съ приборомъ натянутымъ. Приборъ, опущенный въ воду, быстро устанавливается по теченію своимъ рулемъ, отъ котораго на чертежѣ видно только начало А—А.

Въ той же плоскости, что и перо руля, къ оси КК укреплена рама, посреди коей проходитъ расположенная горизонтально ось, вращающаяся изъ агатовыхъ подшипниковъ, съ посаженнымъ на нее наглухо четырехлопастнымъ винтомъ F, для легкости сдвинутымъ изъ алюминія. Винтъ, для предохраненія отъ ударовъ, окруженъ прочнымъ мѣднымъ кольцомъ, которое на чертежѣ представлено только позади винта.

На оси винта F имѣется безконечный винтъ, соединяющій винтъ F со счетнымъ оборотовъ, имѣющимъ три циферблата для десятковъ, сотенъ и тысячъ оборотовъ.

При опусканіи прибора въ воду винтъ F застопоренъ помощью рычага RR. Когда руль прибора устанавливается по теченію, по лини пускаютъ грузъ G, который, дойдя до прибора, отодвигаетъ рычагъ RR ровно настолько, что вырезка на его лѣвомъ концѣ приходится точно противъ зуба на лопасти винта F. Тогда винтъ F свободенъ и вращается теченіемъ, число оборотовъ отмѣчается счетникомъ, а моментъ начала счета — наблюдателемъ на суднѣ. Спусти 5—10 минутъ пускаютъ по лини второй грузъ, большого ді-



Фиг. 166. Водный винтъ.

метра, плотно надѣвающихся на грузъ G, и отодвигающій рычагъ RR еще болѣе, а винтъ съ этимъ винтъ F стопорится снова. Особая пружина стремится держать верхній конецъ рычага R прижатымъ къ линіи; чтобы при этомъ прижатіе рычага R къ грузу G, не мѣшало прибору свободно вращаться на оси и устанавливать руль А—А по направлению теченія, устроена ниже первой еще вторая спиральная пружина, дѣйствующая слѣва направо и тянущая за особую тягу рычага RR направо съ такою силою, чтобы уравновѣсить дѣйствіе первой пружины и тѣмъ самымъ предотвратитъ нажимъ верхняго конца рычага R на грузъ G.

Выѣскѣ съ опредѣленіемъ скорости теченія приборъ отмѣчаетъ и направленіе, по которому были расположены его руль АА, перпендикулярный плоскости винта F. Для этого къ оси прибора КК неподвижно укрѣплены котелокъ, коммѣса, на днѣ его сдѣлано 32 отдѣленій по числу румбовъ, выше установлена картушка, надъ толкою которой устроена чашка, соединенная съ жолобомъ, идущимъ по румбу X картушки. Въ счетчикѣ оборотовъ установлено добавочное колесо съ лтейками, гдѣ находятся бронзовые шарики, которые черезъ особую трубку могутъ падать въ чашку на центрѣ картушки. Отверстіе трубочки открывается одновременно съ пусканіемъ винта въ ходъ, и затѣмъ въ теченіе каждыхъ ста оборотовъ падаетъ по три шарика (въ новыхъ приборахъ шарики находятся не въ лтейкахъ по окружности колеса, а въ особой трубочкѣ. Это сдѣлано для удобства ихъ укладки на мѣсто). Такимъ образомъ шарики попадаютъ въ тѣ отдѣленія на днѣ котелка коммѣсы подъ картушкою, которыя соответствовали направленію руля АА относительно странъ свѣта. Шарики нумерованы, и потому при перемѣнѣ въ направленіи теченія во время дѣйствія прибора можно знать послѣдовательность и продолжительность этихъ переѣздовъ.

Предварительно опредѣляются поправки прибора, для чего дѣлаютъ наблюденія въ потокѣ воды равноѣрныхъ скоростей разной величины, и, зная эти скорости, получаютъ постоянныя прибора *). Эти опредѣленія необходимо время отъ времени повторять, такъ какъ величина тренія въ приборѣ измѣняется.

Наблюденіе теченій при помощи естественныхъ или искусственныхъ свободныхъ поплавокъ.—Грунталки.—Способъ опредѣленія теченій

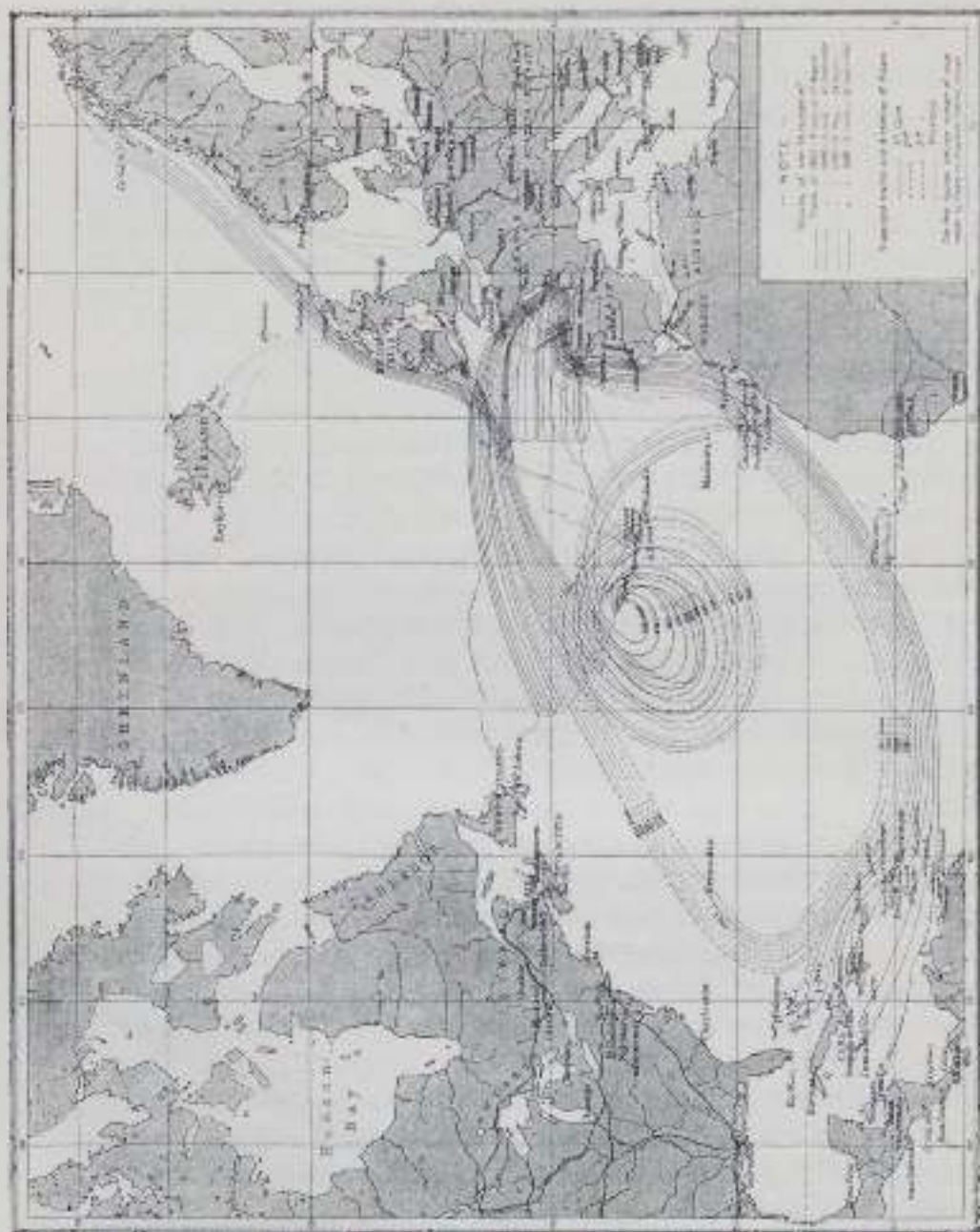
*) Въ Петроградѣ очень удобно испытывать приборъ въ открытомъ бассейнѣ Морского вѣдомства для испытанія моделей судовъ.

при помощи наблюдений свободно плавающих предметов появились по указанию самой природы. Задолго до открытия Америки въ XV ст. у береговъ С.-З. Европы находили обломки деревяныя, плоды, иногда предметы, очевидно, обработанные человекомъ. Колумбъ, который жилъ нѣкоторое время на о-въ Порто Санто около Мадеры, видалъ тамъ кусокъ дерева, покрытый странною рѣзбою, найденный на берегу и, очевидно, принесенный теченіемъ. Впоследствии оказалось, что эти предметы приносились теченіями съ береговъ Каранбескаго и. Мексиканскаго зал. и Антильскихъ о-въ. Однако ранѣе XVIII ст. людямъ не пришла въ голову воспользоваться этими указаніями и примѣнить поплавокъ къ изученію теченій.

Первая попытка такого рода была, повидимому, сдѣлана въ 1763 г. французомъ Лагальеръ, долго жившимъ на о-въ С.-Доминикъ (Антильск. о-ва) и производившимъ метеорологическія наблюденія. При возвращеніи во Францію онъ бросилъ по пути за бортъ бутылки съ записками. Всего было брошено 14 бутылокъ, и одна изъ нихъ, брошенная въ 47° с. ш. и 28° в. д., была найдена на берегу Бретани во Франціи. Затѣмъ въ 1802 г. англійское судно *Вайбола* возобновило этотъ прѣмъ изученія теченій, который постепенно и вошелъ въ употребленіе. Въ 1837 г. Г. Берггаузъ напечаталъ списокъ 21 плаванія бутылокъ и далъ приблизительно ихъ пути на картѣ въ своемъ «Физическомъ Атласѣ». Затѣмъ французскій гидрографъ Н. Дюсси въ 1839 г. составилъ карту плаваній 97 бутылокъ за время отъ 1763 по 1838 г. Англійскій морской офицеръ Битчеръ въ 1843 г. напечаталъ карту плаванія 119 бутылокъ (одна отъ Зеленаго и. проплыла до о-ва Мартиники). Въ 1852 г. онъ же издалъ дополнительную карту съ плаваніемъ 61 бутылки.

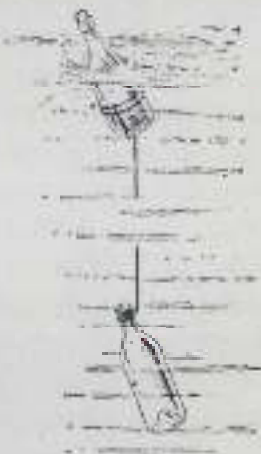
Впоследствии такія карты и обработки продолжали появляться, но самый обширный опытъ такого рода былъ предпринятъ въ сѣв. Атлантическомъ ок. принцемъ Альберомъ Монахскимъ въ 1885, 1886, 1887 и 1888 гг., когда для изученія Гольфстрема и его развѣтвленій имъ было брошено въ океанъ 1675 поплавковъ, изъ нихъ найдено 226, т.-е. 13,5%.

На приложенной картѣ (фиг. 167) изображены предполагаемые пути поплавковъ согласно обработкѣ, произведенной принцемъ Альберомъ. Какъ видно, поплавки, брошенные посреди сѣв. Атлант. ок., были разнесены теченіями на обширное пространство, нѣкоторые найдены на берегахъ Норвегіи до 70° с. ш. и въ Исландіи; другіе въ Каранбескомъ и. и въ Антильскихъ, Багамскихъ и Бермудскихъ о-вахъ.



Для уменьшения влияния вѣтра на бутылки, которыя по большей части служат поплавками, онѣ загружаются пескомъ настолько, чтобы изъ воды видѣлось одно горлышко. Иногда съ тою же цѣлью употребляютъ двѣ бутылки (фиг. 168), связанныя короткою проволокою, нижняя загружается настолько, чтобы верхняя поднималась надъ водою только горлышкомъ. Такая пара бутылокъ уже совершенно не подвержена влиянію вѣтра, а движется со слоемъ поверхностнаго теченія. Верхняя бутылка несетъ въ себѣ записку съ указаніемъ имени корабля, времени бросанія и широты и долготы мѣста бросанія, съ просьбою (на разныхъ языкахъ) немедленно отослать записку по адресу на ней напечатанному. Бутылка должна быть тщательно закупорена и горлышко осмолено для предохраненія отъ попадания воды во внутрь.

Случалось, что бутылки были находимы плавающими въ морѣ, но большей же части ихъ находить прибитыми къ берегу, при этомъ, конечно, многія изъ нихъ пропадають или разбиваются о скалистый берегъ, или засыпаются пескомъ на отмели берегу, или просто не попадаются на глаза прибрежнымъ жителямъ, или наконецъ тонуть въ морѣ, потому что были плохо закупорены и осмолены, или по другимъ причинамъ. Всѣ эти обстоятельства обусловливаютъ сравнительно небольшой процентъ находокъ бутылокъ. Въ моряхъ съ густымъ рыбачьимъ населеніемъ по берегамъ случается, что находятъ до 15—20% брошенныхъ бутылокъ, въ океанахъ очень часто гораздо меньшій процентъ. Такъ, въ теченіе 1894—1897 гг. шотландское рыболовное управленіе черезъ посредство рыбачьихъ судовъ бросило въ Шхелландскъ м. 3,550 поплавковъ, изъ коихъ было найдено 572, т.-е. 16,1%. Въ Каспійскомъ м. Экспедиціей Мин-ва Земледѣлія въ 1904 г. тоже было найдено 16% брошенныхъ бутылокъ. Въ 1907—1912 гг. въ Японскомъ и Охотскомъ м. и въ сѣверномъ Тихомъ ок. по почину бывшаго начальника гидрографической экспедиціи Восточнаго ок. генерала М. Е. Жданко изъ своихъ и другихъ русскихъ судовъ было за 6 лѣтъ плаванія брошено 10,000 бутылокъ, изъ нихъ было найдено 219. Тѣмъ не менѣе этотъ способъ изученія поверхностныхъ теченій сохраняетъ свое значеніе, потому что



Фиг. 168. Бутылка на surface float.

число найденных бутылок все нарастает и увеличивает общий материал, и если из числа каких-либо брошенных бутылок хоть одна будет найдена, то и это принесет свою пользу. Случается, что бутылки, брошенные в какой-либо определенной области океана, находятся всегда около тех же самых берегов. Например, бутылки, брошенные в Атлантическом ок. восточнее 30° в. д. и южнее 10° с. ш., всегда находятся у берегов Гвинейского зал.; это показывает приблизительные границы Гвинейского течения. Таким образом бутылки для наблюдения поверхностных течений несомненно имеют значение.

На приложенной картѣ (фиг. 169) Мирового океана нанесены наиболее характерныя плаванія бутылокъ, пути коихъ были разработаны разными авторами и здѣсь соединены нами въ одну картину.

При продолженіи предполагаемыхъ путей бутылокъ принимають во вниманіе общій характеръ теченій и промежутокъ времени отъ момента бросанія до находенія. При этомъ помогаютъ короткія плаванія бутылокъ, разбѣившиа среди длинныхъ плаваній. Отсюда выводятся предполагаемая суточная скорость и возможный путь.

Число брошенныхъ и найденныхъ бутылокъ въ Атлантическомъ ок. значительно, конечно, превосходитъ другіе океаны. Случается, что бутылки, брошенные къ югу отъ экватора около 10° в. д., находятъ въ Ламаншѣ *). Очевидно, онѣ прошли черезъ Карибское м. въ Флоридскій каналъ въ Гольфстримъ. Бутылки, брошенные у Флориды, приносятъ къ берегамъ сѣверо-западной Европы и Африки; а брошенная у Испаніи, о-въ Канарскихъ и Зеленаго м. находятъ у Антильскихъ о-въ, въ Карибскомъ м. и Мексиканскомъ зал.

Бутылки, брошенная южнее 10° ю. ш. и западнѣе 30° в. д., находятъ у Бразиліи и Лапланды, принесенная туда Бразильскимъ теченіемъ. Бутылки же, брошенные около экватора поблизости 30° в. д., находятъ у береговъ Африки и въ Гвинейскомъ зал. Бутылки, брошенные въ полосу 30° — 40° ю. ш. Поперечнымъ теченіемъ приносятъ къ южной Африкѣ.

Въ Индійскомъ ок., въ сѣверной, муссонной его части, на картѣ видны въ тѣхъ же мѣстахъ противоположныя направленія плаванія бу-

*) Напримеръ бутылка, брошенная 15-го Окт. 1820 г. $7^{\circ}7'$ ю. ш., 14° в. д., найдена на о-въ Гернси 6-го Авг. 1821 г., черезъ 295 дней Другая — Мюнхенъ 19-го 1887 г. въ $13^{\circ}14'$ с. ш., $25^{\circ}51'$ в. д., в найдена въ Ирландіи на зап. берегу Марта 17-го, 1890 г., черезъ 1.033 дня, ея путь приблизительно 6.500—7.500 м.м. и тут. скор. около 7 м.м.

Другая бутылка, брошенная у м. Горна $68^{\circ}3'$ м.м. $67^{\circ}5'$ в. д., Юни 24-го 1830 г., найдена въ Окт. 19-го 1887 г. на юго-зап. берегу Ирландіи.



Фиг. 120. Магнитное поле.

тылоки, потому что они относятся къ разнымъ частямъ года. Въ южномъ полушаріи Экваторіальное и Игольное теченія указываются несколькими плавающими бутылками.

Въ Тихомъ ок. хорошо видны полосы сѣвернаго и южнаго Экваторіальныхъ теченій, въ послѣднемъ имѣется плаваніе бутылки отъ береговъ Южной Америки до Австраліи со среднею скоростью 7,7 м.м. на протяженіи 7.600 м.м. въ 966 дней.

Особенно длинныя пути бутылки встрѣчаются въ области Восточнаго Поперечнаго теченія южнаго полушарія, гдѣ плаванія въ 7—9.000 м.м. не рѣдки, а одна бутылка, брошенная у береговъ Патагоніи (45° ю. ш., 60° з. д.), найдена у сѣверо-западныхъ береговъ Новой Зеландіи (37° ю. ш., 173° в. д.) послѣ плаванія около 11.000 м.м. (20.000 к.) въ 1274 дня со среднею скоростью около 9 м.м. въ сутки (16 кил.).

Естественныя предметы. — Такими же плаваньями вмѣсто бутылки служатъ и естественныя предметы, напримеръ, такъ называемый *плавающий*, т. е. вынесенные рѣками въ море стволы деревьевъ и затѣмъ теченіями принесенныя къ берегу и выброшенныя на него прибоемъ. Микроскопическое изслѣдованіе позволяетъ опредѣлять породу дерева и, слѣдовательно, мѣсто, откуда они принесены.

Въ ХУІ и ХУІІІ ст. очень часто стволы тропическихъ деревьевъ, вынесенныхъ Амазонкою или Орядою, попадали по теченію черезъ Карибское м. и Мексиканскій зал. и далѣе вдоль Гольфстрима къ берегамъ Исландіи, гдѣ иногда подхватывались теченіями Прингера и Западно-Гренландскими, отбали съ ними съ юга Гренландію и по западному берегу ея доходили до о-ва Діско, гдѣ и служили для подѣлокъ эскимосамъ, получавшихъ такимъ путемъ красное дерево. Теперь, съ усиленною вырубкою дѣсовъ по берегамъ тропическихъ рѣкъ, такіе случаи стали рѣдки.

Стручки породы мимозы, растущей на Вестъ-Индскихъ о-вахъ, громаднаго размѣра, до 1,5 м. длиною и 10—12 ст. въ диаметръ, крѣпкіе и обладающіе большою плавучестью, попадаютъ такимъ же образомъ на берега Азорскихъ о-въ, Мадейры и вездѣ по сѣверо-западнымъ берегамъ Европы, на Шлидбергенъ (80° с. ш.) и на сѣ-зап. оконечность Новой Земли (76°5' с. ш.), гдѣ небольшой островокъ потому и названъ о-въ Гольфстрима.

По берегамъ Карибскаго м., части Мексиканскаго зал., Антильскихъ о-въ и Соединенныхъ Штатовъ растетъ водоросль, называемая



Фиг. 173. Плавильня на берегу Сибири у Хромой бухты (устье р. Хромы, из залива р. Нанайской).

саргассы. Прибой отрывает их от корней, и они, распространившись по течению, скопляются в той части севернаго Атлантическаго ок., которая лежит внутри круговорота, образуемаго течением между 25° — 35° с. ш. и 40° — 75° в. д. (см. также фиг. 205).

Такимъ же способомъ сибирскій лѣсъ, занесенный Обью, Енисеемъ, Леною и др. рѣками, попадаетъ на берега Ново-Сибирскихъ о-въ,



Фиг. 174. Плавильня на о-ве Диксонъ изъ залива устья р. Енисея.

на восточные берега Новой Земли, на южные и восточные берега Шпицбергена и даже в Исландию и восточную и западную Гренландию. Там же путем заносится рыболовами принадлежность лодыжцев Аляски к берегам западной Гренландии. На приложенных здесь photographах изображены примѣры захода плавника на берегахъ Сибири и Новой Земли. На фиг. 170 показанъ плавникъ на Хромынской стрѣлкѣ около устья р. Хромы. На другой photographii (фиг. 171) представленъ плавникъ, лежащій на отмели сѣверномъ берегу о-ва Диксона (къ сѣверу отъ устья р. Енисея); часть его распилена и обращена въ дрова для отопленія помѣщеній гидрометеорологической и радио-телеграфной станцій



Фиг. 172. Плавникъ на мысѣ Желаніе, сѣв. оконечность Новой Земли.

Главнаго Гидрографическаго Управленія изъ о-ва Диксонъ въ 1916 г. На послѣдней photographii (фиг. 172) изображенъ плавникъ на мысѣ Желаніе на сѣверной оконечности Новой Земли.

Въ южномъ полушаріи у береговъ Южной Америки растетъ водоросль *Macrocystis pyrifera*, очень большой длины (до 200 м.). Отрываясь, она далеко уносится теченіемъ, пока, потерявъ пловучесть, не утонетъ. Она распространена въ океанѣ вокругъ всего земного шара, начиная отъ 35° ю. ш. и даже къ югу въ области Восточнаго дрейфоваго теченія. Слѣдующая photographia (фиг. 173) изображаетъ отрывокъ такой водоросли въ водахъ южнаго Индійскаго океана около о-ва Св. Павла (около 37° ю. ш.).



Фиг. 173. Вихорь въ Мартюсъна русьбѣ, плавающей въ южн. Индѣйскомъ ок. около 6-го Сѣ. Парка.

Какое значеніе имѣютъ теченія для разноса по поверхности океана семянъ наземныхъ растений, видно изъ слѣдующаго примѣра. Изученіе флоры океаническихъ острововъ *) показало, что на нихъ существуетъ теперь, среди другихъ растений, до 51 растительнаго семейства, которыя всѣ разселились по нимъ при помощи заноса теченіями.

Въ Августѣ 1883 г. случилось замѣчательнѣйшее вулканическое изверженіе на о-вѣ Крапатонъ въ Зандскомъ пр. При этомъ было извержено громадное количество пемзы, долго плававшей на поверхности Индѣйскаго ок., съ Августа 1883 г. до Ноября 1884 г., и встрѣчавшейся судамъ, иногда большими массами, вдоль полосы южнаго Экваторіальнаго теченія Индѣйскаго ок. и его Мадагаскарской вѣтви.

Остатки судовъ.—Еще лучшими доказательствами служатъ остатки потерѣвшихъ аварію и брошенныхъ въ морѣ судовъ ***) (по-англ.—*derelict* или *wreck*, *épave* — по-фр.), потому что эти остатки сидятъ глубоко въ водѣ, слѣдовательно, вѣтеръ на нихъ вліяетъ меньше, нежели на

*) W. B. Hensley, Dispersal of plants by oceanic currents and birds. Botany. Report of the voyage of *Challenger*.

**) Такіе остатки судовъ въ значительномъ количествѣ обнаружены только въ сѣв. Атлант. ок., потому что только здѣсь или всего Міроваго ок. и судоходство очень ограниченное и число судовъ велико, а пространство относительно меньше, нежели въ другихъ океанахъ.

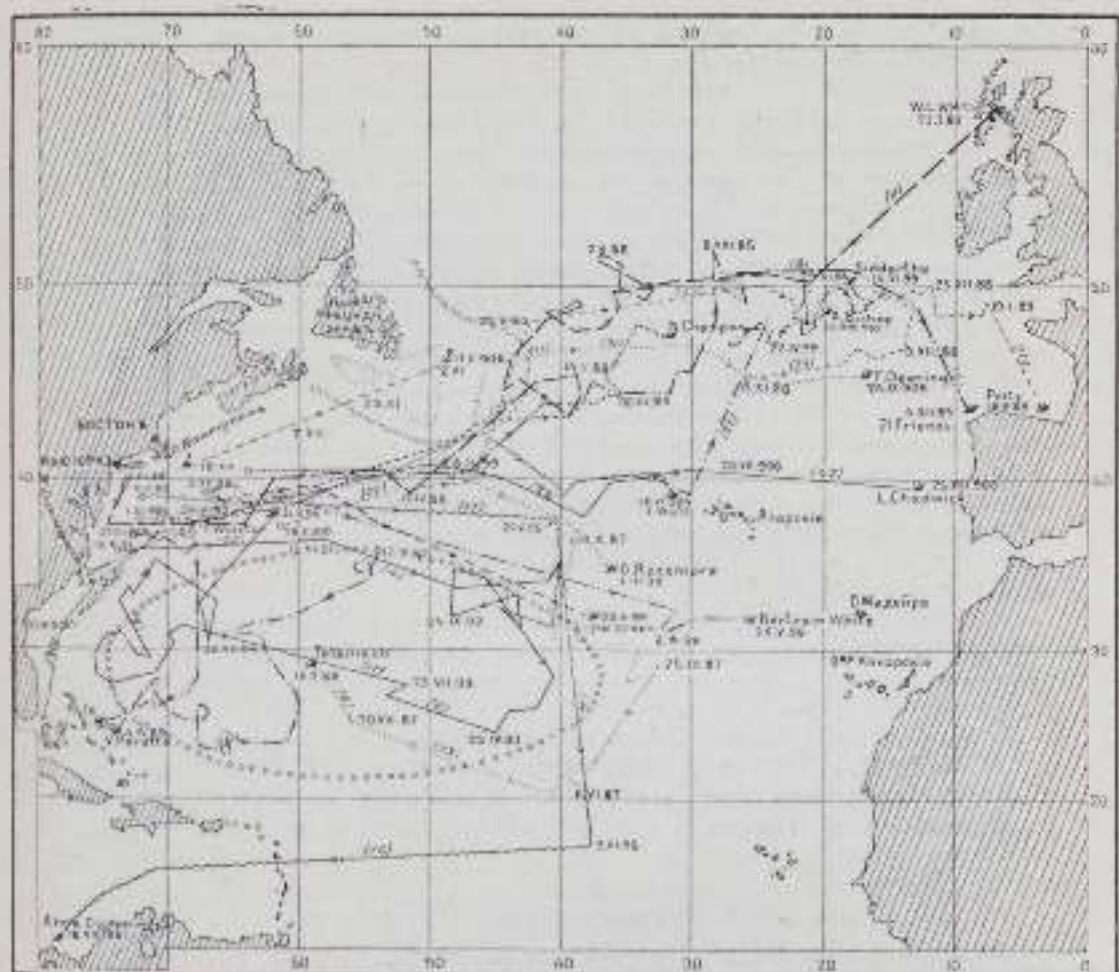
бутылки. Эти остатки представляют легко замѣтные въ океанѣ предметы и въ то же время опасныя для встрѣчныхъ судовъ; слѣдовательно, положеніе ихъ тщательно отмѣчается встрѣчными судами, наносится на карты (ежемесячные *Pilot chart* америк. и подобныя же англ. и нем.), что и даетъ возможность достаточно хорошо прослѣдить ихъ путь въ океанѣ и вывести скорость ихъ движенія.

Случалось, что такіе остатки судовъ плавали въ океанѣ нѣсколько лѣтъ подъ рядъ и за это время неоднократно встрѣчались судами. Иногда число такихъ остатковъ становилось въ Атлант. ок. настолько велико, что они какъ бы засоряли пути судовъ, и приходилось посылать военныя суда ихъ взрывать. Такіе остатки судовъ часто попадаютъ у береговъ Соединенныхъ Штатовъ въ Атлант. ок. и отсюда разносятся по океану. Поэтому суда «береговой стражи» (*Coast guard*), т.-е. таможенныя суда Соедин. Штатовъ, между прочимъ, заняты ежегодно дождею, отбуксировываніемъ изъ порта, если это возможно, или уничтоженіемъ помощью взрыва такихъ остатковъ судовъ.

Чтобы дать представленіе о плаваніяхъ остатковъ судовъ и въ то же время о тѣхъ неправильностяхъ въ ихъ движеніяхъ, которыя обуславливаются случайными переměнами въ направленіяхъ и скоростяхъ теченій, ихъ увлекающихъ, здѣсь приведена карта ихъ плаваній. Карта (фиг. 174) охватываетъ почти весь сѣв. Атлантическій ок., на ней нанесены многіе характерные пути, начиная съ 1887 г., но въ виду ея малаго масштаба, конечно, только нѣкоторые изъ числа навѣстныхъ.

При болѣе подробномъ разсмотрѣніи карты (фиг. 174) прежде всего обращаетъ вниманіе несомнѣнное стремленіе поверхностныхъ слоевъ двигаться отъ Флориды северъ вдоль берега Америки, а потомъ постепенно уклоняться въ востокъ и пересѣкать его въ сѣверо-восточномъ направленіи; т.-е. слѣдовать посямъ Гольфстрима иногда съ большою скоростью (*L. Hastings*—36 м. въ 24 ч.) вплоть, до мѣрѣ удаленія отъ Америки, скорость убываетъ, и на срединѣ океана она около 20—30 м. въ 24 ч. (*L. Chadwick*—42 м. есть исключеніе), а у береговъ Европы скорость плаванія остатковъ судовъ всего около 10 м.

Въ той части океана, гдѣ находится Саргассово море, виднѣются три пути; одинъ—популя *Pineapple Water*—зависѣваетъ и по характеру пути и по времени плаванія. Путь онъ образуетъ замкнутую кривую въ предѣлахъ собственно Саргассова моря. Путь остатковъ судовъ вдоль вѣснѣвъ въ полосу Гольфстрима на востоцѣ, то нѣкъ нѣкъ скорость около 36 м.; тогда же она вливаетъ въ область Саргассова м., то скорость убываетъ до 4—6 м., и немного увеличивается, до 9 м., въ западной части моря (скорость 17 м., въ другомъ мѣстѣ пути, вѣроятно, обуславлена случайною причиною). Общая длина пути болѣе 8000 м. (ок. 15,000 в.) за время съ 15—X—1891 по 21—X—1894, т.-е. 1,100 дней; грузъ пути былъ дерево, почему она и плавала такъ долго, и за это время ее встрѣтили и опредѣлили ее мѣсти 46 разъ.



Фиг. 114. Планские расстояния судна.

Другое судно, баржа *Tedemose*, описало совершенно подобный путь, очерчивающий область Саргассова м., и скорости его совершенно того же порядка, как и *Fannie Weston*.

Третье судно, описавшее подобный же путь, это шхуна *Anna Cunningham*, которая всего четыре раза была употреблена. Общая длина пути 5.320 м.м. из 553 дн. Шхуна сперва шла из области Гольфстрима, так же ее средняя скорость была 17 м.м., потом она перешла Саргассов м. со скоростью 4 м.м. и, пошла из области Северного экваториального течения, в посевы Караибского, была прибита из берегов Панамского перешейка. Два других пути из западной части Саргассова моря имеют иной интерес, указывая, что от восточной и южной части Гольфстрима существуют струи, отходящие из юго-востока Саргассова м. Таки, путь шхуны *Yale*, брошенной дрейфом из юго-востока Гватемалы 1—X—1869 г., сперва идет вдоль Гольфстрима, потом поворачивается из юго-востока

из Атлантическое течение, приближается 24—III—1900 г. из Баскнских о-вовъ, Барель Гюгенсо *Peroffa*, перешедши въ область Саргассовъ изъ юго-зап. направления, внезапно, подвинувшись случайнымъ вѣтра, была также выброшена на берегъ у Баскнскихъ о-въ послѣ 536 дней пути въ 3,000 м.в. (5,500 в.) за это время его встрѣтили 27 разъ.

Второе обстоятельство, вызвавшееся изъ обзора путей остатковъ судовъ, это различіе путей, начинающихся почти въ томъ же мѣстѣ. Напр., суда *L. Chadwick* и *F. Deering* имѣютъ начало пути почти въ томъ же мѣстѣ и почти въ одну время (*Chadwick* 3—III—1906, *Deering* 1—III—1906) сперва ихъ пути почти совпадаютъ до 30° ш. и потому *Deering* поворачиваетъ къ стѣну и только на 43° ш. снова направляется къ востоку; тогда имя *Chadwick* почти все время идетъ около параллели 40° ш.

Пути судовъ шхуны *21 Friends* и барка *Petty* такъ же, какъ и шхуны *W. L. White* доходятъ до береговъ Европы. *W. L. White* сперва идетъ плыши свей шхты и потоку болѣе подвержена вѣтвию вѣтра. За 317 дней пути отъ мыса Гибралтора онъ прошелъ около 5,200 м.в. (10,000 в.) и выброшена на Гибралторск. о-ва. Шхуна *21 Friends*, брошенная вѣтромъ почти въ томъ же мѣстѣ Голфстрима, только немного юнѣе, тамъ перешла опять въ 255 дней по пути очень близкому *W. L. White*, но, пройдя 20° ш. д., она повернула къ югу-востоку, и была выброшена на берегъ Испаніи въ Бискайскомъ зал. Тамъ же попалъ и барекъ *Petty*. Оба эти пути указываютъ на существованіе СЗ вѣтри Голфстрима (см. карту помѣщенную прилаг. Монашенго, фиг. 167, стр. 423). То же указываютъ пути *Redmore* и *Bertram White*.

Интересенъ путь б-ка, вѣзаннаго у восточной оконечности Ньюфаундлендской банки, саракинный отсуза, онъ три раза былъ встрѣченъ и пробитъ въ берегу передъ входомъ въ Нью-Йоркъ. Путь б-ка ясно указываетъ холодное теченіе, идущее между береговъ и Голфстримомъ изъ юго-запада.

15 го Декабря 1887 г. огромный плавь бревенъ (27,000 штукъ) булгаровался океаномъ изъ мыса Фунди въ Нью-Йоркъ, передъ входомъ туда свѣжнѣе NW вѣтеромъ плыль разбилъ и бревна разпадали. Потоки туки бревенъ долго плыли по океану, разнесенные Голфстримомъ и его вѣтвию, и еще въ Сентябрѣ 1888 тапанъ куча была встрѣчена въ стѣну отъ Миссисипи.

Разнообразіе путей остатковъ судовъ, ихъ зигзаги обусловлены неправильностями путей и скоростей океаническихъ теченій, вызванными такими же неправильностями въ воздушныхъ теченіяхъ. Все это показываетъ, что за отдѣльные промежутки времени теченія могутъ значительно уклоняться отъ своего средняго направленія и скорости, что подтверждается и обычными судовыми наблюденіями (см. далѣе, обработка судовыхъ наблюденій теченій).

Плывучіе льды. — Подобно остаткамъ судовъ, и плывучіе льды также указываютъ направленіе и скорость теченій, но только надо принять во вниманіе, что на движеніе плывучихъ льдовъ и обломковъ судовъ имѣетъ большое вліяніе вѣтеръ, а на движеніе ледяныхъ горъ, глубоко сидящихъ въ водѣ, гораздо большее вліяніе имѣютъ теченія въ болѣе глубокихъ слояхъ океана. Потому пути ихъ и пути ледяныхъ полей и остатковъ судовъ могутъ и различаться. Вообще пути плывацій

льдовъ и остатковъ судовъ не могутъ быть непосредственно сравниваемы, напрямѣръ, съ картами плаванія бутылокъ, и въ то же время понятно, почему границы распространенія льдовъ въ океанахъ всегда назначаются на картахъ океаническихъ теченій (см. фиг. 193—194).

Космические способы изученія теченій.—Всякое океаническое теченіе есть всегда вода, принесенная въ данное мѣсто изъ другой части океана, а такъ какъ вода, какъ было указано въ главѣ о температурѣ (стр. 125), отличается большою теплоемкостью, то, будучи перенесена изъ иныхъ условій, она медленно измѣняетъ свою температуру. Соленость и удѣльный вѣсъ воды измѣняются еще медленнѣе, нежели ея температура. Вода, принесенная изъ другого мѣста, сохраняетъ до нѣкоторой степени и свой вѣсъ.

Поэтому всѣ только-что перечисленные свойства воды могутъ служить указаніемъ—есть ли наблюдаемая вода мѣстная или она принесена изъ другихъ частей океана и, слѣдовательно, образуетъ океаническое теченіе.

Необходимо указать здѣсь, что наблюденіе одной только температуры можетъ ввести иногда и въ заблужденіе, потому что измѣненіе температуры можетъ происходить и отъ разныхъ побочныхъ причинъ *), Поэтому-то одновременно съ температурою необходимо опредѣлять и ея соленость.

Въ тѣхъ мѣстахъ океана, гдѣ скорость теченій мала, этотъ способъ ихъ изученія очень важенъ. Вообще опредѣленіе температуры и солености одновременно всегда даетъ хорошія указанія для опредѣленія границъ теченій.

Для тѣхъ частей океановъ, гдѣ имѣются карты распредѣленія температуры и солености, основанныя на многочисленныхъ и тщательныхъ наблюденіяхъ, изученіе теченій можетъ производиться по этимъ картамъ.

Наблюденіе глубоководныхъ теченій.—Для наблюденія глубоководныхъ и вообще подводныхъ теченій непосредственно, корабль долженъ или стоять на якорѣ или на драгѣ. На небольшихъ глубинахъ (до 500 м. = 273 м. с.) измѣренія производятся со шлюпки, устано-

*) Напр., Миддендорфъ по наблюденіямъ только температуръ воды въ горлѣ Бѣлаго м. привелъ къ выводу, что въ это море входитъ вода изъ вѣтвей Гольфстрима, и только гораздо позже свиретарь Ниларъ Русск. Географ. Общ-ва А. В. Григорьевъ одновременными наблюденіями температуры и удѣльнаго вѣса показалъ, что это заключеніе ошибочно, и выяснилъ, что ниласей вѣтви Гольфстрима въ Бѣлое м. не входитъ.

вленной на двухъ якоряхъ, съ посу и съ корма. Въ сущности, только въ этомъ случаѣ и можно быть увѣреннымъ въ неподвижности наблюдателя, что существенно необходимо для точности наблюдений. На суднѣ на довольно сильномъ теченіи можно на увѣренныхъ глубинахъ стоять хорошо на якорѣ. Въ океанѣ были случаи, что удавалось стоять на драгѣ или рыболовномъ траулѣ на глубинахъ до 1.000 м. (546 м. с.)^{*)}; конечно, въ этихъ случаяхъ якорнымъ канатомъ служить не якорная нѣнь, а стальной тросъ. Въ открытомъ океанѣ на большихъ глубинахъ возможно еще становиться на плывущій якорь соответственныхъ судну размѣровъ, опущенный на глубину не менѣе 1.000 м., гдѣ можно падѣяться, что воды если и имѣютъ движеніе, то очень медленное. Тогда можно въ верхнихъ слояхъ наблюдать теченія на разныхъ глубинахъ, результаты наблюдений будутъ давать относительныя теченія поверхностныхъ слоевъ.

Во всякомъ случаѣ, подобныя измѣренія посреди открытаго океана на большихъ глубинахъ нисходятся еще въ періодѣ попытокъ, и пока единственнымъ пріемомъ для опредѣленія поверхностныхъ теченій остается сравненіе обсервованнаго и счислимаго мѣста корабля, а для глубинныхъ теченій—косвенные способы, о которыхъ говорится далѣе.

Въ океанѣ существуютъ банки, на которыхъ глубины около 1.000—2.000 м. (547—1.094 м. с.), въ этихъ мѣстахъ возможно и теперь производить непосредственныя измѣренія теченій на глубинахъ съ судна, стоящаго на якорѣ; но такихъ банокъ немного, и наблюденія на нихъ, конечно, не могутъ быть отнесены къ такимъ же глубинамъ океана внѣ области банки. Стая на якорь на проволоочномъ тросѣ возможно и на глубинѣ въ 4—5.000 м., но судно все-таки не будетъ неподвижно, при такой длинѣ якорнаго каната оно будетъ то приходить на канатъ, то отходить и при этомъ еще двигаться въ стороны въ сторону, послѣднее движеніе корабля можно наблюдать по компасу, а для перваго, вдоль каната, пока не существуетъ способа опредѣленія. Конечно, періодъ такихъ колебаній корабля очень большой и движеніе его медленное, а время, необходимое для измѣренія теченія приборомъ, всего около 10 м., и если наблюдаемое теченіе имѣетъ значительную скорость, то движеніе корабля на якорномъ канатѣ внесетъ только небольшую ошибку.

^{*)} *Michael Sars* въ 1916 г. къ югу отъ Азорскихъ о-въ такъ стоялъ на неподвижномъ плато этого архипелага на 1.235 м. (675 м. с.). Пилсбери на *Albat* становился на якорь въ 1885—1890 гг. въ области Гольфстрима на глубинахъ до 4.000 м. (2.300 м. с.).

Приборы, употребляемые для измѣренія теченій на глубинахъ, бываютъ двухъ родовъ: поплавки Митчелла или вертушки разнаго рода. Выше были описаны и поплавок и одна такая вертушка системы Экмана.

Когда для наблюденія глубинныхъ теченій употребляютъ поплавки Митчелла, то ихъ расставляютъ настолько, чтобы нижній изъ нихъ находился на той глубинѣ, гдѣ желаютъ опредѣлить теченіе. Оба поплавка обладаютъ одинаковою поверхностью и объемомъ, и потому ихъ система подъ вліяніемъ поверхностнаго и глубиннаго теченій двигается по равнодѣствующей обоямъ. Одновременно другою парю поплавковъ, но поднявшихся одинъ сейчасъ же подъ другимъ, наблюдаютъ поверхностное теченіе. Такимъ образомъ въ параллелограммѣ силъ опредѣляютъ равнодѣствующую и одну изъ составляющихъ, которую же составляющую вычисляютъ, она соответствуетъ по направленію и скорости нижнему теченію.

Этотъ способъ даетъ достаточно хорошіе результаты даже для довольно значительныхъ глубинъ въ нѣсколько сотъ метровъ *).

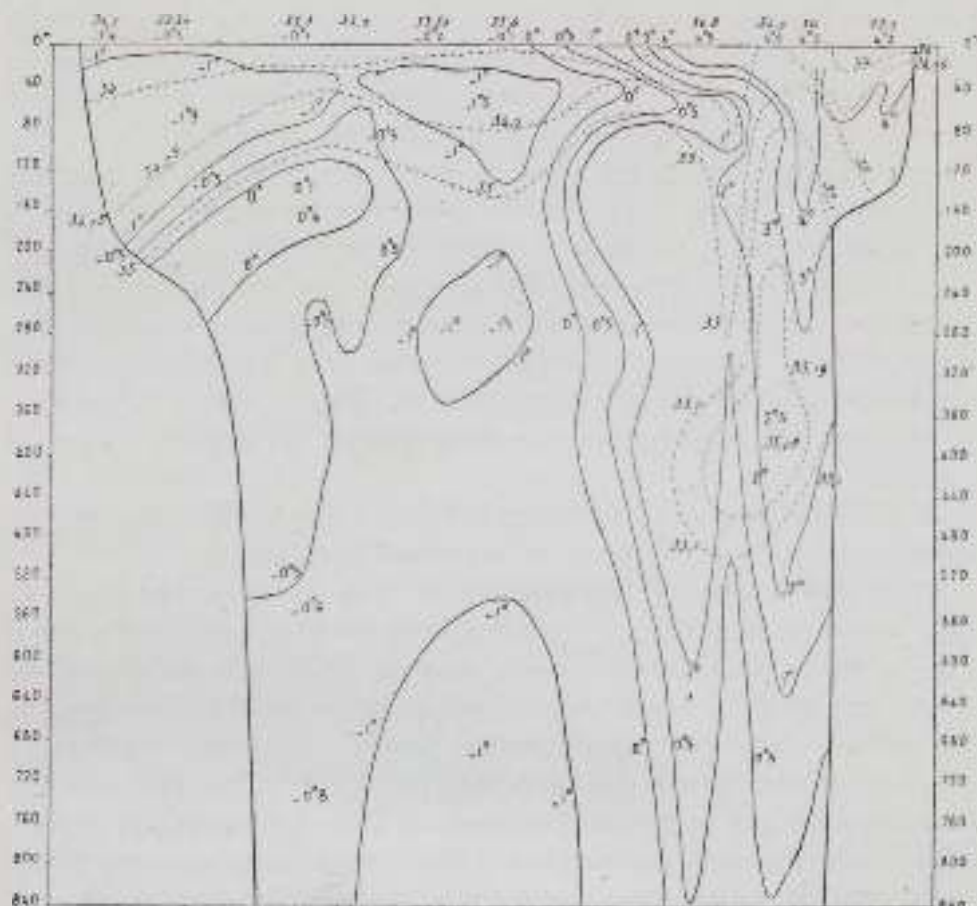
Для опредѣленія глубинныхъ теченій широко пользуются косвеннымъ приемомъ, наблюдая распредѣленіе температуры, солености и плотности, а также и содержанія газовъ въ водѣ. Зная всѣ эти четыре величины для многихъ вертикальных рядовъ наблюденій въ океанахъ, на ихъ основаніи строятъ гидрологическіе разрѣзы, гдѣ наносятся или по отдельности, температура, соленость, плотность, или двѣ первыя величины вмѣстѣ, или всѣ три величины одновременно, а для кислорода или его недостачи строятся отдѣльные разрѣзы. Такіе разрѣзы, показывающіе вертикальное распредѣленіе этихъ элементовъ, были приведены въ главахъ о температурѣ и составѣ воды для всѣхъ океановъ, а также и въ другихъ случаяхъ, какъ примѣры. По этимъ разрѣзамъ возможно судить о движеніи глубокихъ слоевъ въ океанѣ. Въ главахъ о температурѣ и о солености уже были высказаны главные выводы, вытекающіе изъ изученія этихъ разрѣзовъ.

Чтобы дать еще болѣе наглядныя представленія гидрологическихъ разрѣзовъ къ изученію глубоководныхъ движеній воды, здѣсь приведены еще два такихъ разрѣза.

*) На *Challenger*'ѣ пользовались этимъ приемомъ до 1,000 м. глубины. Опытъ съ поплавками Митчелла рядомъ съ приближеніемъ вертушки Экмана въ Мурманской гидрографической экспедиціи, по утвержденію ея бывшаго начальника ген.-маіора А. М. Бухарцова, давалъ совершенно тождественные результаты. Глубины, на которыхъ въ Мурманской экспедиціи наблюдались теченія, были гидрографическаго характера, т.-е. не очень значительныя.

Гренландия.

Шпицберген.



Фиг. 17а. Гидрологический разрез от Шпицбергена к Гренландии.
36,75 обозначает солености; а — 0,5 температура.

Первый построение Нансена, и здесь приблизительно по параллели между ст. зап. оконечностью Шпицбергена и берегом Гренландии из 76° с. ш. Разрез (фиг. 17а) построен на основании 13 станций с вертикальными рядами наблюдений *), на нем проведены изотермы (сплошными линиями) и линии равных соленостей — изогалы (пунктиром), а глубины в метрах означены по обе стороны разреза; вверху показаны поверхности: в верхней строке — солености, во второй — температуры. С первого взгляда чертеж кажется очень запутанным, но при изучении его выясняются следующие обстоятельства.

Около Гренландии поверхностная вода веет, кроме первой станции, значительно теплее всех лежащих слоев (— 0°,5; — 0°,1, а под ними — 1°,0 и до — 1°,3); в то же

*) Nansen. „The Norwegian North Polar Expedition, 1893–96“, Vol. III, plate XXX, 1902.

время соленость верхнего слоя меньше нижнего (вверху 32,2 и 33,56, а внизу 34,00). Верхний слой есть вода, притекшая от ледяного талика льдов (наблюдения сделаны именно там, где эти места заняты льдами) и вырвалась этим таликом выше точки замерзания морской воды соответственной солености. По мере удаления к востоку поверхностная вода становится теплее, и вместе с тем увеличивается ее соленость (внизу 34,0). Это есть вода, принесенная с юга таликом Гольфстрима и смешавшаяся с водой от талика льдов на юге, поэтому соленость ее и уменьшилась, так как соленость Атлантической воды выше 35,0‰. У берега Шпицбергена и температура и главным образом соленость воды убывают, вследствие влияния талика прибрежных льдов.

Сейчас под поверхностью у Гренландии находится холодный слой около 100 м. очень холодной воды от — 1°,0 до — 1°,9, притекающий, вследствие вращения земли вправо, к берегу Гренландии. Это есть часть Восточно-Гренландского холодного течения, идущего с N на S, другая его часть идет на разрыв вправо, окруженная изотермобатом — 1°,0. Правая половина разрыва около Шпицбергена имеет совершенно иной характер: здесь до глубины 800 м., т. е. вдоль всего материкового склона, находится масса теплой воды от 0° до 4° и большой солености — 35,0‰ — 35,25‰; эти массы воды, притекая вправо, есть теплая и соленая вода южного Гольфстрима, вступающей здесь в промежуточные слои Полярного м. (см. стр. 153).

У Гренландии под холодным течением лежит слой воды выше юга и солености больше 35‰, это есть отступление Гольфстрима, т. е. Атлантическая вода, охладившаяся от испарения и смешавшейся с холодным южной движимым слоем; результаты образования в Северном Европейском и круговоротом отступлений Гольфстрима против часовой стрелки, как это указано выше, где говорится о южном Гольфстриме или Атлантическом течении в Северо-Европейском м. (см. далее карту фиг. 211). Если рассмотреть итакую же других гидрологических разрывов того же Северно-Европейского м., только расположенных южнее, то видно, как этот промежуточный слой все более охлаждается и уменьшает свою соленость по мере движения к югу.

Нижняя часть разрыва занята холодной и тяжелой водой ниже 0° и даже ниже — 1°,0, ее соленость больше 35‰; она тоже Атлантически происхождения, принесена южно Гольфстримом (стр. 154) и, вследствие охлаждения радиацией зимой и летом, стала тяжелее и опустилась, при чем при образовании льдов ее соленость еще увеличивается (см. замерзание морской воды, стр. 180).

Из этого объяснения разрывов видно, каким образом они послужили для изучения течений поверхностных и глубинных. Вместе с тем понятно, что для правильного суждения необходимо иметь много разрывов для дальнего моря, и тем самым распределение течений, тем больше. Северно-Европейское м. отличается очень сложным распределением воды, которое только из последние годы начинает выясняться вследствие большого числа частных и тщательных наблюдений последнего времени.

Следующий гидрологический разрыв дает представление о глубоководных условиях Атлантического ок. Он проведен вдоль южной материкового склона Карона (фиг. 176), и, как видно из карты сбоку, он представляется выйти от Гибралтара до Северного Европейского м., а до его северной ступицы лежит уже по северную сторону порога Уайнла Томсона, отделяющего Северное Европейское м. от Атлантического ок. (см. стр. 41) и образующую рваную границу между океанографическими условиями к северу и к югу от него. Ступица, на основании наблюдений конк. построены разрывы, указанные на карте кружочками и буквами МН — Murray-Hort Expedition 1910 г., station 30, Р₁ — Planet Exped. 1909 г., st 2; D₁I, D₂II, D₃III и D₄IV — данные наблюдения 1906 г.; A 12 и A 22 —

станции Ахунисева 1910 г.; Sc 1 и Sc 13 A — Шведские станции 1910 г., F 45 — станция *Frederik* 1910 г. Таким образом, базисная часть наблюдений разреза одного и того же года и притока той последней атлас; следовательно, все работы произведены современными способами и сравнения между собой. На разрезе воды местом каждой станции поставлено из обозначения, время наблюдения и сайка — температуры, а справа — солёности для поверхности; для последних из следующих глубинах дана только десятая и сотая доли. Различные линии есть изоталы, анализ черточками — изосерчаты. Области солёности больше 36,00, от 36,00—35,40, от 35,40—35,30 и от 35,30 до 35,00 различно заштрихованы. Глубины в метрах и на разрезе и на карте. Горизонтальной масштабы 1:36,000,000, вертикальной 1:30,000.

На разрезе хорошо видно, как тяжелая и теплая вода ($10^{\circ},5$ и больше 36,00 ‰) на глубинах 1,000—1,200 м. занимает большую область на станции *МН*, и скатывается к югу станциях до *A*—12 является характерные пикеты изогалин на этих же глубинах. Это показывает, что тяжелая и теплая вода нижнего течения к Гибралтарскому про., вытекающая из Средиземного м. (стр. 163, фиг. 43), уклоняется широко, распространяется на север вдоль окраины материкового склона Европы, таким образом, антропогенная часть глубинной воды до сего порога *У. Тихона* принесена сюда из Средиземного м.

Станции *A*—22 и *Sc*—13 A и *F*—46 показывают, какие большие влияния на распределение температуры и солёности имеют рельеф дна. По южной (дальше на черт.) стороне у порога на 620 м. температура 8° и *S*—35,28 ‰, по северной же стороне на той же глубине температура 0° и *S*—34,91 ‰. Разрез этот тоже построен Нансеном.

Для того, чтобы гидрологические разрезы давали более обстоятельные сведения, необходимо, чтобы они были построены по одновременным наблюдениям, одинаково произведенным и обработанным, и чтобы станции были бы тем чаще, чем условия распределения глубинных слоев сложнее.

Кроме того, поперечная гидрологическая сечения течений, где проведены линии равных плотностей (изогины), дают возможность вычислять, хотя бы приблизительно, скорость, с которой масса воды проходит севоз сечение **).

Какие выводы можно сделать относительно движений воды на глубинах океанов, изучая помощью таких же разрезов распределение газов, было уже показано выше в главах V и VI (стр. 112—113 и 163).

Биологические указания на существование течений. — Животная и растительная жизнь в океанах находится в очень тесной связи с физическими свойствами среды, и потому наблюдения биологические, т.-е.

*) На разрезе фиг. 171, в его правой крайней части, на глубинах 500—1,000 м. на станциях *Sc*—13 A и *F*—46, по ошибке изогалина, лежащая ниже изогалины 35,00, названа опять 35,30, должно быть 34,90.

**) Для таких вычислений существует более точный способ Бьеркнеса и более приближенный Нансена.

изучение распределения животных и растений, дают возможность делать заключения и о движении океанических вод как на поверхности, так и на глубинах. Изучение пелагического планктона (т. е. поверхностного планктона открытого океана и морей) принесло уже громадную пользу для улучшения и поднятия рыбных промыслов и из то же время позволило указать меры, чтобы промыслы не уничтожали сами себя, не были бы хищническим использованием запасов промысловых животных в морях. Вместе с этим изучение планктона дало возможность во многих случаях подтвердить заключения о том или ином распределении течений, выведенном из совершенно иных соображений, или высказать самостоятельные взгляды на источники происхождения глубинных вод в данном месте, а следовательно, и на общий характер движения вод на глубинах океанов.

Подобная попытка из широкого смысла была сделана Клеве и А. Кларком, первым на вопрос о происхождении большей части массы воды, которая под именем Гольфстрима или, как теперь иногда называют, Атлантического течения, направляется между Шотландией и Фарерскими островами Северо-Европейское м. По предположению Клеве, основанному на изучении распространения планктона, свойственного водной части Атлантического ок., гдѣ-то масса воды, участвующей в вышеупомянутой течения, имеет свое начало из течения, идущего от И. Добрая Надежды даже на север, по мнению Клеве, подъ экваториальным течением вдоль берегов Европы. Пока это предположение представляет совершенно единственную попытку высказать какой-либо взгляд на глубинное движение Атлантического ок.; однако, приведенный выше извод призрачен гипотетический вывод. Клеве (фиг. 173) показывает, что, начиная от Гибралтарского пр. до Фарерских о-вов, очевидно, действительно существует на глубинах течение воды къ северу, при чем часть воды, идущая на глубинах из Африки на север, присоединяет къ Средиземному м. Каналу, откуда еще можно вывести, конечно, теоретич. заключение, но и пренебречь этим наблюдением нельзя.

Другим примером пользования биологическими указаниями при изучении течений служит работа того же Клеве о распределении по поверхности ок. Атлантического, ок. фито-планктона, который можно и хочется предположить, переносимый вместе с течением.

Согласно этому автору, растительный планктон, свойственный Атлантическому течению, не распространяется въ западной части океана даже 40° с. ш., т. е. севернее Гольфстрима. Въ свою очередь растительный планктон полярных вод встречается только из водах полярных течений вдоль берегов Гренландии и Лабрадора, не сходясь на юг даже Ньюфаундлендской банки, т. е. до встречи Лабрадорского течения съ Гольфстримом.

Фито-планктон происхождением вероятно встречается из Лантант въ вторую половину лета.

Все это подтверждает распределение и границы теплых и холодных, теплых и более разбросанных вод на поверхности Атлантического ок., добытых на основании совершенно иных данных.

А. Кларк, американск. ученый, недавно (1914 г.) опубликовал свою работу о глубинном движении в океанах на основании распределения некоторых родов *Crinoids* (Crinoids), которые живут приуроченными къ дну, и поэтому и распределение их

моветь происходить только медленно. Авторы полагают, что подобному медленному распределению этого рода животных способствует совершающееся на глубинах медленное передвижение воды к югу на север, потому что разбрасываемый род плавиконта антарктического происхождения и требует для своего существования условий, свойственных этим водам. Потому авторы думают, что разбрасывание плавиконтов могло происходить только при условии движения воды на больших глубинах или антарктических широтах к северу, тем более, что и вообще животные встречаются на придонных слоях в больших числах в южных частях океанов, нежели в северных, следовательно, тем условия для развития жизни более подходящие, таинным образом вследствие большого количества кислорода, содержащегося в водах. Кислород не был запасен теми видами в южных полярных широтах.

Все сказанное вообще подтверждается и океанографическими данными распределения придонной температуры, солености и т.п. (см. выше главы IV и V).

✕ Примером более частного случая подманивания биологическими наблюдениями для изучения течений может служить следующий случай. В 1903 г. около устья р. Эльбы в Немецком м. были найдены длиннотелые водоросли вида *Reddiphia Sindona* Griseb., обычно встречающиеся только в водах Красного моря и Средиземного, вообще тропических вод берегового фито-планктона, обитавшие там, требующий для своего существования температуры в 26° — 22° и $S = 36^{\circ}/_{10}$. Вследствие опыта показали, что эти водоросли имеют своим удильным телом и, следовательно, приспособлены к жизни в теплой соленой и температуре. Показавшему, эти водоросли были случайно занесены заносом-либо судном, известным из тропиков в Гамбург. Оттуда они постепенно стали распространяться к северу вдоль Атлантики, потом по Скагерраку, и наконец в 1905 г. были найдены в глубокой воде в Датской бухте, в том же имени слое воды, который, как установлено другими наблюдениями, приходит из Исландского м. южными течениями в Балтийское м. (см. стр. 106—107). Там как фито-планктон удерживается на плаву приспособлением своего удильного тела к такому же средству, где они плавают, то в случае перехода течения или поверхностного из подводное, вместе с ним опускаются и водоросли. Таким путем они и проникли из Балтийского м. из Немецкого, обыкновенные наблюдения не могли бы подманивать за течениями в глубины, потому из этого отклонения фито-планктона можно было узнать о распространении течений. Таким образом фактически способы исследования течений были подтверждены биологическими данными, и обратно, последние могут указывать на необходимость океанографических исследований в этой области. ✕

Способы обработки наблюдений течений, произведенных на судах, и их графического изображения на картах. — Материалы относительно поверхностных течений в особенно большом количестве собраны плавающим судами помощью сопоставления обсервационного и счетного мест корабля, эти сведения и служат основанием для составления картины течений в океанах. При обработке судовых наблюдений течений поступают подобно тому, как и при такой же работе для других океанографических наблюдений, т.-е. прежде всего распределяют весь имеющийся материал по квадратам. При выборе величины квадрата принимают во внимание, какое пространство океана может быть принято однородным в смысле течений, а также

количество имѣющихся наблюдений и желаемую степень подробности обработки. Обычно квадраты не бываютъ болѣе 10° , часто 5° , иногда 2° и даже 1° . Распредѣливъ матеріалъ по квадратамъ, его разбираютъ въ каждомъ изъ нихъ по мѣсяцамъ, не обращая вниманія на годъ наблюдений *). Всѣ наблюдения въ каждомъ квадратѣ относятъ къ его центру. Дазыѣйшая обработка отличается отъ того, какъ это дѣлается для другихъ элементовъ (температура, солёности, см. стр. 90); тамъ выводили среднія величины для центра квадрата, при обработкѣ же теченій прежде всего пздо рѣшить, какой способъ изображенія будетъ избранъ для выраженія теченій на картѣ, да вообще и самая обработка ведется иначе, какъ это дальше объяснено. Чтобы яснѣе представить характеръ работы и достигаемые результаты, далѣе приведены примѣры картъ теченій, обработанныхъ и представленныхъ разными способами.

Въ повѣйшихъ обработкахъ теченій на картахъ введено важное усовершенствованіе (по почину голландцевъ), а именно способы изображенія теченій даютъ болѣе точное понятіе о важномъ свойствѣ теченій — ихъ *устойчивости*, т.-е. насколько теченіе въ данномъ мѣстѣ сохраняетъ постоянный характеръ. Если просмотрѣть карты теченій за разные мѣсяцы или даже за одинъ мѣсяцъ для соседнихъ мѣстъ, то нетрудно видѣть, что даже самая постоянная теченія въ томъ же самомъ мѣстѣ имѣютъ замѣтные колебанія; обыкновенно устойчивость ихъ не превосходитъ 75—80%. Примѣромъ тому могутъ служить выше приведенные образцы картъ теченій Индійскаго ок. (фиг. 177—179) и у м. Доброй Надежды за два мѣсяца (фиг. 180, стр. 448).

Обыкновенно всадѣ употребляемая обзорная карты теченій, подобная приложенной далѣе (фиг. 197—198, см. далѣе), даютъ значительно обобщенную картину теченій, гдѣ послѣднія выражены согласными кривыми линіями, теплыя — сплошными или красными, холодныя — прерывистыми или синими линіями. Такія карты даютъ только общее понятіе о системѣ поверхностныхъ теченій въ океанахъ, въ дѣйствительности же это изложеніе далеко не отличается столь большимъ постоянствомъ, какъ это можно было бы заключить, рассматривая одинъ только обзорная карты теченій. Потому-то и важно введеніе въ изученіе теченій и въ способы ихъ изображенія на картахъ болѣе точнаго выраженія числомъ понятія объ ихъ устойчивости.

*) Несомнѣнно, въ будущемъ надо ожидать новѣйшихъ обработокъ и по столькимъ годамъ.

Обработка наблюдений въ каждомъ квадратѣ. — Обработка наблюдений течений для вывода равнодѣйствующаго направленія теченій въ каждомъ квадратѣ производится слѣдующимъ образомъ. Для получения равнодѣйствующаго направленія каждый изъ наблюденныхъ направлений теченій разлагается на взаимно перпендикулярныя составляющія по параллели и по меридиану, что очень легко производится по таблицамъ «равностей широты и отстоянія» (табл. 4 и 5 Мореходныхъ таблицъ Гл. Гидрограф. Упр., изданія 1905 г.), принимая заѣмъ теченіе за названіе, по немъ находятъ соответственный курсу — направленію теченія — разность широты и отстоянія, которая и есть искомыми составляющими по меридиану и по параллели. Правильно для противоположныхъ направлений разные знаки, итъ составляющія въ томъ же квадратѣ алгебраически складываютъ и по двумъ полученнымъ суммамъ въ этихъ же таблицахъ находятъ соответственный курсъ, дающій направленіе равнодѣйствующаго теченія. Такимъ выведенное среднее направленіе называется механическимъ среднимъ.

Среднюю же скорость находятъ, взявъ арифметическое среднее изъ скоростей всѣхъ наблюдений.

При нахожденіи по таблицамъ механическаго среднего направленія теченія, одновременно получаютъ изъ нихъ же и плавание, принимая его за скорость равнодѣйствующаго теченія, находятъ отстояніе его къ средней арифметической изъ всѣхъ наблюденныхъ скоростей, результата и будутъ — *устойчивость*, которую выражаютъ въ процентахъ.

Положеніе обь *устойчивости* теченій введено было голландскими океанографами, и оно дается очень важныя указанія для науки и для морской практики.

Напримеръ, если въ какомъ-либо квадратѣ изъ 16 отдельныхъ наблюдений теченій всѣ имѣли одинаковое направленіе, то *устойчивость* будетъ 100%. Если же каждое изъ наблюдений было различнаго направленія, то, вычисливъ механическое равнодѣйствующее (звѣд., что то же самое — генеральный курсъ въ планномъ счисленіи пути корабля), получимъ для квадрата Атлантическаго ок. 5°—10° с. ш., 20°—25° в. д. въ Сентѣбрѣ мѣсяцѣ — число наблюдений 816, равнодѣйствующее направленіе NE 76°, механическое равнодѣйствующае скорости — 14,5 морск. миль, арифметическая средняя скорость — 18,9 м.м. Отсюда *устойчивость* — $14,5 \times 100 : 18,9 = 77\%$ и такъ какъ число наблюдений большое — 816, то и вѣроятность результата значительна. Для квадрата 10°—15° с. ш., 25°—30° в. д. въ Сентѣбрѣ — число наблюдений 618, равнодѣйствующее направленіе — SW 89°, механич. равнод. скорости — 3,4 м.м., арифмет. средняя скорость — 13,8 м.м. *Устойчивость* — $3,4 \times 100 : 13,8 = 25\%$, т. е. малая, а число наблюдений большое, значитъ, вѣроятность вѣрности теченій въ этомъ квадратѣ въ Сентѣбрѣ большая. Оба примѣра взяты изъ голландскихъ наблюдений. Квадраты впрочемъ имѣли восточн., первый въ области экваторіальнаго Протинантеченія или Гвинейскаго теченія, а второй къ северу, изъ переходной полосы между Протинантеченія къ северному Экваторіальному теченію. Такимъ образомъ оказывается, что въ двухъ квадратахъ, лежащихъ рядомъ, условія *устойчивости* теченій могутъ значительно различаться.

Способы изображенія теченій на картахъ. — Первый примѣръ обработки и изображенія теченій, имѣя указанный, употребляется въ *директоріяхъ* морскихъ офицеровъ. Сперва весь матеріалъ обрабатывается по 2°—1° квадратахъ, для каждого изъ которыхъ опредѣляется равнодѣйствующее теченіе. Все это выносятся на карту крупнаго масштаба и затѣмъ обобщается, отчасти на глазъ, и переводится на карты меньшаго масштаба, представляющія къ изданію. На нихъ теченія обозначены волнистыми стрѣлками, тѣмъ болѣе длинными, чѣмъ скорость теченія больше (0,5 дюйма = 100 морск. м. въ 24 ч.); тѣмъ наблюдений было много, у стрѣлокъ показываемо по двѣ цифры, напримеръ, 10—30, меньшая цифра соответствуетъ наименьшей, а большая — высшей скорости.

течений за 24 ч. на этомъ мѣстѣ. Если наименьшая цифра нуль, то, очевидно, течение въ этомъ мѣстѣ мало послѣдствіе, несущественно. Въ мѣстахъ, гдѣ замѣтныхъ течений не обнаружено, на картѣ поставлены кружочки съ точкою въ центрѣ. Такъ наблюденій мало, такъ стрѣлки безъ цифръ и короткія. Пустыя мѣста на картѣ составляютъ отсутствіе достаточнаго числа наблюденій: суда въ океанахъ ходятъ по вѣнчайшимъ путямъ по времени, т. е. следовательно, въ мѣстахъ есть и большія дѣрзкія и пространства, гдѣ суда бывають рѣдко и случайно. Предѣлами точности опредѣленія теченія приняты вѣнчайшія въ морск. мѣстѣ, потому каждаго опредѣленія теченія въ 6 м. въ 24 ч. считается за отсутствіе теченія.

Материалъ, послужившій для составленія картъ теченій, Англійскаго Адмиралтейства обширенъ, некуда изложить иной. Для Атлант. трехъ океановъ по 12 картъ каждый были изданы наблюденья 5.500 судовыхъ журналовъ, изданы въ Метеорологическомъ бюро, 13.000 журналовъ военнаго флота, начиная съ 1830 г., послѣ того, какъ хронометры были сдѣланы обязательными при плаваніи въ океанѣ; 15.000 опредѣленій теченій японскихъ судовъ; 9.000—французскихъ судовъ и еще наблюденія голландскихъ, австрійскихъ и русскихъ судовъ. Обработка продолжалась 8 лѣтъ.

Въ видѣ примѣра здѣсь приведена часть картъ теченій Индійскаго ок. на Инд. мѣстѣ, когда въ сѣверномъ полушаріи развѣтъ SW муссонъ (фиг. 177). Къ югу отъ Цейлона и у берега Африки, какъ видно на картѣ, теченія обладаютъ большими скоростями.

Вотъ атласъ для трехъ океановъ *). Англійское Адмиралтейство издало еще карту Мирового океана съ теченіями въ среднѣмъ по году, выраженными такими же изображеніями (см. далѣе, фиг. 194).

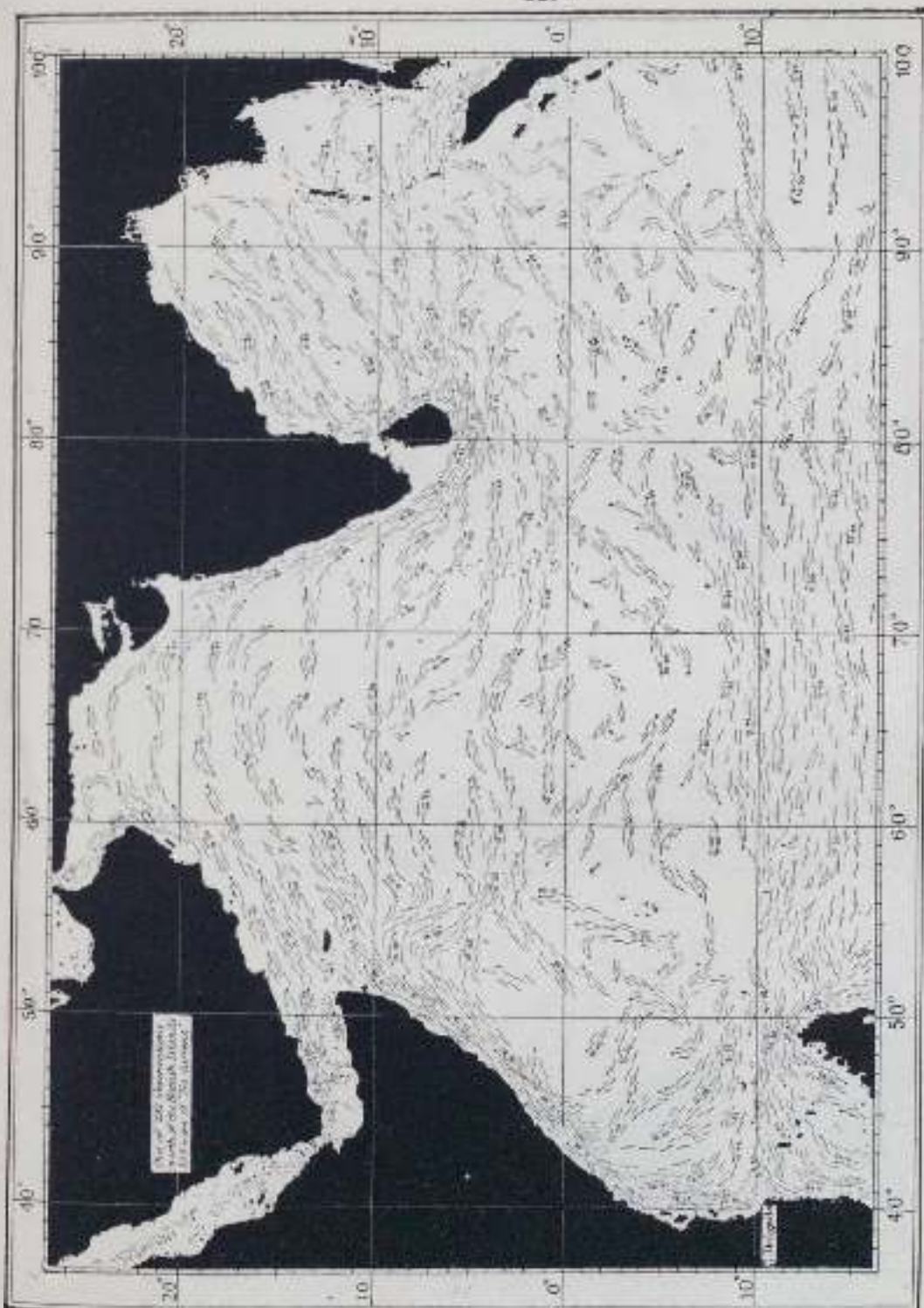
Другой пріемъ способа изображенія теченій заимствованъ изъ метеорологіи, а именно способъ розъ теченій; въ этомъ случаѣ обработка теченій въ каждомъ квадратѣ ведется такъ и для розъ вѣтровъ, т. е. всѣ наблюденія раздѣляются на столько группъ, для сколькихъ направлений желаютъ получить розу теченій. Каждая роза строится для центра квадрата.

Для примѣра приведена часть картъ теченій Сѣвернаго Индійскаго ок. (фиг. 178) тоже на Инд. мѣстѣ (чтобы способъ изображеній легче было сравнить между собою), занимающаяся въ западной части, построенная на основаніи наблюденій голландскихъ судовъ за время съ 1856—1908. Въ каждомъ 5°-мъ квадратѣ дана роза теченій въ 18 направлений **). Число въ лѣвомъ верхнемъ углу квадрата обозначаютъ широты и долготы его; число въ лѣвомъ нижнемъ углу дано: въ числѣ—число наблюденій, въ знаменателѣ—число квадратовъ, когда теченія не было, а оба числа вмѣстѣ даютъ повѣрье вѣроятности розъ теченій. Скорость теченій въ морскихъ миляхъ за 24 ч. выражена числомъ стрѣлокъ, согласно приложенной шкалѣ; чѣмъ стрѣлка толще и чѣмъ больше на ней условно, тѣмъ и скорость больше. Устойчивость показана длиною стрѣлокъ по линейному масштабу, приложенному къ картѣ (на фиг. 178 его нѣтъ), въ процентахъ. Пустые квадраты остались такіе, гдѣ число наблюденій было недостаточное.

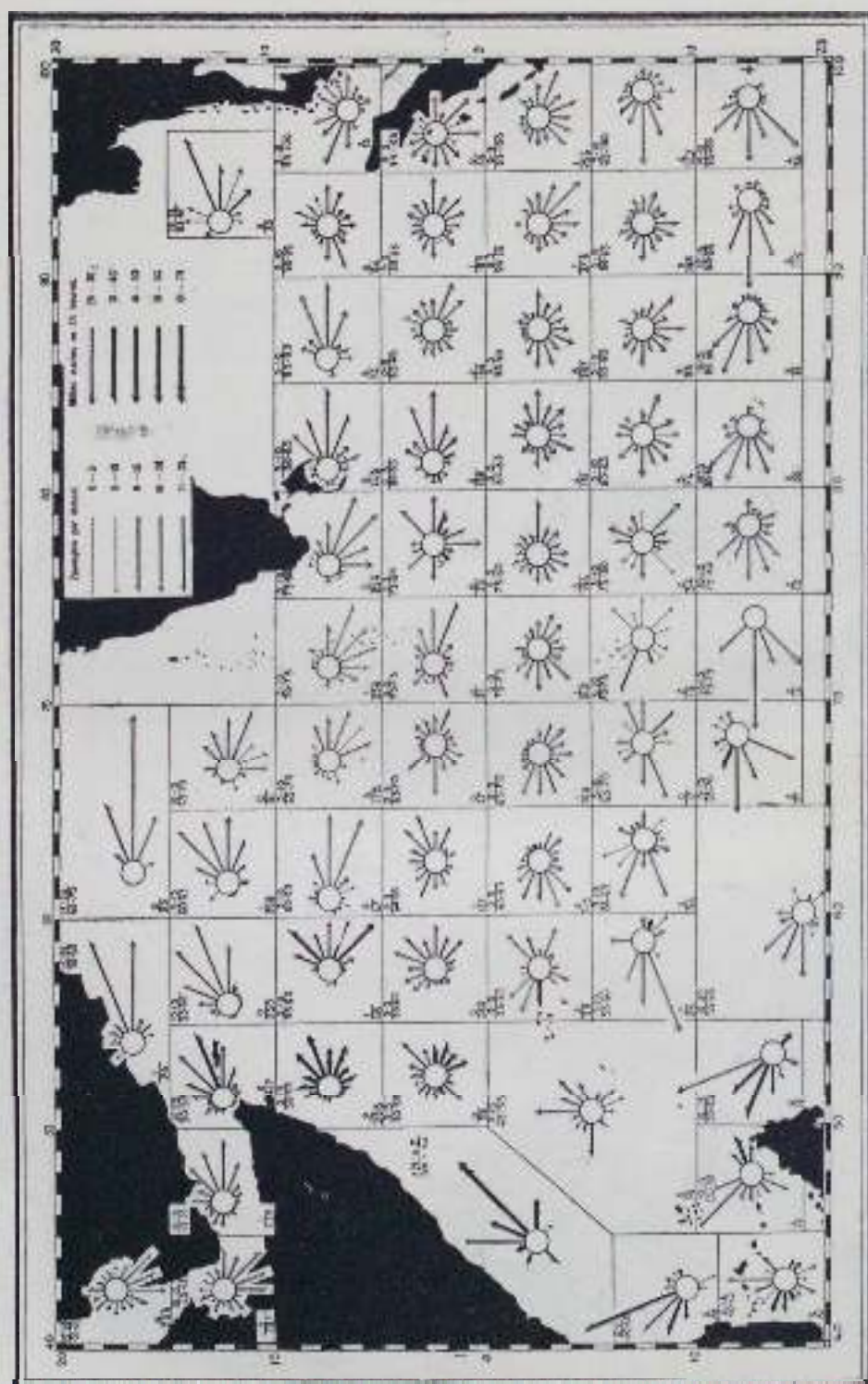
Третій способъ изображенія теченій данъ на картѣ, вѣнчайше въ Инд. мѣстѣ (фиг. 179). На картѣ обозначены по возможности всѣ случаи сдѣланныхъ наблюденій теченій, каждое особымъ стрѣлкомъ; скорости за 24 ч. въ морскихъ миляхъ выражены толщиной стрѣлокъ, чѣмъ толще—тѣмъ скорости больше, въ

*) Pacific, oc. 1897, Indian oc. 1896, Atlantic oc. 1897, World chart—1900.

**) Не надо забывать, что вѣтеръ дуетъ въ компасъ, а теченіе идетъ изъ компаса; т. е. вѣтеръ обозначается румбомъ, отъ котораго онъ дуетъ, а теченіе—румбомъ, въ котораго оно идетъ.



Диаг. 27. Температурные и батиметрические карты Тихого океана.



Фиг. 172. Терекская область. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде. Виде.

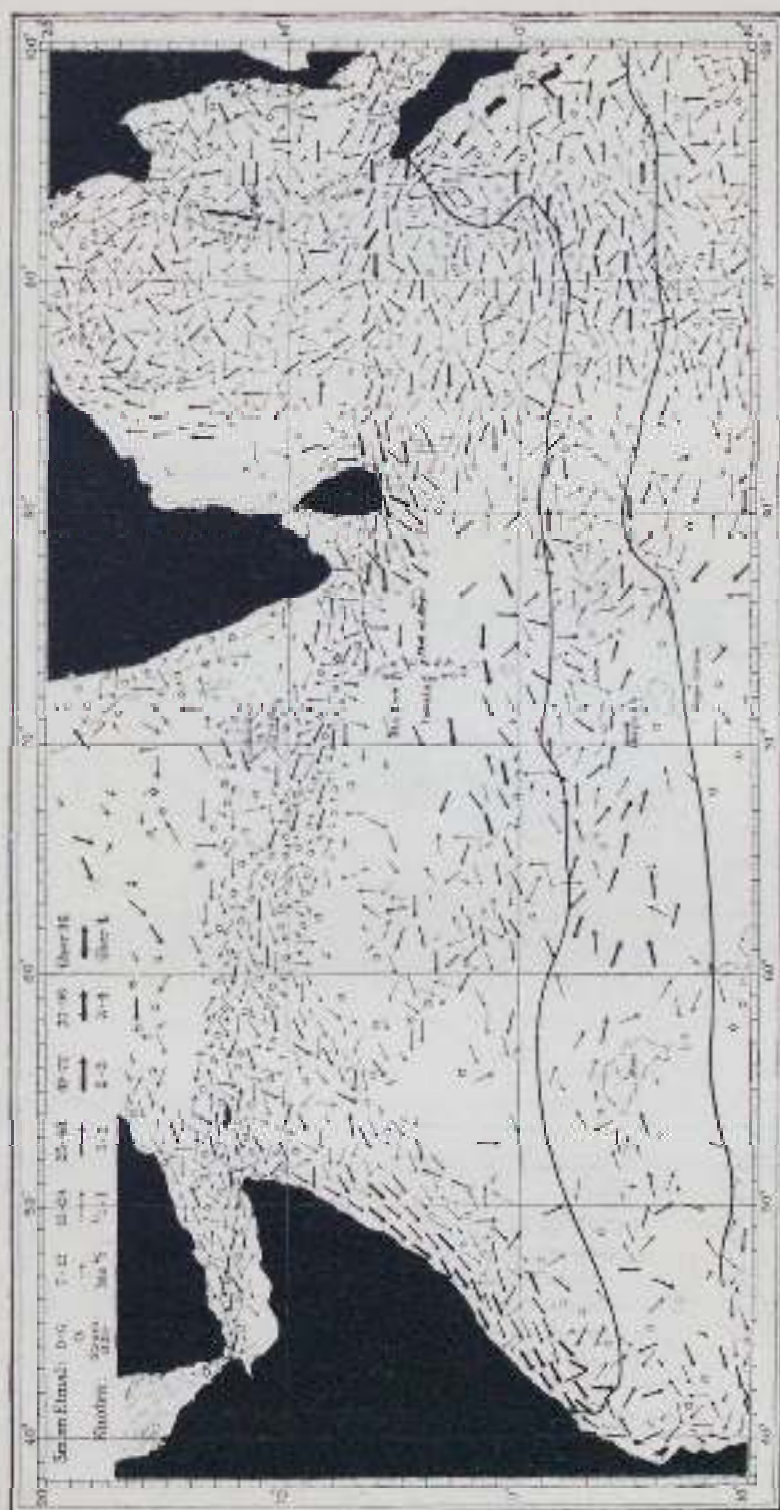
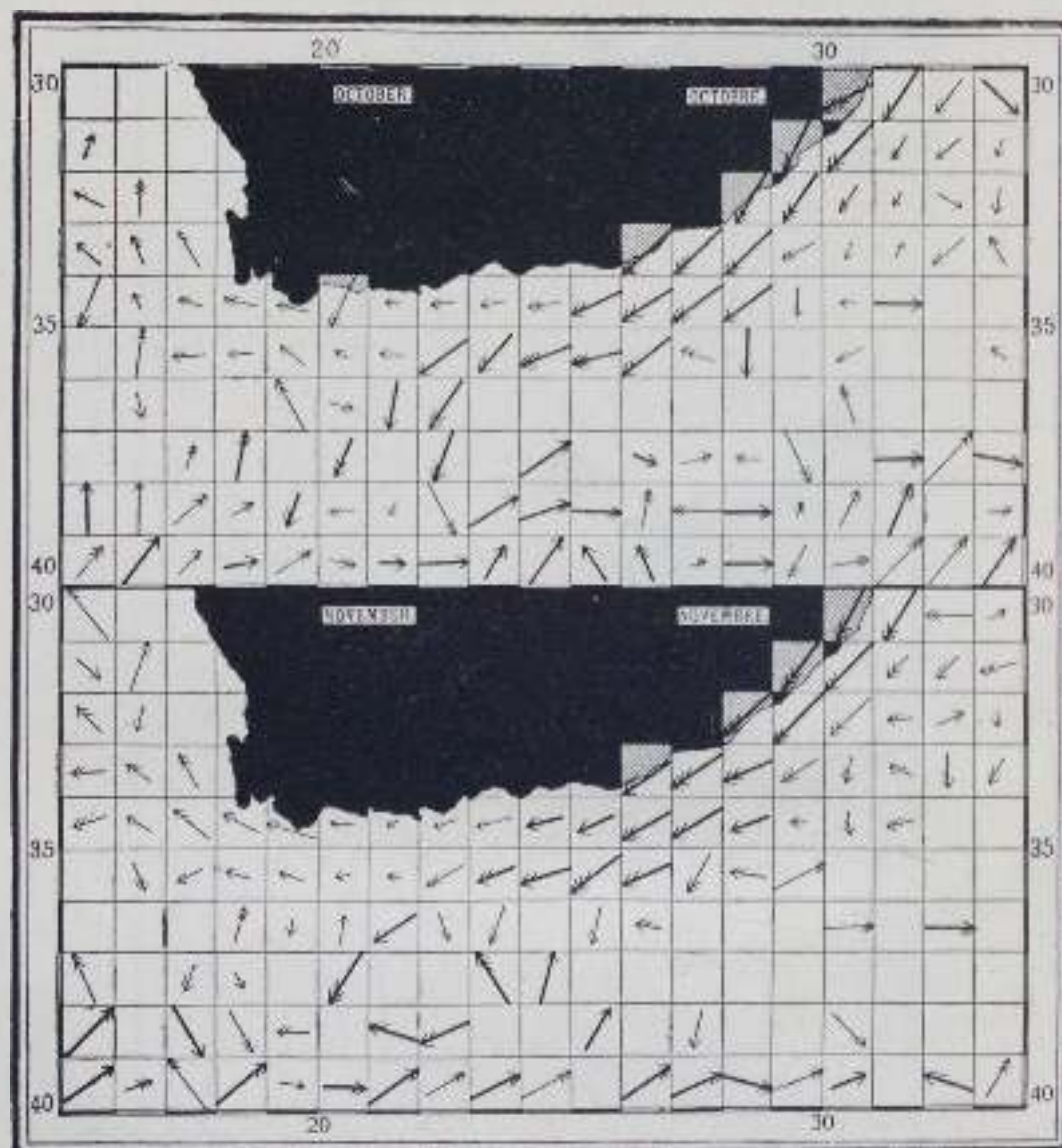


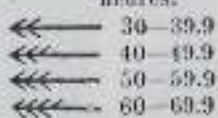
Рис. 179. Карта магнитного поля в 1900 году. На карте показаны магнитные меридианы, параллели, и линии магнитного склонения.



Zee mijlen per etmaal.



Milles marins en 24 heures.



карты дана шкала скоростей. Случая, когда теченіе не наблюдалось (или оно было медленнѣе 6 м.м. въ 24 ч.), обозначены кривыми въ томъ мѣстѣ, гдѣ это было. Для того, чтобы дать понятіе объ устойчивости, въ атласѣ для каждаго мѣсяца дана еще карта того же мѣсяца, гдѣ построены розы теченій по изобразкамъ, и такимъ образомъ выражена тѣмъ же способомъ, кривъ и въ послѣдствіи атласѣ. Обѣ карты имѣютъ двѣнадцать полюсовъ и вѣтвины вѣроятности теченій. Атласъ составленъ на основаніи нѣмецкихъ и голландскихъ наблюденій, общее число наблюдений было 221,979, а для января число ихъ было 19,795.

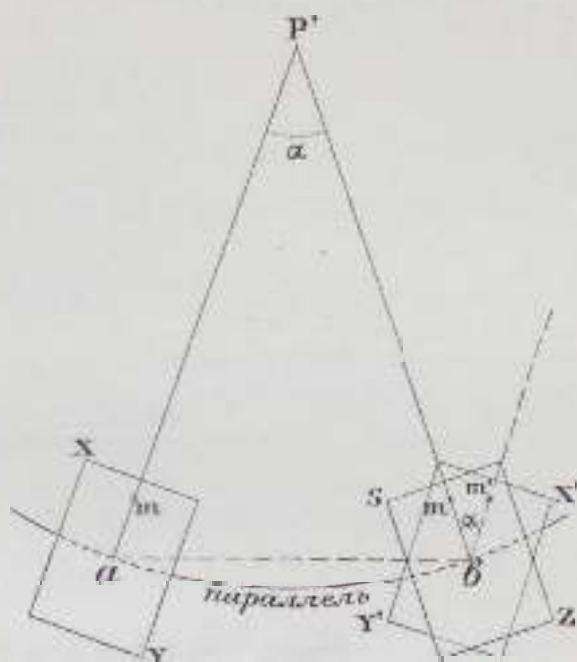
Четвертый примѣръ изображенія теченій показанъ на картѣ, наметаванномъ въ голландскомъ атласѣ для Нюльскаго теченія около южной оконечности Африки (фиг. 180) для мѣсяцевъ Октября и Ноября. Теченія показаны для каждаго 1° квадрата одного разностѣйствующаго вѣтра близлежащихъ направлений. Скорости въ морскихъ миляхъ въ 24 ч. выражена толщиною стрѣлокъ и числомъ усовъ на нихъ по шкалѣ, приложенной на картѣ. Устойчивость выражена въ процентныхъ дѣлюхъ стрѣлки, 75% устойчивости или болѣе показаны стрѣлками отъ края до края квадрата, а меньшее число процентовъ показано соответственно болѣе короткими стрѣлками въ три четверти, половину и четверть этой наибольшей величины. Для послѣдовательныхъ мѣсяцевъ приведены также, чтобы видѣть, насколько и сталъ устойчиво теченіе, карты Нюльскаго, все-таки означены для мѣсяцевъ въ мѣсяцѣ даже въ стрѣлкахъ на мѣхѣхъ величинахъ (фиг. 180).

Вліяніе вращенія земли на теченія.—Выводъ закона уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси и вліяющей на всѣ движущіяся по землѣ частицы. — Пусть на поверхности земли проведено два близкихъ другъ къ другу меридіана (фиг. 181) Pa и Pb и параллель широты φ . Въ точкахъ a и b пересѣченій параллели съ меридіанами проведены касательныя P^1a и P^1b къ меридіанамъ; очевидно, онѣ пересѣкутся на продолженіи земной оси въ той же точкѣ P^1 . Въ точкахъ a и b проведемъ плоскости xy и $z\zeta$, касательныя къ земной поверхности, слѣдовательно, линіи P^1a и P^1b будутъ лежать въ этихъ плоскостяхъ. Согласно опредѣленію понятія о горизонтѣ, каждая изъ проведенныхъ плоскостей есть горизонтъ для точекъ земной поверхности a и b .

Вслѣдствіе суточного вращенія земли на оси, всѣ точки ея поверхности равномерно переносятся съ запада на востокъ. Слѣдовательно, если въ какой-либо моментъ нѣкоторая точка земной поверхности совпадетъ съ точкою a , то послѣ поворота земли на уголъ β (соотвѣствующій углу α между касательными P^1a и P^1b) точка a перейдетъ въ точку b , а плоскость горизонта xy перемѣстится въ положеніе плоскости $z\zeta$, причѣмъ по отношенію къ своему первоначальному положенію плоскость горизонта xy повернется на нѣкоторый уголъ влѣво около вертикальной линіи, проходящей черезъ данную точку на земной поверхности. Поворотъ горизонта совершается непрерывно вмѣстѣ съ вращеніемъ земли на оси, и когда земля повернется на уголъ β , то и горизонтъ xy по-

не совмѣстится съ точкою b , то плоскость горизонта xy займетъ новое положеніе $x'y'$. При этомъ линія am или въ новомъ положеніи линія bm' составитъ съ касательною bP' уголъ α .

Чтобы плоскость $x'y'$ совпала съ плоскостью горизонта xy , ее надо повернуть около линіи bP' ; при этомъ поворотъ линіи bm сохранить въ пространствѣ свое положеніе, и уголъ α не измѣнится, а плоскость $x'y'$ займетъ въ пространствѣ то самое положеніе, какое горизонтъ занимаетъ по отношенію къ землѣ въ точкѣ b на чертежѣ фиг. 181. По совпаденіи этихъ плоскостей, точка m' окажется *вправо* отъ направленія меридіана bP' на уголъ α .



Фиг. 182. Плоскость горизонта.

Между тѣмъ точка m принадлежитъ земной поверхности и находилась въ покоѣ на меридіанѣ, пока земля повернулась на уголъ β (фиг. 181), слѣдовательно, уголъ α появился только вслѣдствіе поворота плоскости горизонта около вертикальной линіи въ точкѣ b влѣво отъ направленія bm на уголъ α .

Найти выраженіе для угла α можно такимъ путемъ.

Предположимъ, что поворотъ земли на уголъ β происходитъ въ очень малый промежутокъ времени, тогда имѣемъ:

$$\alpha = \frac{ab}{aP'} \dots \dots \dots I$$

гдѣ ab есть дуга параллели (фиг. 181).

Съ другой стороны:

$$ab = \beta r$$

$$r = R \cos \varphi$$

а:

слѣдовательно

$$ab = \beta \cdot R \cos \varphi \dots \dots \dots (a)$$

Въ свою очередь, имѣемъ:

$$\sin \varphi = \frac{r}{aP}$$

откуда

$$aP' = r \cos^2 \varphi \dots\dots\dots (b)$$

Подставляя величины (a) и (b) въ уравненіе (I), получаемъ:

$$\alpha = \frac{\beta \cdot R \cos \varphi}{r \cos^2 \varphi}$$

замѣнивъ r черезъ $R \cos \varphi$, имѣемъ:

$$\alpha = \frac{\beta \cdot R \cos \varphi}{R \cos \varphi \cdot \cos^2 \varphi} = \frac{\beta}{\cos^2 \varphi} \quad \text{или}$$

окончательное выраженіе для угла α

$$\alpha = \beta \sin^2 \varphi \dots\dots\dots \text{II}$$

Въ этомъ выраженіи уголъ поворота земли β можетъ быть замѣненъ угловою скоростью вращенія земли. Дѣйствительно, уголъ:

$$\beta = \frac{2\pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} \quad \text{секунда,}$$

что и есть угловая скорость вращенія земли, обыкновенно обозначаемая буквою ω . Слѣдовательно, имѣемъ окончательно:

$$\alpha = \omega \sin^2 \varphi \dots\dots\dots \text{III}$$

Пользуясь этимъ значеніемъ для угла α , легко вывести выраженіе уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси.

Предположимъ, что въ плоскости горизонта нѣкоторой точки a (фиг. 183) земной поверхности имѣется матеріальная частица α , могущая свободно перемѣщаться по поверхности земли. Пусть къ этой частицѣ приложена нѣкоторая сила, сообщившая частицѣ α скорость v по произвольному направленію ak . Если бы земля не вращалась на оси, и, слѣдовательно, какъ показано выше, горизонтъ вслѣдствіе того не вращался бы около вертикали точки a , то черезъ нѣкоторый промежутокъ времени частица изъ точки a перешла бы въ точку k . Но, вслѣдствіе

вращения земли на оси и пересекающего этого вращения горизонта (на сѣв. полуш. вѣѣво), частица, продолжая двигаться по инерціи по полученному ею въ точкѣ a направленію, придетъ черезъ тотъ же промежутокъ времени не въ k , а въ точку k' , и линія ak' составитъ съ линіей ak уголъ α , выражающій величину отклоненія матеріальной частицы отъ даннаго ей въ точкѣ a направленія движенія по ak , вследствие вращенія земли на оси.

Выше было показано, что для промежутка времени въ одну секунду

$$\alpha = \omega \sin \varphi.$$

Предположимъ, что частица изъ точки a движется равномерно въ точкѣ k по окружности, т.-е. возьмемъ простѣйшій случай движенія. Центръ окружности дожить въ точкѣ η (фиг. 183). При движеніи по кривой появляется центробѣжная сила, и, чтобы частица все-таки двигалась по окружности, необходимо существованіе центростремительной силы, равной по величинѣ центробѣжной.

Центробѣжная сила получается изъ слѣдующаго выраженія:

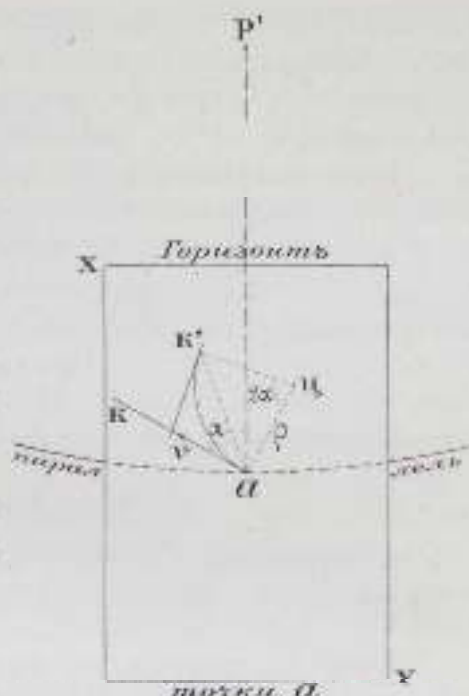
$$f = \frac{v^2 m}{\rho}$$

гдѣ v —скорость движенія частицы, m —ея масса, а ρ —радіусъ кривизны пути. Если принять массу частицы за единицу, то имѣемъ:

$$f = \frac{v^2}{\rho} \dots \dots \dots (c)$$

На чертѣжѣ (фиг. 183) видно, что дуга

$$ak' = 2\alpha\rho \dots \dots \dots (d)$$



Фиг. 183. Опредѣленіе уклоняющей силы.

Пусть промежуток времени движения частицы от a до b будет t , тогда

$$ak' = 2\alpha\rho = vt.$$

Выше из уравнения (III) видно, что для одной секунды уголъ

$$\alpha = \omega \sin \varphi$$

слѣдовательно, для t секундъ.

$$\alpha = \omega \sin \varphi \cdot t.$$

Подставляя эту величину въ выражение (d), получимъ:

$$2\alpha\rho = 2\rho\omega \sin \varphi \cdot t = vt$$

или по сокращеніи:

$$2\omega\rho \sin \varphi = v.$$

Теперь въ уравненіи (c) поставимъ вмѣсто v сейчасъ найденное его значеніе и получимъ слѣдующее выраженіе для центробѣжной силы:

$$f = \frac{v^2}{\rho} = \frac{(2\omega \sin \varphi \cdot \rho)^2}{\rho} = \frac{(2\omega \sin \varphi \cdot \rho)(2\omega \sin \varphi \cdot \rho)}{\rho} = \frac{v \times 2\omega \sin \varphi \cdot \rho}{\rho}$$

или по сокращеніи:

$$f = 2\omega v \sin \varphi \dots\dots\dots (A)$$

Отсюда видно, что уклоняющая сила, происходящая вслѣдствіе вращенія земли на оси, выражается удвоеннымъ произведеніемъ угловой скорости вращенія земли на скорость движенія частицы и на синусъ широты.

Иначе говоря, величина уклоняющей силы зависитъ отъ двухъ условий: величины скорости движенія частицы и широты мѣста.

При той же скорости движенія уклоняющая сила увеличивается съ широтою и достигаетъ наибольшей величины на полюсахъ, а на экваторѣ обращается въ нуль.

Изъ всего предшествоващаго разсужденія и изъ чертежей видно, что въ сѣверномъ полушаріи уклоняющая сила дѣйствуетъ всегда пер-

перпендикулярно *сравно*, т.-е. заставляеть движущуюся частицу уклоняться от своего первоначальнаго направленія *вправо*. Прилагая такіа же разсужденія къ южному полушарію, получимъ, что такиа та же причина будетъ уклонять частицу перпендикулярно *влево* отъ ея первоначальнаго направленія движенія.

При выводѣ выраженія уклоняющей силы отъ вращенія земли на оси было взято произвольное направленіе движенія частицы отъ точки *a* къ точкѣ *k*¹ (фиг. 183), слѣдовательно, и выводъ не зависить отъ азимута направленія движенія частицы. По какому бы направленію она ни двигалась—по меридіану къ сѣверу или къ югу, по параллели къ востоку или западу, или по какому иному направленію, всегда перпендикулярно къ направленію движенія частицы будетъ приложена уклоняющая сила земли *).

Большая часть морскихъ теченій имѣетъ скорости отъ 0,5 до 1,0 метра въ секунду (отъ 24 до 48 морскихъ миль въ 24 ч.); при такихъ скоростяхъ радиусъ кривизны *p* въ разныхъ широтахъ будетъ въ километрахъ:

$\varphi \backslash v$	0°	2°,5	5°	10°	30°	50°	60°	80°	90°
0,5	∞	78,9	39,3	19,7	6,9	4,5	4,0	3,5	3,4
1,0	∞	157,2	78,7	39,5	13,7	9,0	7,9	7,0	6,9

Выраженіе для *p* получается изъ того же уравненія (A)

$$\frac{v}{p} v = v^2 \omega \sin \varphi$$

$$p = v : 2 \omega \sin \varphi$$

*) При выводѣ выраженія уклоняющей силы было предположено, что движеніе происходитъ по окружности, но, по какой бы кривой это ни происходило, дугу кривой всегда можно раздѣлить на такіа части, которыя будутъ совпадать съ окружностью въ теченіе достаточно малаго промежутка времени, а движеніе въ такой промежутокъ времени можетъ быть принято за равномерное.

Изъ этой таблицы видно, что въ малыхъ широтахъ уклоняющая сила не велика, такъ какъ радиусъ кривизны пути частицъ подъ ея влияніемъ очень великъ; въ большихъ же широтахъ наоборотъ *).

Причины океаническихъ теченій. — Движеніе воды въ океанахъ только что начинаетъ изучаться, даже относительно поверхностныхъ теченій извѣстно еще очень немного, а глубинныя и придонныя и вовсе еще не изучались. Между тѣмъ несомнѣнно, что поверхностное и глубинное движеніе воды въ океанахъ образуетъ одну сложную систему, которая даже и въ своей части, совпадающей съ океаническою поверхностью, недостаточно изслѣдована. Неудивительно потому, что это сложнѣйшее океанографическое явленіе, не менѣе сложное, нежели подобныя же движенія въ воздушномъ океанѣ, не имѣетъ еще стройной теоріи, охватывающей всѣ причины, обуславливающія движеніе воды въ океанѣ.

Причины, могущія возбудить движеніе воды въ океанѣ и создать наблюдаемую систему океаническихъ теченій, можно подраздѣлить на три отдѣла.

Причины космическаго характера, разность плотностей и вѣтры.

Согласно современному взгляду, *космическія причины*, вращеніе земли и приливы, не могутъ возбудить ничего подобнаго наблюдаемымъ въ поверхностныхъ слояхъ теченіямъ, и потому эти причины здѣсь и не рассматриваются **).

*) Первый изъ ученыхъ, кто указалъ на вліяніе вращенія земли на отклоненіе океаническихъ теченій, былъ К. Махлорантъ (1698—1746), который въ своемъ трудѣ о приливахъ отнѣсилъ причину уклоненія движущихся частицъ воды отъ первоначальнаго направленія ихъ движенія. Онъ же первый указалъ, въ видѣ предположенія, и о вліяніи той же причины на движеніе воздушныхъ частицъ въ атмосферѣ.

**) Къ такимъ причинамъ относятся (крошѣ дѣйствіи уже оставленной причины — вращенія земли) вліяніе приливообразующихъ силъ. На возможности возникновенія теченій въ открытомъ океанѣ отъ причины уклоняющей силы, и между прочимъ въ 1874 г. такая гипотеза была изложена г-мъ Г. Барановъ. Н. Г. Шидлингомъ въ „Извѣстіяхъ Имп. Русск. Географ. Общ.“. Нѣтъ сомнѣнія, что приливообразующія силы, какъ это было видно въ главѣ о приливахъ, вызываютъ перемѣщенія частицъ водной массы океана; но эти движенія воды по своей величинѣ настолько незначительны, что они не могутъ быть даже и отдаленною причиною тѣхъ могучихъ теченій, какія встрѣчаются въ тропическихъ широтахъ и въ другихъ частяхъ океановъ. Можно думать, что приливообразующія силы въ состояніи дать въ открытомъ океанѣ теченіе скоростію до 3 сант. въ секунду или около 0,06 узла въ часъ (1,4 морск. в. въ 24 ч.), т. е. всего около 1:20 — 1:30 скорости, наблюдаемой въ экваторіальныхъ теченіяхъ.

Второю группою причинъ, возбуждающихъ теченія, являются всѣ тѣ условія, которыя производятъ разность плотностей въ морской водѣ, а именно, неравномѣрное распределеніе температуры и солености.

Третья причина возникновенія поверхностныхъ (а слѣдовательно отчасти и подводныхъ) теченій есть *вѣтеръ*.

I.—Вліяніе разности плотностей.—Разность плотностей многими признавалась какъ важнѣйшая причина океаническихъ теченій, этотъ взглядъ получилъ распространеніе въ особенности послѣ океанографическихъ изслѣдованій экспедиціи *Challenger'a*.

Въ это время сперва Карпентеръ, а потомъ Монъ высказали предположеніе, что разность плотностей есть одна изъ главныхъ причинъ теченій. Въ послѣднее время скандинавскіе ученые: Нансенъ, Вьеркнесь, Сандстрѣмъ, Петтерсонъ снова возобновили интересъ къ явленію разности плотностей, какъ причинѣ теченій.

Различіе плотностей въ морской водѣ есть результатъ одновременнаго дѣйствія многихъ причинъ, всегда существующихъ въ природѣ и потому непрерывно измѣняющихся плотности частицъ морской воды въ разныхъ мѣстахъ.

Каждое измѣненіе температуры воды сопровождается и измѣненіемъ ея плотности, при чемъ, чѣмъ температура ниже, тѣмъ плотность больше.

Измѣненіе солености также влечетъ за собою перемѣну плотности, но, какъ это было показано въ главѣ V (стр. 98), перемѣны температуры болѣе значительно вліяютъ на измѣненіе плотности.

Испареніе и замерзаніе тоже увеличиваютъ плотность, тогда какъ выпаденіе осадковъ уменьшаетъ ее.

Такъ какъ соленость на поверхности зависитъ (см. стр. 87) отъ испаренія, выпаденія осадковъ и таянія льдовъ, явленій, происходящихъ непрерывно, то и соленость на поверхности постоянно измѣняется, а вмѣстѣ съ нею и плотность.

Карта (фиг. 142, стр. 100) распределенія плотности въ среднемъ за годъ показываетъ, что этотъ элементъ неравномѣрно распределенъ по поверхности океана, а разрѣзъ Атлантическаго ок. по меридіану (фиг. 45, стр. 105) подтверждаетъ, что въ океанахъ и на глубинахъ плотности распределены неравномѣрно. Линіи равныхъ плотностей (изониксы) опускаются къ тропическому поясу въ глубины океана, а съ удаленіемъ отъ экватора онѣ выходятъ на поверхность.

Все это указывает, что, если бы никаких иных причинъ, возбуждающихъ теченія въ океанѣ, не существовало бы, а было бы только неравномерное распределеніе плотностей, то воды океана непремѣнно пришли бы въ движеніе; однако возникала бы такая система теченій и по характеру и по скоростямъ была бы совершенно иная, нежели сейчасъ наблюдаемая, потому что другія не менѣе важныя причины, также возбуждающія теченія,—отсутствовали бы.

Напримѣръ, въ пассатныхъ полосахъ испаряется слой воды въ нѣсколько метровъ толщины (см. фиг. 40, стр. 89), и около 2 м. этой испарившейся воды выпадаетъ въ штилевой экваториальной полосѣ. Отсюда расширенная вода (при существующей системѣ теченій) уносится къ востоку экваторіальнымъ противотеченіемъ. Остальная же масса водяныхъ паровъ антипассатомъ переносится въ умѣренныя пояса, гдѣ и выпадаетъ. Такимъ образомъ происходитъ постоянная убыль воды въ тропикахъ, которая должна возмѣщаться притокомъ изъ умѣренныхъ широтъ. Однако одна эта причина не въ состояніи создать наблюдаемую въ океанахъ систему теченій.

Точно также льды въ приполярныхъ и полярныхъ широтахъ частью расширяяютъ воду, дѣлаютъ легче, частью же охлаждають ее, увеличивають ея плотность и заставляютъ опускаться внизъ, обуславливая такимъ путемъ охлажденіе глубокихъ слоевъ океана (см. стр. 163—166), а слѣдовательно дають толчокъ къ движенію и поверхностныхъ водъ отъ умѣренныхъ широтъ къ полярнымъ. Однако одна эта причина не можетъ создать всей существующей сложной системы теченій *).

Такимъ образомъ несомнѣнно, что разность плотностей, постоянно поддерживаемая многими причинами во всей массѣ водъ Мирового океана, должна содѣйствовать образованію движенія водъ какъ на поверхности, такъ и на глубинахъ.

Въ послѣднее время норвежскій ученый В. Бьеркнесъ изложилъ свои взгляды на причины, могущія возбудить движеніе въ какой-либо средѣ, безразлично жидкости или газѣ. Причины эти заключаются единственно въ неоднородности самой среды, что въ природѣ всегда и наблюдается. Идея Бьеркнеса потому именно и замѣчательна, что онъ разбираетъ движеніе въ случаяхъ, взятыхъ изъ природы, а не какую-либо идеальную среду, совершенно однородную, какъ это обычно дѣлается.

*) Какъ по мнѣнію О. Петерсона, автора такого предположенія, это должно было бы быть—

Такъ какъ Бьеркнесъ беретъ среду не однородную, то основаніемъ его разсужденій должно быть обстоятельное изученіе распределенія плотностей въ рассматриваемой средѣ. Знаніе распределенія плотностей даетъ представленіе о внутреннемъ строеніи среды, а послѣднее позволяетъ гдѣ и о характерѣ возникающихъ въ ней движеній частицъ.

Сущность идеи Бьеркнеса вычисленія скоростей теченій на основаніи распределенія плотностей.—Предположивъ, что въ какой-либо массѣ воды температура и соленость распределены совершенно равномерно, тогда и плотности воды будутъ одинаковы, и следовательно набравшая масса воды будетъ однородна. Въ такихъ условіяхъ на одинаковыхъ глубинахъ давленія будутъ одни и тѣ же, и будутъ зависеть только отъ числа слоевъ, находящихся надъ каждымъ слоемъ (въ первомъ приближеніи съ высотой 10 м. глубины давленія увеличивается на одну атмосферу).

Если въ такой однородной средѣ провести поверхности равнаго давленія или, какъ ихъ иначе называютъ, — *изобарическія* *), то онѣ совпадутъ съ горизонтальными поверхностями. Если теперь сдѣлать вертикальное сѣченіе этой массы воды, то на немъ изобарическія поверхности изобразятся системой параллельныхъ и горизонтальныхъ линий.

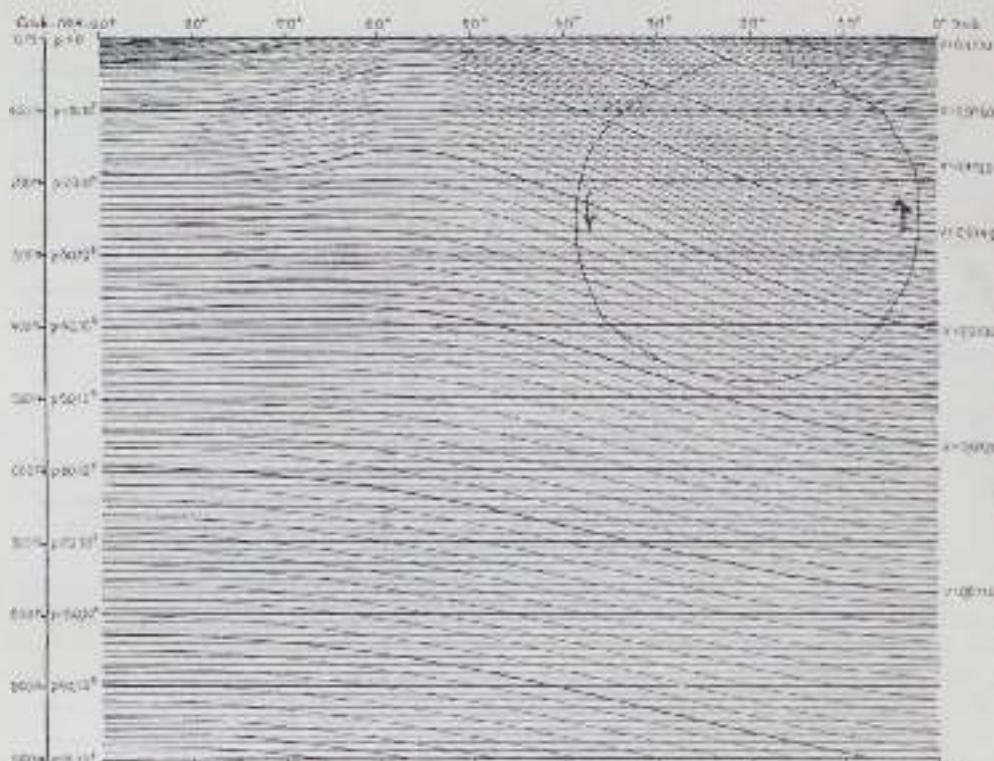
Въ случаѣ же, если въ набранной массѣ воды температура и соленость распределены неравномерно, то и зависящая отъ этихъ условій плотность воды на одинаковыхъ глубинахъ будетъ различна.

Бьеркнесъ вмѣсто плотности пользуется обратимыми величинами — удѣльными объемами и черезъ это въ изобарѣ, гдѣ послѣдніе одинаковы, проводить поверхности, которыя на вѣтномъ вертикальномъ сѣченіи изобразятся прямыми, наклонными или изогнутыми.

Такимъ образомъ на вертикальномъ разрѣзѣ получится двѣ системы линий, одна изъ которыхъ будетъ прямая, параллельная горизонту — *изобары*, а другія — *изостеры* будутъ или пересѣкаться подъ разными углами. Чѣмъ равнѣе въ изобарѣ будетъ больше нарушено, т. е., чѣмъ они будутъ далѣе отъ однородности, тѣмъ и плотности, и следовательно и удѣльные объемы, будутъ больше различны на одинаковыхъ глубинахъ. Потому такъ, гдѣ жидкость однородна, и изостеры будутъ совпасть съ изобарами; гдѣ же на близкихъ расстояніяхъ по горизонтальной поверхности изобары встрѣчаются значительныя разности въ однородности строенія жидкости, тѣмъ изостеры будутъ круто подниматься или опускаться.

Напримѣръ, на прилагаемомъ чертежѣ, длиною меридиональный разрѣзъ въ Атлантическомъ ок. (фиг. 184), проведенъ до глубины въ 1,500 м. черезъ 100 м. изобарическія поверхности (онѣ соответствуютъ увеличеніямъ давленія p черезъ десять единицъ, выраженнымъ въ с. г. с.). Наклонно въ нѣтъ проведены изостеры, тоже черезъ десять единицъ (удѣльные объемы обозначены на чертежѣ чертѣ е).

*) Въ системѣ единицъ С. Г. С. (сант.-грамм.-секунда) выражаетъ давленіе въ динахъ на квадратный сантиметръ. Однако такая единица давленія неудобна по малости своей величины, почему ее замѣнили метадинами (миллионъ дина) на квадратный сантиметръ. Бьеркнесъ предложилъ назвать эту величину давленія баръ, отъ греческаго слова, обозначающаго вѣсъ. Отсюда одна сотая доля бара будетъ сантибаръ, а одна тысячная — миллибаръ. 1,000 миллибаръ равны давленію ртутнаго столба въ 750,1 миллиметра. Выразивъ давленія въ барѣхъ, проводятъ черезъ нѣтъ съ одинаковыми давленіями изолінии которыя будутъ называться *изобарями*.



Фиг. 184. Горизонтальный разрез атл. Атлантики из Азорских и Азорских.

На чертеж видно, что в широтах 50° — 60° с. клин воды в широтах до 1.000 и, конечно, однороднее, нежели в северу от них и в особенности в югу в экваториальной области, где число изостер в том же слое гораздо больше. То же самое хорошо видно и на чертеж фиг. 18 (стр. 105), где дано meridionalное сечение Атлантики с указанием распределения плотностей.

Как видно на чертеж (фиг. 185), переступив изобары и изостеры дадут ряд параллелограммов, и чем изостеры идут более наклонно, тем и число параллелограммов больше ^{*)}. Очевидно, что, чем дальше объемы воды больше, т.е. чем вода обладает меньшей плотностью, тем она более и более стремится подниматься. На чертеж видно, что в экваториальной полосе в слое той же толщины, разница в утолщении объемов больше, и следовательно число параллелограммов тоже больше, чем в клин той же толщины в широтах 50° — 60° . Отсюда видно, что число параллелограммов в каком-либо слое представляет силу стремления частиц воды подниматься или опускаться и, подсчитав их число, возможно будет определить величину скорости движений частиц в океанах. Каждый параллелограмм на чертеж (фиг. 184) есть последствие переступив

^{*)} На чертеж фиг. 45, стр. 105, линии равных плотностей—изопьены—дают такую же силу параллелограммов с линиями изобар, которые там проведены через 100 м, т.е. в 10 раз реже, чем на фиг. 184, потому там и параллелограммов образовалось гораздо меньше.

двух изобарь и двух изостеръ неразрывнаго слоевища; следовательно въ пространствѣ (т. е. въ случаи въ данныхъ случаяхъ) пересеченія изобарическихъ и изостерическихъ поверхностей будутъ давать величины четырехгранныхъ трубокъ, которыя Бьеркнесъ предложилъ называть, по аналогіи съ вентрическими, *селенидами*.

Если мы на чертѣхъ (фиг. 184) проведемъ тѣ-либо произвольную замкнутую кривую, то, подсчитавъ числа селенидъ (параллелограммовъ), заключенныхъ въ ея площади, определяемъ по слѣду, ограниченной этими частями воды вдоль избранной кривой изъ состоянія покоя. На кривой, проведенной на чертѣхъ въ правой ея части (экваториальной), число селенидъ больше, чѣмъ на лѣвой, потому и движенье частицъ стремится пойти по направленію стрѣлки.

Внутреннее треніе въ жидкости будетъ препятствовать образованію движенья воды, и тѣмъ слѣдуетъ, чѣмъ больше ускоренія слѣдъ, составляющія частицы двигаться, вода наконецъ не наступитъ моментъ, когда треніе и возбуждающія движенья силы не уравновесятся, тогда вся масса воды придетъ въ установившееся состояніе. Если притяженіе, нарушающее однородность среды, будутъ продолжать такъ же равномерно дѣйствовать, то вся масса движенья частицы воды придетъ въ установившееся состояніе, и круговоротъ воды будетъ поддерживаться въ неизмѣнномъ видѣ.

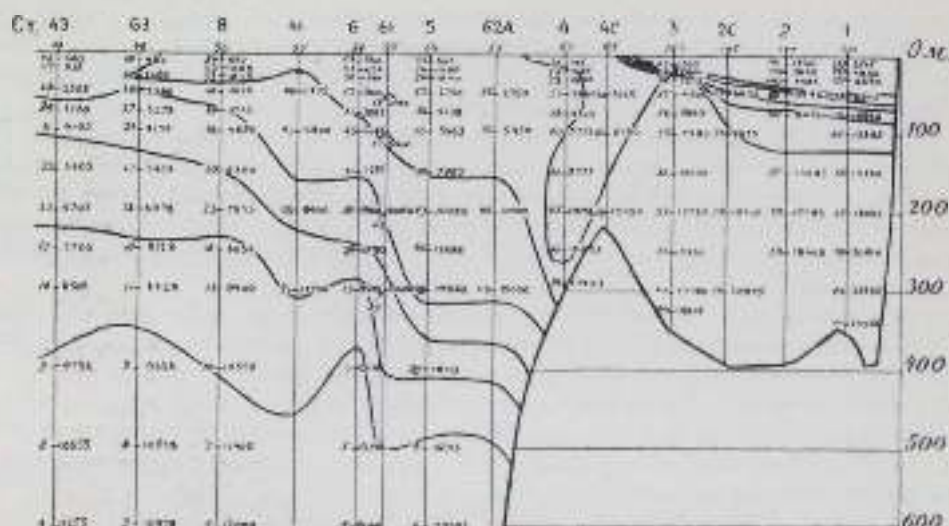
Для того, чтобы опредѣлить величину ускоренія движенья по какому-либо обводу, Бьеркнесъ далъ нижеслѣдующее выраженіе:

$$\frac{dC}{dt} = - \int v dr - 2\omega \frac{dS}{dt} - R$$

гдѣ C — есть скорости движенья, v есть удѣльный объемъ, p — давленіе, ω — угловая скорость вращенія земли, S — площадь проекціи кривой на экваторъ, а следовательно dS/dt есть измѣненіе этой площади во времени, а R есть внутреннее треніе. Главнѣе образовъ здѣсь, эквивалентъ, принято въ вниманіе и вліяніе ускореній силъ отъ вращенія земли и внутренняго тренія. Для вычисленія величины интеграла, входящаго въ выраженіе, составлены вспомогательныя таблицы, которыя позволяютъ переходить отъ изобразенныхъ плоскостей къ удѣльнымъ объемамъ и принимать во вниманіе вліяніе сжатія воды на удѣльный объемъ на глубинахъ.

Величина R внутренняго тренія остается неизвѣстной, и потому вычисленія ускореній движенья по какому-либо обводу даютъ только относительныя величины, но и эти величины означивать нельзя, дѣлая поправку въ токъ, гдѣ скорости теченій должны быть относительно больше и гдѣ меньше. А также подобнымъ же путемъ можно изучить попятіе и о направленіяхъ движенья; все это при помощи устройства динамическихъ картъ для разныхъ глубинъ на основаніи заранѣе вычисленныхъ динамическихъ разрывовъ, т. е. тѣхъ разрывовъ, гдѣ проведенны изостеры и изобары, и проставлены величины вышеупомянутыхъ интеграловъ.

Чтобы пояснить вышесказанное, здѣсь приведемъ динамическій разрывъ Нансена (фиг. 185), идущій перпендикулярно берегу Норвегіи отъ Согне-фіорда къ Исландіи. На немъ изобары не проведенны, чтобы не измѣнять чертѣхъ, къ тому же вдоль нихъ проставлены числа, выражающіе удѣльные объемы (выше отъ вертикальныхъ линій, обозначающихъ места станцій) и числовыя величины интеграловъ (направо), т. е. число селенидъ, заключенныхъ между поверхностью и данною глубиною (изобарою). Тѣмъ, гдѣ послѣднія числа быстро увеличиваются съ глубиною, и проведенныя на чертѣхъ изостеры враще наклонены къ горизонту. Вверху направо изостеры не проведенны, потому что онѣ тамъ малѣе одна радиусъ съ другою.



Фиг. 185. Динамический разрез ГФ. Карибского м. отъ Сана-Фелипа въ Мексикѣ.

Составить несколько таких динамических разрезов, съ нихъ можно снѣть (или вычислить) для каждой стціи то число соленоводности, какое приходится на той же самой изобарѣ (или изобуитѣ), и нанести эти числа на карту у каждой стціи. Проведя соотвѣстныя кривыя черезъ эти съ одинаковыми числомъ солеводности, получимъ динамическую карту для избранной толщины слое (считая отъ поверхности), на которой, чѣмъ ближе расположенъ изоліній, тѣмъ, очевидно, число соленоводности отъ стціи къ стціи больше; это можно такъ и случается, гдѣ на разрезѣ (фиг. 185) изолінеи идутъ круче. Завѣдимъ динамическую карту (фиг. 186) для слое отъ поверхности до глубины въ 100 метровъ. Если на ней видно, что берега Персидскаго океана излучены, потому что тутъ и Персидское Атлантическое теченія (см. далѣе описание этого теченія) обладаютъ наибольшими скоростями. Съ удаленіемъ же отъ береговъ къ западу, скорости этого теченія становятся меньше и меньше, и изолінеи расположены все рѣже и рѣже (см. описание теченія, стр. 568). На картѣ (фиг. 186) есть принята стрѣлка, которая отмѣчаетъ крутой изгибъ изоліній, очевидно, обусловленный образованіемъ шельфа водопорожнѣ. Если сравнить эти карты съ топографическими на картѣ (фиг. 209), то увидимъ, что и тамъ, на основаніи распредѣленія высотъ на той же глубинѣ 100 м., также имѣется круизворота, или обозначившаяся изолінеи, параллельно параллели южнаго берега Мексикѣ и южной Оркнейскихъ о-въ).

Изъ этого прѣктира видно, что динамическія карты способствуютъ незначительно движенью воды, хотя и не даютъ еще возможности опредѣлять непосредственно изъ скорости. Конечно, всѣ таковыя выводы прѣдполагаютъ, что всѣ движенья въ избранной области воды происходятъ изъ установившихся состояній. Нѣкоторые наблюденія однако указываютъ, что въ океанѣ постоянно существуютъ разныя возмущенія причины, какъ, напримеръ, внутренній волны большихъ періодовъ, вихревыя движенья, особая одновременная пульсация скоростей теченія. Все это заставляетъ думать, что крѣдь ли существуетъ въ массахъ воды океана область установившагося движенья.

Съ другой стороны, эти же причины приводятъ къ выводу, что наблюденія, сдѣланные вдоль какой-либо разреза, хотя и въ короткое время, во все-таки не одновременно, отно-



Фиг. 186. Динамическая карта части Сѣв. Берингова моря.

связи съ разнородными внутренними теченьями водной массы и потому дають неочинны данныя для вычислений. Такимъ образомъ приемъ Вьернепеса пока дасть только приблизительная представленія о теченьяхъ, и невозможность принять во вниманіе внутреннее треніе, конечно, всегда дасть слишкомъ малые среднія величины скоростей, вычисленныя этимъ путемъ.

II.—Вліяніе вѣтра. — Связь между вѣтромъ и поверхностными теченьями настолько проста и легко замѣтна, что среди моряковъ вѣтеръ давно признавался важною причиною теченій.

Первый, кто указалъ въ наукѣ на вѣтеръ, какъ на главную причину теченій, былъ В. Франклинъ въ своихъ разсужденіяхъ о причинахъ, вызывающихъ Гольфстримъ (1770 г.). Затѣмъ А. Гумбольдтъ (1816 г.), излагая свой взглядъ на причины теченій, указалъ на вѣтеръ, какъ на первую причину ихъ. Первостепенное значеніе вѣтра, какъ причины теченій, такимъ образомъ давно признавалось многими, но оно получило сильную поддержку послѣ математической обработки вопроса, произведенной Цѣнприцемъ (1878 г.).

Теорія Цѣнприца. — Цѣнприцъ разобралъ вопросъ о постепенной передачѣ движенія отъ поверхностнаго слоя воды, приведеннаго въ движеніе вѣтромъ, къ слѣдующему, отъ послѣдняго къ лежащему подъ нимъ

и т. д. Цёпприцъ показываетъ, что, въ случаѣ безконечно долгаго времени дѣйствія движущей силы (вѣтра), движеніе будетъ передаваться въ глубину такимъ образомъ, что скорости въ слояхъ будутъ убывать пропорціонально глубинамъ независимо отъ величины внутренняго тренія. Если же силы дѣйствуютъ ограниченное время, и вся система движущихся частицъ не пришла въ стационарное состояніе, то скорости на разныхъ глубинахъ будутъ зависеть отъ величины тренія. Цёпприцъ заимствовалъ для своей гипотезы коэффициентъ тренія изъ опытовъ надъ истеченіемъ жидкостей, въ томъ числѣ и морской воды, и, вставивъ его въ свои формулы, получилъ выводъ слѣдующаго рода.

Если поверхностный слой идетъ со скоростью v , то на глубину въ 10 метровъ эта скорость передается черезъ 0.41 года, на 100 м. черезъ 41 г., на 500 м. черезъ 2.050 л., а на глубину около 4.000 м. черезъ 10.000 лѣтъ передается приблизительно $0.037 \times v$, т.-е. 3,7%.

Такимъ образомъ по Цёпприцу должны были бы существовать въ океанѣ на значительныхъ глубинахъ теченія замѣтныхъ скоростей.

Этой теоріи было сдѣлано возраженіе *), указывающее, что количество движенія, существующее въ пассатныхъ вѣтрахъ, во много меньше соответствующей величины въ экваторіальной теченія. Однако тутъ надо принять во вниманіе продолжительность и непрерывность дѣйствія пассатовъ; очевидно, что вѣтру въ этомъ случаѣ, послѣ достиженія теченіемъ установившагося состоянія, нужно только восполнить потерю движенія отъ внутренняго тренія, и потому итѣрь въ совокупности за большой промежутокъ времени можетъ сообщить водѣ то количество движенія, какое въ ней наблюдается, и провозвести существующее теченіе.

Другое болѣе важное возраженіе указываетъ, что принятая въ теоріи величина тренія совершенно не соответствуетъ дѣйствительной, потому что при движеніи одного слоя воды по другому непременно должны образовываться водоворотники, которые поглощаютъ громадное количество энергіи. Слѣдовательно, вычисленіе величины и характера распространенія скорости съ глубиною построено невярно.

Наконецъ самый важный недостатокъ теоріи Цёпприца былъ замѣченъ незадолго Нансеномъ, а именно, въ ней совершенно упущено вліяніе отклоненія, происходящаго отъ вращенія земли на оси.

Теорія Цёпприца (господствовавшая около 30 лѣтъ) обратила вни-

*) В. Феррелъ, американская геофизикъ.

макіе на важкія особенности вѣтровой (дрейфовой) гипотезы теченій, и ея главная заслуга въ томъ, что она впервые выразила вліяніе вѣтра численно, и, какъ всегда въ такихъ случаяхъ бываетъ, недостатки гипотезы послужили источникомъ для дальнѣйшаго изученія, результатомъ чего появилась новал, болѣе совершенная вѣтровая теорія, принадлежащая шведскому ученому В. Экману ^{*)}, въ которой принята во вниманіе уклоняющая сила отъ вращенія земли на оси.

Теорія Экмана.—Если предположить океанъ безбрежнымъ и безконечной глубины, а вѣтеръ надъ нимъ дѣйствующимъ непрерывно, настолько долгое время, что въ водѣ, приведенной имъ въ движеніе, установилось стационарное состояніе, то при этихъ условіяхъ получаются слѣдующіе выводы.

Прежде всего необходимо указать, что поверхностный слой воды приводится въ движеніе вѣтромъ вслѣдствіе двухъ причинъ: во-первыхъ—*тренинга*, а во-вторыхъ—*давленія* на наветренныя стороны волнъ; потому что вслѣдствіе вѣтра возникаетъ не только теченіе, но и волненіе (сравни стр. 251—253 и 258). Обѣ эти причины могутъ быть въ совокупности названы *паненціальными тренингами*.

Согласно вѣтровой (дрейфовой) теоріи Экмана, движеніе отъ поверхностнаго слоя передается внизъ отъ слоя къ слою, *убывая въ геометрической прогрессіи*. При этомъ направленіе поверхностнаго теченія *уклоняется отъ направленія производящаго его вѣтра на 45° для всѣхъ широтъ одинаково* ^{**)}.

Вліяніе уклоняющей силы отъ вращенія земли на оси сказывается не только на уклоненіи теченія на поверхности отъ вѣтра на 45°, но и въ дальнѣйшемъ *непрерывномъ поворотѣ направленія теченія* при пе-

^{*)} Собственно Ф. Навсенъ, обработавъ свои наблюденія надъ теченіями въ Полярномъ м. на *Фрама* въ 1893—96 г., встрѣтился съ этими вопросами и обратилъ на него вниманіе В. Экмана, который уже и разработалъ его теоретически.

^{**)} Изложенное правило есть результатъ теоретическихъ изслѣдованій Экмана, который здѣсь не приводится, а даны только выводы изъ нихъ и графическія изображенія выводовъ.

Изъ аналитическихъ выраженій, полученныхъ Экманомъ при обработкѣ этого вопроса, видно, что въ выраженіи, дающія составляющія скорости къ горизонтѣ во оснѣ y -ось и x -ось, не входитъ широта мѣста, т. е. величина обѣихъ составляющихъ скоростей отъ широты не зависитъ, а такъ какъ величины этихъ составляющихъ получаются одинаковыми, то, очевидно, уголъ отклоненія ихъ равнодѣляющей, т. е. направленіе океаническаго теченія, составляетъ съ осью y -ось (принятой совпадающей съ направленіемъ вѣтра) уголъ, равный 45°, одинаковый для всѣхъ широтъ (см. чертежъ, фиг. 187, стр. 406).

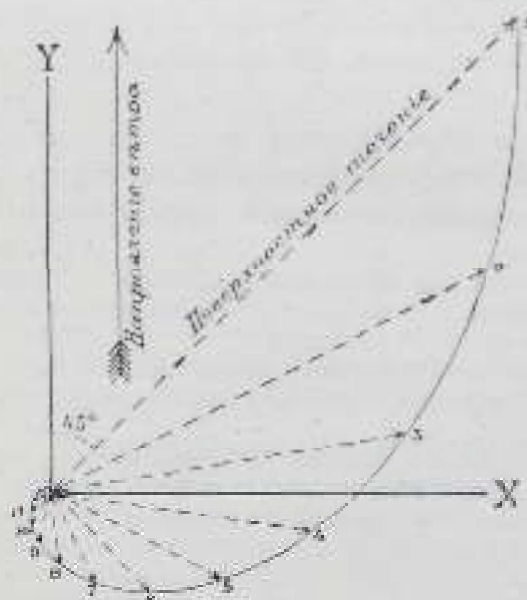
передать движениа въ глубину отъ слоя къ слою. Такимъ образомъ съ передачею теченiя отъ поверхности въ глубину не только быстро (въ геометр. прогр.) убываетъ скорость, но и направленiе теченiя постоянно поворачивается въ сѣверномъ полушарiи вправо, а въ южномъ—влѣво.

Если изобразить на чертежѣ рядъ направленiй теченiй на близкихъ и постепенно увеличивающихся глубинахъ стрѣлками, длиннѣ коннхъ пропорциональныя скоростямъ теченiй на этихъ глубинахъ, то получится винтовая лѣстница все болѣе и болѣе укорачивающихся стрѣлокъ. Проведемъ черезъ концы стрѣлокъ обертывающую кривую, получимъ въ проекции на плоскость XY логарифмическую спираль, какъ это видно на чертежѣ (фиг. 187), гдѣ X и Y есть оси координатъ, а ось Z предполагается перпендикулярною къ плоскости чертежа. На чертежѣ видно, что при быстромъ убыванiи скорости съ глубиною, уже при поворотѣ направленiя теченiя на 180° (точка 11-я на черт.) эта скорость составитъ всего 1:23 скорости поверхностнаго теченiя (4,3%). Когда же съ увеличенiемъ глубины направленiе теченiя повернется на 360° , то его скорость будетъ составлять только 1:535 скорости теченiя на поверхности, т.е. практически на такой глубинѣ теченiе прекращается.

Глубину, на которой теченiе поворачивается на 180° и гдѣ оно имѣетъ уже очень малую скорость (1:23), называютъ «глубиною дрейфоваго теченiя» или короче — *глубиною тренiя* и обозначаютъ буквою D .

Глубина, на которую проникаетъ дрейфовое теченiе, не велика и находится въ зависимости отъ широты и отъ величины *суперфенiала тренiя* въ водѣ. (Последнее имѣетъ совершенно иное значенiе, нежели молекулярное тренiе, приписываемое Демирчюму, $\mu = 0,114 \text{ с. г. в.}$.)

Важнѣе широты на *глубину тренiя* D тѣмъ, что она сперва медленно, а затѣмъ



Фиг. 187. Отклоненiе дрейфоваго теченiя съ глубиною.

быстрѣе увеличивается съ уменьшеніемъ широты и на экваторѣ должна становиться безконечно большою. Если предположить, напримѣръ, что *глубина течения* D на полюсахъ равна 100 единицамъ, то на 60° ш. она будетъ 108, на 30° —141, на 10° —249. Величина D на экваторѣ становится безконечно большою. Это указываетъ, что въ узкой полосѣ океановъ по обѣ стороны экватора нельзя считать теченіе установившимся и достигшимъ стационарнаго состоянія, какъ это было предположено вначалѣ и что составляетъ основаніе всей теоріи. Въ этой полосѣ океана происходитъ быстрое нарастаніе величины D и переходъ ея черезъ званіе безконечности, какъ это видно изъ смысла выраженія для величины D , а именно:

$$D = \pi \sqrt{\frac{\mu}{\rho \cdot \omega \cdot \sin \varphi}}$$

гдѣ μ есть коэффициентъ тренія, ρ —плотность воды, ω —угловая скорость вращенія земли.

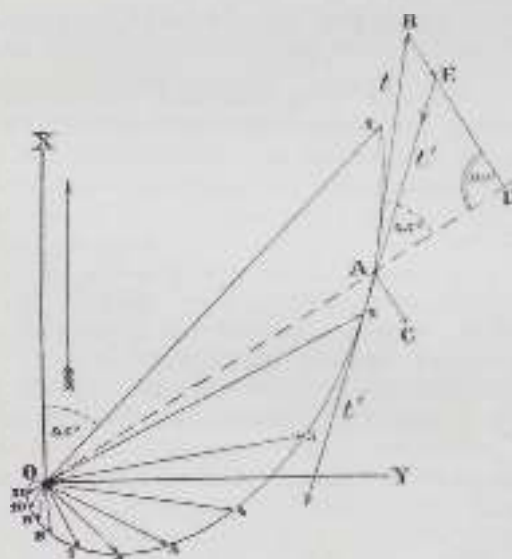
Дѣйствительно, въ изслѣдованіи Олсона о вліяніи уклоняющей силы, происходящей отъ вращенія земли на оси (сила Кориолиса), на океаническія теченія было сдѣлано предположеніе, что океанъ безконечно глубокъ сравнительно съ толщиной слоя теченія, возбужденнаго треньемъ вѣтра. Между тѣмъ, разсмотрѣвъ наизысканное выраженіе для D , полученное, между прочимъ, при предположеніи о безконечности глубины океана, видно, что D находится въ зависимости отъ величинъ μ , ρ , ω и $\sin \varphi$. Но и низъ ρ —плотность воды всегда близка къ единицѣ и въ равныхъ широтахъ и глубинахъ колеблется въ небольшихъ предѣлахъ (1,0220—1,0280), ω —угловая скорость вращенія земли есть величина постоянная и равна = 0,0000729, величина μ зависитъ только отъ распрежденія плотностей въ подповерхностныхъ слояхъ и скорости или направленія одна только величина $\sin \varphi$ измѣлн съ широтою, и зѣла послѣдняя мала, то и спускъ очень малъ (напр., при $\varphi = 3^\circ$, синусъ = 0,052336), тогда и все выраженіе для *глубины течения* D приближается къ безконечности и на экваторѣ становится ею. Иначе говоря, земной океанъ въ малыхъ широтахъ и на экваторѣ оказывается недостаточна глубокимъ сравнительно съ *глубиною течения* D , т. е. жѣлкостью возбужденнаго вѣтромъ теченія, и следовательно послѣднее не успѣваетъ достигнуть стационарнаго состоянія, такъ какъ, согласно основному предположенію, такое состояніе достигается только при условіи безконечно большой глубины океана сравнительно съ *глубиною течения* D ; зѣла же, при большемъ значеніи для D , требуется продолжительное время для достиженія теченіемъ стационарнаго состоянія, и равно, некая это случится, частинъ воды будутъ уже унесены теченіемъ въ другія области океана, гдѣ дуютъ вѣтры иныхъ направленій (т. е. нарушается постоянство причинъ, возбуждающихъ теченіе), и гдѣ вообще господствуютъ иные условія.

Опытъ показалъ, что величина коэффициента внутренняго тренія μ въ однородной водѣ болѣе, нежели въ водѣ, гдѣ плотность быстро измѣняется отъ слоя къ слою. Съ другой стороны океанографическія изслѣдованія показали (см. фиг. 45, стр. 193), что въ тропикахъ и особенно около экватора съ глубиною плотность измѣняется очень быстро, т. е. въ тропикахъ вода отличается большою слоистостію. Следовательно и величина μ въ тропи-

линиях должен быть меньше, нежели из утренних и полуденных широтных, а потому, как показывается эмпирическое выражение для D , его величина, вообще возрастающая к экватору, вследствие одновременного уменьшения d , будет увеличиваться медленнее, чем бы ей следовало. На эти, по крайней мере, указывают и некоторые наблюдения глубины дрейфовых течений в тропической полосе, где она оказывалась не особенно большою (напр., Крюммель наблюдала в 8° ш. ш. на Атл. ок. глубину D в 50 м. экв. течению всего около 150 м.; С. О. Макаров наблюдал на Тихом ок. глубину D в 100 м. экв. течению около 200 м.).

Вообще теперь необходимо сделать обстоятельные наблюдения на океан для проверки созданных гипотез, только после подобных работ возможно будет дальнейшее движение вперед теоретических предположений о течениях. Без таких наблюдений заключение теоретических рассуждений будет бесполезно.

Вывод приведенных выше возможных теорий движения получается из дифференциальных уравнений гидродинамики, но можно и элементарным путем до некоторой степени показать, что отклонение направления поверхностного течения от направления ветра определяется углом в 45° .



Фиг. 188. Отклонение течения на 45° .

Если бы уклоняющая сила земли отсутствовала, то вода двигалась бы в направлении силы трения, и движение, постепенно выходящее, передавалось бы сверху вниз, причем стрелки скоростей всех слоев: $A, 2, 3, 4, 5, \dots, 11$ и обертывающая их спираль земли бы все же одной и той же вертикальной плоскости, и проекция спиралей на плоскость XY была бы прямая линия, по которой по очереди проектировались бы и направления сил трения между всеми слоями. Вследствие же существования уклоняющей силы земли каждый нижележащий элементарный слой воды уклоняется вправо (для сев. пол.), и обертывающая всеми стрелками спираль делается линией двойной кривизны. Про

пустя на чертеж (фиг. 188) дана ось ориентации X и Y , стрелки, указывающие направление ветра, и стрелки, соответствующие направлениям поверхностного течения в течениях на глубинах последовательно сверху вниз по слоям: $1, 2, 3, \dots, 11$, через одинаковые расстояния.

Возьмем какую-нибудь глубину A , бесконечно близкую к глубине 2 и лежащую над ней; тогда слой между ними можно принимать за элементарный слой. Скорость течения на глубине A выражается стрелкою OA , а на глубине 2 — стрелкою $O2$. Показано, что прямая $1, A, 2, 3, \dots, 11$ приведена чертой, линии всех стрелок, обозначающих скорости на этих глубинах. Линия AD есть продолжение стрелки OA . Направление уклоняющей силы земли всегда остается перпендикулярно к направлению движения, как в точке A это и показано линией AC .

таковы угловы силы трения одного слоя о другой будут направлены по касательным к прямой, огибающей концы спиралей, и следовательно сила трения, передающая сверху движение слою АОЗ, есть касательная t в точке А, а трение, испытываемое нижним поверхностью того же слоя, будет касательная t' в точке В, направленная в противоположную сторону. Толщина элементарного слоя АОЗ так мала, что часть дуги проекции спиралей АВ можно принять за прямую. Проведем из точки А прямую АК параллельно касательной t' и на ней отложим AK — величину силы трения в точке В (она будет меньше величины трения t в точке А).

Выше было указано, что все слои воды находятся в установившемся состоянии, т. е. движутся равномерно. Чтобы это было возможно, необходима, чтобы прощел сила трения t и t' действовала бы еще одна сила, которая слагалась бы с силой АВ, давала бы равнодействующую, равную АВ; это и есть удерживающая сила векли АС, равная и параллельная АК. Отсюда вытекает, что, если продолжить линию АВ, то она пересечет ОД под прямым углом, потому что удерживающая сила векли АС всегда расположена перпендикулярно к направлению движения частицы.

Так как спираль последовательных слоев убывает по геометрической прогрессии, то $0-1:0-2=0-2:0-3=0-3:\dots\dots\dots 0-10:0-11\dots\dots$. Если эти слои можно принять за элементарные, то тогда касательные к спирали в конце каждого радиуса вектора ($0-2, 0-5\dots$) будут составлять с ними одинаковые углы, а дуги спиралей между ними будут подобны друг другу. Отсюда следует, что углы между двумя последовательными касательными равны углу между соответствующими радиусами векторами, т. е. углы:

$$\angle AOC = \angle BAE$$

Так как элементарные слои спиралей 1, 2, 3, ..., 10 пропорциональны силам трения t и t' , а с другой стороны все же пропорциональны радиусам векторов спиралей ОА, ОВ, ... (своей же логарифмической спирали), то следовательно:

$$0-2:0-1 = t':t$$

Приведем дугу спиралей А-В за прямую, имеем:

$$\begin{aligned} \triangle OAZ &= \triangle ABE \\ \text{откуда } \angle OAZ &= \angle ABE \end{aligned}$$

с другой стороны углы ОАЗ и ВАО равны как вертикальные; тогда имеем

$$\angle OAZ = \angle ABD = \angle BAD$$

т. е. отсюда доказывается, что прямоугольный треугольник ABD есть равнобедренный, и следовательно угол

$$BAD = 45^\circ$$

Для вывода этого результата было взято произвольный элементарный слой воды, следовательно вывод справедлив для всякого такого слоя, а потому справедлив и для точки 1 спиралей во всякой точке, лежащей на поверхности, сила трения t есть трение, производимое втроем.

Отсюда и следует, что дрейфовое течение на поверхности уклоняется от центра на 45° к северу от поперечной спирали, а в каждом слое.

Теорія Экмана показує, що при передачі течиня отъ слою къ слою трієміть всегда одновременно долженъ происходить и постепенный поворотъ въ направленіи течиня. Этотъ законъ, очевидно, не зависитъ отъ причины, производящей первоначальное движеніе воды, онъ остается въ силѣ, будетъ ли причиною течиня вѣтеръ или разность плотностей. Отсюда видно, что движеніе океаническихъ течиней, уже достаточно сложное и на поверхности, становится еще сложнее при передачі его внизъ трієміть даже на небольшія глубины.

Важный выводъ, къ которому приводитъ теорія Экмана къ противоположность прежней теоріи, состоитъ въ томъ, что чисто-дрейфовое теченіе не можетъ проникать глубоко. Насколько глубоко въ действительности проникаютъ въ океанѣ такіа теченія, обстоятельствъ наблюдений еще не имѣется, но нѣкоторыя указанія есть. Напримѣръ, въ сѣверномъ экваторіальномъ теченіи Атлантическаго ок. въ 8° с. ш. на глубинѣ 150 м. (около 80 м. с.) уже, повидимому, скорость теченія очень мала, а на 200 м. (109 м. с.) почти нуль. Въ южномъ экваторіальномъ теченіи Тихаго ок., по наблюденію С. О. Макарова, на глубинѣ не много болѣе 200 м. теченіе прекращается. Если предположимъ, что глубина течения D на 8° с. ш. 150 м., то можно вычислить величины для D въ другихъ широтахъ. Онѣ будутъ таковы:

8°	15°	20°	40°	60°	90° широты.
150	109	95	69	60	55 метровъ.

Такимъ образомъ нѣкоторое подтвержденіе существованія *глубиннаго течения D* въ природѣ уже имѣется изъ наблюдений *).

Согласно прежней дрейфовой теоріи (Шипранца), казалось бы, всѣ воды океаномъ до дна должны были въ пассатныхъ полосахъ прийти къ такому же движенію, какъ и на поверхности; современная же теорія показываетъ, что даже на очень небольшихъ глубинахъ дрейфовое теченіе уже прекращается, что несравненно болѣе понятно. Промежутокъ времени, въ теченіе котораго дрейфовое теченіе на большихъ глубинахъ успѣваетъ вполнѣ развиться и достигнуть стационарнаго состоянія, по новой теоріи вовсе не десятки тысячъ лѣтъ, а всего 3,0—4,5 мѣсяца.

*). Наблюденія Крюммеля и Мерца въ экваторіальномъ теченіи Атлантическаго ок. и Бреннеке въ высокихъ широтахъ того же океана во время дрейфа по льдахъ судна *Deutschland* въ 1912 г. подтверждаютъ зависимость глубины течения отъ широты.

Другой важный вывод теоріи Экмана—уклоноеіе поверхностнаго теченія отъ вѣтра на 45° независимо отъ широты, также подтверждается наблюденіями. Исслѣдованія разныхъ лѣтъ показали, что уголъ между вѣтромъ и теченіемъ: для Сѣвернаго Полярнаго моря— 38° , для восточнаго Средиземнаго моря— 43° ; для сѣвернаго экваторіальнаго теченія Атлантическаго ок. въ 10° с. ш.— 48° ; для южнаго экваторіальнаго Атлантическаго ок. въ 9° ю. ш.— 33° ; для Индійскаго ок. въ экваторіальномъ теченіи въ 15° ю. ш.— 49° , а въ среднемъ для всѣхъ тѣхъ теченій Индійскаго ок., которыя могутъ быть приняты за чисто-дрейфовыя, т. е. удовлетворяють положеніямъ теоріи, получился уголъ 47° , т. е. вполне удовлетворительное согласіе съ теоріей *).

Лучшаго подтвержденія теоріи нельзя и ожидать, потому что чисто-дрейфовое теченіе вѣдь ли можетъ существовать въ океанѣ; т. е. теченіе возникшее исключительно только отъ вѣтра.

Третье положеніе теоріи Экмана: скорости дрейфовыхъ теченій зависятъ отъ широты, а именно скорости обратно пропорціональны $\sqrt{\sin \varphi}$, также получено подтвержденіе изъ наблюденій и изслѣдованій теченій. Оказывается, что дѣйствительно съ приближеніемъ къ экватору скорость дрейфоваго теченія увеличивается въ предѣлахъ той точности наблюденій, каковъ вытекаетъ изъ излагаемое выше **).

Все выше сказанное относилось къ безбрежному океану, но въ дѣйствительности океаны со всѣхъ сторонъ окружены берегами, которые своимъ вліяніемъ значительно видоизмѣняютъ дрейфовыя теченія.

Въ случаяхъ, когда дрейфовое теченіе находится подъ вліяніемъ береговъ, вѣдѣствіе вращенія направленій теченія съ глубиною (отъ отклоняющей силы земли), струи воды на глубинѣ или нагоняются къ берегамъ или отгоняются отъ нихъ, и тогда у берега получается уклонъ поверхностей равныхъ давленій, приводящій всю толщу воды отъ поверхности до дна въ движеніе. При этомъ, согласно теоріи Экмана, образуется три слоя теченія: *поверхностное*, отклоняющееся отъ вѣтра на уголъ между 0° — 53° , смотря по тому, какое направленіе имѣетъ вѣтеръ

*) Исслѣдованіе Галла на основаніи голландскихъ данныхъ для Инд. ок. назоетъ потому, что оно относится къ наблюденіямъ теченій съ 1858 г. по 1904 г., длиннѣе въ суммѣ для важной части океана 76,873 наблюденія надъ вѣтромъ и 19,160 наблюденій теченій.

**) Исслѣдованія Галла для Индійскаго ок. и Форча для теченій: Калифорнскаго, Канарскаго и Синайскаго показали, что это положеніе теоріи Экмана достаточно подтверждается наблюденіями, насколько послѣдніе по своей точности могутъ служить для данной цѣли.

относительно линия берега; *промежуточное*, идущее всегда параллельно берегу, и *придонное*, идущее более или менее въ направлении берега.

Вліяніе береговъ такимъ образомъ выражается на дрейфовыхъ теченіяхъ кореннымъ измѣненіемъ ихъ характера. Чисто-дрейфовое теченіе подъ вліяніемъ береговъ распространяется на поверхностный слой небольшой толщины. Если же такое дрейфовое теченіе находится подъ вліяніемъ береговъ, то вся толщина воды до дна приходитъ въ движеніе.

Такъ какъ океаны окаймлены берегами со всѣхъ сторонъ, то и въ большомъ удаленіи отъ береговъ вліяніе послѣднихъ сказывается; потому, согласно поѣмнѣйшей вѣтровой теоріи, и въ открытомъ океанѣ должно существовать не только возбужденное вѣтромъ поверхностное дрейфовое теченіе, захватывающее слой малой толщины, но и меньшее промежуточное теченіе и придонное теченіе такой же толщины, какъ и дрейфовое. Въ разныхъ частяхъ океановъ направленія этихъ теченій будутъ различными, но вся масса воды океана будетъ паходиться въ движеніи, хотя въ нѣкоторыхъ частяхъ и очень медленномъ *).

Такимъ образомъ вѣтры, вслѣдствіе существованія береговъ океановъ, оказываютъ вліяніе не только на образованіе поверхностныхъ дрейфовыхъ теченій, но и возбуждаютъ теченія въ глубокихъ слояхъ до самаго дна.

Вліяніе глубины и береговъ на дрейфовыя теченія по теоріи Экмана. Задача возникновенія чисто-дрейфоваго теченія, захватывающаго только поверхностный слой, была выведена при условіяхъ безконечно глубокаго и безграницаго океана, въ природѣ же океаны ограничены, и потому вліяно быдывающей зависимости чисто-дрейфоваго теченія отъ уменьшенія глубины и вліанія берега.

Результаты исследованийъ относительно вліанія глубины могутъ быть наглядно показаны на слѣдующемъ чертѣхъ (фиг. 189). Предполагая, что въ выбраннхъ мѣстахъ моря его глубины d послѣдннательно равны: $1,25D$; $0,5D$; $0,25D$ и $0,1D$, гдѣ D есть *глубина треміа*. Стрѣлка T изображаетъ по величинѣ и направленію скорость вѣтра, одинаковую для всѣхъ случаевъ.

Тогда, вычисливъ для десяти равноотстоящихъ отъ дна слоевъ направленія и величины скоростей дрейфоваго теченія, возбужденнаго вѣтримъ слым T , обозначеныя кружочками концы соотвѣствующихъ стрѣлокъ теченій (подобныхъ тѣмъ, какъ на фиг. 187) въ проеціи на плоскость осей XU и соединимъ эти точки обертывающими кривыми. На чертѣхъ у каждой кривой подписана глубина, въ которой она отнншена, и точка, соотвѣствующая поверхностнымъ теченіямъ, снабжена надписью — поверхность.

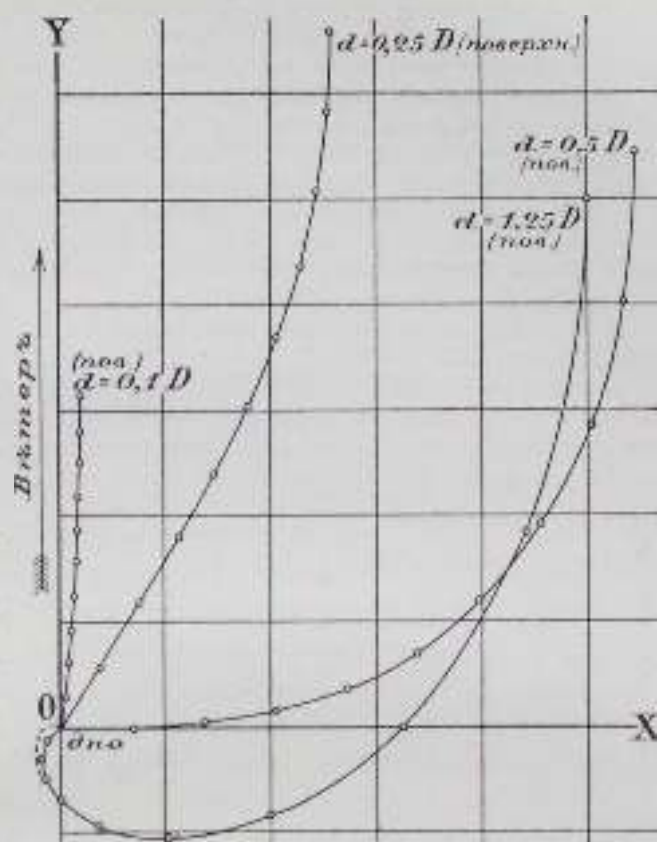
На чертѣхъ ясно видно, какова зависимость дрейфоваго теченія отъ глубины; если глубина мала, напримеръ, $d = 0,1D$, то во всей своей толщѣ воды теченіе идетъ въ направлении вѣтра, почти нисколько отъ него не отклоняясь. Для глубины $d = 0,25D$ уголъ

*) Далѣе великимъ шрифтомъ изложены эти выводы теоріи Экмана нѣсколько подробнѣе и снабжены чертѣми.

отклонения и направление поверхностного течения от ветра уже $21^{\circ},5$, для $d=0,5D$ онъ 45° ; при увеличении глубины d даже угол отклонения остается почти без изменения до $d=D$. По мере увеличения глубины d поворот (вследствие влияния вращения земли) направлений течений при переходе от трения слоя к, лежащего глубже, совмещается все больше и больше. При $d=0,1D$, какъ видно на чертежѣ, направлѣннй поворота направлений в слое, лежащемъ до дна, почти не наблюдается. При глубинѣ моря $d=0,25D$ совпадение уже заметно; а при $d=1,25D$ кривая, соединяющая концы стрѣлок направлений течений в разныхъ слояхъ, почти совпадаетъ съ нормальной кривою, т.-е. при условии, что D бесконечно велико (см. фиг. 187, стр. 466); она отличается отъ ней только въ приповерхностномъ слое (около точки O), гдѣ приповерхностная кривая и есть нормальная.

Кривая для $d=D$, на чертежѣ не проводилась, совершенно совпадаетъ съ нормальной при условии бесконечной глубины. Отсюда видно, что глубина оказываетъ влияние на дрейфовое течение только до тѣхъ поръ, пока она меньше двойной глубины трения D .

Наблюдения подтверждаютъ сдѣланные выше выводы. На плескахъ малыхъ Адергундъ въ Ваггёйсонъ м. (между о-ми Боргалльмомъ и Росенгомъ), лежащихъ на глубинѣ 12 м., въ теченіе 294 дней наблюдали ветеръ и течение на глубинахъ 5-ти м. Оказалось, что среднее отклоненіе направленія теченія отъ ветра было 28° , по теоріи же Экмана должно было бы быть при этихъ условіяхъ 21° . Наблюдения, производившіеся на маякахъ шведскихъ, датскихъ и финляндскихъ въ Балтійскомъ м. и въ Ладожскомъ оз., въ общемъ достигли около 6.000 наблюденій, показали, что и тамъ получается уголъ отклоненія, приближающійся теоретическому. При этомъ надо указать, что во многихъ этихъ случаяхъ теченія возникали, конечно, не только отъ влияния одного ветра, а и отъ другихъ причинъ, т.-е. наблюдавшіеся теченія не были чисто дрейфовыми, и следовательно полное совпаденіе результатовъ наблюденій и теоріи нельзя и ожидать.

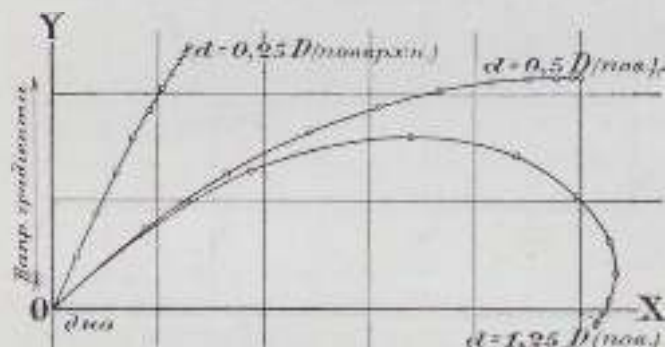


Фиг. 188. Вліяніе глубины на теченіе.

В действительности ветер не безразличен, и влияние берегов, его на внутрения течения сказывается в том, что свободному давлению воды становится препятствие, вынуждающее воду наплываться около берега или обратно оттекать от берега. Тогда поверхность воды принимает наклонное положение, при чем углы ее увеличиваются до тех пор, пока не наступит равновесие между притоком и оттоком воды. Очевидно, что такие течения могут возникать от всяких причин, каковых привести к изменению поверхностей равных давлений, и не только от наклона или стока воды внутрь на поверхности. Вследствие притока или оттока воды во всяких случаях гидростатическое давление на всех уровнях поверхностей до самого дна или увеличивается, или уменьшается, и из-за этого во всей толще воды возникают течения, стремящиеся уравнивать образованное неравенство в гидростатическом давлении.

Таким образом во всей толще воды возникают горизонтальные градиенты или к берегу или от него.

Для того, чтобы выяснить, как при таких условиях возникают течения во толще воды, надо сначала рассмотреть общий случай возникновения течений вследствие образования в массе воды градиента давления, все равно от какой причины, но независимо от направления, при условии существования однообразных глубины и плотности.



Фиг. 190. Влияние градиента давления на образование течений.

Чертежи прилагаю кривые для четырех случаев: когда $d = 0,25D$, $d = 0,5D$, $d = 1,25D$, и для $d = 2,5D$. Кривые к каждой прямой соответствуют значениям скорости на глубинах: $0,1 - 0,2 - 0,3d \dots$ считая их от дна. Направление градиента принято совпадающим с осью Y, следовательно вдоль оси X разность давлений будет расти прямо (чертежи построены для северного полушария).

Рассматривая кривые, видно, что при малой глубине, $d = 0,25D$, влияние притока незначительно на направление отклонений течений с глубиной почти не меняется, кривая очень близка к прямой. При $d = 0,5D$ увеличивается влияние земли на течение, а при $d = 1,25D$ оно входит в силу. Следовательно, čímь больше глубина моря, темь больше сказывается влияние увеличившейся силы земли, отклоняющей течения от направления градиента прямо для северного полушария. При условии, что глубина больше $2,5D$, кривая ей соответствующая, но начертана своему совпадает почти с таковою же для $d = 1,25D$, кривой ее конца около самой поверхности, где она помечена на чертеже пунктиром.

Таким образом из чертежа видно, что при глубинах, больших $2D$, во всей толще воды образуются следующие течения. Внизу, около дна и ниже его до расстояния, равного D надъ дномъ, существуете придонное течение, направленное боже или влево

Теоретическое исследование показывает, что в таком случае, из-за влияния от глубины, возникают течения, которые могут быть изображены следующим образом на чертеже (фиг. 190), где ось Y и X совпадают с горизонтальной поверхностью, а ось Z — ось вертикали, направленная в направлении ветра, следовательно, на из чертежа ось проецируется в точку O. На

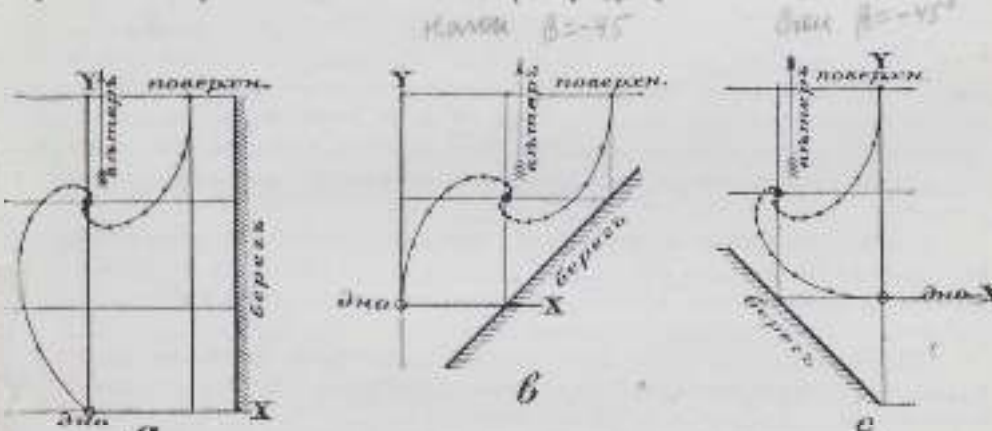
из стороны градиента, явив же до самой поверхности тисподствующее течение, уклонившееся направо от направления градиента и обладающее по всей своей толщ почти одинаковою скоростью (что выражено на черт. почти одинаковою длиною стрелок между точкою O и пунктиром, обозначающим центры их); угол между направлением этого последнего течения и градиентом равен 90° . Таким образом нарушение величин гидростатических давлений на одинаковых глубинах выразится возникновением течений по всей толщ воды от поверхности до дна.

Из того-же разобраннаго общаго случая не рассматривалось, откуда возникло неравенство гидростатических давлений, давшее же рассмотренный случай, когда это обстоятельство произошло именно отъ изливов берега.

Какимъ образом на дрейфовыхъ теченияхъ видны на сдвигущихся чертахъ, выражающихъ графически результаты вычислений при условии, что вода во всей толщ обладает однородною плотностью.

Причина изливовъ береговъ на видоизмѣненіе характера дрейфовыхъ течений заключается въ томъ, что, какъ бы ни былъ поверхностное течение относительно направления берега, даже параллельно ему, вследствие изливовъ извивающей спавъ земли, течение при приближеніи къ низлежащей глави встречено возмущающею, по отношению направления поверхностнаго течения, въ сѣверную или южную сторону, а въ южномъ водо. Поэтому на впадинной глубинѣ течения всегда идутъ или къ берегу—тогда образуется шхоль воды, или отъ берега—тогда получается стоиъ воды. Каждое изъ этихъ обстоятельствъ приводитъ къ нарушенію гидростатическаго давленія во всей толщ воды и этимъ самымъ вызывается условно поверхностной разности давленій, послѣднее же обуславливаетъ возникновение движений уже въ всей толщ воды до самого дна.

Для выясненія такого конечнаго результата рассмотримъ тутъ наиболее яркіе случаи изливовъ берега на впадинной глубинѣ на характеръ дрейфовыхъ течений.



Фиг. 161. Изливы берега на течения.

Предполагая, что вѣтры восточнаго направленія и скорости дуетъ по закону выпрямленія, а берега имеютъ прямое направленіе и болѣею приближеніе, которое можно считать за безконечное, вода же обладаетъ по всей своей толщ однородною плотностью. Разберемъ три различныхъ положенія берега относительно направленія вѣтра (фиг. 161-а, б, в), предположивъ во всехъ случаяхъ, что глубина моря d болѣе 252) глубины тремъ, и сдвигущимся изливомъ глубины не будетъ сказываться на направленіи

течений. Нижеследующее есть графическое изображение результатов теоретических исследований Эмманз.

Такъ же, какъ и на предыдущихъ чертежахъ (фиг. 189—190), стрѣлки отклоненныхъ поверхностей течений на разныхъ глубинахъ не проведены, чтобы не загромождать чертежа, на ихъ обозначены точками только волны стрѣлокъ для глубины: считая отъ поверхности воды внизъ — 0,1 D; 0,2 D и т. д.; а другою рядъ точекъ идетъ отъ начала координатъ (кружка) и соответствуетъ концамъ стрѣлокъ для слоевъ, расположенныхъ надъ дномъ моря на расстоянияхъ, равныхъ: 0,1 D; 0,2 D и т. д. Черная точка большого размера посрединѣ есть конецъ стрѣлки для слоя средней глубины (такими образомъ на каждой кривой нанесено по 10 точекъ). Место окончанія стрѣлки поверхностнаго теченія обозначено подписью поверхность. Черезъ всѣ точки проведены обертывающія кривыя, изображающія на чертежѣ въ проекціи на плоскость XY (фиг. 191-а, в, с).

Разсмотримъ случай а при условіи параллельности линіи берега и направленія вѣтра. При этомъ наблюдаются на всѣхъ глубинахъ, какъ видно на чертежѣ, многообразныя скорости въ всѣхъ трехъ случаяхъ. Поверхностное теченіе удовлетворяетъ равно отъ вѣтра (сѣв. вост.), а въ нижележащихъ слояхъ направленія теченій отличаются все меншіе и меншіе углы съ вѣтромъ, и около среднего слоя кривыя рядъ стрѣлокъ имѣютъ почти то же направленіе, что и стрѣлка для слоя средней глубины (точка на кривыхъ означена около большой черной точки). Направленія стрѣлокъ ниже средней глубины удовлетворяютъ отъ берега вѣтро.

Такимъ образомъ получается три глав. теченія: *поверхностное*, уклоняющееся вправо отъ вѣтра, *промежуточное* около средней глубины и вверхъ и внизъ отъ нея, охватывающее мощный слой воды, оно идетъ параллельно линіи берега; и затѣмъ *придающее* теченіе съ убывающими по двумъ скоростямъ и общимъ направленіемъ приблизительно вдоль берега.

Разсмотримъ случаи в и с, когда вѣтеръ и берегъ составляютъ тупой или острый уголъ, получаемъ тѣ же результаты: вода *промежуточной* глубины идетъ параллельно берегу и обладаетъ большою мощностью; *поверхностное* теченіе составляетъ съ вѣтромъ уголъ отъ 0° (берегъ вѣтро отъ вѣтра—с) до 53° (берегъ вправо отъ вѣтра—в) а *придающее* теченіе, съ меньшими скоростями, чѣмъ въ случаѣ а, направляется или съ берегу или отъ него, смотря по тому, производитъ ли поверхностное теченіе нагонъ или отливъ воды.

Следовательно, воздѣйствіе существованія берега, чисто дрейфовое теченіе мало обуславливаетъ наполненіе воды или нагона воды у берега, и, слѣд. результаты этого, возникающія чисто комбинаціонныя теченія, стремящіяся восполнить убыль воды или отвести прибывъ ее и тѣмъ выровнять поверхности разныхъ давленій.

Другое важное послѣдствіе вліянія береговъ на дрейфовое теченіе есть увеличеніе скоростей *поверхностныхъ* теченій (въ среднемъ въ атлантическ. 100:100%, какъ при вѣтрѣ, параллельномъ берегу, такъ и въ другихъ двухъ случаяхъ).

Скорости *промежуточного* теченія, какъ оказывается изъ изслѣдованій, находятся въ зависимости отъ величины той составляющей скорости вѣтра, которая параллельна берегу, именно эти двѣ скорости пропорціональны другъ другу.

На чертежахъ (фиг. 191) представлены были только тѣ случаи, когда вѣтеръ дуетъ параллельно или подъ угломъ къ берегу. Если же направленіе вѣтра перпендикулярно къ берегу, то промежуточнаго теченія не возникаетъ вовсе.

Всѣ три рассмотренныя системы теченій, возникающія подъ вліяніемъ береговъ, во всей массѣ воды, а именно: поверхностное, промежуточное и глубинное устabilиваются и достигаютъ стационарнаго состоянія въ зависимости отъ вѣсовыхъ причинъ (глубины

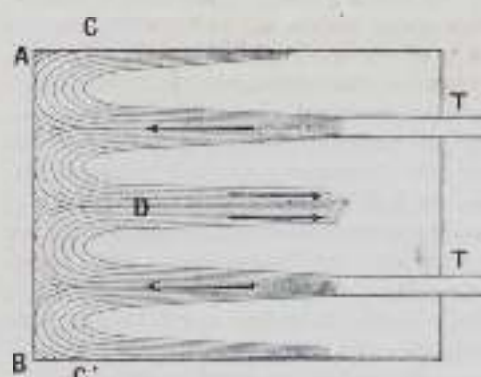
трения D, глубины моря, широты, расстояния от берега и размеры возмущающего течения, возбуждающего движение воды; однако из общего можно сказать, что в той полосе океана, которая лежит в области экваториальной отмели и начала материкового склона, т. е. там, где глубины не велики (не больше 400 м), такие течения устанавливаются в короткий срок существования дней. Вдали от берегов, наоборот, в 1,000 км. и при глубинах в 2,000 м. для достижения стационарного состояния уже необходимо около двух с половиною месяцев в 45° ш., при чем из вышесказанного проежутаго времени увеличивается. В экваториальном океане на глубинах в 4,000 м. он еще больше, до 3—4—5 месяцев.

Отсюда понятно, что течения в мелких морях устанавливаются быстро и быстро слываются на случайными колебаниями ветра; а в более глубоких водах вся система течений находится в зависимости от средних величин направлений и скорости ветра; случайные же колебания ветра оказывают влияние только на тонкие поверхностные слои воды, а на всю совокупность течений они не влияют вовсе. Поэтому-то в океане в областях, даже больших постоянных течений часто наблюдаются на поверхности случайные колебания течений (см. выше об устойчивости течений, стр. 442), темь более, что случайные ветры часто бывают сильнее господствующих ветров, особенно в умеренных широтах.

Получая различные взаимополучаемыми данными, возможно получить представление и о характере внутреннего трения в воде при дрейфовых течениях. Оказывается, что при сильных ветрах внутреннее трение выражается так:—4,3 . т², а при ветрах более слабых — 2,02 . т², где т есть скорость ветра (а то и другое выражения даны в величинах см. сек.—тримь—секунда). Отсюда видно, что внутреннее трение в течениях оказывается величиною совершенно иного порядка, нежели молекулярное трение в жидкостях, принимавшееся раньше. Циприцкем при вычислениях в его теории течений (0,010 — 0,016 с. т. е. т.). Действительно, в вышеуказанное представление о внутреннем трении в течениях, очевидно, входит влияние вслах водоворотов, образующихся при движении слоев воды друг по другу, потому-то оно и зависит от скорости ветра и оказывается в несколько тысяч раз больше молекулярного трения. Теоретически предполагая, опять и плотность наблюдать показывают, что, когда толща воды образована из слоев различной плотности, лежащих друг на друге, то внутреннее трение между ними бывает меньше (потому что из этих случай водовороты между слоями труднее образуются). В тропиках с глубиной плотность воды в океане увеличивается гораздо быстрее, нежели в умеренных широтах (см. фиг. 45, стр. 105), и потому так и внутреннее трение меньше. Это обстоятельство влияет на уменьшение глубины трения D в тропиках и не допустить ее так быстро увеличиваться с уменьшением широты, как бы следовало по теории.

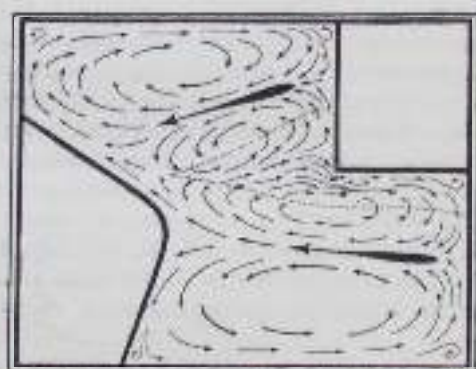
Рассмотрим еще случаи влияния берега на дрейфовое течение (фиг. 151-а, в и с) показывая, что при сгонке поверхностной воды от берега, вдоль него должна выступать вода более холодных глубинных слоев, что действительно и наблюдается в океанах во многих местах вдоль берегов.

III.—*Влияние берегов и рельефа дна.* — Влияние берегов (понимая под этим не одну только береговую линию, но и вертикальное разитие берега в глубину) оказывает и непосредственное влияние на характер течений на поверхности и на глубинах. Напримѣръ, архипелаги островов должны иметь большое значение при движении масс воды через их проливы. Опыт показывает, что, если струя течения встрѣ-



Фиг. 192. Вихри в проходах на течениях.

примеръ, какъ видно на слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 193), при помощи вставленныхъ въ плоскій бассейнъ двухъ перегородокъ получается подобіе тропической части Атлантическаго ок. Толстыя стрѣлки показываютъ направленіе воздушныхъ струй, которыя равномерно дуютъ надъ поверхностью воды, гдѣ заранѣе была распределена поплавокъ одинаковаго съ водою удѣльнаго вѣса. Тонкія стрѣлки показываютъ направленія движенія поплавокъ. На чертежѣ видно, какъ потокъ теченія, возбужденнаго вихлемъ (на чертежѣ) струею воздуха, жерстью выдающійся мысъ, раздѣляется на двѣ части, одна внизу образуетъ замкнутый водоворотъ; другая же отчасти переходитъ вдоль берега въ верхнюю половину бассейна, гдѣ присоединяется къ водовороту, образуемому напрома отъ верхней стрѣлки вѣтра. Между стрѣлками вѣтровъ получается два другихъ водоворота, соприкасающіяся части которыхъ, заключенныя въ вунктирный треугольникъ, образуютъ подобіе экваторіальнаго противотеченія, тогда какъ части водоворотовъ, лежація около большихъ стрѣлокъ вѣтровъ, играютъ роль экваторіальныхъ теченій сѣвернаго и южнаго, а часть послѣдняго, идущая вдоль берега вверхъ, — есть подобіе Гвианскаго теченія.



Фиг. 193. Вліяніе береговъ на теченія.

Чтобы еще болѣе ясно показать зависимость между течениями и берегами океановъ, на чертежѣ (фиг. 194, см. стр. 479) данъ немалого уменьшенный снимокъ съ карты теченій въ среднемъ за годъ этой же части Атлантическаго океана изъ атласа теченій англійскаго адмиралтейства. На ней видно, какъ истѣба южнымъ экваторіальнымъ теченіемъ выдающегося къ востоку мыса Рока южной Америки заставляеть это теченіе раздѣлиться пополамъ, и какъ между двумя экваторіальными теченіями образуется противотеченіе, стремящееся пополнить въ восточной части океана убыль, произведенную влѣдствіе уноса воды къ западу обоими экваторіальными теченіями, показывая, что это противотеченіе есть постоянное компенсационное (вознаграждающее) теченіе.

Подобно очертанію береговъ и *рельефъ дна* можетъ оказывать вліяніе на теченія и совместно съ существующимъ уже теченіемъ образовать вновь на глубинахъ поднимающійся вверхъ вдоль по уклону дна потокъ воды.



Фиг. 195. Вліяніе рельефа дна на теченія.

На прилагаемомъ чертежѣ (фиг. 195) дана схема подобныхъ теченій на основаніи опытовъ Крюзьеля. На поверхности идетъ дрейфовое теченіе, образованное вѣтромъ (или какою другою причиною), влѣдствіе существованія подъема дна поверхностное теченіе обуславливаетъ образованіе двухъ потоковъ воды, снизу вверхъ вдоль обоихъ склоновъ подводной возвышенности. Особенно сильнымъ оказывается подводное теченіе на подвѣтренной сторонѣ подъема дна, гдѣ поверхностное теченіе прямо всасываетъ воду изъ болѣе глубокихъ слоевъ.

Подобныя явленія наблюдаются и въ природѣ надъ банками въ океанѣ и моряхъ, наприимѣръ, ихъ наблюдали: въ Караибскомъ м. Гумбольдтъ, Дю-Пти Туаръ (франц. военнаго флота кап. 2 р.) въ Тихомъ ок., С. О. Макаровъ въ пр. Лаверуза.

Въ устьяхъ рѣкъ, впадающихъ въ море, наблюдаются тоже же явленія. Рыбная вода, будучи легче морской, образуетъ даже и при перемѣшиваніи съ морской водою болѣе лег-

ий слой, обусловленный определенными движением от берега. Масса такого поверхностного течения из-за того не большая, нежели масса одной рѣчной воды (по сравнительному значению адмирала С. О. Макарова), вследствие сближенія рѣчной воды съ морскою. Образовавшееся такимъ путемъ теченіе вслѣдствіе изъ нижнихъ слоевъ более холодную воду въ морѣ или океанѣ и обуславливаетъ пониженіе температуры въ приповерхностныхъ слояхъ на такія глубины, гдѣ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ матерія рѣка температура гораздо выше. Такое явленіе наблюдалъ Экинсъ у Геттсбургъ въ Колтегатъ и С. О. Макаровъ на *Витязѣ* у Даниила въ открытой океанѣ въ 60 верстахъ отъ устья рѣки. Температура на глубинѣ 25 м. оказалась всего 7°F , а на поверхности она была 19°F . Между тѣмъ на съединеніи стачійныхъ на той же глубинѣ встрѣчалъ температуры 11° — 12° .

Совершенно такое же вліяніе рѣчного течения на подпитіе въ бѣда близіе къ поверхности слое более холодной и плотной глубинной воды наблюдалъ С. О. Макаровъ и на Вронштатенскихъ рейдахъ и въ тѣхъ нѣкихъ мѣстахъ именно послѣ продолжительныхъ постоенныхъ вѣтровъ, увеличивающихъ скорость теченія поверхностной прѣсной воды нѣ въ Невы и вслѣдствіе того уменьшающихъ толщину поверхностного слоя.

IV.—Вліяніе давленія атмосферы.—Какъ уже было указано выше (стр. 333), каждое измѣненіе въ давленіи атмосферы отзывается измѣненіемъ въ положеніи уровня океана или моря (озера) и притомъ въ отношеніи 1:13; при измѣненіи давленія атмосферы на 1 мм. уровень воды измѣняетъ свое положеніе на 13 мм. Наученіе распредѣленія атмосфернаго давленія надъ океанами показываютъ, что тамъ существуютъ области, гдѣ оно держится весь годъ или высокимъ или низкимъ; напримеръ, въ широтахъ около 30° с. и ю. давленіе всегда высокое, а около экватора—слабое. Въ Атлантическомъ ок. около Исландіи—всегда низкое; также въ большихъ широтахъ южнаго полушарія (55° — 60° ю. ш.). Существованіе подобныхъ областей съ определеннымъ характеромъ давленія должно вызывать образованіе океаническихъ теченій между указанными областями, при чемъ направленія теченій будутъ еще измѣняться подъ вліяніемъ вращенія земли.

Въ моряхъ подобное вліяніе давленія атмосферы на ихъ различныя части сказывается значительно на теченіяхъ въ проливахъ, соединяющихъ ихъ съ океанами или другими морями. Напримеръ, Гольфстримъ въ своемъ началѣ во Флоридскомъ каналѣ, случается, обладаетъ большою скоростью при сѣверныхъ, т.-е. противныхъ, вѣтрахъ и меньшею при южныхъ, попутныхъ. Такое несоотвѣтствіе объясняется вліяніемъ давленія атмосферы; когда сѣверные вѣтры дуютъ надъ Гольфстримомъ во Флоридскомъ проливѣ, тогда надъ Мексиканскимъ заливомъ бываетъ слабое давленіе атмосферы, отчего уровень въ заливѣ повышается, уклонъ къ Флоридскому проливу увеличивается, а это въ свою очередь ускоряетъ вытеканіе воды изъ залива черезъ Флоридскій пр. въ сѣверу.

Южные же вѣтра бывають во Флоридскомъ пр. при условіи существованія надъ Мексиканскимъ зал. высокаго давленія, почему тогда уровень въ заливѣ понижается и уклонъ уровня во Флоридскомъ пр. становится меньше, а слѣдовательно и скорость теченія уменьшается, несмотря на попутные вѣтра.

Обзоръ всѣхъ указанныхъ выше причинъ теченій. — Указаннымъ выше причины, возбуждающія передвиженіе воды въ океанѣ, сводятся къ тремъ условіямъ: къ вліянію *разностей давленія атмосферы*, къ вліянію *разностей плотности морской воды* и къ вліянію *вѣтра*. Вліяніе вращенія земли на оси и вліяніе береговъ могутъ только видоизмѣнять характеръ уже существующихъ теченій, но сами по себѣ два послѣднія обстоятельства никакихъ движеній воды возбудить не могутъ.

Вліяніе разностей давленія атмосферы никакихъ значительныхъ теченій возбудить не можетъ. Остаются для слѣдующія причины: разности плотностей морской воды и вѣтеръ.

Разности плотностей въ океанѣ всегда существуютъ, а слѣдовательно всегда стремятся привести частицы воды къ движенію. При этомъ разности плотностей дѣйствуютъ не только въ горизонтальномъ направленіи, но и въ вертикальномъ, возбуждая конвекціонныя теченія.

Вѣтеръ, согласно современнымъ взглядамъ, не только обуславливаетъ возникновеніе поверхностныхъ теченій, но также служитъ причиною происхожденія теченій и на разныхъ глубинахъ до самаго дна. Такимъ образомъ значеніе вѣтра, какъ возбудителя теченій, въ последнее время расширилось и стало болѣе всеобщимъ.

Матеріалъ, которымъ располагаетъ океанографія, по распредѣленію плотностей въ разныхъ мѣстахъ и на разныхъ глубинахъ въ океанахъ, еще очень малъ и недостаточно точенъ; но на основаніи его уже можно сдѣлать попытку опредѣлить численно (по способу Бьеркнеса) гдѣ скорости теченій, какія разность плотностей можетъ возбудить въ поверхностныхъ слояхъ океановъ.

На основаніи меридіанальнаго разрѣза черезъ сѣверное экваторіальное теченіе Атлантическаго ок. было опредѣлено, что существующая между 10° и 20° с. ш. разность плотностей могла бы произвести теченіе со скоростью 5—6 морск. м. въ 24 ч. Между тѣмъ наблюдаемая въ этомъ мѣстѣ средняя суточная скорость экваторіальнаго теченія около 15—17 морск. миль. Если вычислить скорость того же экваторіальнаго теченія, соответствующую только вліянію вѣтра (принимая скорость NE пассата въ 6,5 м. въ сек.), то получится суточная скорость теченія

въ 11 морск. миль. Сложивъ эту величину съ 5—6 м. суточной скорости, обусловленной разностью плотностей, получимъ наблюдаемая 16—17 м. въ сутки.

Приведенный примѣръ показываетъ, что вѣтеръ, повидимому, оказывается болѣе важною причиною возбужденія теченій на поверхности океана, нежели разность плотностей.

Подобный же примѣръ для Балтійскаго м. еще болѣе убѣдительно, онъ показываетъ, что даже и тамъ, гдѣ на малыхъ разстояніяхъ разности плотностей очень велики, все-таки вліяніе вѣтра имѣетъ большее значеніе для возникновенія теченій (см. стр. 531, теченія Балт. м.).

Наконецъ самое существованіе смѣсмъ муссонныхъ теченій, а также нѣкоторое перемѣщеніе и измѣненіе теченій тропической полосы во всѣхъ океанахъ въ зиму и лѣто того же полушарія показываютъ еще разъ большое значеніе вѣтровъ для существующей системы теченій. Перемѣщеніе метеорологическаго экватора съ временами года, конечно, сказывается на распредѣленіи температуры воды (см. главу о температурахъ), а слѣдовательно и на распредѣленіи плотности воды, но эти измѣненія очень не велики; измѣненія же въ системѣ вѣтровъ, вызываемыхъ перемѣщеніемъ метеорологическаго экватора, очень значительны.

Такимъ образомъ изъ этихъ трехъ причинъ теченій надо признать, что вѣтеръ представляетъ одну изъ важнѣйшихъ. На это указываютъ многія обстоятельства; несомнѣнно, что, если бы вѣтеръ не существовалъ, то возникшія въ океанахъ системы теченій очень значительно отличались бы отъ существующихъ.

Тутъ будетъ уместно указать, что въ океанѣ существуетъ много теченій съ водами совершенно различныхъ плотностей, идущихъ разомъ, и, несмотря на то, между ними однако вовсе не образуется обѣйна воды.

Наконецъ всѣ теченія идутъ по ложу, образованному водами океана, всегда обладающими совершенно иными физическими свойствами, нежели воды самихъ теченій; однако и при этихъ условіяхъ теченія продолжаютъ существовать и двигаться, не смѣшивая немедленно своихъ водъ съ соседними. Конечно, такое смѣшеніе водъ ихъ происходитъ, но оно совершается очень медленно и въ значительной мѣрѣ обуславливается образованіемъ водоворотовъ при движеніи одного слоя воды по другому *).

*) Напр., изопикна 32,6‰ служитъ рѣзкою границею на поверхности между Восточно-Гренландскимъ теченіемъ и остальною поверхностною водою въ Атлантико-Европейскомъ м. Подобной рѣзкой границы не могло бы существовать, если бы законъ разности плотностей былъ главнѣйшею причиною теченій.

Заключеніе о причинахъ морскихъ теченій.—Причины океаническихъ теченій или, лучше сказать, условія, возбуждающія теченія, могутъ быть раздѣлены на двѣ части: *первичныя*—обуславливающія появленіе теченій, и *вторичныя*—производящія различныя видоизмѣненія въ нихъ.

I.—*Первичныя* условія, служащіе источникомъ энергіи теченій, суть: вѣтеръ, разность плотностей и разность давленій атмосферы.

а)—Вѣтеръ дѣйствуетъ двоякимъ образомъ, во-первыхъ, непосредственно—трѣнемъ и посредственно—толчками на подвѣтренную сторону волнъ. Оба эти вліянія въ совокупности могутъ быть названы тангенціальнымъ трѣніемъ.

Какъ выше было указано, согласно существующему матеріалу по этому вопросу, вѣтеръ признается главнѣйшимъ условіемъ образованія существующей въ океанахъ системы теченій.

б)—Разность плотностей представляетъ другое обстоятельство, постоянно возбуждающее образованіе теченій.

Разность плотностей въ морской водѣ на тѣхъ же самыхъ уровняхъ поверхностяхъ разныхъ глубинъ обуславливается и разность давленій изъ нихъ. Разность плотностей происходитъ отъ многихъ условій, постоянно дѣйствующихъ въ океанѣ, а именно: температуры воды, ея солености, испаренія, атмосферныхъ осадковъ, таянія льдовъ.

в)—Разности атмосфернаго давленія хотя и дѣйствуютъ на нѣмъ океана, но производятъ также разности давленій въ массѣ водъ океана и тѣмъ самымъ возбуждаютъ теченія.

II.—Ко *вторичнымъ* условіямъ, вліяющимъ на возбужденныя первичными причинами движенія воды, относится кѣлый рядъ обстоятельствъ, существующихъ въ природѣ.

Прежде всего важное условіе непрерывности движеній водныхъ массъ, такъ какъ всякое малѣйшее передвиженіе какой-либо водной частицы влечетъ за собою движеніе и сосѣднихъ частицъ (вода почти не сжимаема). Это обстоятельство въ совокупности съ вліяніемъ формы и очертаній береговъ и подводнаго рельефа и ихъ расположенія относительно вѣтра и теченія вносятъ рядъ измѣненій въ послѣднія и обуславливаютъ появленіе компенсаціонныхъ (возмещающихъ) теченій.

Въ свою очередь внутреннее трѣніе (не молекулярное) и удерживающая сила отъ вращенія земли на оси вносятъ глубокія видоизмѣ-

ненія во всѣхъ поступательныхъ движеніяхъ воды, отъ какихъ бы причинъ они ни возникали.

Изъ вышесказаннаго, напримѣръ, вовсе не слѣдуетъ однако, что вѣтеръ есть всегда главнѣйшая причина всѣхъ теченій; въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ необходимо разобрать всѣ условія и придать каждому условію соответственное значеніе, для того, чтобы найти главную причину теченія.

Однако, совместное разсмотрѣніе обзорной карты теченій (фиг. 197—198, стр. 488) и картъ воздушныхъ теченій надъ двумя океанами для двухъ крайнихъ временъ года, помѣщенныхъ далѣе (фиг. 199—200, стр. 491 и 233—234, стр. 538), приводитъ къ неизбѣжному выводу о большомъ сходствѣ среднихъ движеній воднаго и воздушнаго океановъ.

Все это еще разъ подтверждаетъ большое значеніе вѣтровъ, какъ одной изъ причинъ теченій.

Общая схема теченій океановъ. — Причины, обуславливающія возникновеніе океаническихъ теченій, одинаковы для всѣхъ трехъ главныхъ частей Мирового океана, а потому и системы теченій, наблюдаемыя въ Тихомъ, Атлантическомъ и Индійскомъ океанахъ, въ общемъ сходны между собою, существующія же различія объясняются мѣстными условіями.

Слѣдовательно можно составить общую схему теченій океана, которая въ главныхъ, важнѣйшихъ чертахъ будетъ справедлива для каждаго океана.

Предположимъ, что океанъ занимаетъ по экватору 90° , и берега его образованы двумя меридіанами, какъ это представлено на чертежѣ (фиг. 196).

Въ тропической полосѣ по обѣ стороны экватора съ востока на западъ идутъ два экваторіальныхъ теченія, между которыми въ обратномъ направленіи, изъ востока, идетъ экваторіальное противотеченіе. Въ полосахъ океана, лежащихъ между экваторомъ и параллелями 50° с. и ю. ш., образуется по круговороту. Экваторіальныя теченія, подойдя къ западнымъ берегамъ, отчасти даютъ начало противотеченію между ними, а главнымъ образомъ заво-



Фиг. 196. Схема океаническихъ теченій.

рачиваютъ къ сѣверу и къ югу и идутъ вдоль береговъ до 50-й параллели, гдѣ, постепенно уклоняясь къ востоку, въ этомъ направленіи исторично пересекаютъ океанъ и, подойдя къ его восточнымъ берегамъ, главнымъ образомъ заворачиваютъ къ экватору и текутъ вдоль береговъ, пока не замкнутъ круговоротъ, слившись съ экваторіальными теченіями.

Другая часть поперечныхъ теченій 50-хъ параллелей у восточныхъ береговъ поворачиваетъ къ полярнымъ областямъ и образуетъ круговороты меньшаго размѣра.

Мѣстныя особенности каждаго изъ океановъ вносятъ измѣненія въ эту схему, тѣмъ самымъ указывая на значеніе вліянія очертаній береговъ на теченія. Особенно значительныя измѣненія получаетъ эта схема въ южномъ полушаріи, гдѣ къ югу отъ 55° ш. никакихъ береговъ меридіанальнаго направленія не существуетъ. Также и въ сѣверной половинѣ Индійскаго океана и азіатско-австралійской части Тихаго ок. мѣстныя причины (періодическая сѣбн-пѣтровъ) совершенно измѣняютъ характеръ теченій.

Описаніе теченій океановъ.

Атлантическій океанъ.—Теченія Атлантическаго ок., для удобства ихъ описанія, могутъ быть раздѣлены на четыре отдѣла, а именно на теченія: тропической полосы, сѣверной половины океана, южной половины океана и теченія морей.

Общая карта теченій Мирового океана (флг. 197—198, стр. 488—489) даетъ общую картину теченій.

I.—*Теченія тропической полосы Атлантическаго ок.*—*Южное Экваторіальное теченіе* или дрейфовое теченіе SE пасага начинается почти отъ береговъ Африки широкою полосою около 10° широты. Южная граница теченія мало опредѣлена, а сѣверная въ началѣ теченія проходитъ около 1° с.ш., по мѣрѣ же движенія къ W *) она все больше

*) Далѣе въ описаніи теченій вездѣ слова: западъ, востокъ, сѣверъ и югъ и ихъ сочетанія обозначены для сокращенія рубками коммасы: W, E, N, S, NNE — сѣверо-сѣверо-востокъ, WSW — западъ-юго-западъ; SSE — юго-юго-востокъ и т. д. При этомъ надо помнить, что *теченіе всегда идетъ изъ коммасы*, т. е., напр., теченіе NNW значитъ, что теченіе идетъ изъ центра коммасы, т. е. уходитъ отъ наблюдателя по направленію къ NNW, иначе говоря, идетъ изъ сѣверо-сѣверо-западъ. Второе же всегда считается обратно—*доказано въ коммасы* и называется *теченіемъ рубкомъ, отъ котораго идетъ другъ изъ наблюдателя*.

и больше удаляется от экватора къ N и у береговъ южной Америки доходить до 6° — 7° с. ш. Лѣтомъ сѣвернаго полушарія эта граница занимаетъ нѣсколько сѣверное положеніе, а зимою она приближается къ экватору. Южное Экваторіальное теченіе отличается большою устойчивостью *) (80 — 90%), въ восточной части его скорость меньше, отъ 13 до 25 м.м. въ сутки **, къ W скорость увеличивается, и вообще она больше въ сѣверной части теченія, гдѣ наибольшія скорости доходятъ до 50—55 м.м. за 24 ч. Зимою сѣвернаго полушарія она слабѣе, а лѣтомъ—сильнѣе. Въ началѣ теченіе относительно холодное (въ Авг.— 22° , 23° , въ Февр.— 27°), а далѣе къ W воды теченія нагреваются, и оно становится теплымъ круглый годъ (28°). Колебанія температуры воды на поверхности въ теченіе года въ Гвинейскомъ зал. уже были отмѣчены выше, въ главѣ о температурѣ. Они хорошо видны на картѣ годовыхъ амплитудъ температуры воды, гдѣ въ этомъ мѣстѣ встрѣчаются изоамплитуды въ 5° — 6° (см. фиг. 53, стр. 130). Воды относительно низкой температуры приносятся сюда изъ Бенгуэльскаго теченія, гдѣ онѣ отчасти поднимаются отъ поднятія воды съ глубины.

Подобно къ мысу Рока, теченіе раздѣляется (особенность Экват. теченія Атлант. ок., результатъ вліянія очертанія береговъ южн. Америки, см. фиг. 194, стр. 479), часть его отклоняется къ югу подъ именемъ Бразильскаго, а главная масса воды идетъ на NW вдоль береговъ южной Америки, принимая названіе

Гвианскаго теченія, которое отличается высокою температурою (27° — 28°) и значительною скоростью отъ 30 до 60 м.м. въ 24 ч., доходящую лѣтомъ сѣвернаго полушарія до 80—90 м.м. (согласно наблюденію на *Альбионъ*, 1857 г. въ Авг. скорость дошла до 108 м.м.). Пройдя меридіанъ устья р. Амазонки, сѣверная граница теченія сливается съ южною границею Сѣвернаго экваторіальнаго теченія, а зимою сѣвернаго полушарія это случается и раньше, не доходя до устья Амазонки. Далѣе теченіе входитъ въ Карибское м. и получаетъ новое названіе Карибскаго.

Сѣверное Экваторіальное теченіе или дрейфовое теченіе NE пассата начинается къ W отъ Зеленаго м. (отъ 20° ш. д.) и идетъ сперва

*) Обясненіе понятія „устойчивость теченія“ см. стр. 443.

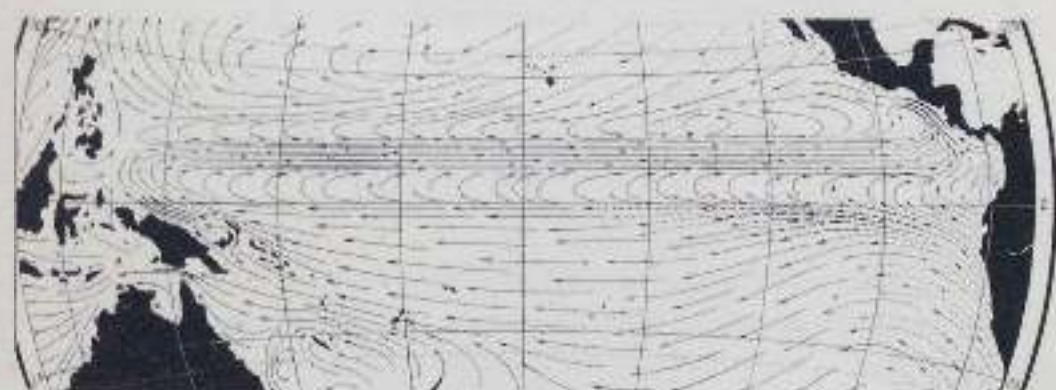
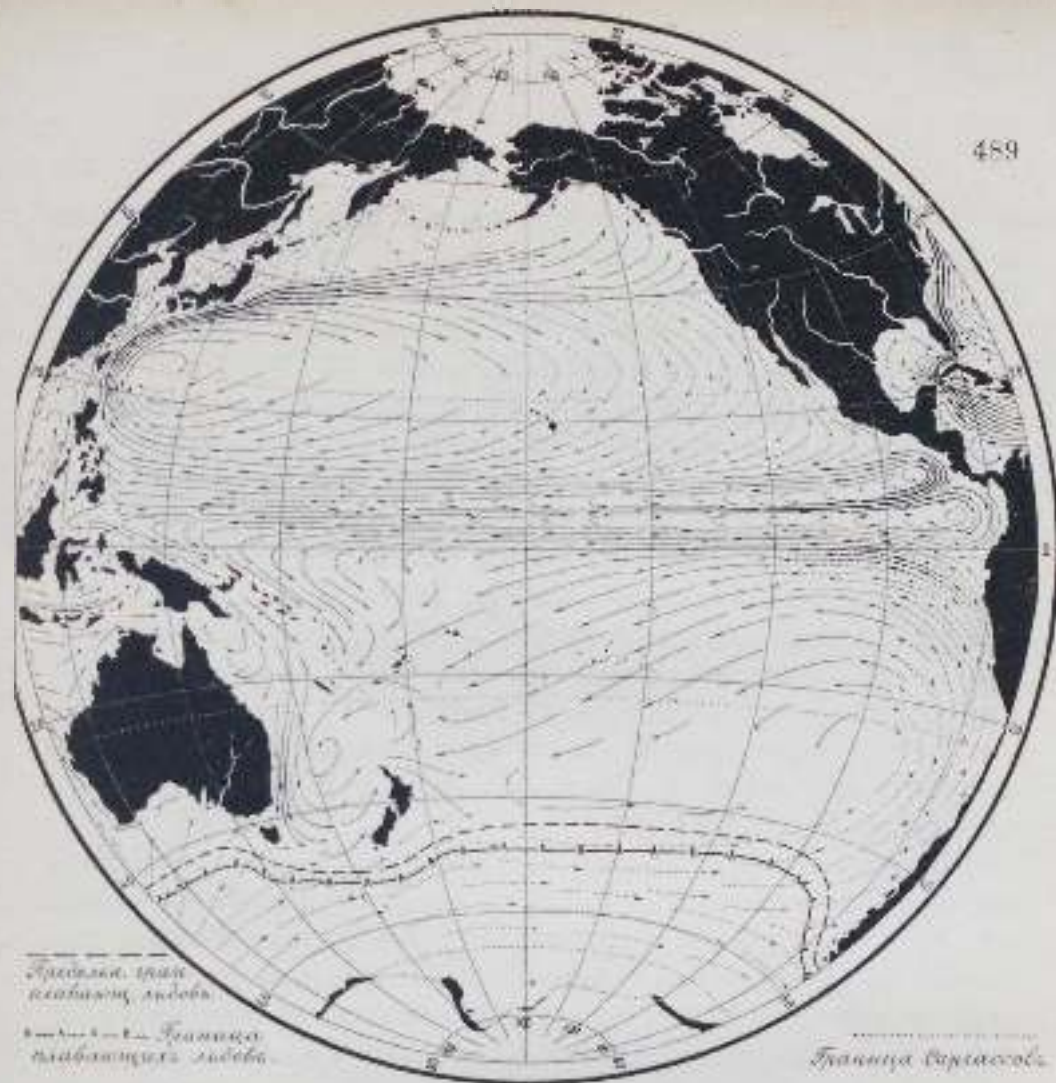
**) Вездѣ далѣе скорости даны въ морскихъ миляхъ и за 24 ч., почему эта цифра и не упоминается больше; во всѣхъ другихъ случаяхъ указано, въ какихъ единицахъ дана скорость и за какой промежутокъ времени.



Фиг. 187. Точения января



Фиг. 188. Точения июля



на WSW, потомъ на большемъ протяженіи океана на W, подходя же къ малымъ Антильскимъ о-мъ, оно постепенно уклоняется къ WNW. Течение пересѣкаетъ океанъ между 8° и 20° — 23° с. ш., его сѣверная граница малоопредѣлена, и скорости теченія къ сѣверу уменьшаются до 8—10 м.м., тогда какъ въ южной части теченія онѣ 15—25 м.м. Зимой сѣвернаго полушарія теченіе сильнѣе, а лѣтомъ — слабѣе. Теченіе въ общемъ гораздо слабѣе Южнаго Экваторіальнаго и мало устойчиво.

Между двумя Экваторіальными теченіями лѣтомъ сѣвернаго полушарія (съ Іюля по Дек.) идетъ на Е замѣтное теченіе, называемое *Экваторіальнымъ противотеченіемъ*, которое въ настоящее время часто называютъ также и *Гвинейскимъ теченіемъ*, потому что оно несомнѣнно образуетъ съ послѣднимъ одно общее цѣлое. Лѣтомъ (сѣв. пол.) Экваторіальное противотеченіе составляетъ естественное начало Гвинейскаго теченія, далѣе идущаго вдоль берега Гвинеи на Е.

Зимой же сѣвернаго полушарія, когда Экваторіальное противотеченіе посредній океана исчезаетъ, его продолженіе — Гвинейское теченіе продолжаетъ существовать.

Передвиженіе по временамъ года полосъ пассатовъ и экваторіальной штилевой полосы между ними и измѣненія ширины послѣдней, какъ это видно на картахъ вѣтровъ, для середины зимы и лѣта сказывается и на Экваторіальномъ противотеченіи. Оно занимаетъ наиболѣе широкую и длинную полосу океана лѣтомъ сѣвернаго полушарія, когда штилевая полоса шире, особенно у Африки. (См. фиг. 199 — 200, стр. 491). Экваторіальное противотеченіе уноситъ къ востоку воды океана, распрѣсленныя дождями, выпадающими въ штилевой полосѣ.

Скорость Экваторіальнаго противотеченія или, что то же самое, западной части Гвинейскаго теченія, довольно значительна, отъ 10 до 30 и 40 м.м.; скорость же въ той части теченія, которая идетъ по Гвинейскому зал., еще больше, около 20—40 и даже 50 м.м.

Это теченіе теплое (28°), и только въ Августѣ въ Гвинейскомъ зал. встрѣчаются болѣе низкія температуры (22° — 24°).

Теченія тропической полосы океана, какъ только-что указано, въ значительной степени находятся въ зависимости отъ вѣтровъ и являются потому вѣтровыми (дрейфовыми) теченіями по преимуществу, какъ это хорошо видно изъ сравненія приложенныхъ здѣсь картъ вѣтровъ (фиг.

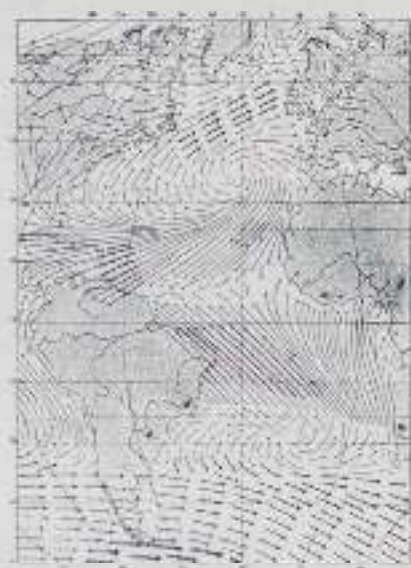
199—200) за два крайних времени года, с обзорными картами течений для зимы и для лета (фиг. 197—198, стр. 489).

Зимой NE пассат сильнее (5—6 баллов по шкале Бофорта), и его полоса в западной части океана спускается до экватора (фиг. 199),



Фиг. 199. Ветры зимой сд. пол.

Коротко и толще стрелки соответствуют скорости ветра около 3 баллов по Бофорту; толще линиями—3—4,5 баллов; утолщения—4,5—6 баллов; двойная—более 6 баллов.



Фиг. 200. Ветры летом сд. пол.

поэтому и Северное Экваториальное течение в это время года отличается большими скоростями и большей устойчивостью. В то же время SE пассат в южном полушарии слабее (4 балла по Бофорту), и Южное Экваториальное течение тоже слабее и менее устойчиво.

Летом северного полушария обратно: NE пассат (фиг. 200) на большом протяжении по средине океана слабее (4—5 баллов); потому и Северное Экваториальное течение менее устойчиво и имеет меньшие скорости. SE пассат в эту часть года сильнее (5—6 баллов) и устойчивее, потому и Южное Экваториальное течение тоже устойчивее и обладает большими скоростями; это сказывается также и на его продолжении—Гвинейском течении.

Значительное расширение итизовой полосы летом северного полушария (фиг. 199—200), а также распространение области SW мус-

сони въ восточной части океана не только на полосу между экваторомъ и Гвинеей, а и дальше (до 12° с. ш.), между 30° з. д. и Африкою, обуславливаетъ увеличеніе силы Гвинейскаго теченія и образованіе въ полосѣ между 10° — 5° с. ш., посреди океана, Экваторіальнаго противотеченія, составляющаго какъ бы начало Гвинейскаго теченія.

Наконецъ существуютъ, повидимому, еще и разность плотностей, особенно сильная въ этихъ широтахъ, между серединою океана и областью Гвинейскаго зал. и dalje къ югу, вдоль береговъ Африки, вслѣдствіе чего образуется нѣкоторый уклонъ къ востоку, и возникаетъ побужденіе къ стоку воды къ Гвинейскому заливу, между его сѣвернымъ берегомъ и Южнымъ Экваторіальнымъ теченіемъ. Появленіе значительной разности плотностей воды на поверхности объясняется распредѣленіемъ атмосферныхъ осадковъ. Лѣтомъ сѣвернаго полушарія (Іюль — Сент.) въ широтной полосѣ, поперекъ всего океана отъ Африки до устья р. Ориноко (между 12° — 7° с. ш.), выпадаетъ большое количество осадковъ, а въ то же время все пространство Гвинейскаго зал., узкая область по обѣ стороны вдоль экватора до 30° з. д. и все пространство океана вдоль берега Южной Африки отличаются малымъ количествомъ осадковъ *).

II.—*Теченія сѣверной половины Атлантическаго ок.*—*Караибское теченіе* создается изъ Гвианскаго и части Сѣвернаго Экваторіальнаго теченій, которая проходитъ черезъ проливы между калыми Антильскими о-ми въ Караибское м., гдѣ и занимаютъ всю его поверхность, находясь весь годъ подъ вліяніемъ NE пассата, дующаго тутъ почти отъ Е. Вода теченія, нагрѣтая за долгій путь въ тропикахъ, отличается высокою температурою (фиг. 54, стр. 134) 27° — 28° , а въ Августѣ даже и выше. Скорости теченія въ разныхъ мѣстахъ моря доходятъ до 35—50 м.м., и устойчивость теченія велика.

Подойдя къ Юкатанскому проливу (см. карту фиг. 201, стр. 495), гдѣ разстояніе между центральною Америкою и Кубою всего 100 м.м. (180 к.), теченіе суживается, и скорость его, естественно, увеличивается, доходя иногда до 70 м.м., а въ среднемъ до 50 м.м. Выйдя къ сѣверу черезъ проливъ въ обширное пространство Мексиканскаго зал., главная масса теченія сейчасъ же уклоняется направо (вліяніе неперывности),

*) Въ эти мѣсяцы выпадаетъ большое количество осадковъ въ Камерунѣ, лежащемъ въ восточномъ углу Гвинейскаго зал., но эти осадки выпадаютъ внутри страны, на поднятійхъ горныхъ склонахъ, а не на поверхности океана въ Гвинейскомъ зал.

идетъ берега Кубы, къ входу въ Флоридскій пр. Въ остальной части Мексиканскаго зал. правильныхъ теченій нѣтъ.

Другая часть Сѣвернаго Экваторіальнаго теченія, не проходящая проливами между малыми Антильскими о-ми въ Караибское м., идетъ на WNW вдоль океанической окраины этихъ, а также и Багамскихъ о-въ подъ названіемъ *Антильскаго* теченія, со скоростью 10—20 м.к. Далѣе она присоединяется къ Гольфстриму по выходѣ послѣдняго изъ пространства между Флоридою и Багамскими о-ми.

Теченію, выходящее изъ Юкатанскаго пр. и заворачивающее къ Мексиканскому зал. къ востоку вдоль берега Кубы, даетъ немного далѣе начало одному изъ самыхъ могучихъ теченій океана—*Гольфстриму*^{*)}, который своимъ вліяніемъ обуславливаетъ весьма многія явленія на поверхности сѣверной половины океана и, между прочимъ, распредѣленіе температуры воды, солености и пловучихъ льдовъ (см. фиг. 41, стр. 92 и фиг. 54, стр. 134).

Гольфстримъ, въ сущности, начинается тамъ, гдѣ онъ вступаетъ въ узость Флоридскаго пр. на 84° з.д.

Въ этомъ мѣстѣ проходятъ 5-е сѣченіе наблюдений лейт. американскаго флота Пильсбери, произведеннаго въ 1885—1889 гг. наиболее обстоятельнымъ изслѣдованіи Гольфстрима на суднѣ *Albat*. Приложенная здѣсь карта (фиг. 201) Флоридскаго пр. показываетъ рельефы дна и линіи, вдоль которыхъ были тогда произведены наблюденія на поверхности и на различныхъ глубинахъ; немаловажно также приложены разрывы пролива въ самомъ его узкомъ мѣстѣ Фортъ Роуль—Генъ Кой съ результатами наблюденій Пильсбери (стр. 495).

Поворотъ теченія по выходѣ его изъ Юкатанскаго пр. яврано обуславливается не только уклоняющею силою отъ вращенія земли, но еще и условіемъ *непрерывности* теченій. Постоянный оттокъ воды изъ Мексиканскаго зал. черезъ Флоридскій пр. въ океанъ увлекаетъ за собою массу воды; естественно, что ее и замѣняетъ теченіе, выходящее изъ Юкатанскаго пр. и обладающее значительною скоростью. Въ этомъ мѣстѣ (сѣченіе 5-е, фиг. 201) ширина пролива между изобатами въ 200 м. около 125 м.к. (230 к.), и потому здѣсь скорость теченія меньше, нежели въ Юкатанскомъ пр. Въ своемъ дальнѣйшемъ движеніи на востокъ теченіе встрѣчаетъ преграду—Большую Багамскую банку, на которой

*) Во многихъ русскихъ трудахъ названіе этого теченія передается совершенно неправильно. Оно получило свое названіе на англійскомъ языкѣ—*Gulfstream*, что влечетъ точное передаточное по-русски—Гольфстримъ, а не Гольфитромъ или Гольфитремъ или Гольфетремъ.

стоять архипелагъ того же имени; это обстоятельство заставляетъ течение поворачивать влѣво на 90° , и оно, идя уже на N, вступаетъ въ самую узкую часть Флоридскаго пр., гдѣ по линіи между маякомъ Фоуей Рокъ и рифомъ Ганъ Кэпъ и были произведены лейт. Нильсбѣри тщательныя изслѣдованія въ 1888 и 1889 гг. Ширина пролива между изобатами въ 200 м. здѣсь всего 39 м.м. (72 к.), а глубина около 700 м. (300 м. с.); у Флориды уклонъ берега положе, но, несмотря на то, наибольшія скорости теченія имѣетъ именно ближе къ флоридскому берегу. На чертежѣ (фиг. 202) проведены линіи равныхъ скоростей въ среднемъ выводѣ изъ всѣхъ наблюденій Нильсбѣри; наибольшая скорость 80 м.м. или 3,3 м.м. въ 1 ч. или 6,2 к. въ 1 ч. встрѣчается въ поверхностномъ слой всего въ 10—14 миляхъ (19—22 к.) отъ Флориды. Случается, что наибольшая скорость въ этомъ мѣстѣ доходить до 120 м.м. (222 к.) въ сутки или 5 м.м. = 9,2 к. въ 1 ч. (2,57 метра въ 1 с.). Для сравненія можно указать, что Нева у Петрограда имѣетъ скорость теченія 5,8 к. въ 1 ч.; 1,6 метра въ 1 сек. или 79 морск. миль въ 24 ч.; при этомъ ширина Невы всего около 0,75 мил. и глубина—9 м.; тогда какъ Гольфстримъ у Фоуей Рокъ, т.-е. тамъ, гдѣ теченіе всего уже, имѣетъ 39 м.м. = 76 к. ширины и 700 м. глубины. На половинѣ глубины пролива скорость теченія тоже около половины ея величины на поверхности. По вычисленію Нильсбѣри, теченіе въ часъ несетъ около 90.000 милліоновъ тоннъ (англ.) воды или около 91.000 милліона метрическихъ тоннъ. Для сравненія приводимъ расходъ Невы въ часъ, составляющій всего около 12 милліоновъ метрическихъ тоннъ, т.-е. около 1 : 76.000 доли расхода Гольфстрима во Флоридскомъ пр. По выходѣ въ океанъ масса его воды еще значительно увеличивается присоединеніемъ Антильскаго теченія, какъ это указано ниже; все это даетъ нѣкоторое представленіе о значеніи и величинѣ теченія Гольфстрима.

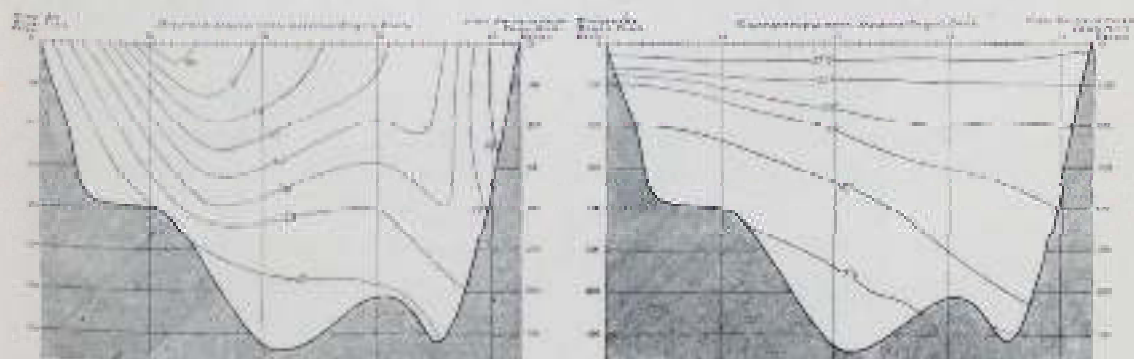
Температура теченія тоже очень высока; какъ это видно на чертежѣ (фиг. 203), слой воды въ 150 м. отъ поверхности имѣетъ температуру выше 20° , на 400 м. глубины въ среднемъ еще 10° , и въ самыхъ глубокихъ слояхъ температура еще 7° . Соленость на поверхности 36,5‰ (*).

*) Изслѣдованія Нильсбѣри выяснили существованіе большой связи между скоростью Гольфстрима на всѣхъ глубинахъ и склоненіемъ дуны; именно, при маломъ склоненіи теченіе суживается, и скорости возрастаютъ; а при большомъ склоненіи теченіе расширяется, и скорости убываютъ. Къ этому свѣдѣнію имѣли въ связи съ прохожденіемъ дуны черезъ меридіанъ.

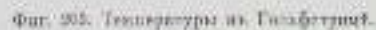


Фиг. 301. Ръкобна ина во пазарѣ Гомбостонума

По выходе Гольфстрима в океанъ къ нему съ правой стороны присоединяется Антильское теченіе, значительно большее по своему объему (75%), нежели собственно Гольфстримъ (25%). Эта большая масса водъ Антильскаго теченія, высокой температуры и большой солёности, пригоняется сюда вѣтрами, особенно въ лѣтнюю половину года сѣвернаго полушарія (см. карту фиг. 198, стр. 488), и ей-то главнымъ



Фиг. 202. Сирена в Галфстромъ.

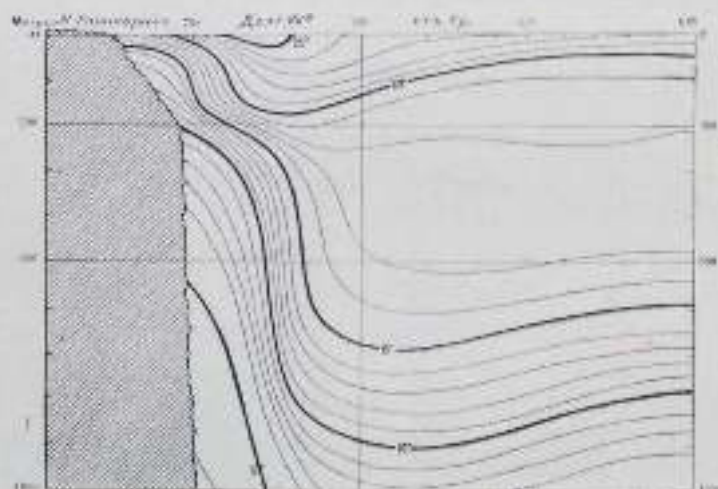


образомъ и обязаны дѣйствіями развитія Гольфстрима тѣмъ вліяніемъ, какое она оказываютъ на разныя физико-географическія явленія сѣверо-западной Европы и окружающихъ ее водъ.

Выйдя изъ Флоридскаго пр., Гольфстримъ все время идетъ вдоль окраины материковой отмели Америки, проходя надъ значительными глубинами крутого материкового склона (см. карту глубинъ; фиг. 16, стр. 34), что объясняется большою мощностью течения, вся толща коего своею нижнею границею лежитъ гораздо глубже окраины материковой отмели.

Западный, американскій край теченія рѣзко отграниченъ отъ прибрежной полосы воды, отличающейся значительно меньшими температурами, и потому получилъ даже особое названіе «холодной стѣны» (cold wall). Восточная же окраина Гольфстрима мало опредѣлена, теченіе здѣсь постепенно переходитъ въ область Саргассоваго моря, безъ опредѣленныхъ движеній воды (см. карту плаваній остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431) и карту плаваній бутылокъ (фиг. 169, стр. 425). Вообще, тѣмъ дальше отъ Флоридскаго пр., тѣмъ ширина Гольфстрима становится больше.

Между Гольфстримомъ и берегомъ Америки, какъ сказано выше, лежитъ полоса холодной воды, хорошо видная на поперечномъ разрѣзѣ теченія по параллели мыса Гаттераса (фиг. 204); между Гольфстримомъ и берегомъ проходитъ слой изотермобатъ, расположенныхъ почти вертикально, съ температурами на $10-15^{\circ}$ ниже температуры Гольфстрима.



Фиг. 204. Сечение Гольфстрима по параллели м. Гаттераса.

Такой шагъ изотермобатъ указываетъ на выступаніе здѣсь холодной воды съ большихъ глубинъ океана, обусловленное вліяніемъ вѣтровъ, согласно дрейфовой теоріи Экмана (см. стр. 475). Разрѣзъ показываетъ, что теченіе, пройдя даже 10° по меридіану (выходъ изъ Флоридск. пр. 26° с. ш., мысъ Гаттераса 36° с. ш.), сохраняетъ свою большую мощность, простираясь до глубинъ въ 600—700 м. и занимая на поверхности большее прозираніе по параллели (около 120 м.м., т. е. въ 3,3 раза больше, нежели во Флоридскомъ пр.), темъ, конечно, способствуя въ значительной степени присоединенію къ потоку Атальскаго теченія.

Скорость теченія тоже убываетъ къ сѣверу; отъ Флориды до м. Гаттераса средняя скорость около 45—50 м.м., доходя иногда до 60—70—90 м.м.; далѣе скорость уменьшается и перестаетъ быть вѣдливою, среди теченія появляются полосы съ меньшими и большими скоростями, и наконецъ, за меридіаномъ 70° з. д., средняя скорость всего около 25—35 м.м., а вмѣстѣ съ тѣмъ ширина теченія увеличивается и на 50° з. д. достигаетъ приблизительно 350 м.м.

Начиная отъ Флоридскаго пр., среди теченія замѣчаются болѣе теплыя и болѣе холодныя полосы; по сперва разниця между ними не превосходитъ 2° — 3° ; эти разности температуръ, вѣроятно, обусловлены различными скоростями въ полосахъ теченія или смѣшеніемъ съ водами Атальскаго теченія. Далѣе къ сѣверу разности въ температурахъ полосъ могутъ увеличиваться также и вѣдствіе встрѣчи съ холодными теченіями (теч. Кабота изъ зал. Ся. Лаврентія и теч. Лабрадорскаго).

Гольфстримъ, идя по окраинѣ материковой отмели и слѣдуя за ея поворотомъ, на параллели Нью-Йорка (40° с. ш.) самъ уклоняется къ востоку и въ этомъ направленіи идетъ до восточной оконечности Нью-фаундлендской банки. Здѣсь теченіе выходитъ въ открытый океанъ, и на 40° з. д., въ сущности, находится крайній восточный предѣлъ собственно Гольфстрима. Къ востоку отъ меридіана 40° з. д. скорость теченія становится въ среднемъ всего около 15 м.м., и теченіе не имѣетъ уже вліянія на пути современныхъ паровыхъ судовъ, сохраняя однако все свое физико-географическое значеніе.

Только-что рассмотрѣнный путь Гольфстрима отъ Флориды до Нью-фаундлендской банки хорошо выраженъ на картѣ плаваній остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431), гдѣ ихъ скорости показаны на путяхъ цифрами, въ скобкахъ. Тамъ, несмотря на всѣ колебанія, видно, что скорости постепенно уменьшаются къ востоку.

О причинахъ, возбуждающихъ и поддерживающихъ Гольфстримъ, было высказано много предположеній. Указывали на разность уровней между Мексиканскимъ зал. и океаномъ, какъ на главнѣйшую причину Гольфстрима, при чемъ причину образованія разности уровней ищли въ излишнѣ воды, изливаемой р. Миссисипи, и въ выпадающихъ осадкахъ. Приблизительный подсчетъ этихъ двухъ причинъ пониженія уровня показываетъ, что ихъ сумма должна быть близка къ количеству воды, испаряющейся съ поверхности залива.

Разность давленій атмосферы подъ Мексиканскимъ пр. и океаномъ, конечно, оказываетъ нѣкоторое вліяніе, но оно, вслѣдствіе частыхъ перемѣнъ давленія, не можетъ быть важною причиною возникновенія течения (см. стр. 481).

Другою причиною болѣе высокаго положенія уровня въ Мексиканскомъ зал. можетъ быть разность плотностей во всей толщѣ водъ въ заливѣ и въ рядомъ лежащей части океана; однако, по подсчету это предположеніе оказывается не обоснованнымъ и потому не могущимъ объяснить возникновеніе течения во Флоридскомъ пр.

Такимъ образомъ остается наиболѣе вѣроятнымъ предположеніе, высказанное еще Франклиномъ, что въ Караибскомъ м. образуется нагонъ воды, обуславливаемый какъ обоими Экваторіальными течениями, такъ и непосредственно дѣйствіемъ НЕ пассата, дующаго весь годъ въ Караибскомъ м. почти прямо отъ Е; результатомъ чего и является сложное движеніе водъ всего моря на поверхности къ W, къ единственному выходу черезъ Юкатанскій и Флоридскій проливы въ океанъ. Образованіе столь сильнаго течения есть результатъ сочетанія многихъ причинъ, при чемъ очертаніе береговъ и взаимное расположеніе господствующихъ вѣтровъ и береговъ вмѣстѣ съ непосредственнымъ вліяніемъ вѣтра и суть главныя причины возникновенія Гольфстрима.

Такимъ образомъ Гольфстримъ не чисто-дрейфовое теченіе, а теченіе сложное, обуславленное кромѣ вѣтра еще многими условіями, почему и глубина его несравненно больше той, какая наблюдается въ теченіяхъ, приближающихся по своему типу къ чисто-дрейфовымъ, какъ, напримеръ, экваторіальныя теченія (около 150—200 м. глубиною).

Къ востоку отъ 40° з. д. въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. замѣчается движеніе поверхностной воды къ Европѣ съ небольшими скоростями въ 10—20 км., поддерживаемое господствующими въ умѣренной

полосѣ океана W и SW вѣтрами (фиг. 199—200, стр. 491). Это теченіе хотя и имѣетъ тѣсную связь съ Гольфстримомъ, но въ немъ участвуютъ также воды и изъ другихъ частей океана, почему всю эту совокупность движеній воды къ востоку называютъ или *дрейфомъ Гольфстрима* или *Атлантическимъ теченіемъ*; въ послѣдніе годы послѣднее названіе получило большое распространеніе.

Атлантическое теченіе, южная граница котораго идетъ приблизительно по 40° с. ш., имѣетъ между Ньюфаундлендомъ и Ламаншемъ среднюю скорость около 12—15 м.м. Отъ его южнаго края постепенно отдѣляется обширная масса воды, образующая SE развѣтвленіе теченія, омывающее архипелагъ Азорскихъ о-въ (см. фиг. 167, стр. 422, карта плаванія поплавищемъ принца Монахскаго). Далѣе оно называется *Сѣверо-Африканскимъ* или *Канарскимъ* теченіемъ (среднія скорости 3—13 м.м.), несущимъ относительно охлаждаемую воду, по сравненію съ температурами, которыми соответствовали бы широтамъ, гдѣ оно проходитъ (вся область океана, занятая Канарскимъ теченіемъ, холоднѣе нормальной температуры на 2°, 3° и 4°. Въ среднемъ годовомъ выводѣ здѣсь на поверхности около 20°. См. фиг. 54, стр. 134). Канарское теченіе, заворачивая къ SW, даетъ начало Сѣверному Экваторіальному теченію и вмѣстѣ съ тѣмъ оно замыкаетъ круговоротъ водъ сѣверной половины океана.

Внутри этого круговорота не наблюдается какихъ-либо опредѣленныхъ теченій, а только случайныхъ, но зато это пространство отличается особенностью, не встрѣяемою нигдѣ болѣе въ Мировомъ океанѣ. Область океана, охваченная кольцомъ теченій, имѣетъ овальную форму, ея большая ось, направленная съ W на E, имѣетъ около 2.000—2.500 м.м. (3.700—4.600 к.), а меньшая, вдоль меридіана—1.000 м.м. (1.850 к.); среди всего этого пространства разбросаны плавающие водоросли въ видѣ острововъ, разбѣрами отъ нѣсколькихъ метровъ до иногда нѣсколькихъ сотенъ метровъ. Водоросли приносятся сюда теченіями и вѣтрами. Желтовато-оливковый цвѣтъ скопленій водорослей красиво выдѣляется на густой синевѣ океана, именно въ этихъ мѣстахъ обладающаго особенно чистыми темно-голубыми цвѣтомъ. Водоросли принадлежатъ къ виду *Sargassum bacciformis* и другимъ разновидностямъ *), откуда и

*) Слово *sargassum* — португальскаго происхожденія, оно произошло отъ слова *sarga*, что значить кусть или граба, а цвѣтъ уже послѣдующимъ появился слово *sargasso*.

На картѣ плавающихъ остатковъ судовъ (фиг. 174, стр. 431) пути шхуны *Fanny Walston* и барка *Telegraph* очень хорошо обрисовываютъ окранны Саргассова моря.

Возвращаясь къ Атлантическому теченію, надо указать, что большая часть его, по мѣрѣ приближенія къ Европѣ, постепенно принимаетъ NE направленіе. На параллели Ирландіи отъ теченія, съ лѣвой его стороны, отдѣляется вѣтвь къ южному берегу Исландіи, плавающая теченіемъ *Прингера*. Оно частью огибаетъ SW берегъ Исландіи, а главнымъ образомъ уклоняется отъ него къ SW и огибаетъ въ некоторомъ разстояніи южную оконечность Гренландіи м. Фаререль. Далѣе это теченіе поднимается къ сѣверу въ Датскомъ пр., образуя въ Баффиновомъ м. теплое *Западно-Гренландское* теченіе. Между этимъ теченіемъ и берегомъ Гренландіи идетъ холодное Восточно-Гренландское теченіе. Западно-Гренландское теченіе пересѣкаетъ Баффиново м. и, спустившись къ югу, замыкаетъ кругозоротъ теплой воды, существующій между Ньюфаундлендомъ, Гренландіей и Исландіей (см. фиг. 197, стр. 488). Скорости теченія Прингера очень незначительны (2.5 м.м.) *).

Главная часть *Атлантическаго* теченія, принявъ NE направленіе, идетъ къ западу отъ Ирландіи (отчего иногда ее называютъ Ирландскимъ теченіемъ) въ широкую проливу между Исландіей и Шотландіей, гдѣ, какъ извѣстно, проходитъ подводная возвышенность (стр. 33), на которой стоятъ Фарерскіе о-ва. Подводный рельефъ этого пространства изображенъ на картѣ (фиг. 208, стр. 505), прилагаемой далѣе; на ней видно, что вдоль всей подводной гряды глубины вездѣ мелье 500 м. (273 м.с.). Эта подводная гряда имѣетъ наименьшую ширину между Фарерскими о-ми и Шотландіей (здесь она называется порогомъ Уайвилъ Томсона); въ этомъ мѣстѣ съ сѣвера къ югу врезывается глубокий каналъ (болѣе 1.000 м.). Здесь разстояніе между изобатами въ 1.000 м., проходящими къ сѣверу и югу отъ гряды, всего 39 м.м. (72 ж.) **); и вотъ эта-то узкая преграда и есть причина полного разобщенія на

*) Въ 1786 г. около м. Фаререль были найдены плавающими въ морѣ куски гнилаго краснаго дерева. Другой стволъ краснаго дерева привезло къ о-ву Диска въ Баффиновомъ м., гдѣ изъ него были сдѣланы столы для губернатора датскихъ колоній въ Восточной Гренландіи. Несомненно, что они были принесены теченіями Прингера и Зап.-Гренландскимъ.

**) По другую сторону Исландіи въ Датскомъ пр. глубины также не болѣе 600 м.

глубинах, полярных водъ Сѣверно-Европейскаго м. отъ лежащихъ рядомъ съ этою водою глубокаго бассейна Атлантическаго океана.

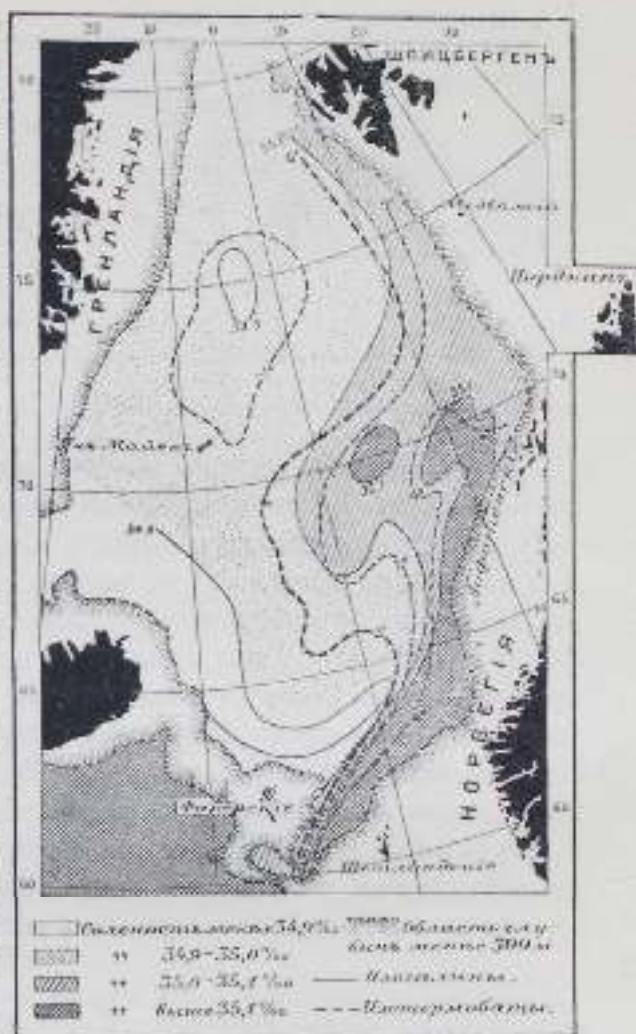
Атлантическое теченіе (NE. вѣтъ Гольфстрима по прежнему обозначенію), несущее воду солености 35,0—35,35‰ и температуры отъ 8° (Февр.) до 13°—15° (Авг.), выходитъ въ область Сѣверно-Европейскаго м. тремя путями: незначительною струею къ западу отъ Исландіи (вѣтъ теченія Приннигера), затѣмъ между Исландіей и Фарѣрскими о-ми и между послѣдними и Шотландіей, и такъ какъ глубины въ этихъ проливахъ менѣе 500 м., то только такой толщины слой воды и можетъ проходить изъ Атлантическаго ок. въ Сѣверно-Европейское м. Атлантическое теченіе идетъ главнымъ образомъ между Фарѣрскими о-ми и Шотландіей полосою около 100 м.м. (185 в.) ширины (см. карту фиг. 208, стр. 505). Этимъ путемъ вносится ежегодно въ Сѣверно-Европейское м. около 140.000 куб. мил. (1,5 милл. куб. метр. въ сек.) теплой (около 5°—12°) и соленой (около 35,0—35,35‰) воды.

Атлантическое теченіе *), вступивъ въ Сѣверно-Европейское м., все время идетъ полосою вдоль окраины материковаго склона Норвегіи, какъ это хорошо видно на прилагаемой карточкѣ (фиг. 206). На ней изображена картина теченія для изобаты въ 500 м. (273 м. с.), т.-е. для глубины, соответствующей порогу Уайвилъ Томсона; на картѣ нанесены изотермобаты и изогалины на 500 м. глубины, а все пространство материковаго склона до глубины 500 м. оставлено бѣлымъ (суша залита чернымъ). На картѣ видно, что на этой глубинѣ подводная гряда Исландія—Шотландія (а также Исландія—Гренландія) совершенно отдѣляетъ другъ отъ друга воды Атлантическаго ок. и Сѣверно-Европейскаго м.

*) Въ прежнее время вся масса теченія, идущаго отъ Ньюфаундленда къ сѣверо-востоку, называлась Гольфстримомъ. Въ настоящее время пришли къ заключенію, что собственно Гольфстримъ оканчивается на 40° ш.д., потому что въ дальнѣйшемъ дрейфовомъ теченіи принимается большое участіе вода Антильскаго теченія и вообще атлантической вода, почему и продолженіе Гольфстрима, въ которомъ его воды несомнѣнно тоже участвуютъ, стали называть Атлант. теченіемъ. Дальнѣйшія развѣтвленія послѣднато для ясности стали называть Норвежскимъ, гдѣ оно течетъ вдоль Норвегіи; Шпицбергенскимъ — по наз. сторону Шпицбергена; Нордкапскимъ — между Медвѣжьими о-ми и Нордкапомъ и т. д.

Въ обществѣ же сохранилось за этими теченіями общее названіе—Гольфстримъ; но это не вѣрно, потому что во всѣхъ этихъ смѣшеніяхъ если и участвуютъ воды собственно Гольфстрима, то въ небольшомъ количествѣ, и выдѣлить ихъ присутствія нельзя. Всѣ эти смѣшенія суть производныя Атлантическаго теченія, охватывающаго большую часть поверхности въ NE. части сѣверной половины океана.

Къ югу отъ нея лежатъ теплыя (8° — 9°) и соленыя (болѣе $35,25\%$) воды, а къ сѣверу—холодныя, ниже 0° и менѣе соленыя ($34,9$ — $35,0\%$) воды. На картѣ видно, что только узкая полоса воды между Фарѣрскими и Шетландскими о-ми обладаетъ на этой глубинѣ (500 м.) температурою около 4° и большою соленостью (болѣе $35,1\%$), это и есть вода Атлантическаго теченія. Она враномѣмъ земли прижимается вправо къ материковому склону Норвегии и двигается вдоль него на сѣверъ. На картѣ (фиг. 206) заштрихованная часть (въ кѣтку и вдоль по меридиану) представляетъ полосу, занятую водою (Норвежскаго) Атлантическаго теченія на глубинѣ 500 м.; отъ него во многихъ мѣстахъ отдѣляются вѣтви, образуя нѣсколько круговоротовъ противъ часовой стрѣлки (циклоническихъ), занимающія все остальное пространство моря до полосъ Восточно-Гренландскаго теченія. Вся область, показанная на картѣ точками, занята водою нежнго меньшей солености ($34,9$ — $35,0\%$) и низкой температуры (0° ,— 1°); эта вода образовывается путемъ охлажденія лучеспусканіемъ зимою и весною на поверхности водъ Атлантическаго теченія, небольшое же уменьшеніе солености происходитъ отъ смѣшенія съ водою отъ таянія льдовъ и водою полярнаго Восточно-Гренландскаго теченія.



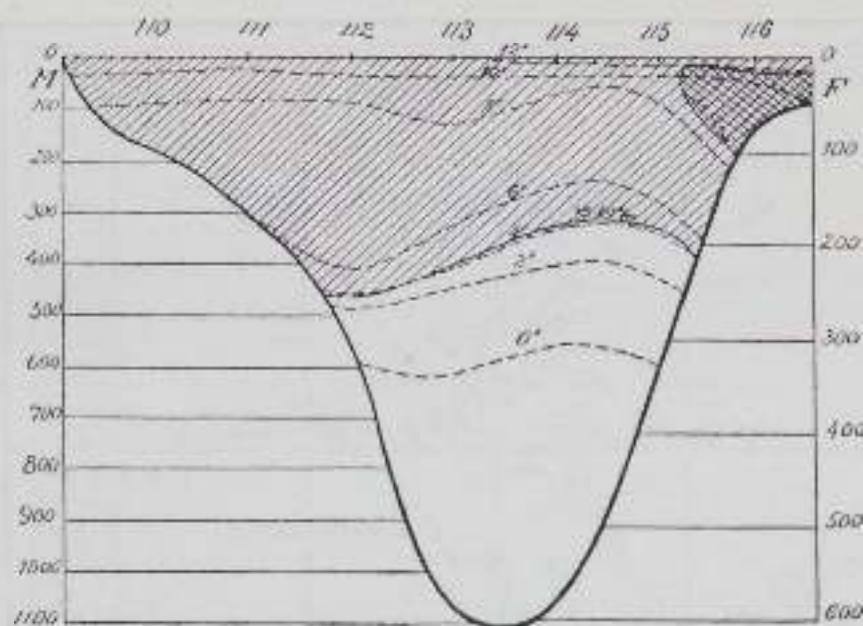
Фиг. 201. Соленость на глубинѣ 500 метровъ.



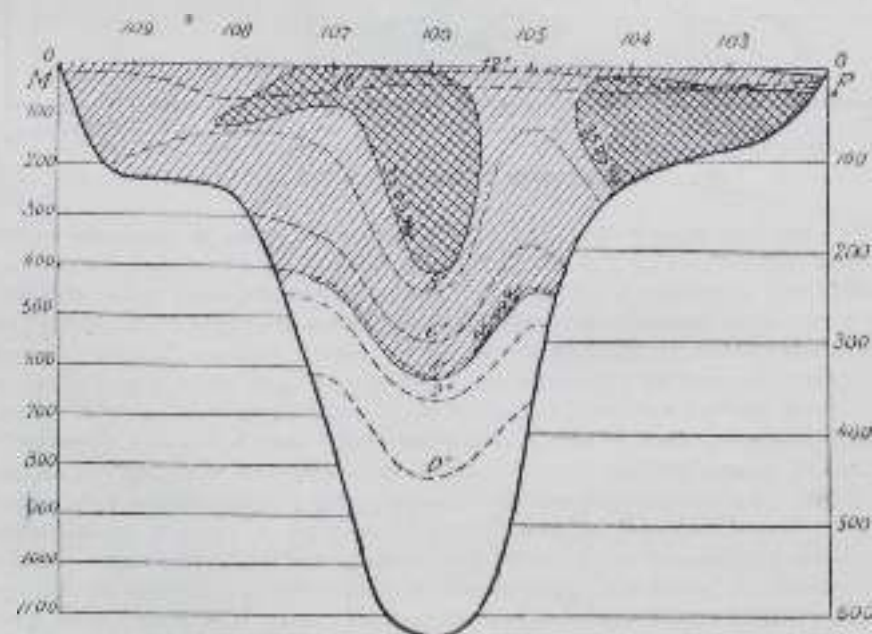
..... 200 метров, - - - - - 500 м., ——— 600 м., ———— 1000 м.
 • места и А.А. станции „Michael Sars“ в 1910 г.

Фиг. 58. Карта рельефа для южной части Уайланд-Тоннеля.

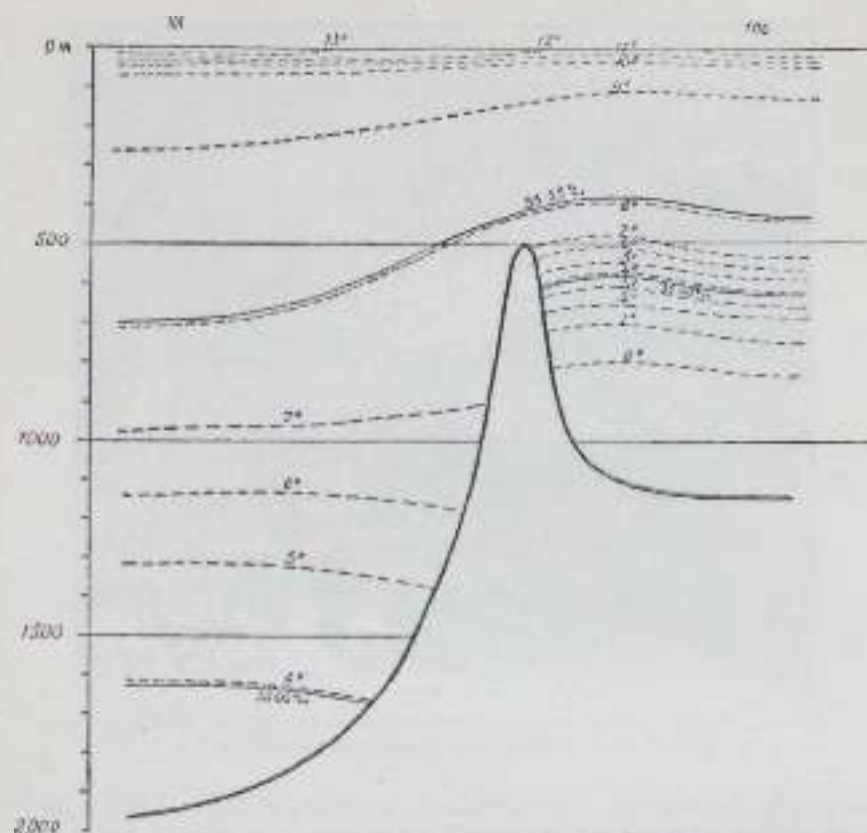
Из створенных разрывов (фиг. 209) лишь изотермобатна, таль и изогалины распределены почти горизонтально, и вид тыльной солонности (35,25‰ и выше) встречается только в правой части разрыва, около Шетландских о-вов. Из южной створки (фиг. 210) изотермобатна и изогалины распределены гораздо менее правильно и имеют разнообразный вид. Так как оба створки расположены на створе от порогов Уайланд-Тоннеля и перекрывают глубины (более 1000 м.) канала (см. карту фиг. 208), то южная (ниже 500 м., т. е. глубже порога) на них находится холодная и менее соленая вода Скандинавского и, на уровне же с порогом, проходит слой более теплой воды и большей солености. В южной створке на южном разрыве (фиг. 210) видно два обширных пространства, занятых теплой (выше 8°) и холодной (более 35,25‰) водой, одна у Шетландских о-вов, а другое посредней пролива. Расположение этих двух масс воды, а также и омыль других подобных же исследований позволяют предположить, что разделение этих масс, вероятно, происходит вследствие существования здесь обширных водохранилищ с вертикальной осью, подобных жемчужным водохранилищам в речных и ручьях. Можно думать, что между станциями 106 и 105 на поверхности слоев течет в югу более холодная и менее соленая вода (перпендикулярно плоскости разрыва), а между станциями 106 и 107



Фиг. 109. Сечение между Фарерскими и Шетландскими о-вами 11—14 Авг. 1910 г.



Фиг. 110. Сечение между Фарерскими и Шетландскими о-вами 10—11 Авг. 1910 г.



Фиг. 211. Гидрологический разрез через пороги У. Томсона.

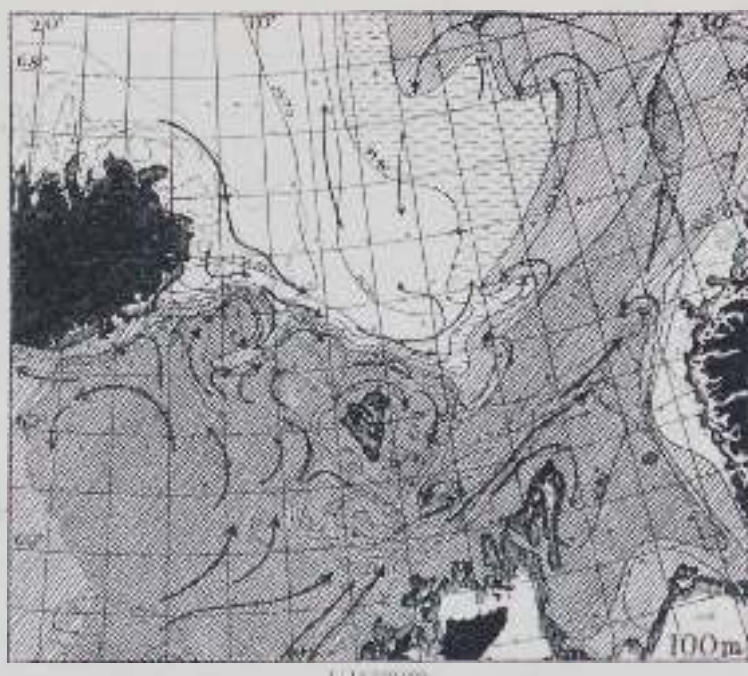
теплая и соленая вода движется на север. Около Шетландских о-вов вода сразу теплая и соленая поды, соответствующая находящейся и на северном разрезе (фиг. 209).

На следующей чертежи (фиг. 211) представлен продольный гидрологический разрез через пороги У. Томсона от станции 101 (см. карту фиг. 206) до ст. 106. Этакая линия поперечна чертежу и находится в Атлантическом ок., поэтому для поперечной оси порога У. Томсона (на чертежи по необходимости горизонтальный масштаб во много раз меньше, нежели вертикальный, почему и указаны для масштаба преувеличены). Правая, северная сторона чертежа относится к западу Северо-Европейского м.

В Атлантическом ок., начиная от 500 м. (глубины порога), температура и соленость медленно убывают вниз. В Северо-Европейском м., начиная с той же глубины, идет быстрое увеличение и температуры и солености. На глубин 1.000 м. в Атлантическом ок. температура около 2° и соленость около 35,15‰, а по северную сторону порога температура выше 6° и соленость выше 35,9‰.

Таким образом пороги не допускают холодных и менее соленой воды с севера на области больших глубин Атлантического ок.

Самые двух столб близлежащих по месту и по времени разрезов показывать, какие сильные явления представляли описанные течения при более подробном их изучении. Сказано попутные рекуляционные ассоциативные течений в Северо-Европейском м.,

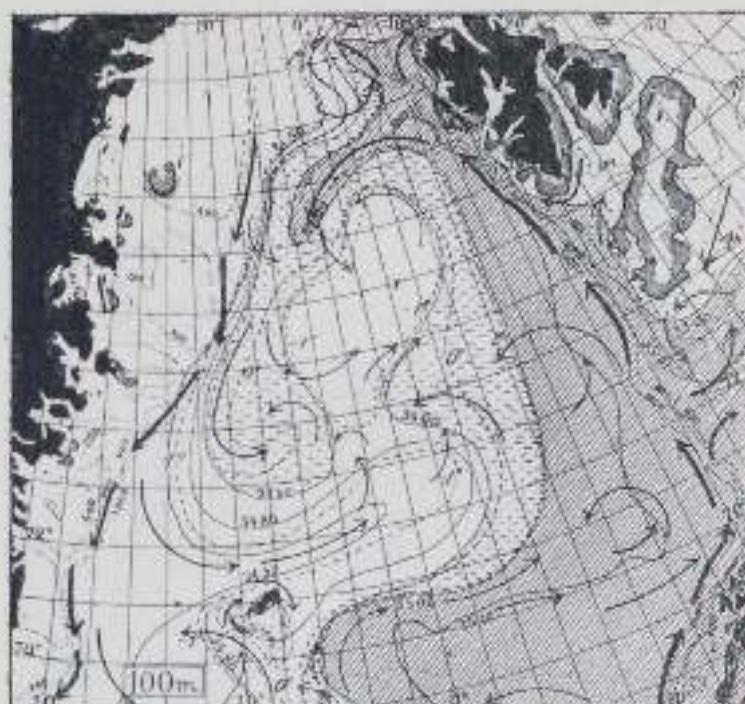


Фиг. 212. Распределение изотерм и направлений движущей воды на глубинах 100 м. между Исландией, Шотландией и Норвегией.

производных Исландия и Гелландия-Гелландия, подобные водовороты встречаются во многих местах на этом море и особенно в других местах океана.

На прилагаемой карте (фиг. 212) изображено распределение изотерм на глубинах 100 м. (55 м. с.), стрелками показаны направления течений и характер водоворотов, основан на основании изученных распределений изотерм. На карте ясно видны два больших водоворота циклонического характера, один из югу, а другой из севера от Фарерских о-вов, и несколько более мелких. На той же карте видно, что Атлантическое течение с большой силой (35,00°/о и выше, на карте заштрихованное пространство) проходит из Северо-Европейского м. положительная часть проливов между Фарерскими о-вами и Шотландией, и далее к северу распространяется вдоль берега Норвегии, занимая восточную половину моря. В средней же его части между Шпицбергом, Норвегией и Гренландией, имеется еще два водоворота циклонического характера (фиг. 213), образованных, как видно из карты, струями Нарвского Атлантического течения, отделяющимися от главного течения, идущего частью внутри Нордана, а частью вдоль западного берега Шпицберга (Шпицберговское Атлант. теч.).

Пройдя северную оконечность Норвегии, Атлантическое течение разделяется на две ветви, одна огибает Норвегию и идет к востоку под именем Нордкапского течения, другая же следует вдоль материкового склона (см. фиг. 16, стр. 34) и идет далее на север вдоль

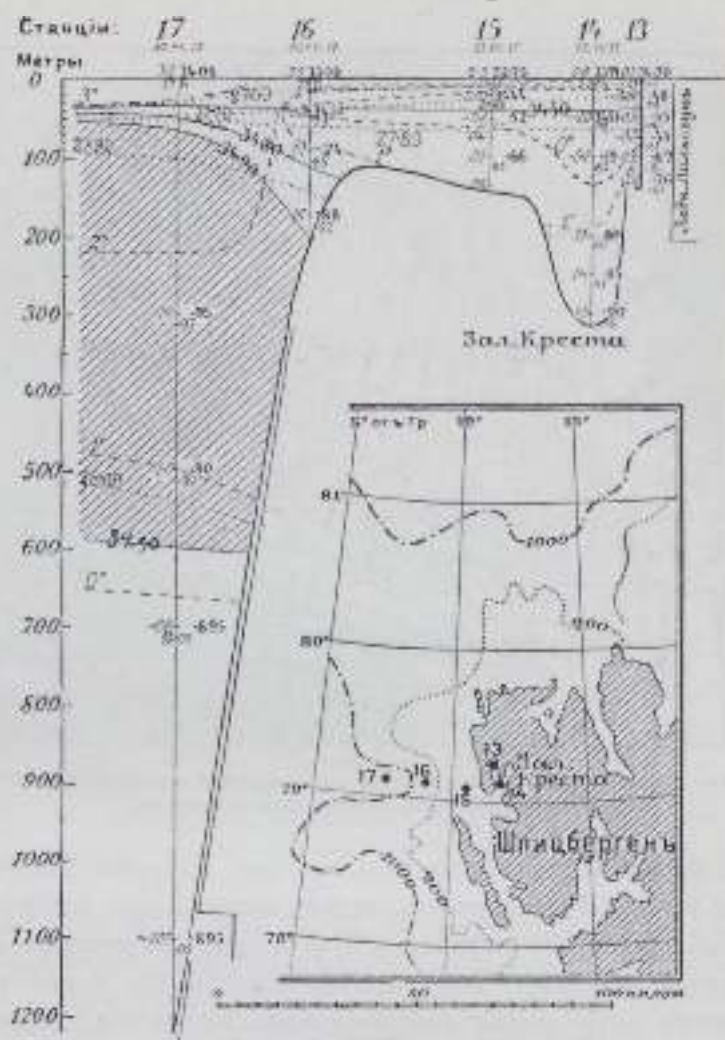


Фиг. 213. Распределение температуры и западных движений воды на глубине 100 м. между Гренландией, Шетландскими и Норвежскими островами.

западного берега Шпицбергена под именем *Шпицбергенского Атлантического течения* *). Уклоняясь затемъ вправо, оно обтекает Шпицбергенъ вдоль северной окраины (80° с. ш.) его материкового склона **), и, постепенно углубляясь подъ болѣе холодную, но менѣе соленую, а следовательно болѣе легкую полярную воду, это течение уходитъ въ видѣ подводнаго въ Северное Полярное море (см. стр. 153), гдѣ и обуславливаетъ образование промежуточнаго слоя относительно теплой и соленой воды.

*) Шпицбергенская вѣтвь Атлантическаго течения, вѣроятно, болѣе мощная, нежели Нордкапское течение, потому что полярное хотя и болѣе широкое струено выступаетъ въ Баренцова м., но мало и менѣе глубокое. Норвежская вѣтвь Атлант. течения, какъ было сказано выше, имѣетъ мощность въ среднемъ до 800 м., а глубины на материковой отмели къ северу отъ Нордкапа вообще до 400 м., и только къ юго-вост. отъ Медвежьихъ о-вовъ узкій каналъ около 100 м. глубиною.

**) Согласно позднѣйшимъ изслѣдованіямъ Ф. Хансена въ 1912 г., опубликованнымъ въ 1915 г.



Фиг. 214. Гидрологический разрез фьорда Шлицибергский залива Атлантического океана (Гольфстр.)

Расположение этого течения слое воды большой плотности у западного берега Шлицибергена видно на приложении посредником гидрологический разрез (фиг. 214), где нанесены все три элемента: температура, соленость и плотность, а рядом на вертикаль показаны места станций, по наблюдениям которых разрез построен. Первая дит-станция (13 и 14) находится въ устье фьорда Креста.

Поверхностная температура въ фьордъ была мала ($0^{\circ},3-0^{\circ},5$), потому что въ его верхнюю спускается ледники; начиная же со станции 15-й, лежащей уже въ открытомъ морѣ, температура на поверхности доходить до $2^{\circ},5$ и выше (въ южной Исл.). На разрезѣ видно, что между двумя ледниками 34,90‰ заключенъ теплый слой воды, толщиною 550 м. толщиною, большой солености и съ температурами отъ $2^{\circ},8$ до $0^{\circ},5$ (4:5 толщины слое выше 1°),

это и есть слой Шнибергенского Атлантического течения. Надъ нимъ изъ открытого моря расположены слой воды, распространенной такъже далеко, который въ это время года находится всего въ миляхъ 30 къ северу отъ берега Шнибергена.

Сленость тонкого верхняго слоя была отъ 34,06‰ (ст. 17) до 34,50‰ на глубинахъ 40 м. Ниже 700 м. до глубины въ 1.200 м. все пространство было заровнено одною почти той же слености, но съ температурами отъ 0° до —1°,07; это есть вода большихъ глубинъ Северо-Европейскаго м., образовавшаяся путемъ охлажденія ее на поверхности зимою и весной; это главнымъ образомъ вода Атлантическаго происхожденія (см. стр. 154), подстигающая тепломъ Норвежское и Шнибергенское Атлантическое теченія на всемъ ихъ пути.



Фиг. 115. Норвежская вѣтвь Атлантическаго течения (NE вѣтвь Гольфстрима).

Какъ выше было указано, Норвежское Атлантическое теченіе, пройдя Нордкапъ, отдѣляетъ вѣтвь, идущую между Норвегіей и Медвѣжьимъ о-вомъ на востокъ подъ именемъ *Нордкапскаго* теченія, несущаго теплыя и соленыя воды изъ Баренцова м. По сѣверную сторону Медвѣжьего о-ва тоже проходитъ вѣтвь теплаго теченія, направляющаяся къ южной окраинѣ Шпицбергена (Сторъ-фіордъ); но главная полоса теченія, идущая на востокъ, есть Нордкапское теченіе, обладающее значительною соленостью (34,65‰ и выше) и высокими температурами, особенно въ Августѣ (около 7°—8°). Вступивъ въ Баренцова м., теченіе приблизительно до меридіана Кольскаго зал. идетъ сплошною струею, какъ это видно на прилагаемой картѣ *) (фиг. 215). Къ востоку отъ меридіана Кольскаго зал. теченіе раздѣляется на нѣсколько вѣтвей. Наиболѣе южная часть подъ названіемъ *Мурманской* идетъ къ СЕ и въ нѣкоторые годы очень близко подходитъ къ Мурманскому берегу, а иногда значительно удаляется отъ него къ сѣверу, что, повидимому, обуславливается господствующими вѣтрами. По массѣ воды Мурманское теченіе есть самая слабая вѣтвь Нордкапскаго теченія, но температурѣ же оно теплѣе другихъ (въ Августѣ 5°—6° въ 70°—71° с. ш. на меридіанѣ выхода въ Бѣлое м.) Мурманское теченіе на меридіанѣ о-ва Колгуева пересекаетъ быть замѣтнымъ и не доходитъ до Новой Земли; на всемъ своемъ протяженіи оно имѣетъ большое эконоическое значеніе для этой части русскаго сѣвернаго побережья.

Среднія вѣтви Нордкапскаго теченія (между 72°—74° с. ш.) далеко на востокъ не проникаютъ (до 42°—44° в. д.), тогда какъ болѣе сѣверная вѣтвь, повидимому, частью проходитъ почти до сѣвернаго берега Новой Земли, а частью между земей островомъ и архипелагомъ Франка-Иосифа до 80° с. ш. отбоя, повидимому, его съ востока; по массѣ воды это наиболѣе сильная вѣтвь **).

Раздѣленіе Нордкапскаго теченія на нѣсколько вѣтвей, повидимому, обуславливается встрѣчею съ холодными водами, двигающимися на-

*) Карта составлена Л. Л. Брейтфуссомъ и Г. Ф. Гебелемъ.

**) Большая масса воды этой вѣтви, быть можетъ, объясняется тѣмъ, что она образована сѣвѣрною частью Нордкапскаго теч., которая идетъ южнее и юго-восточнѣе Медвѣжьего о-ва по болѣе глубокой части материковой отмели, нѣблизкой шельфу глубины вначалѣ около 550 м., а далѣе къ NNE до 450—400 м.; тогда какъ южная часть Нордкапскаго теченія вступаетъ въ Мурманское м. черезъ болѣе мелководную часть (около 300 м.) материковой отмели. Вѣдѣтіе указанныхъ условий, и мощности слоя теченія должна быть различна.

встрѣчу ему и достигающими въ своемъ движеніи на югъ до Медвѣжьяго о-ва, вѣдущаясь клиномъ между Нордкавскимъ теченіемъ отъ истока Норвежскаго Атлантическаго теченія, идущей изъ Шпицбергену.

Вдоль западнаго берега Новой Земли, понаблюдому, существуетъ холодное теченіе, идущее на сѣверъ *).

Шпицбергенское Атлантическое теченіе, обогнувъ сѣверо-западные берега Шпицбергена, уходитъ, какъ было сказано выше, въ Сѣверное Полярное м., гдѣ и продолжается распространяться въ слоеъ отъ 200 до 800 м. (110—440 м.с.), какъ это видно и на графикахъ распребленія на глубинахъ температуры, солености и плотности, помѣщенныхъ въ главѣ VI (фиг. 62, стр. 152). Теплая и соленая, а потому болѣе тяжелая вода теченія, образуявъ подводное теченіе, уклоняется подъ вліяніемъ вращенія земли вправо и слѣдуетъ на востокъ вдоль (сибирской) окраины материкового склона Сѣвернаго Полярнаго м. Отсутствие наблюдений не позволяетъ судить о дальнѣйшемъ движеніи этого теплаго подводнаго теченія.

Въ Сѣверномъ Полярномъ морѣ, получающемъ постоянный притокъ тяжелой воды отъ Шпицбергенскаго Атлантическаго теченія и легкой воды отъ рѣкъ Сибири и Сѣверной Америки, очевидно, должно было образоваться теченіе, которымъ избытокъ воды въ этомъ почти замкнутомъ бассейнѣ удалялся бы въ океанъ. Такое теченіе дѣйствительно и существуетъ въ поверхностномъ слоеъ Сѣвернаго Полярнаго м. (толщиною около 200 м.). Оно отличается низкою температурою ($-1^{\circ},5$ до $-1^{\circ},9$) и малою соленостію ($30^{\circ}/\text{‰}$ — $34,7^{\circ}/\text{‰}$), какъ это видно на графикахъ фиг. 62 на стр. 152.

Скорость поверхностнаго теченія въ Сѣверномъ Полярномъ м. по наблюденіямъ дрейфа Фрама небольшая, около 0,5—1,0 морск. м. въ 24 ч.; она увеличивается отъ востока къ западу.

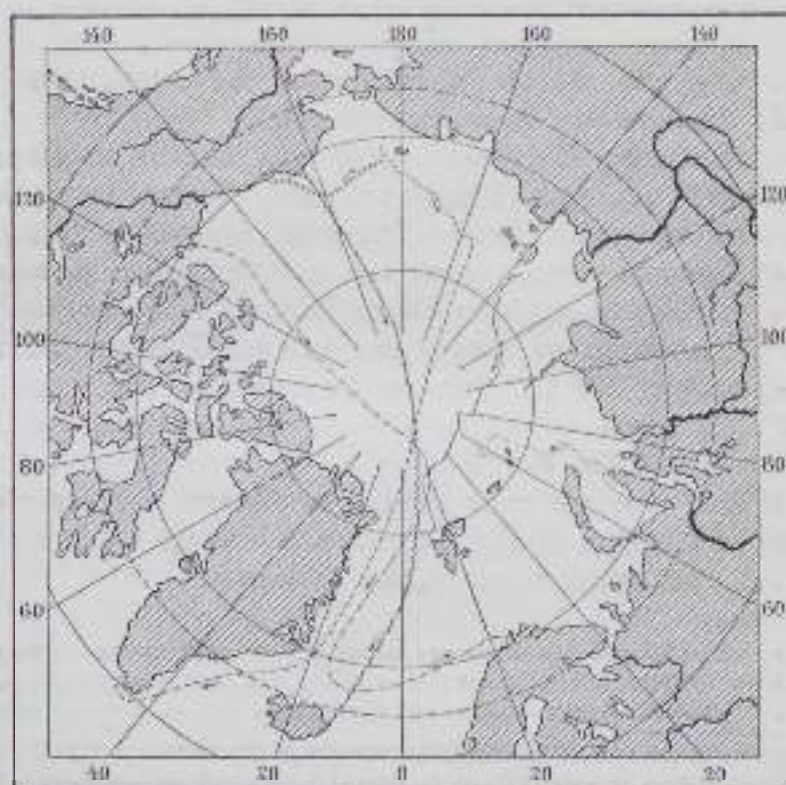
На мѣсто Нансена, основанному на матеріалахъ, собранных во время плаваній на *Фрамъ* и послѣдующихъ разведочныхъ, въ Сѣверномъ Полярномъ м. вдоль берега *Фрама* можно было различить четыре слоя теченій одинъ надъ другимъ. 1 — поверхностное теченіе

*) Намеки на такое теченіе встрѣчаются и у Н. Кизевица и у Л. Брейфута, но оба изслѣдователя не нашли слѣдовъ достаточно наблюдений для выясненія этого теченія.

Завѣсь умѣстно было бы сказать о значеніи и вліяніи Гольфстрима и Атлант. теченія на физико-географическія условія сѣв. Атлант. ок. и сѣверо-западной Европы и окружающихъ ее водъ. Однако, такъ какъ въ этомъ вліяніи участвуютъ и холодныя теченія, то соответствующая статья помѣщена далѣе, въ концѣ описанія теченій Сѣвернаго Атл. ок. (стр. 518).

нйе малой солености (29,0—32,0‰), идущее на NW и W имеет глубину 50—60 м. толщиной; II—слой воды около 200 м. меньшей, но больше высокой солености (до 34,7‰) и низкой температуры, идущий съ увеличивающимися скоростями по различным направлениям; III—слой течения относительно теплого вида и большой солености (35,1—35,8‰), толщиной около 600—700 м., идущий на E и юго-восток воды, океанида, атлантического происхождения; и IV—слой огромной мощности, от глубины въ 1000 м. до дна, очень медленно движущийся и обладающий низкою температурою и небольшою соленостю (около 35,0‰).

На существование такого движения поверхностных вод указывают также находки плавленна изъ сибирскихъ рѣкъ (сибирскихъ перекрѣтѣхъ) по берегамъ весьма островныхъ въ виду отъ Сибири (Новая Земля, З. Фр. Лосифа, Шпицбергенъ, см. фиг. 170, 171, 172, стр. 427, 428), а также пачъ на восточномъ, такъ и на западныхъ берегахъ Гренландіи, куда приносятся стоканъ плавленна (попутъ м. Фарерскіе), что вслѣдствіе нѣтъ для потребностей въ деревѣ только туго и удовлетворяютъ. По изслѣдованію образцовъ плавленна, полученнаго въ Гренландіи, оказалось, что онъ происхожденіи сибирскаго. Были случаи, что въ изломахъ Гренландіи выходили сходными принадлежностями находившій изъ Аласки въ



----- Баррета 1813-14; ----- Жакета 1820-84; — Франк 1833-36,
----- Со Лана 1812-14; ----- 1880-88)
----- 1893-1903) Бунъ Маттеоли-Бриллианта.

Фиг. 214. Дрейфы судовъ и льда изъ Сибирскаго Арктическаго моря.

*) Доспечки для хетанія съ нивъ стрѣлъ или гарпуновъ.

Насекомы так же были найдены вблизях предтопей, принадлежавших американской морской экспедиции на *Жанкетта* *). Получение гринландской флоры показало, что значительное количество флоры растительности, которая только и могла быть туда занесены течениями.

На 1890—1901 гг. по предположению американского географа Г. Ир-Банта и адмирала Медвелла, были предложены на льдах Северного Полярного м. со стороны Америки и Берингова пролива 50 прочных буев, из которых до настоящего времени четыре были найдены. Предположительный путь был нанесен на прилагаемой карте Северного Полярного м. (фиг. 216). Бывало ли или нет, был от американской окраины Северного Полярного м. были перенесены льды и течения на европейскую его сторону, где и найдены. На той же карте различными знаками показаны дрейфы ледяных льдов судов: *Карлук*, *Жанкетта*, *Фрам* и *Св. Анна*; эти дрейфы, происходившие под влиянием поперечного течения, как видно, образуют одну дугу вправо, параллельную в общем северной берега моря от Америки вдоль Сибири до Европы. То обстоятельство, что дрейфы этих четырех судов относятся к четырем различным промежуточным времени (*Карлук* 1913—14 г., *Жанкетта* 1880—84 г., *Фрам* 1893—96 г., *Св. Анна* 1913—14 г.), только еще более подтверждает справедливость заключений о существовании к Северному Полярному м. из поперечного слоя постоянного течения от Берингова пр. к Грениландии и Шпицбергену. Дрейфы русского судна *Св. Анна* (дек. 1913 г.—апр. 1914 г.) означают, что и из Карского м. существует движение льдов из югу (но крайней мере из некоторой части, а именно, когда *Св. Анна* вышло из открытого моря к северу от Ш. Фр.-Иосифа, то он пошел к западу там же течения, что и *Фрам*). На карте по нанесен дрейфы судна *Tegethofs* в 1911—12 гг., расположенный между Новым Землем и Ш. Фр.-Иосифа, потому что судно из матерей берега должно бы двигаться к северу, но льды этого дрейфа тоже подтверждают вышеизложенное.

На 1900 г. германский предприниматель экспедицию на Ш. Фр.-Иосифа с целью достигнуть оттуда по льдам южной большей северной широты. Путешествие по льдам было совершено под начальством кн. Г. р. Вайнштрессе отом и обратный путь отряд своего восток со льдами к западу на 8° по долготе.

Американский полярный путешественник Ширр при своем исследовании попытаться достигнуть полюса к северу от Земли Грэнта, изобразив раз отнесения течения льдов к льдам, но к востоку.

Все указанные данные подтверждают существование к Северному Полярному м. течения, направленного от Берингова пр. к выходу в Атлантический ок. между Шпицбергеном и Грениландией, при чем, по направлению, сюда же движется и льды вдоль северной окраины американского полярного архипелага и Грениландии.

Подходя к архипелагам Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена и Грениландии, общее движение льдов из Северного Полярного моря, идущее к W, образует три отдельных холодных восток: течение Медвежьего о-ва, течение Шпицбергенское и течение Восточно-Грениландское.

Полярное течение Медвежьего о-ва идет от Ш. Франца-Иосифа на SW к острову своего имени (температура его около 6°, — 1°;

*) Между прочим, списать записки с подписью командира Де-Ланга, списать шлюпки *Жанкетта* и т. п.

$S = 34,7\text{‰}$). По объему оно не велико, но имѣетъ значеніе тѣмъ, что приноситъ къ Медвѣжьему о-ву плывучіе льды, затрудняющіе плаваніе въ этой части моря.

Шпицбергенское полярное теченіе огибаетъ Шпицбергенъ съ юга и поднимается на N вдоль его западнаго берега между нимъ и теплымъ Атлантическимъ Шпицбергенскимъ теченіемъ *). Масса теченія тоже не велика, температуры его ниже 0° и соленость небольшая, потому что воды его полярнаго происхожденія ($S = 32,0 - 34,0\text{‰}$).

Восточно-Гренландское теченіе начинается сѣвернѣе окраины Гренландіи и затѣмъ идетъ вдоль ея восточнаго берега на S, слѣдуя надъ материковою отмелью и материковымъ склономъ Гренландіи слоемъ около 200 м. толщины. Воды его имѣютъ небольшую соленость (около $31,0 - 32,0\text{‰}$ **) , а температуры ихъ ниже 0° .

Въ своемъ движеніи къ югу теченіе, особенно въ той его части, которая идетъ по болѣе глубокому мѣсту надъ материковымъ склономъ, встрѣчаетъ на своемъ пути подводный порогъ, протянувшийся между Гренландіей и Исландіей (см. стр. 33), съ глубинами не болѣе 600 м. (328 м. с.). Часть теченія проходитъ въ Атлантическій ок. южнѣе него, и часть отклоняется на востокъ и образуетъ вѣтвь вдоль сѣверной окраины Исландіи (холодное *Исландское* теченіе), соединившись съ подмемъ водохвота теченій въ Северо-Европейскомъ м., образовавшимися вѣтвями Норвежскаго Атлантическаго теченія.

Восточно-Гренландское теченіе проходитъ къ югу Датскимъ пр., придерживаясь Гренландскаго берега, тогда какъ въ восточной части пролива вдоль берега Исландіи замѣчаются еще теплыя вѣтви теченія Примиора. Такъ какъ въ Датскомъ пр. вѣтвь Восточно-Гренландскаго теченія наиболѣе узка, то скорость его тутъ доходитъ иногда до 24 м.м., въ среднемъ же она около 5—10 м.м.

Обогнувъ съ юга оконечность Гренландіи, мысъ Фарсвелъ, теченіе поворачиваетъ вправо, и часть его идетъ на N вдоль западнаго берега Гренландіи, образуя западное Гренландское теченіе (вышеприведенныя примѣры завоса сибирскаго плавника и разныхъ предметовъ подтверждаютъ это (стр. 514). Въ сѣверной части Баффинаова моря это теченіе заворачиваетъ на W и сливается съ холоднымъ теченіемъ, идущимъ по срединѣ Баффинаова м. на S; частью же еще южнѣе Дэвисова пр. оно заворачиваетъ на W и присоединяется къ Забрадорскому теченію.

Восточно-Гренландское теченіе несетъ на всемъ своемъ протя-

*) Вѣтвью Восточно-Гренландскаго въ Дэвисовъ проливъ.

**) Изогалина $32,0\text{‰}$ на поверхности есть вѣтвь опредѣленная восточная граница теченія въ его сѣверной половинѣ.

женіи большое количество льдовъ, частью арктическаго происхожденія, многотысячныя ледяныя поля до 2—3 м. толщиною съ торосами до 60—70 м. толщиною, а частью льды, образующіеся зимою въ Сѣверо-Европейскомъ м., гораздо болѣе тонкіе и слабые; и, кромѣ того, большое количество ледяныхъ горъ гринландскаго происхожденія.

Въ проливахъ Сѣверо-американскаго архипелага вездѣ замѣчается движеніе поверхностныхъ водъ къ востоку; по выходѣ ихъ черезъ проливы въ Баффиново м. онѣ образуютъ вдоль западнаго берега моря теченіе *), идущее на S, которое называется *Лабрадорскимъ* по имени полуострова, вдоль коюго оно идетъ. Скорость теченія въ Баффиновомъ м. около 10 м.м., а противъ пол-ва Лабрадора 10—36 м.м.

Подойдя къ Ньюфаундлендской банкѣ, теченіе, несущее массу льдовъ, оббѣзаетъ банку и встрѣчается съ Гольфстримомъ подъ прямымъ угломъ. Воды Лабрадорскаго теченія, хотя и менѣе соленыя, но холодныя, оказываются тяжелѣе водъ Гольфстрима и уходятъ подъ него, образуя подводное холодное теченіе, заносящее далеко на югъ поперекъ Гольфстрима громадыныя ледяныя горы, нижнею своею частью сидящія въ холодномъ теченіи. Эти ледяныя горы представляютъ большое затрудненіе и опасность для мореплаванія вдоль южной окраины Ньюфаундлендской банки, гдѣ проходитъ путь всѣхъ судовъ, содержащихъ сообщеніе между Сѣв. Америкою и Европою. Несчастія здѣсь бывали неоднократно. На самой Ньюфаундлендской банкѣ правильныхъ теченій нѣтъ (только приливо-отливныя).

Въ проливѣ Кабота (между Ньюфаундлендомъ и Нов. Шотландіей) по его восточному берегу холодное теченіе входитъ изъ океана въ зал. Св. Лаврентія, а вдоль западнаго оно выходитъ подъ именемъ холоднаго *Каботскаго* теченія, выносящаго къ югу и мѣстныя холодныя воды зал. Св. Лаврентія. Каботское теченіе, уклонясь вправо, идетъ между Гольфстримомъ и берегомъ Америки и образуетъ такъ называемую «холодную стѣну» къ западу отъ Гольфстрима до параллели Нью-Йорка. Разница температуръ въ Гольфстримѣ и въ водѣ холодной стѣны иногда доходитъ до 20°. Южабо Нью-Йорка холоднаго теченія нѣтъ, а есть только прибрежное противотеченіе, идущее на S, къ которому присоединяется выступающая съ глубины болѣе холодная вода.

*) Поверхность Баффинова м. идетъ холодное теченіе изъ пр. Смита, оно присоединяется къ Лабрадорскому.

Вліяніє Гольфстріма и Атлантическаго теченія на климатъ и физико-географическія условія сѣверо-западной Европы. —

Какъ выше было указано, навигаціонное значеніе Гольфстріма заканчивается на 40° ш. д., но физико-географическое значеніе Гольфстріма и Атлантическаго теченія распространяется во много разъ дальше, оказывая вліяніе на воды океана и морей, на климатъ и на экономическія условія всей сѣверо-западной Европы. О значеніи Гольфстріма и его вліяніи извѣстно всѣмъ, остается подтвердить примѣрами, каково это вліяніе.

Выше, въ статьѣ о значеніи солености океановъ (стр. 211), были уже приведены примѣры вліянія водной поверхности на нагреваніе атмосферы, тамъ было указано, что при охлажденіи только на 1° слой воды толщиной въ 200 м. на пространствѣ полосы Норвежскаго Атлантическаго теченія выдѣлится количество тепла, достаточное для нагреванія на 10° слоя воздуха въ 4 километра толщиной, покрывающаго площадь, равную Европѣ.

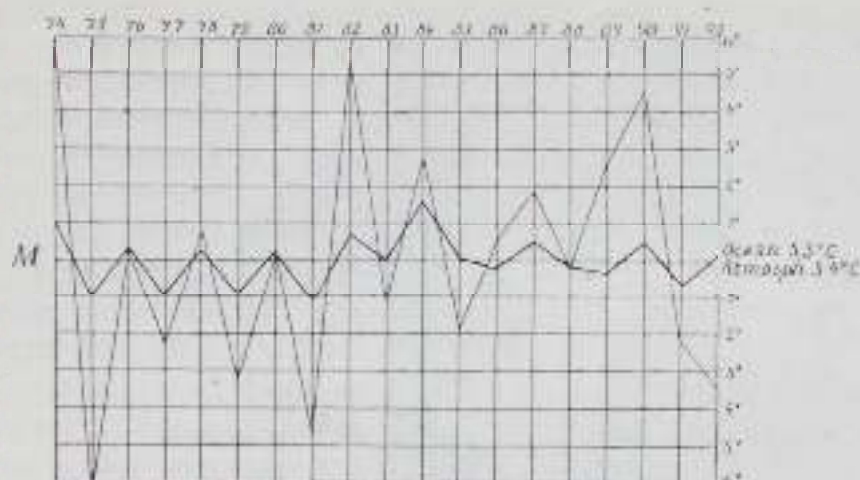
Около 150.000 куб. кил. теплой и соленой воды, вливающейся ежегодно въ Сѣверно-Европейское море Атлантическимъ теченіемъ, оказываетъ огромное вліяніе на всѣ явленія въ этомъ морѣ и въ окружающихъ его странахъ. Уже при самомъ вступленіи этого могучаго притока теплой и соленой воды въ область Сѣверно-Европейскаго м., она начинаетъ оказывать свое вліяніе на климатъ окружающихъ мѣстъ. На примѣръ, температура воздуха на Фарерскихъ о-вахъ (см. карту, фиг. 208, стр. 535) имѣетъ замѣтную разницу при вѣтрахъ отъ SE, т.-е. съ теплаго Атлантическаго теченія, и при вѣтрахъ отъ NW, т.-е. съ холоднаго Сѣверо-Исландскаго теченія; кривая,



Фиг. 217. Зависимость температуры воздуха на Фарерскихъ о-вахъ.

обозначенная буквою G, относится къ днямъ, когда вѣтеръ дуетъ съ Гольфстріма; а кривая P — когда съ Сѣв. Исландскаго. На прилагаемомъ графикѣ (фиг. 217) изображены годовыя ходы температуры воздуха для обоихъ случаевъ по отдельности; какъ видно, разница въ температурахъ очень замѣтная, смотря по тому, откуда дуетъ вѣтеръ, особенно зимою, когда она доходитъ до 6° 5.

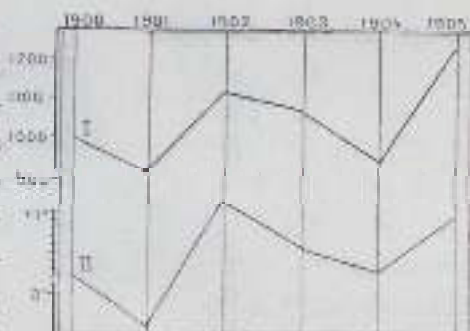
Зависимость между температурою поверхности воды на мысахъ у береговъ Норвегіи и температурою воздуха по другую



Фиг. 218. Горизонтальная линия *M* обозначает среднюю температуру воды на океане у берегов Норвегии 5,3 и воздуха в Осло 12,4. Толстая пунктирная линия показывает колебания для каждого года температуры воды, а тонкая — воздуха, оба для Янмара исланд.

сторону Скандинавских гор, из Швеции (из города Осло в Средней Швеции) видна на следующем графике (фиг. 218), где нанесены отклонения от средней температуры воды (5°,3) у берегов Норвегии и от средней температуры воздуха в Осло (12°,4) за годы от 1874 по 1892. Смысл изгибов кривых совершенно одинаков.

Несомненная зависимость между температурами Норвежского Атлантического течения и температурами воздуха в Норвегии видна на следующем графике (фиг. 219), где верхняя кривая дает общее количество тепла в Май месяце в течение Норвежского Атлантического течения от Согне-фьорда в Норвегии (около 61° с. ш.) до Исландии по годам; а нижняя кривая показывает отклонения температуры воздуха с 1-го Ноября по 30-е Апреля (т.е. в зиму следующего года), в среднем из наблюдений на 22-х метеорологических станциях в Норвегии. Как видно, обе кривые имеют совершенно параллельный ход.



Фиг. 219. Влияние Атлантического течения на температуру воздуха в Норвегии.



Фиг. 220. Вліаніє Гольфстр. и Атлант. теченій на ізогали солонихъ потермъ для рівності океана.

Ньюфаундленда, а вліаніє Атлантическаго теченія видно у Ирландіи, Норвегіи и Шпицбергена.

То же самое показиваетъ и карта распределенія солёности (фиг. 41, стр. 92). Высокая температура и большая солёность (не соответствующія широтѣ) въ сочетаніи со всѣми другими физико-географическими причинами и обуславливаютъ вліаніе



Фиг. 221. Граница теченія въ Арктикѣ по наблюденіямъ за 1826—1917 гг.

Вліаніє Атлантическаго теченія (вопрекиему — NE вѣтры Гольфстрима) сказивается на всѣхъ явленіяхъ въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и моряхъ, омывающихъ сѣверо-западную Европу. Уже на картѣ изотермъ океана (см. фиг. 54, стр. 134) это видно по тѣмъ изгибамъ, каіе онѣ дѣлають къ сѣверу, если вершины изгибовъ соединить кривою, то она покажетъ общее направленіе Атлантическаго теченія, какъ это видно на прилагаемой карточкѣ (фиг. 220). Вліаніє Гольфстрима ясно замѣтно на картѣ изотермъ къ югу отъ

Атлантического течения на распределение границы льдовъ въ водахъ, омывающихъ Северо-западную Европу. На двухъ приложенныхъ картахъ (фиг. 221 и 222) показана граница льдовъ для конца зимы и для лѣта; если сравнить эти двѣ карты съ картою потерь и съ



1:55.000.000

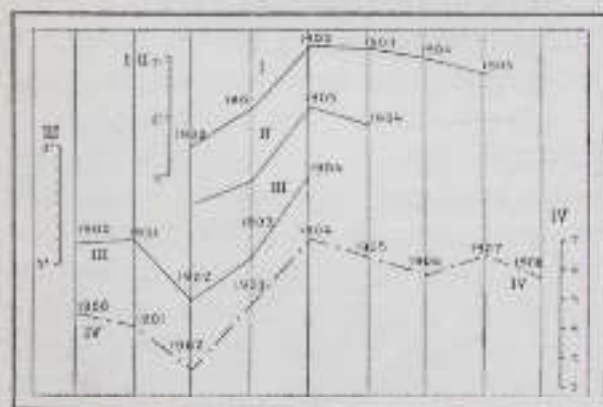
1000 km

Фиг. 222. Граница льдовъ въ Европ. по наблюдениямъ за 1906—1907 гг.

другими выше данными картами, то нетрудно видѣть несомненную зависимость распределенія льдовъ отъ расположенія струй Атлантического течения.

Зависимость между этими двумя явлениями—теплотою и солесностью водъ Атлантического течения и количествомъ льдовъ въ Баренцовомъ м. подтверждается еще и слѣдующимъ графикомъ (фиг. 223). На немъ

проведены для нѣсколькихъ лѣтъ кривыя среднихъ температуръ воды для Мая мѣсяца въ сѣверныхъ Атлантического течения къ западу отъ берега Норвегій у Соме-фиорда (I) и у Лофотенскихъ о-въ (II), и также подобная же кривая для сѣвернаго вѣтвя того же течения по меридіану Коли *) (III); подъ нимъ проведена кривая открытой отъ льдовъ къ Маѣ



Фиг. 223. Вліяніе Атлантич. течения на количество пакувшихъ льдовъ въ Баренцовомъ морѣ.

*) На основаніи наблюденій Мурманской научно-промысловой экспедиціи.

мѣсяцѣ площади воды въ Баренцовомъ м. (въ сотняхъ тысячахъ кв. миль). Такъ какъ большая часть льдовъ этого моря мѣстнаго происхожденія и успѣваетъ лѣтомъ растаять на мѣстѣ, то, очевидно, пространство, свободное отъ льдовъ весной, обусловливается запасомъ тепла, вмѣняемымъ въ водахъ Нордкапскаго теченія, покуда что весной льды нигде отсюда не могутъ быть принесены сюда вьюгой.

Дѣйствительно, кривыя на графикѣ достаточно близко параллельны другъ другу, и слѣдовательно существованіе вышеуказанной зависимости несомнѣнно. Болѣе подробное разсмотрѣніе кривыхъ показываетъ, что, хотя видъ ихъ одинаковъ, но года не совпадаютъ, что указываетъ на постепенное запазданіе хода измѣненій въ разсматриваемыхъ явленіяхъ по мѣрѣ передвиженія къ сѣверу. Измѣненія, наблюдаемая въ температурѣ сѣченія Согне-фіорда, повторяются въ сѣченіи Лофотенскомъ годомъ позже, а въ Кольскомъ сѣченіи еще на годъ позднеѣ, такъ же, какъ и для площади свободнаго отъ льда пространства въ Баренцовомъ морѣ.



Фиг. 224.

Кривая I—средн. темп. водъ Атлант. теч. въ сѣченіи Согне-ф. въ Май (1901—1905).

Кривая II—средн. приростъ сосны въ восточн. Норвегіи въ лѣто слѣдующаго года (1902—1906).

Вліяніе температуры воды въ Атлантическомъ теченіи сказывается и на явленіяхъ растительнаго міра. Такъ, напримѣръ, на слѣдующемъ графикѣ (фиг. 224) показана зависимость между поверхностной температурой Атлантическаго теченія въ сѣченіи Согне-фіордъ въ Май мѣсяцѣ и среднимъ приростомъ сосны въ восточной Норвегіи за лѣто слѣдующаго года. Параллелизмъ кривыхъ полный.

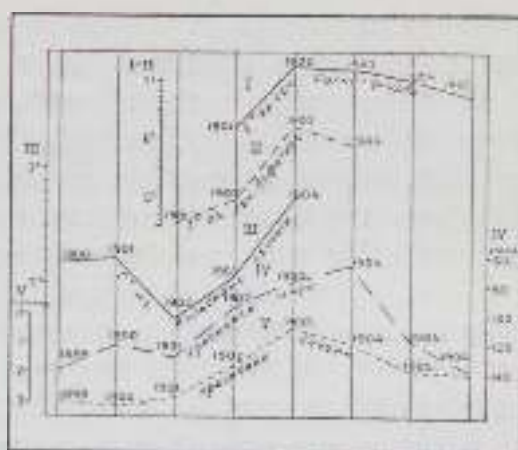
Измѣненія въ Атлантическомъ теченіи сказываются и на морскихъ промыслахъ. Исслѣдованія послѣдняго времени показали, что треска (одна изъ наиболѣе важныхъ промысловыхъ рыбъ) держится по преимуществу въ теплыхъ водахъ Атлантическаго теченія и его вѣтвей; одно изъ главныхъ мѣстъ улова трески у береговъ Европы это Лофотенскія отмели у Норвегіи; уловъ на нихъ имѣетъ правильный учетъ, позволявшій составить нижеслѣдующій графикъ (фиг. 225). Дѣйствительныя кривыя (I и II) показываютъ среднюю температуру воды въ Атлантическомъ теченіи въ слѣдъ на некоторой глубинѣ подъ поверхностью въ сѣченіяхъ Согне-фіордъ (I) и Лофотенскомъ (II); слѣдующая кривая (III)

дает среднюю температуру воды в Кольском сечении. Кривая IV-я показывает количество тресковой икры (в литрах на 1.000 пойманных рыб), а кривая V-я количество тресковой печени *) (в гектолитрах на 1.000 рыб), полученных на Лофотенских промыслах зимою и весной года следующего за наблюдениями температуры в сечении Согне-фьорда. Оказывается, что существует зависимость между этими обстоятельствами, что, очевидно, обязано благоприятным или неблагоприятным условиям (температура и соленость) для роста и размножения трески.

Совершенно подобная же зависимость оказывается между температурою и ростом и размножением сельдей и других промысловых рыб в Северо-Европейском м.

Причины подобных многолетних колебаний течений, конечно, не могли быть еще найдены; недостаточна продолжительность наблюдений и их еще недостаточная подробность и точность не позволяют этого сделать. Однако косвенным путем **) можно высказать, что колебания температуры в Норвежском Атлантическом течении соответствуют колебаниям в числе солнечных пятен.

Исследования, производившиеся из последние годы, показали, что и в один и тот же год количество воды, ее температура и соленость и их распределение на глубинах в Норвежском Атлантическом течении, а также и его скорость и его положение в море постоянно



Фиг. 273. Зависимость между температурою Атлантического течения и уловом рыбы.

*) Из тресковой печени добываются тресковый жир.

**) Было показано существование зависимости между температурою Атлант. течения и количеством добычи печени трески у Лофотен. Статистика же рыбных промыслов ведется только с 1850 г. Сопоставляя кривые добычи тресковой печени и количества солнечных пятен, видно их большое согласие; а отсюда можно допустить и в возможном согласии между кривыми солнечных пятен и температурою в Норвежском Атлантическом течении.

измѣняются въ мѣсяцъ въ мѣсяцъ, и притомъ довольно значительно, достигая крайнихъ положеній осенью и весной.

Вышеприведенные примѣры показываютъ наглядно, насколько значительно вліяніе теплаго и соленого Атлантическаго теченія (NE вѣтра Гольфстрима попрежнему) на физико-географическія и биологическія условія Северо-Европейскаго м., а также и на прилегающія части суши. При этомъ необходимо указать, что распространеніе вліянія теченія на климатъ прилежащихъ странъ способствуютъ преобладающіе здѣсь западные вѣтры, переносящіе воздухъ, насыщенный надъ теплыми водами ^{*)}, на сушу. Не будь такихъ вѣтровъ, умягчающее вліяніе теплаго теченія не сказывалось бы такъ далеко внутрь материка и настолько сильно, что годовыя изотермы нижняго слоя воздуха въ Европейской Россіи идутъ въ среднемъ годовомъ выводѣ съ замѣтнымъ уклономъ къ SE; въ Январѣ мѣсяцѣ уголъ между изотермами и параллелями доходитъ до 45°—50°, а мѣсяцами (на западѣ) и до 90°. Вліяніе воли теплаго теченія еще лучше видно на картахъ изономалъ воздуха.

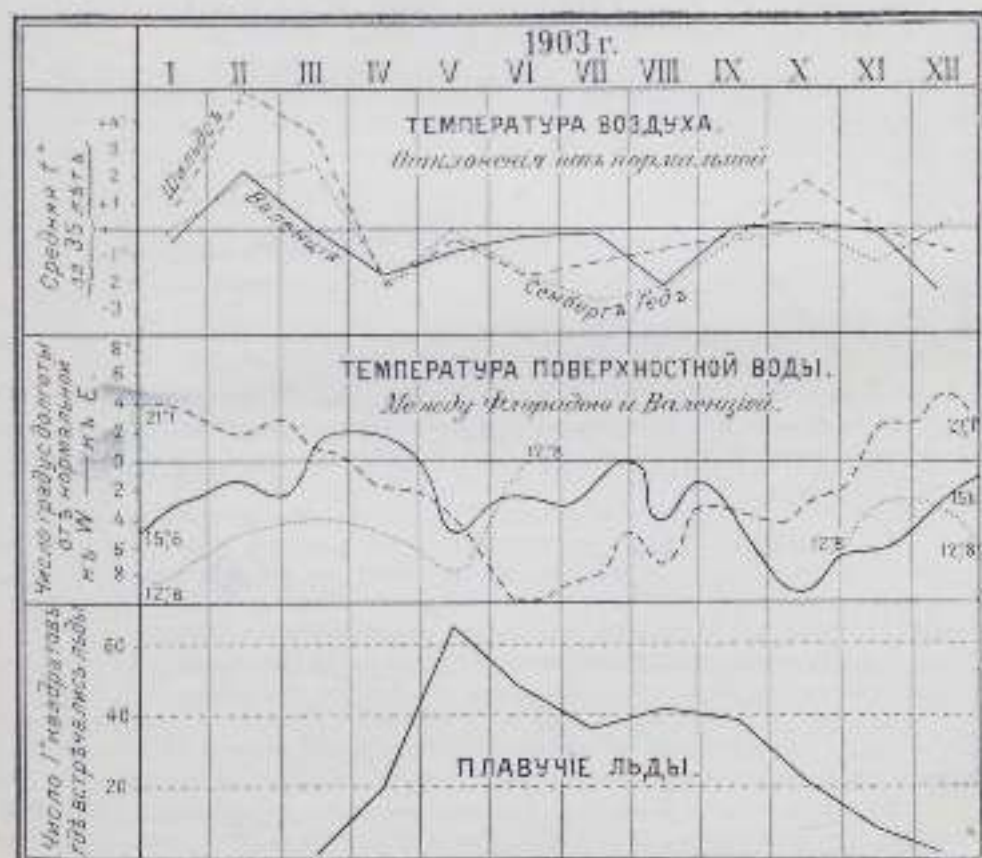
Значеніе направленія господствующихъ вѣтровъ въ данномъ случаѣ хорошо выясняется, если, напримѣръ, сопоставить западный и восточный берега Евразіи. Тогда какъ въ Январѣ на Колыскомъ полѣи подъ 70° с. ш. параллельно берегу проходятъ изотермы воздуха въ —8° и —10°, въ Приморской области въ широтѣ, также лежащей поблизости отъ теплаго Японскаго теченія, вдоль берега протягиваются изотермы —18° и —20°, потому что тутъ преобладаютъ зимою вѣтры, дующіе изнутри материка къ океану.

Значеніе Гольфстрима и Атлантическаго теченій для условій климата въ северномъ Атлантическомъ океанѣ, а также для климата сѣверо-западной Европы подтверждается еще и недавно изданными работами Метеорологическаго бюро въ Лондонѣ, которое опубликовало изслѣдованіе кап. 1-го ранга Кемпбелла Гендворта о вліяніи Гольфстрима и его NE вѣтра на сѣверный Атлантическій ок. и климатъ Англии на основаніи матеріаловъ за 1903—1912 гг.

Сопоставленіе между температурами поверхностной воды въ Атлантическомъ м. на прострѣжкахъ между Фарерою и Валенціей (метеорологическая обсерваторія въ SW оконечности Ирландіи) и температурами воздуха въ Англии показываетъ значительно вліяніе, и нижеслѣдующіе графики это подтверждаютъ.

^{*)} 1 куб. метр. воды при $S = 35,0\%$, охладясь на 1°, освобождаетъ столько тепла, что столько же нагревается 3,134 куб. метра воздуха тоже на 1°. Сильное конвекціонное движеніе, наблюдаемое зимой въ водахъ Севернаго Атлантическаго теченія, доходящее до 200—300 м. глубины, обуславливаетъ оттокъ теплою водою воздуха не только поверхностнымъ слоемъ, но и всю толщу воды, на глубину, на которую проникли конвекціонное движеніе.

На графиках (фиг. 226-а и -б) для 1903 и 1911 гг. сверху даны отклонения от нормальной температуры воздуха на трех станциях в Англии: Валенция, Сэнбург, Галз на южной оконечности Шетландских о-вов, и Норд-Шиландс у устья р. Тайна, таким образом эти три станции охватывают всю Великобританию. На графике (226-а) показаны отклонения температуры воды от нормального распределения на протяжении отлива от февраля до Валенции; эти отклонения значительны субполярным образом. На южных берегах Атлантического ок. первоначально были определены средние нормальные положения изотерм поверхностных температур воды для $21^{\circ}, 15^{\circ}, 12^{\circ}, 8^{\circ}$ ($70^{\circ}, 60^{\circ}, 55^{\circ}$ Фаренгейта), затем для каждого года были составлены карты этих изотерм и на них определено, на сколько градусов высоты каждая из этих изотерм отклонялась от своего среднего положения к востоку и к западу; принимая во внимание, что температурный градиент направлен к востоку на NE, очевидно, что, если какая-либо изотерма лежит к западу от своего среднего положения, то одновременно она находится и к югу от него, а если она лежит к востоку, то одновременно она проходит севернее своего среднего положения. Потому положения отклонений изотерм можно легко выразить числом градусов высоты. На графиках и показаны эти числа градусов высоты, выражающие отклонения изотерм от их нулевой линии.



Фиг. 226-а. Валение Атлантического течения на южной Великобритании и льды на Атлантическом ок.



Дан. 1911 г.

Количество льдов выражено числом одноградусных квадратов, на которых встречались плавающие льды на северном Атлантическом океане из обычных путей перехода из Европы в Америку. Для лучшего пригляда выбраны годы 1903 и 1911, потому что в эти года отклонения от нормальных были в обратных сторонах.

На графике 1903 г. видно, что температура воды в юго-зап. части океана, представлявшая интервал 21°F , была выше нормальной (потому что шотландский течения к востоку от среднего положения) в Январе, Феврале и Марте месяцев, а в остальной части океана она была ниже нормальной. В Апреле и в особенности в Майе эти три интервала лежали к югу от своих средних положений, и до конца года температура оставалась ниже нормальной на неск. протяжении океана от Америки до Англии.

Температура воздуха на этих трех береговых станциях была выше нормальной в первые три месяца года, и затем она быстро упала ниже нормальной и оставалась в таком положении до Декабря.

В Январе и Феврале льдов совершенно не наблюдал на пути переходов из Европы. Они появились в Марте, и в Майе количество их было очень велико, настолько, что обычные пути переходов в Америку пришлось отодвинуть значительно к югу. В Майе льды встречались в 68 квадратах.

Въ 1911 г. (226-6) въ началѣ года температура воды была до Апрѣля около нормальной, начиная съ Апрѣля, она поднимается на нѣсколько градусовъ выше нормы и держится таковою до Декабря, въ концѣ года наступаетъ быстрое паденіе температуры воды.

Если прослѣдить на кривыхъ температуры воздуха, то видно, что она также слѣдуетъ за колебаніями температуры воды. До Апрѣля температура воздуха держится около нормы, въ Апрѣлѣ начинается быстрое поднятіе ея, и она остается выше нормы до Сентября. Въ Ноябрь и первой половинѣ Декабря снова быстрое паденіе, соответствующее паденію температуры воды въ началѣ этого мѣсяца.

Количество льда въ увеличивается отъ начала года до Апрѣля, а потомъ начинается его уменьшеніе вплоть къ концу года.

Изъ разбора графика въ видно, что температура воздуха больше слѣдуетъ за колебаніями температуры воды, а ледъ, наоборотъ, слѣдуетъ за колебаніями температур воды только на слѣдующій годъ, т.-е. когда избытокъ или недостатка теплой воды успѣетъ дойти до высвѣплять широтъ океана и его полярныхъ морей.

Такимъ образомъ выясняется, что, какъ въ скорости, такъ и въ массѣ воды, образующихъ Гольфстрима и Атлантическаго течения, постоянно происходятъ измѣненія и колебанія, послѣдняя причина коихъ еще не можетъ быть указана вполне определенно. Исследования того же Метеорологическаго бюро въ Лондонѣ показали, что существуетъ зависимость между силой пассатовъ, температурою воды въ сѣверномъ Атлантическомъ ок. и силой сѣвернаго Экваторіальнаго течения, и также и Гольфстрима въ слѣдующемъ году. Конечно, указанная причина не единственная, влияющая на колебанія температур воды въ океанѣ. Во всякомъ случаѣ колебанія въ силѣ пассатовъ, хотя и черезъ посредство ряда другихъ явленій, все-таки сказываются на климатѣ сѣв.-вост. Европы.

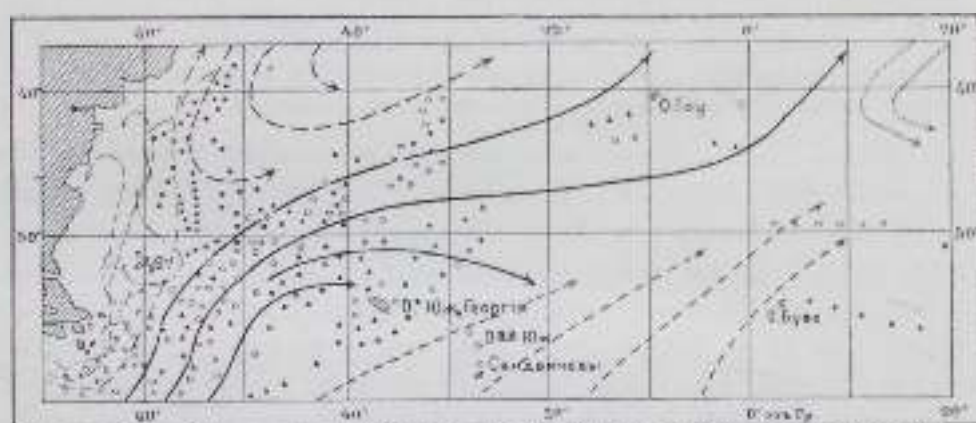
III. — *Теченія южной половины Атлантическаго океана.* — Бразильское теченіе образуется изъ южной вѣтви Экваторіальнаго течения послѣ его раздѣленія у м. Рокъ. Оно направляется вдоль берега Бразиліи къ S, оставляя между собою и берегомъ полосу, гдѣ наблюдаются случайныя теченія въ зависимости отъ вѣтровъ. Скорость Бразильскаго теченія отъ 15 до 20 м.м. Это теплое теченіе къ югу отъ устья р. Лаплаты отходитъ отъ берега и около 45° ю. ш. совершенно поворачиваетъ на E, пересѣкая океанъ къ м. Доброй Надежды подъ названіемъ Поперечнаго *) теченія; средняя скорость его около 15 м.м. Вслѣдствіе притока съ юга холодныхъ водъ изъ полярныхъ теченій, температура Поперечнаго теченія уменьшается и къ югу и къ востоку.

Подойдя къ параллели м. Доброй Надежды, Поперечное теченіе заворачиваетъ на N и идетъ вдоль берега Африки водою именемъ Бенгельскаго теченія (иногда наз. его кжи. африканскимъ). Такъ какъ къ нему примѣшаны въ значительной степени холодныя антарктическія воды и вода, поднимающаяся съ глубины, то температура его низка. Скорость въ среднемъ около 20 м.м.

*) Въ англійскихъ и другихъ источникахъ Поперечнаго теченія, существующія въ каждомъ океанѣ, называются соединительными теченіями.

На 10° ю. ш. холодное Бенгуальское течение начинает поворачивать на W и дает начало южному Экваториальному течению, и тѣмъ самымъ замыкаетъ круговоротъ течений южного Атлантическаго ок., движущійся противъ часовой стрѣлки. Внутри круговорота нѣтъ правильныхъ течений, а господствуютъ слабыя воздушныя и океаническія теченія, потому что средняя часть круговорота совпадаетъ съ областью высокаго давленія въ атмосферѣ.

Южные полосы Поперечнаго теченія къ океану встрѣчаются нѣсколько холодныхъ течений. Вокругъ м. Горна съ юга обходитъ холодное теченіе *мыса Горна*, несущее много полярныхъ льдовъ. Отъ него съ лѣвой стороны отдѣляется *Фалмландское* теченіе, которое идетъ между Патагоніей и о-ви того же имени на N до 40° ю. ш. Оно несетъ большое число ледяныхъ горъ, главнымъ образомъ лѣтомъ южнаго полушарія (Окт.—Дек.), располагающихся вдоль окраины материковой отмели



Фиг. 227. Хозяйства теченія южного Атлантическаго океана.

Южной Америки, какъ это видно на приложенной картѣ (фиг. 227). Главная же часть теченія мыса Горна направляется къ NNE (къ о-ву Гову), куда уноситъ съ собою и ледяныя горы. Къ юго-востоку отъ этого теченія, параллельно ему, идутъ антарктическія теченія, охлаждающія всю эту область океана (см. фиг. 54, стр. 134, изометалы отъ -2° до -4°). Отъ м. Доброй Надежды къ этому же пространству океана доходятъ теплыя воды Игольнаго теченія, обуславливающая здѣсь быстрыя сдѣлы температуръ на поверхности.

IV.—*Течения морей Атлантического океана* *). — О течениях в американских средиземных морях, Карибском и Мексиканском зал., уже было сказано при описании течений тропической полосы океана.

Течения в русских северных морях, Карском и Белом м., еще недостаточно обследованы, особенно в первом.

В *Карском м.*, судя по дрейфу двух судов международной полярной экспедиции 1882—83 г., *Faina* и *Dijdrhka* (голландской и датской экспедиций), можно было думать, что в южной части моря имѣется круговорот воды против часовой стрѣлки; въ послѣдніе же годы (1912—14 г.) дрейф² судна русской экспедиции *Св. Анна*, вынесенной льдами изъ Карскаго м. къ северу до архипелага З. Фр.-Иосифа, какъ будто указываетъ на существованіе вдоль пол-ва Ямала движенія воды къ N въ область Севернаго Полярнаго моря (см. карту, фиг. 213, стр. 514).

Въ *Белом м.* течения имѣютъ приливо-отливной характеръ. Однако большое количество стока прѣсной воды, приносимой многочисленными притоками моря, должно возбуждать въ поверхностныхъ слояхъ движеніе воды къ выходу изъ моря, а въ нижнихъ слояхъ, очевидно, существуетъ притокъ болѣе соленой и плотной воды низкимъ теченіемъ черезъ Горло моря. Иначе нельзя объяснить большую соленость глубинныхъ слоевъ (см. стр. 108). Весьма возможно, что въ Горлѣ Бѣлаго м. существуетъ подобное же сочетаніе приливныхъ и постоянныхъ теченій, какое наблюдается въ Бельтахъ и въ Гибралтарскомъ (стр. 107 и стр. 532).

Въ *Поморскомъ м.*, кромѣ приливо-отливныхъ теченій, господствующихъ въ юго-западной и южной частяхъ моря (см. карту, фиг. 154, стр. 383), существуетъ и общее движеніе поверхностныхъ водъ. Широко поставленный опытъ съ понзавками²²⁾ показалъ, что поверхностное теченіе выходитъ въ море (фиг. 228) между Орнейскими и Шотландскими о-ми и идетъ къ югу вдоль Шотландіи, отгибалъ затѣмъ море противъ часовой стрѣлки; оно частью проникаетъ въ Скагерракъ, а главнымъ

*) Такъ какъ Северное Полярное м. было отнесено къ внутреннимъ морямъ Атлантическаго ок., то эти течения должны были бы выходить въ восточный отдѣлъ; но для связности изложенія они были помѣщены иначе.

²²⁾ Было выкуплено 3563 онцавки въ 1897 г., изъ нихъ найдено 572. Изслѣдованіе²³⁾ было сдѣлано шотландскихъ учрежденіяхъ по изученіи рыболовства подъ руководствомъ Диксона.



Фиг. 222. Поверхностный течения Балтийского м.

образомъ идетъ прямо на Н. вдоль Норвегіи (скорость теченія не велика, около 2—3 м.м.).

Въ болѣе глубокихъ слояхъ моря распространяется атлантическая вода съ соленостію 35,18‰, входящая въ море съ сѣвера вокругъ Шетландскихъ о-въ и двигающаяся на югъ къ Догеръ Банку. Та же вода заходитъ и въ Скагерракъ, двигаясь по глубокому Норвежскому каналу.

Въ Каттегатѣ глубоководная соленая вода (34,0—33,5‰) проникаетъ только вдоль шведскаго берега, гдѣ глубины больше. Выше указанный (стр. 441) случай распространенія водорослей *Biddulphia biensis* показываетъ, что въ болѣе глубокихъ слояхъ имѣется подводное теченіе, идущее съ

юга вдоль Ютландіи въ Скагерракъ и Каттегатъ и въ Балтійское м. въ придонныхъ слояхъ, гдѣ соленость больше.

И другіе планктонныя организмы тоже заносятся теченіями изъ Атлантическаго ок. въ Нѣмецкое м. и далѣе на востокъ, доказывая существованію вышеуказаннаго постояннаго поверхностнаго теченія въ Нѣмецкомъ м.

Въ проливахъ Скагерракъ и Каттегатъ, на поверхности, теченіе идетъ изъ Балтійскаго м., вынося его прѣснѣшную воду въ Нѣмецкое м. Это поверхностное теченіе въ Каттегатѣ прижимается вращеніемъ земли къ шведскому берегу и имѣетъ тутъ скорость 24—48 м.м. На глубинѣ же вода двигается изъ Нѣмецкаго м. въ Балтійское (см. стр. 107 и 173).

Въ Каттегатѣ оба теченія имѣютъ ясно выраженную періодичность: поверхностное теченіе сильнѣе лѣтомъ (Май—Авг.) и слабѣе зимою (Сент.—Февр.), что вполнѣ понятно. Лѣтомъ притокъ прѣсной воды изъ рѣкъ больше, нежели зимою, когда осадки выпадаютъ въ видѣ снѣга (см. стр. 13, годовой ходъ уровня въ Кронштадтѣ, за лѣтніе мѣсяцы уровень повышается). Нижнее теченіе тоже имѣетъ періодичность, зимою его скорость больше (Окт.—Апр.), а лѣтомъ оно слабѣе (Май—Сент.), т.-е. обратно поверхностному теченію.

Такой же характер имеют и течения въ пр. Большой Бельтъ.

Въ *Балтійскомъ* м. главною причиною теченій является избытокъ влияющей въ нихъ рѣчной воды, приносимой многочисленными притоками изъ громаднаго по площади внутренняго бассейна моря. Къ этому присоединяются еще осадки, выпадающіе на поверхности самаго моря слоемъ около 500 мм. въ годъ при условіи, что за годъ съ поверхности моря выпадъ ли испаряется болѣе половины этого количества.

Столь большая масса рѣчной воды, вливающаяся въ море, обуславливаетъ распреденіе поверхностнаго слоя и теченіе въ немъ къ выходу изъ моря черезъ проливы Бельтъ и Зундъ въ Каттегатъ, Скагерракъ и Нѣмецкое м. Вместе съ этимъ въ нижнемъ слоеъ воды, какъ выше было указано, въ Бельтахъ и Зундѣ существуютъ подводныя теченія, несущія болѣе соленую и плотную воду изъ Нѣмецкаго м. въ Балтійское. Подобное движеніе водъ въ глубинныхъ слояхъ моря наблюдается и далѣе къ востоку, а также и въ глубокихъ слояхъ заливовъ Финскаго и Ботническаго. При чемъ это движеніе, очень медленное, идетъ отъ входовъ къ вершинамъ заливовъ.

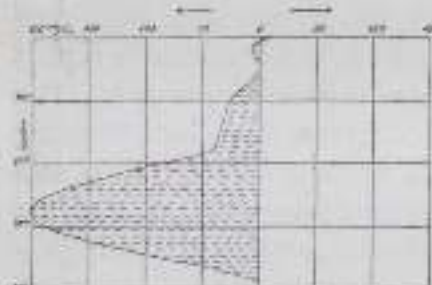
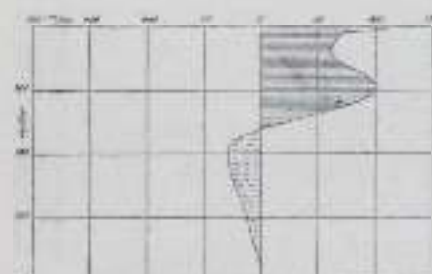
Въ поверхностномъ слоеъ весной, когда рѣчной стокъ всего сильнѣе, въ заливахъ Ботническомъ, Финскомъ и Рижскомъ, а также и въ самомъ морѣ замѣчается движеніе водъ къ выходу изъ моря въ Каттегатъ. Лѣтомъ же и въ первую половину зимы въ поверхностныхъ слояхъ замѣчается существованіе круговорота водъ противъ часовой стрѣлки, какъ въ самомъ морѣ, такъ и въ заливахъ Финскомъ и Ботническомъ; по восточному и южному берегамъ теченіе идетъ къ сѣверу и къ востоку, а вдоль сѣверныхъ и западныхъ береговъ оно идетъ на западъ и югъ, унося изъ моря опресненную воду. Въ такомъ движеніи водъ сказывается большое вліяніе господствующихъ вѣтровъ, которые въ концѣ лѣта и осенью дуютъ съ увеличивающеюся силою главнымъ образомъ изъ южной и юго-западной части пояса.

Вѣтры въ Балтійскомъ м. оказываютъ такимъ образомъ большое вліяніе на поверхностныя теченія, безусловно пересиливая лѣтомъ и осенью вліяніе разности плотностей, стремящейся всю воду поверхностныхъ слоевъ направлять къ выходу изъ моря. Этотъ примѣръ еще разъ доказываетъ преобладающее значеніе вѣтровъ, какъ причины поверхностныхъ теченій. Вспомнивъ понятно, почему при этомъ образуется въ поверхностномъ слоеъ движеніе противъ часовой стрѣлки; оно получается вълѣдствіе вліянія отклоняющей силы вращенія земли на оси.

Скорости поверхностных течений Балтийского м. не велики, 0,2 морск. миль в час (10 сант. в сек.) есть уже большая скорость, чаще она меньше. Наибольшие скорости наблюдались в узкостях Аляндских о-в., т.е., случалось, течение доходило до 4 морск. миль в час (200 сант. в сек.).

В Гибралтарском пр. существует два течения, — поверхностное, идущее из Атлантического ок., и глубинное, из Средиземного м. в океан. Каждое из них отклоняется вправо, и поверхностное с менто солеными водами океана проходить под африканским берегом (см.

Фиг. 228.



Фиг. 229.

Течения в Гибралтарском пр. Таким образом показывается направление глубинного течения, а также — поверхностного.

стр. 169), а глубинное придерживается берега Испанія. На эти два течения, которые были представлены на продольном разрезѣ пролива (см. фиг. 67, стр. 170), имѣют большое влияние приливо-отливные течения. Последние настолько сильны, что, смотря по их направлению, они, слагаясь то с поверхностнымъ, то с глубиннымъ течениями, по очереди их увеличиваютъ настолько, что противоположное течение становится очень незначительнымъ.

Важные приливо-отливные течения из размаха и скорости постоянных течений в Гибралтарском пр. видно на следующихъ чертежахъ (фиг. 229—230), где представлены результаты наблюдений скоростей течений посредством Гибралтарского пр. *) от поверхности до дна для моментовъ наибольшей скорости в поверхностномъ и глубинномъ теченияхъ. Какъ видно на чертежахъ, в 10-й крайній моментъ движения средней прилива, то поверхностное, то глубинное течения берутъ перевесъ; при этомъ по-

*) Экспедиция сард Дж. Мёррея на *Michael Sars* в 1910 г. Наблюдения продолжались в течение полного приливного периода (29 и 30 Апр.) со шлюпки и с судна на якорѣ приборами Экмана на разныхъ глубинахъ. Наблюденныя скорости на чертежахъ проецированы на плоскость, идущую вдоль пролива. Полная вода в проливѣ была в 5 ч. дня, а малая — в 11 ч. дня. Отсюда слѣдуетъ, что наибольшая скорость поверхностного течения из Атл. ок. случается черезъ 4 ч. послѣ полной воды при понижающемся уровнѣ, а наибольшая скорость поверхностного течения из Средиз. м. бываетъ черезъ 3 или 4 часа послѣ малой воды, т.е. уже при понижающемся уровнѣ.

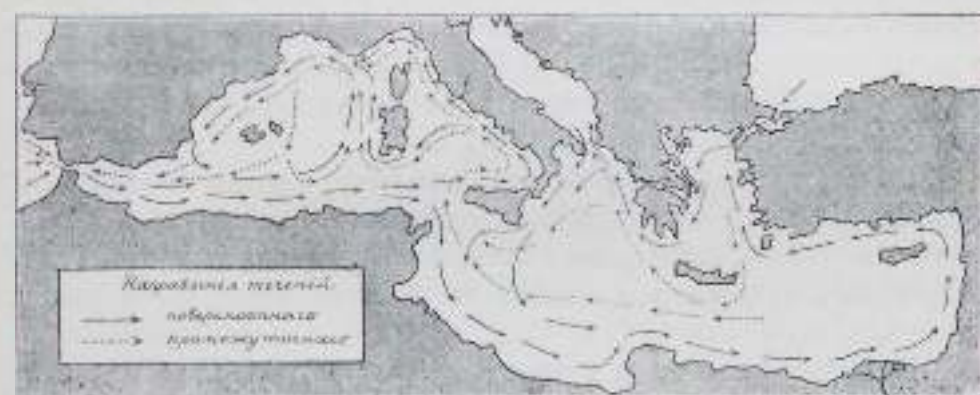
каждое вообще сильнее, и когда вернется на его ступень (фиг. 230), то оно занимает почти всю толщу воды на протяжении.

Тяжелая и теплая вода Средиземного м. по выходе в океан, идет уже не столько упираясь на дно, сколько вынуждена на створе впасть материкового склона Европы до широты Португалии (см. гидрологию, разрыв, фиг. 176, стр. 438), ввергая всю глубокую массу океана между Европой и срединами периданальнымъ поднимать дна в океан.

Количество воды, несеной поверхностными и подводными течениями в Гибралтарском пр., определяется приблизительно следующие цифры. Из Атлантического ок. поверхностное течение приносит за год около 59,200 куб. миль, а нижнее течение выносит из моря в океан около 56,200 куб. миль. Около 2,200 куб. миль ежегодно выносятся из моря рвами и оврагами, а около 5,200 куб. миль испаряется. Побыток испарения, составленный $5,200 - 2,200 = 3,000$ куб. миль, компенсируется поверхностным течением, выходящим на 3,000 куб. миль больше, нежели уходит из моря нижним течением. Количество выносимой воды через Гибралтарский пр., так велико, что, если бы оно не уравновешивалось разномъ воды нижним течением и испарением, то за год оно бы повысило уровень моря на 20 миль.

Скорости обоих течений больше зимой, когда и испарение больше.

В Средиземном м. *) поверхностные течения во общемъ обходятъ все море противъ часовой стрѣлки (фиг. 231); при чемъ воды, прите-



Фиг. 231. Течения Средиземного моря.

кающая через Гибралтарский пр. поверхностнымъ течениемъ, идутъ на

*) О теченияхъ въ Средиземномъ м., Дарданеллахъ, Мраморномъ м., Босфорѣ и Черномъ м. по русскимъ трудамъ: Энгельд. Изв. Русск. Географ. Общ. „Материалы по гидрологии Мраморнаго м.“ Л. Б. Шилдлеръ, 1896 г.; „Объ обѣихъ водахъ Чернаго и Средиз. м.“, С. О. Макарова, 1885 г.; „Материалы по гидрологии Чернаго м.“, Л. Б. Шилдлеръ, 1899 г.; и по работамъ I. Schmidt „Report on the Danish oceanographical expedition 1908—1910“ и друг.

востокъ ближе къ берегу Африки (подъ вліяніемъ уклоняющей силы земли) и образуютъ въ Балеарскомъ и Тирренскомъ моряхъ два круговорота съ циклоническимъ направлениемъ движенія. Въ низе лежащемъ промежуточномъ слое до глубины около 1.000—1.500 м. (на картѣ пунктирная стрѣлка) существуетъ теченіе, идущее на западъ, оно-то и образуетъ въ Гибралтарскомъ пр. южное теченіе. На приложенной картѣ показаны эти двѣ системы теченій, какъ онѣ опредѣляются изъ послѣднихъ наблюденій.

Главною причиною теченій въ Средиземномъ м. служить, повидимому, испареніе, уносящее большой слой воды, вследствие чего является притокъ воды изъ Атлантическаго ок., такъ какъ рѣки и осадки доставляютъ менѣе половины испаряющейся воды.

Въ *Дарданеллахъ* поверхностное теченіе идетъ изъ Мраморнаго м. въ Эгейское м. съ довольно значительной скоростью, въ среднемъ около 1,5 морск. миль въ часъ, а при порывахъ NE вѣтрахъ въ наиболѣе узкомъ мѣстѣ пролива и до 3—5 м.м. въ часъ. Поверхностное теченіе идетъ слоемъ около 10—22 метр. (толще на сѣверѣ и тоньше на югѣ и періодко, подъ вліяніемъ боковыхъ вѣтровъ, разной толщины у азіатскаго и европейскаго береговъ); имъ выносятся къ югу менѣе соленая вода Мраморнаго м. ($21-23^{\circ}/_{\infty}$). При продолжительныхъ и свѣжихъ южныхъ вѣтрахъ случается, что теченіе въ проливѣ на поверхности идетъ изъ Эгейскаго м. въ Мраморное.

Въ нижнемъ гораздо болѣе мощномъ слое (глубина въ *Дарданеллахъ* около 50—70 м.) течетъ изъ Эгейскаго м. соленая вода Средиземнаго м. ($38,9-38,8^{\circ}/_{\infty}$); такъ какъ толщина слоя нижняго теченія больше, то и скорость его меньше, въ среднемъ около 0,7 морск. м. въ часъ.

Въ Мраморномъ м. въ поверхностномъ слое небольшой мощности (12—22 м. = 6—11 м. с.) почти во всѣхъ частяхъ моря существуетъ теченіе, идущее отъ Босфора къ *Дарданелламъ*. Оно несетъ воду ($21,5-22^{\circ}/_{\infty}$), получившуюся отъ перемѣшиванія слабо соленой поверхностной воды Чернаго м. ($16-18^{\circ}/_{\infty}$) съ соленою водою нижнихъ слоевъ Мраморнаго м. ($38^{\circ}/_{\infty}$).

Подъ этимъ тонкимъ поверхностнымъ слоемъ лежатъ другой значительной толщины и большой солености (болѣе $38,4^{\circ}/_{\infty}$), представляющей воду Эгейскаго м., пришедшую изъ южныхъ *Дарданелльскихъ* теченій. Въ этомъ слое существуетъ медленное движеніе къ Бо-

сфору, у входа въ который эта вода даетъ начало пизнему течению въ Босфор^{*)}.

Въ Босфорѣ также существуетъ два теченія. Поверхностное идетъ изъ Мраморнаго м. и несетъ слабо соленую воду Чернаго м. со среднею скоростью 1,5—2,5 морск. м. въ часъ (пизб. 3,5 м.м.). Толщина слоя поверхностнаго теченія различная и колеблющаяся, обично у Константинополя она меньше, а при входѣ въ Чернаго м. въ два раза больше (20 м. и 49 м.), вообще, помятому, наклонъ поверхности, разделяющей поверхностное теченіе отъ подводнаго, всегда направленъ къ Черному морю.

Нижнее теченіе въ Босфорѣ идетъ изъ Мраморнаго м. въ Черное м.; оно несетъ соленую воду (35,1—36,7‰) изъ нижнихъ слоевъ Мраморнаго м. Эта вода, будучи тяжелѣе воды Чернаго м., опускается при входѣ изъ Босфора внизъ, перемѣшивается съ мало соленою водою поверхностнаго слоя и образуетъ постепенно воду большихъ глубинъ Чернаго моря (22,1—22,5‰). Средняя скорость пизняго Босфорскаго теченія около 1,6 морск. м. въ часъ.

И въ Босфорѣ, какъ и въ Дарданеллахъ, бываютъ случаи, когда теченіе на поверхности идетъ съ юга на сѣверъ. Обыкновенно это случается при свѣжихъ южныхъ вѣтрахъ, но бываетъ и въ штиль. Во всякомъ случаѣ подобная перемѣна направленія поверхностнаго теченія продолжается не долго.

Причиною нижняго теченія въ Босфорѣ, какъ и въ Дарданеллахъ, служитъ разность плотностей воды на одинаковыхъ глубинахъ въ Черномъ и Эгейскомъ моряхъ. Верхнее же теченіе въ Босфорѣ происходитъ отъ нѣсколькихъ причинъ, но главнѣйшая есть избытокъ рѣсныхъ водъ, доставляемый многочисленными рѣками, впадающими въ Черное м.^{**)}. Распределение вѣтровъ надъ моремъ тоже способствуетъ усилению поверхностнаго теченія въ Босфорѣ.

*) Согласно наблюденіямъ дѣловой станціи, экв. 1906—10 гг., дѣтокъ соленыхъ и теплыхъ воды, пришедши изъ Эгейскаго м., образуютъ промежуточный слой между мало солеными поверхностными и приливными слоями. Замечу же, при температурахъ около 13°, воды Эгейскаго м. становятся такъ же, какъ и нижнихъ водъ Мраморнаго м., и потому онѣ прямо изъ Дарданеллъ спускаются внизъ.

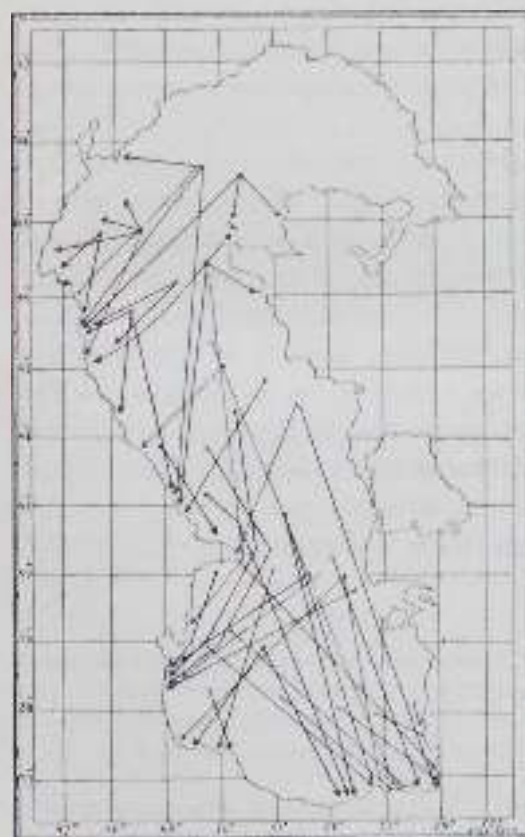
**) За вычетомъ расхода на испареніе, избытокъ получаемой Чернымъ м. рѣсной воды осадками и рѣками составляетъ около 460 куб. км. въ годъ. Это количество воды можетъ поднять уровень моря на 101 сант., чего вполне достаточно для объясненія возникновения и скорости поверхностнаго теченія.

Въ Черномъ м. поверхностныя теченія образуютъ два круговорота, — одинъ въ западной части моря, а другой въ восточной, и оба циклоническаго характера. Въ западной части моря теченіе идетъ изъ сѣверной части его вдоль Балканскаго пол-ва на S сперва широкою струею (на 44° с. ш. до 50 м.м.), а потомъ болѣе узкою со среднею скоростью 8—9 м.м. Часть воды этого теченія уходитъ въ Босфоръ, а другая часть идетъ на E и, встрѣтивъ изгибъ берега Малой Азіи (у м. Эрегли), принимаетъ направленіе на NE и N, пересѣкаетъ море къ берегу Крыма и здѣсь (у м. Херсонесъ) заворачиваетъ къ W и идетъ къ дельтѣ Дуная.

Въ восточной части моря на сѣверѣ теченіе идетъ изъ Керченскаго пр. вдоль берега Крыма (увклоняется направо) и у его южной оконечности дѣлится на три вѣтви, одна идетъ по берегу Крыма до Евпа-

торіи, другая направляется къ устью Дуная, а третья идетъ на S и SE (къ Синопу) и затѣмъ вдоль берега Малой Азіи на E, доходить до Батума и заворачиваетъ тамъ вдоль берега Кавказа на N до Керченскаго пр. Средняя скорость теченія у Кавказа достигаетъ 10—12 м.м., вообще этими скоростями больше, потому что притокъ рѣчной воды больше. Внутри круговоротовъ теченія очень незначительны. Главныя причины поверхностныхъ теченій есть вѣтры и притокъ прѣсной воды.

Въ Керченскомъ пр. также бываютъ двойныя теченія, но болѣею частью теченія идутъ отъ поверхности до дна изъ Азовскаго м., а при свѣжихъ вѣтрахъ изъ S половина колонна, оно замѣняется теченіемъ изъ Чернаго м. съ болѣе холодною водою.



Фиг. 212. Поверхн. теченія.

Въ *Каспійскомъ* м. поверхностныя теченія, какъ это видно изъ прилагаемой карточкѣ (фиг. 232), гдѣ показаны нѣкоторыя, болѣе характерныя пути плаванія бутылокъ *), въ сѣверной части моря идетъ главнымъ образомъ на SW и далѣе въ S по кавказскому берегу. Въ южной части моря, повидимому, существуетъ круговоротъ циклоническаго характера. Течение идетъ на S по западному берегу, поворачиваетъ на E и поднимается на N вдоль восточнаго берега. Причинами возникновенія теченій служатъ: большой притокъ прѣсныхъ водъ въ сѣверную часть моря, большое испареніе въ южной части его и распределеніе вѣтровъ.

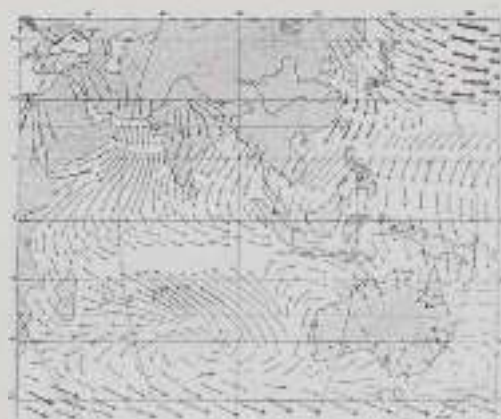
Теченія Индійскаго океана.—Въ Индійскомъ ок. поверхностныя теченія можно раздѣлить на три отдѣла: теченія муссонныя, теченія южнаго полушарія и теченія морей.

Обзорная карта теченій для лѣта и зимы сѣвернаго полушарія (фиг. 197—198, стр. 488—489) даетъ общую картину теченій океана; кромѣ того, карты сѣверной части океана (фиг. 177, 178, 179, стр. 445—447) и Игольнаго теченія (фиг. 180, стр. 448) дополняютъ свѣдѣнія о теченіяхъ Индійскаго ок.

1.—*Муссонныя теченія Индійскаго ок.*—Между 10° ю. ш. и материкомъ Азія назъ Индійскимъ ок. господствуютъ каждый годъ періодическіе вѣтры—муссоны, дующіе съ Октября по Мартъ отъ NE, а съ Апрѣля по Сентябрь отъ SW въ сѣверномъ полушаріи и отъ NW и SE въ соответственные мѣсяцы между экваторомъ и 10° ю. ш. Именно существованіе надъ этой частью океана періодическихъ вѣтровъ и обуславливаетъ образованіе здѣсь системы періодическихъ теченій въ поверхностныхъ слояхъ океана, чѣмъ еще разъ подтверждается большое значеніе вѣтровъ, какъ причины теченій.

На приведенныхъ ниже картахъ вѣтровъ для середины зимы и лѣта сѣвернаго полушарія показаны измѣненія, происходящія при переходѣ отъ лѣта къ зимѣ въ воздушныхъ теченіяхъ (фиг. 233—234); если ихъ сравнить съ картами океаническихъ теченій (фиг. 197—198, стр.

*) Бутылки бросались частію наслѣд для изученія рыболовства въ Каспійскомъ м. въ 1904 г., а главнымъ образомъ по повѣнью Гл. Гидрографич. Упр. Марск. вѣдомства въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подъ ризъ съ маякомъ и плавающихъ судовъ. Изъ числа бутылокъ, брошенныхъ въ 1904 въ Апрѣлѣ, Маѣ и Іюнѣ, найдено 53, а изъ брошенныхъ по порученію Гл. Гидрогр. Упр. было найдено 108 бутылокъ.



Фиг. 153. Ветры Индийского и зап. Тихого ок. зимой северного полушария.

Точки и короткая стрелка соответствуют скорости ветра 7 м. в сек., тонкая линия 1—3 м., толстая — 4—12 м., двойная более 12 м. Длинные стрелки — усредненные ветры.



Фиг. 154. Ветры Индийского и зап. Тихого ок. летом северного полушария.

488—489), то зависимость океанических течений от воздушных становится очень заметною, и притом не только в области муссонных течений, но и в других областях океана.

А. — Муссонные течения Индийского ок. в зиму северного полушария (карты фиг. 197, стр. 488—489). Муссонные течения в зиму северного полушария к северу от экватора в общем идут на запад (над океаном дует NE муссон). В Октябре начинают устанавливаться NE муссон, поверхностные же течения в это время отличаются неправильностью и начинают устанавливаться только в Ноябре. В Бенгальском зал. течения в северной части неправильны, а в южной части от Малаккского пр. к Цейлону и к югу от него течения идут на W со скоростью 50—70 м.м.

В Аравийском м. течение идет на W и WSW со среднею скоростью 10—20 м.м., а, подойдя к берегу Африки (берег Сомали), усиливается, доходя до скоростей 50—70 м.м. Это Сомалийское течение, перейдя экватор, встречается с вливом экваториального течения, идущего с юга, и заворачивает на E, образуя Экваториальное противотечение. Оно пересекает океан между 0°—10° ю. ш. и у берегов Суматры бывает довольно значительной скорости (40—60 м.м.), здесь оно тесно идет к N, а главным образом заворачивает на S и соединяется с Экваториальным течением (см. фиг. 179, стр. 447). Муссонные течения зимой продолжаются со с Марта месяца начинают

ослабѣвать (муссонъ дуетъ правильно только до конца Февраля), а въ Апрѣлѣ начинается сѣбна теченія.

В.—*Муссонныя теченія въ юго сѣверномъ полушаріи* (см. карту фиг. 198, стр. 488—489, а также фис. 177 и 178, стр. 445—446). Съ Мая мѣсяца въ сѣверномъ полушаріи устанавливаются теченія приблизительно обратнаго направленія.

У берега Африки Экваторіальное теченіе, встрѣтивъ материкъ, раздѣляется, и одна его вѣтвь идетъ на N вдоль Сомалийскаго берега. Перейдя экваторъ, она получаетъ большую скорость и устойчивость, подъ влияніемъ сѣбскаго адѣсь SW муссона (см. фиг. 234, стр. 538), составляющаго продолженіе SE муссона и пассата южнаго полушарія. Скорость этой части муссонныхъ теченій (вдоль берега Африки) въ среднемъ около 40 м.м., а наибольшая доходитъ 80—120 м.м.

Между Африкою и Цейлономъ теченіе идетъ на востокъ со скоростью 25—50 м.м. Къ югу отъ Цейлона скорость снова увеличивается и, случается, достигаетъ 70—80 м.м.; дойдя до берега Суматры, теченіе заворачивается на S и присоединяется къ Экваторіальному. Въ Бенгальскомъ зал. теченія имѣютъ направленіе на NE и скорость 10—40 м.м.

Такой характеръ теченія сохранять все время отъ Мая до Сентября; въ Октябрѣ они начинаютъ слабѣть и становятся менѣ правильными прежде всего въ Аравійскомъ м. и Бенгальскомъ зал., а въ Ноябрь начинаютъ устанавливаться теченія обратныхъ направленій.

Все муссонныя теченія Индійскаго ок. принадлежатъ къ теченіямъ теплымъ и являются чисто-дрейфовыми, возбуждаемыми исключительно муссонными вѣтрами. То обстоятельство, что муссонныя теченія требуютъ для своего установленія и достиженія наибольшей силы около 2,5—3-хъ мѣсяцевъ, вполне согласуется съ условіями дрейфовой теоріи теченій Экмана, какъ это было указано выше (см. стр. 470). Вѣдомствѣнія и отклоненія, замѣчаемыя въ муссонныхъ теченіяхъ, обязаны своимъ происхожденіемъ вліянію очертаній и расположеній береговъ въ той части Индійскаго ок., гдѣ эти теченія бываютъ. Исслѣдованія особенностей этихъ теченій (напр., теченія Сомалийскаго), произведенныя въ послѣднее время, показали, что, въ предѣлахъ точности имѣющагося матеріала, они вполне соотвѣствуютъ условіямъ теоріи дрейфовыхъ теченій Экмана, т. е. подтверждаютъ ее.

II.—*Течения южного полушария Индийского ок.* — Экваториальное течение существуетъ въ Индийскомъ ок. только въ южномъ полушаріи, и его сѣверная граница приходится около 10° ю. ш. Такимъ образомъ оно смѣщено значительно къ югу сравнительно съ другими океанами, что есть послѣдствіе существованія къ сѣверу отъ 10° ю. ш. сильно развитой области муссоновъ. Въ Индийскомъ ок. SE пассаты лежатъ на 10° южнѣе, нежели въ двухъ другихъ океанахъ, гдѣ его области доходятъ до экватора, и Экваториальное течение Индийскаго ок. тоже лежитъ на 10° южнѣ *). Совпаденіе Экваториальнаго течения съ областью SE пассата еще разѣ убѣждаетъ въ томъ, что экваториальнаго теченія вообще есть дрейфовыя теченія, возбуждаемыя пассатами.

Экваториальное теплое теченіе идетъ отъ Австраліи до Мадагаскара зимою сѣвернаго полушарія съ нѣскольکو-большою скоростью; средняя скорость его около 35 м.м., а наибольшая 50—60 м.м. Южная граница теченія мало опредѣлена. У Мадагаскара теченіе раздѣлится, одна вѣтвь проходитъ къ сѣверу отъ острова и противъ мыса Дельгадо (10° ю. ш.) на берегу Африки раздѣляется въ свою очередь на двѣ части (оба случая раздѣленія теченія на части есть слѣдствіе изгибнаго очертанія береговъ). Часть теченія, идущая къ сѣверу вдоль берега Африки, зимою сѣвернаго полушарія не доходитъ до экватора, и встрѣтивъ муссонное теченіе, переходящее изъ сѣвернаго полушарія въ южное, образуетъ съ нимъ вмѣстѣ Экваториальное противотеченіе, о которомъ уже сказано выше.

Вторая часть сѣверной вѣтви Экваториальнаго теченія, идущая отъ м. Дельгадо (вост. берегъ Африки, 10° ю. ш.) на югъ, уклоняющею силою земли прижимается къ Африкѣ и образуетъ *Мозамбикское* теченіе, отличающееся большою скоростью, особенно зимою сѣвернаго полушарія; средняя скорость около 40 м.м., а наибольшая зимою до 100 м.м. (по другую сторону пролива, ближе къ Мадагаскару, теченія менѣе правильны, нерѣдко идутъ на N и имѣютъ компенсаціонный характеръ).

Мозамбикское теченіе, продолжая идти на S вдоль берега Африки, переходитъ въ теченіе *Нюбнаго мыса* (начиная отъ 30° ю. ш.), одно изъ самыхъ сильныхъ и устойчивыхъ теченій въ океанахъ (до 75° +

* Изслѣдованіе теченій Индийскаго ок., произведенное П. Галла, показало, что Экваториальное теченіе совершенно слѣдуетъ законамъ, установленнымъ для дрейфовыхъ теченій В. Эрманомъ, насколько вообще можно ожидать существованія въ природѣ гдѣ дѣйствуютъ всегдѣ нѣсколько причинъ, чисто-дрейфоваго теченія.

устойчивости, см. фиг. 180, стр. 448). Средняя скорость теченія около 50 м.м., а наибольшая доходит до 100—110 м.м. (дѣломъ сѣв. пол., потому что въ это время года въ области Мозамбикскаго реч. дуютъ E и SE вѣтры). Игольное теченіе на меридианѣ мыса того же имени (приблиз. на 20° ю.д.) заворачиваетъ на S и E и омываетъ со всѣхъ сторонъ своими вѣтвями банку Игольнаго мыса, лежащую нѣсколько къ юго-востоку отъ мыса (еще въ 36° параллели теченіе идетъ на W, а уже на 38° ю.ш. оно направляется къ E). Здѣсь это теплое теченіе встрѣчается съ холодными водами, притекающими изъ Атлантическаго ок. (см. фиг. 227, стр. 528) и южныхъ широтъ, вслѣдствіе чего тутъ температуры воды на поверхности на близкихъ разстояніяхъ различаются нередко на 4°—8° (къ юго-зап. отъ Ньюфаундлендской банки разности температуръ доходятъ до 15°), что способствуетъ здѣсь, какъ и у Ньюфаундлендской банки, частому образованію тумановъ.

Далѣе на востокъ воды Игольнаго теченія смѣшиваются съ холодными водами, идущими изъ Атлантическаго ок., и образуютъ холодное *Поперечное* теченіе Индійскаго ок., идущее на востокъ со скоростью 10—25 м.м.

Къ Поперечному теченію съ сѣвера присоединяется теплое *Маданскарское* теченіе, представляющее вѣтъ Экваторіальнаго, отблывшую отъ него на 20° ю.ш. вслѣдствіе встрѣчи берега о-ва Мадагаскара (примѣръ вліянія отсѣганія береговъ на теченія). Скорость этого теченія небольшая, около 10—25 м.м. Оно своими теплыми водами, смѣшивающимися съ холодными Поперечнаго теченія, обуславливаетъ вдоль всей сѣверной окраины послѣдняго измѣчивость температуры воды.

Подойдя къ Австраліи, часть Поперечнаго теченія идетъ далѣе на востокъ къ югу отъ нея, а часть поворачиваетъ на N подъ именемъ *Западно-австралійскаго* теченія со скоростями 15—30 м.м., теченіе это мало устойчиво и отличается высокою температурою воды, совершенно уподобляясь Бенгуальскому теченію въ Атлантическомъ ок.

Подойдя къ тропику, Западно-австралійское теченіе заворачиваетъ на W и даетъ начало Экваторіальному теченію, замыкая круговоротъ поверхностныхъ водъ въ южномъ полушаріи въ Индійскомъ ок.

Въ части океана, лежащей между южною окраиною Зондскаго архипелага и Австраліей, а также вдоль береговъ послѣдней до Торресса пр. господствуютъ приливныя теченія.

III.—*Течения морей Индійскаго ок.* — Индійскій ок. бѣдѣтъ морями, ихъ всего два: Красное м. и Персидскій зал.

Въ *Красномъ* м. теченія не имѣютъ правильнаго характера, а оказываютъ подъ вліяніемъ вѣтровъ, достигая иногда скорости до 30—40 м.м.

Въ *Бабъ-эль-Мандебскомъ* пр. существуетъ два теченія, подобно тому, какъ и въ Дарданеллахъ или Босфорѣ. Противъ имѣетъ глубину около 200 м. (109 м. с.), а въ немъ отъ поверхности до глубины около 120 м. идетъ теченіе изъ Аденискаго залива въ Красное м. со скоростью до 2—2,5 м.м. въ часъ. Ниже же 120 м. существуетъ обратное теченіе изъ Краснаго м. приблизительно такой же скорости *). Приливо-отливныя теченія и здѣсь существуютъ, какъ и въ Гибралтарѣ, и оказываютъ свое вліяніе на усиленіе и ослабленіе постоянныхъ теченій.

Въ *Персидскомъ* зал. дѣломъ теченіе идетъ изъ океана, а изъ него изъ залива въ океанъ. Приливныя и отливныя теченія и здѣсь имѣютъ большое значеніе.

1

Течения Тихаго океана. — Въ Тихомъ ок., какъ и въ Атлантическомъ, теченія могутъ быть раздѣлены на четыре отдѣла: теченія тропическаго пояса, теченія сѣвернаго полушарія, теченія южнаго полушарія и теченія морей.

Обзорная карта теченій для дѣла и южны сѣвернаго полушарія (фиг. 194—195, стр. 488—489) даютъ общую картину теченій этого океана.

Течения Тихаго ок., распределенныя на огромной поверхности его (46% Міроваго ок.), вообще достигаютъ меньшихъ скоростей, нежели какія наблюдаются въ теченіяхъ Атлантическаго и Индійскаго ок.

I.—*Течения тропическаго пояса Тихаго океана. — Северное Эква-*

*) Это явленіе было замечено въ 1885 г. капитанъ извѣстнаго географа А. И. Воейковича и затѣмъ было подтверждено адмираломъ С. О. Макаровымъ во время его плаванія на *Востокъ* въ 1883—1889 гг. Какъ было предположено А. И. Воейковичемъ, такое низкое теченіе, идущее изъ Бабъ-эль-Мандебскаго пр. въ океанъ съ температурами до 24° С, и есть причина высокихъ температуръ воды на значительныхъ глубинахъ на всей сѣверо-западной части Индійскаго ок. Здѣсь до глубины въ 1.000 м. встрѣчается температура въ 10°, чего не было наблюдаемо нискогда въ другомъ мѣстѣ въ стиретическихъ океанахъ. Существованіе двойственныхъ теченій въ Бабъ-эль-Мандебскомъ пр. было затѣмъ подтверждено въ 1898 г. непосредственными наблюденіями этихъ теченій индійскою экспедиціей на суднѣ *Storch*.

Южное экваториальное течение не имѣетъ ясно выраженнаго начала, оно становится замѣтнымъ отъ меридіана южной оконечности пол-ва Калифорніи. Течение идетъ поперекъ всего океана на W между параллелями 10° с. ш. и 20° — 22° с. ш. до Филиппинскихъ о-въ на протяженіи 7.500 м.м. (около 14.000 к.). Южная граница теченія болѣе опредѣленна, нежели сѣверная, зимою сѣвернаго полушарія она лежитъ ближе къ экватору, а лѣтомъ—дальше отъ него. Среднія скорости отъ 12 до 24 м.м., лѣтомъ больше, чѣмъ зимою, и на южной окраинѣ больше, нежели на сѣверной. На своемъ пути поперекъ океана течение омываетъ архипелаги Маршалльскій и Маріанскій и, подойдя къ Филиппинскимъ о-мъ, заворачиваетъ къ N.

Между сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ и экваторомъ проходитъ *Экваторіальное противотечение* ^{*)}, отличающееся въ Тихомъ ок. большимъ протяженіемъ и постоянствомъ. Оно сильнѣе и занимаетъ болѣе широкую полосу (5° — 10° с. ш.), идущую поперекъ всего океана лѣтомъ сѣвернаго полушарія, а зимою того же полушарія оно слабѣе (см. фиг. 197—198, стр. 488—489) и въ то же время менѣе широко (5° — 7° с. ш.). Скорости теченія лѣтомъ около 30 м.м. (случайно, доходить до 50—60 м.м.), а зимою она 10—12 м.м. Подойдя къ Центральной Америкѣ, Экваторіальное противотеченіе зимою раздѣляется на двѣ вѣтви, которыя заворачиваютъ къ S и къ N, соединившись каждое съ соответствующимъ Экваторіальнымъ теченіемъ, а лѣтомъ оно главнымъ образомъ поворачиваетъ на N и соединяется съ сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ.

Южное Экваторіальное теченіе значительно сильнѣе и устойчивѣе сѣвернаго Экваторіальнаго. Теченіе начинается у Галапагосскихъ о-въ и идетъ на W; сѣверная граница его лежитъ на 1° лѣтомъ и на 3° зимою къ сѣверу отъ экватора, такъ же, какъ и въ Атлантическомъ ок.

Лѣтомъ сѣвернаго полушарія, когда надъ южнымъ тропическимъ поясомъ въ южномъ полушаріи дуетъ SE пассатъ (въ западной части океана какъ SE муссонъ, см. фиг. 234, стр. 538), южное Экваторіальное теченіе идетъ во всю ширину океана между экваторомъ и тропикомъ до Ли-

^{*)} Въ западной части океана Экватор. противотеченіе было открыто кап. лейт. О. Лутке въ 1826—1829 гг. во время кругосвѣтнаго плаванія на *Сендвичъ*, а въ восточной части океана оно было замѣчено впервые англійскимъ мореплавателемъ Гейтеромъ и кап. лейт. И. Крузенштерномъ въ 1803—1806 гг. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія на *Надежда* и *Пескъ*.

стралиа и Новой Гвинее (см. фиг. 198, стр. 489), а къ сѣверу отъ послѣдней часть его заворачиваетъ на Е, забирая свои воды въ Экваторіальное противотеченіе.

Зимой же сѣвернаго полушарія, когда надъ западную тропическую часть Тихаго ок. дуетъ N и NW муссонъ (см. фиг. 233, стр. 538), южное Экваторіальное теченіе хотя и доходитъ до Австраліи и Новой Гвинее, но въ это время года оно слабѣе и менѣе правильно въ своей западной части (см. фиг. 198, стр. 489).

Общая длина южнаго Экваторіальнаго теченія около 8,500 м.м. (15,750 к.). Скорость теченія въ его восточной половинѣ не бываетъ менѣе 24 м.м., а случается доходить до 50 м.м., и даже иногда до 80 и 100 м.м. Въ западной же части южное Экваторіальное теченіе менѣе сильно, особенно зимой сѣвернаго полушарія, когда въ Австралійской области океана дуютъ муссоны изъ сѣверной половины южнаго. Скорости теченія въ западной Австралійской части океана около 12 м.м.

Теченія тропической полосы Тихаго ок. образованы: оба экваторіальныхъ — пассатами, т. е. эти теченія есть дрейфовыя; а экваторіальное противотеченіе есть настоящее компенсационное (восполняющее) теченіе.

II. — *Теченія сѣвернаго Тихаго океана.* — *Японское* теченіе или *Куро-симо* *) (синее теченіе) образуется изъ сѣвернаго Экваторіальнаго теченія, которое, поворачивъ къ N, вслѣдствіе встрѣчи съ Филиппинскими о-ми, подходитъ къ о-ву Формоза и, начиная отсюда, называется Японскимъ теченіемъ или Куро-Симо. У Формозы это теченіе шириною всего около 100 м.м. (185 к.), далѣе оно уклоняется вправо и идетъ западнѣ Лу-Кіу-скихъ о-въ къ Японскимъ о-мъ. Восточная окраина теченія менѣе опредѣленная, нежели западная, гдѣ замѣчается и рѣзкая разннца въ поверхностныхъ температурахъ воды теченія и воды, лежащихъ отъ него къ западу, подобно тому, какъ «холодная стѣна» у Гольфстрима, но не въ такой степени. Вообще Японское теченіе во многихъ отношеніяхъ подобно Гольфстриму.

Скорость Японскаго теченія въ началѣ около 35—40 м.м., а около Лу-Кіу-скихъ о-въ она доходитъ до 70—80 м.м. Лѣтомъ сѣвернаго по-

*) Теченіе было впервые замѣчено англійскимъ мореплавателемъ китъ Горъ въ 1779 г., участникомъ третяго кругосвѣтнаго плаванія Кука; а потомъ китъ-лейт. Крузенштерномъ въ 1804 г. во время перваго русскаго кругосвѣтнаго плаванія.

лушарія, при попутномъ муссонѣ и условіи, что Экваторіальное теченіе расположено сѣвернѣе, скорость Японскаго теченія бываетъ больше, хода иногда даже до 100 м. Температура воды теченія въ его началѣ въ Августѣ около 28°.

Подходя къ Японіи, теченіе проходитъ проливомъ Ванъ-Думена между о-въ Ииооомъ и Фу-Фуэскими о-ва, расширяется и достигаетъ ширины въ 300 м.м., при чемъ скорость его уменьшается. У сѣверныхъ береговъ Нипона, между послѣднимъ и отстоящимъ вираго, въ океанѣ, Японскимъ теченіемъ поднимается холодное теченіе — Оя-сиво, идущее отъ Курильской гряды о-ва; его температура на нѣсколько градусовъ ниже, нежели Японскаго теченія.

Пройдя параллель сѣверной оконечности Нипона, Японское теченіе постепенно теряетъ свою силу, уклоняется вправо въ открытый океанъ и, начиная отсюда, называется западнымъ дрейфомъ Японскаго теченія *). Оно идетъ на Е поперекъ океана между параллелями 40°—50° с. ш. со скоростью 10—20 м.м. Подойдя къ Америкѣ, теченіе раздѣляется, часть его заворачиваетъ на N вдоль берега Канады и Аляски, образуя тѣсное Алеутское теченіе, которымъ приносятся къ берегамъ Алеутскихъ о-въ пловники, вынесенный въ океанъ азіатскими рѣками (см. фиг. 235, стр. 550). Скорость этого теченія незначительная.

Другая часть дрейфа Японскаго теченія заворачиваетъ на югъ и идетъ подъ именемъ Калифорнскаго теченія **) вдоль берега Америки (подобно Канарскому и Бенгуальскому теченіямъ въ Атлант. ок., Калифорнское теченіе есть компенсационное, возмѣщающее убыль воды, производимую сѣв. Экватор. теч.). Средняя скорость Калифорнскаго теченія 15 м.м. Пройдя параллель южной оконечности острова Калифорнія (тропикъ), теченіе постепенно уклоняется къ SW и W и вливается въ сѣверное Экваторіальное теченіе.

Важное ствердое полушаріи раздѣленіе дрейфа Японскаго теченія происходитъ у берега Америки на параллели 40° с. ш., при чемъ Калифорнское теченіе идетъ dalje на югъ до точки соединенія съ сѣвернымъ Экваторіальнымъ теченіемъ.

Именно же сѣвернаго полушарія раздѣленіе дрейфа Японскаго теченія происходитъ

*) Севернее подобнаго дрейфу Гольфстрима или Атлантическому теченію въ Атлант. ок., только здѣсь оно не усиливается, какъ Гольфстримъ, водами Антилскаго теченія, почему оно и слабѣе, нежели дрейфъ Гольфстрима.

**) Открыто во время втораго кругосвѣтнаго плаванія европейцевъ англійскаго мореплавателя Дрейка въ 1579 г., бывшаго первымъ ихъ плаваніемъ въ сѣв. Тихомъ ок.

градусовъ на 7° сѣвернѣе, а Калифорнское теченіе раньше уклоняется къ SW, между ними и берегами Америки подается полоса холодной воды, прежде принимавшаяся за холодное теченіе, идущее съ сѣвера. Въ настоящее время эта область холодной воды около Санъ-Франциско и даже къ югу до 30° с. ш. объясняется поднятіемъ на поверхность холодной воды съ глубины, обусловливаемымъ господствующимъ вѣтрами, дующими параллельно берегу (NW). Согласно извѣстной теоріи теченій Дикана, въ такомъ случаѣ на извѣстной глубинѣ образуется теченіе, идущее къ берегу, которое служитъ причиной поднятія болѣе холодной воды на поверхность (см. фиг. 188-а, стр. 475). Дѣйствъ тутъ около Санъ-Франциско температура воды на поверхности градусовъ на 6°—7° ниже, чѣмъ въ тѣхъ же широтахъ въ открытомъ морѣ на разстояніи 400—500 м. отъ берега.

III.—*Теченія южнаго Тихаго океана.*—Южное Экваторіальное теченіе, встрѣтивъ берега Австраліи, даетъ вѣтви, идущую къ югу вдоль Австраліи, подъ названіемъ *Восточно-австралійскаго* теченія *). Оно начинается около о-ва Новая Каледонія и идетъ на югъ до о-ва Тасманіи, гдѣ заворачиваетъ на Е и омываетъ западные берега Новой Зеландіи, образуя въ Австралійскомъ м. водоворотъ противъ часовой стрѣлки. Теченіе это теплое, такъ какъ оно несетъ воды изъ тропическихъ широтъ. Скорость этого теченія очень незначительная (1—3 м.м.).

Въ югу сѣвернаго полушарія часть этого водоворота, идущая изъ N вдоль береговъ Новой Зеландіи, отбѣгая послѣднюю съ сѣвера (со скоростью до 24 м.м.), заворачиваетъ на Е и идетъ въ этомъ направленіи, омывая одной вѣтвью о-ва Кермадекское, лежащее къ NE отъ Новой Зеландіи, а другою—о-въ Чатемаъ, находящійся въ южной въ восточку отъ Новой Зеландіи. Существованіе этого теченія подтверждается сходствомъ въ растительности на Кермадекскомъ о-вѣ и на о-вѣ Чатемаъ съ новозеландскою.

Дѣйствъ же сѣвернаго полушарія, большая часть водъ теченія, идущаго изъ N вдоль западнаго берега Новой Зеландіи, подойдя къ ее сѣверной оконечности, уклоняется къ W и образуетъ полный круговоротъ воды въ Австралійскомъ морѣ.

Некоторая часть Восточно-австралійскаго теченія между Тасманіей и южною оконечностью Новой Зеландіи присоединяется къ *Поворачивающему* теченію южнаго Тихаго ок., которое идетъ изъ Индійскаго ок., отбѣгая Австралію, Тасманію и Новую Зеландію съ юга. Дѣйствъ это теченіе продолжаетъ двигаться на Е, при чемъ его сѣверная граница лежитъ около 40° ю. ш. Здѣсь къ сѣверной окраинѣ теченія присоединяются болѣе теплыя воды, отрывки южнаго Экваторіальнаго теченія, тогда какъ съ юга къ нему притекають холодныя антарктическія воды, несущ-

*) Впервые было указано адмираломъ И. Крузенштерномъ въ его трудѣ о путешествіи южныхъ широтахъ „Атласъ Южнаго моря“ 1824—1826 гг. съ объясненіями.

ція ледяних горы^{*)}. Скорость Поперечнаго теченія не велика, — около 15 м.м. въ среднемъ (наиб. до 20 м.м.).

Это теченіе, подходи къ берегу Южной Америки, на параллели 50° ю. ш. раздѣляется на двѣ вѣтви, одна идетъ на S вокругъ м. Горна, другая же направляется къ сѣверу вдоль береговъ Чили и Перу подъ именемъ *Перуанскаго* или *Гумбольдтова* ^{**)} теченія.

Теченіе Гумбольдта особенно рѣзко выдѣляется низкою температурою своей воды, которая и обратила на него вниманіе первыхъ изслѣдователей. Западная, океаническая окраина теченія неопредѣленна, тогда какъ восточная идетъ не далеко отъ берега Америки. Мощнѣе теченія, повидимому, очень значительна, около 1,800 м. ^{***)}. Температура около о-ва Чилое (Чилийскій архипелагъ, 42° ю. ш.) наблюдалась въ 13°, а нѣсколько южнѣе Лимы всего 19° (14° ю. ш.), на параллели же 5° ю. ш. около 23°, тогда какъ въ океанѣ въ той же широтѣ, но въ полосѣ теченія, температура около 27°. Вдоль самаго берега Америки несомнѣнно существуетъ подъемъ холодной воды съ глубинъ, которая еще болѣе понижаетъ температуры прибрежной воды (напр., у Балао, гавань Лимы, 12° ю. ш. наблюдали температуру воды на поверхности всего 13°,6). Скорость Гумбольдтова теченія не велика, около 12—15 м.м. Теченіе идетъ вдоль берега до 5° ю. ш., т.-е. до крайняго выступа берега Южной Америки къ западу, послѣ чего теченіе, уклоняясь влѣво, отходитъ отъ Америки, берегъ которой загибается тутъ къ востоку. Гумбольдтово теченіе далѣе омываетъ архипелагъ Галапагосскихъ о-въ, и его холодныя струи замѣчаются въ началѣ южнаго Экваторіальнаго теченія далеко на западъ отъ этихъ острововъ.

Перуанское или Гумбольдтово теченіе, по сліяніи съ южнымъ Экваторіальнымъ, замыкаетъ круговоротъ теченій южнаго Тихаго океана.

Другая же вѣтвь Поперечнаго теченія на 50° ю. ш. у Южной Америки уклоняется къ архипелагу Огненной Земли и отгибаетъ Америку съ юга подъ именемъ теченія *мыса Горна*, отличающагося довольно значительною скоростью, около 30 м.м. (иногда доходитъ до 40—50 м.м.). Теченіе мыса Горна, обогнувъ Америку, идетъ въ Атлантическомъ ок. на NE и здѣсь несетъ многочисленныя ледяныя горы,

*) Впрочемъ, въ Тихомъ ок. количество ледяныхъ горъ, приносимыхъ въ умѣренныя широты, весьма невелико въ Атлант. ок.

**) По имени Александра Гумбольдта, впервые его замѣтившаго въ 1802 г.

***) По наблюденіямъ франц. корабля Дю Пю Туаръ въ 1837 г.

который не доходить до самого мыса Горна миль на 60 (111 вил.) (см. фиг. 227, стр. 528, гдѣ теченіе м. Горна, сливающееся далѣе съ Поперечнымъ теч. Атл. ок., показано сплошными стрѣлками). Ледяная гора приносится сюда антарктическимъ теченіемъ большой мощности, такъ какъ онѣ сидятъ глубоко въ водѣ.

IV.—*Теченія морей Тихаго ок.*—Моря *Китайское* и *Желтое*, въ зависимости отъ господствующихъ въ нихъ муссоновыхъ вѣтровъ (см. фиг. 233—234, стр. 538), имѣютъ и теченія періодическаго характера. А именно: зимою сѣвернаго полушарія, при NE муссонѣ, теченія идутъ на S и SW (въ Формозскомъ пр. и у Аннама съ большою скоростью); лѣтомъ же того же полушарія, при SW муссонѣ, теченія идутъ на NE и N (тоже съ большою скоростью около Аннама и въ Формозскомъ пр.).

Въ *Китайскомъ* м. зимою сѣвернаго полушарія, при NE муссонѣ (съ Ноября по Мартъ) теченіе идетъ отъ Формозскаго пр. вдоль материка Азия на S со скоростью 20—40 м.в., а у берега Аннама, гдѣ его струя всего уже, скорости доходятъ до 60—80 м.в. Здѣсь теченіе раздѣляется, одна часть идетъ на E къ Борнею и, повернувшись около него на N, проходитъ вдоль Филиппинскихъ о-въ (скор. 10—40 м.в.), образуя круговоротъ противъ часовой стрѣлки.

Другая же часть теченія предлазаетъ идти къ S, къ Яваму и, не выйдя съ него о-въ Борнею и, идя изъ востоку (скор. 40—60 м.в.), проникаетъ въ другое море Зондскаго архипелага (Флоресъ и Банда). Въ это время года черезъ проливы Малаккскій, Зондскій и другіе идутъ теченія изъ Зондскаго архипелага проходить въ Индійскій ок.

Въ это же время года (зимой сѣв. пол.) отъ Формозскаго пр. къ сѣверу въ *Желтое* м. существуетъ два теченія.

Первое—холодное теченіе (2° — 3°) идетъ изъ Печилийскаго зал. вдоль материка Азия на S и SW (скор. до 30—40 м.в.) оно въ Формозскомъ пр. придерживается берега Азия (уплощается вправо). Температура воды этого теченія въ проливахъ около 13° — 15° (Февр.—Ноябрь), тогда тѣло по другую сторону пролива, вдоль берега Формозы, температура воды водитъ выше 18° — 24° (Февр.—Ноябрь). Это есть свидѣствіе существованія здѣсь разрыва теплой воды Японскаго теченія (Кури-окио), которое такіяже образомъ омываетъ и восточный и западный берега Формозы.

Второе теченіе *Желтого* м. образовано частью Японскаго теченія (Кури-окио), исходящемъ отъ него лѣвѣ (къ N отъ Ай-Киу-Сикай о-ва) и идущемъ на NW вдоль Борей. Тѣлѣе образуетъ и въ *Желтомъ* м. образуетъ круговоротъ противъ часовой стрѣлки.

Въ *Китайскомъ* м. лѣтомъ сѣвернаго полушарія при SW муссонѣ теченія идутъ почти въ обратномъ направленіи. Въ это время года почти во всемъ морѣ теченіе направлено на NE, но оно неслѣдственно и въ общемъ слабѣе теченій при NE муссонѣ, который дуетъ тѣлѣе SW-го. Въ Японскій и въ это время года (Май—Авг.) скорости теченія доходятъ у береговъ Аннама до 50—60 м.в. и въ Формозскомъ пр. тоже до 50 м.в.

Въ *Желтомъ м.* при SW муссонѣ наблюдается общее движеніе воды изъ S и NE подл. Кореи, оно образовано итѣлымъ Японскимъ теплымъ теченіемъ совместно съ теченіемъ, текущимъ изъ NE изъ Китайскаго м. черезъ Фермоускій пр. У Шантунскаго полу-ва наблюдается въ это время теченіе изъ SW (иногда до SE м.м.).

Въ *Японскомъ м.* идетъ итѣмъ Японскаго теченія (Куро-сиво), входящая въ него съ юга черезъ Корейскій пр. подл. именемъ Цусимскаго теченія. Въ Японскомъ м. это теченіе уклоняется направо и идетъ вдоль берега Японіи на N (иногда дѣломъ со скоростью до 30—40 м.м.). Большая часть теплой воды Цусимскаго теченія выходитъ въ океанъ черезъ Сангарскій пр., остальное же теченіе идетъ на N до пр. Лаперуза (между о-ви Иессо и Сахалинъ) и черезъ него частью выходитъ въ Охотское м. (придерживаясь правой стороны, т.е. южнаго берега пролива Лаперуза). У береговъ материка въ Японскомъ м. наблюдаются холодныя воды, обусловливаемыя, по всей вѣроятности, поднятіемъ воды съ глубинъ. Во всякомъ случаѣ нѣкоторое движеніе воды на югъ вдоль русскихъ береговъ и части Кореи существуетъ, какъ это видно на прилагаемой уменьшенной копіи карты плаванія (фиг. 235, стр. 550) бутылочк., составленной генераломъ М. Е. Жданко на основаніи предпринятаго по его почину опыта ихъ бросанія. Судя по этой картѣ, подтверждается указаніе, что часть Цусимскаго теченія проходитъ вдоль Сахалина на сѣверъ въ Татарскій пр.

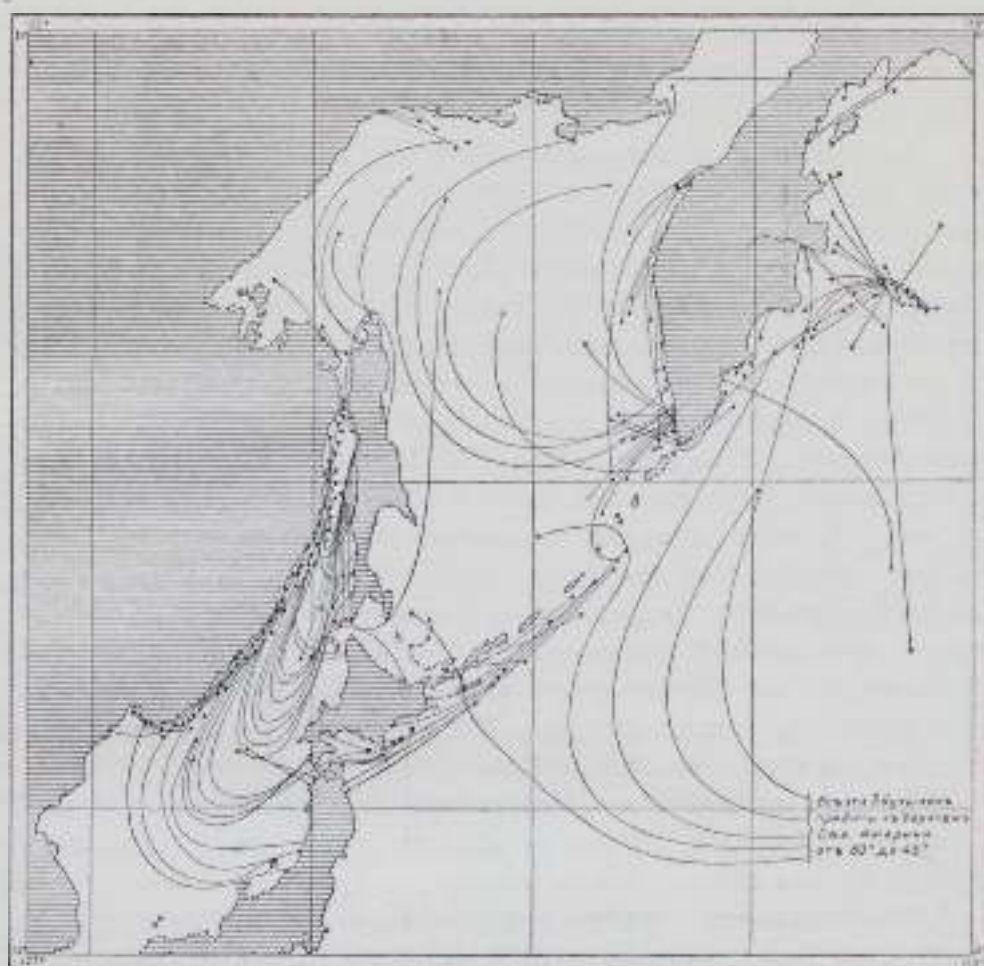
Недавно вышедшій вторымъ изданіемъ японскій атласъ теченій (1913 г.) показываетъ, что вообще скорость всѣхъ теченій Японскаго м. бываетъ больше дѣломъ, нежели зимою.

Въ *Охотскомъ м.* теченіе вдоль западнаго берега Камчатки идетъ изъ N, а по берегу материка и Сахалина — изъ S, образуя круговоротъ противъ часовой стрѣлки. На картѣ (фиг. 235) пути плаваній бутылочк. подтверждаютъ существованіе такой системы теченій. Мнѣніе адмирала С. О. Макарова, обработавшаго всѣ прежнія данныя о водахъ сѣвернаго Тихаго ок. и его морей *), также подтверждаетъ высказанное выше представленіе о теченіяхъ Охотскаго м.

Около Сахалина, въ Удской губѣ и въ зал. Шелехова (губы Гижигинская и Пенжинская) наблюдаются сильныя приливо-отливныя теченія.

Въ *Беринговомъ м.* сколько-нибудь ясно выраженныхъ и сильныхъ теченій не существуетъ. По восточному берегу моря и вдоль Камчатки

*) „Витязъ и Тихій океанъ“, издѣніе адм. С. О. Макарова, 1894 г.



Фиг. 235. Путь бутылки из Охотского в Японском м. и Тихом океане по картѣ М. Е. Жданко.

замѣчается движеніе холодной воды на югъ, которое продолжается и далѣе вдоль океанической окраины Курильскихъ о-въ и сѣверныхъ Японскихъ, давая начало холодному теченію Оя-сиво, получающему также воду изъ Сантарскаго пр. отъ вѣтви Цусимскаго теченія. Такое движеніе воды подтверждается и путями бутылки на картѣ М. Е. Жданко (фиг. 235), которыя изъ Берингова м. у берега Камчатки всѣ отнесены къ югу. Бутылки, брошенныя у Курильской гряды, также найдены всѣ южнѣе мѣста бросанія. Нѣсколько бутылки, брошенныя въ Беринговомъ м. и Охотскомъ м. и найденныя у береговъ Канады, очевидно,

были подхвачены дрейфомъ Куро-сиво и изъ занесены на другой берегъ океана (см. карту плаваний бутылки, фиг. 169, стр. 425).

Въ Беринговомъ проливѣ господствуютъ приливо-отливныя теченія такъ же, какъ и по всему американскому побережью этого моря.

Наблюденія вдоль гидрологическаго раздѣла поперекъ Берингова-пр., произведенныя въ 1880 г. Далемъ *) и въ 1911 г. старшимъ лейтенантомъ Л. В. Сахаровымъ **), приводятъ къ одинаковому выводу. Въ западной части пролива температуры на глубинахъ ниже, а въ восточной выше; разницы температуръ доходятъ до 5° — 7° ; по наблюдениямъ русской экспедиции удѣльный вѣсъ воды тоже больше въ восточной части пролива. Теченіе у берега Азии имѣетъ направленіе на югъ, а у берега Америки—на сѣверъ. Последнее теченіе имѣетъ скорость, достигающую до 24 м. въ сутки. Русскія и американскія наблюденія произведены въ Сентябрь мѣсяцѣ. Относительно болѣе теплая и болѣе легкая удѣльная вѣса воды, идущія на сѣверъ въ американской части пролива, вѣроятно всего есть движеніе на N имѣвшихъ за лѣто мѣстныхъ водъ Берингова моря. Приливныя и отливныя теченія здѣсь должны оказывать большое вліяніе на теченія постояннаго характера.

Никакой вѣтви теплаго Японскаго теченія (Куро-сиво) не проходитъ въ Берингова м., и слѣдовательно такой вѣтви не можетъ быть и въ Беринговомъ проливѣ.

Непрерывное кольцо Восточнаго теченія въ большихъ южныхъ широтахъ всѣхъ трехъ океановъ и теченія въ антарктическихъ водахъ.—При описаніи системъ теченій южныхъ половинъ каждаго океана было указано на существованіе въ нихъ Поперечныхъ теченій, замыкающихъ съ южной стороны круговороты въ каждомъ океанѣ.

Достаточно одного взгляда на обзорную карту теченій (фиг. 197—198, стр. 488—489), чтобы замѣтить непрерывную связь между этими Поперечными теченіями трехъ отдѣльныхъ океановъ. При ихъ описаніи было указано, что изъ нихъ съ южной стороны постоянно примыкаютъ струи воды антарктическаго происхожденія, увеличивая ихъ охлажденіе, и безъ того происходящее во время движенія ихъ водъ въ довольно

*) Начальникъ гидрографическаго части Coast and Geodetic Survey Соед. Штатовъ.

**) Помощникъ начальника гидрографической экспедиціи Сиб. Депо оз. Глаз. Гидрограф. Упр.

большинствѣ южныхъ широтъ, гдѣ господствуютъ очень постоянные свѣжіе западные вѣтры.

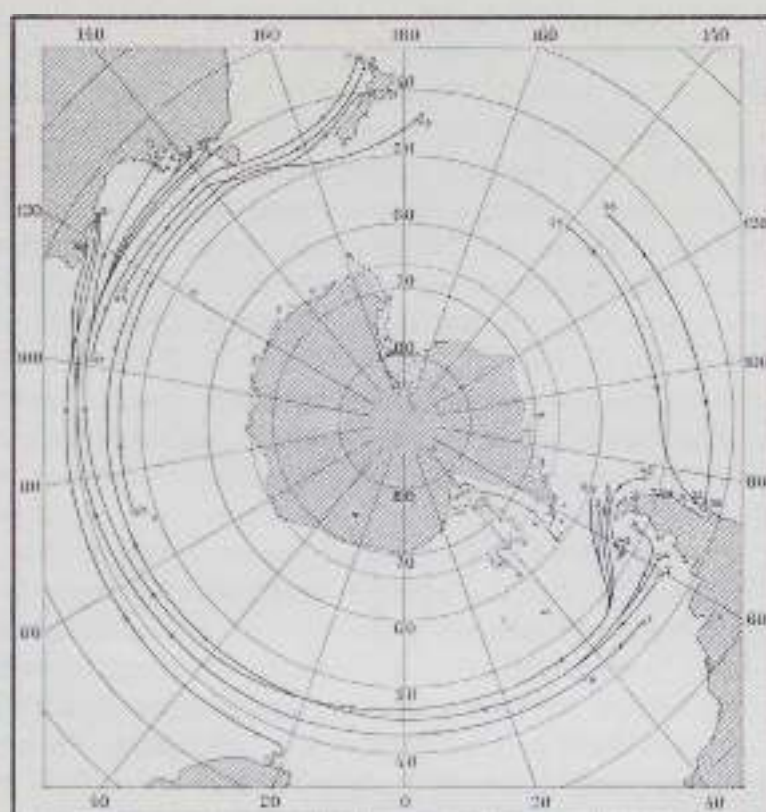
Поперечное теченіе Атлантическаго ок., подойдя къ южной оконечности Африки, какъ было указано выше, раздѣляется на двѣ вѣтви, сѣверная образуетъ Бенгуэльское теченіе, а другая обходитъ Игольную банку съ юга и далѣе образуетъ въ Индійскомъ ок. *Поперечное* теченіе этого океана; подойдя къ Австраліи, оно въ свою очередь раздѣляется, частью образуя Западно-австралійское теченіе, а частью продолжаетъ идти на востокъ къ югу отъ Австраліи и о-ва Тасманіи и Новой Зеландіи. Въ Тихомъ ок. *Поперечное* теченіе у Южной Америки также раздѣляется, и часть его обходитъ м. Горна съ юга.

Такимъ образомъ *Поперечныя* теченія всѣхъ трехъ океановъ образуютъ сплошное кольцо теченій, охватывающее весь земной шаръ въ полосу между 40° — 55° ю. ш. (у м. Горна и до 60° ю. ш.). Съ сѣверной стороны къ этому непрерывному круговому теченію примыкають струи болѣе теплыхъ водъ *), почему вдоль сѣверной окраины теченія и наблюдаются рѣзкія колебанія температуры воды. Съ юга же изъ то же теченіе возникаютъ мощные потоки холодныхъ антарктическихъ водъ, несущихъ громадную ледяную массу, обломки безпредѣльныхъ антарктическихъ ледниковъ.

Существованіе подобной системы теченій въ антарктическихъ водахъ подтверждается также и дрейфомъ судовъ, затертыхъ льдами въ большихъ широтахъ, и дрейфомъ буизмовъ, показанныхъ на прилагаемой картѣ южнаго приполярнаго пространства (фиг. 236). На ней нанесены дрейфы четырехъ судовъ антарктическихъ экспедицій, которые были затерты льдами и вмѣстѣ съ ними вынесены далеко на сѣверъ въ открытый океанъ, доказывая этимъ самымъ существованіе подобнаго движенія водъ къ сѣверу въ приповерхностныхъ слояхъ. При этомъ такое сѣверное теченіе одинаково замѣчается какъ въ южномъ Тихомъ ок. (около 160° — 180° мерид. дрейфъ *Angora*), такъ и въ южномъ Атлантическомъ ок. (около 40° — 60° мерид. дрейфъ *Deutschland* и *Endurance*), т. е. почти на диаметрально противоположныхъ сторонахъ Антарктиды **).

*) Въ Атл. ок. отъ Бразильскаго теч. въ Индійскомъ—отъ Игольнаго и Мадагаскарскаго; въ Тихомъ—отъ разныхъ отбѣллений южнаго Экваторіальнаго.

**) На фиг. 236 дрейфъ *Deutschland* германской эксп. 1912 г. показанъ болѣе подробно, такъ же, какъ и *Belgica* бельгийской эксп. 1899 г., а для двухъ судовъ экспедиціи Шенкмана, *Angora* и *Endurance*, дано только общее направленіе ихъ дрейфа, потому что въ то время извѣстія настоящаго труда были извѣстны только краткія свѣдѣнія этихъ дрейфовъ.



*Belgica 1908-99. — Deutschland 1912. — Aurara 1915-16.
— Endeavour 1915-16.*

Фиг. 235. Дрейфы бутылок и судов в антарктических водах.

Belgica была сперва унесена льдами къ западу, а потомъ къ сѣверу; дѣй французскія экспедиціи Шарко (въ 1903—1906 и 1908—1910 гг.) также испытывали въ южномъ Тихомъ ок. ближе къ полярному материку—сѣверное теченіе, а дальше отъ него NE теченіе. Въ южномъ Индійскомъ ок. экспедиціи *Challenger*'а и *Gauss*'а также нашли въ 60°-хъ широтахъ существованіе теченія, идущаго къ NE. Возникновеніе антарктическихъ теченій, весьма вѣроятно, обусловлено тавніемъ льдовъ (см. схему фиг. 238).

На той же картѣ (фиг. 236) показаны и дрейфы бутылокъ, изъ коихъ нѣкоторые отличаются громаднымъ продолженіемъ. Такъ бутылка № 2, брошенная около берега Патагоніи 16-го Дек. 1900 г., была найдена на западномъ берегу сѣвернаго острова Новой Зеландіи 9-го Іюня

1904 г., т.-е. спустя 1.271 день. Ея приблизительный путь составляет около 10.700 м.м. (кругло 20.000 к.), откуда средняя скорость получается около 8,5 м.м. (16 к.). Бутылки № 3, 4, 6, 7 отъ м. Горна и Патагоніи были привесены къ берегамъ южной Австраліи. Бутылка 9-я, брошенная въ тѣхъ же широтахъ въ Атлантическомъ ок. около 38° меридіана, найдена на сѣверномъ берегу Бассова пр.; а бутылка № 1 — на юго-зап. берегу Австраліи. Бутылки, брошенные въ полосѣ между 40° и 50° ю. ш. въ Индійскомъ ок. (31, 17, 45), найдены или на Новой Зеландіи или на о-вѣ Чатамъ (45-я). Бутылка, брошенная въ Тихомъ ок. (25 и 38), найдены на берегахъ Чили, а бутылка 43-я обогнула м. Горнъ и найдена на Фолклендскихъ о-хъ. Были случаи находженія предметовъ и въ открытомъ морѣ; такъ, боченокъ съ взорваніемъ съ китобоя *Ely* въ 1859 г. съ о-ва Герда, къ югу отъ о-ва Кергеленъ, черезъ два года былъ выловленъ въ морѣ къ востоку отъ этихъ о-въ другимъ китобоемъ, при чемъ за 510 дней плаванія боченокъ прошелъ путь около 4.400 м.м. (кругло 8.100 к.) со среднею скоростью 8,5 м.м. Скорость теченія, получаемая изъ данныхъ о плаваніяхъ бутылокъ, всегда нѣсколько меньше, нежели изъ непосредственныхъ судовыхъ опредѣленій, но это и должно быть, такъ какъ остается неизвѣстнымъ, сколько времени эти предметы пролежали на берегу, пока ихъ нашли. Да и въ открытомъ морѣ противное волненіе и вѣтеръ, возбуждавшіе хотя и временное, но противное теченіе, что бывастъ нерѣдко въ океанѣ, должны задерживать плаваніе предметовъ, и слѣдовательно, выведенныя такимъ образомъ скорости теченія будутъ получаться меньше среднихъ скоростей, выводимыхъ изъ судовыхъ опредѣленій. Послѣднія даютъ 12—18 м.м. для разныхъ частей этого громаднѣйшаго кольца теченій Мирового океана.

Глубоководныя теченія во всѣхъ трехъ океанахъ и вертикальный круговоротъ воды въ каждомъ изъ нихъ. — Картина поверхностныхъ теченій океановъ есть только часть движеній океаническихъ водъ, захватывающихъ болѣе или менѣе только верхніе слои. Несомнѣнно, что существованіе теченій въ верхнихъ слояхъ океановъ должно служить одною изъ причинъ возникновенія движеній и на ихъ глубинахъ. При разсмотрѣніи теченій отдѣльныхъ океановъ были уже отмѣчены случаи существованія теченій на значительныхъ глубинахъ.

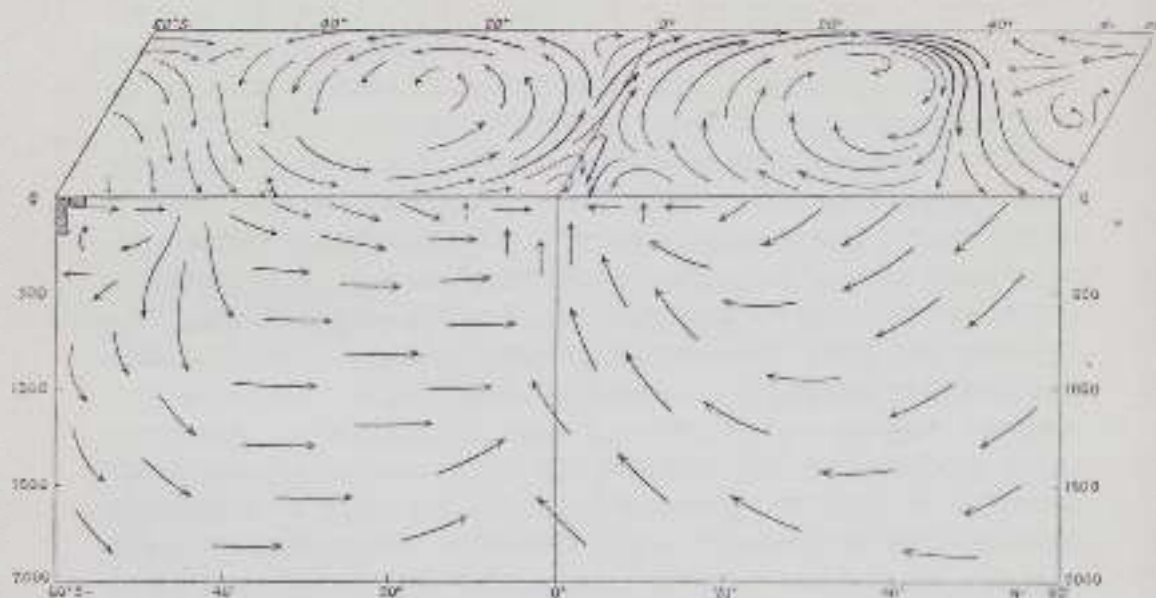
Для сужденія объ этихъ глубоководныхъ движеніяхъ воды въ океанахъ пока еще не имѣется прямыхъ наблюденій, и приходится основываться на косвенныхъ указаніяхъ, главнымъ образомъ на распредѣленіи на глубинахъ температуры, солености, плотности и газовъ.

Наибольшее количество данныхъ имѣется, какъ и въ другихъ отношеніяхъ, для Атлантическаго ок. Выше, въ главахъ о солености и о температурахъ, были помѣщены продольные меридіанальныя разрѣзы, показывающіе распредѣленіе этихъ элементовъ, а также и плотности на глубинахъ въ разныхъ широтахъ (см. фиг. 44—стр. 103; фиг. 45—стр. 105; фиг. 46 и 47—стр. 111; фиг. 58—стр. 146; фиг. 65—стр. 165). При описаніи этихъ разрѣзовъ были сдѣланы указанія на существованіе круговорота въ вертикальномъ направленіи въ Атлантическомъ ок. Дѣйствительно на разрѣзахъ, показывающихъ распредѣленіе солености и особенно плотности (фиг. 45—стр. 105) и температуры (фиг. 58—стр. 146), видно, что около экватора эти системы линий поднимаются къ поверхности, а въ широтахъ 20°—40° опускаются, указывая тѣмъ самымъ на существованіе восходящаго движенія воды въ экваторіальной области и нисходящаго въ умѣренныхъ поясахъ.

Наблюденія надъ распредѣленіемъ газовъ на глубинахъ вполне подтверждаютъ существованіе подобныхъ вертикальныхъ движеній (фиг. 58—стр. 146 и фиг. 65—стр. 165). Недостатокъ кислорода на глубинахъ 200—800 м. въ тропическихъ широтахъ и избытокъ его на тѣхъ же глубинахъ въ 40°—50° ш. показываетъ, что въ тропикахъ поднимаются воды, долго не бывшія въ соприкосновеніи съ воздухомъ и потому обдѣлившія кислородомъ, израсходовавшимся на окисленіе и поддержаніе жизни на глубинахъ.

На стр. 165 была приведена схема (фиг. 66) вертикальнаго круговорота воды въ Атлантическомъ ок. согласно современнымъ воззрѣніямъ на этотъ вопросъ, здѣсь же помѣщена еще другая подобная схема для Атлантическаго ок.; она рисуетъ совместно схему поверхностнаго круговорота теченій и вертикальнаго объѣма воды (фиг. 237, стр. 556). На этой схемѣ видно соотношеніе, существующее между этими двумя движеніями воды въ океанѣ.

Если разсмотрѣть разрѣзы, показывающіе распредѣленіе температуры на глубинахъ вдоль меридіана въ Индійскомъ ок. (фиг. 59—стр. 147) и въ Тихомъ ок. (фиг. 60—стр. 148), то и тамъ вертикальное распредѣленіе температуры будетъ такое же, какъ и въ Атлантическомъ ок.



Фиг. 227. Схема поверхностной и глубинной циркуляций воды в океанах.

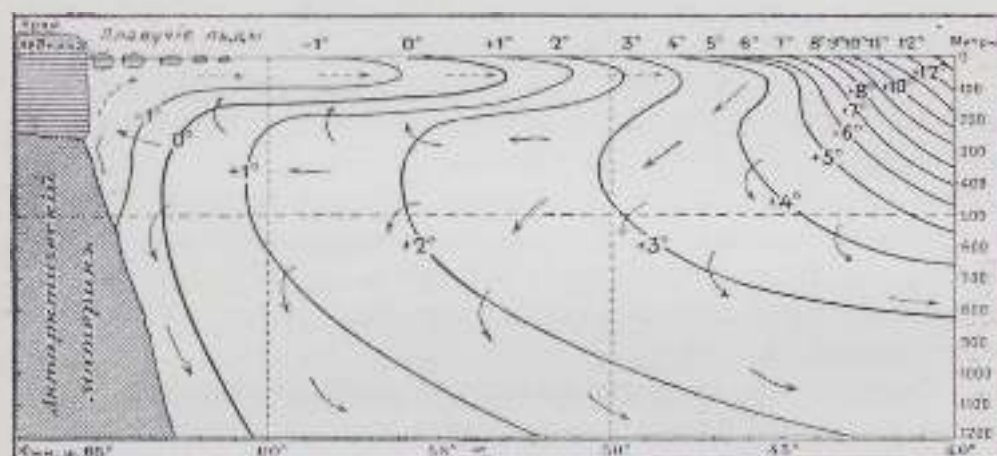
скомъ; въ тропическомъ поясъ этихъ океановъ наблюдается тоже сближеніе изотермобатъ (въ Тихомъ ок. около 10° с. ш., гдѣ находится наиболѣе теплая область, см. стр. 161) и выгибъ вхъ внизъ въ широтахъ 20° — 40° . Въ связи о солености не были приведены разрѣзы для солености и плотности въ Индійскомъ ок. и Тихомъ ок., такъ какъ для общаго представленія о распредѣленіи этихъ элементовъ достаточно было примѣра Атлантическаго ок. Однако, если бы рассмотреть здѣсь данныя такихъ разрѣзовъ также и для Индійскаго и Тихаго ок., то выводы получились бы тѣ же самыя, какъ и на основаніи рассмотрѣнія только однихъ разрѣзовъ для температуры.

Такимъ образомъ и въ этихъ океанахъ, основываясь на распредѣленіи въ нихъ температуръ на глубинахъ, надо ожидать существованія такихъ же вертикальныхъ движеній, какъ и въ Атлантическомъ, т.-е. поднятія болѣе холодной воды съ глубинъ въ поясахъ наибольшаго нагреванія на поверхности и опусканія теплыхъ и соленыхъ водъ на сѣверныхъ и южныхъ окраинахъ умеренныхъ поясовъ.

Необходимо здѣсь отметить, что все упомянутое выше движеніе частицъ воды, конечно, не происходитъ по прямой линіи и даже не по плоской кривой. По поверхнѣ, частица, удаляясь восточнѣ или западнѣ, опускается или поднимается не вертикально, а

вдоль соответствующей поверхности равных ей изотерм; а во вторых, частица, падающая в плоскости южного-либо северного, под влиянием вращения земли, совершает свой путь по спиралиобразной кривой, увеличивая все время ее южную популяцию азимута, а в сферичности криво, безразлично, движется ли она по горизонтальному или по вертикальному направлению. Все это, конечно, весьма уложивается общую картину вертикального круговорота воды в океанах, и при рассматривании схемы его на чертёж (фиг. 237) это обстоятельство надо принимать во внимание.

Указания выше разрывы для всех трех океанов показывают распределение температур на глубинах только между 50° ю. и 60° с. широты; на приложенной же здесь схеме изображено в упрощенном виде распределение температур на глубинах в более значительных южных широтах, начиная от материкового склона Антарктического материка. На этой схеме (фиг. 238) видно, что по мере перехода к боль-



Фиг. 238. Схема вертикального движения воды в южных широтах.

шине южных широты изотермобаты получают двойной изгиб; в приповерхностных слоях (0—200 м.) вершины изгибов направлены к северу, а в слоях, лежащих ниже, они направлены к югу. По мере увеличения глубины и удаления от Антарктического материка изотермобаты становятся более пологими, приближаясь к тому почти горизонтальному положению, какое они занимают везде в океанах на глубинах в 3.000—4.000 м. между границами уфреенных водосов (см. стр. 159). Тут же стрелками показаны предполагаемые направления течений холодных вод (пунктирные стрелки) и теплых (сплошные

стрѣлки). Теплыя и болѣе соленыя, а потому и болѣе плотныя воды, приносимыя поверхностными теченіями изъ тропическихъ и умѣренныхъ широтъ (вѣтвями Бразильскаго, Гольмбга, Восточно-австралійскаго теченій), встрѣчаясь съ холодными и болѣе легкими антарктическими потоками, несущими льды, опускаются и двигаются далѣе къ югу уже подъ ними (см. стр. 152—158). Такимъ путемъ тяжелыя теплыя воды изъ умѣренныхъ поясовъ постепенно достигаютъ окраины Антарктическаго материка и той полосы льдовъ, которая окаймляетъ его. Въ антарктической области океановъ эти теплыя воды, касаясь нижней окраины плавающихъ льдовъ, а также и ледниковъ, спускающихся съ южныхъ земель, обуславливаютъ таяніе льдовъ. При этомъ происходитъ охлажденіе воды, часть ея достигаетъ температуръ ниже нуля и опускается на большія глубины, давая тамъ начало придонному слою воды съ температурою ниже нуля и отъ 0° до $+1^{\circ}$, который окаймляетъ весь Антарктическій материкъ (см. карту придонныхъ т., фиг. 61, стр. 149).

Главнѣе мѣсто въ океанѣ, гдѣ поверхностные слои, охладившись, особенно зимою, до температуръ около $+1^{\circ}$, $+2^{\circ}$ и насытившись при этой температурѣ кислородомъ (см. стр. 109—110), начинаютъ опускаться на глубину, лежатъ въ южномъ полушаріи; это есть полоса, прилегающая къ полярной окраинѣ кольца *Восточнаго* теченія южныхъ широтъ, т. е. приблизительно около 50° — 55° ю. ш. *). Эти широты въ то же время приблизительно служатъ и границею распространенія придонныхъ льдовъ.

Такимъ путемъ создаются въ южныхъ частяхъ всѣхъ трехъ океановъ благоприятныя условія для образованія мощнаго слоя воды низкой температуры (отъ 0° до $+3^{\circ}$), который отъ два до глубинъ въ 2.000—1.500 м. отъ поверхности медленно распространяется съ юга на сѣверъ въ южныхъ частяхъ океановъ. Чѣмъ далѣе на югъ успѣють проникнуть воды, идущія въ верхнихъ слояхъ отъ тропиковъ, тѣмъ болѣе онѣ охлаждаются, и потому при опусканіи смогутъ достигнуть большихъ глубинъ. Отъ того придонные слои большихъ глубинъ въ южныхъ частяхъ океановъ и обладаютъ температурами ниже 0° и отъ 0° до $+1^{\circ}$, при чемъ въ южномъ Атлантическомъ ок., въ его американской котловинѣ, такіе

*) Въ одной изъ послѣднихъ своихъ работъ о происхожденіи холодной воды большихъ глубинъ Вансбелъ высказываетъ такой же взглядъ и по отношенію къ сѣв. Атлантическому ок.; т. е. онъ предполагаетъ, что и тамъ охлажденіе воды на поверхности имѣетъ въ широтахъ 50° — 60° есть источникомъ холодной воды на глубинахъ.

холодные воды достигают до экватора, а въ Индйскомъ ок. до 20° и даже 10° ю. ш. (у Австраліи, см. фиг. 61, стр. 149).

Сѣверная части Атлантическаго и Тихаго ок. и на большихъ глубинахъ и въ придонномъ слое въ одинаковыхъ широтахъ на одинаковыхъ глубинахъ теплѣе, нежели южная. Такое явленіе обуславливается, конечно, вліяніемъ рельефа. На сѣверѣ глубокія части Атлантическаго и Тихаго океановъ (см. фиг. 16, стр. 34—35) совершенно отдѣлены отъ подырныхъ водъ подъемами дна въ Дэвисовомъ пр., между Гренландіей и Биронію и въ Беринговомъ пр. На югѣ же ничего подобнаго нѣтъ, здѣсь большія глубины, до 4.000 м., мѣстами очень близко подходят къ самой окраинѣ Антарктическаго материка въ широтахъ 70° — 65° ю.

Отсюда слѣдуетъ заключеніе, что главнымъ источникомъ холодной воды на большихъ глубинахъ являются антарктическія области океановъ.

Значеніе вліянія рельефа дна на распрежденіе придонныхъ температуръ еще подтверждается слѣдующими примѣрами.

Восточная, африканская, котловина южнаго Атлантическаго ок., отдѣленная подъемами дна отъ лежащихъ рядомъ съ югу большихъ глубинъ, наполненныхъ холодною водою до дна, отличается и болѣе высокими придонными температурами $+2$, $+3^{\circ}$. Въ юга, отдѣленные поросами отъ рядомъ лежащихъ глубинъ, какъ извѣстно, на своихъ глубинахъ обладаютъ всегда болѣе высокими температурами, нежели близлежащая части океановъ.

Совокупность всѣхъ этихъ данныхъ еще разъ подтверждаетъ заключеніе, что источникомъ холодныхъ водъ на днѣ и на среднихъ глубинахъ океановъ является южное приполярное пространство Мирового океана.

Какъ выше (стр. 440) было указано, послѣднія изслѣдованія о распространеніи современныхъ глубоководныхъ антарктическихъ криноидъ, живущихъ прикрѣпленными къ дну, показали, что эти животныя несомнѣнно распространялись и распространяются съ юга на сѣверъ въ Тихомъ ок. *). Это наблюденіе косвеннымъ путемъ указываетъ на медленное движеніе водъ въ этихъ слояхъ изъ антарктическихъ широтъ на сѣверъ.

О скорости этихъ глубоководныхъ теченій уже говорено выше (стр. 166), гдѣ и было указано, что всѣ попытки вычисленій ея приводятъ къ очень незначительнымъ величинамъ, — нѣсколькимъ сотымъ миллиметра въ секунду.

*) Криноиды постепенно уменьшаются числомъ по мѣрѣ, какъ мѣста наблюденій идутъ съ юга на сѣверъ.

Итак*), все совокупность существующихъ свѣдѣній приводитъ къ выводу, что южное приполярное пространство Мирового океана есть именно та область земного шара, гдѣ главнымъ образомъ она теряетъ свое тепло лучеиспусканіемъ въ небесное пространство. Въ эти широты океаническія теченія приносятъ тепло, задержанное водою, образующею ихъ, въ тропическомъ поясѣ; эти воды теряютъ здѣсь свое тепло лучеиспусканіемъ черезъ атмосферу, становятся тяжелѣе и, опускаясь въ придонные слои, медленно, ползучимъ движеніемъ, распространяются къ экватору.

На сушѣ не можетъ существовать такого переноса тепла изъ тропической полосы въ полярныя области. Воздушныя теченія далеко не обладаютъ необходимою для того большою теплоемкостью, какою отличается вода. Кромѣ того, на сушѣ въ большихъ широтахъ зимою все покрыто снѣгомъ, уменьшающимъ потерю тепла лучеиспусканіемъ въ небесное пространство. Полярныя моря сѣвернаго полушарія изобилуютъ льдами, на поверхности коихъ опять-таки лежитъ зимою снѣгъ. Южныя же приполярныя части океановъ не имѣютъ такого сплошного ледяного покрова, какъ сѣверныя, и онѣ уже въ широтахъ 50° — 60° сильно охлаждаются.

Геологическое изученіе прошлаго земного шара и тѣхъ состояній, какія онѣ претерпѣли въ предшествовавшія геологическія эпохи, приводитъ къ заключенію, что температура во всей толщѣ Мирового океана въ тѣ отдаленныя времена должна была быть значительно выше. Слѣдовательно, необходимо было очень большой промежутокъ времени, чтобы воды Мирового океана охладились до своего современнаго состоянія. Въ настоящее время вся толща водъ въ океанахъ въ тропическомъ поясѣ между 20° с. и 20° ю. ш., отъ дна до поверхности, имѣетъ въ среднемъ температуру всего около 4° , и это несмотря на большія температуры воды на поверхности въ этихъ широтахъ.

*) Мысли, здѣсь изложенныя, принадлежатъ недавно скончавшемуся, замѣчательному русскому географу А. Н. Воейкову. Онѣ были имъ высказаны еще въ 1888 г., немедленно послѣ появленія перваго изданія атласа Атлант. ок. Гамбургской Морской Обсерваторіи въ 1882 г., заключающаго карты распрежденія температуръ воды для поверхности, для дна и, главное, для промежуточныхъ глубинъ 800—1.200 м. Последнее и дало возможность А. Н. Воейкову обосновать свои замѣчательныя предположенія, имѣя первый изъ географовъ указать на южное полярное происхожденіе холодной воды большихъ глубинъ въ океанахъ. Всѣ матеріалы и изслѣдованія, собранныя и произведенныя съ тѣхъ поръ, еще болѣе подтвердили правоту мнѣній А. Н. Воейкова, но первому намѣсту талантливо указаннаго сущности явленія.

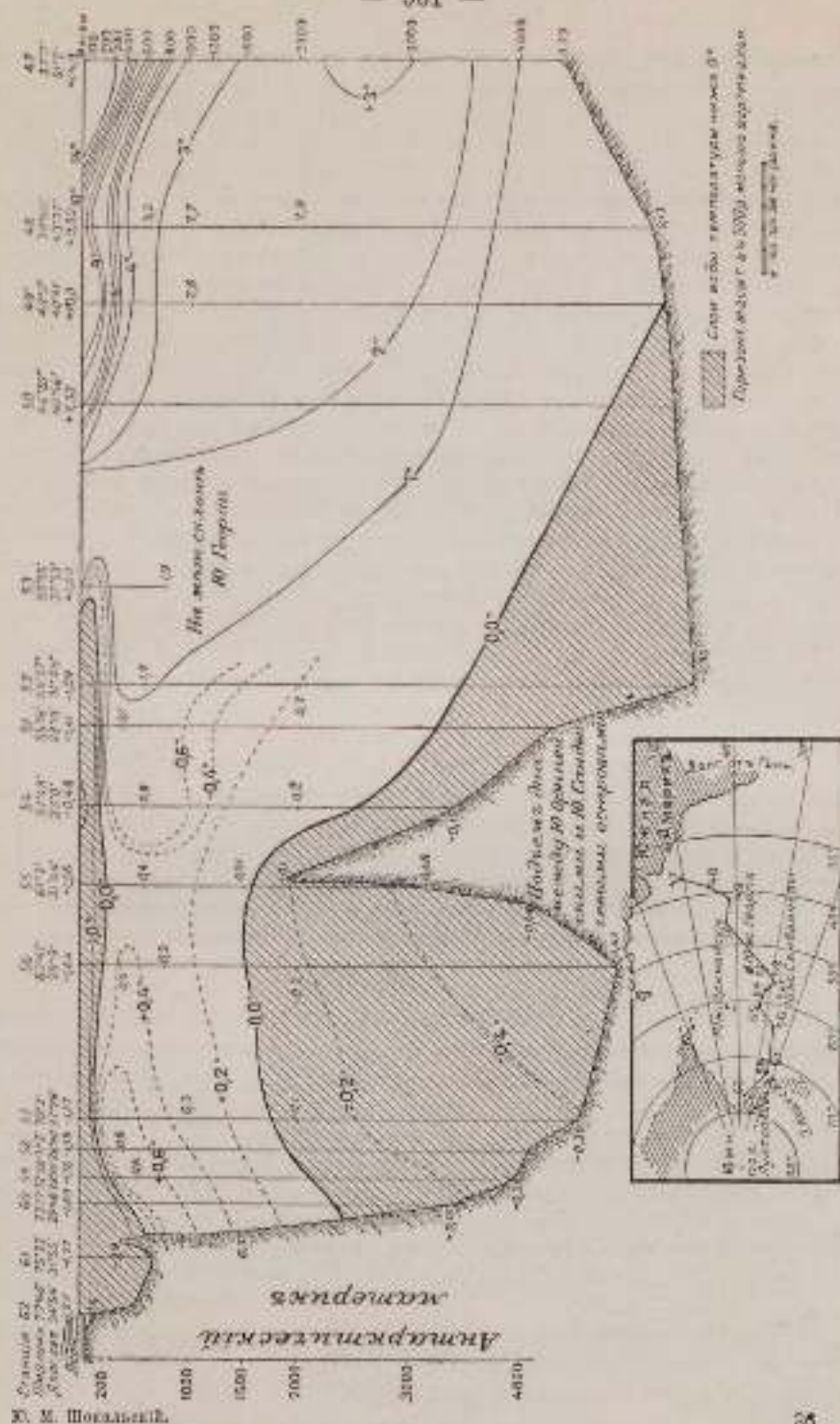


Fig. 336. Местонахождение изредченных участков в пределах изучаемого объекта.

Выше (Фиг. 238, стр. 557) было приведено «исключительный разрыв» распределения температуры на глубинах в южных частях океана. Для подтверждения этой схемы, составленной Крюжелем, здесь приводится дополнительный меридиональный разрыв в южном Атлантике от южн. полушария, полученный из трудов последней германской антарктической экспедиции на *Deutschland* в 1911—1912 гг. Экспедиция своего времени на, конечно, изобладала южного материала, не могла выработать, по не пути из Антарктики, южной материк и обратно, произвести ряд океанографических работ современными способами. Пока опубликованы только предварительные результаты и, между прочим, один океанографический разрыв от берега южного Полярного материка до 37° ю. ш. с указанием вертикального распределения температуры. Этот разрыв *) и дан здесь (Фиг. 239); он, как видно на приложенной к разрыву картонке, начинается у южной оконечности южной части берега **) Антарктики из Атлантике южн. ш. параллели 77°40' ю. ш. и идет почти по меридиану до южн. Южины Георга, откуда разрыв уклоняется к западу до параллели южн. р. Ланзетти. На всем протяжении разрыв идет по глубинной части океана, пролегли между южн. Южины и южн. Сандвичевыми, где он переходит через глубины дна до 1.000 м.; на этой глубине дна не идет на восток далее Шетландовых о-вов, и потому глубинной части океана, лежащая из югу и к северу от южн. островов, свободно сообщалась между собой. В том месте, где экспедиция достигла берега Антарктики, южной (Южины пр. Лундсбурга) принимается почти южное направление, а севернее Южины ему, на западе, идет окраина ледяного барьера такого же характера, как и ледяной барьер Раса около Земли Виктории (см. стр. 203).

Все пространство океана из югу и юго-западу от 53° ю. ш. оказалось сравнительно ровным (меньше 1.000 м. и даже меньше 700 м.), на северной окраине этого южного моря существует поднятие дна, достигающее до 400 м.; это поднятие дна отделяет южное море от глубокого океана, который находится к северу у южного берега Земли Кокса (74°—74° ю. ш.) имеет глубины из 2.000 м., а южного дна от материка и из 4.000—5.000 м. На разрыве (Фиг. 239) эти особенности подводного рельефа ясны. Благодаря вертикальному срезу есть место станции с разными глубинами в разных глубинах, номера станций показаны сверху, а также и на картонке снизу, где видно географическое расположение разрыва; цифры на вертикальных срезах суть температуры.

Во всем верхнем слое на разрыве изотермобаты очень крутые; здесь из поверхности на протяжении 10° широты температура падает от 14° до 4°, быстро уменьшаясь из югу. Изотермобата 3° уже отодвинута от поверхности, а 2° опускается до 3.500 м., указывая тем самым на громадный объем холодной воды, которая здесь уже проникла к поверхности на столь большие глубины. На станции 53 (53°35' ю. ш.) встречается уже двойной слой изотермобаты +1° и другая температура, она предвещает быть значителен до станции 55, захватывая слой до 1.000 м. толщиной. Под этим слоем изотермобаты показывают постепенно поднимаются к северу, тем самым указывая, что на больших глубинах наклоненная вода переобращается к северу.

На станции 55 встречается перерыв между изотермобатами +0°, потому что этого наблюдения лежит над подводным хребтом, соединяющим Южины и Сандвичевы о-ва; поднятие дна и поэтому здесь поднимается слой холодной воды, вызывая тем самым некоторое охлаждение слоев, лежащих и выше. Правда эту преграду, слой холодной воды снова возобновляется на разрыве на глубинах между 700—1.500 м., доказывая тем, что,

*) Разрыв составлен океанографом экспедиции В. Брениске; здесь он несколько переработан и к нему добавлена карта пути корабля.

**) Этот берег был открыт экспедицией.

если бы разрыв проходил к востоку от Сандвичевых о-вов, т.е. шел бы все время во глубочайшему жару, то такой типовой утончения теплого промежуточного слоя не наблюдалось бы. Все это убеждает нас тем, что теплая, тяжелая вода промежуточного слоя действительно непосредственно до самого Антарктического материка, при чем в Атлантике слой ок. 600 м. толщи, начиная от 53° ш. ш. до 77° ш. ш., под слоем западных экваторных вод. Последний, как видно на чертеж, от берега материка распространяется тонким слоем (200—250 м.) к северу, отличается при этом очень низкой температурой ($-1^{\circ},9$ до $-1^{\circ},95$ °).

Относительно малое море, прилегающее к ледному барьеру у южной Лунтшолда, как видно на разрыве, заполнено до дна водой с температурой от $-1^{\circ},27$ до $-1^{\circ},95$. Поверх дна на северной окраине этого моря, сопоставляя, не допускает эту холодную воду спускаться в большие глубины, лежащие рядом. В глубокой части океана со другой стороны этого поднятия дна находится только охлажденная вода, проникающая в теплого промежуточного слоя. Последний, обладающий большей соленостью, нежели холодная поверхностная вода, теснее их, но из-за того все же простирается ниже экваторных, более холодных слоев. От соотношения с верхней и нижней стороны теплого промежуточного слоя (600—1.700 м.) с холодными водами, лежащими выше и ниже его, происходит охлаждение этой воды, и она, становясь тяжелее, постепенно опускается в придонное пространство, образуя там начало слоя большой мощности и плотности с температурой ниже нуля (0° до $-0^{\circ},5$). Эта холодная вода, как видно на разрыве, доходит по дну далеко к северу, до 42° ш. ш.

Таким образом разрезный гидрологический разрыв ** (фиг. 239), основанный на наблюдениях, вполне подтверждает картину распределения температур на глубинах в больших южных широтах, изображенную схематически на чертеж (фиг. 228).

Заканчивая вышеприведенным, прикирком очерком поверхностного и глубоководного круговорота воды в океанах, необходимо указать еще на следующее.

Все то, что известно нам о круговороте воды на приповерхностных слоях и на больших глубинах, показывает, что скорости движений в этих двух родах океанических круговоротов совершенно различного порядка. Скорости поверхностных течений во много раз больше скоростей движений воды на промежуточных и придонных глубинах в океанах. Очевидно, должно существовать тесное соотношение

*). Столь низкая температура во всей толще поверхностного слоя объясняется образованием льда зимой. При этом поверхностная вода становится тяжелее и обуславливают из этого слой конвекционных движений, несущих на глубину воду, близкая к температурой замерзания. Излом на поверхностный слой, нагреваемый, добавляет ледяно, и конвекции не останавливается вовсе, солнечное тепло расходуется на таяние льдов, и протирание нижних слоев может происходить только теплопроводностью и теплопрозрачностью.

**). На чертеж (фиг. 239) не вынесены все приближенные температуры, а только некоторые, чтобы не загромождать рисунка.

между количествами воды, доставляемых поверхностными течениями въ большія широты океановъ, количествомъ воды, уносимыхъ оттуда поверхностнымъ движеніемъ, и количествомъ воды, медленно двигающихся на глубинахъ изъ приполярныхъ и полярныхъ широтъ къ тропическому поясу.

При современномъ состояніи океанографіи остаются еще совершенно неизвѣстными тѣ количества воды (расходы воды), какія несутся каждымъ поверхностнымъ теченіемъ, и тѣмъ болѣе неизвѣстны количества воды, участвующія въ глубоководныхъ движеніяхъ водъ въ океанахъ. Слѣдовательно, пока совершенно невозможно установить, въ какой мѣрѣ выполняется соотношеніе между количествами воды, участвующими въ трехъ только-что указанныхъ движеніяхъ океаническихъ водъ.

Медленность глубоководныхъ движеній вмѣстѣ съ громаднымъ поперечнымъ сѣченіемъ ихъ, сравнительно съ таковымъ же въ поверхностныхъ теченіяхъ, показываетъ, что какъ будто существуетъ нѣкоторое соотношеніе между количествами воды, участвующими въ тѣхъ и другихъ движеніяхъ. Но теперь совершенно нельзя судить, установилось ли полное равновѣсіе между всѣми этими движеніями или нѣтъ.

Возможно, что значительность объемовъ холодныхъ полярныхъ теченій Восточно-Гренландскаго и Лабрадорскаго тѣчей и обусловлена отсутствіемъ глубоководнаго обмѣна водъ между Сѣвернымъ Полярнымъ моремъ и сѣвернымъ Атлантическимъ океаномъ, представляющимъ почти единственное сообщеніе этого моря съ Мировымъ океаномъ.

Такимъ образомъ океанографія, устанавливая, что потеря тепла въ океанахъ въ небесное пространство происходитъ главнымъ образомъ черезъ жидкія приполярныя широты, пока не можетъ отвѣтить на слѣдующій вопросъ: продолжаетъ ли земля этимъ путемъ терять свое внутреннее тепло, или уже установилось полное равновѣсіе между приходомъ тепла въ тропическихъ широтахъ океановъ и расходомъ его въ полярныхъ и приполярныхъ областяхъ.

Il suffit d'ouvrir les yeux pour voir que les conceptions de l'industrie, qui ont enrichi tant d'hommes pratiques n'auraient jamais vu le jour, si ces hommes pratiques avaient seuls existé, et s'ils n'avaient été devancés par des fées démentées qui sont mort poveres, qui ne pouvaient jamais à l'utile, et qui pourtant avaient un autre guide que leur caprice.

„Science et Méthode“, 7. 8;

par H. Poincaré.

ПОСЛѢСЛОВІЕ.

„Не существуетъ границъ ни съ одной стороны во истинной,
Такой какъ въ призывахъ а какъ въ мѣсто должно заключаться.
Вѣрно, стоящее какъ вода, никакъ ни не можетъ представлять,
Если въ ней мѣсто ничто, что не составляетъ границы,
Далше которыхъ она недоступна природному творству.
Но допустить какъ восточной несли была бытъ никакъ,
А потому у насъ не конца, ни разбросанъ“.

Дукрецій „О природе вещей“. Книга 8-я, глава 702-3.
(Переводъ Н. Рачинскаго, 1913 г.).

Природа едина, безпредѣльна и безконечно разнообразна, а люди со всѣми ихъ знаніями конечны и потому далеко не всеобъемлющи. Вотъ причина, почему изученіе природы раздѣляется на многія отрасли знаній, постепенно разрастающіяся по мѣрѣ расширенія области, охватываемой человѣческимъ разумомъ, при изслѣдованіи природы. По мѣрѣ накопленія свѣдѣній сперва постепенно подготавливается, а потомъ въ короткий промежутокъ времени какъ бы внезапно вырастаютъ новый отдѣлъ знаній, новая наука, занимающая свое мѣсто въ ряду другихъ, образовавшихся ранѣе. При чемъ это мѣсто оказывается какъ бы нарочно для нея приготовленнымъ и ее ожидавшимъ; она какъ разъ заполняетъ ту пустоту, которую передъ тѣмъ только-что начали замѣчать и ощущать; она помогаетъ пониманію цѣлаго ряда явленій въ родственныхъ ей отдѣлахъ знаній, остававшихся до тѣхъ поръ не ясными. Такимъ образомъ новая отрасль наукъ образуетъ изъ совокупности съ ранѣе существовавшими стройное цѣлое, развивающееся далѣе, пока изученіе и накопленіе свѣдѣній не откроетъ передъ людьми возможности снова подѣлать новые пробѣлы въ созданной ими системѣ знаній, стремящейся къ постиженію природы.

Такъ и океанографія, постепенно накапливая свой матеріалъ въ теченіе столѣтій, но образовавшаяся окончательно только въ XIX ст., быстро заняла въ наукѣ соответственное мѣсто и въ короткое время своего су-

ществованія успѣла уже доказать все свое громадное значеніе въ дѣлѣ изученія земной природы и всю важность ея приложений для экономическихъ условий жизни людей.

И то и другое непосредственно слѣдуетъ изъ распредѣленія суши и воды на землѣ. Суша, на которой живетъ человѣческій родъ, невольно привлекала всегда главнымъ образомъ умъ человѣка и составляла главный предметъ его изученія. Между тѣмъ суша занимаетъ всего 28% земной поверхности, и безъ океана ничто не могло бы на ней существовать; только воды океана, вѣспарась, даютъ матеріалъ для атмосферныхъ осадковъ, обуславливающихъ существованіе растительности на землѣ. Эта же послѣдняя даетъ въ свою очередь начало всей остальной органической жизни.

Мировой океанъ, охватывающій 72% земной поверхности, оказываетъ очень разнообразное и сильное вліяніе на атмосферу всего земного шара. Распредѣленіе суши и воды на землѣ обуславливаетъ и распредѣленіе температуры въ нижнемъ слое воздуха, а также оказываетъ преобладающее вліяніе на распредѣленіе давленія атмосферы. Это послѣднее управляетъ вѣтрами, движенія же воздуха тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ движеніями верхнихъ слоевъ океана; и все вмѣстѣ оказываетъ громадное вліяніе на климатъ земного шара, а слѣдовательно и на производительность разныхъ странъ, поскольку это относится къ органической природѣ ихъ.

Мировой океанъ есть самый дешевый путь, могущій выдержать громаднѣйшее увеличеніе перевозокъ безъ всякаго стѣсненія ихъ. Онъ же доставляетъ лѣгчайшій богатѣйшій поприще промышленной дѣятельности большому разнообразію, и во всѣхъ этихъ способахъ использованія Мирового океана наиболѣе удобныя пути къ достиженію наилучшихъ результатовъ указываются только океанографіей.

Суша сложена, по крайней мѣрѣ въ приповерхностныхъ слояхъ, главнымъ образомъ изъ осадочныхъ породъ (около 70% поверхности суши), отложившихся на днѣ океановъ и морей въ предшествующіе періоды. Изученіе современныхъ отложений, образующихся теперь на днѣ океана, есть одинъ изъ важныхъ способовъ для пониманія условий, при которыхъ это явленіе протекаетъ теперь. Отсюда уже возможно дѣлать нѣкоторые выводы о томъ, какъ подобныя отложенія образовывались въ предшествовавшія геологическія времена.

Всѣмъ изученіе океановъ во всѣхъ отношеніяхъ весьма важно

для пониманія многихъ геологическихъ явленій, потому что историческая геологія есть въ значительной степени океанографія прошедшихъ временъ.

Разрушеніе береговъ прибоемъ или намыканіе имъ отмелей, косъ, образованіе лимановъ, дельтъ, въ стѣренныхъ широтахъ вліяніе льдовъ на разрушеніе береговъ, всѣ эти географическія явленія тѣсно связаны съ океанографіей.

Въ ботаническомъ и зоологическомъ отношеніяхъ изученіе океановъ сопровождалось очень большими результатами, особенно важными въ виду громаднаго разнообразія животной жизни въ океанѣ, во много превосходящей наземную фауну. Вотъ почему, начиная съ плаванія *Challenger'a*, зоологи очень заинтересованы въ изслѣдованіи океановъ и разомъ съ океанографами представляютъ всегда неперемѣнные участники экспедицій, изучающихъ океаны и моря.

Такимъ образомъ океанографія въ изученіи земного шара играетъ громадную роль, и результатами ея изслѣдованій пользуются многія науки; она же находитъ весьма разнообразное приложеніе въ различныхъ отрасляхъ экономической жизни людей.

Географія, а слѣдовательно всѣ ея отдѣлы и въ частности океанографія при изученіи своего предмета могутъ пользоваться почти исключительно только наблюденіями.

Опытъ, столь широко примѣняемый въ физикѣ и химіи, пока почти непримѣнимъ въ океанографіи, потому что совокупность явленій, образующая эту отрасль науки, часто не поддается расчлененію на отдѣльныя небольшія составныя части, которыя бы возможно было уединить и изслѣдовать въ лабораторіи при всякихъ напередъ заданныхъ условіяхъ.

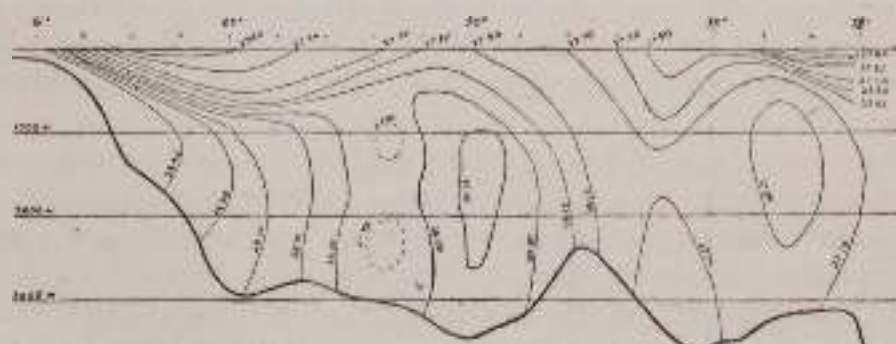
Итакъ, наблюденіе есть почти единственное оружіе океанографовъ, добывающее ей матеріалъ, изъ коего создается наука; наблюденіе же есть также единственный путь для провѣрки предположеній и теорій.

При всякаго рода наблюденіяхъ самое важное — знаніе степени точности результатовъ. Для этого необходимо тщательное изслѣдованіе инструментовъ, постоянное наблюденіе за ними, ихъ поправки и точное соблюденіе, до мелочей, установленныхъ приѣмовъ наблюденій. Когда приходится наблюдать столь небольшія измѣненія температуры, плотности, солености въ одного мѣста къ другому, какія встрѣчаются въ океанахъ, необходимо принимать всѣ возможныя предосторожности.

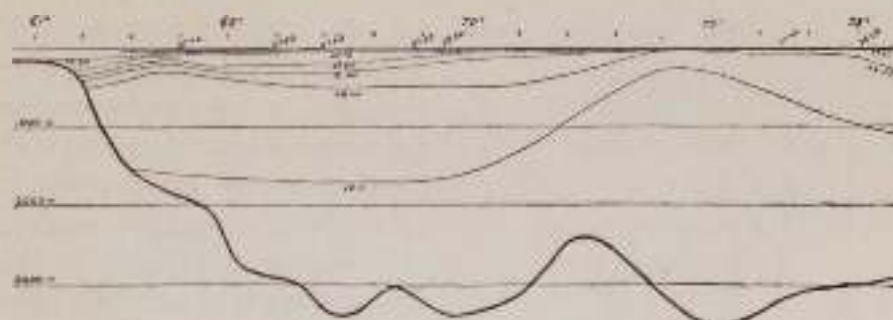
Чрезвычайно важно сопровождать свои наблюденія подробнымъ и обстоятельнымъ описаніемъ *способовъ наблюденій* и того *порядка*, которому при этомъ слѣдовали. При соблюденіи такого условія возможно бываетъ въ случаѣ какого-либо недосмотра или совершенно невольнаго промаха спасти результаты введеніемъ соответственныхъ поправокъ. Отсюда слѣдуетъ, что наблюденія непременно должны записываться въ заранее обдуманномъ порядкѣ, и, въ случаѣ замѣченныхъ въ-время описокъ, рѣшъ написанное число никакимъ образомъ не должно уничтожаться, а только слегка зачеркиваться и новое приписываться рядомъ, потому что случается, что первая запись оказывается вѣрною, а исправленная—ошибочною. Каждая цифра должна имѣть определенное объясненіе въ самомъ журналѣ работъ, чтобы потомъ, при обработкѣ, уже не было надобности искать дополнительныхъ разъясненій, которыхъ нередко бываетъ и не найти.

При быстромъ развитіи океанографіи и усовершенствованіи приемовъ и способовъ наблюденій, а также и приборовъ для нихъ, все вышесказанное получаетъ еще большее значеніе.

Насколько быстро движается океанографія, можно показать слѣдующими примѣрами. На чертежѣ (фиг. 240. Цифры вверху вдоль разрѣза 61°, 65°, 70° есть широты; а цифры 27.60 и т. д. есть плотности, это значитъ 1,02760) представленъ разрѣзъ Сѣверно-Европейскаго м. отъ Шетландскихъ о-въ по меридіану Гринвича, составленный Мономъ на основаніи изслѣдованій Норвежской Сѣверно-Атлантической экспедиціи 1876—1878 гг. на *Födringen* (см. карту II—Введеніе). На этомъ разрѣзѣ изображено распредѣленіе плотности отъ поверхности до дна. На слѣдующемъ чертежѣ (фиг. 241) вдоль того же меридіана Гринвича пред-



Фиг. 240. Плотности въ глубинахъ Сѣв. Европ. м. вдоль Гринвическ. мерид. по Моноу (1876—1878 гг.).

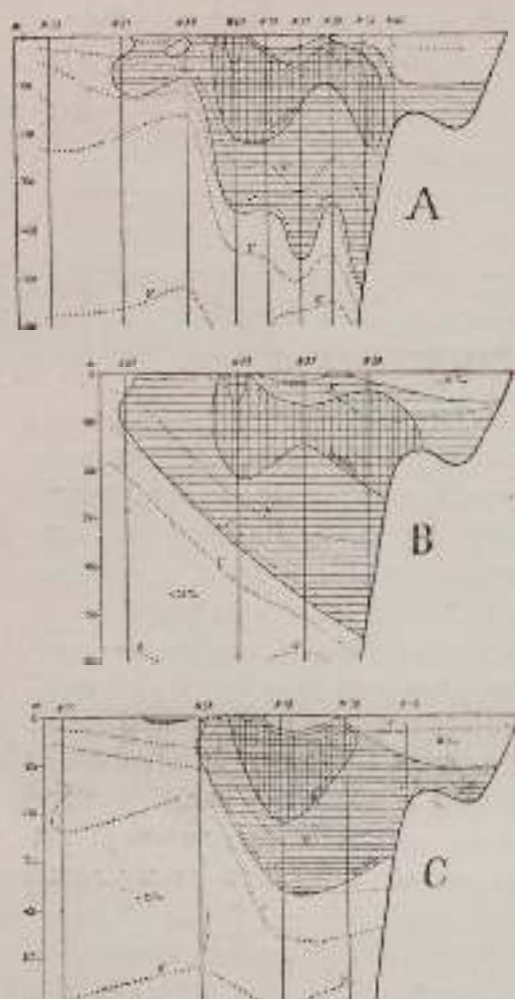


Фиг. 241. Плотность на глубинах Сев. Европ. и атл. Гринвичск. морей, по Хансону (1900—1904 гг.).

ставлено распределение плотности согласно новейшимъ наблюдениямъ 1900—1904 гг. На фиг. 240 изогипсы идутъ вертикально, при чемъ вѣрѣе болѣе плотная вода оказывается надъ болѣе легкой, почему Моонъ и заключилъ о существованіи вертикальныхъ движеній воды. Согласно же разрѣзу фиг. 241, распределение плотности совершенно правильное, наиболѣе тяжелая вода (1,02810) находится внизу, а болѣе легкая (1,02760—1,02740) вверху. На глубинахъ оказывается плотность воды чрезвычайно однообразная, если тамъ и существуютъ какія-либо разности плотностей, то онѣ меньше точности нашихъ наблюдений. А на разрѣзѣ Моона указаны такой величины разности плотностей на глубинахъ (1,02840 до 1,02795), какія не существуютъ нигдѣ въ открытомъ океанѣ. Все это произошло только влѣдствіе недостаточной точности способовъ опредѣленія плотностей, имѣвшихся въ распоряженіи ученыхъ того времени (1876—1878 гг.).

Въ тѣхъ случаяхъ, когда наблюденія производятся въ такихъ мѣстахъ океана или моря, гдѣ можно ожидать быстрыхъ измѣненій элементовъ отъ мѣста къ мѣсту *), необходимо гидрологическія станціи располагать возможно ближе, чтобы не впасть потомъ при обработкѣ въ ошибку. Нижеслѣдующій примѣръ, заимствованный у Голландца Ганзена, хорошо подтверждаетъ сказанное. На чертежѣ (фиг. 242) представленъ гидрологическій разрѣзъ Сев.-Европейскаго м., идущій перпендикулярно берегу Норвегіи, черезъ воды Норвежскаго Атлантическаго теченія (NE вѣтра Гольфстр.). На фигурѣ А помѣщены наблюденія всѣхъ девяти станцій, при чемъ разстояніе между станціями: 69—

*) Напр., въ предѣлахъ и на границахъ теченій въ открытомъ океанѣ, или въ проливахъ, во внутреннихъ моряхъ и т. п.



Фиг. 242. Гидрологический разрезъ Скаггеррака.
по м. 1904 г.

70—37—38—39—40 около 25 морск. м. Пунктирные линии суть изотермы, а сплошные—изогалины; горизонтальная штриховка есть вода солености отъ 35.00‰ до 35.20‰; штриховка накрестъ есть вода солености выше 35.20‰. На фигурѣ В все то же самое, но станціи взяты черезъ одну, и океанографическая картина получается совершенно иная, но еще несколько сходная съ фигурою А. На нижнемъ чертежѣ—С станціи взяты еще рѣже, и разрезъ даетъ уже совершенно искаженное представление о распределеніи водъ разныхъ соленостей и температуръ.

Приведенный прихѣтъ и многіе подобныя же доказываютъ, сколь важно имѣть частыя станціи для составленія возможно болѣе близкаго къ истинѣ сужденія.

Исслѣдованія послѣдняго десятилѣтія, произведенныя по почину «Международнаго Совѣта для изученія моря», повторяемыя по четыре раза въ годъ въ тѣхъ же точкахъ, показали существованіе

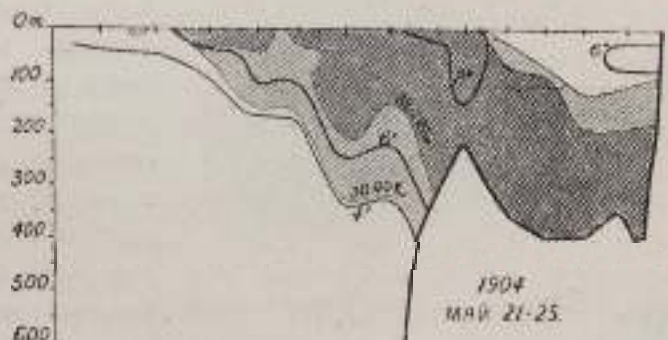
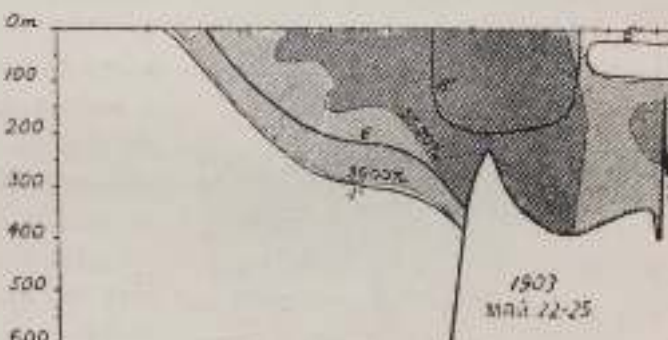
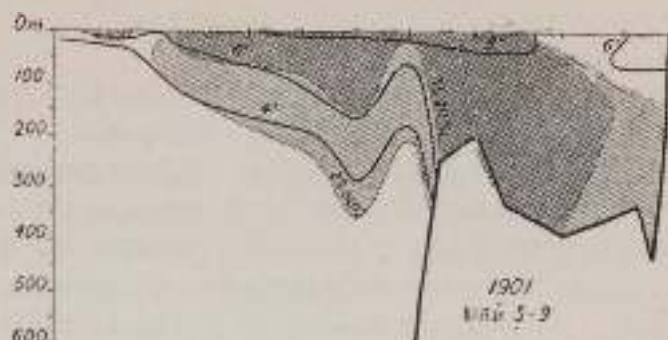
годовыхъ колебаній въ теченіяхъ, что уже подозревалось Гумбольдтомъ (см. стр. 411). Слѣзующій прихѣтъ (фиг. 243), изображающій гидрологическое сѣченіе отъ Согне-фіорда въ Норвегіи къ западу для Мая 1904—1904 гг., также подтверждаетъ сказанное. Наблюденія были сдѣланы не точно въ тѣ же числа, но близкія между собою; также и направленіе сѣченія не вполнѣ точно то же самое (что видно по рельефу дна). Принимая всѣ эти несовершенства во вниманіе, все-таки различія въ распределеніи солености и температуръ между четырьмя сѣченіями слиш-

комъ величин и не могутъ быть объяснены одними вышеуказанными условиями. Несомнѣнно мы имѣемъ здѣсь дѣло съ измѣненіями въ массѣ, солености и температурѣ Норвежскаго Атлантическаго течения (NE вѣтъ Гольфстрима), насколько оно определяется поглотителемъ 35,0 ‰. Если измѣрять на сѣченіяхъ площади, занятая водою такой солености, то получаются слѣдующія цифры.

Площади, занятыя
Водою на сѣченіяхъ водою
35,0 ‰

1901	148 кв. км.
1902	155 » »
1903	149 » »
1904	135 » »
1905	184 » »

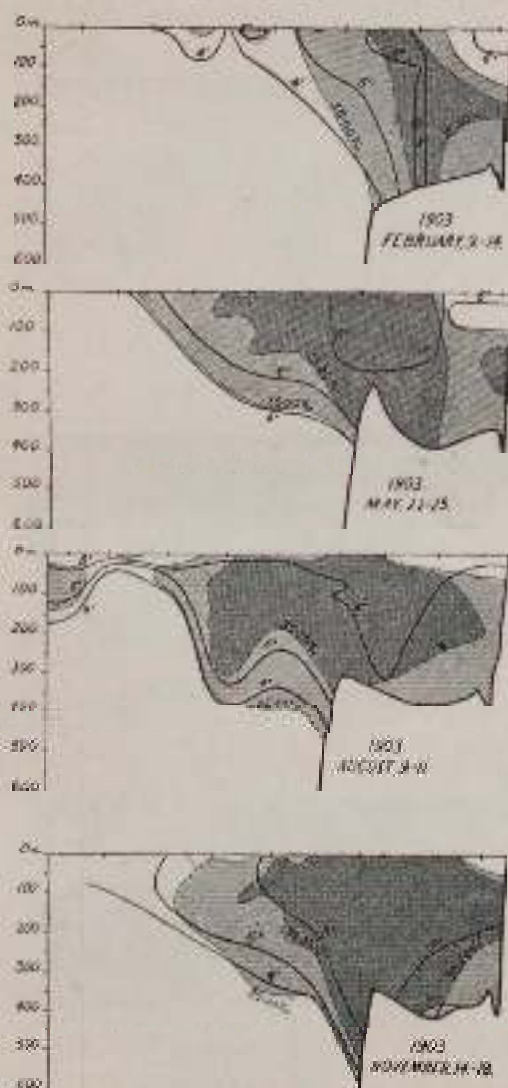
Отсюда видно, насколько значительно колеблется въ разные года масса воды, приносимая изъ Атлантическаго ок. въ Сѣверо-Европейское м. (1905 г. союза



Фиг. 113. Гидрографическія сѣченія Сѣв.-Евр. м. изъ Сѣверо-Финляндіи къ западу.

включенъ на основаніи гидрологическаго сѣченія, здѣсь не приведеннаго. Примеръ замѣтнованъ у Ф. Нансена).

На тѣхъ же сѣченіяхъ (фиг. 243) видно, что изотермобата 8° въ 1901 г. охватывала только тонкій поверхностный слой; въ этомъ году въ Маѣ нагрѣваніе сверху только-что началось. Въ 1902 г., напротивъ, на поверхности вода съ температурою въ 8° занимала мало мѣста, а на глубинахъ она распространялась до 300 м. Въ 1903 г. распредѣленіе было



Фиг. 244. Гидрологическіе разрѣзы Сомма-Флорда.

подобное 1902 г., а въ слѣдующемъ 1904 г. область воды температуры 8° и выше гораздо меньше, чѣмъ въ 1902 г., хотя сѣченіе было сдѣлано на десять дней позднеѣ. Такимъ образомъ наблюденія доказываютъ существованіе колебаній изъ года въ годъ въ одной изъ вѣтвей наиболѣе сильнаго океаническаго теченія (Гольф-стрима и Атлантическаго теченія); несомнѣнно, что подобныя же колебанія существуютъ и во всемъ теченіи, а слѣдовательно и въ обширнѣмъ круговоротѣ воды въ океанахъ. Задача будущаго изыскать.

Въ теченіе одного и того же года также существуютъ колебанія въ массѣ, температурѣ, солености и скорости теченій. Наблюденія въ Сѣверно-Европейскомъ м. и въ другихъ мѣстахъ вполне подтверждаютъ только-что сказанное. Подобныя же разрѣзы, какъ на фигурѣ 243, востроенные для Февраля, Мая, Августа и Ноября, даны на чертѣжѣ (фиг. 244, примѣръ замѣтнованъ изъ труда Нансена). Какъ видно, въ теченіе

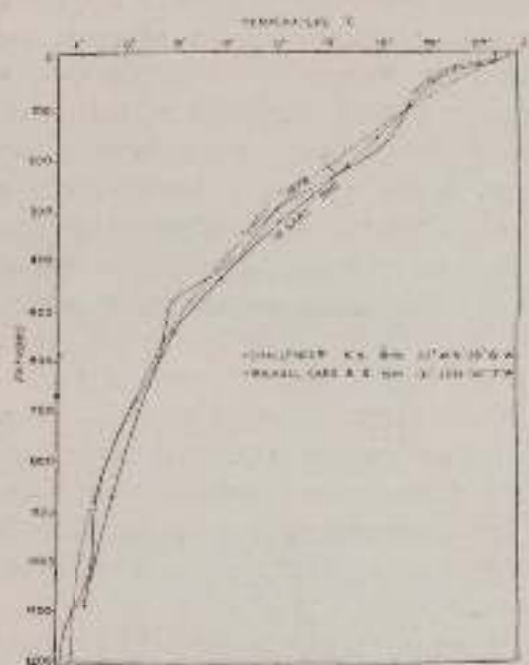
года случаются еще большія измѣненія, нежели изъ года въ годъ. Колебанія въ массѣ теченія, повидимому, подтверждаются и наблюденіями при входѣ его изъ Атлантическаго ок. (между о-ми Фарѣрскими и Шетландскими). Въ Августѣ скорость теченія больше, а весной и лѣтомъ меньше. Въ Февралѣ (фиг. 244) охлажденіе съ поверхности, вслѣдствіе лучеиспусканія въ атмосферу, очень велико, и изотермобаты и изогалыны идутъ почти вертикально. Въ это время года образуются сильныя конвекціонныя движенія, и воды на глубинахъ перемѣшиваются съ поверхностными. Эти конвекціонныя движенія несомнѣнно достигаютъ до 200 м. Работы 1903—1910 гг. изъ области сѣверовосточной части Атлантическаго океана, къ югу отъ Исландіи, показали, что конвекціонныя движенія въ этихъ мѣстахъ зимою могутъ достигать до 600—800 м. Замѣчательно равномерное распрежденіе солености въ слое такой мощности, несомнѣнно, только и могло образоваться такимъ путемъ. Конвекціонныя движенія, конечно, не происходятъ вертикально; болѣе плотныя охладившіяся на поверхности воды опускаются косвенно вдоль поверхностей соотвѣтственныхъ плотностей.

Такія конвекціонныя движенія чрезвычайно способствуютъ увеличенію умягчающаго вліянія моря на климатъ, потому, благодаря имъ, слой воды большой мощности отдаетъ свое тепло атмосферѣ.

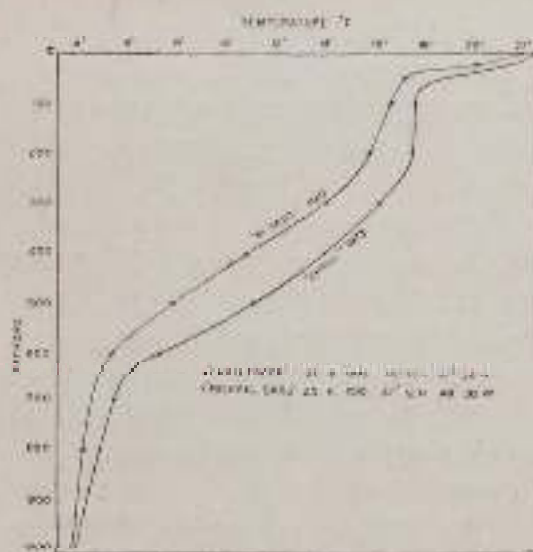
Наблюденія послѣднихъ лѣтъ несомнѣнно показываютъ существованіе на небольшихъ глубинахъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ колебаній небольшихъ періодовъ въ величинахъ океанографическихъ элементовъ.

Напримѣръ, на *Michael Sars* въ 1910 г. были сдѣланы наблюденія около буя, поставленнаго на якорѣ на глубинѣ 570 метр. (312 м. саж.) въ проливѣ между Фарѣрскими и Шетландскими о-ми ближе къ послѣднимъ; т.-е. въ области той вѣтви Атлантическаго теченія (NE вѣтви Гольфстрима), которая тутъ входитъ въ Сѣверно-Европейское м. Въ теченіе 24 ч. было сдѣлано 86 опредѣленій температуры на различныхъ глубинахъ, изъ нихъ 19 на глубинѣ 300 м. (164 м. с.); они показали существованіе на этой глубинѣ колебаній температуры въ предѣлахъ одного градуса съ разными періодами, вѣроятно, обусловленными волнообразными движеніями въ струяхъ теченія.

Во «Введеніи» было указано (стр. 68), что медленное измѣненіе величинъ океанографическихъ элементовъ отъ мѣста къ мѣсту въ океанѣ и небольшая величина измѣненій ихъ съ теченіемъ времени въ томъ же



Фиг. 215. Сравнение температур на глубинах в 1876 и 1910 гг.

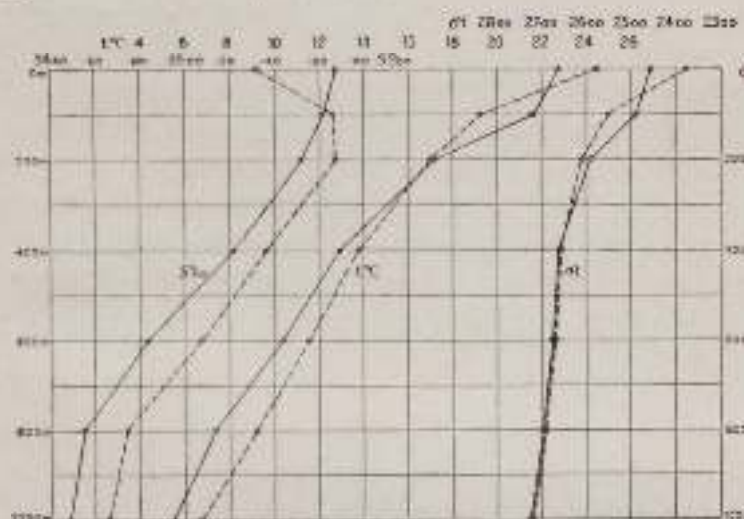


Фиг. 216. Сравнение температур на глубинах в 1876 и 1910 гг.

места дали возможность по относительно небольшому количеству наблюдений, к тому же разновременных, составить общую картину распределения океанографических элементов.

Только в последние годы появилась возможность получить некоторое понятие о характере изменений океанографических элементов с течением времени в открытом океане, благодаря повторению наблюдений в тех же местах океана (конечно, в пределах точности определений места корабля в море). Иногда подобные наблюдения показывали очень небольшую разницу между определениями разных лет, однако в большинстве случаев повторили наблюдения через несколько лет давали данные, заметно отличающиеся от прежних; следующие примеры хорошо подтверждают сказанное. На фигуре 215 нанесены кривые температур до глубины в 1,200 морск. саж. (2,195 м), наблюдавшиеся почти в том же самом месте в 1876 г. на *Challenger*'ы (6-го Мая) и в 1910 г. на *Michael Sars* (6-го Июня). Обе кривые идут близко друг к другу, а ниже 1,200 м.с. почти со-

падаютъ *) кривая *Challenger*'а имѣть некоторыя отступленія мѣстами; возможно, что они и въ действительности имѣли мѣсто, но возможно ихъ объяснить и некоторыми несовершенствами термометровъ того времени. На фигурѣ 246 данъ другой примѣръ сравненія наблюденій температуры *Challenger*'а 1873 г. (21-го Іюня) и *Michael Sars* 1910 г. (25-го Іюня) до глубины въ 1.000 м.с. (1.829 м.). Въ 1873 г. температуры были замѣтно меньше на тѣхъ глубинахъ, мѣстами до 2°. Ниже 1.000 м.с. температуры были почти одинаковы.



Фиг. 247. Сплошные линии—наблюдения на *Planet*, Май 1906 г., Ст. 73—81°29' ш. ш., 32°15' д. д.
Прерывистая линия—наблюдения на *Mose*, Янв. 1913 г., Ст. 72—81°29' ш. ш., 82°26' д. д.

Слѣдующій примѣръ относится къ послѣднему времени, когда точность наблюденій стала значительно болѣе и одинакова въ обоихъ случаяхъ. На чертежѣ (фиг. 247) представлено распреженіе температуры, солености и плотности до глубины въ 1.000 м. (547 м.с.) на станціяхъ *Planet* 1906 г. (4-го Мая) и *Mose* 1913 г. (14-го Января), оба къ западу отъ мыса Доброй Надежды въ Атлантическомъ ок. совершенно въ той же точкѣ. Какъ видно на чертежѣ, въ солености и въ температурѣ **) есть замѣтная разлнція, но много разъ большія точности опредѣленій.

*) Кривая *Challenger*'а имѣть некоторыя неправильныя изгибы, что есть слѣдствіе меньшей точности приборовъ въ 1873 г. сравнительно съ 1910 г. Пунктирная кривая есть сглаженная для наблюденій *Challenger*'а, но-то и вѣдѣ сравнить съ кривою 1910 г.

**) Температура съ точностью $\pm 0,02$ — $\pm 0,03$; соленость съ точностью $\pm 0,01$ ‰ — $\pm 0,03$ ‰; плотность съ точностью $\pm 0,0001$ — $\pm 0,0003$.

при чемъ соленость, начиная отъ 100 м. глубины, была больше въ 1913 г., и температура тоже больше, почему плотности оказалась почти одинаковою въ обоихъ годахъ, начиная съ 200 м. глубины.

Изъ приведенныхъ примѣровъ, какъ для Сѣверно-Европейскаго м. съ очень сложнымъ распредѣленіемъ океанографическихъ элементовъ, такъ и для открытаго океана, видно, какое большое значеніе для океанографіи представляетъ повтореніе наблюденій на глубинахъ возможно часто въ томъ же мѣстѣ, повтореніе ихъ вдоль тѣхъ же разрѣзовъ въ теченіе года и повтореніе ихъ изъ года въ годъ. Такія наблюденія, распространенныя на океаны, дадутъ возможность проникнуть въ смыслъ происходящихъ въ океанѣ измѣнній величинъ элементовъ. Для этой цѣли имѣютъ большое значеніе наблюденія всѣхъ статистическихъ океанографическихъ элементовъ, какъ-то: глубины, грунта дна, солености, плотности, температуры, прозрачности и цвѣта, а также и наблюденія планктона, который, какъ было указано въ отдѣлахъ о прозрачности, цвѣтѣ и теченіяхъ, имѣетъ большое значеніе для цѣлей океанографіи, не говоря уже о важности его для біологическаго изученія моря и для промысловаго дѣла.

Относительно наблюденія волненія слѣдуетъ указать, что многое можетъ быть сдѣлано при помощи простыхъ наблюденій, безъ примѣненія фотограммометріи, и не только въ морѣ, но и у береговъ.

Въ морѣ хотя и трудно наблюдать періоды, длины волнъ и скорости распространенія, но это возможно съ достаточною точностью въ случаяхъ, когда волненіе перешло въ зыбь или въ случай шорма, когда при очень сильномъ вѣтрѣ волненіе поддерживается долгое время и, распространяясь на большія пространства океана, образуетъ правильную систему волнъ. Очень важно наблюдать одновременно высоту и длину волнъ для выясненія отношенія между ними, а также и предѣльные размѣры длинны и высоты волнъ. Повидимому, отношеніе высоты къ длинѣ становится меньше по мѣрѣ увеличенія размѣровъ волненія и отъ 1:10 или 1:21 доходитъ до 1:35.

Весьма интересны и важны наблюденія относительно времени, необходимаго для достиженія волненіемъ полнаго развитія въ зависмости отъ силы дующаго вѣтра. Обыкновенно такіе предѣльные размѣры волненія достигаются довольно скоро, и потому наблюденія подобнаго рода могутъ производиться въ морѣ относительно легко, надо только

внимательно слѣдить за возникновеніемъ волненія и повторными наблюденіями убѣждаться, что оно достигло своей предѣльной величины.

Независимо отъ фотограмметрическихъ изслѣдованій волненія, важно имѣть хорошіе фотографическіе снимки заволнованнаго моря, сопровождающіеся наблюденіями элементовъ волненія и вѣтра. При чемъ интересно имѣть снимки не только сильнаго волненія, но и всѣхъ его постепенныхъ переходныхъ состояній.

Наблюденія волненія въ моряхъ не менѣе интересны, нежели въ океанѣ, тѣмъ болѣе, что о величинахъ элементовъ волненія въ моряхъ извѣстно очень мало.

Конечно, всѣ указанныя наблюденія требуютъ затраты не только времени и труда, но и главнымъ образомъ вниманія. Можно много плавать и не встрѣтить ни одного удобнаго случая для наблюденія волненія просто по недостатку вниманія; этимъ-то, между прочимъ, и замѣчательны наблюденія лейтенанта Парри, который все свое время въ плаваніи посвятилъ наблюденіямъ волненія и потому и сумѣлъ найти такое большое число удобныхъ случаевъ.

На берегу также можно многое сдѣлать для наблюденія волненія. Если волна, напримѣръ, пробѣгаетъ вдоль стѣнки гавани, расположенной по направленію движенія волнъ, то легко наблюдать размѣры орбитъ поверхностныхъ частицъ и одновременно отмѣчать глубину, на которой волненіе начинаетъ разбиваться, образуя вѣнчистые гребни. Наблюденія періодовъ зыби, приходящей изъ открытаго океана или моря, имѣютъ большое значеніе, давая для внутренняго моря матеріалъ для сужденія о предѣльныхъ размѣрахъ волненія въ немъ, а на берегу океана для составленія понятія, откуда зыбь достигаетъ до наблюдателя, и опредѣленія предѣловъ ея распространенія.

Наблюденія приливовъ могутъ дать особенно интересные результаты, если они продолжительны и производятся самонипущимъ приборомъ; но и наблюденія по футштоку, даже и кратковременныя (до не менѣе 15 дней), но ежедневныя, желательны, такъ какъ они покажутъ характеръ прилива, т.-е. приближается ли явленіе прилива въ избранномъ мѣстѣ къ правильному полусуточному типу, или оно отличается большою суточною составляющею. Оба эти обстоятельства имѣютъ и практическое значеніе, потому что, если приливъ полусуточного характера, то нетрудно получить изъ наблюденій приближенный прикладной

часъ, который въ этомъ случаѣ будетъ давать достаточно хорошо для практики моменты полной и малой воды. Элементы прилива такъ еще мало изучены (существуетъ всего только около 700 мѣстъ, для которыхъ послѣдованы элементы прилива), что всякое новое данное о нихъ очень цѣнно.

Течения также изучены только въ общихъ чертахъ; въ началѣ «Послѣсловія» уже были приведены указанія о тѣхъ колебаніяхъ, какія наблюдаются въ теченияхъ. Оказывается, что бываютъ еще кратковременныя перемѣны скоростей теченій, похожія на такія же измѣненія въ скоростяхъ вѣтра. Случаются затѣмъ колебанія съ короткими періодами въ нѣсколько часовъ, наплаывающіяся другъ на друга; существуютъ колебанія годового періода и колебанія многолѣтнія. Пока всѣ такія колебанія удалось подмѣтить въ моряхъ, омывающихъ сѣверо-западную Европу, благодаря установленію «Международнымъ Совѣтомъ по изслѣдованію моря» (см. Введеніе, стр. 63) наблюденій, повторяющихся ежегодно четыре раза по тѣмъ же линіямъ. Подобныхъ наблюденій въ открытомъ океанѣ въ полосахъ большихъ теченій почти не было, можно указать только на наблюденія Пильсбери въ Гольфстримѣ въ Мексиканскомъ зал. и у береговъ Соединенныхъ Штатовъ. Они показали и тамъ существованіе колебаній въ скорости теченія, повидному, связанныхъ съ измѣненіемъ склоненія Луны. Можно съ увѣренностью думать, что и всѣ вообще океаническія теченія должны имѣть колебанія въ скорости, массѣ, температурѣ, какъ кратковременныя, случайнаго характера, такъ и систематическія всякихъ періодовъ. Въ этомъ отношеніи для наблюдателей и изслѣдователей имѣется въ океанѣ и моряхъ почти непочатое поле дѣятельности.

Дрейфовая гипотеза Циприля оказалась не удовлетворяющею многимъ явленіямъ, наблюдаемымъ въ океаническихъ теченияхъ. Замѣнившая ее гипотеза Экмана во многихъ отношеніяхъ полнѣе и лучше, но уже и теперь въ ней намѣчается нѣсколько неясныхъ сторонъ.

Отчасти она можетъ быть еще улучшена съ аналитической стороны, но многое можетъ быть сдѣлано въ собираніемъ совѣстныхъ наблюденій надъ течениями воздушными и океаническими для выясненія связи между ними, проѣрки величины угла отклоненія теченія отъ вѣтра и постепеннаго поворота направленія теченія съ увеличеніемъ глубины, а также опредѣленія глубины тренія. Изученіе скоростей теченій немо-

средственными измѣреніями ихъ на поверхность и на глубинахъ въ сопоставленіи со способомъ Бьеркнеса дать возможность постепенно выяснять разбѣры и величину внутреннего тренія въ теченіяхъ, что значительно подвигаетъ впередъ вопросъ объ изученіи движенія океаническихъ водъ.

Такимъ образомъ изъ сказаннаго выше слѣдуетъ, что для движенія впередъ океанографіи и возможности развитія ея приложений къ жизни, необходимы наблюденія и изслѣдованія, которыя удобнѣе всего производить морякамъ. При этомъ задача изслѣдованій облегчается еще тѣмъ, что и отдѣльныя, кратковременныя и даже отрывочныя наблюденія важны и полезны, лишь бы они были произведены съ любовью къ дѣлу и тщательностью. Итакъ, отъ наблюденій кратковременныхъ и по случайности до наблюденій по обширному плану и многостороннихъ обследованій имѣется громадный просторъ для всякаго рода трудовъ, гдѣ положительно каждый найдетъ себѣ работу по силамъ и задачу по умѣнью, лишь бы только было желаніе. А загѣмъ «лиха бѣда—пачало».

Ю. Шокальский.

„Могущество и обширность морей, Россійскую Имперію окружающихъ, требуютъ тѣлеснаго раченія и заботъ“.

М. Ломоносовъ.

20 Сент. 1763 г.

ТАБЛИЦЫ

для перевода однихъ мѣръ въ другія, встречающихся въ курсахъ океанографии.

- 1—Таблица поправки прикладнаго часа, заимствованная изъ „Мореходныхъ таблицъ“ Главнаго Гидрографическаго Управленія. Въ сокращенномъ изданіи этихъ таблицъ она значится подъ № 47, а въ полномъ изданіи—подъ № 61.
- 2—Переводъ англійскихъ или русскихъ футовъ въ метры и обратно.
- 3—Переводъ морскихъ миль въ километры и обратно.
- 4—Переводъ метровъ въ морскія сажени.
- 5—Переводъ морскихъ сажень въ метры.
- 6—Переводъ скоростей въ морскихъ миляхъ за 1 ч. и за 24 ч. въ сантиметры въ секунду и обратно.

Таблица 61.

ПОПРАВКА ПРИКЛАДНАГО ЧАСА.											
Прогресс. в	ПОДЪЕМЕТРЪ ДЛИНЫ.										Прогресс. в
	16° 30'	16° 15'	16° 0'	15° 45'	15° 30'	15° 15'	15° 0'	14° 45'	14° 30'		
0° 0'	-0° 1'	-0° 2'	-0° 3'	-0° 4'	-0° 5'	+0° 1'	+0° 2'	+0° 3'	+0° 4'	12° 0'	
0 20	0 4	0 7	0 7	0 6	0 5	-0 5	-0 4	-0 3	-0 2	12 20	
0 40	0 12	0 22	0 11	0 11	0 10	0 10	0 10	0 10	0 9	12 40	
1 0	0 17	0 27	0 17	0 17	0 16	0 16	0 16	0 16	0 15	13 0	
1 20	0 19	0 29	0 21	0 22	0 20	0 20	0 20	0 20	0 19	13 20	
1 40	0 27	0 37	0 27	0 27	0 26	0 26	0 26	0 26	0 25	13 40	
2 0	0 32	0 42	0 32	0 31	0 31	0 30	0 30	0 30	0 29	14 0	
2 20	0 36	0 47	0 37	0 36	0 36	0 35	0 35	0 35	0 34	14 20	
2 40	0 41	0 51	0 40	0 40	0 40	0 39	0 39	0 39	0 38	14 40	
3 0	0 45	0 56	0 45	0 45	0 44	0 44	0 43	0 43	0 42	15 0	
3 20	0 51	0 62	0 51	0 50	0 50	0 49	0 49	0 48	0 47	15 20	
3 40	0 56	0 67	0 56	0 55	0 55	0 54	0 54	0 53	0 52	15 40	
4 0	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	16 0	
4 20	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	16 20	
4 40	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	16 40	
5 0	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	17 0	
5 20	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	17 20	
5 40	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	17 40	
6 0	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	18 0	
6 20	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	18 20	
6 40	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	18 40	
6 50	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	18 50	
7 0	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 0	
7 10	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 10	
7 20	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 20	
7 30	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 30	
7 40	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 40	
7 50	0 59	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	19 50	
8 0	-0 4	-0 3	-0 1	-0 0	+0 2	+0 4	+0 6	0 8	0 11	20 0	
8 20	+0 3	+0 5	+0 7	+0 9	0 12	0 15	0 18	0 21	0 24	20 20	
8 40	0 9	0 11	0 13	0 15	0 18	0 20	0 23	0 26	0 30	20 40	
9 0	0 15	0 17	0 19	0 21	0 24	0 27	0 30	0 33	0 36	21 0	
9 20	0 16	0 18	0 20	0 22	0 24	0 27	0 30	0 33	0 36	21 20	
10 0	0 15	0 17	0 19	0 21	0 23	0 25	0 27	0 30	0 33	22 0	
10 20	0 11	0 14	0 16	0 18	0 20	0 22	0 24	0 27	0 30	22 20	
11 0	0 9	0 10	0 11	0 12	0 14	0 15	0 17	0 19	0 21	23 0	
11 20	0 5	0 6	0 7	0 8	0 10	0 11	0 13	0 15	0 17	23 20	
11 40	+0 1	+0 1	+0 1	+0 1	0 3	0 5	0 7	0 9	0 11	23 40	
12 0	-0 3	-0 1	-0 0	-0 1	0 0	0 1	0 2	0 3	0 4	24 0	

Англійскіе или русскіе футы въ метры.

1 ф. = 0,304 800 6 м.; 1 м. = 3,280 833 ф.

едини- ца до- счета	Ф у т ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	М е т р ы									
0	0,000	0,305	0,610	0,914	1,219	1,524	1,829	2,134	2,438	2,743
10	3,045	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572	4,877	5,182	5,486	5,791
20	6,090	6,400	6,705	7,010	7,315	7,620	7,925	8,230	8,534	8,839
30	9,144	9,449	9,753	10,058	10,363	10,668	10,973	11,278	11,582	11,887
40	12,192	12,497	12,801	13,106	13,411	13,716	14,021	14,326	14,630	14,935
50	15,240	15,544	15,849	16,154	16,459	16,764	17,069	17,374	17,678	17,983
60	18,288	18,593	18,897	19,202	19,507	19,812	20,117	20,422	20,726	21,031
70	21,336	21,640	21,945	22,250	22,555	22,860	23,165	23,470	23,774	24,079
80	24,384	24,688	24,993	25,298	25,603	25,908	26,213	26,518	26,822	27,127
90	27,432	27,737	28,042	28,346	28,651	28,956	29,261	29,566	29,870	30,175
100	30,480	30,785	31,090	31,394	31,699	32,004	32,309	32,614	32,918	33,223

Метры въ англійскіе или русскіе футы.

1 метръ = 3,280 833 дюйм. = 3,280 833 фута.

едини- ца до- счета	М е т р ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ф у т ы									
0	0,00	3,28	6,56	9,84	13,12	16,40	19,68	22,97	26,25	29,53
10	32,81	36,09	39,37	42,65	45,93	49,21	52,49	55,77	59,05	62,34
20	65,62	68,90	72,18	75,46	78,74	82,02	85,30	88,58	91,86	95,14
30	98,42	101,71	104,99	108,27	111,55	114,83	118,11	121,39	124,67	127,95
40	131,23	134,51	137,79	141,08	144,36	147,64	150,92	154,20	157,48	160,76
50	164,04	167,32	170,60	173,88	177,16	180,45	183,73	187,01	190,29	193,57
60	196,85	200,13	203,41	206,69	209,97	213,25	216,53	219,81	223,10	226,38
70	229,66	232,94	236,22	239,50	242,78	246,06	249,34	252,62	255,90	259,19
80	262,47	265,75	269,03	272,31	275,59	278,87	282,15	285,43	288,71	291,99
90	295,27	298,55	301,84	305,12	308,40	311,68	314,96	318,24	321,52	324,80
100	328,08	331,36	334,64	337,93	341,21	344,49	347,77	351,05	354,33	357,61

Морскія мили въ километры.

1 морская миля = 1,852 016 килом.; 1 км. — 0,540 морск. мили.

	М о р с к и я м и л и									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ки л о м е т р ы									
0	0,0	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7
10	18,5	36,4	54,2	72,1	89,9	107,8	125,6	143,5	161,3	179,2
20	37,0	73,9	110,7	147,6	184,4	221,3	258,1	295,0	331,9	368,7
30	55,6	111,4	172,1	232,8	293,5	354,2	414,9	475,6	536,3	597,0
40	74,1	148,1	222,2	296,3	370,4	444,5	518,6	592,7	666,8	740,9
50	92,6	185,1	277,6	370,1	462,6	555,1	647,6	740,1	832,6	925,1
60	111,1	222,2	333,3	444,4	555,6	666,7	777,8	888,9	999,0	1110,1
70	129,6	259,1	388,6	518,1	647,6	777,1	906,6	1036,1	1165,6	1295,1
80	148,1	296,1	444,2	592,3	740,4	888,5	1036,6	1184,7	1332,8	1480,9
90	166,7	333,3	500,0	666,7	833,3	1000,0	1166,7	1333,3	1500,0	1666,7
100	185,2	370,4	555,6	740,7	925,8	1110,9	1296,0	1481,1	1666,2	1851,3

Километры въ морскія мили.

	К и л о м е т р ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	М о р с к и я м и л и									
0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
10	5,4	5,9	6,3	7,0	7,5	8,1	8,6	9,2	9,7	10,3
20	10,8	11,3	11,9	12,4	13,0	13,5	14,0	14,6	15,1	15,7
30	16,2	16,7	17,3	17,8	18,4	18,9	19,4	20,0	20,5	21,1
40	21,6	22,1	22,7	23,2	23,8	24,3	24,8	25,4	25,9	26,5
50	27,0	27,5	28,1	28,6	29,2	29,7	30,2	30,8	31,3	31,9
60	32,4	32,9	33,5	34,0	34,6	35,1	35,6	36,2	36,7	37,3
70	37,8	38,3	38,9	39,4	40,0	40,5	41,0	41,6	42,1	42,7
80	43,2	43,7	44,3	44,8	45,4	45,9	46,4	47,0	47,5	48,1
90	48,6	49,1	49,7	50,2	50,8	51,3	51,8	52,4	52,9	53,5
100	54,0	54,5	55,1	55,6	56,2	56,7	57,2	57,8	58,3	58,9

Метры въ морскія сажени.

1 морская сажень = 6 футамъ.

Метры плоскш.	С а ж е н ь									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	М о р с к і я с а ж е н ь									
0	0,00	34,88	109,35	164,01	218,73	273,41	328,09	382,77	437,45	492,13
1000	346,82	691,50	645,18	710,86	765,54	820,22	874,90	929,59	984,27	1038,95
2000	1091,61	1148,52	1203,60	1257,68	1312,76	1367,84	1421,92	1476,01	1531,09	1586,17
3000	1640,45	1695,13	1749,81	1804,50	1859,18	1913,86	1968,54	2023,22	2077,90	2132,59
4000	2187,27	2241,95	2296,63	2351,31	2405,99	2460,68	2515,36	2570,04	2624,72	2679,40
5000	2734,08	2788,77	2843,45	2898,13	2952,81	3007,49	3062,17	3116,86	3171,54	3226,22
6000	3280,90	3335,58	3390,26	3444,95	3499,63	3554,31	3608,99	3663,67	3718,35	3773,04
7000	3827,72	3882,40	3937,08	3991,76	4046,44	4101,13	4155,81	4210,49	4265,17	4319,85
8000	4374,55	4429,22	4483,90	4538,58	4593,26	4647,94	4702,62	4757,31	4811,99	4866,67
9000	4921,31	4976,01	5030,71	5085,40	5140,08	5194,76	5249,44	5304,12	5358,80	5413,49
Метры десяти.	В с а ж е н ь									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	М о р с к і я с а ж е н ь									
0	0,00	0,55	1,09	1,64	2,19	2,73	3,28	3,81	4,37	4,92
10	5,47	6,03	6,56	7,11	7,66	8,20	8,75	9,30	9,84	10,39
20	10,94	11,48	12,01	12,58	13,12	13,67	14,22	14,76	15,31	15,86
30	16,40	16,95	17,50	18,04	18,59	19,14	19,68	20,23	20,78	21,33
40	21,87	22,42	22,97	23,51	24,06	24,61	25,15	25,70	26,25	26,79
50	27,34	27,89	28,43	28,98	29,53	30,07	30,62	31,17	31,72	32,26
60	32,81	33,36	33,90	34,45	35,00	35,54	36,09	36,64	37,18	37,73
70	38,28	38,83	39,37	39,92	40,46	41,01	41,55	42,10	42,65	43,20
80	43,75	44,29	44,84	45,39	45,93	46,48	47,03	47,57	48,12	48,67
90	49,21	49,76	50,31	50,85	51,40	51,95	52,49	53,04	53,59	54,13

Морскія сажени (fathoms) въ метры
1 м. с. = 1,828 768 м.

Саж. узелн.	С а ж е н и									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	М е т р ы									
0	0,00	183,88	367,75	551,61	735,47	919,33	1103,20	1287,06	1470,92	1654,79
1000	1828,77	3667,65	5506,52	7345,40	9184,28	11023,15	12862,03	14700,91	16539,78	18378,66
2000	3657,53	7340,41	11021,28	14702,16	18383,04	22063,91	25744,79	29425,67	33106,54	36787,42
3000	5486,30	11069,18	16820,05	22570,93	28321,81	34072,68	39823,56	45574,44	51325,31	57076,19
4000	7315,07	14997,95	22800,82	30603,70	38406,58	46209,45	54012,33	61815,21	69618,08	77420,96
5000	9143,83	18926,71	26729,58	34532,46	42335,34	50138,21	57941,09	65743,97	73546,84	81349,72
6000	10972,60	22855,48	30658,35	38461,23	46264,11	54066,98	61869,86	69672,73	77475,61	85278,49
7000	12801,37	26784,25	34587,12	42390,00	50192,88	57995,75	65798,63	73601,51	81404,38	89207,26
8000	14630,14	30713,02	38491,89	46294,77	54097,65	61900,52	69703,40	77506,27	85309,15	93112,03
9000	16458,90	34641,78	42420,65	50103,53	57906,41	65709,28	73512,16	81315,04	89117,92	96920,80
Саж. десяти.	Т р и н ц а т ы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	М е т р ы									
0	0,00	1,83	3,67	5,51	7,35	9,19	11,03	12,87	14,71	16,55
10	18,39	36,72	55,05	73,37	91,70	110,03	128,35	146,68	165,01	183,34
20	36,78	73,40	110,03	146,65	183,28	219,91	256,53	293,16	329,78	366,41
30	55,16	110,05	164,95	219,85	274,75	329,65	384,55	439,45	494,35	549,25
40	73,55	147,10	220,65	294,20	367,75	441,30	514,85	588,40	661,95	735,50
50	91,93	183,86	275,79	367,72	459,65	551,58	643,51	735,44	827,37	919,30
60	110,31	220,62	330,93	441,24	551,55	661,86	772,17	882,48	992,79	1103,10
70	128,69	257,38	386,07	514,76	643,45	772,14	900,83	1029,52	1158,21	1286,90
80	147,07	294,14	441,21	588,28	735,35	882,42	1029,49	1176,56	1323,63	1470,70
90	165,45	332,30	500,45	668,60	836,75	1004,90	1173,05	1341,20	1509,35	1677,50

Число морских миль		Числа	Число сапюк в секунду	Число морских миль		Числа	Число сапюк в секунду	Число морских миль		Числа	Число сапюк в секунду
в 1 в.	в 1 в.			в 1 в.	в 1 в.			в 1 в.	в 1 в.		
0.00	0.00	0	0.0	23.28	0.07	50	107.2	46.55	1.04	100	214.4
0.48	0.02	1	2.1	23.76	0.09	51	109.8	47.04	1.06	101	216.5
0.96	0.04	2	4.3	24.24	0.09	52	111.5	47.53	1.08	102	218.6
1.44	0.06	3	6.4	24.72	0.09	53	113.6	48.00	2.00	103	220.8
1.92	0.08	4	8.6	25.20	0.09	54	115.8	48.48	2.02	104	222.9
2.40	0.10	5	10.7	25.68	0.09	55	117.9	48.96	2.04	105	225.1
2.88	0.12	6	12.9	26.16	0.09	56	120.0	49.44	2.06	106	227.2
3.36	0.14	7	15.0	26.64	0.09	57	122.2	49.92	2.08	107	229.4
3.84	0.16	8	17.1	27.12	0.09	58	124.5	50.40	2.10	108	231.5
4.32	0.17	9	19.3	27.60	0.09	59	126.5	50.88	2.12	109	233.6
4.80	0.19	10	21.4	28.08	0.07	60	128.6	51.36	2.14	110	235.8
5.28	0.21	11	23.6	28.56	0.09	61	130.8	51.84	2.16	111	237.9
5.76	0.23	12	25.7	29.04	0.21	62	132.9	52.32	2.18	112	240.1
6.24	0.25	13	27.9	29.52	0.22	63	135.0	52.80	2.20	113	242.2
6.72	0.27	14	30.0	30.00	0.24	64	137.2	53.28	2.22	114	244.4
7.20	0.29	15	32.2	30.48	0.25	65	139.3	53.76	2.24	115	246.5
7.68	0.31	16	34.3	30.96	0.28	66	141.5	54.24	2.26	116	248.7
8.16	0.33	17	36.4	31.44	0.30	67	143.6	54.72	2.28	117	250.8
8.64	0.35	18	38.6	31.92	0.32	68	145.8	55.20	2.30	118	252.9
9.12	0.37	19	40.7	32.40	0.34	69	147.9	55.68	2.32	119	255.1
9.60	0.39	20	42.9	32.88	0.36	70	150.0	56.16	2.34	120	257.2
10.08	0.41	21	45.0	33.36	0.38	71	152.2	56.64	2.36	121	259.4
10.56	0.43	22	47.2	33.84	0.40	72	154.3	57.12	2.38	122	261.5
11.04	0.45	23	49.3	34.32	0.42	73	156.5	57.60	2.40	123	263.7
11.52	0.47	24	51.4	34.80	0.44	74	158.6	58.08	2.42	124	265.8
12.00	0.49	25	53.6	35.28	0.46	75	160.8	58.56	2.44	125	267.9
12.48	0.51	26	55.7	35.76	0.48	76	162.9	59.04	2.46	126	270.1
12.96	0.53	27	57.9	36.24	0.50	77	165.1	59.52	2.48	127	272.2
13.44	0.55	28	60.0	36.72	0.52	78	167.2	60.00	2.50	128	274.4
13.92	0.57	29	62.2	37.20	0.54	79	169.3	60.48	2.52	129	276.5
14.40	0.59	30	64.3	37.68	0.56	80	171.5	60.96	2.54	130	278.7
14.88	0.61	31	66.4	38.16	0.58	81	173.6	61.44	2.56	131	280.8
15.36	0.63	32	68.6	38.64	0.59	82	175.8	61.92	2.58	132	282.9
15.84	0.65	33	70.7	39.12	0.61	83	177.9	62.40	2.60	133	285.1
16.32	0.67	34	72.9	39.60	0.63	84	180.1	62.88	2.62	134	287.2
16.80	0.69	35	75.0	40.08	0.65	85	182.2	63.36	2.64	135	289.4
17.28	0.71	36	77.2	40.56	0.67	86	184.3	63.84	2.66	136	291.5
17.76	0.73	37	79.3	41.04	0.69	87	186.5	64.32	2.68	137	293.7
18.24	0.75	38	81.4	41.52	0.71	88	188.6	64.80	2.70	138	295.8
18.72	0.77	39	83.6	42.00	0.73	89	190.8	65.28	2.72	139	298.0
19.20	0.79	40	85.7	42.48	0.75	90	192.9	65.76	2.74	140	300.1
19.68	0.81	41	87.9	42.96	0.77	91	195.1	66.24	2.76	141	302.2
20.16	0.83	42	90.0	43.44	0.79	92	197.2	66.72	2.78	142	304.4
20.64	0.85	43	92.2	43.92	0.81	93	199.3	67.20	2.80	143	306.5
21.12	0.87	44	94.3	44.40	0.83	94	201.5	67.68	2.82	144	308.7
21.60	0.89	45	96.4	44.88	0.85	95	203.6	68.16	2.84	145	310.8
22.08	0.91	46	98.6	45.36	0.87	96	205.8	68.64	2.86	146	313.0
22.56	0.93	47	100.7	45.84	0.89	97	207.9	69.12	2.88	147	315.1
23.04	0.95	48	102.9	46.32	0.91	98	210.1	69.60	2.90	148	317.2
23.52	0.97	49	105.0	46.80	0.93	99	212.2	70.08	2.92	149	319.4

Число морских миль		Число	Число единиц, в секунду		Число морских миль	Число	Число единиц, в секунду		Число морских миль	Число	Число единиц, в секунду	
в 24 ч.	в 1 ч.		в 24 ч.	в 1 ч.			в 24 ч.	в 1 ч.			в 24 ч.	в 1 ч.
70.08	2.92	150	325.5	95.45	3.89	260	428.7	116.64	4.85	350	535.9	135.9
70.56	2.94	151	325.7	95.64	3.91	261	430.9	117.12	4.88	351	538.0	136.0
70.80	2.95	152	325.8	95.82	3.91	262	433.0	117.60	4.90	352	540.2	136.2
71.28	2.97	153	326.0	96.00	3.95	263	435.1	118.08	4.93	353	542.3	136.3
71.76	2.99	154	330.1	95.28	3.97	264	437.3	118.56	4.94	354	544.5	136.5
72.24	3.01	155	332.2	95.75	3.99	265	439.4	119.04	4.96	355	546.6	136.6
72.72	3.03	156	334.4	96.00	4.00	266	441.6	119.52	4.98	356	548.7	136.7
73.20	3.05	157	336.1	96.45	4.02	267	443.7	120.00	5.00	357	550.9	136.9
73.68	3.07	158	338.7	96.90	4.04	268	445.9	120.48	5.02	358	553.0	137.0
74.16	3.09	159	340.8	97.44	4.06	269	448.0	120.92	5.03	359	555.2	137.2
74.64	3.11	160	343.0	97.92	4.08	270	450.1	121.36	5.05	260	557.3	137.3
75.12	3.13	161	345.1	98.40	4.10	271	452.3	121.80	5.07	261	559.5	137.5
75.60	3.15	162	347.1	98.88	4.12	272	454.4	122.25	5.09	262	561.6	137.6
76.08	3.17	163	349.4	99.36	4.14	273	456.6	122.64	5.11	263	563.8	137.8
76.56	3.19	164	351.5	99.84	4.16	274	458.7	123.12	5.13	264	565.9	137.9
77.04	3.21	165	353.7	100.32	4.18	275	460.9	123.60	5.15	265	568.0	138.0
77.52	3.23	166	355.8	100.80	4.20	276	463.0	124.08	5.17	266	570.2	138.2
78.00	3.25	167	358.0	101.28	4.22	277	465.1	124.56	5.19	267	572.3	138.3
78.48	3.27	168	360.1	101.76	4.24	278	467.3	125.04	5.21	268	574.5	138.5
78.96	3.29	169	362.1	102.24	4.26	279	469.4	125.52	5.23	269	576.6	138.6
79.20	3.30	170	364.4	102.72	4.28	280	471.6	126.00	5.25	270	578.8	138.8
79.68	3.32	171	366.5	103.20	4.30	281	473.7	126.48	5.27	271	580.9	138.9
80.16	3.34	172	368.7	103.68	4.32	282	475.9	126.96	5.29	272	583.0	139.0
80.64	3.36	173	370.8	104.16	4.34	283	478.0	127.44	5.31	273	585.2	139.2
81.12	3.38	174	373.0	104.64	4.36	284	480.2	127.92	5.33	274	587.3	139.3
81.60	3.40	175	375.1	105.12	4.37	285	482.3	128.40	5.35	275	589.5	139.5
82.08	3.42	176	377.4	105.60	4.39	286	484.4	128.88	5.37	276	591.6	139.6
82.56	3.44	177	379.4	106.08	4.41	287	486.6	129.32	5.38	277	593.8	139.8
83.04	3.46	178	381.5	106.56	4.43	288	488.7	129.80	5.40	278	595.9	139.9
83.52	3.48	179	383.7	107.04	4.45	289	490.9	130.28	5.42	279	598.0	140.0
84.00	3.50	180	385.8	107.52	4.47	290	493.0	130.76	5.44	280	600.2	140.2
84.48	3.52	181	388.0	108.00	4.49	291	495.2	131.24	5.46	281	602.3	140.3
84.96	3.54	182	390.1	108.48	4.51	292	497.3	131.72	5.48	282	604.5	140.5
85.44	3.56	183	392.1	108.96	4.53	293	499.4	132.20	5.50	283	606.6	140.6
85.92	3.58	184	394.4	109.44	4.55	294	501.6	132.68	5.52	284	608.8	140.8
86.40	3.60	185	396.6	109.92	4.57	295	503.7	133.16	5.54	285	610.9	140.9
86.88	3.62	186	398.7	110.40	4.59	296	505.9	133.64	5.56	286	613.1	141.1
87.36	3.64	187	400.8	110.88	4.61	297	508.0	134.12	5.58	287	615.2	141.2
87.84	3.66	188	403.0	111.36	4.63	298	510.2	134.60	5.60	288	617.3	141.3
88.08	3.67	189	405.1	111.80	4.65	299	512.3	135.08	5.62	289	619.5	141.5
88.56	3.69	190	407.3	112.28	4.67	240	514.4	135.56	5.64	290	621.6	141.6
89.04	3.71	191	409.4	112.76	4.69	241	516.6	136.04	5.66	291	623.8	141.8
89.52	3.73	192	411.6	113.20	4.70	242	518.7	136.52	5.68	292	625.9	141.9
90.00	3.75	193	413.7	113.68	4.72	243	520.9	137.00	5.70	293	628.1	142.1
90.48	3.77	194	415.8	114.16	4.74	244	523.0	137.48	5.72	294	630.2	142.2
90.96	3.79	295	418.0	114.64	4.76	245	525.2	137.92	5.73	295	632.3	142.3
91.44	3.81	196	420.1	115.12	4.78	246	527.3	138.40	5.75	296	634.5	142.5
91.92	3.83	197	422.1	115.60	4.80	247	529.5	138.88	5.77	297	636.6	142.6
92.40	3.85	198	424.4	116.08	4.82	248	531.6	139.36	5.79	298	638.8	142.8
92.88	3.87	199	426.6	116.56	4.84	249	533.7	139.84	5.81	299	640.9	142.9

Списокъ главнѣйшихъ источниковъ.

Ниже приведенъ перечень главнѣйшихъ источниковъ, коими пользовались при составленіи настоящаго труда. Конечно, тутъ не могли быть указаны все источники, въ особенности многія статьи въ журналахъ и сборникахъ, какъ, напримеръ, въ „Nature“, „Geographical Journal“, „Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie“, „Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris“, „Philosophical Transactions“ и другихъ. Здесь также перечислены и главнѣйшія Лекціи русскихъ и иностранцевъ, коими пользовались для разныхъ мелкихъ указаний. Имя автора и карту указаны только важнѣйшія. Такимъ образомъ прилагаемый списокъ вовсе не представляетъ какой-либо полноты библиографіи или зоографіи, а только указаніе главныхъ источниковъ, послужившихъ къ этой работѣ.

1. Л. С. Бергъ. — Аральское море. Опытъ физико-географической монографіи (Надѣстіа Туркест. Оуд. Имп. Русск. Географ. Общ. Т. VI. С.-Петербургъ, 1908).

2. Л. Л. Брейтфусъ и Г. Гейдаль. — О теченіяхъ въ Баренцевомъ и сѣверныхъ моряхъ (Эксп. для научно-промысл. изслѣд. у береговъ Мурман. Отчетъ 1904). С.-Петербургъ, 1908.

3. Л. Брейтфусъ. — Экспедиція для научно-промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурман (Отчеты о работахъ за 1902—1906 гг.). Петроградъ, 1908—1915.

4. А. Бухтѣевъ. — Наблюденія приливовъ на Мурманѣ и обработки этихъ наблюденій (Зап. по Гидрографіи, вып. XXXII). С.-Петербургъ, 1910.

5. А. М. Бухтѣевъ. — Записки о приливахъ Сѣвернаго Ледовитаго океана (въ предѣлахъ русскихъ береговъ и Бѣлаго моря). (Записки по Гидрографіи, Т. XI, 1915—16 гг.). Петроградъ, 1916.

6. М. Е. Жданко. — Къ вопросу объ изслѣдованіи морскихъ теченій (Зап. по гидрогр.). С.-Петербургъ, 1913.

7. Н. Ивановичевъ. — Русскія кругосветныя путешествія съ 1801 по 1849 г. С.-Петербургъ, 1872.

8. К. Келлеръ. — Жизнь моря. Животный и растительный міръ моря, его жизнь и взаимоотношенія (перев. Н. Ю. Шмидта). С.-Петербургъ, 1905.

9. Н. М. Книповичъ. — Основы гидрологіи Каролейскаго Ледовитаго океана (Зап. Имп. Русск. Географ. Общ. Т. XLII). С.-Петербургъ, 1906.

10. Н. М. Книповичъ. — Экспедиція для научно-промысловыхъ изслѣдованій у береговъ Мурман (Отчеты о работахъ за 1893—1901 гг.). С.-Петербургъ, 1902—1904.

11. А. Колчакъ. — Ледъ Карскаго и Сибирскаго морей (Научные результаты русской полярной экспедиціи въ 1900—1903 гг. подъ начальствомъ барона Э. Толля. Зап. Академіи Наукъ, сер. VIII. Т. XXVI, № 1). С.-Петербургъ, 1903.

12. А. Лебединцевъ. — Гидрохимическія и гидрохимическія изслѣдованія восточной части Балтійскаго моря 1888 г. (Доп. Земледѣлія, Гл. Упр. Земл. и Землеустр.). С. Петербургъ, 1910.

13. Э. Майнелъ, баронъ. — Финансо-географическій очеркъ Китайскаго и Желтаго морей. С. Петербургъ, 1901.

14. С. О. Макаровъ. — *Ермакъ* по льдамъ. — Описание постройки ледокола *Ермакъ* и сводъ научныхъ матеріаловъ, собранныхъ въ плаваніи. С. Петербургъ, 1901.

15. С. О. Макаровъ. — *Вамала* и Тихій океанъ. — Гидрологическія наблюденія, произведенныя офицерами корвета „Витязъ“ во время кругосвѣтнаго плаванія 1886 — 89 гг. и сводъ наблюденій надъ температурою и удѣльными вѣсами воды Ств. Тихаго ок. С. Петербургъ, 1894.

16. С. О. Макаровъ. — Объ объѣктѣ воды Чернаго и Средиземнаго морей (Зан. Изв. Акад. Наукъ. Т. II, № 6). С. Петербургъ, 1885.

17. Ф. Хансенъ. — Причины морскихъ теченій (Морск. Сб.). С. Петербургъ, 1908.

18. В. Стаховичъ. — Данниа о приливѣхъ Восточнаго океана (Записки по Гидрографіи. Т. XXXIX, вып. 3). Петроградъ, 1915.

19. У. Уайтъ. — Руководство по теоріи кораблестроенія. Переводъ съ англ. Изд. Морск. Мин-ва. С. Петербургъ, 1885.

20. Ю. Шокальский. — Очеркъ развитія физики океановъ. Москва, 1901 г.

21. І. фонъ-Шиндлеръ. — Матеріалы по гидрологіи Чернаго и Азовскаго морей, собранныя въ экспедиціяхъ 1890—1891 гг. С. Петербургъ, 1899.

22. І. фонъ-Шиндлеръ. — Матеріалы по гидрологіи Мраморнаго моря, собранныя въ экспедиціи 1894 г. С. Петербургъ, 1896.

23. І. фонъ-Шиндлеръ. — Лекціи по Физической географіи. С. Петербургъ, 1903.

24. „Ежегодники приливовъ Восточнаго океана“ и „Ежегодники приливовъ Ств. Ледовитаго ок. и Вѣснаго м.“ — за 1914—16 гг. Изданіе Гл. Гидрографическаго Управленія Морск. Мин.

25. „Записки по Гидрографіи“ съ 1887—1917 гг. (Изд. Гл. Гидрогр. Управл. Морск. Мин-ва). Петроградъ.

26. Лодія Чернаго и Азовскаго морей. Изданіе Гл. Гидрографическаго Управленія Морск. Мин. Петроградъ, 1916.

27. „Гидро-метеорологическій сборникъ“ за 1890—1913 гг. С. Петербургъ, 1898—1917 гг.

28. Труды Каптейновой экспедиціи 1904. Т. I—III. С. Петербургъ, 1910—13.

29. Лодія Мурманскаго берега. Изд. Гл. Гидрогр. Упр. Морск. Мин. Петроградъ, 1901.

1. R. Abercromby. — Observations on the height, length, and velocity of ocean waves (Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. XXV, 5—series), London, 1838.

2. A. Agassiz. — Report on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific 1899—1900 (Mem. of the Museum of comparative zoology at Harvard College, vol. XXVIII), Part I—IV. Cambridge, U. S., 1901.

3. A. Agassiz. — Report on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific, 1904—1905 (Mem. of the Museum of compar. zoology at Harvard College, Vol. XXXII), Cambridge, U. S., 1906.

4. M. G. Aima. — Recherches de physique générale sur la Méditerranée (Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840—42). Paris, 1845.

5. G. B. Airy. — On tides and waves (Encyclopedia Metropolitana). London, 1842.

6. F. Akerblom. — Recherches océanographiques. Expédition de A. Nathorst en 1899. Upsala, 1904.
7. Ch. Antoine. — Les lames de haute mer (Revue Marit. et Colon. Mars—Avril). Paris, 1876.
8. H. Arctowski. — Géographie physique de la région antarctique, visitée par l'expédition de la *Belgica*. Bruxelles, 1900.
9. A. W. Baird. — A manual for tidal observations and their reduction by the method of harmonic analysis. London, 1880.
10. A. B. Bacher. — Bottle papers with chart of Atlantic ocean (The Nautical Magazine, 1843, 1852). London.
11. W. Bell Dawson. — Survey of tides and currents in Canadian waters. Ottawa, 1902.
12. W. Bell Dawson. — Methods of investigations of tides and currents. A review of the general methods adopted, in a new field of investigation, by the Tidal survey of Canada (Trans. of the Royal Soc. of Canada. Vol. IV, Sect. III). Ottawa, 1911.
13. V. Bjerknes. — Ueber die Bildung von Circulationsbewegungen und Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten (Skrift. Vidensk. selsk. i Christiania). Kristiania, 1899.
14. V. Bjerknes. — Ueber einen hydrodynamischen Fundamentalsatz und seine Anwendung besonders auf die Mechanik der Atmosphäre und des Weltmeeres (Kon. Svenska Vetensk. Akademiens Handlingar). Stockholm, 1898—99.
15. V. Bjerknes. — Dynamic Meteorology and Hydrography (Carnegie Institution). P. I—II. Washington, 1910—1911.
16. L. E. Bertin. — Memoir on the experimental study of waves (Transactions of the Institution of Naval Architects. Vol. XIV). London, 1873.
17. F. Biddingmaier. — Ebbe und Flut (Meereskunde sammlung volkstümlicher vorträge. . .). Berlin, 1908.
18. W. Brennecke. — Ozeanographie. Vol. III, 1—2 p. (Forschungsreise S. M. S. *Planet* 1906—1907). Berlin, 1909.
19. W. Brennecke. — Deutsche Antarktische Expedition (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde). Berlin, 1914.
20. W. Brennecke. — Ozeanographische Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—12 (Annalen d. Hydr. u. Marit. Met. 1911—14). Berlin.
21. A. Buchan. — Report on oceanic circulation, based on the observations made on board H. M. S. *Challenger*, and other observations (Report on the Scientific results of the voyage of H. M. S. *Challenger* during the years 1872—76). London, 1895.
22. J. Buchanan. — A retrospect of oceanography during the last twenty years (Report of the 6 Intern. Geograph. Congress). London, 1895.
23. J. Buchanan. — Experimental Researches on the specific gravity and the displacement of some saline solutions (Transact. of the Royal Society of Edinburgh Vol. XLIX, Part II. Edinburgh, 1912).
24. J. S. Buchanan. — On tidal currents in the Ocean (Proceed. of the Royal Soc. Vol. 43). London, 1884.
25. W. Carpenter. — Summary of recent observations on ocean temperature made in H. M. S. *Challenger* and U. S. S. *Tuscanora*, with their bearing on the doctrine of a general oceanic circulation sustained by difference of temperature (Proc. R. Soc. Vol. XIX). London, 1870.
26. W. Carpenter. — Further inquiries on oceanic circulation (Proceedings of the Royal Geograph. Soc. Vol. XVIII). London, 1874.

27. A. Finelli. — *Sul moto ondoso del mare e su le correnti di esso specialmente su quelle littorali*. Sec. ediz. Roma, 1866.
28. R. Chalmers. — *Rapport sur la géologie de surface de l'est du Nouveau-Brunswick, du N. O. de la Nouvelle-Ecosse et d'une partie de l'île du Pr. Edouard (Marées de la baie de Fundy) (Compte Rendu des opérations de la commission de géologie du Canada, 1894), Ottawa, 1895.*
29. A. H. Clark. — *A study of the salinity of the surface water in the N. Pacific oc. and in the adjacent enclosed seas (Smithson. miscellaneous collections, Vol. 60, N° 13), Washington, 1912.*
30. A. H. Clark. — *The circulation of the abyssal waters of the Ocean, as indicated by the geographical and bathymetrical distribution of the recent crinoids (Bulet. de l'Institut Océanographique N° 285), Monaco, 1914.*
31. A. H. Clark. — *Une étude philosophique de la relation entre les crinoïdes actuels et la température de leur habitat (Bulet. de l'Institut Océanographique N° 294), Monaco, 1914.*
32. P. T. Cleve. — *A treatise on the phytoplankton of the Atlantic and its tributaries etc. Upsala, 1897.*
33. P. T. Cleve. — *On the origin of Gulfstreamwater (Kon. Vetensk. — Akadem. Forhandlingar, N° 9), Stockholm, 1899.*
34. M. Comoy. — *Etude pratique sur les marées fluviales et notamment sur le mascaret, application aux travaux de la partie maritime des fleuves, avec atlas. Paris, 1881.*
35. W. H. Dall. — *Report on the currents and temperatures of Bering Sea and the adjacent waters (Const and Geod. Survey Report), Washington, 1880.*
36. G. Darwin, sir. — *The tides (Encyclopedia Britannica).*
37. G. Darwin, sir. — *The tides and kindred phenomena in the solar system, 3-rd edition. London, 1911.*
38. H. N. Dickson. — *The mouvement of the surface waters of the North sea (Geograph. Journ.), London, 1896.*
39. H. N. Dickson. — *The circulation of the surface waters of the North Atlantic Ocean (Philos. Trans. Royal Soc., Ser. A., vol. 186), London, 1901.*
40. F. L. Ekman. — *On the general causes of the ocean currents. Upsala, 1876.*
41. W. Ekman. — *Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen (Annalen d. Hydrogr. u. Marit. Meteor.), Berlin, 1906.*
42. V. Walfrid Ekman. — *On the influence of the Earth's rotation on ocean currents (Arkiv för Matematik, Astron. och Fysik. K. Svenska Vetensk. Akademien Band 2, N° 11), Stockholm, 1905.*
43. L. Favé. — *Maréographe plongeur (Annales hydrographiques 1908-1909-1910), Paris, 1910.*
44. A. G. Findley. — *A Directory for the navigation of the South Pacific ocean... Its winds, currents and passages, 5—edition. London.*
45. A. G. Findley. — *A Directory for the navigation of the North Pacific ocean... Its winds, currents and passages, 2—edition. London.*
46. A. G. Findley. — *A Directory for the North Atlantic ocean, 15—edition. London.*
47. A. G. Findley. — *Sailing directory for the Ethiopic or South Atlantic ocean, 9—edition. London.*
48. A. G. Findley. — *A Directory for the navigation of the Indian ocean.... 4—edition. London.*

49. J. Flint.—A contribution to the oceanography of the Pacific (Bulletin of the U. States National Museum № 55). Washington, 1905.
50. G. Forchhammer.—On the composition of sea-water in the different parts of the ocean (Philosophical Transactions. Vol. 155). London, 1855.
51. D. D. Gaillard.—Wave action in relation to engineering structures. Washington, 1904.
52. P. H. Gallé.—Zur Kenntnis der Meeresströmungen (Mededeelingen en Verhandelungen. Kon. Nederland. Meteor. Instit. № 102). Utrecht, 1910.
53. R. E. Godfrey.—Etudes sur les marées. Deuxième expédition antarctique française 1908—1910, commandée par le Dr. J. Churon. Paris, 1912.
54. G. Hagen.—Über wellen auf Gewässern von gleichmässiger tiefe. Berlin, 1862.
55. Rollin A. Harris.—Manual of tides. Parts I—IV (Coast and Geodetic Survey Reports). Washington, 1894—1904.
56. Rollin A. Harris.—Arctic tides (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1911.
57. B. Helland-Hansen.—Current measurements in Norwegian fiords, Norwegian Sea and the North Sea in 1906 (Bergens Museum Aarbog. № 15). Bergen, 1907.
58. B. Helland-Hansen and P. Nansen.—The Norwegian Sea (Report on Norw. Fishery and Marine Investigations. Vol. II. № 2). Kristiania, 1909.
59. B. Helland-Hansen.—The ocean waters an introduction to physical oceanography (Intern. Revue d. gesamten Hydrobiol. u. Hydrogr.). 1912.
60. M. W. Campbell Hepworth.—The effect of the Labrador current upon the surface temperature of the N. Atlantic and of the latter upon air temperature and pressure over the British Isles (Geophysical Memoirs № 1—10. Meteor. Office). London, 1912—14.
61. L. Jonkin.—La vie dans les océans. Paris, 1912.
62. Kayser.—Physik des Meeres. 2-te Aufl. neubearbeitet von Dr C. Pusch, Paderborn, 1914.
63. Athanasii Kircheri.—Mundus subterraneus. Amstelodami, 1685.
64. M. Knudsen.—Hydrography (The Danish Ingalp—expedition 1894). Copenhagen, 1899.
65. M. Knudsen.—Hydrographical Tables. London, 1901.
66. M. Knudsen.—Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen (D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skr., 6 Række; Afd. XII—1). Kjöbenhavn, 1902.
67. M. Knudsen.—Contributions to the hydrography of the North Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. f. Havund. Ser. Hydrographi. Bd. I, № 6). Kjöbenhavn, 1905.
68. M. Knudsen.—Danish hydrographical investigations at the Faroe Islands in the spring of 1910 (Meddel. fra Komm. f. Havund. Ser. Hydrogr. Bd. II, № 1). Kjöbenhavn, 1911.
69. J. G. Kuhl.—Geschichte des Golfstroms und seiner Erforschung. Bremen, 1838.
70. O. Krümmel.—Geophysikalische Beobachtungen der Plankton-Expedition. Leipzig, 1893.
71. O. Krümmel.—Der Ozean. Wien, 1902.
72. O. Krümmel.—Handbuch der Ozeanographie. B. I—II. Stuttgart, 1907—1911.
73. G. P. M. Even.—The distribution of ocean temperatures along the west coast of N. America deduced from Ekman's theory of the upwelling of cold water from the adjacent ocean depths (Intern. Revue d. gesamten Hydrobiologie u. Hydrogr.). 1912.
74. L. Mecking.—Die Eiszeit aus dem Bereich der Ruffin-Bai beherrscht von Strom und Wetter (Veröffentl. d. Institute für Meereskunde, Heft 7). Berlin, 1903.

75. L. Mecking.—Der Golfstrom (Meereskunde sammlung volkstümlicher vorräge...), Berlin, 1911.
76. H. Mohn.—The North ocean, its depths, temperature and circulation (The Norwegian N. Atlant. Exped. 1876—78), Christiania, 1887.
77. Prince Albert I de Monaco.—Sur le Gulf-stream. Recherches pour établir ses rapports avec la côte de France. Paris, 1883.
78. Prince Albert I de Monaco.—La carte bathymétrique des océans à l'échelle de 1:10,000,000.
79. Prince Albert de Monaco.—Sur une nouvelle carte de l'Atlantique Nord (Comptes Rendus d. Séances de l'Académie des Sciences. t. CXIV), Paris, 1892.
80. J. Murray, sir.—On the annual range of temperature in the surface waters on the ocean and its relation to other oceanographical phenomena (Geograph. Journal), London, 1898.
81. J. Murray, sir.—On the temperature of the floor of the ocean (Geograph. Journal), London, 1899.
82. J. Murray sir.—On the depth, temperature of the ocean waters and marine deposits of the S. Pacific ocean (Royal Geograph. Soc. of Australia), Brisbane, 1906.
83. J. Murray, sir.—The depths of the ocean, a general account of the modern science of oceanography based largely on the scientific researches of the Norwegian steamer *Michael Sars* in the N. Atlantic. London, 1912.
84. J. Murray, sir.—The ocean, a general account of the science of the sea. London, 1912.
85. P. Nansen.—Some oceanographical results of the expedition with the *Michael Sars* in 1900. Christiania, 1901.
86. P. Nansen.—The Oceanography of the North Polar basin (The Norwegian N. Polar Exped. 1893—96. Scientific results. Vol. III. N° 9), Christiania, 1902.
87. P. Nansen.—The bathymetrical features of the North Polar seas (Norw. N. Polar Exp. 1893—96. Vol. IV, N° 13), Christiania, 1904.
88. P. Nansen.—Die Ursachen der Meeresströmungen (Peti. Mitt.), Götting, 1905.
89. P. Nansen.—Northern waters (Vidensk. Selsk. Skrift. I. Mathem. Natur. klasse N° 3), Christiania, 1905.
90. P. Nansen.—Das Bodenwasser und die Abkühlung des Meeres (Intern. R. d. gesamt. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd V), Leipzig, 1912.
91. P. Nansen.—The sea west of Spitsbergen (Videnskup. Skrifter. I Mat. natur. klasse, N° 12), Christiania, 1912.
92. P. Nansen.—The Waters of the North-eastern N. Atlantic (Internationale Revue d. gesamt. Hydrobiologie u. Hydrographie), 1913.
93. P. Nansen.—Spitsbergen waters. Oceanographic observations during the cruise in 1912. Christiania, 1915.
94. J. N. Nielsen.—Hydrography of the waters by the Faroe islands and Iceland during the cruises of the Danish research steamer *Thor* in 1903 (Meddelelser fra Komm. for havundersøgelser, N° 4), København, 1904.
95. J. N. Nielsen.—Contributions to the hydrography of the waters North of Iceland (Meddelelser fra Komm. for havundersøgelser, N° 7), København, 1905.
96. J. N. Nielsen.—Contribution to the hydrography of the North-eastern part of the Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. for havunder., N° 9), København, 1907.
97. J. N. Nielsen.—Contribution to the understanding of the currents in the Northern part of the Atlantic ocean (Meddel. fra Komm. for havunder. N° 11), København, 1908.
98. Duc d'Orléans.—Croisière Océanographique accomplie à bord de la *Belgica*

dans la mer du Grönland au 1865 (Océanographie et biologie par E. Kosford). Bruxelles, 1907.

99. A. Paris.—Observations sur l'état de la mer recueillies à bord du *Dupleix* et de la *Misère* (1867—1870) (Revue Marit. et Coloniale). Paris, 1871.

100. O. Pettersson.—A review of swedish hydrographic research in the Baltic and the North seas (Scottish Geograph. Magazine). Edinburgh, 1894.

101. O. Pettersson.—Die hydrographischen Untersuchungen des Nordatlantischen Ozeans in den Jahren 1895—1896 (Pol. Mitt.). Gotha, 1900.

102. O. Pettersson.—On the influence of ice-melting upon oceanic circulation (Geograph. Journ.). London, 1907.

103. O. Pettersson.—Über Meeresströmungen (Veröffentl. d. Instituts für Meereskunde. Heft. 12). Berlin, 1908.

104. E. Philipp.—Die Grundproben (Deutsche Sudpolar Expedition). Berlin, 1910.

105. J. E. Pillsbury.—The Gulf-stream, a description of the methods employed in the investigation, and the results of the research (Coast and Geodetic Survey Report, N° 10, 1890). Washington, 1891.

106. C. Fleix.—Vents et courants. Routes générales. extrait des Sailing Directions de Maury. Paris, 1863.

107. J. Pollard et A. Dudebent.—Théorie du navire. T. I—IV. Paris, 1892.

108. G. Pourchet.—Expériences sur les courants de l'Atlantique Nord, faites sous les auspices du conseil municipal de Paris. Paris, 1889.

109. J. Prestwich.—Tables of temperatures of the sea at different depths beneath the surface, reduced and collected from various observations made between the years 1749 and 1868, discussed (Philos. Trans. Vol. 165). London, 1875.

110. R. Quinton.—L'eau de mer milieu organique. Paris, 1912.

111. J. Rennel.—An investigation of the currents of the Atlantic ocean and of those which prevail between the Indian ocean and the Atlantic. London, 1832.

112. J. Richard.—Les campagnes scientifiques de S. A. I. le Prince Albert I de Monaco. Monaco, 1909.

113. J. Richard.—L'Océanographie. Paris, 1907.

114. Rollet de l'Isle.—Observation, étude et prédiction des marées (Service hydrograph. de la Marine, N° 870). Paris, 1905.

115. C. Romme.—Tableaux des vents, des marées et des courants qui ont été observés sur toutes les mers du globe avec des réflexions sur ces phénomènes. T. I—II. Paris, 1806.

116. J. Rouch.—Océanographie physique. Deuxième expédition antarctique française. 1908—1910, commandée par le Dr J. Charcot. Paris, 1913.

117. C. Rüssler.—Grundzüge der Ozeanographie. Finne, 1903.

118. Rottok.—Die während der Forschungsreise S. M. S. *Gazelle* ausgeführten Tiefseemessungen, Wassertemperaturmessungen, Strombestimmungen und Beobachtungen über die Farbe und Durchsichtigkeit des Meerwassers (Die Forschungsreise S. M. S. *Gazelle* 1874—1876. Bd. II). Berlin, 1888.

119. G. Ryder.—Some investigations relating to the ocean currents in the sea between Norway, Scotland and Greenland. Copenhagen, 1901.

120. J. W. Sandström et B. Helland-Hansen. Ueber die Berechnung von Meeresströmungen (Report on Norwegian Fishery and Marine-Investigations. Vol. II, N° 4). Bergen, 1903.

121. J. Schmidt.—Report on the Danish oceanographical expeditions 1908—1910, to the Mediterranean and adjacent seas (Hydrography by J. N. Nielsen). Copenhagen, 1912.

122. J. Schokalsky et P. Schmidt.—Aperçu sur les explorations scientifiques des mers et des eaux douces de l'empire Russe. Bordeaux, 1907.
123. G. Schott.—Die jährliche Temperaturschwankung des Ozean Wassers (Pet. Mitt.) Gotha, 1895.
124. G. Schott.—Die Flaschenposten der Deutsche Seewarte. Hamburg, 1897.
125. G. Schott.—Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen. Hamburg, 1898.
126. G. Schott.—Océanographie und maritime Meteorologie. Texte u. Atlas (Wissenschaftliche ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer *Valdivia* 1895—99). Jena, 1902.
127. G. Schott.—Die Verteilung des Salzgehalts im Oberflächwasser der Ozeane (Pet. Mitt.) Gotha, 1902.
128. G. Schott.—Die Wärmervertheilung in dem Wasser der Südpolaren Meere (Annal. d. Hydr. u. Marit. Meteor.) Berlin, 1902.
129. G. Schott.—Die Wärmervertheilung in den Tiefen des Stillen Ozeans (Annal. d. Hydrogr. u. Marit. Meteor.) Berlin, 1910.
130. G. Schott.—Geographie des Atlantischen Ozeans. Hamburg, 1912.
131. B. Schulz.—Die Strömungen und die Temperaturverhältnisse der Stillen Ozeans nördlich von 40° N. Br. einschliesslich der Bering-meeres. Göttingen, 1911.
132. Sherard Osborn.—The Geography of the bed of the Atlantic and Indian Oceans and Mediterranean Sea (Journal of the R. Geograph. Soc. Vol. 41). London, 1871.
133. C. D. Sigbee.—Deep-sea sounding and dredging (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1880.
134. A. Supan.—Die Bodenformen des Weltmeeres (Pet. Mitt.) 1898.
135. J. van der Stoep.—Etudes des phénomènes de marée sur les côtes Néerlandaises. I—III (Koninkl. Nederl. Meteor. Inst. Nr 90). Utrecht, 1904.
136. Z. L. Tanner.—Deep-sea exploration. A general description of the steamer *Albatross*, her appliances and methods (U. S. Fish Comm. Bullet. 1896). Washington, 1897.
137. W. Thomson, sir.—The tides (Popular lectures and addresses. Vol. I—III). London, 1891.
138. W. Thomson, sir.—The tide gauge, tidal harmonic analyser, and tide predictor (Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. LXV). London, 1891.
139. J. Thoulet.—Océanographie. Vol. I—II. Paris, 1890—96.
140. J. Thoulet.—L'océan, ses lois et ses problèmes. Paris, 1904.
141. J. Thoulet.—Précis d'analyse des fonds sous-marins actuels et anciens. Paris, 1907.
142. J. Thoulet.—Instruments et opérations d'océanographie pratique. Paris, 1908.
143. Vaughan Cornish.—Waves of the Sea. London, 1910.
144. R. Verbeek.—Krakatau. T. I—II. Batavia, 1884.
145. Jaast Vossius.—Le guidon de la navigation ou traité du mouvement de la mer et des vents. Traduit du latin. Paris, 1666.
146. E. H. Weber und W. Weber.—Wellenlehre auf Experimente gegründet. Leipzig, 1825.
147. W. H. Wheeler.—A practical manual of tides and waves. London, 1906.
148. W. Wisseman.—Die Oberflächenströmungen des Schwarzen Meeres. Berlin, 1906.
149. R. Witting.—Zusammenfassende Übersicht der Hydrographie des Böttischen und Finnischen Meeresbusens und der Nördlichen Ostsee nach der Untersuchungen bis Ende 1910. Helsingfors, 1912.
150. R. Witting.—Beobachtungen von Temperatur und Salzgehalt an festen Stationen

in den Jahren 1900—1910 (Finlandische hydrographisch-Biologische Untersuchungen, № 6) Helsingfors, 1912.

151. R. Witting.—Beobachtungen von Oberflächenstrom, Tiefenstrom und Wind (in den Jahren 1900—1910) (Finlandische hydrographisch-biologische Untersuchungen, № 9) Helsingfors, 1912.

152. A. Woelkoff.—Etude sur la température des eaux et sur les variations de la température du globe (Archives des sciences physiques et naturelles, T. XV). Genève, 1886.

To zro no-pycku „Hantéria Huneap Pyeckaro Teopafawecaro Odm.“, T. XIX, C. He-repöpyra, 1883.

153. H. N. Wollenden.—Scientific and biological researches in the N. Atlantic (Memoirs of the Challenger Society, № 1). London, 1899.

154. K. Köppritz.—On the theory of ocean currents (Proceed. R. Soc.). London, 1879.

1. Annuaire des marées des côtes de France pour l'an 1914 (Service hydrographique de la Marine). Paris, 1913.

2. Berichte der Commission für erforschung des Ostlichen Mittelmeeres (S. M. Schiff Pola, 1890—94). Wien.

3. Berichte der Commission für oceanographischen Forschungen im Rothen Meere. Expedition S. M. Schiff Pola in das Rote Meer, 1890—96 und 1897—98. Wien, 1898—1907.

4. The Challenger Reports.—Narrative, Vol. I—II. Physic and chemistry, Vol. I—II. Deep-sea deposits; Botany, Vol. I. Zoology, Vol. I. Foraminifera, Vol. 9; Radiolaria, Vol. 18; Summary of the results, Vol. I—II. London, 1883—1895.

5. Conseil permanent international pour l'exploration de la mer. Copenhague.

A. Rapports et procès-verbaux des réunions, 1902—1913.

B. Bulletin des résultats acquis pendant les croisières périodiques.

C. Publications de circonstance № 1—69, 1903—14.

6. The eruption of Krakatoa and subsequent phenomena (Report of the Krakatoa Comm. of the Royal Soc.). London, 1888.

7. Gezeitentafeln (Observatorium zu Wilhelmshaven). Berlin, 1914.

8. Observations océanographiques et météorologiques dans l'Océan Indien. Atlaes pour 12 mois de l'année (Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Institut). Utrecht, 1893—1908.

9. Observations océanographiques et météorologiques dans la région du courant de Guinée (1855—1900) (Koninklijk Nederl. Meteorol. Institut). Utrecht.

10. De Guineen Equatorial Stroomen (Konigl. Nederl. Meteorol. Institut). Utrecht, 1895.

11. Observations océanographiques et météorologiques près du cap Guardafui (Konigl. Nederl. Meteor. Institut). Utrecht, 1909.

12. Résultats du Voyage du S. I. *Belgica* en 1897—99 sous le commandement de A. de Gerlachs de Gemery. Océanographie et Géologie: H. Arctowski et H. R. Mill.—Relation thermique; J. Thoulet—Détermination de la densité de l'eau de mer; H. Arctowski et J. Thoulet—Rapport sur la densité de l'eau de mer; H. Arctowski—Les glaces. Bruxelles.

13. Segelhandbuch für den Indischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1892.

14. Segelhandbuch für den Stillen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1897.

15. Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg.

16. Tables des marées des colonies Françaises des mers de Chine pour l'an 1914 (Service hydrographique de la Marine). Paris, 1913.

17. Tides tables for the year 1913 (Coast and Geodetic Survey). Washington, 1912.
18. Tide tables for the British and Irish ports. 1906. London, 1905.
19. Tide tables for standard ports in the United Kingdom and other parts of the world for the year 1915. London, 1914.
20. List of oceanic depths and serial temperatures. 1887—1912. London.
- Atlases.**
21. Monthly current charts for the Indian ocean (Hydrographer of the Navy). London, 1895.
22. Monthly current charts for the Atlantic ocean (Hydrographer of the Navy). London, 1897.
23. Quarterly current charts for the Pacific Ocean (Hydrographer of the Navy).
24. Wind and current charts for Pacific, Atlantic and Indian Oceans (Hydrographic Office). London, 1896.
25. Monthly Meteorological Charts of the N. Atlantic.—Meteorological Office. London.
26. Monthly Meteorological Charts of the Indian Ocean.—Meteorological Office. London.
27. Atlantischer Ozean. Ein Atlas von 39 Karten, die Physikalischen verhältnisse und die verkehrs-strassen darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1902.
28. Stiller Ozean. Ein Atlas von 31 Karten, die Physikalischen Verhältnisse und die Verkehrs-strassen. Darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1896.
29. Atlas der Stromversetzungen auf den Wichtigsten Dampferwegen im Indischen Ozean und in den Ostasiatischen Gewässern (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1905.
30. Atlas der Meeresströmungen in dem Indischen Ozean (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1918.
31. Indischer Ozean. Ein Atlas von 35 Karten, die Physikalischen Verhältnisse und die Verkehrs-strassen Darstellend (Deutsche Seewarte). Hamburg, 1891.
32. Pilot charts of the adjacent Seas of Japan (Hydrographic Office). Tokyo, 1913.
33. Pilot Charts of the North Atlantic Ocean. Hydrographic Office. Washington.
34. Pilot Charts of the central American waters. Hydrographic Office. Washington.

Алфавитный указатель именъ авторовъ.

Курсивныя цифры относятся къ страницамъ „Взведеніа“, римскія же — къ „Предисловію“.

Абруцкій, герцогъ. — 208, 515.
 Августъ. — 10.
 Айгмонъ. — 222.
 Аламинго, А. — 407, 20.
 Александръ Македонскій. — 9.
 Амундсенъ. — 58.
 Анаксимандръ. — 7.
 Ангола, К. — 231.
 Анучинъ, Д. Н. — 130.
 Араго. — 43, 44.
 Аристотель. — 406, 9.
 Аристофанъ. — 8.

Балънъ. — 230.
 Ballenъ. — 32.
 Байронъ, конн. — 29, 30.
 Бальбоа. — 8, 20.
 Бегейхъ. — 16, 23.
 Бёхмъ. — 50.
 Беллингаузенъ. — 32, 34.
 Belcher. — 32.
 Берггауъ, Г. — 412, 421.
 Бергъ, Л. С. — 180.
 Бернигъ. — 25.
 Вернуаки. — 287, 28, 46.
 Верриманъ. — 21.
 Верту. — 39.
 Версавъ. — 201.
 Видона. — 229.
 Вісовъ. — 32.
 Вичеръ. — 421.
 Вичи. — 194, 32.
 Вейль. — 28.
 Вогда. — 31.

Брайантъ. — 515.
 Брейфусъ, Л. Л. — 194, 512, 513, IV, 58.
 Бремонта. — 229.
 Бреннекъ. — 470, 502.
 Брукъ. — 20, 21, 29, 54, 39, 40.
 Брюсъ. — 63.
 Буге (Бутеръ). — 214, 28.
 Бугенвилъ. — 30.
 Бухрашъ, Т. Т. — 62.
 Бунзель. — 230, 45.
 Буссинесть. — 231.
 Бухтвель, А. М. — 197, 289, 435, Г.
 Бюанъ. — 30, 32, 90, 96.
 Бюкененъ. — 259, 391, 49.
 Бьеркнесъ, Я. — 413, 439, 437, 458, 459,
 460, 403, 482.
 Бэйлей. — 40.
 Вастъ. — 41.

Vaillant. — 32.
 Вальдемиллеръ. — 8.
 Варениусъ (Варений). — 408, 25, 27, 28.
 Варнекъ, А. И. — 58.
 Вассильеъ. — 32.
 Васко-да-Гама. — 406, 30, 23, 31.
 Веласко, Педро де. — 406.
 Веберъ. — 229, 230, 232, 280, 282, 43.
 Weddell. — 32.
 Wendt. — 32.
 Verdun. — 31.
 Вессонга, П. — 15.
 Wild. — 49.
 Willemss-Suhm. — 49.
 Вильчентъ, графъ. — 188.

Вильямсдей, А. Н.—53.
 Вильямсдей, В. А.—186, 189, 198.
 Винсента.—19.
 да-Винчи, Леонардо.—239.
 Воганъ Кориниъ.—268.
 Воейковъ, А. Н.—94, 158, 542, 559, 560, III.
 Вознесенскій, А. Н.—180.
 Волгманъ.—418.
 Воссюсъ.—29.
 Врангель, Ф.—32.
 Врангель, Ф. Ф.—176, 60.
 Wallerstorf-Urbair.—32.
 Гагенъ.—236.
 Гагенбахъ.—230.
 Галлей.—408.
 Галле.—418, 471, 540.
 Галлизей.—287.
 Ганновъ.—7.
 Гиррисъ, Р.—298, 363, 370.
 Гиссенмайръ.—361, 363.
 Hawkesworth.—29.
 Гебелъ, Г. Ф.—512.
 Гекатъ.—8.
 Гельландъ Ганзенъ.—507, 65.
 Гельмгольцъ.—224.
 Гельмъ.—48.
 Генсфортъ Кемпбелъ.—524.
 Генрихъ, навигаторъ.—15.
 Гентеръ.—543.
 Геродотъ.—287, 7, 8.
 Герцогъ Орлеанскій, Филиппъ.—183, 189.
 Геретнеръ.—229, 232.
 Гимилью.—7.
 Гиппалусъ.—11.
 Гиппархъ.—10.
 Григорьевъ, А. В.—433.
 Голсвинъ.—32.
 Гонериъ.—7.
 Гончаровъ.—273.
 Горверъ.—33.
 Горъ.—544.
 Готрѣ.—423.
 Гухельдтъ, А.—90, 411, 403, 480, 547, 43,
 46, 47.
 Дай.—551.
 Даренъ.—230.

Дарвинъ, Ч.—18.
 Дарвинъ, Г.—288, 333, 348.
 Дежневъ.—25.
 Дейхманъ.—21, 40.
 Делессъ.—42.
 Дешль.—25.
 Де-Понгъ.—515.
 D'Entrecasteaux.—32.
 Депреаръ.—44.
 Дианъ, Варт.—16, 20.
 Диксонъ.—529, 56, 53.
 Дитмаръ.—68, 67, 69, 50.
 Дипсархъ.—10.
 Доллоуъ.—408.
 Досей.—421.
 Дригальскій, Э.—196.
 Дриженко, Ф. К.—58.
 Дрокъ.—543, 24, 30.
 DuMont D'Urville.—23, 42, 44.
 Duperron.—32.
 Ду-а-и-Туаръ.—490, 547, 32, 42, 43.
 Жакуинотъ.—32.
 Ждановъ, М. Н.—423, 549, 550, IV, 56.
 Изабелла.—19.
 Йоръ.—65.
 Кабралъ.—407.
 Каботъ, С.—266, 20.
 Каддиба, В. Н.—272, IV.
 Канъ.—208, 515.
 Карпентеръ.—457.
 Kellat.—52, 42.
 Кельвинъ, лордъ (см. В. Томсонъ). 228, 344.
 Кенперъ.—287.
 Kerguelen, marquis de.—31.
 Керханъ.—412, 46.
 Кирхеръ, А.—408, 409, 27, 29.
 Кларкъ.—440.
 Клевъ.—440.
 Клиповичъ, Н. М.—513, 57, 58.
 Клаудсъ, М.—68, 69, 73, 84, 62, 63, 65.
 Кокумъ.—406, 421, 18, 19, 20, 21, 22, 30.
 Колчанъ, А. В.—58.
 Кортеъ.—407.
 Коши.—229.

Калебу, О. — 18, 71, 118, 214, 33, 33, 34,
35, 39, 42, 45.
Крузенштернъ. — 18, 119, 543, 544, 546, 32,
33, 42.
Крюкисель. — 470, 478, 500, 560, 56.
Крыловъ, А. Н. — 254, III, 46.
Кузанусъ. — 26.
Куль. — 18, 410, 544, 29, 30, 31, 38, 40.

Лагранжъ. — 229, 230, 264, 277, 280, 283, 45.
Латоньеръ. — 431.
Лазаревъ, М. П. — 32, 34.
Ла-Кура. — 229.
Лаперузь. — 18, 32.
Лаваль. — 229, 287, 334, 335, 337, 344, 38,
45, 46.
Лавбонъ. — 388.
Лобанъ. — 25.
Ленцъ, Ю. — 32.
Ленцъ, Эмиль. — 18, 71, 73, 118, 119, 34,
35, 36, 37, 39, 42, 43, 45.
Лене. — 407.
Леруа. — 408, 39.
Лисенко, Ю. — 18, 119, 32, 33.
Литте, Ф. — 544, 32.
Лойвель. — 24.
Лотшудъ. — 207.
Ломоносовъ, М. В. — 579, 5.
Лосель, А. Н. — III.
Лоттенъ. — 88.

Магелланъ, Ф. — 8, 18, 21, 22, 23, 24, 30,
32.
Макаровъ, С. О. — 167, 171, 179, 182, 291,
470, 490, 481, 533, 542, 549, 32, 55, 56,
60, 62, 63, 69.
Мас-Синто. — 32, 49.
Махоревъ. — 287, 456, 28.
Мальте-Брѣнъ. — 39.
Мальчевскій, М. П. — III.
Марей. — 282.
Маріон. — 31.
Маринъ. — 12, 13.
Марсганъ. — 207.
Марезъ. — 44.
Маринья. — 27, 28.
Маскухъ. — 14.
Мельвилъ. — 515.

Мерцъ. — 470.
Меркаторъ. — 26.
Меррей, сэръ Дж. — 54, 57, 217, 390, 391, 532,
49, 50, 61, 63.
Михтендорфъ. — 433.
Михальевичъ. — 41.
Милль. — 124, 63.
Миттель. — 418.
Моисей. — 19.
Монахскій принцъ, Альбертъ. — 54, 214, 421,
422, 499, 54, 55.
Монтъ. — 457, 57.
Моръ. — 21, 31, 32, 411, 39, 40, 46, 47, 48.
Моттсъ. — 259.
Машинеръ. — 8.
де-Маръ. — 24.

Навесь, Ф. — 41, 151, 153, 160, 207, 211,
413, 436, 439, 450, 457, 462, 464, 465,
505, 513, 558, 52, 59, 63, 65.
Невельской, Г. — 32.
Несо. — 7.
Никитинъ, М. В. — III.
Новоплатонскій, П. А. — 58.
Норденшильдъ. — 58.
Ньютонъ. — 239, 297, 334, 335, 38, 45, 46.
Нарсъ. — 48, 49.

Орлеанскій герцогъ, Филиппъ. — 486, 289,
58.
Ортеллусъ. — 25.

Паркеръ. — 18.
Пари, лейт. — 230, 231, 254, 256, 257, 260,
261, 262, 263, 45.
Парри. — 194.
Парротъ. — 35, 36, 37, 42.
Петерсенъ, О. — 413, 457, 458, 50, 63, 65.
Пильберъ. — 418, 493, 494, 495.
Ringé. — 31.
Пинзонъ. — 407.
Пиръ. — 41, 183, 208, 209.
Питсманъ. — 287, 8, 9.
Плѣмъ. — 5, 12, 16.
Поло, Маркъ. — 15, 18.
Понти-де-Леонъ. — 407.
Посидоній. — 287.
Пиломей. — 13, 14.

Нудессонъ.—229, 45.
Parey-Custe.—63.

Рамонъ.—230, 45.

Рейнике.—396.

Ренаръ.—54, 59.

Реннелъ, Дж.—411, 412, 46.

Renand, J.—63.

Ронизъ.—411.

Рорданацъ.—400, 401, 402, 403, 404.

Росси, Дж. К.—19, 20, 31, 32, 142, 190,
33, 39, 44.

Росси, Дюль.—18, 40.

Рудовицъ, Л. Ф.—III.

Руйишъ.—23.

Рыжачевъ, М. А.—37.

Ралей, лордъ.—230.

Савитиремъ.—413, 457, 65.

Сахаровъ, Л. В.—551.

Свердрупъ.—53.

Секки.—215, 216.

Сенка.—II, 12.

Серафимовъ, В. Н.—288, III.

Сергѣевъ, Н. С.—58.

Сигеби.—25, 72, 73, 54.

Синьъ.—119.

Скоттъ-Россинъ.—230.

Скоттъ, Р. Ф.—190, 200.

Скорееби.—230, 256, 274.

Sörensen.—62.

Сера.—220.

Сотсюръ.—42.

Staeley.—52.

Станюковичъ.—32.

Стивенсонъ.—271.

Страбонъ.—10, 12.

Surville.—31.

Сухомель, В. М.—III.

Талесъ.—7.

Тасманъ.—24, 30.

Теофрастъ.—406.

Тибериъ.—16.

Тизардъ.—45.

Тихосфенъ.—10.

Тиндаль.—220.

Толь, бар. 9.—361, 58.

Томсонъ, В. (см. Кольманъ).—18, 23, 24, 268,
37.

Томсонъ, Уайнъ.—48, 49.

Торисъ.—57.

Тосканизали.—15, 19.

Тотъ.—50.

Уевель.—298, 306, 307, 46.

Уилксъ.—215, 32, 45.

Фане.—370, 404.

Финдлей.—412, 46.

Фицъ-Рой.—119, 32, 42.

Fleutien.—31, 39.

Фоксбергъ.—229, 45.

Форель, Ф. А.—218, 219, 222, 282.

Форстеръ.—18.

Фортхаммеръ.—66, 45.

Форчъ.—413, 471, 62.

Фостеръ.—31.

Франклинъ.—410, 411, 463, 493.

Фрутъ.—230, 247, 45.

Фурье.—402.

Hamaley, W. H.—429.

Хромченка.—32.

Цезарь Юлий.—10.

Цэпирацъ.—463, 464, 466, 470, 477.

Чалхди.—230.

Шандъ.—32.

Шарко.—404, 553, 34, 63.

Шекстонъ.—552.

Шерардъ Осборнъ.—40.

Шиллингъ, Н. бар.—456.

Шингуаревъ.—32.

Шмелькъ.—57.

Schmidt, J.—533.

Шокальскій, Ю. М.—160.

Шорландъ.—40.

Шпанцеръ, I. B.—178, 180, 523, 57, 60.

Шпрингъ.—220, 45.

Шотъ.—222, 231, 250, 280, 269, 413,
60.

Шульманъ, Г. Н.—III.

Шутель.—34.

Эберкромби.—255, 261, 263.

Эйлеръ.—28.

Земанъ, Н.—180, 413, 418, 419, 435, 465,
467, 468, 470, 471, 472, 491, 496, 539, 540,
56, 65.

Зилинг.—27.

Зильвано.—22, 24.

Зме.—141, 418.

Зратосфенъ.—10, 15.

Зренбергъ.—41.

Зри.—230, 238, 46.

Зринъ.—44.

Изобесъ.—48.

Ином, А. В.—197.

Алфавитный указатель именъ судовъ, упоминаемыхъ въ текстѣ.

Курсивныя цифры относятся къ страницамъ „Надсвѣтъ“.

- | | |
|--|--|
| Albatros.—53. | Витязь.—143, 144, 171, 391, 542, 55, 56. |
| Alma Cummings.—431. | Востокъ.—32, 34. |
| Альбионъ.—487. | |
| Америка.—32. | Gauss.—155, 157, 553, 61. |
| Андрей Первозванный.—194, 58. | Hastings.—439. |
| Arctic.—21. | Gazelle.—51, 52. |
| Astrolabe.—32. | Herald.—32. |
| Aurora.—552, 553. | Goja.—58. |
| Ахтѣ.—32. | Gorgon.—21. |
| | |
| Байкалъ.—32. | Deutschland.—148, 155, 157, 158, 470, 552, |
| Belgica.—155, 157, 189, 191, 192, 552, 58, | 553, 560, 61. |
| 61. | Deering.—432. |
| Baffin.—32. | Dijnapha.—529. |
| Bahia.—18, 32. | Discovery.—61. |
| Баклановъ.—32. | Dolphin.—29. |
| Blake.—134, 493, 54. | Донца.—175, 59. |
| Blossom.—32. | Dochra.—205. |
| Bonita.—32. | Dupleix.—256. |
| La Boudeuse.—30. | |
| Boussole.—32. | Елена.—32. |
| Buccaneer.—261. | Ely.—554. |
| Bull-dog.—32. | Endurance.—552, 553. |
| | Entreprise.—54. |
| Байракъ.—58. | Erebus.—32, 34. |
| Valdivia.—38, 62, 141, 145, 155, 157, 171, | Ермакъ.—59. |
| 180, 200, 202, 216, 222, 60. | L'Espérance.—32. |
| Varna (Варна).—44, 529. | |
| Vega.—58. | Jane.—32. |
| Venus.—32, 43. | Jannette (Жанетта).—207, 514, 515. |
| Vettore Pisani.—54. | |
| Willem's Barents.—57. | Запорожцы.—175. |
| Vincent Perotta.—432. | Zélee.—32. |

Iale. — 431.
Ingolf. — 141, 145, 158, 57.
Hirondelle. — 54.

Казбекъ. — 175.
Камчатка. — 32.
Капукъ. — 515.
Coquille. — 32.
Conscript. — 203.
Congress. — 18.
Кретиш. — 32.

Lively. — 32.
Lighting. — 48.

Meteor. — 203.
Minerva. — 256.
Мурмаш. — 32, 34.
Michael Sars. — 424, 504, 532, 61.
Мушкет. — 32, 38.

Нарекан. — 119, 543, 32, 33, 38.
National. — 56.
Нена. — 13, 119, 481, 494, 543, 32, 33.
Nero. — 37, 59.
Navara. — 32.

Onsparia. — 32.

Настырь. — 197, 198.
Penguin. — 52, 59.
Petty. — 432.
Planet. — 36, 101, 102, 103, 110, 141, 142,
143, 144, 145, 231, 250, 260, 261, 263, 61.
Pola. — 171, 50.
Полипуан Japa. — 58.
Porcupine. — 32.
Porpoise. — 32.
Предуплате. — 18, 71, 98, 118, 29, 34, 37,
38, 39, 42, 43, 45.
Princesse Alice. — 54.
Princesse Louise. — 32.
Pour-quoi-pas. — 155, 157, 61.

Rattlesnake. — 32.
Rainbow. — 421.
Relay. — 59.
Recherche. — 32.

Rossmore. — 432.
Рорикъ. — 214, 52, 33, 38, 42, 45.

Sabrina. — 32.
Samarang. — 32.
Ca. Anna. — 515, 529.
Селенитъ. — 60.
Семанитъ. — 543, 32, 38.
Siboga. — 59.
Eliza Scott. — 32.
Scotia. — 61.
Stork. — 542.
Sulphur. — 32.

Tallman. — 58.
Tallman. — 54.
Tegethof. — 197, 198.
Telemach. — 431, 500.
Terror. — 32, 44.
Texas. — 203.
Thee. — 114, 189.
Travailleur. — 54.
Toula. — 32.
Tuscarora. — 36, 52, 59.

Umbria. — 277.

White. — 432.

Fanny Wolston. — 430, 431, 500.
Faraday. — 277.
Vöringen. — 57.
Фрамъ (Fram). — 151, 152, 156, 187, 188,
208, 211, 465, 513, 52, 56.
Friends. — 492, 21.

Chadwick. — 430, 432.
Cyclops. — 21.

Черноморскъ. — 175, 59.

Challenger. — 23, 54, 56, 66, 99, 119, 128,
141, 142, 143, 144, 145, 261, 429, 435,
457, 553, 29, 31, 37, 38, 40, 48, 49, 50,
51, 52, 53, 57, 61.
Shearwater. — 48.

Экспедиция. — 52.

Алфавитный указатель географических названий.

Курсивными цифрами относятся къ страницамъ „Введенія“.

Австралиа. — 7, 37, 38, 45, 160, 279, 332, 356, 357, 382, 426, 540, 541, 544, 548, 552, 554, 559, 24, 30, 52.
Австралийско-азиатское м. *). — 10, 45.
Австралийское м. — 548.
Австрия. — 53.
Адмиралтейства зал. — 363.
Аденский зал. — 170, 171, 542.
Аденъ. — 14, 280, 40.
Адгерь-грунцъ банка. — 473.
Адриатическое м. — 10, 43, 114, 55.
Азия. — 97, 332, 382, 537, 548, 551, 12, 16, 18, 19, 25, 38.
Азия Малая. — 536.
Азовское м. — 10, 44, 46, 90, 106, 139, 175, 176, 536.
Азорскіе о-ва. — 21, 32, 91, 272, 277, 372, 390, 391, 406, 426, 499, 19, 51.
Азидские о-ва. — 43, 96, 532.
Азидская половина. — 107.
Александра I земля. — 199, 34.
Александрия. — 12, 14, 15.
Алеутскіе о-ва. — 35, 36, 61, 339, 545, 53.
Алеутское теченіе. — 545.
Аляска. — 36, 41, 204, 312, 386, 514, 545, 33.
Амазонка р. — 392, 396, 426, 457.
Анальфи. — 18.
Америка. — 54, 332, 382, 408, 410, 421, 496, 500, 515, 526, 545, 551, 29, 31, 22, 23, 24, 25, 31, 38, 51.
Американская половина. — 150.
Американо-азиатское море. — 10.

Амстердамъ о-въ. — 38, 371.
Амуръ р. — 393.
Аннамъ. — 548.
Антарктида. — 374.
Анатолия. — 180.
Анверс. — 399.
Англия. — 34, 97, 106, 268, 270, 272, 381, 389, 392, 397, 410, 9, 11, 29, 30, 40, 49.
Андалусское м. — 10, 46.
Аннамъ зал. — 204.
Антарктический материкъ. — 3, 33, 38, 150, 189, 201, 332, 404, 557, 558, 559, 562, 25.
Английскіе о-ва. — 33, 45, 56, 171, 273, 278, 421, 424, 426, 490, 493, 50.
Английское теченіе. — 493, 494, 497, 502.
Англия о-въ. — 371.
Аннотъ портъ. — 371.
Аравское м. — 98, 178, 179, 283.
Аравійское м. — 222, 382, 539.
Аравія. — 83.
Аргентинское м. — 30, 41.
Арика зал. — 279, 279.
Аркский бассейнъ (Валт. м.). — 107.
Архипелагъ. — 43, 114.
Ашуръ-Аде о-въ. — 98.
Атлантическое Норвежское теченіе. — 403, 504, 508, 511, 516, 519, 523, 524.
Атлантический ок.: — названіе — 8; границы — 9; площадь — 10; уровень — 17; рельефъ дна — 32; рельефъ дна морей — 42; средняя глубина — 51; глобигеринный илъ — 61; радиолярный илъ — 63; древность — 64; распредѣл. по широтамъ солености, осадковъ, испареній, вѣт-

*) м. сокращеніе — море.

ности, темпер. воды и воздуха—83; распредел. солености—91; средняя соленость—94; распредел. плотности на глубинах—102, 103; распредел. шхлорофа на глубинах—111; годов. амплитуды темпер.—131; распредел. темпер. по поверхности—133-135; максимумы—136; крайняя темпер.—136; средн. темпер.—149, 150; распредел. темпер. на глубинах южн. пассатного простр.—154, 155, 157, 158; средн. темпер. на глубинах—160; вертик. обьём воды—165, 166; ледян. горы—201, 203, 205; прозрачность—216, 217; шельф—222; лаба—258, 261, 262; размеры волн—260, 261; прибой—267; буруны—273, 274; волны землетряс.—271, 278; приливы—356; амплит. приливов—370, 372; приливы течений—387, 390; течения тропич. поясов—496; течения суб. поясов—492; течения южн. поясов—527; течения морей—529. Атлантическое течение.—499, 501, 502, 505, 504, 508, 520, 521, 522, 524, 527. Атлантическое Шпицбергенское течение.—508, 510, 511, 513, 516. Ауландъ порты.—371. Африка.—43, 130, 169, 273, 332, 357, 406, 407, 424, 449, 486, 490, 491, 492, 527, 533, 538, 552, 8, 9, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 27, 51. Африканская котловина.—150. Валь-эль-Мандебей пр.—95, 170, 543. Вавилонъ порты.—382. Вагхемск. банка.—493. Вагхемск. о-ва.—407, 421, 432, 493. Байкаль оз.—178, 179. Баку.—103. Банаренск. о-ва.—43, 534. Балканскій пол-ост.—536. Балтийское м.—10, 14, 17, 42, 96, 106, 107, 115, 132, 138, 168, 172, 173, 174, 178, 179, 181, 211, 217, 221, 223, 292, 273, 293, 300, 441, 473, 483, 530, 531, 532, 56, 57. Балпа м.—45, 133, 172, 51. Баренцово м.—41, 134, 193, 203, 508, 512, 521, 522. Барфлортъ мыс.—377, 384. Барсонъ пр.—554. Барометр.—70, 72, 73, 76, 119. Ватуна.—533. Баффинова земля.—33. Баффиново м.—18, 41, 193, 194, 203, 501, 516, 517, 40. Бельгия.—97, 381, 53, 62. Белль-река маяк.—269. Бельг. пр.—42, 96, 97, 107, 172, 526, 530, 531. Беннетъ о-ва.—204. Бенгальскій зал.—94, 222, 382, 538, 539, 40. Бенгальское течение.—406, 487, 527, 528, 541, 545, 552. Берингово м.—10, 39, 46, 139, 167, 204, 549, 58, 56. Беринговъ пр.—8, 39, 193, 208, 363, 515, 550, 559, 51, 58. Бермуды о-ва.—51. Бискайск. порты.—370. Бискайскій зал.—43, 48, 268, 289, 432, 48. Бирма.—97. Брайджуотеръ (баръ р. Северн).—381. *Biddulphia sinensis* (водоросль).—530. Большой Кайманъ о-ва.—44. Вальшей проходъ пр.—373. Вайбей.—382, 40. Вайнгъ о-ва.—36. Бордо.—393. Борагольмская котловина.—107. Борнеумъ.—268. Борнео о-ва.—45, 548. Борнеоландъ о-ва.—42, 96, 106, 173, 180. Борцовск. о-ва.—351. Ботель.—392, 406. Бофортъ.—13, 44, 96, 106, 114, 174, 176, 408, 533, 534, 535, 536, 542, 55, 60. Бофортское течение.—535. Ботническая котловина.—107. Ботнический зал.—15, 16, 43, 96, 108, 138, 172, 173, 360, 531. Бразилія.—18, 91, 407, 424, 51. Бразильское течение.—424, 487, 527, 537. Брехень.—393. Брестъ.—287, 354, 387, 361. Брестъ.—376, 377, 421.

ности, темпер. воды и воздуха—83; распредел. солености—91; средняя соленость—94; распредел. плотности на глубинах—102, 103; распредел. шхлорофа на глубинах—111; годов. амплитуды темпер.—131; распредел. темпер. по поверхности—133-135; максимумы—136; крайняя темпер.—136; средн. темпер.—149, 150; распредел. темпер. на глубинах южн. пассатного простр.—154, 155, 157, 158; средн. темпер. на глубинах—160; вертик. обьём воды—165, 166; ледян. горы—201, 203, 205; прозрачность—216, 217; шельф—222; лаба—258, 261, 262; размеры волн—260, 261; прибой—267; буруны—273, 274; волны землетряс.—271, 278; приливы—356; амплит. приливов—370, 372; приливы течений—387, 390; течения тропич. поясов—496; течения суб. поясов—492; течения южн. поясов—527; течения морей—529. Атлантическое течение.—499, 501, 502, 505, 504, 508, 520, 521, 522, 524, 527. Атлантическое Шпицбергенское течение.—508, 510, 511, 513, 516. Ауландъ порты.—371. Африка.—43, 130, 169, 273, 332, 357, 406, 407, 424, 449, 486, 490, 491, 492, 527, 533, 538, 552, 8, 9, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 27, 51. Африканская котловина.—150. Валь-эль-Мандебей пр.—95, 170, 543. Вавилонъ порты.—382. Вагхемск. банка.—493. Вагхемск. о-ва.—407, 421, 432, 493. Байкаль оз.—178, 179. Баку.—103. Банаренск. о-ва.—43, 534. Балканскій пол-ост.—536. Балтийское м.—10, 14, 17, 42, 96, 106, 107, 115, 132, 138, 168, 172, 173, 174, 178, 179, 181, 211, 217, 221, 223, 292, 273, 293, 300, 441, 473, 483, 530, 531, 532, 56, 57. Балпа м.—45, 133, 172, 51. Баренцово м.—41, 134, 193, 203, 508, 512, 521, 522. Барфлортъ мыс.—377, 384. Барсонъ пр.—554. Барометр.—70, 72, 73, 76, 119. Ватуна.—533. Баффинова земля.—33. Баффиново м.—18, 41, 193, 194, 203, 501, 516, 517, 40. Бельгия.—97, 381, 53, 62. Белль-река маяк.—269. Бельг. пр.—42, 96, 97, 107, 172, 526, 530, 531. Беннетъ о-ва.—204. Бенгальскій зал.—94, 222, 382, 538, 539, 40. Бенгальское течение.—406, 487, 527, 528, 541, 545, 552. Берингово м.—10, 39, 46, 139, 167, 204, 549, 58, 56. Беринговъ пр.—8, 39, 193, 208, 363, 515, 550, 559, 51, 58. Бермуды о-ва.—51. Бискайск. порты.—370. Бискайскій зал.—43, 48, 268, 289, 432, 48. Бирма.—97. Брайджуотеръ (баръ р. Северн).—381. *Biddulphia sinensis* (водоросль).—530. Большой Кайманъ о-ва.—44. Вальшей проходъ пр.—373. Вайбей.—382, 40. Вайнгъ о-ва.—36. Бордо.—393. Борагольмская котловина.—107. Борнеумъ.—268. Борнео о-ва.—45, 548. Борнеоландъ о-ва.—42, 96, 106, 173, 180. Борцовск. о-ва.—351. Ботель.—392, 406. Бофортъ.—13, 44, 96, 106, 114, 174, 176, 408, 533, 534, 535, 536, 542, 55, 60. Бофортское течение.—535. Ботническая котловина.—107. Ботнический зал.—15, 16, 43, 96, 108, 138, 172, 173, 360, 531. Бразилія.—18, 91, 407, 424, 51. Бразильское течение.—424, 487, 527, 537. Брехень.—393. Брестъ.—287, 354, 387, 361. Брестъ.—376, 377, 421.

Брежа о-въ.—377.
Бристоль.—20.
Бристольский зал.—380, 381, 382, 394, 11.
Буре о-въ.—158, 204.
Буде портъ.—381.
Бугензия о-въ.—29.
Бурбонъ о-въ.—370.
Буртонский каналъ.—230.
Бълоо м.—10, 42, 96, 97, 108, 187, 188, 217, 223, 359, 361, 369, 433, 529, 43, 58, 60.

Байнчъ о-въ.—42.
Валенція.—524, 525.
Вальпараисо.—31.
Ванъ-Демена пр.—540.
Владивостокъ.—189.
Вайкуфъ портъ.—374.
Великобританія.—97, 385, 525, 53, 62.
Вашингтонъ.—339, 51.
Венеція.—16, 20.
Востокъ.—381.
Востъ-Индскіе о-ва.—428.
Видлетъ-Пойнтъ портъ.—359.
Визъ гавань.—269.
Викторія земля.—33, 199, 562.
Вильгельм II земля.—199.
Вилькицкого генерала о-въ.—261.
Вознесенія о-въ.—259, 261, 267, 370, 51.
Волга р.—98.
Ворскъ мысъ.—381.
Восточно-Гренландское течение.—153, 192, 293, 437, 493, 501, 503, 519, 564, 58.
Восточно-Австралийское течение.—548, 557.
Восточно-Китайское м.—262.
Восточное течение южныхъ широтъ.—551, 558.

Гавайскіе о-ва.—363, 365, 366, 371, 52.
Гаваи.—378.
Гавръ.—272, 279, 360, 389, 393.
Гадесъ.—8, 9.
Гадуръ.—8.
Ганга.—19.
Гайана о-въ.—129.
Галапагосскіе о-ва.—139, 543.
Галегосъ р.—376.
Галегосъ портъ.—376.

Галафахъ портъ.—51.
Гамбургъ.—278, 393, 413, 411.
Гамбай зал.—352.
Гавге.—360.
Гангъ р.—396.
Гаттерасъ м.—432, 495, 497, 20.
Гастингсъ.—381.
Гвадалупидуръ.—22.
Гвардафуй м.—139.
Гвианский зал.—180, 262, 267, 424, 457, 482, 78.
Гвианское теченіе.—406, 490, 493.
Гвианское теченіе.—407, 491, 493.
Гюмберъ р.—392.
Генъ-Бэй, рефъ.—493, 495.
Геуа.—271, 78.
Георгъ портъ.—374.
Гердъ о-въ.—554.
Германія.—48, 53, 62.
Герней о-въ.—273, 274, 377, 389, 424.
Геттисбергъ банка.—391.
Гибралтарскій пр.—43, 95, 103, 104, 169, 170, 391, 406, 437, 439, 440, 529, 533, 534, 542, 9, 12, 44, 50.
Гималійскій залъ или губа.—386, 382, 549.
Гило.—279.
Глостеръ.—394.
Гранта земля.—207, 299.
Гранвилъ портъ.—377, 378, 379.
Гренландія.—8, 33, 41, 136, 156, 161, 153, 154, 190, 192, 193, 195, 196, 197, 199, 208, 204, 207, 208, 406, 426, 428, 436, 437, 501, 502, 508, 509, 513, 514, 515, 516, 558, 57.
Гредія.—43.
Горло Бѣлаго м.—42, 97, 138, 168, 217, 361, 362, 529.
Готландъ о-въ.—168, 360.
Голландія.—97, 166, 370, 381, 391, 53, 62.
Гольфстримъ.—54, 91, 92, 129, 135, 153, 154, 203, 222, 259, 406, 407, 410, 411, 421, 424, 426, 430, 431, 433, 437, 440, 461, 463, 494, 495, 496, 497, 498, 501, 502, 504, 518, 520, 524, 527, 544, 545, 20, 42, 54.
Гондурасъ.—407.
Гонконгъ.—51.
Гонзулу портъ.—363, 365, 371, 51.

Горизъ мысъ.—5, 8, 33, 204, 205, 256, 279,
332, 424, 528, 547, 548, 552, 24, 33, 34.
Горизъ мыса теченіе.—523, 547, 548.
Горизъ Кабфа.—374.
Гоу о-въ.—523.
Готландъ о-въ.—42, 96, 172, 173.
Готландскія котловина.—197.
Готтенбургъ.—481.
Гуанъ о-въ.—37, 48, 370, 59.
Гутан.—393.
Гудзоновъ зал.—10, 44, 206.
Гудзоновъ пр.—372.
Гуль порта.—392, 393.
Гумбольдтово теченіе.—547.

Давія.—389, 53, 62.
Данцигская бухта.—441.
Дарданеллы.—44, 96, 196, 176, 406, 533,
535, 542, 11, 18.
Датскіе о-ва.—42, 174.
Датскій пр.—33, 192, 501, 516.
Давія банка.—391.
Данискій зал.—97, 168.
Данисскіе мысъ (Восточный).—25.
Джоресъ о-въ.—377, 389.
Джильберта о-въ.—371.
Де-Кастри, гавань.—350, 351, 353, 357,
371, 402.
Дельгадо мысъ.—540.
Дербентъ.—98, 139.
Дегби гавань.—374.
Делетъ мысъ.—376.
Диско о-въ.—426.
Дефорово-Бутскій лиманъ.—139.
Доброй Надежды мысъ.—8, 294, 295, 222,
376, 442, 527, 528, 20, 24, 33, 40, 61.
Досонъ порта (Тонкинъ).—357, 359.
Дрейфъ Гольфстрима.—490.
Дрейфъ Японскаго теченія.—543, 551.
Драка пр.—204.
Дувръ.—353, 354.
Дувалъ р.—536.
Дузъ порта.—204.
Дукисскъ пр.—8, 33, 39, 41, 501, 516.

Визиторія.—536.
Виропя.—150, 170, 194, 211, 262, 279, 332,
334, 337, 367, 370, 381, 382, 393, 396,

406, 407, 421, 424, 426, 501, 513, 518,
520, 521, 522, 526, 527, 533, 559, 0, 10,
12, 16, 18, 19, 20, 22, 24, 51, 57.

Египетъ.—406, 18.

Евтерининская гавань.—340, 341, 352,
353, 354, 361, 492.

Енисей р.—58.

Желаніе мысъ.—428.

Желтое м.—45, 543, 549.

Женева.—9.

Женевское оз.—289.

Жиронда р.—42.

Жуанъ-де-Фука пр.—363.

Завзибаръ.—217.

Зари рейды.—361, 363.

Западно-Австралийское теченіе.—541, 542.

Западно-Гренландское теченіе.—426, 501,
516.

Зеландія о-въ.—172.

Зеленый мысъ о-ва.—371, 19, 51.

Зеленый мысъ.—33, 262, 371, 421.

Зеленый зал.—374.

Земля Викторія.—38, 199, 562.

Земля Гранта.—515.

Земля Грания.—190.

Земля Гринвиля.—190.

Земля Канта.—199, 562.

Земля Лунтиса.—562, 563.

Земля Николая II.—3, 195, 204.

Земля Франца-Иосифа.—151, 187, 193, 199,
204, 208, 512, 514, 529.

Земля Эндерби.—201.

Зондскій архипелагъ.—7, 10, 38, 44, 94,
172, 262, 541, 548, 20, 21, 22, 24, 59.

Зондскія моря.—357.

Зондскій пр.—279, 429, 548.

Зундъ пр.—42, 96, 97, 172, 531.

Эндерсовъ зал.—365, 389.

Итальянская банка.—552.

Итальянскій мысъ.—5, 293, 541.

Итальянское теченіе.—426, 449, 528, 537, 540,
541, 552, 557.

Ихьянъ.—279.

Индійскій ок.: названіе—8; граница—9;
площадь—10; колебанія уровня—13;

- рельефы дна—33; рельефы дна хорей—48; средняя глубина—51; глобигериновый ил—61; диатомовый ил—62; радиоларный ил—62, 63; прочность—64; распредел. солености—92; средняя соленость—94; распредел. плотности на глубинах—102; годовые амплит. темпер.—130; распредел. темпер. по поверхности—133-135; изохалы—136; средняя темпер.—137; распредел. темпер. на глубинах—143, 144, 147; придонная темпер.—150; распредел. темпер. на глубинах южн. поларн. простр.—154, 155, 157; средн. темпер. на глубинах—160; ледян. горы—201, 202, 205; прозрачность—217; шифт.—222; размеры волн—266; прибой—271; волны землетряс.—278; приливы—357; амплит. прилива—370, 382; течения муссонные—337; течения южн. пассаты—549; течения мекс.—542.
- Индия.—17, 382, 406, 11, 12, 16, 19, 20, 21.
 Индо-Китай.—45, 46, 357.
 Индостан.—64, 29.
 Инфракрасный порт.—351.
 Ирмингера течение.—428, 516.
 Ири оз.—263.
 Ирландское течение.—501.
 Ирландское м.—10, 369.
 Иранда.—21, 42, 48, 170, 204, 389, 406, 424, 440, 501, 529, 533, 49.
 Ирмингера течение.—501, 502.
 Исландское течение.—516, 518.
 Исландия.—32, 33, 41, 61, 151, 192, 203, 204, 211, 406, 421, 428, 436, 461, 462, 463, 464, 501, 502, 504, 506, 516, 519, 532, 11, 18, 57, 58.
 Испания.—43, 169, 262, 270, 273, 376, 432, 11, 19, 21, 24, 51.
 Италия.—43, 114, 53.
 Итуруп о-в.—52.
- Ява о-в.—549.
 Южогана.—51.
 Южнояпонское м.—43, 217.
- Кавказ.—536.
 Кадикс.—278, 387, 8.
 Календула.—20.
 Калифорнское течение.—471, 545, 546.
 Калифорнийск. зал.—10, 382.
 Калифорния пол-в.—543.
 Камчатка пол-в.—36, 46, 139, 204, 51, 33, 41.
 Кампобелло о-в.—373.
 Канада.—231, 372, 382.
 Канадская губа.—43, 108, 136, 163.
 Канадская сел.—361, 363.
 Канарское течение.—471, 490, 505.
 Канарские о-ва.—371, 391, 19.
 Канни пол-в.—42, 137.
 Канштадт.—273, 280.
 Карабутажск. зал.—98, 57.
 Караибское м.—10, 44, 168, 171, 339, 356, 421, 424, 426, 431, 460, 487, 492, 493, 498, 529, 49, 54.
 Караибское течение.—487, 492.
 Каргополь арх-т.—38.
 Кардиф порт.—381.
 Каролинские о-ва.—370.
 Карское м.—42, 168, 190, 192, 197, 529, 58.
 Каранген.—8, 9.
 Кассатериды.—9.
 Каспийское м.—97, 98, 109, 115, 139, 176, 423, 537, 57.
 Каттегат пр.—42, 97, 109, 107, 115, 172, 174, 360, 530.
 Киако порт.—374.
 Кларкен.—43, 97, 109.
 Квебек.—393.
 Кей зал.—382.
 Кемь порт.—353, 361, 363.
 Кергелен о-в.—39, 150, 205, 371, 554, 51.
 Кермадек о-в.—37, 38, 546, 51, 52.
 Керченский прол.—96, 406, 536, 11.
 Кетч зал.—382.
 Кизилуи вулк.—51.
 Килинг о-в.—371.
 Киль.—360.
 Кинон.—357, 359.
 Кипр о-в.—43.
 Китай.—382, 395, 406, 15, 16, 18, 19, 20.
 Китайское м.—45, 222, 261, 548, 549.

- Клатс земл. — 199, 562.
 Кольбек. — 386.
 Колдх о-въ. — 381.
 Колесный зал. — 361, 512.
 Кала. — 521.
 Колгуев о-въ. — 512.
 Коллиер зал. — 382.
 Коломбо. — 180, 270, 271, 61.
 Колон порт. — 339.
 Колорадо р. — 382.
 Колумбия р. — 276, 51.
 Колумбия британская. — 396.
 Колесный зал. — 361, 521.
 Колма р. — 363, 55.
 Колунин м. — 138.
 Корейский пр. — 549, 56.
 Корея. — 382, 548, 549.
 Костин шар. — 197.
 Крайняя о-въ. — 279, 280, 429.
 Красное ж. — 10, 46, 95, 139, 168, 217, 223, 287, 441, 542, 8, 18, 56, 62.
 Красная Горка. — 97.
 Криг о-въ. — 43.
 Крозетские о-ва. — 38, 51.
 Крошадат. — 12, 14, 17, 481.
 Крыль. — 44, 132, 180, 536.
 Куба. — 492, 493, 19.
 Кука зал. — 982.
 Кука проз. — 51.
 Кура р. — 98.
 Курильские о-ва. — 36, 39, 46, 97, 136, 386, 545, 550, 53.
 Куро-Уэно (см. Японская теч.). — 129, 135, 544, 548, 549, 551, 55.
 Кэмпбелл. — 382.
 Кэп м. — 41.
 Кэптон. — 51.
 Лабрадорская теченіе. — 91, 263, 440, 497, 516, 517, 564, 29.
 Лабрадор пш. — 440, 20, 40.
 Лайв маяк. — 272.
 Ладоское оз. — 178, 179, 221, 473.
 Ламанг. — 21, 30, 42, 97, 262, 268, 272, 273, 274, 278, 376, 377, 380, 384, 385, 389, 424, 490, 11.
 Ланг о-въ. — 350, 351, 353, 357, 363, 365, 371, 402.
 Лангун о-въ. — 133, 391, 480, 549, 56.
 Лангата р. — 205, 424, 562, 21.
 Лена р. — 363, 427.
 Ленд о-въ. — 381.
 Ленро зал. — 373.
 Либава. — 42, 273.
 Ливанские горы. — 8.
 Линерпуль. — 381, 393.
 Лиха. — 547.
 Линмуд. — 381.
 Лисабон. — 272, 278, 29.
 Литлтон. — 279.
 Лу-Куэско о-ва. — 541.
 Лонг-Айленд. — 350.
 Лондонский мост. — 381.
 Лондон. — 381, 393, 410, 527.
 Лофотенские о-ва. — 521, 522, 523.
 Луара р. — 6.
 Луитиалада принца земл. — 562, 563.
 Маавиния о-въ. — 379.
 Магеллан пр. — 376, 24, 51.
 Мадагаскарское теченіе. — 429, 541.
 Мадагаскар. — 38, 150, 540, 541, 61.
 Махера о-въ. — 214, 254, 267, 268, 272, 277, 371, 421, 426, 432, 50, 51.
 Мадраг. — 280, 10.
 Майнест зал. — 375.
 Малакка пш. — 8, 9, 357, 20.
 Маллехей пр. — 538, 548.
 Мальдивский архип. — 38.
 Мавила. — 353, 354, 356, 51.
 Марианский архип. — 37, 38, 48, 370, 22, 59.
 Маринеские о-ва. — 370.
 Марокко. — 278, 391.
 Марсаль. — 287, 9, 10.
 Мартавика о-въ. — 273, 421.
 Маршалские о-ва. — 371.
 Маскаренские о-ва. — 38.
 Матаванг. — 43.
 Медвиль зал. — 197.
 Медвиль о-въ. — 151, 193, 293, 503, 509, 511, 512, 515, 516.
 Медвильская о-ва теченіе. — 515.
 Мезон р. — 393, 396.
 Мезонский зал. — 396.
 Мехленбург. — 172.
 Мексика. — 8, 36, 136, 497, 21.

Меланезийскій зал. — 10, 44, 356, 421, 426, 481, 482, 492, 493, 498, 528, 43, 54.
 Мельбурн — 51.
 Мендель — 281, 300.
 Мень о-въ — 172.
 Меррей р. — 381.
 Мессина — 41.
 Месопотамія — 400.
 Мицкая о-въ — 43.
 Мингадъ — 381.
 Мисисипи р. — 498.
 Мирной ок. — океанограф. элементъ — 1; статика — 2; площадь — 10; рельефы два — 45; средн. глубина — 51; грунты два — 57; составъ воды — 66, 67; средн. солёность — 94; объёмъ — 98; распредѣл. влажности — 98; промѣшаніе солёности — 116; круготокъ и годовой амплит. темпер. — 123, 129, 130, 131; средн. темпер. — 137; распредѣл. темпер. на глубину — 143; приливная темпер. — 149; распредѣл. темпер. на 400 м. глубины — 162; температурныя линіи Уелла — 307; температурныя линіи Гарриса — 368; координ. Восточнаго теченія и антирусс. теченій — 551; глубинныя теченія и кругозоротъ воды въ океанѣ — 554.
 Мозамбикскій пр. — 20.
 Мозамбикское теченіе — 540, 541, 26.
 Молинда портъ — 20.
 Молуккскіе о-ва — 21, 22, 23, 24.
 Монгольск. — 374, 375, 376, 394, 395, 396.
 Монгольск. — 51.
 Мразорное и. — 10, 44, 96, 106, 114, 168, 173, 174, 176, 533, 534, 535, 60, 61.
 Мурман, или Мурманскій берега — 203, 217, 359, 361, 382, 512, 58, 64.
 Мурманское теченіе — 532.
 Муссонныя теченія Индійское ок. — 537, 538, 540.
 Мэцель Силь о-въ — 374.
 Нагаева бухта — 353, 395.
 Нагаева о-въ — 18, 194.
 Невинъ — 18.
 Никобарскіе о-ва — 46.
 Ниль р. — 95, 16.
 Нипон о-въ — 544.

Нисорогидель — 272.
 Новая Гвиней — 544, 51.
 Новая Зеландія — 6, 35, 37, 38, 150, 197, 205, 206, 278, 339, 426, 549, 552, 553, 554, 24, 30, 51.
 Новая Земля — 41, 42, 92, 180, 193, 195, 197, 204, 363, 426, 512, 513, 514, 57, 56, 64.
 Новая Каледонія о-въ — 371, 540.
 Новая Шотландія — 129, 131, 294, 372, 517.
 Ново-Сибирскіе о-ва — 41, 151, 180, 205, 363, 497.
 Носъ зал. — 374.
 Норвегія — 39, 41, 42, 41, 97, 106, 151, 421, 462, 463, 502, 503, 508, 509, 511, 518, 519, 520, 522, 53, 57, 58.
 Нордманское теченіе — 508, 511, 512.
 Нордманъ мысъ — 502, 508, 509, 511.
 Нордъ Швабск. — 525.
 Норманск. — 376, 377, 381, 389.
 Нюенское м. — 10, 42, 97, 106, 107, 172, 173, 174, 212, 221, 223, 262, 370, 381, 383, 388, 389, 393, 441, 529, 56.
 Нью-Форкъ — 205, 350, 406, 410, 432, 497, 517.
 Ньюпортъ — 381, 410.
 Ньюфаундлендскія банки — 201, 291, 261, 273, 492, 449, 497, 517, 541.
 Ньюфаундлендскіе о-ва — 21, 33, 91, 136, 203, 429, 501, 502, 520, 29, 40.
 Ниль мысъ — 381.
 Огненная земля — 547.
 Одесса — 13, 14, 132, 273.
 Озерный — 270.
 Онежскій зал. — 42, 148, 168, 361.
 Онтарио оз. — 283.
 Опасный пр. — 389.
 Орбиро — 519.
 Ориско — 426, 492.
 Оркнейскіе о-ва — 463, 529, 11, 40.
 Оркнейскіе мысъ о-ва — 562.
 Орловскій мысъ — 381.
 Ориа р. — 296.
 Остенде — 381.
 Ость-Ниса — 94.
 Оуланскій пр. — 43.

Охотное м.—10, 46, 97, 136, 139, 167, 204,
350, 363, 365, 382, 423, 549, 550, 55,
56, 60.

Ол-Ошо течение.—545, 550.

Па-де-Кале.—42, 370, 382.

Панамериканск.—382, 22.

Панамериканск пер-кн.—20, 21, 22.

Панте порты.—365, 396.

Парагвай порты.—374.

Патагония.—150, 376, 426, 553, 554.

Пеллу архип.—30, 39.

Пембрук.—381.

Пешант.—46.

Пешантская губа.—343.

Перанский пр.—46.

Перу.—30, 133, 214, 373, 53.

Перид.—18.

Персидский зал.—10, 46, 95, 130, 542, 8, 70.

Перуанское течение.—547.

Петикопия р.—374, 375, 394, 396.

Петра I о-в.—34.

Петроград.—380, 361, 491.

Пезийский зал.—548.

Пезуа р.—393.

Пиза.—18.

Пизу порты.—374.

Пилмута.—384, 389, 51.

Пи р.—95.

Податренин о-в.—45.

Полярное м.—153, 154, 457, 465.

Полярный бассейн.—151.

Полюс р.—138.

Поперечное течение Атлантического ок.—
527, 528, 548, 552.

Поперечное течение Индийского ок.—541,
552.

Поперечное течение Тихого ок.—546, 547,
552.

Полок о-в.—361, 363.

Порты Уайнел Томсона.—273, 427, 502,
504, 505, 507.

Порт-Райо о-в.—33, 39, 44.

Порто-Санта о-в.—421.

Порто-Санта.—50.

Португалия.—30, 19.

Пот.—12, 14, 272.

Приморская область.—521.

Принц Эдуард о-в.—38.

Пунаш порты.—374.

Радан.—360.

Рио-Зинейра.—33.

Рижский зал.—115, 531.

Робинзон мисс.—272.

Роббен о-в.—272.

Родос о-в.—12, 19.

Розинг о-в.—371.

Рок мисс.—483, 487, 527.

Рона р.—95.

Россия ледной барьер.—562.

Россия.—17, 96, 221, 359, 363, 382, 393,
397, 417, 534, 25, 39, 53, 59, 62.

Роттердам.—388.

Руан.—362.

Рунен о-в.—96, 172, 174, 473.

Сайгон.—457, 359.

Сакан.—374, 375.

Сакон о-в.—350, 371.

Сан-Диего.—278.

Сан-Доминго о-в.—421.

Сан-Луис-де-Баррамеда порты.—22.

Сан-Сальвадор о-в. (Валлиса).—19.

Сан-Франциско.—278, 24, 52, 53.

Сандвичи о-в.—357, 52, 51.

Сандвичи мисс о-в.—33, 278, 502.

Sargassum bariferum.—490.

Сарасова м.—216, 276, 406, 430, 431,
496, 499, 500, 19.

Сардиния о-в.—37, 43.

Сахара.—34.

Сахалин о-в.—129, 204, 385, 549.

Св. Елены о-в.—239, 267, 370.

Св. Георга зал.—376.

Св. Лаврентия зал.—374, 376, 393, 497.

Св. Марфа зал.—376.

Св. Паула о-в.—150, 377, 371, 429, 51.

С-Шер порты.—370.

Систей Пас.—127.

Св. Вены о-в.—50.

Сивеланд.—390.

Сибел о-в.—279.

Сейбу о-в.—253.

Северный р.—381, 394, 397.

Севастополь.—12, 14, 44, 303, 394.

Севиля.—22.
 Сеймуръ узкость.—386.
 Семперъ о- —178, 179.
 Сент-Мартъ-де-Люаръ.—298, 299.
 Сент-Джонъ портъ.—373.
 Сент-Луи портъ.—370.
 Сент-Мало.—377, 389.
 Сена р.—380, 392, 396, 397.
 Сергъ узкость.—386.
 Серамъ о-въ.—43.
 Сешельскіе о-ва.—28, 33, 371, 391.
 Сибирь.—39, 190, 204, 361, 363, 427, 513,
 514, 515, 25, 58.
 Сидней.—279, 51.
 Силь о-въ.—373.
 Синонь.—536.
 Сири.—217, 8.
 Сицилія о-въ.—37, 43, 169.
 Сизаль.—363.
 Слэптъ холъ.—441.
 Скагелъ мысъ.—97.
 Скагерракъ пр.—42, 97, 106, 172, 390,
 441, 529, 530, 531.
 Скаккьявья.—106, 172.
 Схита пр.—517.
 Смольскъ о-въ.—381.
 Солне-фюрдъ.—461, 462, 519, 521, 522, 523.
 Соединенные Штаты.—17, 54, 129, 259,
 270, 367, 426, 49, 48, 49, 53, 62.
 Соломоны о-ва.—136.
 Сонли берегъ.—538, 539.
 Сондайское течение.—471, 538, 539.
 Сонга р.—384.
 Султмановъ.—393, 397.
 Сунсеръ Кане.—374, 375.
 Средиземное м.—43, 93, 96, 103, 164, 105,
 113, 114, 141, 168, 169, 170, 217, 223,
 262, 272, 273, 287, 440, 471, 522, 533,
 8, 9, 10, 12, 16, 22, 27, 40, 44, 48,
 54, 56, 61, 62.
 Стокгольмъ.—42.
 Стръ-фюрдъ.—512.
 Сулу м.—45, 168, 172, 51.
 Суматра.—8, 9, 262, 279, 357, 538, 539, 61.
 Суматрскій проливъ.—381.
 Суонси.—381.
 Сидли о-ва.—9, 11.
 Сѣверная Америка.—231, 357, 513.

Сѣверо-американскій арх-тъ.—193, 195,
 204, 517.
 Сѣверная Дюна.—42, 138, 391, 393.
 Сѣверное Экваторіальное теченіе Атланти-
 ческаго ок.—471, 487, 491, 492, 493, 499,
 519.
 Сѣверное Экваторіальное теченіе Ти-
 хого ок.—542, 543, 544, 545.
 Сѣверно-Европейское м.—151, 153, 154,
 211, 440, 461, 462, 483, 501, 502, 505,
 507, 508, 511, 516, 517, 523, 524, 57, 58.
 Сѣверо-Африканское теченіе.—489.
 Сѣверно-восточное м.—10, 39, 151, 187,
 190, 192, 193, 203, 204, 207, 208, 472,
 509, 513, 514, 515, 529, 564, 52, 62.
 Сѣверный Ледовитый ок.—10.
 Сѣбл. мысъ.—373.

Танта о-въ.—354, 365, 366, 39, 51.
 Таймырскій пол-въ.—42, 151, 196, 189,
 190, 361, 363, 58.
 Тайпан р.—525.
 Таваисъ р.—16.
 Тартусъ.—8.
 Тасманія о-въ.—546.
 Ташарскій пр.—139, 204, 350, 363, 56.
 Телонгъ Беконгъ портъ.—279.
 Темза р.—287, 381, 389.
 Тенерифъ о-въ.—19, 50.
 Терскій берегъ.—42.
 Терсебра о-въ.—272.
 Теченій заливъ.—406.
 Теченій мысъ.—406.
 Теченій о-въ.—404.
 Тибетъ-Танъ-Канъ р.—395.
 Тидоре о-въ.—21.
 Тиллмунъ мысъ.—270.
 Тиморъ о-въ.—8, 9, 45.
 Тиръ.—14.
 Тирренское м.—43, 534.
 Тихій ок.:—названіе—8; границы—9; пла-
 низа—10; уровни—17; первое измѣр.
 глубины—18; рельефъ дна—34; рельефъ
 дна морей—45; средн. глубина—51; па-
 ниферическій иль—61; диатомовый иль—
 61; радиоляріевый иль—63; дрепность—
 64; распредѣл. солености—91; средн. со-
 лености—94; распредѣл. плотности на

глубинах—102; годич. амплит. темпер.—132; распредел. темпер. по поверхн.—133-135; изотермы—136; крайня темп. —136; средн. темпер.—148; распредел. темпер. на глубинах—142, 144, 148; приповерхн. темпер.—148; распредел. темпер. на глубинах южн. полари. пром.—154, 155, 157; темпер. на глубинах—160; ледн. горы—204, 205; размеры воды—260; прибой—370; волна землетряс.—278, 279; прилив—356, 358; амплит. прилива—370, 382; прилив. течениа—301; течениа тропич. пояса—542; течениа сѣв. половины—544; течениа южн. половины—546; течениа моря—548.

Товарищества о-ва.—370, 39.

Тазбухият. мавель.—108.

Тонга о-ва.—35, 37, 38, 150, 371, 51, 52, 59.

Тонкинскій зал.—357.

Торментинъ мавель.—374.

Торресовъ прол.—541, 30, 51.

Тоусенсъ порт.—363, 365, 366.

Тристанъ д'Акунья о-въ.—370, 51.

Тула о-въ.—11.

Туркестанъ.—18.

Тибъ Каратинъ мавель.—139.

Татисъ.—64.

Уайтъ о-ва.—307.

Уалакъ о-въ.—370.

Удская губа.—549.

Уеддеса море.—199.

Уессанъ о-въ.—376, 377.

Уиндхемъ зал. (Алеут. о-ва).—339.

Уиндхемъ о-ва.—361.

Урукъ о-въ.—36.

Утрехтъ.—413.

Фалклендскіе о-ва.—305, 554, 57.

Фальмутъ.—410.

Фальстеръ о-въ.—172.

Фалингъ о-въ.—371.

Фарс.—42.

Фаррерскіе о-ва.—33, 41, 151, 204, 273, 371, 440, 501, 502, 508, 518, 48.

Фанъ порт.—406.

Фанья о-ва.—371.

Фернандо Норонья о-въ.—57.

Фиджи о-ва.—391.

Финистерре мавель.—32, 254.

Финляндія.—16.

Финскій зал.—15, 43, 97, 108, 115, 138, 172, 181, 360, 531.

Филиппинскіе о-ва.—36, 38, 39, 45, 49, 353, 357, 543, 544, 21, 22, 21.

Флаксхольмъ о-въ.—381.

Флессингенъ.—381.

Флордъ Креста.—509.

Флоресъ о-въ.—406.

Флорида.—44, 211, 424, 430, 493, 494, 495, 497, 525.

Флоридскій прол.—407, 424, 481, 482, 492, 493, 496, 497, 498.

Фолли-пойнтъ.—374, 375.

Формоза о-въ.—35, 544.

Формозскій пр.—56.

Фоксъ Рокъ.—493, 494, 495.

Франція.—48, 114, 272, 388, 395, 396, 397, 404, 421, 11, 39, 40, 53, 54.

Фунди зал.—372, 373, 376, 396, 432.

Фунчалъ.—267, 268.

Фучау.—382.

Фуреуль мавель.—501, 514, 516.

Ханжиускій зал.—395.

Хервинсъ мавель.—536.

Хотъ о-въ.—374, 375.

Хроха р.—427, 428.

Хромская стрѣлка.—427, 428.

Цейлонъ о-въ.—270, 271, 279, 529.

Целебесъ море.—45, 168, 172, 51.

Целебесъ о-въ.—172.

Центральная Америка.—492, 543.

Цетаревича зал.—98.

Цусимскій прол.—45, 549, 550.

Чаносъ арх-тъ.—38, 180, 217.

Чатакъ о-въ.—278, 546, 504.

Чемульпо.—382.

Черное м.—10, 12, 13, 14, 15, 44, 90, 100, 114, 115, 132, 168, 169, 172, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 272, 273, 283, 301, 533, 534, 535, 536, 11, 18, 60.

Челстоу.—381.

Чалое о-ва. — 547.

Чили. — 36, 39, 554, 57, 59.

Чилийский арх-тъ. — 382, 547.

Шаранта р. — 396.

Швейцарія. — 382.

Швеція. — 16, 43, 519, 52, 62.

Шнекова д. — 549.

Шербурь. — 377, 381.

Шетландскіе о-ва. — 269, 502, 503, 504, 505, 526, 529, 502.

Шлезвигъ. — 96.

Шотландія. — 33, 41, 154, 211, 219, 273, 481, 389, 440, 501, 502, 504, 508, 529, 77, 48.

Шпицбергенское холодное течение. — 515, 516.

Шпицбергенъ. — 39, 41, 92, 151, 153, 154, 190, 192, 193, 194, 195, 197, 199, 203, 204, 208, 426, 436, 437, 503, 504, 508, 509, 510, 512, 513, 514, 515, 516, 520, 54, 57, 58, 59.

Эверестъ. — 49.

Эгейское м. — 176, 531, 535.

Эдогосаекий м. — 384.

Эдуард VII земля. — 199.

Экваторіальное противотечение Атлантическаго ок. — 490, 492.

Экваторіальное противотечение Индійскаго океана. — 538, 540.

Экваторіальное противотечение Тихаго океана. — 543.

Экваторіальное сѣверное течение Атлантическаго океана. — 471, 487, 491, 492, 493, 499.

Экваторіальное южное течение Атлантическаго океана. — 486, 487, 490, 491, 492, 529.

Экваторіальное южное течение Индійскаго океана. — 426, 429, 540, 541.

Экваторіальное сѣверное течение Тихаго океана. — 542, 543, 544, 545.

Экваторіальное южное течение Тихаго океана. — 543, 544, 546, 547, 552.

Эльби р. — 441.

Эндерби земля. — 381.

Эрелмъ м. — 553.

Эндерборъ. — 381.

Югорскій шаръ. — 42.

Южная Америка. — 262, 356, 426, 428, 489, 487.

Южная Африка. — 492, 499.

Южная Георгія о-ва. — 158.

Южно-Китайское м. — 172, 222.

Южный м. — 5, 8.

Южное назирное пространство трехъ океановъ. — 154.

Южное Экваторіальное течение Атлантическаго ок. — 471, 486, 487, 490, 491, 492, 528.

Южное Экваторіальное течение Индійскаго океана. — 426, 429, 538, 540.

Южное Экваторіальное течение Тихаго ок. — 543, 544, 546, 547, 552.

Южнаны прол. — 44, 492, 493, 499.

Келландія. — 97, 174, 441, 539.

Ява. — 3, 9, 38, 39, 45, 150, 279, 62.

Ява м. — 45.

Ямайка. — 44, 45.

Ямалъ. — 42, 529.

Якуфиль. — 373.

Японія. — 132, 278, 279, 257, 545, 57, 59.

Японское м. — 19, 45, 46, 97, 139, 167, 201, 282, 423, 550, 33, 56, 60.

Японскіе о-ва. — 35, 46.

Японское течение (см. Кури-Симо). — 524, 544, 545, 548, 549, 551.

Замѣченныя опечатки.

СТР.	СТРОКА	НАПЕЧАТАНО	ДОЛЖНО БЫТЬ
Введеніе			
35	1 сверху	правильная	правильная
38	7 снизу	Intro	Intro-
40	2 снизу	Geograph.	Geograph.
61	4 снизу	and	and
Текстъ.			
30	5 сверху	*	Тихій
107	17 снизу	et	et
149	Карта. Фиг. 61.	Въ Норвежск. мр. съ западу отъ Австраліи	
		> 1°	< 1°
152	Фиг. 62.	Названіе корабля на обѣихъ чертежахъ.	
		Г е а н і	Г е а н
229	13 сверху	находящихся	находящихся
233	8 снизу	(H)	(=R)
300	5 снизу	(H - b)	(H - b)
380	13 сверху	v	у
461	Формула средней страницы	подъ знакомъ интеграла	vdP
573	Подпись, подъ фиг. 247.	Прерывчатая линия	Прерывчатая линия



2015186521