16

В. 322.

ОРТОВЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

ВЫПУСКЪ ПЕРВЫЙ.

ВЛЕНІЯ ВЪ МОРЯХЪ. ИЗЫСКАНІЯ И ПРОЕКТИРОВАНІЕ ПОРТОВЪ.

СОСТАВИЛЪ

В. САЛОВЪ,

ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

(Вас. Ост., 9 л. № 12.)

1867.

ПОГАШЕНО

13.322
1

ПОРТОВЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

Абонемент научно-
технической литературы
Дата

Абонемент научно-
технической литературы
Дата 2007

ВЫПУСКЪ ПЕРВЫЙ.

ОБЩІЯ ЯВЛЕНІЯ ВЬ МОРЯХЪ. ИЗЫСКАНІЯ И ПРОЕКТИРОВАНІЕ ПОРТОВЪ.

39933

СОСТАВИЛЪ

В. САЛОВЪ,

ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.
(Вас. Ост., 9 л. № 12.)

1867.

БИБЛИОТЕКА
Белорусского
института
1975

ПОРТОВЫЯ СООРУЖЕНІЯ.

ВВЕДЕНІЕ.

Портами называютъ совокупность сооруженій, устроенныхъ въ устьи какой либо рѣки, или при морскомъ берегѣ, съ цѣлью облегчить и обезпечить сообщеніе морскихъ судовъ съ берегомъ или укрыть суда во время непогоды.

Цѣнность перевозки грузовъ или пассажировъ моремъ зависитъ не только отъ разстоянія перевозки, но въ значительной степени и отъ хорошаго устройства портовъ, между которыми грузы или пассажиры перевозятся, а также и отъ обезпеченія безопасности самаго плаванія устройствомъ промежуточныхъ портовъ, въ которыхъ суда могли бы искать убѣжище въ бурю.

Таблицы крушенія морскихъ судовъ показываютъ намъ, что во многихъ случаяхъ суда, находящіеся въ небольшомъ разстояніи отъ берега, погибаютъ только потому, что будучи застигнуты на пути бурею, не имѣютъ возможности укрыться въ безопасной береговой бухтѣ или искусственномъ портѣ. Въ другихъ случаяхъ суда погибаютъ у входа въ портъ, если онъ затрудненъ неудачнымъ расположеніемъ проходовъ, или даже въ самомъ портѣ, если послѣдній недостаточно защищенъ отъ волненія. Всѣ эти неудобства, влекущія за собою гибель людей и вещественную потерю

грузовъ и судовъ, возвышаютъ цѣнность фрахта увеличеніемъ страховой преміи. Независимо отъ того, если въ портѣ приглубыя набережныя не будутъ имѣть достаточнаго протяженія, и вообще если портъ не будетъ имѣть развитія, соотвѣтствующаго размѣрамъ судоходнаго движенія, то нагрузка и выгрузка судовъ весьма затруднится. При такихъ условіяхъ число рейсовъ каждаго судна неизбѣжно уменьшится, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличится цѣнность фрахта.

Все это показываетъ до какой степени важно, чтобы на всякомъ морскомъ берегу было достаточное число удобныхъ и вмѣстительныхъ портовъ, изъ коихъ одни *порты-убѣжища* служили бы въ бурю убѣжищемъ для проходящихъ судовъ; другіе *торговые порты* облегчали бы сообщеніе коммерческихъ и пассажирскихъ судовъ съ берегомъ и съ внутренними путями сообщенія, и наконецъ третьи — *военные порты* укрывали бы флотъ, какъ отъ волнъ и ледохода, такъ равно и отъ непріятеля.

Для того чтобы изучить всѣ средства, которыми возможно достигнуть устройства удобныхъ и достаточно вмѣстительныхъ портовъ, необходимо ознакомиться предварительно съ общими явленіями, происходящими въ моряхъ, въ особенности у береговъ, такъ какъ отъ этихъ явленій зависитъ не только расположеніе портовъ, но и самые способы ихъ устройства.

Явленія эти слѣдующія: волны, измѣненія уровня воды въ морѣ, морскія теченія и движеніе наносовъ въ моряхъ. Сверхъ того необходимо обратить вниманіе на измѣненія въ очертаніи морскихъ береговъ, на мутность и соленость морской воды, ея замерзаніе и дѣйствіе ея на строительные матеріалы.

А. ОБЩІЯ ЯВЛЕНІЯ ПРОИСХОДЯЩІЯ ВЪ МОРЯХЪ.

I. Волны.

Причиною образованія волнъ въ моряхъ и океанахъ служитъ вѣтеръ, дующій обыкновенно подъ нѣкоторымъ уклономъ къ горизонту, а потому и производящій на поверхности воды рядъ послѣдовательныхъ мѣстныхъ повышеній и пониженій, имѣющихъ движеніе по направленію вѣтра и называемыхъ *волнами*. Иногда волны образуются безъ содѣйствія вѣтра отъ волканическихъ поднятій дна моря, какъ напр. во время Лиссабонскаго землетрясенія 1755 года, но подобные случаи совершенно исключительные, вообще же волны въ моряхъ производятся только вѣтрами.

Самая верхняя точка волны (чер. 1) называется ея *вершиною* или *гребнемъ*, нижняя *ложбиною*, возвышеніе вершины надъ ложбиною — *высотою волны*, а разстояніе между двумя гребнями или ложбинами — *длиною волны*.

Гребни и ложбины волнъ въ открытомъ морѣ всегда перпендикулярны къ направленію вѣтра и подвигаются впередъ со скоростью весьма значительною, доходящею до 40 и 50 верстъ въ часъ, но скорость эта не есть скорость водяныхъ частицъ, а только скорость послѣдовательнаго образованія на поверхности моря пониженій и повышеній воды, или какъ ее называютъ *скоростъ распространенія волны*. Еслибы вся водяная масса имѣла ту скорость, съ которою распространяется волна, то безъ сомнѣнія ни одно судно, находящееся въ морѣ, не въ состояніи было бы выдержать столкновенія съ волною, между тѣмъ судно, находящееся въ глубокой водѣ, получаетъ отъ волнъ весьма умѣренные удары, доказывающіе незначительность той скорости, съ которой движутся частицы водяной массы внутри каждой волны. Въ справедливости этого не трудно убѣдиться весьма простымъ опытомъ, именно бросивъ въ волнующуюся воду небольшое плавающее

тѣло, не представляющее большой поверхности дѣйствію вѣтра, напр. щепку или пробку; тогда замѣтимъ, что брошенная щепка или пробка, всплывши на гребень волны, подвинется нѣсколько впередъ, но затѣмъ, опускаясь въ ложбину, вновь передвинется назадъ, продолжая обратное движеніе, пока вновь не выплыветъ на гребень въ ту же самую точку, гдѣ она находилась на гребнѣ предъидущей волны. Такимъ образомъ частицы воды внутри каждой волны, двигаясь въ вертикальной плоскости, описываютъ сомкнутыя кривыя, имѣющія видъ эллипсиса или круга, причемъ каждая частица имѣетъ особую ось вращенія, а радіусъ кривыхъ постоянно все уменьшается ко дну (чер. 2), и на безконечно большой глубинѣ обратился бы въ нуль.

Извѣстное явленіе, представляемое волнующеюся отъ вѣтра нивою, имѣетъ большое сходство съ явленіемъ представляемымъ волнующимся моремъ. Какъ въ послѣднемъ случаѣ частицы воды, такъ въ первомъ колосья имѣютъ только кажущееся поступательное движеніе; каждый соломенный стебель съ колосомъ, отъ дѣйствія вѣтра наклоняется взадъ и впередъ, причемъ центръ тяжести колоса описываетъ, какъ водяныя частицы морской волны, сомкнутую кривую.

Теорія образованія волнъ составляла предметъ изслѣдованій многихъ ученыхъ, но до сихъ поръ еще не существуетъ вполнѣ точной теоріи волнъ. Составленіе этой теоріи усложняется еще тѣмъ, что близость или отдаленность морскаго дна имѣетъ большое вліяніе на характеръ волненій, такъ что многіе ученые должны были разсматривать волны совершенно отвлеченно, предполагая массу воды безконечно большой глубины, или же самыя волны безконечно малой высоты. Такимъ образомъ составились теоріи волнъ Ньютона, Лагранжа [1]),

1) Lagrange. Sur la manière de rectifier deux endroits des principes de Newton, relatifs à la propagation du son et au mouvement des ondes. Berlin. 1788. p. 192. (Въ запискахъ Берлинской Академіи Наукъ 1786 г.).

Эри [1]), Герстнера [2]), Эми [3]), Вирла [4]), Февра [5]), Хагена [6]) и другихъ.

Эри и Хагенъ основываютъ свои выводы не только на однихъ теоретическихъ соображеніяхъ, но и на данныхъ полученныхъ изъ опытовъ, произведенныхъ для опредѣленія зависимости между длиною и высотою волны и скоростью распространенія ея. Въ Плимутской бухтѣ Вильямъ Уалькеръ [7]) изъ 14 наблюденій нашелъ, что, при скорости распространенія волны отъ 20 до 45 Ф., длина волны простиралась отъ 107 до 447 футъ. Станлей произвелъ 7 наблюденій въ Атлантическомъ океанѣ [8]), причемъ нашелъ, что скорость распространенія волнъ измѣнялась отъ 36 до 45 футъ, при длинѣ волны отъ 192 до 332 футъ. Скоресби [9]) въ томъ же Атлантическомъ океанѣ во время сильной бури опредѣлилъ, что, при скорости распространенія волны въ 46,5 Ф., длина волны доходила до 534 футъ, при высотѣ волны отъ 26 до 30 футъ; при высотѣ же волны въ 43 фута, длина волны доходила до 790 футъ. Вообще при большой глубинѣ отношеніе между высотою и длиною волны составляетъ отъ $^1/_{12}$ до $^1/_{20}$; и, въ то время какъ скорость распространенія волны доходитъ до 40 Ф., скорость вращенія водяныхъ частицъ на поверхности волны не превосходитъ 8 футъ.

Чѣмъ менѣе глубина воды, тѣмъ короче волна и круче ея

---

1) Airy. Tides and Waves. Encyclopädia metropolitana (vol. V. page 282).

2) Gerstner. Theorie der Wellen. Prag. 1804.

3) Emy. Mouvement des ondes. 1831; и въ Annales des Ponts et Chaussées, 1837. Sem. 2, p. 237.

4) Annales des Ponts et Chaussées 1835. Sem. 2, p. 215 и ditto 1838. Sem. 1, page 70.

5) Annales des Ponts et Chaussées 1839. Sem. 1. p. 1.

6) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. 1863. S. 23 и 47.

7) William Walker (the Civil Engineer and Architect's Journal 1846, p. 109).

8) Stanley — ditto — 1848, p. 310).

9) Scoresby — ditto — 1850, p. 300).

поверхность, такъ что на малыхъ глубинахъ отношеніе между высотою и длиною волны доходитъ до $^1/_4$.

Весьма много опытовъ для опредѣленія различныхъ законовъ распространенія волнъ произведено было прусскимъ инженеромъ Хагеномъ[1]) и англійскимъ инженеромъ Скотомъ Росселемъ (Scott Russel)[2]) въ небольшихъ физическихъ приборахъ, длиною отъ 12 до 20 футъ и шириною и глубиною отъ 4 дюймовъ до 1 фута, также въ послѣднее время французскими инженерами Дарси и Базеномъ въ открытыхъ водопроводахъ Бургундскаго канала[3]), но всѣ эти весьма интересные опыты не имѣютъ большаго практическаго значенія при изслѣдованіи морскихъ волнъ. Вообще высота самой большой морской волны зависитъ отъ глубины моря и отъ разстоянія до ближайшаго берега со стороны вѣтра. Въ то время какъ въ укрытыхъ и неглубокихъ моряхъ волна высотою въ 13 или 15 футъ составляетъ уже исключительное явленіе, въ океанѣ бывали примѣры волнъ высотою до 30 — 40 футъ. По наблюденіямъ Стевенсона[4]) отъ ложбины волны до дна моря остается не менѣе половины высоты волны, такъ что вся высота волны не болѣе глубины моря, но этотъ законъ относится только къ свободнымъ волнамъ не встрѣтившимъ реакціи, ни въ выступающемъ днѣ моря или подводной скалѣ, ни въ искуственномъ сооруженіи возведенномъ въ морѣ. Кромѣ этого, Стевенсономъ выведенъ еще законъ зависимости между высотою волны и разстояніемъ до ближайшаго берега со стороны вѣтра; впрочемъ, законъ этотъ повѣренъ имъ только для разстояній не превосходящихъ 165 морскихъ миль. По мнѣнію Стевенсона, если высота волны въ фу-

---

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. 1863. S. 50.

2) Reports of the Britisch Association for the Advancement of Science. London. 1837 — 1844 and 1850.

3) Bazin. Recherches hydrauliques. 2me partie. Recherches experim. sur la propagation des ondes. Paris. 1866.

4) Thomas Stevenson. The design and construction of harbours. Edinburgh. 1864, p. 59.

тахъ будетъ h, а разстояніе до ближайшаго берега со стороны вѣтра въ морскихъ миляхъ d, то

$$h = 1{,}5\sqrt{d}$$

но въ узкихъ проливахъ и заливахъ вѣрнѣе принять формулу [1])

$$h = 1{,}5\sqrt{d} + (2{,}5 - \sqrt[4]{d}).$$

Такимъ образомъ, въ большей части случаевъ, самыя высокія и разрушительныя волны въ каждомъ портѣ тѣ, которыя распространяются со стороны наибольшаго разстоянія отъ порта до противоположнаго берега (навѣтреннаго); напр. въ Одесской бухтѣ самыя высокія волны — юговосточныя, производимыя вѣтрами, дующими отъ берега Азіатской Турціи касательно къ Херсонскому мысу Крымскаго полуострова, по направленію линіи, имѣющей въ длину 450 морскихъ миль.

Образованіе волнъ въ морѣ никогда не совершается съ совершенною правильностью, такъ какъ во время бури замѣчается одновременно нѣсколько различныхъ системъ волнъ разной высоты, движущихся по различнымъ направленіямъ; это происходитъ не только отъ того, что вѣтеръ въ разныхъ частяхъ моря дуетъ иногда съ разныхъ сторонъ или внезапно измѣняетъ свое направленіе, но и отъ отраженія волнъ отъ береговъ. Въ тѣхъ точкахъ, гдѣ различныя системы волнъ сталкиваются между собою, происходитъ такъ называемая *толчея*, явленіе весьма опасное для судовъ, стоящихъ на якорѣ или причалившихъ къ набережнымъ, и которое слѣдуетъ всячески устранять внутри портовъ. Если на поверхности волнъ образуется новая система волнъ, имѣющихъ одно направленіе съ первоначальными волнами, то послѣднія возвышаются во всѣхъ точкахъ, гдѣ гребни ихъ совпадаютъ съ гребнями вновь образовавшихся волнъ, при этомъ гребни заворачи-

1) Thomas Stevenson the design and construction of harbours. Edinburgh. 1864, p. 22.

ваются, захватываютъ частицы воздуха и производятъ такъ называемые *бьляки* (чер. 3).

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ дно моря внезапно поднимается, хотя бы оно и залегало еще на значительной глубинѣ, поднятіе дна оказываетъ реакцію на характеръ волненія. Эллиптическое или круговое движеніе частицъ воды въ вертикальныхъ плоскостяхъ задерживается, а живая сила, которая сообщена частицамъ воды, поглощается чрезъ подъемъ волны. При этомъ нижнія частицы воды, задержанныя въ своемъ движеніи, отстаютъ отъ верхнихъ частицъ, ближайшихъ къ гребню волны и гребень, не встрѣчая поддержки снизу, наклоняется впередъ и съ шумомъ падаетъ, увлекая съ собою воздухъ и разбиваясь въ пѣну и брызги. Явленіе это, называемое *бурунами*, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ выше волны и чѣмъ выше поднимается дно морское. Одновременно съ увеличеніемъ высоты волнъ, уменьшается ихъ длина; такимъ образомъ всякая подводная мель или большой подводный камень, залегающій даже на значительной глубинѣ, обнаруживается на поверхности моря укорачиваніемъ волнъ и увеличеніемъ ихъ высоты. Ньюфаундлэндская банка, на глубинѣ 530 футъ, и скалы, залегающія близь мыса Доброй Надежды, на глубинѣ 660 футъ легко замѣчаются мореплавателями по короткимъ и частымъ волнамъ, которыя распространяются надъ ними.

Если волны встрѣчаютъ *пологій берегъ*, то вскатываются на него по направленію совершенно перпендикулярному къ берегу, какое бы ни было направленіе вѣтра; это происходитъ отъ того, что скорость распространенія волнъ зависитъ отъ глубины и постепенно уменьшается по мѣрѣ того, какъ дно поднимается; вслѣдствіе этого болѣе отдаленный отъ берега конецъ длинной волны движется скорѣе, чѣмъ конецъ ближайшій къ берегу, и забѣгаетъ впередъ до тѣхъ поръ пока гребень волны не сдѣлается параллеленъ берегу и вся волна не будетъ имѣть одинаковую скорость распространенія.—Волна, вскатываясь на берегъ, и не имѣя воз-

можности сохранить ту же высоту, вслѣдствіе малой глубины воды, поднимается по берегу несравненно выше горизонта гребней волны въ открытомъ морѣ, при этомъ живая сила задержанныхъ частицъ воды, имѣвшихъ прежде эллиптическое или круговое вертикальное движеніе, частію поглощается треніемъ этихъ частицъ о поверхность берега, частію же сообщаетъ частицамъ горизонтальное поступательное движеніе, вслѣдствіе котораго волна и вскатывается на берегъ, производя такъ называемый *прибой* (чер. 4). Въ то же время скорость движенія частицъ воды стремится приблизиться къ скорости распространенія волны. Въ промежуткѣ между двумя волнами, вода, поднявшаяся на поверхность берега, стремится вновь возвратиться въ море, увлекая съ собою мелкія камешки и песокъ и, хотя это обратное теченіе и сталкивается съ новыми волнами, поднимающимися по берегу, тѣмъ не менѣе значительное количество частицъ песку уносится въ море, частицы же задержанныя при встрѣчѣ обратнаго теченія съ волнами складываются на пологой поверхности берега въ видѣ валиковъ, состоящихъ изъ матеріала все менѣе крупнаго по мѣрѣ приближенія къ морю. Подобное разрушеніе берега продолжается до тѣхъ поръ, пока берегъ не приметъ уклона, при которомъ вскатывающіяся волны не въ состояніи будутъ болѣе преодолѣть тренія между частицами песку и поверхности берега. Этотъ уклонъ смотря по силѣ волнъ измѣняется отъ $^1/_{10}$ до $^1/_{20}$.

Такъ какъ волна вскатывается на берегъ всегда нѣсколько выше той линіи, гдѣ начинается обратное теченіе воды и, при своемъ поступательномъ движеніи, увлекаетъ нѣкоторые легкіе камешки до самой возвышенной точки, то всегда пологій берегъ, въ полосѣ подверженной дѣйствію волнъ, ограничивается валикомъ изъ мелкихъ камешковъ и крупнаго песку (чер. 5), голышевые же берега ограничиваются на этой линіи крутымъ уступомъ (чер. 6).

Для изслѣдованія законовъ образованія плоскихъ песчаныхъ и голышевыхъ береговъ производились Хагеномъ опыты въ не-

большихъ лоткахъ. Подробности этихъ опытовъ желающіе найдутъ въ сочиненіи Хагена о морскихъ сооруженіяхъ, на которое мы уже неоднократно ссылались [1]). Прибой волнъ о пологіе берега или откосы сооруженій, возведенныхъ въ морѣ, весьма опасенъ для судовъ, по причинѣ значительной поступательной скорости, которую получаютъ водяныя частицы вскатывающейся волны. Въ большія бури случалось, что такимъ прибоемъ суда даже выбрасывались на берегъ.

Если волна встрѣчаетъ *крутой берегъ*, поднимающійся съ значительной глубины, то разрушительное дѣйствіе волны вовсе не такъ сильно, какъ полагаютъ многіе, основываясь на наблюденіяхъ надъ такими берегами, гдѣ кромѣ волнъ дѣйствуетъ еще теченіе.

Частицы воды, встрѣчая крутое препятствіе своему круговому или эллиптическому движенію внутри волны, оказываютъ на это препятствіе давленіе весьма ограниченное; живая сила пріобрѣтенная частицами при ихъ круговомъ или эллиптическомъ движеніи не имѣетъ возможности развить постепенно поступательнаго движенія частицъ, какъ при дѣйствія волны на пологіе откосы, силѣ этой остается только израсходоваться чрезъ подъемъ волны вверхъ, причемъ большая вертикальная ось эллипсисовъ движенія водяныхъ частицъ удлинняется, а малая ось укорачивается, обращаясь постепенно въ нуль. Такимъ образомъ вертикальная поверхность берега выдерживаетъ почти только одно гидростатическое давленіе, соотвѣтствующее водяному столбу, имѣющему высоту равную съ высотою поднявшейся вверхъ волны, горизонтальнаго же удара почти вовсе не будетъ. Этимъ объясняется почему тѣла, плавающіе у крутой стѣнки, поднимающейся съ значительной глубины, не ударяются волною о стѣнку, а только поднимаются и опускаются волною съ гребня въ ложбину. Въ маломъ видѣ Хагенъ производилъ наблюденія надъ листиками

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. S. 89.

слюды въ деревянныхъ ларяхъ, въ которыхъ на поверхности воды было возбуждено волненіе, и наблюденія эти вполнѣ подтверждаютъ вышеприведенное объясненіе [1]). Подобное же явленіе наблюдалось неоднократно и въ большемъ видѣ, такимъ образомъ въ комиссіи, учрежденной въ Англіи для обсужденія проектовъ Дуврскаго порта—убѣжища, въ 1846 г., было заявлено капитаномъ Ветчемъ [2]), что, по его наблюденіямъ, волна не разбивается о вертикальную стѣнку, какъ разбивается о пологіе откосы. При выходѣ его въ море на небольшомъ суднѣ изъ гавани Скарнишъ, на островѣ Тайри, судно было приближено волною къ скалѣ наклоненной къ горизонту подъ угломъ 60°, но ни разу не коснулось скалы, хотя послѣдняя была отъ судна на разстояніи какихъ нибудь 3 футъ: судно только поднималось и опускалось волною. Въ той же коммиссіи профессоръ Эри приводилъ также слѣдующіе примѣры, доказывающіе что волна не разбивается о вертикальную стѣнку, поднимающуюся съ большой глубины [3]). Эри выходилъ однажды на суднѣ изъ порта Соанси и когда огибали голову мола, то не было замѣтно у этой головы, поднимающейся съ глубины 20 футъ никакого прибоя, между тѣмъ въ 90 саж. отъ мола судно едва не погибло у песчаной отмели, гдѣ разбивались сильнѣйшіе буруны. Подобное же явленіе замѣчено было Эри и у мыса Лизардъ, гдѣ скалы почти вертикально поднимаются съ большой глубины. Нѣкоторые другіе примѣры, подкрѣпляющіе справедливость всего, что было сказано нами о дѣйствіи волнъ на крутые берега, читатели найдутъ у Хагена въ его сочиненіи объ устройствѣ портовъ [4]). Здѣсь же въ подтвержденіе вышесказаннаго прибавимъ еще, что нѣкоторыя сооруженія, возведенныя въ морѣ съ большой глубины и ограниченныя почти вертикальными

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. Berlin. 1863. 1. Band. S. 95.

2) Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover-bay. London 1847, p. 51.

3) ditto p. 88.

4) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. S. 97.

стѣнками, не разбиваютъ волну; напримѣръ Дуврскій молъ, возведенный на средней глубинѣ 42 футъ отъ самаго низкаго горизонта моря, не смотря на большія волненія, не получилъ у подошвы никакихъ подмывовъ, за исключеніемъ нѣкоторой части у оконечности, подмытой береговыми теченіями, которыя здѣсь весьма сильны отъ дѣйствія приливовъ и отливовъ. Самый большой прибой волнъ замѣченъ былъ мною въ 1863 году у корня Дуврскаго мола, гдѣ этотъ послѣдній сопряженъ съ набережными пологими откосами. Также Хагенъ приводитъ въ примѣръ сооруженіе устроенное на дюнѣ на западной сторонѣ Кольбергеръ-Мюнде, гдѣ каменный откосъ упирается о вертикальную деревянную стѣнку, и послѣдняя выдерживаетъ волны съ совершенною безопасностью.

Если и у крутыхъ стѣнокъ, поднимающихся съ большой глубины замѣчаются иногда довольно значительные всплески волнъ, то всплески эти большею частію происходятъ отъ толчеи, образующейся отъ встрѣчи свободныхъ волнъ съ отраженными, такъ какъ всякая крутая стѣнка отражаетъ волны, ударяющіяся о стѣнку косвенно, причемъ законы отраженія остаются тѣ-же, какіе существуютъ при ударѣ упругихъ тѣлъ. Но всплески эти не опасны для стѣнъ, такъ какъ они развиваются въ высоту и не сообщаютъ водянымъ частицамъ горизонтальнаго поступательнаго движенія.

Другое дѣло если стѣнка поднимается не съ значительной глубины, а съ такой, при которой волны уже разбиваются о дно или о пологій откосъ, находящійся у подошвы стѣнки. Здѣсь частицы воды пріобрѣтаютъ уже поступательную скорость прежде чѣмъ онѣ достигнутъ вертикальной стѣнки, почему послѣдняя выдерживаетъ полный ударъ водяныхъ частицъ, соотвѣтствующій ихъ поступательной скорости. Реакція, оказываемая стѣнкою удару, не только поднимаетъ волну вверхъ и производитъ такъ называемый вертикальный прибой, сопровожденный сильными всплесками, но и выдѣляетъ ко дну такъ называемыя донныя волны, производящія сильное разрушительное дѣйствіе на подошву стѣнки.

Чтобы опредѣлить на какой глубинѣ возвышеніе дна оказываетъ уже реакцію на волненіе, или, другими словами, разбиваетъ волну, необходимо знать какъ высоту мѣстныхъ волнъ, такъ и постепенность или крутость возвышенія дна. Выше было уже сказано, что въ открытомъ океанѣ, гдѣ волны имѣютъ большую длину и высоту, внезапное возвышеніе дна даже на весьма значительной глубинѣ производитъ реакцію на волненіе и рождаетъ буруны, но въ моряхъ укрытыхъ и въ особенности бухтахъ и заливахъ, гдѣ волны имѣютъ весьма ограниченную высоту, постепенное весьма пологое возвышеніе дна только при небольшой глубинѣ оказываетъ реакцію на волненіе, хотя возмущеніе воды волненіемъ и распространяется до самого дна, что доказывается мутностью, которую принимаетъ морская вода послѣ бурь. Нѣкоторые инженеры были прежде того мнѣнія, что волненіе въ морѣ ограничивается только извѣстнымъ слоемъ, ниже котораго частицы воды вовсе не возмущаются, но изъ всего что сказано выше очевидно, что только на безконечно большой глубинѣ сомкнутыя кривыя, описываемыя при движеніи частицами воды, обращаются въ нуль, т. е. возмущеніе водяной массы простирается до безконечной глубины; тѣмъ не менѣе сила этого возмущенія такъ быстро уменьшается ко дну, залегающему на большой глубинѣ, что ниже извѣстнаго слоя дѣйствіе волненія обнаруживается только на днѣ изъ тонкаго песку или ила. Профессоръ Эри принимаетъ, что сила возмущенія водяной массы во время волненія уменьшается ко дну въ геометрической прогрессіи, притомъ если давленіе производимое волнами на поверхности будетъ P, а длина волны L, то на глубинѣ L давленіе будетъ всего $\frac{P}{500}$, при глубинѣ $2L$ — $\frac{P}{25000}$ и т. д.[1]).

При устройствѣ портовъ весьма важно опредѣлить собственно

---

1) Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover-bay. London. 1847, p. 38.

ту глубину, на которую распространяется разрушительное дѣйствіе волнъ на камень вѣсомъ до 4 пудъ, накиданный въ видѣ отсыпи съ одиночнымъ откосомъ. Глубина эта, безъ сомнѣнія, зависитъ отъ высоты и разрушительной силы волнъ и можетъ быть опредѣлена только непосредственными опытами. Вообще оказывается, что въ портахъ океана или канала Ламаншъ глубина эта измѣняется отъ 10 до 20 футъ (въ Шербургѣ до 20 ф., въ Алдерней — 15 футъ, въ Портландѣ — 12 футъ и въ Плимутѣ — 10 футъ [1])], въ Средиземномъ морѣ отъ 10 до 18 футъ, въ Балтійскомъ и Черномъ моряхъ отъ 8 до 12 ф. (въ Кронштадтѣ и Одессѣ — 12 ф., и въ Либавѣ 8 футъ). За неимѣніемъ достаточныхъ свѣдѣній о томъ, на какой глубинѣ возвышенія дна или каменныя отсыпи начинаютъ разбивать волну, обыкновенно принимаютъ, что эта глубина та же самая, на которую распространяется слой разрушительнаго дѣйствія волнъ на откосы изъ накиднаго камня. Впрочемъ, для большей увѣренности полезно принимать эту глубину нѣсколько увеличенною хотя на $^1/_3$ или $^1/_4$, такъ что если глубина слоя разрушительнаго дѣйствія волнъ на откосы накиднаго камня будетъ h, то слѣдуетъ принимать, что наименьшая глубина, при которой волна еще не разбивается будетъ $^5/_4\ h$ или даже $^4/_3\ h$. Во всякомъ случаѣ эта глубина не можетъ быть менѣе высоты мѣстныхъ волнъ.

Давленіе или точнѣе *ударъ*, производимый волнами на неподвижныя сооруженія или берегъ, зависитъ какъ отъ величины и направленія волнъ, такъ и отъ условій, въ которыхъ находится сооруженіе или берегъ, подверженные дѣйствію волнъ, т. е. отъ того разбивается ли волна передъ ударомъ, получая при этомъ поступательное движеніе или не разбивается. Въ первомъ случаѣ, ударъ волнъ можетъ быть весьма значительный, во второмъ сравнительно — весьма малый, превращающійся почти въ одно стати-

1) Report of the commissioners appointed to complete the inquiry on harbours of refuge. London. 1859, p. XXV.

ческое давленіе, соотвѣтствующее высотѣ волны. Мѣрою удара, производимаго волнами, могутъ служить камни небольшаго вѣса, сдвинутые волнами съ своего мѣста, или же для измѣренія этого удара можетъ быть употребленъ особый приборъ, изобрѣтенный Стевенсономъ и называемый *морскимъ динамометромъ*. Слѣдующіе примѣры могутъ дать понятіе о силѣ удара, производимаго волнами въ нѣкоторыхъ случаяхъ.

Въ Свинемюнде на восточномъ молѣ, въ декабрѣ 1857 года волненіемъ поднятъ былъ камень изъ шведскаго гранита въ 50 куб. футъ, и неоднократно во время бури камень этотъ ударялся о фундаментъ маяка, находящагося на головѣ мола [1]).

Подводныя скалы, находящіяся у подошвы берега или сооруженія на столько увеличиваютъ силу волнъ, разбивая ихъ, что дѣйствіе волнъ обнаруживается иногда на весьма значительной высотѣ, до которой въ обыкновенномъ своемъ состояніи волны не могли бы достигнуть. Такимъ образомъ Томасъ Стевенсонъ сообщаетъ [2]), что на одномъ изъ Шетландскихъ острововъ — Баундъ Скерри (Bound Skerry) камень, вѣсомъ 7½ тоннъ, на высотѣ 20 футъ надъ моремъ, былъ передвинутъ волнами съ мѣста по горизонтальному направленію на 73 фута, другой камень, вѣсомъ въ 5½ тоннъ, на высотѣ 72 футъ надъ самымъ высокимъ горизонтомъ моря, былъ передвинутъ на 20 футъ по горизонтальному направленію, и наконецъ третій камень въ 13 тоннъ былъ разбитъ волнами на высотѣ 74 ф. надъ моремъ. Факты эти, какъ они не кажутся невѣроятными, засвидѣтельствованы извѣстнымъ геологомъ Родерикомъ Мурчиссономъ.

На маякѣ Бишопъ-Рокъ (Bishop Rock), зимою 1860 г., колоколъ былъ сорванъ волнами съ своей опоры на высотѣ 100 футъ

---

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. S. 99.

2) Thomas Stevenson. The design and construction of Harbours. Edinburgh. 1864, p. 32.

надъ самымъ высокимъ горизонтомъ моря[1]), а въ Анстѣ (Unst) дверь была разбита волнами на высотѣ 195 футъ надъ моремъ.

На одномъ изъ Гебридскихъ острововъ — Барахедъ (Barra-head), въ январѣ 1836 г., камень изъ гнейса, объемомъ въ 504 куб. футъ и вѣсомъ до 42 тоннъ, былъ передвинутъ волнамн на 5 футъ[2]).

Въ Шербургѣ на брекватерѣ, во входящемъ углѣ, въ 1836 году, въ зимнюю бурю, болѣе 200 камней, изъ коихъ нѣкоторые вѣсили до 180 пудъ, были переброшены волнами на южную рисберму, чрезъ стѣну, высотою въ 30 футъ, при этомъ высота волны отъ прибоя доходила до 135 футъ. Многія изъ искуственныхъ глыбъ, объемомъ до 700 куб. футъ, были сдвинуты съ мѣста и двѣ изъ нихъ даже перевернуты[3]).

Въ Сеттѣ, во время бурь 1857 — 1858 гг., искусственныя глыбы. объемомъ до 1700 куб. футъ и вѣсомъ до 7500 пудъ (чер. 7), лежавшія на внѣшнемъ откосѣ брекватера, были передвинуты съ мѣста, нѣкоторыя даже на 17 и болѣе футъ и при этомъ перевернуты или разбиты (чер. 8). Мѣстный инженеръ увѣрялъ меня въ 1863 году, что одна изъ искусственныхъ глыбъ, объемомъ въ 8800 куб. футъ, погруженная въ деревянномъ понтонномъ ящикѣ, была сдвинута волною на 1 футъ. Обстоятельство это объясняется дѣйствіемъ сильнаго прибоя волнъ, поднимавшихся вертикально на высоту 100 футъ и затѣмъ падавшихъ съ этой высоты, а также и малымъ треніемъ между дномъ понтоннаго ящика и скользкимъ его основаніемъ.

Величина камней сдвинутыхъ волнами и площадь дѣйствія волнъ могутъ служить для приблизительнаго вычисленія силы удара

---

1) Nautical Magazine. Vol. XXXI, p. 262.

2) Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover-bay. London. 1847. p. 108.

3) Bonnin. Travaux d'achévement de la digue de Cherbourg. Paris. 1857, p. 60.

волнъ, принявши въ соображеніе коефиціентъ тренія камней о каменное основаніе.

Для опредѣленія послѣдняго коефиціента, какъ на воздухѣ, такъ и подъ водою, были произведены опыты Джономъ Ренни, Томасомъ Стевенсономъ и Робертомъ Кимпиръ [1]), изъ коихъ оказывается, что, смотря по гладкости камней, коефиціентъ тренія измѣняется отъ 0.53 до 0.94, но такъ какъ первыя цыфры относятся къ поверхностямъ обтесаннымъ чистою тескою, то вѣрнѣе принять средній коефиціентъ въ 0.80. Вообще же опыты показали, что подъ водою и на воздухѣ коефиціентъ тренія остается почти одинаковый.

Если принять коефиціентъ тренія въ 0.80 и опредѣлить разсчетомъ давленіе, производимое волнами при ударѣ о камни Сеттскаго брекватера, то оказывается, что давленіе это доходило до 50 пудъ на кв. футъ, если же принять въ соображеніе и потерю вѣса камней въ водѣ, то не менѣе 30 пудъ на кв. футъ.

Подобнымъ же разсчетомъ Минаръ нашелъ, что на Шербургскомъ и Алжирскомъ брекватерахъ давленіе волнъ на квадр. футъ простирается отъ 15 до 22 пудъ [2]).

Изъ свѣденій сообщаемыхъ г. Августиновичемъ, старшимъ производителемъ работъ Одесскаго порта, видно что въ Одессѣ на продолженіи карантиннаго молла, въ сентябрѣ 1866 г., ударомъ волнъ была сдвинута и сброшена со стѣны искусственная глыба вѣсомъ 600 пудовъ, другія же глыбы вѣсомъ 800 пудовъ, хотя и не были сдвинуты съ мѣста, но шевелились отъ волнъ. Глыбы эти лежали на $1^1/_2$ фута въ водѣ и при волненіи совершенно покрывались водою. Площадь подверженная удару волнъ была 30 кв. футъ для первой глыбы и 27 кв. футъ для вторыхъ. Принимая въ разсчетъ удѣльный вѣсъ этихъ глыбъ — 1.9, по-

1) Thomas Stevenson. The design and construction of harbours. Edinburgh. 1864, p. 74.

2) Minard. Ouvrages hydrauliques des ports de mer. Paris. 1846. p. 19.

БИБЛИОТЕКА

терю вѣса ихъ въ водѣ и коефиціентъ тренія 0.80, оказывается, что горизонтальное давленіе волнъ на кв. футъ было болѣе 9,5 пудъ, но не превосходило 14 пудъ. При этомъ нужно еще замѣтить, что стѣнка была устроена на глубинѣ 13 футъ, гдѣ волны отчасти уже разбивались дномъ моря прежде чѣмъ достигали стѣнки.

Морской динамометръ, о которомъ было упомянуто выше, былъ изобрѣтенъ шотландскимъ инженеромъ Томасомъ Стевенсономъ. На чертежахъ 9-мъ и 10-мъ представлены его боковой видъ и разрѣзъ. Онъ состоитъ изъ чугуннаго цилиндра, длиною 8 дюймовъ и внѣшнимъ діаметромъ въ 4 дюйма. На одной оконечности цилиндра находится чугунное дно, на другомъ выступающая кольцевая реборда или щека, къ которой винтами привинчивается чугунная крышка. Чрезъ дно и крышку пропущены на сквозь четыре желѣзныхъ стержня, и къ послѣднимъ со стороны крышки прикрѣпленъ кругъ, діаметромъ въ 6 дюймовъ. Въ случаѣ надобности его можно замѣнять и другими кругами діаметромъ въ 3 или 9 дюймовъ. Внутри цилиндра къ стержнямъ придѣланъ былъ еше другой кругъ меньшаго діаметра, соединенный съ крышкою четырьмя спиральными пружинами. Приборъ этотъ, помощію болтовъ, прикрѣпляется горизонтально къ той скалѣ, гдѣ имѣютъ въ виду опредѣленіе горизонтальнаго давленія, производимаго волнами при ударѣ. При этомъ ударѣ пружины растягиваются; для показанія же наибольшей степени, до которой онѣ были растянуты, на стержни надѣты на нѣкоторомъ разстояніи одинъ отъ другаго кожаные кружки, которые, ударяясь о дно, сближаются между собою. Чрезъ особую боковую крышку можно изслѣдовать, какіе изъ кружковъ совершенно сблизились между собою, и такимъ образомъ опредѣлить до какой степени стержни были выдвинуты ударомъ волны и пружины растянуты, а такъ какъ предварительно непосредственными опытами должно быть опредѣлено какому удлиненію пружины соотвѣтствуетъ извѣст-

ное давленіе, то сообразно съ этимъ можно всегда разсчитать наибольшее давленіе, производимое волнами при ударѣ на кругъ, а затѣмъ опредѣлить это давленіе и на единицу площади. Обыкновенно берутъ такія пружины, удлиненіе которыхъ на $^1/_8$ дюйма соотвѣтствовало бы усилію отъ 10 до 50 фунтовъ. Пружинъ употребляется четыре для лучшей повѣрки выводовъ, доставляемыхъ опытами съ этимъ динамометромъ. Хотя при такихъ условіяхъ динамическое дѣйствіе волны будетъ выражено статическимъ давленіемъ производящемъ въ пружинахъ извѣстное удлиненіе, динамическое же сопротивленіе пружинъ не соотвѣтствуетъ ихъ статическому сопротивленію, но опыты Стевенсона на Скерриворскихъ скалахъ надъ различными динамометрами, съ кругами разнаго діаметра и пружинами разной силы, показали, что при ударѣ волнъ среднія удлинненія пружинъ въ трехъ динамометрахъ не представляли разницы болѣе 20%, между тѣмъ какъ тѣ же динамометры, подверженные удару ядеръ, при одинаковыхъ ударахъ доставляли показанія весьма различныя. Это можно объяснитъ тѣмъ, что динамическое дѣйствіе волнъ обнаруживается не мгновенно, какъ ударъ твердаго тѣла, но почти непрерывно въ теченіи всего времени, въ которое кругъ динамометра покрытъ ударяющеюся волною, почему динамическое дѣйствіе волнъ можетъ быть съ несравненно меньшею неточностью измѣряемо статическимъ сопротивленіемъ пружинъ, нежели ударъ твердыхъ тѣлъ [1]).

Томасъ Стевенсонъ, помощью описаннаго морскаго динамометра, производилъ наблюденія въ Ирландскомъ морѣ на островѣ Литль Росъ (Little Ross), въ Атлантическомъ океанѣ на островѣ

1) Морской динамометръ Стевенсона и опыты произведенные съ нимъ въ 1842, 43, 44 и 45 годахъ подробно описаны были въ Transactions Royal Society Edinburgh. Vol. XVI, part I, также въ сочиненіи Stevenson'a Skerryvore lighthouse 1848, и въ Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover bay. 1847, p. 105.

Тайри (Tyree) при Скериворскихъ скалахъ (Skerryvore) и въ Нѣмецкомъ морѣ при Бельрокской скалѣ (Bellrock). Самыя замѣчательныя наблюденія это тѣ, которыя производились въ 1843 и 1844 годахъ въ Атлантическомъ океанѣ въ теченіи 23 мѣсяцевъ непрерывно. Онѣ показали, что среднее давленіе зимою было 0,93 тонны на кв. футъ и лѣтомъ 0,27 тонны на кв. футъ. Наибольшее же давленіе было замѣчено въ мартѣ 1845 года, именно до 2,72 тоннъ на кв. футъ. Въ Нѣмецкомъ морѣ самое сильное давленіе, обнаружившееся при Бельрокской скалѣ, было 1,35 тонны на кв. футъ, но въ графствѣ Истъ Лотіанъ (East-Lothian) въ Дунбарѣ (Dunbar) горизонтальное давленіе, производимое волнами при ударѣ, доходило до $3^1/_2$ тоннъ на кв. футъ.

При Скериворской скалѣ опыты производились съ двумя динамометрами, изъ коихъ одинъ былъ помѣщенъ ниже и на 40 футъ ближе къ морю, чѣмъ другой. Наблюденія показали, что послѣдній динамометръ былъ подверженъ удару волнъ приблизительно вдвое болѣе сильному, чѣмъ первый. Необходимо однакоже замѣтить, что волны, прежде чѣмъ достигали этого втораго динамометра, сильно разбивались выступающими подводными скалами, такъ что волны, имѣвшія въ высоту до 20 футъ, отъ прибоя поднимались до 70 футъ [1]).

При Бельрокскомъ маякѣ волны поднимались отъ прибоя въ 1827 году до высоты 106 футъ надъ горизонтомъ воды. Въ октябрѣ 1848 г. Хагенъ наблюдалъ въ бурю въ Пиллау волну, которая отъ прибоя поднялась до высоты 70 футъ. На берегахъ Корнваллиса были наблюдаемы въ 1843 г. волны, высота которыхъ, вслѣдствіе прибоя о скалы, доходила до 300 футъ, а близь Васберга въ Норвегіи даже и до 400 футъ. Весьма естественно, что, при такой значительной высотѣ, волны, разбившіяся о подводныя скалы, производятъ при ударѣ о стѣнку громадное давленіе.

1) Thomas Stevenson. The design and construction of Harbours. Edinburgh. 1864, p. 42.

Весьма осязательный примѣръ, показывающій на сколько разбиваніе волнъ увеличиваетъ ихъ силу удара, представляютъ опыты произведенные съ динамометромъ Томасомъ Стевенсономъ на неоконченномъ молѣ Дунбарскаго порта (Dunbar)[1]). Динамометры были помѣщены здѣсь въ 5 мѣстахъ (черт. 11 и 12), два на ближайшей вертикальной сваѣ подмостокъ, на высотѣ 7 ф. (№ 2) и 9 ф. 7 д. (№ 3) отъ дна, и три другихъ на уступахъ неоконченной кладки стѣны, на высотахъ 8 футъ (№ 4), 9 футъ 6 дюймовъ (№ 5) и 11 футъ 2 дюйма (№ 6) отъ дна. Опыты показали, что среднее давленіе, производимое волнами при ударѣ на послѣдніе три динамометра, при высокихъ волнахъ, уже прежде разбивавшихся о дно моря, было только вдвое болѣе давленія, производимаго волнами при ударѣ о два первыхъ динамометра, но при низкихъ волнахъ, которыя не разбивались у сваи, и между тѣмъ разбивались уступами неоконченной кладки, первое давленіе было въ $22^1/_2$ раза болѣе втораго, и если даже исключить показанія динамометра (№ 5), находившагося во входящемъ углѣ, то и тогда давленіе, производимое разбившимися волнами, было въ *восемь* разъ болѣе давленія неразбившихся волнъ на динамометры прибитые къ сваямъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываетъ также важно опредѣлить вертикальное давленіе, производимое волнами при ударѣ снизу вверхъ, напр. давленіе на выступающіе карнизы стѣнокъ или половую настилку сквозныхъ молъ и т. п. Опыты, произведенные Томасомъ Стевенсономъ, показали, что давленіе это бываетъ весьма значительное, напр. въ Дунбарѣ въ 1858 г. оно превосходило 1 тонну на кв. футъ поверхности[2]) на высотѣ 23 футъ отъ уровня моря, между тѣмъ какъ горизонтальное давленіе на той же почти высотѣ было всего 28 англійскихъ фунтовъ на кв. футъ, т. е.

---

1) Thomas Stevenson. The design and construction of Harbours. Edinburgh 1864, p. 64.

2) ditto, p. 94.

въ 84 раза менѣе. Что касается до высоты всплесковъ или струй, при ударѣ волнъ о стѣнки, то опыты Стевенсона показали, что всплески эти достигаютъ иногда высоты въ шесть или семь разъ большей высоты волнъ.

Выше уже было сказано, что сооруженія или берега, ограниченные крутыми поверхностями, поднимающимися съ большой глубины, отражаютъ волну, пологіе же откосы разбиваютъ волну, необходимо кромѣ того замѣтить, что въ первомъ случаѣ отраженныя волны, при выпукло-криволинейномъ направленіи сооруженія или берега, могутъ еще отчасти скользить вдоль послѣднихъ, или получить, такъ называемое, боковое распространеніе, имѣющее часто весьма вредныя послѣдствія. Подобное боковое распространеніе волнъ существовало прежде въ Алжирскомъ портѣ, гдѣ при сѣверныхъ и сѣверо-восточныхъ вѣтрахъ волненіе распространялось къ югу, огибало конецъ стараго мола, входило въ портъ и производило столь сильное возмущеніе, что лопались цѣпи якорей, и только съ устройствомъ новыхъ молъ явленіе это было нѣсколько устранено [1]). Въ томъ же портѣ весьма замѣчательныя послѣдствія имѣло устройство набережныхъ: волненіе, разбивавшееся прежде внутри порта на отлогихъ берегахъ, стало отражаться отъ стѣнъ набережныхъ, и такимъ образомъ въ портѣ усилилась вредная для судовъ толчея.

Такъ какъ боковое распространеніе волнъ есть явленіе весьма сложное и не вполнѣ до сихъ поръ объясненное, то часто нельзя заранѣе опредѣлить, какія измѣненія произойдутъ въ распространеніи волненія послѣ устройства новыхъ сооруженій; поэтому проектированіе сооруженій, защищающихъ гавани отъ волненій, составляетъ одну изъ труднѣйшихъ задачъ инженернаго искусства. Весьма часто случается, что съ устраненіемъ однихъ неудобствъ

---

1) Нѣсколько примѣровъ бокового распространенія волнъ въ портахъ приводитъ Минаръ въ своемъ сочиненіи: Ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846. p. 21 — 28.

являются другія, которыя никакъ не могли быть заранѣе предвидѣны, и по окончаніи проектированныхъ сооруженій приходится заботиться объ уничтоженіи ихъ вреднаго дѣйствія. Изъ этого видно, какъ важно изученіе возможно большаго числа портовъ, въ которыхъ обнаружились подобныя вредныя дѣйствія.

II. Измѣненія уровня воды въ моряхъ.

Вслѣдствіе притягательнаго дѣйствія луны и солнца въ океанахъ и моряхъ, находящихся съ океанами въ открытомъ соединеніи, происходятъ правильныя и періодическія измѣненія уровня воды, называемыя *приливами* и *отливами*. Во внутреннихъ моряхъ, какъ напр. Каспійскомъ и моряхъ, соединенныхъ съ океаномъ посредствомъ узкихъ проливовъ, уровень воды измѣняется исключительно отъ дѣйствія вѣтровъ, и только въ нѣкоторыхъ частяхъ этихъ морей, напр. въ Мессинскомъ проливѣ, въ сѣверной части Адріатическаго моря и т. п., замѣчаются небольшія измѣненія, имѣющія періодическій характеръ, который заставляетъ признать ихъ также приливами и отливами. Самое явленіе приливовъ состоитъ въ слѣдующемъ: въ теченіи нѣсколькихъ часовъ вода у береговъ повышается все болѣе и болѣе, пока уровень воды не достигнетъ наибольшаго возвышенія, затѣмъ уровень начинаетъ постепенно понижаться въ теченіи около шести часовъ, пока отливъ не опустится до наибольшаго пониженія, потомъ снова начинается шестичасовое повышеніе до втораго полнаго прилива и т. д., такъ что въ сутки два раза вода достигаетъ наибольшей и два раза наименьшей высоты, или въ сутки бываетъ два раза приливъ и два раза отливъ. Такъ какъ приливы и отливы зависятъ отъ притягательнаго дѣйствія луны, а послѣдняя опаздываетъ ежедневно на 48 минутъ, при прохожденіи своемъ чрезъ меридіанъ даннаго мѣста, то и приливы опаздываютъ въ слѣдующій день на 48 минутъ противъ прилива предъидущаго дня. Что

касается до высоты прилива, т. е. до перемѣны уровня отъ нисшаго отлива до высшаго прилива, то высота эта въ различныхъ мѣстахъ бываетъ весьма различна, такъ какъ она зависитъ совершенно отъ вида и изгиба берегонъ, и въ узкихъ проливахъ и заливахъ всегда сильнѣе, чѣмъ въ открытомъ океанѣ, или чѣмъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ земля вдается въ море. Въ открытомъ океанѣ, какъ напр. у острова Св. Елены, высота прилива рѣдко превышаетъ 3 фута, между тѣмъ у англійскаго берега, при устьи Бристольскаго канала, приливы поднимаются надъ отливами до высоты 26 футъ; при Кингъ-Родѣ, близь Бристоля, до 42 футъ, а при Чепстоу на Вей — до 50 и даже 70 футъ [1]).

У французскаго берега канала Ламаншъ приливъ поднимается отъ 20 до 45 футъ, достигая послѣдней высоты въ глубинѣ бухты св. Михаила при С. Мало, и затѣмъ снова уменьшается по мѣрѣ того какъ подвигаются на востокъ. Въ глубинѣ Фандскаго залива въ Новой Шотландіи (сѣв. Америки) приливы поднимаются слишкомъ на 70 футъ надъ отливами. Въ Архангельскѣ, въ Бѣломъ морѣ, высота приливовъ доходитъ до 5 футъ, въ Амурскомъ лиманѣ до 2 ф., въ Балтійскомъ же, Черномъ и Каспійскомъ моряхъ вовсе нѣтъ приливовъ и отливовъ или по крайней мѣрѣ явленіе ихъ неощутительно [2]).

Высота приливовъ или суточная разность между высокою и низкою водою въ разныя времена весьма измѣняется, и наблюденія показали именно, что наибольшая высота приливовъ бываетъ во время новолунія или полнолунія, т. е. во время сизигій, когда центры солнца, луны и земли находятся почти на одной прямой линіи; наименьшая же высота приливовъ бываетъ во время пер-

---

1) Ляейлль. Основныя начала геологіи (въ переводѣ Мина). Москва. 1866. т. I, стр. 339.

2) Впрочемъ по наблюденіямъ прусскаго инженера Хагена въ Балтійскомъ морѣ у прусскаго берега замѣчаются періодическія измѣненія горизонта воды, но весьма ничтожныя (отъ $^1/_4$ до 2-хъ дюймовъ). Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1. Band. S. 136 — 153.

вой и послѣдней четверти луны, т. е. во время квадратуръ, когда прямыя, соединяющія центръ земли съ центрами солнца и луны, составляютъ между собою прямой уголъ. Наконецъ и сизигійныя высоты прилива бываютъ наибольшія во время равноденствій, а квадратурныя наименьшія во время солнцестояній.

Обыкновенно у береговъ приливъ достигаетъ своей наибольшей высоты не во время прохожденія луны чрезъ меридіанъ, а нѣсколько позже и притомъ различно въ разныхъ портахъ, смотря по тому какъ рано или поздно достигаетъ порта изъ открытаго океана приливная волна. Тотъ часъ въ день полнолунія, въ который приливъ достигаетъ въ портѣ наибольшей высоты — называется *прикладнымъ часомъ* порта. Часъ этотъ необходимо знать мореходцамъ, потому что, только зная его, они могутъ разсчитать по опаздываніо прилива, когда именно въ извѣстный день будетъ полный приливъ въ портѣ, что особенно важно при входѣ въ такіе порты, которые въ отливы совершенно обмелѣваютъ. Обыкновенно въ морскихъ календаряхъ бываетъ обозначенъ прикладной часъ для всѣхъ главнѣйшихъ портовъ, въ которыхъ существуетъ явленіе приливовъ и отливовъ. Сверхъ того, чтобы во всякое время можно было опредѣлить высоту прилива въ каждомъ портѣ, въ тѣхъ же календаряхъ помѣщены и таблицы коефиціентовъ, на которые слѣдуетъ помножать такъ называемую *приливную единицу* порта для полученія высоты прилива въ извѣстный день. Что касается до приливной единицы, то подъ этимъ именемъ разумѣютъ половину разности горизонтовъ средняго прилива и средняго отлива во время равноденственныхъ сизигій или возвышеніе этого прилива надъ среднимъ горизонтомъ, на которомъ находилась бы вода въ морѣ, если бы не было приливовъ и отливовъ.

Если всѣ береговыя точки земнаго шара, для которыхъ прикладной часъ одинъ и тотъ же, т. е. въ которыхъ приливы и отливы бываютъ въ одно и тоже время, соединимъ на географиче-

ской картѣ линіями, то получимъ такъ называемыя *котидальныя* или *сопривныя линіи*. Линіи эти дадутъ довольно ясное понятіе о скорости распространенія приливной волны, скорости постепенно уменьшающейся по мѣрѣ уменьшенія глубины моря.

Приливная волна изъ моря проникаетъ въ устья рѣкъ и распространяется вверхъ по теченію на довольно значительное протяженіе. Такимъ образомъ вліяніе приливныхъ волнъ въ Темзѣ, въ Сенѣ, въ Сѣверной Двинѣ и пр. замѣтно бываетъ на нѣсколько верстъ. Нагоняя воду вверхъ по теченію рѣкъ, приливная волна производитъ иногда особыя явленія, къ которымъ принадлежатъ такъ называемыя: *маскаре* на Жирондѣ, *баръ* на Сенѣ [1]) и т. п., явленія, характеризующіяся длиннымъ водянымъ валомъ высотою отъ 2 до 7 и болѣе футъ, подвигающимся вверхъ по теченію рѣки со скоростью до 22 футъ въ секунду (почти 23 версты въ часъ) и дѣйствующимъ иногда весьма разрушительно, какъ на сооруженія, такъ и на суда, находящіяся на рѣкѣ.

По наблюденіямъ извѣстнаго геолога Ляейлля въ новой Шотландіи въ лиманѣ Шубенокади во время приливовъ громадной величины валъ съ ревомъ бѣжитъ вверхъ по длинному и узкому проливу, образуя мутный водопадъ столь же крутой, какъ и быстрины р. Св. Лаврентія [2]). Въ устьяхъ Мегны и Хугли (рукавовъ Ганга) высота вала, поднимающагося вверхъ по рѣкѣ, превосходитъ 12 футъ, и валъ этотъ такъ опасенъ, что ни одно суд-

---

1) Annales des Ponts et Chaussées. 1861. sem. 1, p. 49; а также въ томъ же журналѣ 1835, sem. 2, p. 215, и въ сочиненіи Bounniceau: Etudes sur la navigation des rivières à marées 1845, p. 106. О распространеніи прилива по р. Соммѣ помѣщены свѣденія въ сочиненіи Минара: Cours de constructions des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 7, а о приливѣ въ устьяхъ Эльбы и Везера въ I томѣ упомянутаго выше сочиненія Хагена, стр. 160. Теоретическія и экспериментальныя изслѣдованія распространенія приливовъ въ устьяхъ рѣкъ можно также найти и въ мемуарѣ Базена (стр. 129) о которомъ сказано выше.

2) Ляейлль. Основныя начала геологіи (въ переводѣ Мина). Москва. 1866. Т. I, стр. 285.

но не отважится переплыть рѣку во время высокаго прилива. Такой же высоты валъ распространяется во время приливовъ и по Амазонской рѣкѣ.

Очертаніе береговъ и острововъ, а также и вѣтры производятъ иногда большія неправильности въ явленіи приливовъ и отливовъ; такимъ образомъ въ бухтѣ Яде, близь Ольденбурга, приливъ въ теченіи первыхъ четырехъ часовъ возвышается скорѣе, чѣмъ въ теченіи остальныхъ двухъ часовъ, опускается же несравненно быстрѣе. Въ Гамбургѣ, значительно удаленномъ отъ моря, напротивъ того, приливъ поднимается быстро, а опускается медленно. Иногда приливъ, достигнувши высшей точки, останавливается на нѣкоторое время (въ Гаврѣ на 75 минутъ) и послѣ того уже начинаетъ спадать. Въ Рошфорѣ, во Франціи, при устьи р. Шаранты, приливъ поднимается въ теченіи четырехъ часовъ, потомъ чрезъ часъ падаетъ на 1 футъ, въ слѣдующіе два часа поднимается на 2, 5 фута и въ продолженіи пяти часовъ опускается до низшаго горизонта. Точно также въ Архангельскѣ, въ Бѣломъ морѣ, вода, поднявшись во время прилива на нѣкоторую высоту, почти въ срединѣ всего повышенія вдругъ останавливается и затѣмъ или остается въ покоѣ въ теченіи цѣлаго часа, или даже опять нѣсколько понижается, послѣ чего приливъ снова продолжается. Подробное объясненіе этого явленія, извѣстнаго у мѣстныхъ жителей подъ именемъ *манихи*, и вообще объясненіе теоріи приливовъ и отливовъ не входитъ въ предѣлъ этого труда. Желающіе ознакомиться подробнѣе, по печатнымъ источникамъ, съ этими явленіями могутъ обратиться къ сочиненіямъ о морскихъ работахъ — Хагена [1]) или Минара [2]), а также къ подробнымъ курсамъ физической географіи, но вообще говоря въ Россіи вопросъ о приливахъ и отливахъ представляетъ преимущественно научный

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1863. 1. Band. Seite 104 — 170.

2) Minard. Cours de constructions des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 1 — 10.

интересъ, а не практическій, такъ какъ въ русскихъ моряхъ это явленіе или вовсе не замѣчается или обнаруживается весьма малою разностью горизонтовъ. Между тѣмъ въ портахъ западной Европы, гдѣ высота приливовъ бываетъ значительная, явленіе приливовъ и отливовъ важно и въ строительномъ отношеніи, такъ какъ отливы даютъ въ этихъ портахъ возможность производить на большой глубинѣ работы, какъ на сушѣ, съ единственною предосторожностью предохраненія работъ отъ разрушенія водою во время приливовъ.

Въ моряхъ, не имѣющихъ широкаго сообщенія съ океанами, — измѣненія уровня воды, какъ мы уже сказали выше, производятся вѣтрами, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываютъ весьма значительныя; такимъ образомъ въ Финскомъ заливѣ, близь Кронштадта, уровень воды отъ западныхъ вѣтровъ не рѣдко поднимается до 5 футъ, а при восточныхъ опускается на 3 фута, въ устьяхъ же р. Невы эти измѣненія уровня еще значительнѣе (7 ноября 1824 г. при WSW вѣтрѣ уровень воды въ Невѣ поднялся въ Петербургѣ на $14\frac{1}{2}$ футъ). Въ Одесскомъ заливѣ при южныхъ и восточныхъ вѣтрахъ уровень воды поднимается также до 5 футъ, а при сѣверныхъ и западныхъ вѣтрахъ падаетъ до 3 футъ, но измѣненія эти случаются весьма рѣдко и бываютъ непродолжительны [1]). Въ Азовскомъ морѣ сѣверные вѣтры сгоняютъ воду на $1\frac{1}{2}$ фута, а южные вѣтры, пригоняя воду изъ Чернаго моря, поднимаютъ уровень Азовскаго моря до 3 футъ. Въ нѣкоторыхъ же заливахъ Азовскаго моря, напр. Таганрогскомъ, восточными и западными вѣтрами вода сгоняется въ теченіи 3 — 4 часовъ слишкомъ на 7 футъ. Очевидцы указываютъ даже на пониженіе уровня воды доходившее до 10 футъ (22 сентября 1850 г.), и на повышеніе, при продолжительныхъ юго-западныхъ вѣтрахъ, — до 18 футъ (въ ноябрѣ 1849 г.) [2]).

1) Бѣлявскій. Гидрографическое изученіе Одесскаго порта. Одесса. 1865, стр. 8.
2) Лоція Азовскаго моря 1854 г. стр. 67 — 68.

Наблюденія надъ измѣненіями горизонта воды производятся по постояннымъ рейкамъ (*футштокамъ*), укрѣпленнымъ въ гаваняхъ къ неизмѣннымъ сооруженіямъ, напр. каменнымъ стѣнкамъ набережныхъ, получившихъ уже полную осадку и прочно основанныхъ. *Нулевою* отмѣткою, въ моряхъ, гдѣ нѣтъ приливовъ и отливовъ, обозначаютъ на футштокахъ обыкновенный уровень воды или, какъ его называютъ, *ординаръ*, т. е. уровень, существующій въ моряхъ при совершенномъ отсутствіи вѣтра; въ моряхъ же съ приливами и отливами — уровень самаго низкаго отлива во время равноденственныхъ сизигій. Футштоки не должны быть прикрѣпляемы ни къ сваямъ, ни къ ряжевымъ стѣнкамъ и во всякомъ случаѣ положеніе нулевой отмѣтки относительно различныхъ постоянныхъ точекъ, находящихся на берегу, должно быть тщательно опредѣлено нивелировкою и записано на всѣхъ гидрографическихъ картахъ, на которыхъ обозначены промѣры бухты. При изученіи старыхъ картъ необходимо также обратить вниманіе, не произошло ли какихъ либо измѣненій и въ самомъ положеніи береговъ, такъ какъ наблюденія показали, что въ нѣкоторыхъ морскихъ берегахъ происходитъ медленное поднятіе почвы, въ другихъ осѣданіе [1]).

Въ моряхъ съ приливами и отливами, гдѣ измѣненія уровня воды правильныя, весьма важно опредѣлить законы этихъ измѣненій, что возможно только непрерывными наблюденіями положенія уровня воды, наблюденіями, производимыми по крайней мѣрѣ чрезъ каждыя четверть часа. Съ этою цѣлью устроиваютъ въ портахъ особые *мареометры*, помѣщамые въ отдѣльныхъ колодцахъ, имѣющихъ сообщеніе съ моремъ посредствомъ водопроводной галлереи. На чертежѣ 13 показанъ подобный мареометръ,

1) Поднятіе суши въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Шведскаго и Финляндскаго береговъ Балтійскаго моря доходитъ до $^1/_2$ дюйма въ годъ. Подробности объ этомъ явленіи изложены въ сочиненіи Ляейлля: Principles of Geology. London. 1853. Chapter XXX. Тамъ же можно найти свѣденія объ осѣданіи восточнаго берега Гренландіи.

устроенный въ Шербургскомъ военномъ портѣ. Надъ колодцемъ, покрытымъ деревянною будкою, помѣщено зубчатое чугунное колесо A, чрезъ которое перекинута мѣдная безконечная цѣпь. Къ послѣдней укрѣплены съ одной стороны поплавокъ C, съ другой противовѣсъ — D. При каждомъ измѣненіи уровня воды, поплавокъ C поднимается или опускается, причемъ безконечная цѣпь увлекаетъ за собою колесо, поворачивая его въ ту или другую сторону. Движеніе колеса A передается другому колесу B, въ центрѣ котораго укрѣплены стрѣлки, служащія указателемъ числа оборотовъ, сдѣланныхъ колесомъ A въ ту или другую сторону.

Для облегченія наблюденій въ послѣднее время стали устроивать мареометры пишущіе (*мареграфы*). Приборъ, служащій для этой цѣли, представленъ на черт. 14. Поплавокъ прикрѣпляется къ мѣдной проволокѣ A, обернутой вокругъ барабана B, на оси котораго помѣщенъ другой меньшій барабанъ D, обернутый другою мѣдною проволокою съ желѣзнымъ противовѣсомъ, снабженнымъ карандашемъ или остріемъ F. Особыя направляющія не дозволяютъ противовѣсу отклоняться въ стороны, а только подниматься и опускаться. Пишущій карандашъ F нажимается пружиною E къ вертикальному цилиндру G, на которомъ наклеена клѣтчатая бумага. Послѣдній приводится въ вращательное движеніе посредствомъ часоваго механизма и дѣлаетъ одинъ оборотъ въ 24 часа, причемъ карандашъ прибора чертитъ на бумагѣ кривую, выражающую графически измѣненія уровня воды въ зависимости отъ времени. Ординаты кривой представляютъ высоту уровня воды въ различное время дня, въ уменьшенномъ масштабѣ, соотвѣтствующемъ отношенію діаметровъ барабановъ B и D [1]).

---

1) Подробности о мареграфахъ и о наблюденіяхъ производимыхъ въ портахъ надъ измѣненіями уровня воды можно найти въ 1 т. сочиненія Хагена объ устройствѣ портовъ (стр. 131 — 136), также въ статьѣ Фанъ-Стерра: Beshrijving der zelfregistrerende peilshaal van der Helder, въ голландскомъ журналѣ: Verhandelingen van het Koninklijk Institut van Ingenieurs. 1852 — 1853,

III. Береговыя теченія въ моряхъ.

Мы разсматриваемъ здѣсь только береговыя морскія теченія, такъ какъ только эти теченія имѣютъ вліяніе на измѣненія въ очертаніи береговъ, движеніе наносовъ вдоль послѣднихъ и расположеніе портовыхъ сооруженій.

Теченія въ большихъ моряхъ и океанахъ происходятъ вообще отъ трехъ главныхъ причинъ: приливовъ и отливовъ, разности удѣльнаго вѣса воды и разности скоростей вращенія различныхъ точекъ одного и того же меридіана земнаго шара. Въ малыхъ же моряхъ теченія могутъ быть еще произведены массами воды, изливаемыми рѣками, впадающими въ море, и вѣтрами.

Самыя значительныя береговыя теченія наблюдаются въ моряхъ съ приливами и отливами, въ которыхъ періодическія повышенія и пониженія уровня воды, постепенно распространяющіяся вдоль береговъ, производятъ и соотвѣтствующія теченія. Теченія эти всегда совпадаютъ съ направленіемъ распространенія приливовъ и отливовъ, и скорость ихъ зависитъ отъ скорости распространенія послѣднихъ. Такимъ образомъ въ каналѣ Ламаншъ, вдоль англійскаго берега, существуетъ во время прилива теченіе съ Нѣмецкаго моря въ Атлантическій океанъ, а во время отлива обратное теченіе, вдоль же французскаго берега, на оборотъ, во время прилива — теченіе съ Атлантическаго океана въ Нѣмецкое море, а во время отлива — съ Нѣмецкаго моря въ Атлантическій океанъ. Это происходитъ отъ того, что вдоль англійскаго берега въ каналъ Ламаншъ приливъ входитъ со стороны Нѣмецкаго моря, обогнувши изъ Атлантическаго океана сѣверный берегъ Шотландіи, вдоль же французскаго берега приливъ прямо вступаетъ въ каналъ Ламаншъ изъ Атлантическаго океана. Скорость тече-

---

p. 51, и особенно въ статьѣ Дальманна въ Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für Hannover. 1856, Seite 27.

ній, происходящихъ отъ приливовъ и отливовъ, составляетъ отъ $1\frac{1}{2}$ до 20 морскихъ миль въ часъ [1]).

Разность удѣльнаго вѣса воды въ морѣ, происходящая или отъ разности содержанія соли, или отъ разности температуръ или, наконецъ, отъ той и другой причины вмѣстѣ, производитъ два теченія: одно въ верхнихъ слояхъ, отъ болѣе прѣсной или болѣе теплой воды къ болѣе соленой или болѣе холодной воды, и въ нижнихъ слояхъ на оборотъ. Такимъ образомъ въ Средиземномъ морѣ, вода котораго содержитъ болѣе соли, чѣмъ воды Атлантическаго океана и Чернаго моря (особенно въ нижнихъ слояхъ), въ проливахъ, соединяющихъ первое море съ послѣдними, на поверхности существуютъ теченія въ сторону Средиземнаго моря, именно въ Гибралтарскомъ проливѣ отъ запада къ востоку со скоростью отъ 3 до 6 миль въ часъ, и въ Босфорѣ отъ востока къ западу. Въ нижнихъ же слояхъ Гибралтарскаго пролива болѣе соленая вода Средиземнаго моря изливается въ менѣе соленую воду Атлантическаго океана и въ тоже время освобождаетъ Средиземное море отъ избытка воды, не успѣвшей выдѣлиться чрезъ испареніе, которое весьма сильно на Средиземномъ морѣ.

Кромѣ того, вода Средиземнаго моря у Африканскаго берега, какъ болѣе теплая, чѣмъ у Европейскаго берега, должна стремиться къ сѣверу и, такъ какъ скорость вращенія точекъ поверхности земли у Африканскаго берега болѣе скорости вращенія тѣхъ точекъ, куда вода стремится, то вода эта отбрасывается къ восточному берегу Средиземнаго моря, т. е. по направленію вращенія земнаго шара, и вдоль восточнаго берега Средиземнаго моря обнаруживается теченіе съ юга на сѣверъ. Такимъ же точно образомъ болѣе холодная вода, стремящаяся къ югу отъ сѣ-

---

1) Считаемъ необходимымъ напомнить, что морская (итальянская) миля или $\frac{1}{60}$ доля градуса меридіана составляетъ 1,74 версты или приблизительно 6000 футъ, т. е. 1000 морскихъ саженъ, такъ какъ морская сажень составляетъ 6 футъ.

верныхъ береговъ, не въ состояніи слѣдовать за движеніемъ болѣе южныхъ точекъ поверхности земнаго шара и отбрасывается въ сторону противоположную этому движенію, т. е. къ западу, такъ что вдоль западнаго берега обнаруживается теченіе съ сѣвера на югъ. Это послѣднее теченіе направляетъ воду, вступающую чрезъ Гибралтарскій проливъ изъ Атлантическаго океана, вдоль Африканскаго берега, причемъ скорость теченія у этого послѣдняго берега доходитъ мѣстами до 1 морской мили въ часъ. Сѣверное же теченіе вдоль берега Азіатской Турціи поворачиваетъ на западъ вдоль Европейскаго берега, и скорость теченія у береговъ Франціи составляетъ всего $^1/_4$ морской мили въ часъ. Подобнымъ же образомъ всегда можно объяснить разностью температуры воды въ морѣ у сѣвернаго и южнаго береговъ, разностью увеличивающеюся еще отъ впаденія съ сѣвера болѣе холодныхъ и съ юга болѣе теплыхъ рѣкъ, почему въ сѣверномъ полушаріи во всѣхъ моряхъ, гдѣ теченія не зависятъ отъ приливовъ и отливовъ, береговое теченіе у восточнаго берега направлено съ юга на сѣверъ и у западнаго съ сѣвера на югъ. Если теченія эти не имѣютъ достаточно широкихъ выходовъ на сѣверо-востокѣ или юго-западѣ, то онѣ поворачиваютъ: сѣверное теченіе на западъ вдоль сѣвернаго берега и южное на востокъ вдоль южнаго берега моря. Такимъ образомъ южное теченіе въ Черномъ морѣ вдоль Турецкаго берега хотя и изливается отчасти чрезъ Босфоръ въ Средиземное море, но такъ какъ Константинопольскій проливъ не въ состояніи пропустить всей массы воды, стремящейся излиться изъ Чернаго моря, массы значительно увеличенной большими рѣками, впадающими въ Черное море съ сѣвера, то часть теченія поворачиваетъ вдоль береговъ Анатоліи къ Кавказу, сѣверное же теченіе вдоль Кавказскаго берега, не имѣя вовсе выхода на сѣверо-востокѣ, поворачиваетъ на западъ вдоль сѣвернаго берега Чернаго моря къ Турецкимъ берегамъ, причемъ скорость теченія, увеличенная массами воды, доставляемой впа-

дающими рѣками, простирается отъ $^1/_2$ до $1^1/_2$ морскихъ миль въ часъ. Точно такія же теченія, какъ удостовѣряетъ Хагенъ, существуютъ и вдоль прусскихъ береговъ Балтійскаго моря: восточное вдоль померанскаго берега до Данцига и сѣверное отъ Пиллау къ Мемелю.

Вѣтеръ, производящій значительныя пониженія уровня воды въ одной части моря и нагоняющій воду въ другой, производитъ также и соотвѣтствующія теченія, которыя въ нѣкоторыхъ случаяхъ могутъ совершенно уничтожать обыкновенныя береговыя теченія и даже сообщать имъ обратное направленіе, въ другихъ же случаяхъ — усиливаютъ береговыя теченія до скорости 3-хъ и даже 5 миль. Обиліе дождей и таяніе снѣговъ также могутъ усиливать береговыя теченія въ малыхъ моряхъ, увеличивая массу прѣсной воды, вливающейся въ море.

Очертаніе береговъ или сооруженій, встрѣчаемыхъ береговымъ теченіемъ, можетъ совершенно измѣнить характеръ этихъ теченій. Всякій далеко выступающій мысъ или выдающееся сооруженіе совершенно отклоняетъ теченіе отъ берега, а такъ какъ масса воды, находящаяся непосредственно за мысомъ, стремится принять участіе въ движеніи общаго теченія, то уровень воды этой массы понижается, вслѣдствіе чего для возстановленія равновѣсія, вдоль берега, находящагося за мысомъ, проявляется обратное теченіе и круговое движеніе воды, которое въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ образовать сильные водовороты. Таковы водовороты у обоихъ береговъ Мессинскаго пролива (извѣстные Сцилла и Харибда древнихъ), гдѣ береговые выступы производятъ теченія обратныя съ теченіемъ, существующимъ посреди пролива[1]).

Въ большей части заливовъ, бухтъ или гаваней, отдѣленныхъ отъ моря далеко выступающими мысами, происходитъ болѣе или

1) Многіе примѣры обратныхъ теченій и круговаго движенія воды приведены въ сочиненіи Минара: Cours de constructions des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846. Pp. 31—35.

менѣе значительное круговое движеніе воды, но если заливъ или бухта отдѣлены отъ моря такимъ мысомъ, который не все береговое теченіе отбрасываетъ отъ нихъ, а дозволяетъ хотя нѣкоторой части войти въ бухту или заливъ, то въ послѣднихъ не образуется круговаго движенія, а слабое общее теченіе, измѣняющееся при каждомъ вѣтрѣ, а поэтому и не представляющее никакой правильности. Таковы, напр. теченія въ Одесскомъ заливѣ, въ который общее береговое теченіе Чернаго моря заходитъ съ столь слабою скоростью, что теченіе это подчиняется вліянію не только средняго, но и тихаго вѣтра, и часто совершенно прекращается [1]).

По мѣрѣ уменьшенія глубины, скорость береговыхъ теченій быстро уменьшается, такъ что на значительныхъ меляхъ вода вовсе не имѣетъ теченія. Острова и выступающія мели производятъ на теченія такое же дѣйствіе, какъ быки мостовъ въ рѣкахъ, т. е. раздѣляютъ теченія, образуя съ низовой стороны водовороты. Неправильное очертаніе морскихъ береговъ или сооруженій производитъ отраженіе теченій и столкновенія отраженныхъ теченій съ общимъ, вслѣдствіе чего скорость послѣдняго уменьшается.

Въ заливахъ, бухтахъ и лиманахъ, въ которые впадаетъ одна или нѣсколько рѣкъ, проявляется болѣе или менѣе сильное теченіе по направленіи къ морю; впрочемъ, сильные вѣтры могутъ также измѣнять направленіе этого теченія.

Для опредѣленія направленія и скорости береговыхъ теченій, необходимо производить многократныя наблюденія надъ движеніемъ поплавковъ, спускаемыхъ на воду въ разное время и съ разныхъ точекъ берега. Для этихъ наблюденій обыкновенно употребляются поплавки, состоящіе изъ двухъ врубленныхъ на-крестъ однодюймовыхъ дощечекъ, длиною 3 фута и шириною 6 дюймовъ,

1) Бѣлявскій. Гидрографическое изученіе Одесскаго порта. Одесса. 1865. Стр. 9.

поставленныхъ на ребро. Посредине — дощечки скрѣплены между собою еще желѣзнымъ стержнемъ, выдающимся вверхъ и снабженнымъ какимъ нибудь отличительнымъ знакомъ, напр. мѣднымъ шарикомъ. Такой поплавокъ, погружающійся въ воду до верхняго ребра доски, представляетъ большую поверхность дѣйствію теченія и въ то же время не подверженъ дѣйствію вѣтра, который могъ бы замедлять или ускорять его движеніе. Положеніе поплавка наблюдается каждыя 5, 10 или 15 минутъ, смотря по скорости теченія, причемъ наблюденія производятся одновременно съ двухъ точекъ, посредствомъ зрительныхъ трубокъ кипрегелей, и каждый разъ на планахъ бухты, наклеенныхъ на мензулахъ и ориентированныхъ сообразно съ правилами геодезіи, проводится визирная линія. Затѣмъ по нанесеніи на мензулу перваго наблюдателя визирныхъ линій съ мензулы втораго наблюдателя — опредѣлится засѣчками положеніе поплавка въ каждое мгновеніе наблюденія, а слѣдовательно направленіе и скорость теченія, сообразно съ длиною пути, пройденнаго поплавкомъ въ каждый промежутокъ времени между двумя наблюденіями.

IV. Разрушеніе и нарастаніе береговъ. Движеніе наносовъ въ моряхъ.

Морскіе берега въ рѣдкихъ случаяхъ остаются неизмѣнными. Отъ дѣйствія волнъ, береговыхъ теченій, приливовъ и отливовъ, а иногда и ключевыхъ водъ, просачивающихся по поверхности непроницаемыхъ пластовъ, въ берегахъ морскихъ происходятъ болѣе или менѣе значительныя разрушенія, — море подмываетъ берегъ, уноситъ обвалившіеся матеріалы, и берегъ постепенно отступаетъ. Въ другихъ частяхъ берега — море складываетъ унесенные имъ продукты разрушенія суши и постепенно уширяетъ береговую полосу.

Разрушенія берега обнаруживаются при всякихъ почти гор-

ныхъ породахъ береговой полосы, и только весьма немногія твердыя и совершенно однородныя скалы въ состояніи выдержать постоянное, вѣковое дѣйствіе моря съ его волнами и теченіями.

Морскія брызги и морозъ способствуютъ разложенію горныхъ породъ и облегчаютъ ихъ разрушеніе. Отдѣльныя, болѣе слабыя жилы каменныхъ породъ вывѣтриваются, образуя длинные и узкіе проходы, далеко вдающіеся въ берегъ. Примѣръ такихъ проходовъ представляютъ намъ берега острова Ски, лежащаго на западъ отъ Шотландіи. На островѣ этомъ жилы зеленаго камня въ твердомъ песчаникѣ частію вывѣтрились, частію были разрушены волнами, и берегъ принялъ видъ. изображенный на чертежѣ 20 (листъ II)[1]). Въ узкія разщелины или проходы, которые образуются при вывѣтриваніи береговыхъ скалъ, входятъ волны и, разбиваясь съ страшною силой, годъ отъ году увеличиваютъ разрушеніе. При такихъ условіяхъ, мало-по-малу оконечности скалистыхъ мысовъ отмываются и образуютъ острова; эти послѣдніе въ свою очередь разрушаются и чрезъ десятки вѣковъ обращаются въ простыя группы отдѣльныхъ скалъ, уцѣлѣвшихъ отъ разрушенія и принявшихъ безчисленныя фантастическія формы. Подобныя явленія представляютъ намъ почти всѣ Шетландскіе острова, состоящіе изъ самыхъ разнообразныхъ породъ гранитовыхъ, гнейсовыхъ, песчаниковыхъ и конгломератовыхъ. Острова эти разрушаются безпрерывно, въ теченіе многихъ тысячелѣтій, и раздробляются на части и на отдѣльныя группы скалъ, принимая самыя разнообразныя формы. Для примѣра укажемъ на гранитныя скалы близъ Гиллзвикъ-Несса, изображенныя на черт. 21, который мы заимствуемъ изъ «Основныхъ началъ геологіи Ляейлля».

Весьма значительно также разрушеніе, произведенное волнами въ гранитныхъ берегахъ Финляндіи и Скандинавіи: берега

---

1) Видъ береговъ острова Ски взятъ изъ литографированнаго курса «Начальныхъ основаній геогнозіи», составленнаго В. П. Соболевскимъ въ 1840 году.

эти почти сплошь превратились въ отдѣльно стоящія округленныя скалы (шхеры), раздѣленныя глубокими и извилистыми заливами (фіордами).

Если скалы состоятъ изъ слоистыхъ породъ разнаго сопротивленія, то разрушеніе ихъ происходитъ быстрѣе: волны, разрушая нижніе, болѣе слабые слои, образуютъ пещеры, верхніе уцѣлѣвшіе слои, оставаясь на вѣсу, обрушиваются и разбиваются въ куски, которые частію дѣлаются добычею волнъ, частію же остаются при подошвѣ обрывистаго берега, въ видѣ глыбъ, разбросанныхъ по морю на большомъ протяженіи. Таковъ общій видъ сѣвернаго берега Чернаго моря, окаймляющаго высокую степь южной Россіи. Для примѣра сообщаемъ на черт. 22 видъ морскаго берега близъ Одессы, у мыса Большаго фонтана [1]).

При разрушеніи мѣловыхъ береговъ, изъ мѣла освобождаются содержащіеся въ немъ кремневые голыши и накопляются у подошвы берега, причемъ волны передвигаютъ ихъ вдоль берега съ мѣста на мѣсто, постепенно истирая ихъ, до тѣхъ поръ пока они не превратятся въ песокъ. Весьма много примѣровъ разрушенія мѣловыхъ англійскихъ береговъ приводитъ Ляейлль въ своихъ «Основныхъ началахъ геологіи» [2]). Мы заимствуемъ оттуда наиболѣе замѣчательные. Въ Норфокѣ, между Вейбоурномъ и Шерингамомъ, морскія волны, подмывая мѣловые утесы, ежегодно уносятъ въ море до 10 футъ береговой полосы, такъ что въ Шерингамѣ, гдѣ не болѣе какъ за сорокъ-восемь лѣтъ до 1829 года стоялъ утесъ высотою въ 50 футъ, съ выстроенными на немъ домами, въ 1829 году море имѣло 20 футъ глубины. Въ Соффокѣ-Дануичь, бывшій нѣкогда весьма значительнымъ морскимъ портомъ, превратился теперь въ маленькую деревушку съ двумя десятками домовъ. Со времени Вильгельма За-

1) Нѣкоторыя изображенія сѣвернаго берега Чернаго моря можно видѣть въ сочиненіи Grube: Geographische Characterbilder. 1858. Seite 393.

2) Въ переводѣ Мина. Москва. 1866. Т. I-й, стр. 353—373.

воевателя, море мало-по-малу поглотило почти всѣ зданія этого города. Послѣ одной сильной бури разомъ было разрушено и поглощено моремъ до 400 домовъ. Въ половинѣ прошлаго столѣтія два кладбища этого города, оставшіяся отъ разрушенія, были подмыты и раскрыты волнами, теперь же отъ нихъ не осталось и слѣдовъ. Нортъ-Форландъ въ Кентѣ, составляющій восточную оконечность берега, ограничивающаго устья р. Темзы, и вся береговая полоса отъ этой оконечности до Рамсгейта ежегодно утрачиваетъ отъ 2-хъ до 3-хъ футъ, уносимыхъ волнами. При Дилѣ и Дуврѣ береговые утесы, состоящіе изъ мѣла, подвергаются нерѣдко обваламъ, вслѣдствіе подмывовъ, производимыхъ волнами при ихъ подошвѣ. Одинъ изъ такихъ утесовъ при Дуврѣ (Shakspeare's Cliff) въ 1810 году подвергся столь сильному обвалу, что городъ былъ потрясенъ имъ какъ бы землетрясеніемъ. Съ каждымъ обваломъ высота этого утеса все уменьшается, вслѣдствіе того, что склонъ его обращенъ отъ моря. На мысѣ Бичи-Хедъ, въ Соссексѣ, въ 1813 году мѣловая масса въ 300 футъ длиною и отъ 70 до 80 футъ шириною обрушилась съ страшнымъ трескомъ, и съ тѣхъ поръ подобные обвалы повторялись нерѣдко. Вообще весь берегъ Соссекса съ незапамятныхъ временъ подвергается вторженіямъ моря, и существуютъ многія данныя, удостовѣряющія о большой убыли этого берега. Городъ Брайтонъ въ XVII столѣтіи былъ расположенъ несравненно ближе къ морю, чѣмъ нынѣ, но море совершенно смыло его въ началѣ XVIII столѣтія, и отъ древняго города теперь незамѣтно и слѣдовъ.

Весьма часто каменистыя массы залегаютъ на мягкихъ глинистыхъ пластахъ, обнаженныхъ со стороны моря. При подмывѣ этихъ пластовъ, берегъ остающійся на вѣсу трескается, осѣдаетъ и даже сдвигается по направленію къ морю, скользя по влажной поверхности глины. Подобное движеніе берега происходитъ при Фокстонѣ (въ Кентѣ), въ Портландскомъ полуостровѣ (въ Дор-

сетширѣ), во многихъ мѣстахъ Іоркшира, а также и на сѣверномъ берегу Чернаго моря, между устьями Днѣстра и Днѣпра. Въ Портландскомъ полуостровѣ въ 1792 году образовалась разщелина и берегъ мѣстами осѣлъ слишкомъ на 50 футъ, причемъ сдвинувшаяся площадь земли простиралась почти на 900 саж. отъ сѣвера къ югу и на 260 саж. отъ востока къ западу.

Ключевыя воды, просачивающіяся по водопроводящимъ пластамъ, залегающимъ на непроницаемыхъ для воды слояхъ глины, ускоряютъ подмываніе волнами и облегчаютъ спалзываніе отдѣлившихся массъ берега. На іоркширскомъ берегу, близъ Гольдернесса, между мысами Флянбороу и Спарномъ, отъ этихъ причинъ весь берегъ, на протяженіи 54-хъ верстъ, ежегодно утрачиваетъ въ ширину до 7 футъ, и надобно полагать, что современемъ, если не будутъ предприняты дѣятельныя мѣры къ противодѣйствію такому разрушенію волнами, мысъ Спарнъ превратится въ островъ, и море, вступивши въ лиманъ рѣки Гумбера, произведетъ сильное опустошеніе. При Ляймъ-Реджиссѣ, въ Дорсетширѣ, утесы, состоящіе изъ ляйасса, постепенно обваливаются или осѣдаютъ. Необыкновенный обвалъ, случившійся 24-го декабря 1839 года на этомъ берегу близъ Аксмута, заслуживаетъ особеннаго вниманія, почему мы и заимствуемъ чертежъ этого обвала (чер. 18, листъ I) у Ляейлля. Обвалы происходятъ здѣсь отъ подмыва ключами, выходящими изъ рыхлаго песку *k* и насыщающими какъ этотъ песокъ, такъ и слои песчаника съ кремнемъ *i* и мѣла *h*. Ключи увлекаютъ песокъ съ собою и производятъ пустоты, вслѣдствіе которыхъ верхніе пласты трескаются, осѣдаютъ и сползаютъ по скользкому глинистому основанію *l*, принадлежащему къ ляйассу, который склоняется здѣсь къ морю. Отъ этихъ-то причинъ, 24-го декабря 1839 года, земля дала разщелины, стѣны домовъ растрескались и опустились, и образовался глубокій оврагъ *B*, длиною болѣе одной версты, глубиною отъ 100 до 150 футъ и шириною болѣе 240 футъ. Вслѣдствіе боко-

выхъ движеній, весь берегъ отъ уцѣлѣвшей части A до моря растрескался и выдвинулся впередъ на значительное число футъ. Высокій пирамидальный крагъ F, служившій до этого времени береговымъ знакомъ, понизился съ высоты 70 до 20 футъ, а большой утесъ E, прежде отстоявшій отъ крага F болѣе чѣмъ на 50 футъ, пришелъ почти въ соприкосновеніе съ нимъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ отъ давленія сползающихъ скалъ пласты, залегавшіе подъ водою у берега, были выперты вверхъ параллельно берегу и образовали поднятый кряжъ G, болѣе $1\frac{1}{2}$ верстъ въ длину и болѣе 40 футъ въ вышину, покрытый безобразною грудою поднятыхъ пластовъ и огромныхъ каменныхъ глыбъ [1]).

На берегу Чернаго моря, близъ Одессы, замѣчаемы были не разъ обвалы, имѣющіе большое сходство съ обваломъ близъ Аксмута. Еще въ 1826 году, инженеръ-маіоромъ Гайюи были описаны эти обвалы. По словамъ г. Гайюи [2]): «громадныя массы земли между устьями Днѣпра и Днѣстра, одушевленныя почти горизонтальною скоростью, движутся къ морю, до котораго онѣ достигаютъ въ весьма продолжительный періодъ времени. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ атмосферическія явленія, вліяніе которыхъ весьма значительно на всѣ эти движенія, ускоряютъ ихъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, потомъ движеніе снова замедляется. Подобное движеніе грунта произошло въ 1824 году въ карантинѣ въ Одессѣ, гдѣ главная разщелина въ 4 или 5 мѣсяцевъ достигла ширины — 3 дюймовъ и затѣмъ въ теченіе 18 мѣсяцевъ увеличилась въ ширину еще на $1\frac{1}{2}$ дюйма. Въ другихъ случаяхъ, къ счастію весьма рѣдкихъ, весь крутой берегъ моря въ теченіе нѣсколькихъ часовъ и на длинѣ нѣсколькихъ сотъ саженъ опу-

---

1) Подробное описаніе этого обвала, съ чертежами, издано было въ 1840 г., пасторомъ Конибероmъ (Conybeare). London. J. Murray. 1840.

2) Mémoire sur les travaux de port et de quarantaine à Odéssa par le Major de Génie Haüy, page 31 (рукопись 1826 года, въ библіотекѣ Института Инженеровъ Путей Сообщенія).

скается футовъ на 40 и болѣе, причемъ опускающаяся масса земли, какъ бы не находя себѣ достаточно мѣста въ нѣдрахъ земли, выпираетъ впереди себя на 60 или 80 саженяхъ нижнюю часть берега, сообщая ей горизонтальное перемѣщеніе, доходящее до 10 или 15 футъ, такъ что у берега внезапно образуется отмель, выступающая изъ воды въ томъ мѣстѣ, гдѣ нѣсколько часовъ передъ тѣмъ было отъ 10 до 15 футъ глубины». Въ новѣйшее время, близъ Одессы въ морскомъ берегу, состоящемъ изъ слоя раковиннаго известняка толщиною до 5 саж., покрытаго глиною и залегающаго на глинѣ съ прослойками иловатаго песку, произошло еще нѣсколько обваловъ подобнаго рода, изъ коихъ особенно замѣчателенъ обвалъ, случившійся въ 1861 г., на дачѣ графини Ланжеронъ, недалеко отъ карантиннаго порта Обвалившаяся масса имѣла въ длину около 150 саженъ и въ ширину 15 саженъ. Масса эта осѣла вертикально, какъ утверждаютъ, саженъ на 10, причемъ она подвинулась сажени на 2 къ морю и, выдавивши изъ-подъ себя мягкую глину, произвела впереди выпучиваніе морскаго дна. Общій видъ упавшихъ массъ, снятый съ натуры въ 1863 году, представленъ на черт. 23, листъ II[1]).

Обвалъ этотъ, а равно и другіе, происшедшіе близъ Одессы, приписываютъ главнымъ образомъ дѣйствію подземныхъ водъ, накопляющихся въ большихъ массахъ въ раковинномъ известнякѣ, какъ вслѣдствіе просачиванія дождевой и снѣговой воды на пространствахъ вспаханныхъ полей и огородовъ и мѣстностей взрытыхъ при добываніи съ поверхности строительныхъ матеріаловъ, такъ въ особенности отъ пропитыванія водою главнаго пласта раковиннаго известняка возлѣ балокъ, гдѣ существуютъ обнаженія этого пласта. Подземныя воды, пропитывающія раковинный известнякъ стремятся къ морю съ извѣстною скоростью теченія, зависящею какъ отъ естественнаго склона каменистаго

1) Всѣ свѣденія, относящіяся до обваловъ близъ Одессы, заимствованы изъ дѣлъ Департамента Водяныхъ Сообщеній.

пласта, такъ и отъ большей или меньшей ноздреватости его. При выходѣ въ море, воды эти размягчаютъ глинистые слои, залегающіе непосредственно подъ каменистымъ пластомъ и кромѣ того, — при содѣйствіи внѣшнихъ атмосферныхъ водъ, производятъ промоины въ нижнихъ прежде упавшихъ массахъ, въ которыхъ глинистые и песчаные слои находятся въ совершенно взрыхленномъ состояніи. Вмѣстѣ съ тѣмъ и морскія волны, не участвующія въ образованіи этихъ промоинъ, находящихся выше горизонта моря, подмываютъ подошву разрушенныхъ береговъ и способствуютъ нарушенію общаго равновѣсія. Отторгающіяся массы, производя постоянное давленіе на глинистые слои, которые залегаютъ подъ каменистымъ пластомъ, выпираютъ ихъ въ свободныя мѣста, т. е. пустоты и промоины нижней части прежде упавшихъ массъ, поднимая ихъ изъ воды въ видѣ горбовины. Полагаютъ, судя по наружному виду отдѣлившейся береговой массы на дачѣ графини Ланжеронъ, что главнѣйшую причину паденія этой массы и составляли именно значительныя пустоты, образовавшіяся подъ нижнимъ основаніемъ каменистаго слоя. На заводѣ г. Ковалевскаго, близъ Одессы, морской берегъ обрушился, въ концѣ 1862 г., на протяженіи 150 саженъ при 9 саженъ ширины и на глубину 5 саженъ, и дно моря, въ разстояніи саженъ около 20 отъ берега, поднялось фута на 3 изъ воды.

Если возвышенный глинистый берегъ, поднимающійся съ слабаго глинистаго или иловатаго дна моря, содержитъ гранитные валуны или булыги, то, при подмывѣ его, послѣдніе освобождаются и скопляются у подошвы въ видѣ вала, и такъ какъ эти булыги не имѣютъ прочнаго основанія, то мало-по-малу каждый отдѣльный камень погружается въ грунтъ или зарывается волнами даже и на значительной глубинѣ. Такимъ образомъ камни исчезаютъ въ нѣсколько лѣтъ, и волны снова безпрепятственно подмываютъ возвышенный берегъ. Подобное зарываніе камней было замѣчено Хагеномъ еще въ 1828 г., при производствѣ ра-

ботъ по удлиненію южнаго мола въ Пиллау [1]). Ляейлль въ своихъ «Основныхъ началахъ геологіи» приводитъ также много примѣровъ разрушенія волнами глинистыхъ береговъ Англіи. Такимъ образомъ, глинистый перешеекъ, на которомъ стоитъ городъ Гарвичъ (въ Эссексѣ), постоянно подмывается волнами, и существуетъ опасеніе, что въ непродолжительномъ времени онъ обратится въ островъ. Населенный островъ Шешей (въ Кентѣ), въ устьѣ р. Темзы, состоящій изъ лондонской глины, такъ быстро убываетъ, что современемъ совершенно уничтожится. Отмели, извѣстныя подъ именемъ Гудвиновыхъ песковъ, залегающія въ морѣ противъ восточной части Кентскаго берега, въ разстояніи отъ 5 до 10 верстъ отъ послѣдняго, вѣроятно составляютъ остатки нѣкогда твердой земли, состоявшей изъ глины на песчаномъ основаніи и поглощенной моремъ, какъ полагаютъ, въ концѣ XI столѣтія.

Плоскіе песчаные берега, дозволяя водѣ безпрепятственно разливаться, мало разрушаются, но значительному разрушенію волнами и теченіями подвержены холмистые песчаные берега или такъ-называемые *дюны*. Дюны состоятъ изъ мелкаго летучаго морскаго песка, скопившагося отъ дѣйствія вѣтровъ въ видѣ непрерывныхъ кучъ или холмовъ (чер. 19, листъ I). Ихъ форма и расположеніе зависятъ совершенно отъ направленія господствующихъ вѣтровъ, и если послѣдніе дуютъ съ моря, то дюны отодвигаются отъ береговъ внутрь страны и производятъ страшное опустошеніе, засыпая поля, лѣса и жилища. На западномъ берегу Франціи, вдоль Атлантическаго океана дюны тянутся слишкомъ на 400 верстъ и каждый годъ подвигаются внутрь страны, опустошая прибрежныя ланды. Около Бордо, при устьи рѣки Жиронды, цѣлая деревня—Вьё-Сульякъ, исчезла подъ пескомъ. Высота дюнъ доходитъ здѣсь до 160 футъ. Въ Англіи въ Норфокѣ и Соффокѣ весь берегъ окоймленъ подобными дюнами вы-

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1863. 1 Band, Seite 218.

сотою отъ 50 до 60 футъ, а мѣстами и до 300 футъ. Скорость движенія дюнъ внутрь страны доходитъ иногда до 50 и болѣе футъ въ годъ. Въ Англіи въ Соффокѣ, въ концѣ XVII столѣтія, дюны засыпали часть города Даунгамъ, передвинувшись въ теченіе 100 лѣтъ на $7\frac{1}{2}$ верстъ, т. е. слишкомъ на 37 саженъ въ годъ[1]). На сѣверномъ берегу Корнваллиса значительная часть обработанныхъ полей была засыпана пескомъ, скопившимся въ видѣ холмовъ, высотою въ нѣсколько сотъ футъ, и содержавшихъ множество самыхъ мелкихъ обломковъ морскихъ раковинъ. По всему берегу Бельгіи и Голландіи дюны составляютъ сплошную цѣпь, прерываясь только у устьевъ большихъ рѣкъ. На южномъ берегу Балтійскаго моря, въ Пруссіи, дюны возвышаются отъ 400 до 120 футъ надъ моремъ и подвигаются мѣстами ежегодно футовъ на 12 отъ моря, засыпая лѣса и поселенія. Внѣшній откосъ этихъ дюнъ, обращенный къ морю, весьма пологій, отъ 10 до 30 основаній на одну высоту, внутренній же, обращенный къ материку, крутой, отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 основаній на одну высоту. Иногда отъ дѣйствія волнъ и вѣтра на пологомъ откосѣ главной дюны, недалеко отъ урѣза воды, образуется вторая, меньшая дюна, въ видѣ крутаго песчанаго вала высотою до 15 футъ. Такой видъ имѣетъ дюна, представленная на черт. 19, профиль которой снятъ Хагеномъ въ 1832 г. на пересыпи, отдѣляющей лиманъ Фришъ-Гаффъ отъ моря. Пересыпь эта состоитъ собственно изъ двухъ рядовъ высокихъ дюнъ, изъ коихъ второй рядъ, высотою 36 футъ, находится у самаго берега лимана, но на нашемъ чертежѣ показана только половина пересыпи. Въ Россіи, по берегу Финскаго залива, близъ Сестрорѣцка, тянется также непрерывный рядъ песчаныхъ холмовъ въ видѣ дюнъ, засыпавшихъ уже нѣсколько поселеній.

Обыкновенно всю береговую полосу, составленную изъ дюнъ, стараются укрѣпить, засаживая ее разными растеніями, выдер-

1) Lyell. Principles of Geology. London, 1853. P. 727.

живающими дѣйствіе соленой воды и имѣющими ползучіе корни. Такимъ образомъ полоса ближайшая къ морю засаживается иногда песчанымъ тростникомъ (*arundo arenaria*), слѣдующая полоса — вересками и, наконецъ, крутой скатъ дюнъ, обращенный къ материку, морскими соснами (чер. 19)[1]).

Если движеніе дюнъ вѣтрами происходитъ не прямо отъ моря, но нѣсколько косвенно, вдоль берега, то дюны мало-по-малу засыпаютъ сообщенія заливовъ съ морями и отклоняютъ въ сторону устья рѣкъ по направленію господствующихъ вѣтровъ, напр. во Франціи, между Бордо и Баіонною — къ югу, и на берегу Ламанша, въ Кальвадосѣ — къ юго-востоку (въ особенности устья рѣкъ Орны и Дивы)[2]).

По словамъ Ляейлля, въ Англіи въ Норфокѣ дюны закрыли устья многихъ заливовъ и, между прочимъ, устья большаго залива, который въ старые годы тянулся отъ Ярмута до Норича, теперь же обратился въ воздѣланную землю, поверхностью въ нѣсколько тысячъ десятинъ.

Дюны представляютъ вообще естественную защиту находящейся позади ихъ мѣстности отъ морскихъ наводненій, но, будучи подвержены разрушительному дѣйствію волнъ и теченій, ихъ подмывающихъ, иногда не выдерживаютъ напора моря, причемъ послѣднее вторгается чрезъ прорвы, сдѣланныя имъ въ дюнахъ, и производитъ на берегу страшныя опустошенія. Такимъ образомъ въ Голландіи, въ XV столѣтіи, приливъ прорвался между Дортомъ и Гертрюденбергомъ и затопилъ 72 деревни, изъ коихъ впослѣд-

---

1) Подробности о дюнахъ въ Пруссіи и ихъ укрѣпленія можно найти въ сочиненіи *Krause: Der Dünenbau auf der Ostsee-Küsten. 1850;* также во 2-мъ томѣ сочиненія Хагена: *Seeufer und Hafenbau, SS. 97—172*, гдѣ изложены кромѣ того и опыты Хагена надъ дѣйствіемъ вѣтра на летучій песокъ. О дюнахъ на западномъ берегу Франціи помѣщено нѣсколько статей въ *Annales des Ponts et Chaussées;* замѣчательнѣйшія изъ нихъ: статьи *Brémontier — 1833, sem. 1, p. 145* и *Laval — 1847, sem. 2, p 218.*

2) Minard. Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 66—68.

ствіи только 37 могли быть возстановлены. Заливъ Зюдерзе вѣроятно состоялъ прежде изъ нѣсколькихъ озеръ, и только постепенныя вторженія моря обратили эти озера въ обширный заливъ. Заливъ Доллартъ, у устья Эмса, и заливъ Яде, близъ устья Везера, также произошли отъ вторженій моря въ XIII столѣтіи. Ляейлль полагаетъ, что недалеко то время, когда Ютландія превратится въ островъ, такъ какъ при постоянной убыли западнаго берега океанъ можетъ наконецъ прорваться чрезъ песчаный перешеекъ, отдѣляющій его отъ Лимфіорда.

Во Франціи мысъ Гравъ, ограничивающій съ запада устье р. Жиронды (чер. 17), подверженъ постоянному разрушительному дѣйствію волнъ, которыя подмываютъ его какъ со стороны океана, такъ и со стороны устья р. Жиронды. Съ 1770 года по 1838 годъ, т. е. въ теченіе 68 лѣтъ, оконечность мыса Гравъ была отмыта на 750 саженъ; съ 1838 года по 1845 годъ, т. е. въ 7 лѣтъ, мысъ укоротился еще на 94 саж., и только громадныя работы, произведенныя для защиты этого мыса отъ волнъ, работы, уже стоившія французскому правительству до 2-хъ милліоновъ рублей, въ состояніи предупредить вторженіе моря сзади мыса, чрезъ дюны, — вторженіе, весьма опасное для всего нижняго Медока и могущее имѣть вредныя послѣдствія даже и для судоходства по Жирондѣ, которая чрезъ обращеніе мыса Гравъ въ островъ получила бы новое устье. Въ 1863 году, при посѣщеніи моемъ мыса Гравъ, оконечность мыса оставалась съ 1844 года неизмѣнною, будучи укрѣплена наброскою искусственныхъ каменныхъ глыбъ; но въ разстояніи 300 саж. отъ этой оконечности, по берегу р. Жиронды, море съ 1854 года успѣло отмыть около 100 саженъ береговой полосы на длинѣ одной версты. Самое опасное мѣсто находится въ $4\frac{1}{2}$ верстахъ отъ оконечности мыса по берегу океана на юго-западъ, гдѣ ширина дюнъ съ 1825 года уменьшилась съ 380 до 240 саженъ [1]).

1) Нѣкоторыя весьма интересныя подробности разрушенія мыса Гравъ и

Каменные обломки, происходящіе отъ разрушенія береговъ, какъ выше уже было сказано, или скопляются у подошвы береговъ, предохраняя ихъ отъ дальнѣйшаго разрушенія, или закапываются волнами въ иловатое дно, или, передвигаясь волнами вдоль берега, мало-по-малу истираются и обращаются въ голышъ, и затѣмъ въ песокъ. Большіе камни, которыхъ волны не въ состояніи сдвинуть съ мѣста, въ нѣкоторыхъ случаяхъ передвигаются льдомъ. Камни вмерзаютъ въ образовавшуюся зимою въ морѣ ледяную кору и, съ наступленіемъ ледохода, поднимаются льдомъ и уносятся на большое разстояніе. По сообщенію академика Бэра, въ зиму съ 1837 на 1838 годъ, гранитный обломокъ, вѣсомъ въ милліонъ фунтовъ, былъ перенесенъ льдомъ изъ Финляндіи на островъ Гохландъ [1]).

Камни, передвигаемые волнами вдоль берега и превращаемые въ голышъ, могутъ получить это движеніе только при наклонномъ положеніи волнъ къ берегу, т. е. если берегъ не продолжается далеко подъ водою и если вѣтеръ не имѣетъ направленія нормальнаго къ берегу. Волны, вскатывающіяся на берегъ нормально къ нему, въ состояніи перемѣщать голышъ только вверхъ и внизъ; если же волна имѣетъ относительно берега наклонное положеніе, то голышъ, увлекаемый такою волною, получаетъ діагональное движеніе; затѣмъ, когда волна оставляетъ голышъ, послѣдній, дѣйствіемъ собственной тяжести, скатывается внизъ по линіи наибольшаго уклона, пока его не подхватитъ новая волна и вновь не сообщитъ ему діагональнаго движенія, и такимъ образомъ голышъ перемѣщается вдоль берега по ломаной линіи (зигзагомъ) въ ту сторону, въ которую господствующій вѣтеръ составляетъ съ берегомъ тупой уголъ. Подобное движеніе голыша наблюдается по обоимъ берегамъ Ламанша, гдѣ происходитъ постоян-

---

работъ предварительныхъ для его защиты читатели найдутъ въ № 24 Revue des deux mondes, 1862 г.

1) Ляейлль, Основныя начала геологіи, въ переводѣ Мина. 1866. Стр. 267.

ное разрушеніе мѣловыхъ скалъ. Матеріалы, происходящіе отъ этого разрушенія, округленные дѣйствіемъ волнъ, въ видѣ голыша, перемѣщаются волнами и теченіями вдоль французскаго берега (чер. 15), отъ выступающаго твердаго мыса Антиферъ на сѣверо-востокъ къ устью р. Соммы и на юго-западъ къ устью р. Сены. Голышъ, по мѣрѣ удаленія отъ мыса Антиферъ, дѣлается все мельче, но количество его постоянно увеличивается отъ прибавленія новыхъ матеріаловъ разрушенія береговъ. На пути своемъ голышъ, складываясь, загромождаетъ проходы портовъ и производитъ постоянное наростаніе мыса Гурдель со стороны р. Соммы (среднимъ числомъ на 4 сажени въ годъ) и мыса Хокъ со стороны р. Сены. Количество голыша, накопляющагося ежегодно въ Феканѣ, Діеппѣ и Гаврѣ, составляетъ въ первомъ портѣ до 500 куб. саж., во второмъ до 2,400 и въ третьемъ до 1,200 куб. саж.[1]).

Подобное же движеніе голыша происходитъ и на англійскомъ берегѣ Ламанша (чер. 16), преимущественно по направленію на сѣверо-востокъ отъ мыса Бичи-Хедъ къ Дувру и Дилю. Далѣе Диля голышъ не проникаетъ, потому что здѣсь теченіе изъ Атлантическаго океана въ Ламаншъ встрѣчается съ теченіемъ изъ Нѣмецкаго моря, и послѣднее при сѣверо-восточныхъ вѣтрахъ даже отбрасываетъ голышъ назадъ къ Дувру. Такимъ образомъ, голышъ двигается между Дувромъ и Дилемъ взадъ и впередъ, пока не изотрется въ песокъ и не унесется теченіемъ къ Рамсгейту и къ устью Темзы. Донгенесскій мысъ, встрѣчаемый голышемъ при его движеніи, задерживаетъ послѣдній, наростая постепенно; въ то же время входящій уголъ, гдѣ помѣщается Рай, все болѣе и болѣе заносится голышемъ, такъ что городъ этотъ, бывшій нѣкогда цвѣтущимъ портомъ, находится теперь слишкомъ

1) Движеніе голыша на сѣверномъ берегу Франціи описано еще въ концѣ прошлаго столѣтія, въ сочиненіи *Lamblardie: La marche du galet sur les côtes de la Haute Normandie. 1789.* О томъ же предметѣ помѣщена интересная статья *Плокка* въ *Annales des Ponts et Chaussées. 1863. Sem. Ir.*

въ 3-хъ верстахъ отъ моря; что же касается до Донгенесскаго мыса, то онъ ежегодно наростаетъ почти на 10 футъ. Старый Донгенесскій маякъ, находившійся въ 1603 году на оконечности мыса, въ 1844 г. отстоялъ отъ моря уже на 330 саженъ. Въ Соффокѣ близъ Лоуэстоффа, у подошвы высокихъ береговыхъ утесовъ, образовалась голышевая низменность (*ness*), выступающая на длинѣ почти $4^1/_2$ верстъ на 280 саженъ въ море, и каждый годъ наростающая концентрическими валами. Промежутки между валами засыпаются пескомъ, придуваемымъ съ берега, и мало-по-малу морскія растенія укореняются на поверхности вновь наросшаго берега, придавая плотность всей массѣ. Западный входъ въ проливъ Солентъ, отдѣляющій островъ Уайтъ отъ береговъ Гампшира, пересѣкается болѣе чѣмъ на двѣ трети своей ширины голышевою косою Горстъ-Кастля, которая имѣетъ около 3-хъ верстъ длины, 30 саженъ ширины и 12 футъ вышины. Въ 1824 году коса эта была передвинута всею своею массою на 17 саженъ къ сѣверо-востоку, причемъ значительное число десятинъ пастбищной земли было покрыто голышемъ, но впослѣдствіи коса приняла прежнее положеніе. Чезильская коса, соединяющая въ видѣ перешейка Портландскій полуостровъ съ берегомъ Дорсетшира и имѣющая до 25 верстъ въ длину и почти 200 саженъ въ ширину, состоитъ вся изъ голыша, нагроможденнаго на высоту отъ 20 до 40 футъ надъ водою. Коса эта, вѣроятно, образовалась отъ задержанія голыша отмелью, первоначально соединявшею Портландскій островъ съ берегомъ.

Голышевыя отсыпи, образующіяся вдоль берега, защищаютъ послѣдній отъ разрушенія волнами, поэтому необходимо озаботиться, чтобы голышъ, уносимый моремъ, замѣнялся новымъ количествомъ голыша, приносимаго волнами и теченіемъ, иначе берегъ подвергнется опасности совершеннаго разрушенія [1]). Англій-

1) Minard. Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846. p. 63.

скій инженеръ Смитонъ, въ рапортѣ своемъ о Дуврскомъ портѣ въ 1769 году, сообщаетъ, что голышевая пересыпь между гаванями этого порта и моремъ такъ утонилась, что боялись вторженія моря въ гавань, но вблизи отъ гаваней внезапно случился обвалъ утеса, на вершинѣ котораго возвышается Дуврскій замокъ, и накопившаяся при подмывѣ утеса груда камня, задерживая голышъ, стала предохранять пересыпь отъ дальнѣйшаго утоненія.

Морскія теченія, не будучи въ состояніи перемѣщать крупнаго голыша, тѣмъ не менѣе участвуютъ въ перемѣщеніи болѣе мелкихъ песчаныхъ наносовъ, происшедшихъ или отъ истиранія голыша, или отъ подмыванія волнами песчаныхъ береговъ и дна моря, или наконецъ приносимыхъ въ море рѣками. Теченія эти, при содѣйствіи волненія, перемѣщаютъ песокъ при самой слабой скорости, при которой въ рѣкахъ частицы песка не могли бы получить никакого движенія. Это происходитъ отъ того, что волненіе, подмывая песчаное дно и берегъ, поднимаетъ частицы песка въ верхніе слои. Каждая песчаная частица отъ собственнаго вѣса постепенно опускается на дно, но не по вертикальной линіи, а вслѣдствіе теченія по кривой, такъ что всякій разъ, какъ песчаная частица поднимается волною въ верхніе слои, она нѣсколько подвигается впередъ. Такимъ образомъ песокъ переносится по направленію господствующихъ теченій или, гдѣ постоянныхъ теченій нѣтъ, по направленію господствующихъ вѣтровъ, производящихъ временныя теченія.

Если на пути своемъ песчаныя частицы, перемѣщаемыя теченіями при содѣйствіи волненій, встрѣтятъ какую нибудь бухту или заливъ укрытые отъ волненій, то песокъ осаждается при входѣ въ заливъ, образуя постепенно песчаную *косу* у угла ближайшаго къ теченію. Въ бухтахъ или заливахъ, въ которыхъ вслѣдствіе особаго очертанія береговъ существуетъ обратное теченіе, песчаные наносы складываются между общимъ берего-

вымъ и обратнымъ теченіями, въ тѣхъ предѣлахъ, гдѣ эти теченія взаимно уничтожаются; при такихъ условіяхъ мало по малу при входѣ въ заливъ образуется длинная отмель, которая наконецъ совершенно выступаетъ изъ воды, отдѣляя заливъ или бухту отъ моря и принимаетъ названіе *пересыпи*. Бухта, отдѣленная отъ моря пересыпью, но сохраняющая еще сообщеніе съ моремъ чрезъ одинъ или нѣсколько узкихъ проходовъ, называется *лиманомъ*, бухта же совершенно замкнутая пересыпью, которая тянется непрерывно поперегъ всего входа въ бухту, принимаетъ названіе *морскаго озера* или *мертваго лимана*. Проходы, остающіеся въ пересыпи или между косами, называются *гирлами*.

Въ большей части случаевъ пересыпь, отдѣляющая лиманъ отъ моря, имѣетъ только одно главное гирло у берега противоположнаго направленію теченія, но если въ лиманъ впадаютъ довольно значительныя рѣчки, то кромѣ главнаго гирла, эти рѣчки прорываютъ себѣ въ пересыпи еще нѣсколько узкихъ проходовъ.

При прусскомъ берегѣ Балтійскаго моря тянется рядъ лимановъ называемыхъ *гаффами* (Курише-гаффъ, Фрише-гаффъ), главные проходы коихъ расположены съ сѣверовосточной стороны. — На сѣверномъ берегу Чернаго моря весьма много лимановъ, отдѣленныхъ отъ моря косами или пересыпями, также и на берегахъ Азовскаго моря. Самый Сивашъ, отдѣленный отъ Азовскаго моря — длинною косою, называемою Арабатскою стрѣлкою, можно разсматривать какъ обширный лиманъ. Въ сѣверной части Адріатическаго моря, близь Венеціи, тянется также по берегу цѣлый рядъ лимановъ, сообщающихся съ моремъ весьма узкими проходами и называемыхъ *лагунами*. Такъ какъ вообще береговое теченіе въ этой части моря то ускоряется, то замедляется небольшими приливами и отливами, и въ самыхъ лагунахъ происходятъ также перемѣнныя теченія, то и проходы или гирлы этихъ лагунъ подвержены болѣе или менѣе значительнымъ измѣ-

неніямъ [1]). Вообще въ моряхъ не имѣющихъ приливовъ и отливовъ или имѣющихъ ихъ въ слабой степени, лиманы замыкаются косами или пересыпями не болѣе какъ съ однимъ или двумя протоками, но въ океанахъ, гдѣ приливы производятъ сильныя перемѣнныя теченія, косы размываются во многихъ мѣстахъ и превращаются въ рядъ отдѣльныхъ острововъ, расположенныхъ вдоль берега. Такимъ образомъ на восточномъ берегу Америки, въ штатахъ Индіаны и Флориды, и далѣе при мысѣ Гаттерасъ въ сѣверной Каролинѣ, гдѣ высота прилива не превосходитъ 1 или 2 футъ, — вдоль берега тянутся лиманы, огражденные косами, въ другихъ же мѣстахъ того же берега, гдѣ высота прилива доходитъ до 7 и 8 футъ, — косы превращаются въ острова. Также и въ Нѣмецкомъ морѣ, вдоль береговъ Голландіи и Ольденбурга, отъ Текселя до Вангерога, тянется на 200 верстъ непрерывный рядъ острововъ [2]).

При однообразіи въ очертаніи морскаго берега и одинаковомъ направленіи преобладающаго морскаго теченія, всѣ косы лимановъ, по одному и тому же берегу, выходятъ почти параллельныя. Наростаніе косъ происходитъ постепенно валами, впослѣдствіи же промежутокъ между валами заполняется иломъ или пескомъ и поверхность выравнивается. Этимъ способомъ образованія косъ объясняется правильность ихъ кривизны. Лиманы въ видѣ морскихъ озеръ совершенно запертыхъ пересыпями встрѣчаются въ нѣкоторыхъ мѣстахъ сѣвернаго берега Чернаго моря, (какъ напр, близь Одессы — лиманы Хаджибейскій и Куяльницкій), но особенно ихъ много на южномъ берегу Франціи, близъ устьевъ р. Роны (étangs de Berre, de Perol, de Thau и проч.).

Въ тѣхъ случаяхъ когда въ лиманы впадаетъ одна или нѣсколько рѣкъ, влекущихъ наносы, то кромѣ морской косы, обра-

1) *Sganzin.* Programme d'un cours de constructions. Paris. 1840. T. 2-me, pp. 40 — 44 et 209.

2) *Hagen.* Seeufer und Hafenbau. 1863. 1 Band. S. 237.

зующейся со стороны морскаго теченія изъ матеріаловъ приносимыхъ моремъ, образуется другая коса у противоположнаго берега изъ рѣчныхъ наносовъ. Если между косами остается протокъ рѣчной воды, то косы не могутъ сомкнуться и образовать пересыпи, если же рѣчки, впадающія въ лиманъ, ничтожны и въ лѣтнее время пересыхаютъ, или количество воды ими доставляемой такъ мало, что рѣчная вода, разливаясь по лиману, вся теряется чрезъ испареніе, то косы на лѣто могутъ сомкнуться и обратиться въ пересыпь, весною же при сильномъ притокѣ воды пересыпь прорывается, и лиманы приходятъ въ сообщеніе съ моремъ.

Лиманы, въ которые впадаютъ рѣки влекущія наносы, мало по малу обмелеваютъ, такъ какъ часть рѣчныхъ наносовъ складывается еще до выхода въ море въ самомъ лиманѣ, гдѣ скорость рѣчнаго теченія внезапно уменьшается. Такимъ образомъ лиманы р. Кубани съ каждымъ годомъ все болѣе и болѣе засоряются, такъ что значительная часть ихъ превратилась уже въ влажную степь, называемую плавнями[1]). Венеціанскія лагуны въ которыя впадали рѣки: Брента, Бакелоне, Піаве и Силе, обмелевали столь сильно, что Венеціанцы принуждены были отвести эти рѣки въ сторону отъ лагунъ, прямо въ море, но не смотря на то лагуны все еще продолжаютъ обмелевать отъ осажденія мути морской воды, которая возобновляется въ лагунахъ вслѣдствіе существующаго въ нихъ теченія изъ моря и круговаго движенія воды. Обмелеваніе это особенно сильно въ проходахъ, гдѣ береговое теченіе сталкивается съ теченіями изъ лагунъ[2]).

При впаденіи въ море большой рѣки, изливающей значительную массу воды, косы и лиманы образуются уже несравненно

---

1) Изслѣдованія въ Азовскомъ морѣ г. Данилевскаго, въ отчетѣ Императорскаго Русскаго Географическаго Общества за 1864 годъ.

2) Журналъ Путей Сообщенія. Т. 30. Смѣсь, стр. 5, статья г. Гейдателя «Венеція».

рѣже. Такъ какъ количество воды протекающей изъ рѣки слишкомъ значительно, то вліяніе береговаго теченія въ этомъ случаѣ въ значительной степени ослабляется. Чтобы и при этихъ условіяхъ, со стороны морскаго теченія, могла образоваться при устьѣ рѣки коса, которая, замыкая до нѣкоторой степени это устье, обратило бы его въ лиманъ, нужны обстоятельства совершенно исключительныя, именно сильное и притомъ постоянное береговое теченіе и очертаніе устья рѣки, благопріятствующее образованію косы, напримѣръ выступающій со стороны береговаго теченія мысъ или песчаные дюны, передвигаемые вѣтромъ по направленію береговаго теченія. — Если эти условія не существуютъ, то вмѣсто косъ въ предѣлахъ, гдѣ масса рѣчной воды сталкивается съ морскою и обезсиливается, образуется поперегъ устья рѣки большая непрерывная отмель, называемая *баромъ*. Такимъ образомъ баръ въ устьяхъ рѣкъ есть такая же пересыпь, какая образуется при бухтахъ съ обратнымъ теченіемъ воды, только пересыпь подводная и притомъ, имѣющая значительную ширину, такъ какъ рѣчная вода можетъ сталкиваться съ морскою ближе или далѣе отъ устья, смотря по направленію вѣтровъ и измѣняющейся скорости теченій, между тѣмъ какъ въ бухтахъ съ обратнымъ теченіемъ воды предѣлы, въ которыхъ теченія взаимно уничтожаются, мало измѣняются.

Такъ какъ всякая рѣка приноситъ съ собою къ устью болѣе или менѣе значительное количество наносовъ гравелистыхъ, песчаныхъ, глинистыхъ или иловатыхъ, то при всякой почти рѣкѣ образуется баръ; исключенію подлежатъ только тѣ многоводныя рѣки, которыя увлекаютъ съ собою слишкомъ ничтожное количество наносовъ, сравнительно съ объемомъ протекающей въ нихъ воды. Но и послѣднія рѣки не всегда избавлены отъ бара, такъ какъ баръ можетъ въ этомъ случаѣ образоваться изъ наносовъ, сложенныхъ моремъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ рѣчное теченіе, во время морскихъ вѣтровъ, беретъ верхъ надъ морскимъ, прямо ему

противоположнымъ, какъ напр. въ устьяхъ р. Невы, гдѣ баръ почти исключительно обязанъ своимъ происхожденіемъ морскимъ песчанымъ наносамъ, складываемымъ при западныхъ вѣтрахъ.

Въ многоводныхъ рѣкахъ, въ устьяхъ которыхъ распространяются приливы и отливы, баръ образуется труднѣе, если образованію его не способствуютъ другія побочныя обстоятельства, (напр. значительное количество наносовъ, увлекаемыхъ рѣкою или морскими приливами и теченіями и т. п.). Это происходитъ отъ того, что при приливахъ и отливахъ, въ устьяхъ рѣкъ имѣются болѣе обширныя границы для образованія бара, такъ какъ столкновеніе водяныхъ массъ, изливаемыхъ рѣкою и моремъ, и взаимное обезсиленіе ихъ происходитъ здѣсь на большомъ протяженіи, и кромѣ того отливы, увеличивая массу рѣчной воды, прорываютъ себѣ каждый разъ глубокіе протоки въ отмеляхъ, образовавшихся при предъидущемъ приливѣ, и увлекаютъ значительное количество наносовъ обратно въ море. Тѣмъ не менѣе и въ этихъ рѣкахъ всегда можно указать на внезапное уменьшеніе глубины въ нѣкоторомъ разстояніи отъ устья, хотя уменьшеніе въ большей части случаевъ не опасное для судовъ, (напр. въ Темзѣ на барѣ глубина отъ уровня низкихъ водъ 60 футъ, въ Жиронде 30 футъ). Между тѣмъ рѣки, впадающія въ моря, гдѣ нѣтъ приливовъ и отливовъ представляютъ иногда поразительные примѣры уменьшенія глубины на барахъ: въ каждомъ изъ устьевъ р. Роны глубина на барѣ составляетъ, при уровнѣ низкихъ водъ, всего отъ 3 до 5 футъ, въ самомъ глубокомъ изъ Дунайскихъ рукавовъ — Сулинскомъ, до производства водостѣснительныхъ работъ, глубина на барѣ была всего 9 футъ [1]). Въ устьяхъ Дона глубина на барѣ главнаго рукава Переволока, при ординарѣ, не болѣе 4-хъ футъ [2]). Въ рукавахъ р. Волги находится нѣсколько

1) Журналъ Путей Сообщенія. Т. 30, стр. 11, статья г. Тизенгаузена: «Улучшеніе устьевъ Дуная».

2) *Герсевановъ*. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. 1861, стр. 93.

баровъ или розсыпей, глубина воды на которыхъ отъ 2 до $3^1/_2$ футъ ниже ординара [1]). Въ устяхъ Западной Двины на барѣ глубина $13^1/_2$ футъ. Въ устьяхъ каждаго изъ рукавовъ, которыми Нева изливается въ Финскій заливъ, существуютъ также значительные песчаные бары, изъ коихъ только на барѣ главнаго корабельнаго фарватера глубина доходитъ до 9 футъ ниже ординара и нынѣ увеличивается землечерпательными работами отъ $10^1/_2$ до 14 футъ, на барахъ же прочихъ рукавовъ глубина простирается всего отъ 5 до 7 футъ [2]). Подобные бары представляютъ большія неудобства для судоходства, такъ какъ суда съ значительною осадкою не могутъ вовсе входить въ рѣку или должны ожидать пока, вслѣдствіе морскихъ вѣтровъ или полноводія, прибудетъ на барѣ достаточно воды. — Въ устьяхъ рѣкъ, впадающихъ въ моря съ приливами и отливами, при неблагопріятныхъ условіяхъ, можетъ также образоваться баръ хотя, какъ выше уже было сказано, образованіе бара составляетъ въ этомъ случаѣ явленіе обусловливаемое особыми обстоятельствами, на которыя слѣдуетъ обратить вниманіе въ каждомъ частномъ случаѣ. Такимъ образомъ напримѣръ большой баръ въ устьи р. Адура, въ Байоннѣ, можно объяснить отклоненіемъ этого устья къ югу — песчаными дюнами, вслѣдствіе чего ослабляется какъ скорость теченія рѣки, такъ и скорость отлива; песчаные наносы, увлекаемые мѣстнымъ береговымъ теченіемъ, частью переносятся за устье рѣки, частію же стремятся образовать у сѣверной оконечности устья рѣки песчаную косу, которую отливъ и теченіе рѣки размываютъ, прежде чѣмъ она успѣетъ выступить изъ поверхности воды, и относятъ размытый песокъ въ море до

1) Журналъ Путей Сообщенія. Т. 38, стр. 177, статьи г. Лямина: «О проведеніи новаго фарватера отъ Астрахани до Каспійскаго моря».

2) Карта устьямъ р. Невы, гравированная въ 1843 г. Объ углубленіи же бара корабельнаго фарватера помѣщены свѣдѣнія въ Морскомъ Сборникѣ 1866 г. № 7, въ статьѣ г. Еранцова стр. 149 и въ № 9. стр. 40, въ отчетѣ Гидрографическаго Департамента.

мѣста, гдѣ существуетъ равновѣсіе между рѣкою и моремъ, и гдѣ складывается баръ [1]). Точно также и бары въ устьяхъ рѣкъ Сены, Мерси, Кляйда и другихъ объясняются особыми мѣстными условіями [2]).

Вѣтры имѣютъ большое значеніе въ устьяхъ рѣкъ съ баромъ, такъ какъ отъ силы и направленія вѣтровъ зависитъ глубина воды на барѣ и возможность для судовъ перейти чрезъ баръ. Кромѣ того направленіе вѣтровъ имѣетъ вліяніе и на положеніе самого бара: если прибылыя воды рѣки сопровождаются береговымъ вѣтромъ, то усиленное теченіе относитъ баръ далѣе въ море на большую глубину, и на оборотъ, если во время прибылыхъ водъ будутъ дуть морскіе вѣтры, то сила теченія будетъ ослаблена и наносы станутъ складываться ближе къ устью рѣки и притомъ въ бо́льшемъ количествѣ, такъ какъ къ наносамъ рѣчнымъ прибавятся еще морскіе, прибиваемые волнами. — Это обстоятельство составляетъ одну изъ главныхъ причинъ почему въ устьяхъ однихъ рѣкъ, послѣ полноводія, баръ уменьшается, въ устьяхъ же другихъ увеличивается, но кромѣ того и естественный бытъ рѣки имѣетъ въ этомъ случаѣ важное значеніе. Рѣка, которая течетъ съ уклономъ быстро уменьшающимся къ устью и притомъ въ крутыхъ и рыхлыхъ берегахъ, не смотря на увеличеніе скорости во время полноводія, можетъ увеличить баръ, принося въ это время весьма обильный матеріалъ для образованія бара, и чѣмъ сильнѣе будетъ полноводіе, тѣмъ болѣе будетъ баръ. На оборотъ рѣки, протекающія съ однообразнымъ уклономъ въ

---

1) Журналъ Путей Сообщенія. Т. 37. стр. 259 статья г. Шаврова: «Происхожденіе баровъ».

2) Не останавливаясь на вопросѣ о барахъ въ устьяхъ такихъ рѣкъ, на которыя распространяется дѣйствіе приливовъ и отливовъ, предоставляемъ желающимъ обратиться къ сочиненіямъ: *Bouniceau.* Etude sur la navigation de rivières à marées. 1845. — *Stevenson.* Canal and river engineering. 1858. — *Calver.* The conservation and improvement of tidal rivers. 1853. — *Dalmann.* Über Stromkorrektionen im Fluthgebiet. 1856.

правильныхъ и твердыхъ берегахъ, съ увеличеніемъ скорости и увеличеніемъ расхода при полноводіяхъ, хотя и увлекаютъ за собою болѣе осадковъ чѣмъ въ меженнемъ состояніи, но, имѣя значительно бо́льшую скорость, относятъ эти осадки далѣе бара и даже смываютъ верхнюю часть этого послѣдняго. Какъ на примѣръ перваго случая, когда баръ послѣ большаго полноводія рѣки увеличивается, укажемъ на р. Нарову, гдѣ вообще глубина на барѣ 8 — 9 футъ, но послѣ сильнаго весенняго полноводія рѣки, и въ особенности притока Наровы — Россоны, доставляющаго главный матеріалъ для образованія бара, глубина на барѣ уменьшается до 5 и 6 футъ [1]).

Чтобы судить правильно въ каждомъ случаѣ о причинахъ образованія бара и изыскать средства къ уменьшенію его вредныхъ дѣйствій на судоходство, необходимо не только ознакомиться съ положеніемъ бара при различныхъ вѣтрахъ и положеніяхъ уровня воды въ рѣкѣ, но и опредѣлить родъ матеріаловъ составляющихъ баръ; такимъ образомъ отсутствіе на барѣ матеріаловъ, соотвѣтствующихъ геологическимъ формаціямъ рѣчныхъ береговъ, можетъ убѣдить въ томъ, что баръ обязанъ своимъ происхожденіемъ исключительно однимъ морскимъ наносамъ, прибиваемымъ волнами и на оборотъ.

Вообще если рѣка увлекаетъ съ собою наносы разнородные, то при впаденіи рѣки въ море эти наносы раздѣляются: гальки и крупный песокъ осаждаются на барѣ, глина уносится далѣе до начала залива, гдѣ частію складывается, а частію распускается въ водѣ и расходится по морю, и наконецъ илъ складывается уже на значительной глубинѣ. По мѣрѣ того какъ баръ изъ крупныхъ матеріаловъ наростаетъ и поднимается ближе къ уровню воды.

---

1) Журналъ Путей Сообщенія. Т. 38. стр. 385 статья: «обмеленіе устья р. Наровы», также въ статьѣ г. Гельмерсена: «Die geologische Beschaffenheit des unteren Narovathal's und die Versandung der Narovamündung, въ 3-мъ томѣ Записокъ Императорской Академіи Наукъ за 1860 годъ.

рѣчная вода задерживается и скорость ея за баромъ на столько уменьшается, что въ устьѣ рѣки начинаютъ осаждаться болѣе мелкіе наносы, и даже илъ; при такихъ условіяхъ мало по малу образуются одинъ или нѣсколько *острововъ*, между которыми рѣка прорываетъ себѣ теченіе, въ видѣ *рукавовъ*. Въ устьѣ каждаго изъ рукавовъ современемъ образуется новый баръ, обращающійся въ острова, раздѣленные новыми рукавами и т. д. Вся масса осадковъ, сложившихся въ устьяхъ рѣки и образовавшихъ острова, раздѣленные рукавами, принимаетъ названіе *дельты*.

Дельты наиболѣе замѣчательныя находятся въ устьяхъ рѣкъ — Нила, Роны, Миссиссипи и Ганга.

Нильская дельта имѣетъ въ длину, отъ Мемфиса до наиболѣе выдавшейся въ море части, до 150 верстъ, и въ ширину между крайними рукавами (въ настоящее время засоренными) до 300 верстъ. Дельта эта нынѣ болѣе не наростаетъ, такъ какъ этому противодѣйствуетъ сильное береговое теченіе въ Средиземномъ морѣ и значительное поднятіе русла р. Нила, вслѣдствіе котораго рѣчная вода разливается по берегамъ на большое пространство и здѣсь складываетъ свои осадки, оплодотворяя пустыню [1]).

Рона, увлекая съ собою значительное количество твердыхъ частицъ, внесенныхъ въ нее ея притоками, въ особенности мутною Арвою, складываетъ бо́льшую часть этихъ осадковъ при своемъ устьѣ, гдѣ образовалась обширная дельта, простирающаяся верстъ на 50, до Арля. Ежегодно Рона изливаетъ въ море слишкомъ 5,000,000,000 к. с. воды, въ которыхъ находится болѣе 2,000,000 куб. саж. твердыхъ осадковъ. При такихъ условіяхъ дельта р. Роны ежегодно подвигается саж. на 20 въ море. Осадки, составляющіе эту дельту, принадлежатъ къ твердымъ горнымъ породамъ.

Дельта р. Миссиссипи имѣетъ площадь, доходящую до 30,000

1) Ляейлль. Основныя начала геологіи, въ переводѣ Мина. Т. I-й. 1866 г. стр. 304.

кв. верстъ, и состоитъ изъ гравія, песку и ила, причемъ чѣмъ болѣе приближаются къ устью рѣки, тѣмъ тоньше становится вещество осадка. Ежегодно рѣка сноситъ къ устью до 10,000,000 куб. саж. твердаго вещества, и осажденіе этого вещества ускоряется еще накопленіемъ въ устьѣ рѣки громадныхъ плотовъ, изъ большихъ массъ пловучихъ деревьевъ, задержанныхъ отмелями [1]).

Дельта соединенныхъ рѣкъ Ганга и Брамапутры, или, какъ ее называютъ, Бенгальская дельта, представляетъ по крайнѣй мѣрѣ вдвое бо́льшую площадь чѣмъ Нильская дельта, и имѣетъ двѣ вершины почти въ равномъ разстояніи отъ моря, именно до 350 верстъ. Вся обширная часть этой дельты, граничащая съ моремъ, состоитъ изъ лабиринта рѣкъ и бухтъ, наполненныхъ соленою водою. Количество твердыхъ веществъ, уносимыхъ рукавами Бенгальской дельты, доходитъ до 20,000,000 куб. саж., такъ что въ каждомъ изъ рукавовъ продолжается постепенное образованіе острововъ. Это образованіе происходило бы еще быстрѣе, если бы осадки были крупнѣе и не уносились такъ легко въ заливъ, гдѣ онѣ возмущаютъ морскую воду на разстояніе до 150 верстъ отъ дельты [2]).

Матеріалы уносимые рѣками въ море, при существованіи морскаго береговаго теченія, обнаруживаютъ часто свое дѣйствіе на берега на весьма значительномъ разстояніи отъ устья рѣкъ, производя наростаніе берега; такимъ образомъ весь южный берегъ Малой Азіи постепенно выдвигается въ море: острова соединяются съ материкомъ, и порты заносятся осадками. Вновь образующіеся слои состоятъ здѣсь изъ камня, потому что ручейки и рѣчки, увлекающіе песокъ и гравій, содержатъ большое количество углекислой извести въ растворѣ и осаждаютъ травер-

1) Ляейлль. Основныя начала геологіи, въ переводѣ Мина. Т. I-й. 1866 г. стр. 315.

2) Ditto стр. 320.

тинъ, или связываютъ песокъ и гравій въ твердые песчаники и конгломераты [1]). Подобными же конгломератами и песчаными пластами наростаетъ берегъ у подножія Морскихъ Альпъ, между Тулономъ и Генуею, вслѣдствіе значительнаго количества твердыхъ веществъ, приносимыхъ рѣками во время полноводія съ горъ [2]).

Между устьями Амазонской рѣки и южнымъ берегомъ Сѣверной Америки, довольно быстрое экваторіальное теченіе, увлекая съ собою воды Амазонской рѣки, уноситъ осадки этой рѣки къ сѣверо-западу вплоть до устьевъ Ориноко, и вдоль Гвинейскаго берега образуется пространная болотистая полоса земли съ длиннымъ рядомъ иловатыхъ отмелей, окоймляющихъ это болото [3]).

Наносы какъ рѣчные, такъ и морскіе, увлекаемые береговымъ теченіемъ и волнами, встрѣчая на своемъ пути порты, засоряютъ эти послѣдніе, но это явленіе, равно какъ и вообще явленіе обмеленія портовъ, будетъ разсмотрѣно отдѣльно въ главѣ о предохраненіи портовъ отъ обмеленія.

V. Мутность и соленость морской воды. Замерзаніе ея. Морскіе черви. Дѣйствіе морской воды на растворы и металлы.

Отъ степени мутности морской воды въ бухтѣ или портѣ зависитъ замерзаніе этой воды, обмеленіе порта или бухты и возможность примѣнить къ подводнымъ постройкамъ извѣстнаго рода водолазные снаряды, поэтому при изысканіяхъ, предпринимаемыхъ при учрежденіи или улучшеніи порта, необходимо опредѣлить степень мутности морской воды, какъ на поверхности моря, такъ и на различной глубинѣ.

---

1) Ляейлль. Основныя начала геологіи, въ переводѣ Мина. Т. I-й. 1866 г. стр. 303.

2) Ditto стр. 336.

3) Ditto стр. 397.

Для опредѣленія *степени мутности* морской воды, стоитъ только процѣдить извѣстный объемъ воды и взвѣсить количество оставшагося на цѣдилкѣ осадка, но воду необходимо зачерпнуть въ морѣ именно на той глубинѣ, гдѣ предполагается опредѣлить степень мутности.

Для этой цѣли служатъ различные приборы, состоящіе изъ стекляннаго или металлическаго сосуда съ краномъ или клапаномъ, открываемымъ послѣ погруженія сосуда на требуемую глубину, и затѣмъ закрываемымъ, когда сосудъ наполнится водою.

Въ музеумѣ института инженеровъ путей сообщенія находится подобный приборъ Дестрема, состоящій изъ стекляннаго сосуда съ мѣднымъ краномъ, прикрѣпленнаго къ концу мѣднаго трубчатаго стержня. Длина этого стержня можетъ быть измѣняема, такъ какъ онъ свинчивается изъ отдѣльныхъ частей длиною 2 фута. Внутри стержня вставляется желѣзный штангъ, посредствомъ котораго кранъ сосуда можетъ быть открытъ и закрытъ. Приборъ этотъ довольно тяжелъ и сложенъ, почему употребленіе его на большой глубинѣ должно быть затруднительно. Несравненно проще и удобнѣе приборъ, который употреблялъ Хагенъ, для опредѣленія степени мутности морской воды въ бухтѣ Яде, на различныхъ глубинахъ и при различныхъ высотахъ приливовъ и отливовъ[1]). Приборъ этотъ, представленный на чер. 24 (листъ II), состоитъ изъ жестянаго цилиндрическаго сосуда, высотою 8 д. и діаметромъ 4 д. съ крышкою и дномъ. Въ крышкѣ находится отверстіе закрываемое снизу клапаномъ, къ которому прикрѣплены два короткихъ стержня, одинъ идущій вверхъ, другой внизъ, направляющіе движеніе клапана. На оконечности верхняго стержня находится кольцо, посредствомъ котораго весь приборъ подвѣшивается къ канату или цѣпи, къ дну же прибора, посредствомъ другаго кольца, прикрѣпляется на веревкѣ грузъ, служащій для

1) *Hagen.* Seeufer und Hafen-Bau. 1. Band. S. 202 и Monatsberichte der König. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1856. S. 346.

погруженія прибора. Къ верхнему стержню прикрѣплена пружина, имѣющая стремленіе открыть клапанъ, но такъ какъ весь приборъ и нижній грузъ висятъ на клапанѣ, и вѣсъ ихъ превосходитъ силу пружины, то пружина начинаетъ дѣйствовать и открываетъ клапанъ, только когда нижній грузъ перестаетъ тянуть приборъ къ низу, т. е. когда этотъ грузъ встрѣтитъ дно моря. При употребленіи прибора, нижній грузъ подвѣшиваютъ соотвѣтственно той глубинѣ, на которой хотятъ зачерпнуть воду, и приборъ погружаютъ вертикально. Какъ только грузъ коснется дна, пружина откроетъ клапанъ, и сосудъ наполнится водою; при подъемѣ же прибора грузъ снова начнетъ дѣйствовать и клапанъ закроется.

Въ бухтѣ Яде, Хагенъ зачерпывалъ воду на поверхности и на глубинѣ 24 футъ (на 6 футахъ отъ дна). Наблюденія его показали, что на 6 футахъ отъ дна содержаніе мути въ бухтѣ Яде увеличивалось на $^1/_5$ и до $^1/_3$, сравнительно съ содержаніемъ мути на поверхности воды, и что вода дѣлалась самою мутною въ первые часы прилива, въ особенности при западныхъ вѣтрахъ.

Подобные же выводы получены были и изъ наблюденій Хюббе, въ нижней Эльбѣ [1]).

Опредѣливши количество мути или ила по вѣсу, полезно для бо́льшей наглядности расчитать это количество по объему. Изъ опытовъ Хагена оказывается, что 1 граммъ высушеннаго ила представляетъ на днѣ моря, въ видѣ грязи, объемъ въ 0,05263 рейнл. куб. дюйма или почти 0,05 англ. куб. дюйма. Въ бухтѣ Яде, содержаніе мути по объему составляетъ отъ 0,01 до 0,035 процента. При каждомъ отливѣ и послѣ каждой бури, нѣкоторое количество мути осаждается на дно, и тѣмъ бо́льшее количество, чѣмъ долѣе будетъ находиться вода въ относительно спокойномъ состояніи. Если примемъ, что въ бухтѣ Яде, послѣ каждаго от-

1) *Zeitschrift für das Bauwesen.* Jahrgang X. S. 492, статья *Hübbe:* «Ueber die Eigenschaften und das Verhalten des Schlick's».

лива, осаждается только четвертая часть наименьшаго количества мути, т. е. 0,000025 фута на каждый футъ глубины, или 0,00075 фута на всѣ 30 футъ, то въ теченіи года, послѣ 705 отливовъ, долженъ осѣсть слой въ 0,53 фута.

Соленость морской воды и удѣльный вѣсъ ея зависятъ, какъ отъ мѣстной средней годовой температуры, имѣющей вліяніе на бо́льшее или меньшее испареніе воды, а слѣдовательно и сгущеніе ея, такъ и отъ рѣкъ, впадающихъ въ море и изливающихъ большую массу прѣсной воды. Въ океанахъ, гдѣ приливы и отливы производятъ постоянное движеніе воды, соленость и удѣльный вѣсъ ея одинаковы на поверхности и на глубинѣ, въ средиземныхъ же моряхъ вода на днѣ обыкновенно соленѣе нежели на поверхности, въ особенности вблизи рѣкъ, изливающихъ въ море большую массу прѣсной воды. Въ Средиземномъ морѣ средній удѣльный вѣсъ воды доходитъ до 1,0289; въ Атлантическомъ океанѣ отъ 1,0266 (при 50°25′ сѣверной широты) до 1,0285; въ Нѣмецкомъ морѣ отъ 1,020 до 1,028; въ Черномъ морѣ отъ 1,0114 до 1,0209 и въ Балтійскомъ отъ 1,0003 до 1,0232, смотря по близости къ устьямъ большихъ рѣкъ или къ проливамъ, соединяющимъ это море съ Нѣмецкимъ.

Главную часть солей морской воды составляетъ поваренная соль, (въ океанахъ и Средиземномъ морѣ отъ 2,5 до 2,7%); затѣмъ слѣдуютъ или глауберова соль, или сѣрнокислая магнезія и хлористый магній (около 0,5% каждой) и наконецъ хлористыя соли кальція и калія, соли брома и іода и другія, нѣкоторыя изъ нихъ въ самомъ ничтожномъ количествѣ, другихъ же только слѣды, и вообще всѣ вмѣстѣ менѣе 0,15%.

Чѣмъ прѣснѣе и мутнѣе морская вода, тѣмъ скорѣе она замерзаетъ; кромѣ того *замерзаніе* каждой части моря объусловливается еще продолжительностью морозовъ, волненіями, теченіями, направленіемъ вѣтровъ и даже глубиною моря. Если пониженіе температуры предъ наступленіемъ морозовъ происходитъ

постепенно, то вода также охлаждается постепенно, такъ что при незначительной глубинѣ охлажденіе распространяется до самаго дна, и вода покрывается вскорѣ толстою корою льда, при температурѣ отъ -5 до -8° Р. Если же морозы наступаютъ внезапно, то вода у поверхности, возобновляясь болѣе теплыми нижними слоями, долго еще сохранитъ температуру выше 0, пока морозы не достигнутъ весьма низкой температуры (по крайней мѣрѣ -10°) и вода въ нижнихъ слояхъ, охладившись до 4°, т. е. до наибольшей плотности, перестанетъ подниматься въ верхніе слои и не будетъ болѣе затруднять замерзанія этихъ слоевъ. При малой толщинѣ ледяной коры, волненія и теченія могутъ легко въ бухтахъ взломать эту кору, и если въ тоже время открытое море не замерзло, то при первомъ береговомъ вѣтрѣ, при которомъ вода пойдетъ на убыль отъ береговъ, вмѣстѣ съ тѣмъ изъ бухты тронется и ледъ. Этимъ объясняется почему въ нѣкоторыхъ моряхъ, въ теченіи зимы, бухты и заливы по нѣскольку разъ освобождаются отъ льда[1]).

Мѣстный ледъ въ такихъ моряхъ, какъ Черное и Каспійское, вообще имѣетъ малую толщину, но толщина эта значительно увеличивается отъ скопленія наноснаго льда съ устьевъ большихъ рѣкъ, текущихъ съ сѣвера, почему при изысканіяхъ необходимо обратить вниманіе и на направленіе движенія и количество наноснаго льда.

Кромѣ описанныхъ свойствъ морской воды мы должны также упомянуть о тѣхъ морскихъ молюскахъ, которые приносятъ

---

1) Въ продолженіи зимы 1864 года карантинная гавань Одесскаго порта — шесть разъ покрывалась льдомъ и освобождалась отъ него, что значительно облегчало сообщеніе порта съ моремъ. Въ теченіи 7 лѣтъ (съ 1858 по 1864 г. включительно) сообщеніе Одесскаго порта съ моремъ прекращалось среднимъ числомъ только на 16 дней (въ 1859 г. вовсе не было прекращенія сообщенія порта съ моремъ, а въ 1861 г. сообщеніе это прерывалось только на 32 дня). (Бѣлявскій. Гидрографическое изученіе Одесскаго порта. 1865 г. стр. 21).

вредъ морскимъ постройкамъ, а равно и о разрушительномъ дѣйствіи морской воды на растворы и металлы.

Камни погруженные въ море подвергаются иногда нападенію сверлящихъ раковинъ: *фолад*ъ (камнеточцевъ) и *saxicavae rugosa*. Первыя нападаютъ не только на известняки, но и на песчаники и глинистые сланцы, вторыя же исключительно сверлятъ только известнякъ, не проникая однакоже глубже 4 или 5 дюймовъ отъ поверхности. Отверзтія проточенныя этими червями имѣютъ величину не болѣе булавочной головки, но столь близки однѣ къ другимъ, что вся поверхность камня въ послѣдствіи истирается, обнажая неповрежденный слой, на который вновь нападаютъ saxicavae. — Подобныя поврежденія замѣчаемы были въ портландскихъ камняхъ, употребленныхъ въ Плимутѣ, Портландѣ, Девонпортѣ и другихъ англійскихъ портахъ [1]). Для большей безопасности, въ томъ случаѣ ежели обнаружатся подобныя поврежденія камня сверлящими раковинами, полезно защитить известковый камень гранитомъ или песчаникомъ.

Изъ морскихъ червей, нападающихъ на дерево, до настоящаго времени замѣчены были только двѣ породы — *морской шашень* (*teredo navalis*) и *limnoria terebrans*. Разрушительное дѣйствіе ихъ столь значительно въ нѣкоторыхъ портахъ, что совершенно устраняетъ употребленіе дерева въ морскихъ подводныхъ постройкахъ.

Томасъ Стевенсонъ полагаетъ, что шашень появился въ Европѣ еще лѣтъ триста тому назадъ, именно у береговъ Шотландіи, но только въ прошломъ столѣтіи, когда червемъ этимъ были сдѣланы большія поврежденія въ голландскихъ морскихъ постройкахъ, онъ обратилъ на себя надлежащее вниманіе. Въ настоящее время шашень распространенъ въ портахъ океана и Нѣмецкаго моря и въ особенности въ нѣкоторыхъ портахъ Средиземнаго мо-

1) Report on the harbour of refuge to be constructed in Dover-bay. London. 1847, pp. 189 and 216.

ря, гдѣ дерево погруженное въ морскую воду не можетъ просуществовать долѣе двухъ, трехъ лѣтъ. Въ нашихъ черноморскихъ портахъ шашень также нападаетъ на дерево, какъ напр. въ Керчи, Севастополѣ и Одессѣ; но существованіе его обнаруживается только въ теченіи лѣтнихъ мѣсяцевъ. Въ Севастополѣ ежегодно, въ первыя двѣ недѣли существованія червя, поврежденія производимыя имъ бываютъ столь сильны, что судопромышленники съ 1-го по 18-е августа вытаскиваютъ свои суда на берегъ [1]). Въ Балтійскомъ морѣ, гдѣ вода не достаточно солена, шашней нападающихъ на дерево не водится, что значительно облегчаетъ устройство морскихъ сооруженій, дозволяя употреблять для подводныхъ построекъ — дерево.

Шашень имѣетъ видъ червя блѣдно-желтаго цвѣта и столь прозрачнаго, что насквозь видны его внутренности. Передняя часть его снабжена двумя роговидными раковинками, съ острыми ребрами, но самый червь находится почти весь внѣ раковинки. Въ началѣ червь имѣетъ видъ бѣлой точки, которая удерживается на поверхности дерева, до образованія раковинки червя, тогда этою раковинкою червь начинаетъ сверлить дерево, оставляя на поверхности дерева отверстіе величиною не болѣе булавочной головки. Проникнувъ на нѣсколько линій въ дерево, онъ поворачиваетъ, слѣдуя по направленію волоконъ дерева, постепенно развиваясь въ длину и толщину и увеличивая, по мѣрѣ своего развитія, ширину просверливаемыхъ имъ ходовъ. Ходы просверленные въ деревѣ шашнемъ не представляютъ вполнѣ цилиндрической и гладкой поверхности: они походятъ скорѣе на рядъ тонкихъ колецъ, раздѣленныхъ нѣсколько выступающими ребрами, при этомъ поверхность ихъ покрывается въ видѣ глазури известковымъ веществомъ, выдѣляемымъ червемъ. Каждый червь сверлитъ себѣ особый ходъ, но всѣ ходы почти параллельны и столь близки

1) Герсевановъ. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. 1861; стр. 202.

одинъ къ другому, что въ поперечномъ разрѣзѣ дерево источенное шашнями принимаетъ видъ сота. При благопріятныхъ для него обстоятельствахъ шашень достигаетъ иногда весьма большаго развитія; толщина его доходитъ до 3-хъ и болѣе линій, а длина до 6 и болѣе дюймовъ. Въ Сіотатѣ увѣряли Хагена, что на мѣстныхъ деревянныхъ эллингахъ находили шашней длиною до 6 футъ и толщиною въ большой палецъ [1]). Чѣмъ длиннѣе шашень, тѣмъ глубже проникаетъ онъ въ дерево. Шашень не питается деревомъ, какъ полагаютъ нѣкоторые, а питается инфузоріями, дерево же необходимо ему только какъ жилище. Лишенный дерева и морской воды, червь не можетъ прожить долѣе одного или двухъ дней; въ морской водѣ безъ дерева, червь также не можетъ существовать долѣе трехъ или четырехъ дней, и только въ видѣ ларвъ, до развитія раковинъ, онъ можетъ плавать въ водѣ. Въ прѣсной водѣ червь скоро погибаетъ, также не можетъ онъ существовать и въ слояхъ морской воды, наполненныхъ иломъ. Этимъ объясняется почему иногда шашень водится въ одной части порта, гдѣ существуетъ постоянный притокъ свѣжей соленой воды, и не водится въ другой, гдѣ въ водѣ застаиваются илъ и муть.

Наиболѣе подвержены нападенію червя части свай, находящіяся у самаго дна, если только дно не иловатое; здѣсь червь принужденъ поворачиваться, не имѣя возможности проникать глубоко въ части дерева погруженныя въ землю; при этомъ поворотѣ червь точитъ дерево наискось, чтобы обойти ходы, сдѣланные его сосѣдями. Въ верхнихъ частяхъ свай червь не выходитъ за предѣлы низкаго горизонта, или выходитъ весьма мало, но въ моряхъ съ приливами онъ поднимается иногда и до уровня низкихъ приливовъ. Свая источенная шашнемъ дѣлается столь слабою, что легко переламывается волненіемъ.

---

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 1 Band. S. 210.

Въ нѣкоторыхъ портахъ развитію шашня препятствуетъ уничтоженіе его кольчатымъ червемъ, называемымъ натуралистами — *lycoria fucata*. Червь этотъ зарождается въ грязи, окружающей сваи и, получивши достаточное развитіе, вспалзываетъ по поверхности дерева, пока не нападетъ на отверстіе одного изъ ходовъ сдѣланныхъ шашнемъ [1]).

Другой видъ морскихъ червей нападающихъ на дерево — *limnoria terebrans* менѣе извѣстенъ. Робертъ Стевенсонъ, наблюдавшій его при Бельрокскомъ маякѣ въ 1810 году [2]), замѣтилъ, что червь этотъ ежегодно повреждаетъ дерево на одинъ дюймъ отъ поверхности. Опыты произведенные имъ при томъ же маякѣ въ 1814, 1821, 1837 и 1843 годахъ надъ степенью долговѣчности въ подводныхъ постройкахъ различныхъ породъ дерева показали, что limnoria terebrans почти не тронули колоніальныхъ древесныхъ породъ, извѣстныхъ подъ именемъ greenheart, teakwood и beefwood. Эти же породы также хорошо выдерживаютъ и нападеніе шашней.

Минаръ, въ своемъ сочиненіи о портовыхъ сооруженіяхъ [3]), упоминаетъ также о третьемъ видѣ морскихъ червей (вѣроятно фоладъ-древоточцевъ), которые не сверлятъ въ деревѣ продольныхъ ходовъ, но повреждаютъ его съ поверхности безчисленнымъ множествомъ отверстій величиною съ булавочную головку. Для предохраненія деревянныхъ подводныхъ частей отъ такихъ червей, достаточно обшить ихъ дюймовыми досками, перемѣняя ихъ каждые два, три года.

Для предохраненія дерева отъ нападенія шашней и limnoria terebrans испытаны были многія средства, но дѣйствительными

---

1) Болѣе подробныя свѣдѣнія о шашняхъ и предохраненіи отъ нихъ дерева можно найти въ 19 томѣ Annales des Travaux publics de Belgique (1860—1861), стр. 95—129.

2) Robert Stevenson. Account of the Bell Rock lighthouse. Edinburgh. 1824.

3) Minard. Ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 45.

оказались только — креозотированіе дерева и сплошная набивка поверхности дерева гвоздями съ широкимн шляпками, или обшивка дерева мѣдью. Даже и креозотированіе дерева, т. е. пропитываніе дерева креозотомъ при помощи сильныхъ нагнетательныхъ снарядовъ (по способу Беттеля), не разъ возбуждало сомнѣніе въ полной дѣйствительности этого способа предохраненія дерева отъ нападенія червей, но повидимому неудачи въ этомъ случаѣ происходили или отъ недостаточнаго пропитыванія, или отъ глубокихъ механическихъ поврежденій дерева, при которыхъ обнажалась сердцевина непропитанная креозотомъ. Для устраненія этихъ причинъ неудачи необходимо пропитывать креозотомъ дерево сухое, не бывшее въ водѣ, и притомъ при весьма сильномъ давленіи (до 12 атмосферъ), достигнувши предварительно выдѣленія соковъ дерева, чрезъ сильное разряженіе въ снарядѣ воздуха. Послѣ такого пропитыванія необходимо, чтобы каждымъ куб. футомъ дерева (сосны) было поглощено отъ 10 до 15 фунтовъ креозотнаго масла. Кромѣ того слѣдуетъ принять за правило, чтобы всѣ отверстія для болтовъ и всѣ врубки, которыя приходится сдѣлать въ деревѣ, были сдѣланы до креозотированія. Къ сожалѣнію креозотное масло не вездѣ можетъ быть получено въ достаточномъ количествѣ и притомъ за недорогую цѣну. Въ Англіи креозотное масло стоитъ всего отъ 23 до 29 коп. за пудъ, и всѣ издержки на креозотированіе, считая въ томъ числѣ креозотное масло, не превосходятъ 10 — 12 коп. сер. за куб. футъ сосны, но въ нашихъ черноморскихъ портахъ, гдѣ креозотное масло вѣроятно придется выписывать изъ Англіи, издержки возрастутъ по крайнѣй мѣрѣ втрое, потому что корабли не охотно берутся за перевозку креозотнаго масла, пропитывающаго все судно своимъ запахомъ. Кромѣ того для перевозки креозотнаго масла необходимы весьма прочныя и дорогія бочки, которыя по опоражниваніи рѣдко могутъ быть употреблены въ дѣло, обратная же отсылка ихъ въ Англію обойдется дорого. Древесная смола, получаемая

на нашихъ смолокурныхъ заводахъ обходится слишкомъ дорого, чтобы можно было приготовлять изъ нея смоляное масло для замѣны креозотнаго; несравненно болѣе надеждъ даетъ намъ добываніе нефти предпринятое на Кавказѣ, такъ какъ получаемый продуктъ весьма богатъ креозотомъ.

Сплошная набивка поверхности дерева желѣзными или мѣдными гвоздями съ широкими шляпками (діаметромъ отъ $^2/_3$ до 1 д.) хотя и не вполнѣ предохраняетъ дерево отъ нападенія червей, тѣмъ не менѣе составляетъ средство довольно дѣйствительное, такъ какъ въ непродолжительномъ времени на всей поверхности дерева образуется толстая и твердая кора ржавчины, но способъ этотъ обходится слишкомъ дорого, въ особенности если шляпки гвоздей прикасаются одна къ другой. (Квадратный футъ сплошной набивки желѣзными гвоздями обходится во Франціи отъ 25 до 30 коп.) Всѣ деревянныя части, которыя должны представлять совершенно гладкую поверхность, какъ напр. вереяльные и створные столбы шлюзныхъ воротъ, покрываются сплошной набивкою мѣдныхъ или желѣзныхъ шпиньковъ, на разстояніи трехъ линій ось отъ оси, что обходится вдвое дороже сплошной набивки гвоздями съ широкими шляпками.

Еще дороже обходится обшивка мѣдью, которая поэтому и не употребляется въ морскихъ постройкахъ. Что касается до обшивки цинкомъ и покрытія поверхности дерева разными суриковыми и цементными замазками, то онѣ не долговѣчны; еще менѣе дѣйствительно пропитываніе дерева металлическими солями, которыя скоро разлагаются морскою водою.

Другое важное явленіе въ морскихъ постройкахъ представляетъ *разрушительное дѣйствіе оказываемое морскою водою на растворы и металлы.*

Первыя изслѣдованія о разрушительномъ дѣйствіи морской воды на гидравлическіе растворы были сдѣланы французскимъ инженеромъ Вика въ 1844 году, послѣ поврежденій случившихся

въ каменныхъ постройкахъ въ С. Мало. Съ тѣхъ поръ Вика, до самой смерти своей, постоянно продолжалъ заниматься вопросомъ о дѣйствіи морской воды на растворы, посвятивши ему нѣсколько журнальныхъ статей и мемуаровъ, изъ коихъ особенно замѣчателенъ мемуаръ, напечатанный въ 1857 году, гдѣ Вика подробно разсматриваетъ причины разрушенія морскою водою сложныхъ гидравлическихъ растворовъ и предлагаетъ способы опредѣленія степени долговѣчности этихъ растворовъ [1]).

По наблюденіямъ Вика, если известковый растворъ подверженъ дѣйствію морской воды, то сѣрная и соляная кислоты, входящія въ составъ морскихъ солей, соединяются со всею свободною известью раствора, а частью и съ известью находившеюся въ соединеніи съ кремнеземомъ и глиноземомъ, причемъ внутри раствора кристаллизуется гипсъ, и растворъ разрушается. Сродство сѣрной и соляной кислотъ къ извести столь сильно, что кислоты эти отнимаютъ известь изъ ея соединеній даже и въ томъ случаѣ, если растворы до нѣкоторой степени отвердѣли, если только на поверхности не образовалась кора углекислой извести такой твердости и такой толщины, что морская вода не можетъ уже проникать въ массу раствора.

Такимъ образомъ долговѣчность морскихъ растворовъ зависитъ не только отъ состава раствора и отъ бо́льшей или меньшей прочности кремнекислыхъ известковыхъ соединеній, образовавшихся въ растворѣ, но и отъ степени твердости и толщины мѣловой коры, покрывающей растворъ.

Чтобы способствовать образованію этой коры, по мнѣнію Вика, слѣдовало бы для подводныхъ каменныхъ построекъ отдавать преимущество бетону погруженному въ бездонный ящикъ передъ другими способами подводныхъ кладокъ, при которыхъ поверхность кладки остается обнаженною. — Деревянныя стѣнки

1) L. J. Vicat. Recherches sur les causes chimiques de la déstruction des composés hydrauliques par l'eau de mer. Grenoble. 1857.

бездоннаго ящика, оставаясь подъ водою, въ началѣ будутъ предохранять поверхность кладки отъ непосредственнаго дѣйствія морской воды, въ послѣдствіи же, сгнивая, будутъ доставлять углекислоту, необходимую для образованія на поверхности бетона мѣловой коры [1]).

Нельзя однакоже не замѣтить, что заключенія эти не всегда подтверждаются на практикѣ: многія бетонныя и бутовыя кладки прекрасно сохранились подъ водою въ морѣ и безъ деревянной стѣнки, въ особенности если поверхность кладки покрылась водораслями и раковинами, которыя въ нѣкоторыхъ моряхъ развиваются весьма быстро. Лабораторные опыты надъ прочностью растворовъ въ морской водѣ, къ которымъ постоянно прибѣгалъ Вика, также не всегда могутъ служить основаніемъ для заключенія о степени долговѣчности растворовъ; весьма часто растворы, выдержавшіе дѣйствіе морской воды въ лабораторіи, разлагались въ морѣ, и наоборотъ море не оказывало никакого дѣйствія на растворы, которые по лабораторнымъ опытамъ признаны были не долговѣчными. Мало того, въ портахъ одного и того же моря растворы оказывались не одинаково прочными, напримѣръ растворы, разлагавшіеся въ С. Мало, Гаврѣ и Ля-Рошели, прекрасно выдерживали дѣйствіе морской воды въ С. Жанъ-де-Люзъ; сложные растворы изъ извести и итальянской пуццоланы, признанные вполнѣ прочными въ Тулонѣ, разлагались въ Алжирѣ и въ портахъ океана.

Всѣ эти кажущіяся несообразности можно объяснить различными условіями, въ которыхъ находятся растворы въ различныхъ частяхъ моря и въ лабораторіяхъ: большимъ или меньшимъ развитіемъ водораслей и раковинъ, покрывающихъ поверхность кладокъ и защищающихъ растворы, застоемъ или притокомъ свѣжей воды, доставляемой теченіями и приливами и отливами, про-

1) Annales des Ponts et Chaussées 1859. 2 sem. p. 234.

должительностью дѣйствія морской воды на растворы, различной температурой, имѣющей вліяніе на быстроту отвердѣнія растворовъ и т. п.

Намъ не извѣстно были ли въ русскихъ черноморскихъ портахъ сдѣланы изслѣдованія надъ сопротивленіемъ дѣйствію морской воды растворовъ, составленныхъ изъ русскихъ матеріаловъ, что касается до растворовъ изъ гидравлической извести, цементовъ и пуццоланъ заграничныхъ, то въ настоящее время существуетъ уже достаточно указаній, какіе изъ нихъ и въ какихъ пропорціяхъ выдерживаютъ дѣйствіе воды океана и Средиземнаго моря, а потому съ тѣмъ бо́льшею увѣренностью могутъ быть употребляемы въ нашихъ портахъ, гдѣ они будутъ находиться въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ.

Изъ заграничныхъ гидравлическихъ известей, изслѣдованныхъ Вика, только одна Ардешская известь Тейль, содержащая отъ 69 до 78% извести, около 0,5% магнезіи, отъ 20,5 до 26% кремнезема и отъ 1 до 4% глинозема, оказалась вполнѣ прочною во всѣхъ подводныхъ постройкахъ произведенныхъ на этой извести въ Алжирѣ, Марсели, Тулонѣ и Портѣ-Вандръ. Растворы изъ этой извести приготовляются бо́льшею частью въ пропорціи отъ 200 до 225 пудъ извести на 1 куб. саж. песку, причемъ получается около 1,06 куб. саж. раствора. Цѣна извести Тейль въ Марсели около 12 коп. за пудъ.

Изъ заграничныхъ цементовъ, выдерживающихъ дѣйствіе морской воды, упомянемъ только о двухъ лучшихъ; искусственномъ портландскомъ и естественномъ римскомъ — Медина (Parker's Medina-cement), приготовляемомъ въ Англіи. Первый изъ нихъ, твердѣющій медленнѣе, содержитъ отъ 54 до 63% извести, отъ 21 до 25% кремнезема, отъ 6,5 до 7,5% глинозема и отъ 1,5 до 3,5% окиси желѣза. Римскій Медина-цементъ содержитъ, среднимъ числомъ: 44% извести, 14% магнезіи, 19,5% кремнезема, 5,5% глинозема и 12% окиси желѣза. Оба эти цемента,

употребленные въ растворахъ каждый отдѣльно или въ смѣси, въ бо́льшей части случаевъ выдерживали дѣйствіе морской воды. Неудачи происходили или отъ небрежности приготовленія и употребленія раствора, или отъ дурнаго качества цемента, въ особенности же отъ присутствія въ цементѣ сѣрной кислоты, въ количествѣ превосходящемъ 1,3%, вслѣдствіе употребленія при обжиганіи топливомъ — каменнаго угля съ значительною примѣсью сѣры. Лучшіе для морскихъ работъ портландскіе цементы приготовляются на англійскихъ заводахъ Уайта и Робинза. Цѣна ихъ на мѣстѣ съ посудой около 25 коп. за пудъ. Для растворовъ при подводныхъ морскихъ постройкахъ обыкновенно на 1 куб. саж. песку употребляютъ отъ 250 до 300 пудъ портландскаго или Медина-цемента, или 150 пудъ портландскаго цемента и столько же цемента Медина.

Изъ заграничныхъ пуццоланъ, прибавляемыхъ къ известковымъ растворамъ для подводныхъ построекъ въ морѣ, особенно хорошо заявила себя пуццолана римская (pouzzolane de St. Paul à Rome), содержащая до 9% извести, 5% магнезіи, 45% кремнезема, 15% глинозема и 12% окиси желѣза. Пуццолану эту слѣдуетъ прибавлять къ извести, въ видѣ самаго тонкаго порошка и въ количествѣ по вѣсу отъ $5^1/_2$ до 7 разъ бо́льшемъ извести (жирной), взвѣшанной въ негашенномъ видѣ; песку слѣдуетъ прибавлять не болѣе $^1/_3$ объема известковаго тѣста. Избытокъ свободной извести или недостаточно тщательное взмѣшиваніе раствора влекутъ за собою образованіе въ массахъ раствора зеренъ гипса, чрезъ соединеніе свободной извести съ сѣрной кислотою морскихъ солей, причемъ растворъ неизбѣжно трескается и разрушается. Для одесскихъ работъ въ 1865 году римская пуццолана куплена была по 15 коп. за пудъ, съ доставкою въ Одессу.

Почти столь же хорошо какъ римская пуццолана, сопротивляется дѣйствію морской воды санторинская земля, привозимая съ острова Санторино и отличающаяся отъ римской пуццоланы

значительно бо́льшимъ содержаніемъ кремнезема (до 67% кремнезема на 3% извести, 1,5% магнезіи, 13% глинозема и 5% окиси желѣза). Вещество это прибавляется къ извести въ количествѣ, по объему, въ три раза большемъ объема гашеной извести, песку же прибавляютъ не болѣе половины объема гашеной извести. Цѣна санторинской земли на мѣстѣ, съ доставкою на суда, около 3½ коп. за пудъ.

Во всѣхъ почти голландскихъ подводныхъ морскихъ постройкахъ употребляются растворы изъ извести съ прибавленіемъ трасса, добываемаго въ окрестностяхъ Бонна и Андернаха. По содержанію кремнезема, извести и магнезіи, трассъ весьма близокъ къ римской пуццоланѣ (онъ содержитъ до 46% кремнезема на 2,5% извести, 1% магнезіи, 21% глинозема и 5,5% окиси желѣза). Цѣна его на мѣстѣ около 5 коп. за пудъ.

Морская вода *дѣйствуетъ также весьма разрушительно на чугунъ и желѣзо*, находящіеся долго въ водѣ. Металлы эти погруженные въ воду весьма скоро окисляются и теряютъ часть своего вѣса. По опытамъ Ренни, по прошествіи 70 часовъ, негальванизированное желѣзо погруженное въ морскую воду теряетъ $\frac{1}{6610}$ часть своего вѣса, чугунъ при тѣхъ же условіяхъ теряетъ $\frac{1}{3307}$ часть, а бронза $\frac{1}{10,000}$ часть своего вѣса. Въ 1833 году было поднято Стевенсономъ изъ воды чугунное ядро, діаметромъ 4½ дюйма, потерявшее до трехъ четвертей своего вѣса. Ядро это, пролежавшее около трехъ столѣтій, поперемѣнно въ водѣ и на воздухѣ, приняло видъ графитообразной массы; такой же видъ принимаютъ вообще — чугунныя пушки, пролежавшія долго на днѣ моря. При Бельрокскомъ маякѣ чугунные рельсы, уложенные въ 1810 году, въ теченіи 50 лѣтъ потеряли половину своей толщины [1]).

---

1) Stevenson. The design and construction of harbours. Edinburgh. 1864. p. 147.

Минаръ приводитъ также нѣсколько примѣровъ быстраго разрушенія желѣза; по наблюденіямъ его въ 1836 году въ Дюнкирхенѣ всѣ болты флютбета одного изъ шлюзовъ сдѣлались никуда негодными, хотя они были положены только въ 1825 году [1]). Часто желѣзо почти въ совершенно одинаковыхъ обстоятельствахъ имѣетъ различную долговѣчность, что приписываютъ разности его внутренняго сложенія.

Для предохраненія желѣзныхъ подводныхъ подѣлокъ отъ ржавчины, слѣдуетъ ихъ галванизировать, но и это средство не всегда дѣйствительно. Для бо́льшей безопасности желѣзныя подѣлки слѣдуетъ помѣщать такимъ образомъ, чтобы онѣ были по возможности совершенно врѣзаны или прикрыты деревомъ. Во всякомъ случаѣ необходимо избѣгать прикосновенія двухъ разнородныхъ металловъ, потому что тогда, при посредствѣ морской воды, образуется галваническій токъ, дѣйствіе котораго ускоряетъ разрушеніе металловъ.

За галванизацію желѣза, во Франціи, прибавляютъ обыкновенно въ смѣтахъ по 1 руб. за пудъ желѣзныхъ подѣлокъ.

---

1) Minard. Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 40.

Б. УСТРОЙСТВО ПОРТОВЪ.

I. Изысканія.

При устройствѣ порта въ устьѣ рѣки, бухтѣ или заливѣ, или при улучшеніи и распространеніи существующаго порта, необходимо быть вполнѣ знакомымъ со всѣми мѣстными условіями и данными, имѣющими вліяніе на расположеніе и систему портовыхъ сооруженій, на ихъ размѣры, на способы предохраненія порта отъ обмеленія и т. п. Эти мѣстныя данныя собираются посредствомъ такъ называемыхъ *изысканій*.

Первое мѣсто въ портовыхъ изысканіяхъ занимаютъ *съемка* и *промѣры глубины* воднаго пространства, на которомъ предполагается расположить портъ. Морская съемка должна имѣть основаніемъ съемку прилежащей къ морю страны, причемъ тригонометрически должно быть опредѣлено положеніе всѣхъ наиболѣе примѣчательныхъ точекъ берега, какъ то башень, церквей, вѣтреныхъ мельницъ, возвышенныхъ холмовъ обозначаемыхъ вѣхами и т. п. Относительно этихъ береговыхъ точекъ опредѣляется, также тригонометрической съемкой, положеніе примѣчательныхъ точекъ на водѣ, какъ то подводныхъ скалъ, острововъ, мелей, затонувшихъ судовъ и т. п. Точки на водѣ означаются буйками, баканами и голиками, или другими знаками. Чтобы буекъ не сходилъ съ мѣста, буйрепъ, прикрѣпленный однимъ концомъ къ якорю, проходитъ сквозь кольцо при буйкѣ и имѣетъ на другомъ концѣ гирю. Всѣ эти точки должны быть нанесены на планъ

при помощи прямоугольныхъ координатъ, вычисленныхъ по тригонометрической сѣти. За начало координатъ принимаютъ обыкновенно мѣстный маякъ или колокольню, ось же абциссъ берутъ по направленію меридіана.

Затѣмъ приступаютъ къ производству подробныхъ промѣровъ глубины и нанесенію на планъ тѣхъ точекъ, въ которыхъ произведены промѣры. Вѣрное опредѣленіе положенія этихъ точекъ требуетъ большаго навыка. Если погода вполнѣ благопріятная и въ морѣ нѣтъ сильнаго теченія, то для производства промѣровъ можно обозначить на берегу вѣхами нѣсколько параллельныхъ линій и направлять шлюпку по продолженіи каждой изъ этихъ линій, снимая со шлюпки, при каждомъ промѣрѣ, уголъ между направленіемъ линіи и опредѣленной точкой на берегу, что достаточно для обозначенія точки промѣра на картѣ. При этой съемкѣ гребцы должны грести по возможности ровно, чтобы держаться на линіи обозначенной вѣхами; къ этому же долженъ стремиться и рулевой. Промѣры дѣлаются послѣ извѣстнаго числа ударовъ веслами посредствомъ рейки съ свинцовою тяжестью на концѣ, или на значительной глубинѣ посредствомъ лота, т. е. свинцовой конической гирьки съ размѣреннымъ линемъ. Показаніе лота читается громко и тотчасъ же записывается помощникомъ производителя промѣровъ. Самъ же производитель промѣровъ въ это самое время, посредствомъ секстанта, измѣряетъ уголъ между направленіемъ линіи промѣровъ и опредѣленною береговою точкою. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ предпочитаютъ установить секстантъ на извѣстный уголъ и, опредѣливъ на линіи промѣровъ вершину этого угла, произвесть въ ней промѣръ, затѣмъ установить секстантъ на новый уголъ и, опредѣливъ вершину этого новаго угла, произвесть новый промѣръ и т. д.

Подобный способъ производства морской съемки и промѣровъ вообще удобенъ, но требуетъ обозначенія на берегу вѣхами многихъ линій, и на большомъ разстояніи не трудно, по ошибкѣ, при-

нять одну линію за другую, поэтому поступаютъ иногда такимъ образомъ: изъ двухъ опредѣленныхъ точекъ на берегу засѣкаютъ положеніе шлюпки, каждый разъ какъ съ нея произведенъ промѣръ, причемъ для указанія мгновенія, въ которое производится промѣръ, на шлюпкѣ поднимаютъ или спускаютъ флагъ. Этотъ способъ требуетъ нѣсколькихъ надежныхъ помощниковъ, работу которыхъ трудно подвергнуть повѣркѣ. Лучше всего примѣнить къ съемкѣ способъ извѣстный подъ названіемъ задачи Потенота. Сущность его слѣдующая: на берегу избираютъ три предмета, достаточно отдаленные одинъ отъ другаго, ясно видимые съ моря и имѣющіе такое относительное положеніе, чтобы кругъ проведенный чрезъ нихъ почти весь находился бы на берегу, и чтобы внутри круга или на кругѣ не приходилось опредѣлять положенія точекъ промѣра. — Со шлюпки, помощью зеркальнаго секстанта, при каждомъ промѣрѣ два наблюдателя опредѣляютъ углы составляемые визирными линіями на первый и второй предметы, и на второй и третій предметы, и углы записываютъ въ табличку. Въ послѣдствіи по этимъ угламъ аналитическимъ разсчетомъ могутъ быть опредѣлены координаты каждой точки промѣра, относительно осей координатъ всей съемки. Разсчетъ этотъ приведенъ во второмъ томѣ сочиненія Хагена о портахъ [1]). Для повѣрки, можно поручить еще особому наблюдателю на берегу снимать изъ одной изъ трехъ упомянутыхъ точекъ уголъ по направленію шлюпки и ближайшей другой береговой точки.

Для полученія образцовъ грунта дна, въ гирѣ, составляющей лотъ, дѣлается снизу выемка, уширяющаяся къ верху и заливаемая саломъ. Къ салу прилипаютъ образцы почти всѣхъ грунтовъ, а также и раковины, находящіяся на днѣ. При грунтѣ мягкомъ,

---

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 2ter Band. S. 325. О морской съемкѣ можно также найти свѣдѣнія въ сочиненіи Давида Стевенсона: «Marine Surveying. Edinburgh, 1842», также въ руководствѣ для инженеровъ-строителей Ренкина въ переводѣ г. Андреева, стр. 122—131.

иловатомъ, этимъ способомъ трудно достать образцы, поэтому тогда употребляютъ особый тяжелый лотъ съ острой трубкой прикрѣпленной внизу и снабженной клапаномъ, имѣющимъ цѣлью задерживать попавшій въ трубку илъ. Лотлинь или веревка, на которой спускается лотъ, предварительно вымоченый, долженъ быть раздѣленъ на футы и десятыя доли фута, или на сажени и десятыя и сотыя доли сажени; дѣленія назначаются вплетаемыми въ линь веревочками съ узелками, означающими число дѣленій, или кусочками кожи разной формы и т. п.

На водахъ, которыя замерзаютъ, удобнѣе всего производить промѣры глубины — зимою, причемъ на поверхности льда разбиваются и отмѣриваются линіи, какъ на землѣ, и въ назначенныхъ точкахъ пробиваютъ лунки во льду для дѣланія промѣровъ лотомъ или рейкою, смотря по глубинѣ.

Всѣ промѣры относятся къ одному уровню моря: въ моряхъ съ приливами и отливами къ самому низкому уровню, т. е. уровню равноденственнаго сизигійнаго отлива, въ другихъ же моряхъ къ ординару. При производствѣ промѣровъ необходимо поэтому записывать время промѣра, чтобы, по наблюденіямъ производимымъ въ тоже время на берегу надъ положеніемъ уровня воды, можно было опредѣлить дѣйствительную глубину относительно уровня, соотвѣтствующаго нулю футштока.

Какимъ образомъ производятся наблюденія надъ уровнемъ воды было уже описано выше (стр. 29).

Нанеся на карту сдѣланные промѣры, ихъ соединяютъ между собою линіями равной глубины, причемъ избираютъ точки промѣровъ, представляющія отмѣтки въ цѣлыхъ числахъ футовъ, или опредѣляютъ положеніе таковыхъ точекъ вычисленіемъ по двумъ смежнымъ отмѣткамъ. Линіи, представляющія глубину болѣе 30 или 36 футъ, обозначаютъ уже въ морскихъ саженяхъ. При пологихъ берегахъ на планѣ означаютъ также, кромѣ линіи урѣза ординара, еще и линіи урѣза высокой и низкой воды. Мѣстами

долженъ быть обозначенъ на планѣ родъ грунта дна: это дѣлается обыкновенно надписью буквъ: *и*, *п*, *г*, *х* и *к* — для обозначенія ила, песка, глины, хряща и камня.

Подробное изслѣдованіе грунта дна производится водолазами; если же это изслѣдованіе хотятъ произвесть на нѣкоторую глубину, то прибѣгаютъ къ буренію, употребляя для сего особый морской буръ съ различными напарьями, помѣщаемый въ направляющей желѣзной или чугунной трубѣ. Впрочемъ для изслѣдованій на небольшую глубину можетъ быть употребленъ грунтовой лотъ или морской щупъ, опускаемый на цѣпи и состоящій изъ полутора или двухъ-пудовой гири, внизу которой придѣланъ желѣзный стержень, длиною около 3 футъ, съ зазубринами. Стержень этотъ намазанный саломъ проникаетъ въ грунтъ, при подъемѣ же лота выноситъ на зазубринахъ своихъ образцы грунта съ различной глубины [1]).

Одновременно съ производствомъ промѣровъ должны быть сдѣланы точныя изслѣдованія направленія и силы береговыхъ теченій, какъ на поверхности, такъ и на различной глубинѣ и при различныхъ направленіяхъ вѣтра. Также должно быть опредѣлено направленіе движенія наносовъ, степень мутности и солености морской воды на различныхъ глубинахъ и при различныхъ положеніяхъ уровня воды и направленія вѣтра, и вообще изслѣдованы всѣ явленія, относящіяся какъ къ этимъ вопросамъ, такъ и къ волненію, ледоходу и т. п. Изслѣдованія эти были уже описаны выше въ главахъ, относившихся къ общимъ явленіямъ, происходящимъ въ моряхъ.

Кромѣ того, при составленіи проекта устройства или улучшенія порта, необходимо имѣть сводъ мѣстныхъ метеорологическихъ наблюденій, за нѣсколько лѣтъ, относящихся до направле-

1) Подробныя свѣдѣнія о сондированіи морскаго дна и чертежи морскаго бура и грунтоваго лота можно найти въ Report of the commissioners upon the Holyhead harbour of refuge. London, 1847, pp. 22 and 29.

нія и силы вѣтра, для того чтобы на основаніи этихъ данныхъ можно было заключить о направленіи господствующихъ волнъ, о наивыгоднѣйшемъ расположеніи проходовъ въ портъ и т. п. Направленіе вѣтра обозначается румбомъ компаса, со стороны котораго дуетъ вѣтеръ. Обыкновенно компасъ раздѣляютъ, для большей опредѣлительности, на 32 румба, составляющіе между собою уголъ въ $11\frac{1}{4}$ градусовъ. Румбы эти слѣдуютъ въ такомъ порядкѣ: N, N-ten NO, NNO, NO-ten N, NO, NO-ten O, ONO, O-ten NO, O; O-ten SO, OSO, SO-ten O, SO, SO-ten S, SSO, S-ten SO, S; S-ten SW, SSW, SW-ten S, SW, SW-ten W, WSW, W-ten SW, W; W-ten NW, WNW, NW-ten W, NW, NW-ten N, NNW, N-ten NW и N.

Наблюденія надъ направленіемъ и силою вѣтра производятся помощью анемометровъ, причемъ, для облегченія наблюдателей, анемометры снабжаются иногда электрическими пишущими аппаратами, отмѣчающими наблюденія на бумажной лентѣ, приводимой въ движеніе часовымъ механизмомъ [1]). Результаты этихъ наблюденій, для большей наглядности, представляютъ иногда графически на самомъ планѣ порта: именно на каждомъ изъ румбовъ, принявши извѣстный масштабъ для обозначенія 100 дней, наносятъ число дней, въ продолженіи которыхъ дуетъ по разсматриваемому румбу вѣтеръ; полученныя такимъ образомъ точки соединяютъ линіями, причемъ получается геометрическая фигура, дающая по первому взгляду понятіе о господствующихъ вѣтрахъ.

Самые сильные вѣтры не всегда бываютъ господствующіе; въ бо́льшей части случаевъ самые сильные вѣтры морскіе и именно тѣ, которые проходятъ по морю самое большое разстояніе, т. е. дуютъ со стороны наиболѣе удаленнаго берега. Эти вѣтры

---

1) Подробныя свѣдѣнія о метеорологическихъ наблюденіяхъ въ портахъ надъ направленіемъ и силою вѣтра можно найти въ упомянутой уже выше (стр. 31) статьѣ Дальманна въ Zeitschrift des Architekten und Ingenieur-Vereins für Hannover. 1856, стр. 27.

производятъ и самое сильное волненіе. Исключеніе изъ этого правила представляетъ въ Черномъ морѣ новороссійская бухта, гдѣ самый сильный вѣтеръ, извѣстный подъ именемъ *бора*, — береговой. Вѣтеръ этотъ, свирѣпствующій осенью и зимою, разбиваетъ воду въ брызги, и если боръ сопровождается морозами, то брызги эти леденѣютъ на воздухѣ и могутъ даже потопить судно намерзшее отъ нихъ [1]).

Если портъ уже существуетъ и предполагается только улучшить или распространить его, то изысканія необходимо пополнить подробными свѣдѣніями о дѣятельности судоходства и возможномъ его развитіи. Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ отдѣльно показать количество привозимыхъ и количество вывозимыхъ грузовъ, отдѣливши въ особыя рубрики какъ важнѣйшіе предметы привоза и вывоза, такъ и баластъ. Дѣятельность судоходства должна быть показана отдѣльно по мѣсяцамъ, причемъ по мѣсяцамъ должно быть обозначено и число приходящихъ и отходящихъ судовъ, съ раздѣленіемъ ихъ на 3 — 4 разряда, по ихъ вмѣстимости и размѣрамъ. Паровыя суда должны быть показаны отдѣльно отъ парусныхъ. Весьма важно также опредѣлить предѣльные размѣры судовъ, долженствующихъ посѣщать портъ.

Если размѣры коммерческихъ судовъ не опредѣлены, а только грузъ въ тоннахъ ими поднимаемый (tonnage), то размѣры эти можно опредѣлить приблизительно по слѣдующимъ формуламъ, выраженнымъ въ футахъ:

ширина судна $B = 2{,}1\ t$, длина $L =$ отъ 3,5 до 4,3 B,

а осадка $t = \sqrt[3]{9{,}4\ T}$;

гдѣ T грузъ въ тоннахъ паруснаго судна. Для опредѣленія нарицательной величины груза поднимаемаго судномъ по размѣрамъ судна почти каждое государство имѣетъ свои формулы. Въ Англіи

1) Герсевановъ. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. 1861 г. стр. 7.

принимаютъ, что 100 куб. футъ вмѣстимости судна соотвѣтствуютъ одной тонны груза поднимаемаго судномъ. Для приблизительнаго же разсчета груза въ тоннахъ, можно прибѣгнуть къ слѣдующей формулѣ:

$T = m\frac{L.B.H}{100}$, гдѣ L длина судна по верхней палубѣ, B — наибольшая внутренняя ширина его, H — глубина трюма между настилкою верхней палубы и лимбербортовымъ поясомъ, и m — коефиціентъ $= 0{,}8$ для парусныхъ судовъ старой постройки, $0{,}7$ — для тѣхъ же судовъ новой постройки и $0{,}65$ — для пароходовъ. При этомъ всѣ размѣры выражены въ футахъ [1]).

Для соображеній мы можемъ также привести слѣдующую табличку размѣровъ замѣчательнѣйшихъ судовъ [2]).

Названія судовъ.	Водоизмѣщеніе въ тоннахъ при полномъ грузѣ.	Длина въ футахъ.	Ширина въ футахъ, съ обшивкою	Осадка при полномъ грузѣ, въ футахъ.
1. Военныя суда.				
а) винтовыя.				
Линейный 121 пушечный англійскій корабль «Victoria»	6974	260	60	26,7
Линейный французскій корабль 1-го ранга «La Bretagne»	6466	265,7	59,3	24,9
Линейный русскій корабль 1-го ранга «Николай I-й»	5426	234	58,3	24,9

1) Окуневъ. Теорія и практика кораблестроенія. 1865. Часть I-я. стр. 421. Тамъ же можно найти и болѣе точныя правила исчисленія въ судахъ груза въ тоннахъ, но грузъ этотъ не можетъ служить вполнѣ мѣрою величины судна, и только одно водоизмѣщеніе судна въ полномъ грузѣ можетъ быть принято элементомъ для сравненія величины судовъ разнаго рода.

2) Цифры этой таблички заимствованы изъ сочиненія г. Окунева: «Теорія и практика кораблестроенія» часть 1-я 1865 г., также изъ лекцій г. Окунева «о корабельной архитектурѣ» въ Морскомъ Сборникѣ 1866 г. № 7 и изъ соч. г. Герсеванова — лекціи о морскихъ сооруженіяхъ 1861, стр. 46 — 47.

Названія судовъ.	Водоизмѣщеніе въ тоннахъ при полномъ грузѣ.	Длина въ футахъ.	Ширина въ футахъ, съ обшивкою.	Осадка при полномъ грузѣ, въ футахъ.
60 пушечный русскій фрегатъ «Генералъ Адмиралъ»	—	300	54,5	23,5
50 пушечный англійскій фрегатъ «Orlando»	5996	300	52	23
Французскій фрегатъ «l'Impératrice Eugénie»	3796	243	48,5	19,5
21 пушечный англійскій корветъ «Pearl».	3259	200	40	18,5
Французскій корветъ «La Minerve»	2657	236,5	44,2	17,4
17 пушечный англійскій шлюпъ «Rinaldo»	1200	185	33	15
б) КОЛЕСНОЕ.				
21 пушечный англійскій фрегатъ «Terrible»	—	226	42,5	17,5
в) ПАРУСНЫЯ.				
120 пушечный французскій линейный корабль	5018	209,5	55,3	26,7
60 пушечный французскій фрегатъ	2582	178,1	47,6	21,6
32 » » корветъ	1015	138,6	36	16,3
г) БРОНЕНОСНЫЯ.				
Англійскій фрегатъ «Northumberland»	10140	400	59,3	26,7
» » «Warrior»	9020	380	58,3	27
» » «Bellerophon»	7073	300	56	24
52 пушечные французскіе линейные корабли «Magenta» и «Solferino»	6842	282	57	30
34 пушечный фрегатъ «La Couronne»	6004	262,4	55,1	26
Русскій фрегатъ «Севастополь»	6257	300	52,3	26
» » «Петропавловскъ»	6040	298	55,7	24,5
Русскіе корветы «Князь Пожарскій» и «Мининъ»	4137	265	49	20,7
Трехъ-башенныя батареи: «Чичаговъ», «Спиридовъ», «Грейгъ» и «Лазаревъ»	—	248	43	17,2
Батарея «Кремль»	3412	221	53	14,5
Батареи «Первѣнецъ» и «Нетронь меня»	3300	220	53	15
Двухъ-башенныя канонирскія лодки «Чародѣйка» и «Русалка»	1939	200	42,1	11

Названія судовъ.	Водоизмѣщеніе въ тоннахъ при полномъ грузѣ.	Длина въ футахъ.	Ширина въ футахъ, съ обшивкою.	Осадка при полномъ грузѣ, въ футахъ.
Однобашенныя канонирскія лодки: «Ураганъ», «Тифонъ» и проч.	1565	201	46	11
Двухъ-башенный американскій мониторъ «Puritan»	—	351	50	21
Двухъ-башенный американскій мониторъ «Miantonomah»	—	268	59	15,9
2. Коммерческія суда.				
а) пароходы.				
Трансатлантическій пароходъ «Great-Eastern»	—	680	83 съ кожухами 114	30
Трансатлантическій пароходъ «Persia» въ 850 силъ	5285	359	45	21,4
Трансатлантическій пароходъ «Vanderbilt» въ 1000 силъ	5100	339,2	48,9 съ кожухами 72	20
Почтовый пароходъ «Navarre», въ 500 силъ.	3002	305	38	14,7
» » «Mersey», въ 250 силъ.	1300	257	30	10,2
» » «Admiral», въ 250 силъ.	820	209	32	7,8
Почтовый французскій пакетботъ: «Le Tigre», въ 500 силъ	—	327	38,5	19,2
Почтовый французскій пакетботъ: «Indus», въ 300 силъ	—	245	36,5	17
б) парусныя.	Грузъ въ тоннахъ.			
Судно въ 1000 тоннъ	1000	188	42	20,8
» » 700 »	700	159	38	18,4
» » 500 »	500	140	35	16,5
» » 250 »	250	109	28	13,1
» » 100 »	100	78	22	9,8

Изысканія по устройству порта должны быть еще пополнены свѣдѣніями о мѣстныхъ строительныхъ матеріалахъ и дѣйствіи на нихъ морской воды и червя, если послѣдній водится въ портѣ. Относительно каменнаго матеріала должны быть собраны свѣдѣнія о количествѣ и цѣнѣ его, объ удобствѣ выломки, о вывѣтриваніи камня и степени годности его для подводныхъ работъ. — Послѣднія качества обусловливаются достаточною твердостью и достаточнымъ удѣльнымъ вѣсомъ (не менѣе 2). Удѣльный вѣсъ опредѣляется обыкновенно при помощи пружиннаго безмѣна, посредствомъ котораго образцы камня взвѣшиваются на воздухѣ и въ водѣ, степень же твердости камня можно опредѣлить временемъ потребнымъ для сдѣланія въ камнѣ гнѣзда извѣстныхъ размѣровъ. Независимо отъ того необходимо составить соображенія о способахъ и цѣнахъ доставки камня отъ ломокъ до мѣста работъ, о мѣстахъ для склада матеріаловъ и т. п.

II. Общія соображенія объ устройствѣ портовъ.

Бухта, укрытая отъ господствующихъ и сильныхъ вѣтровъ, представляетъ естественную гавань, въ которой суда могутъ найти убѣжище въ бурю, но весьма рѣдко такая бухта можетъ служить портомъ безъ всякихъ искусственныхъ сооруженій, такъ какъ суда не могутъ подойти къ берегу для нагрузки или выгрузки, по причинѣ малой глубины воды у берега, или подводныхъ скалъ, залегающихъ близь него, а равно и въ слѣдствіе прибоя волнъ, неизбѣжнаго при пологомъ берегѣ [1]). Въ такихъ

---

1) Рогервикская бухта Финскаго залива представляетъ въ этомъ отношеніи весьма счастливое исключеніе: противъ города — Балтійскаго порта море близь самого берега такъ глубоко, что военные корабли могутъ подходить на весьма близкое разстояніе. Въ 1808 году линейный корабль «Благодать» былъ причаленъ даже къ самому берегу. (Журналъ Путей Сообщенія, т. XXIX, стр. 381, статья барона Розена: о Балтійскомъ портѣ).

случаяхъ судно становится въ нѣкоторомъ разстояніи отъ берега на якорѣ и нагружается или выгружается при помощи подвозныхъ лодокъ. Чтобы избѣгнуть этого способа нагрузки и выгрузки весьма неудобнаго и дорогаго, устроиваютъ выступающую отъ берега пристань такой длины, чтобы достигнуть глубины достаточной для морскихъ судовъ. Изъ этого видно, что *пристань* представляетъ первое портовое сооруженіе, въ которомъ судоходство встрѣчаетъ надобность при естественной гавани. — Примѣровъ такихъ пристаней мы могли бы привести весьма много. Такимъ образомъ въ Англіи, на южномъ берегу, въ графствѣ Соссексъ при Брайтонѣ выступаетъ на 1100 футъ въ море длинная пристань въ видѣ висячаго моста съ пролетами въ 220 футъ длины. Пристань эта защищена отъ волненія съ западной стороны островомъ Уайтъ и съ восточной — мысомъ Бичи-Гедъ. Въ Шотландіи, близь Лейта, обращаетъ также на себя вниманіе великолѣпная каменная пристань (Granton-pier), шириною отъ 65 до 80 футъ, устроенная герцогомъ Баклей и эксплоатируемая имъ при весьма дорогихъ тарифахъ.

Съ западной стороны Дуврскихъ гаваней (черт. 32, листъ III) устроена весьма дорогая каменная пристань (Admiralty-pier), длиною 1800 ф., возведенная съ глубины 42 футъ отъ горизонта отлива и стоившая англійскому правительству до 650.000 фунтовъ стерлингъ.

Въ Финскомъ заливѣ, между Кронштадтомъ и Петербургомъ, можемъ также указать на нѣсколько длинныхъ деревянныхъ пристаней, выступающихъ далеко въ море (Кронштадтская, Ораніенбаумская, Петергофская, Стрѣльнинская, пристань Лисьяго носа).

Если пристань не сквозная, то она можетъ удовлетворять еще и другому назначенію, именно можетъ служить — моломъ, т. е. сооруженіемъ, укрывающимъ отъ волненія болѣе или менѣе значительную часть воднаго пространства. Такимъ образомъ Дуврская пристань (черт. 32) укрываетъ всю часть Дуврской бухты

предъ гаванями отъ западныхъ вѣтровъ; при восточныхъ же вѣтрахъ суда становятся съ западной стороны этой пристани. Только одни юговосточные вѣтры могли бы безпокоить суда съ обѣихъ сторонъ пристани, но эти послѣдніе вѣтры дуютъ по направленію отъ мало-удаленнаго французскаго берега, а потому и волненіе разводимое ими не можетъ быть сильное.

Если пристань устроенная для морскихъ судовъ не имѣетъ естественной защиты отъ всѣхъ опасныхъ вѣтровъ, то необходимо прибѣгнуть къ искусственнымъ сооруженіямъ, ограждающимъ водное пространство, окружающее пристань. Такія сооруженія называются *молами*. Такимъ образомъ возникаетъ искусственная *гавань*, въ которой внутреннія стороны моловъ могутъ быть также обращены въ пристани или набережныя для причаливанія судовъ. Точно также и вдоль берега можетъ быть устроена подобная же набережная, выдвинутая въ море на достаточную глубину, или же, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, береговая набережная не выдвигается въ море, а самая гавань углубляется до стѣнки этой набережной.

Иногда въ портѣ устроиваютъ нѣсколько гаваней отдѣленныхъ одна отъ другой внутренними молами съ двойными набережными. Во всякомъ случаѣ полезно, а иногда и совершенно необходимо, имѣть впереди гаваней обширную площадь воды, достаточно защищенную отъ волненій, гдѣ суда могли бы убрать свои паруса, приготовляясь ко входу въ гавань, или, ставши на якорь, выждать своей очереди для входа; при выходѣ же въ море дождаться попутнаго вѣтра. Подобное водное пространство впереди гаваней—называется *рейдомъ*. Рейдъ служитъ также убѣжищемъ въ бурю для проходящихъ мимо судовъ, которыя выжидаютъ здѣсь благопріятной погоды для продолженія пути; въ военныхъ же портахъ рейды имѣютъ еще особенное значеніе, будучи необходимы для укрытія эскадры отъ нападенія непріятеля, или наконецъ какъ

мѣсто вооруженія для линейныхъ и броненосныхъ судовъ съ большою осадкою, для которыхъ гавани слишкомъ мелки.

Молы ограждающіе рейды, не должны уже служить для нагрузки и выгрузки судовъ, а имѣютъ только цѣлью укрытіе ихъ, почему бо̀льшею частію оставляется безъ набережныхъ и даже иногда устроиваются въ видѣ отдѣльныхъ сооруженій, не имѣющихъ сообщенія съ берегомъ и называемыхъ *волнорѣзами* (брекватерами). Подобные же отдѣльные молы - волнорѣзы могутъ служить и для образованія гаваней, но въ послѣднемъ случаѣ устройства ихъ слѣдуетъ избѣгать, потому что, оставляя эти молы безъ сообщенія съ берегомъ, отказываются отъ возможности воспользоваться ими для нагрузки и выгрузки судовъ. При огражденіи гаваней, волнорѣзы могутъ быть допускаемы только какъ временныя сооруженія съ тѣмъ, чтобы съ развитіемъ судоходства — ихъ можно бы было соединить съ берегомъ посредствомъ моста или внутренняго мола и, устроивши съ внутренней стороны волнорѣза набережныя, воспользоваться ими для нагрузки и выгрузки судовъ. Примѣръ подобнаго расположенія гаваней представляетъ намъ проэктированное г. Гартлеемъ и Высочайше утвержденное улучшеніе и распространеніе Одесскаго порта (черт. 50), гдѣ предположено оградить гавани съ сѣверной и сѣверовосточной сторонъ — волнорѣзомъ F, но въ послѣдствіи имѣется въ виду соединить волнорѣзъ съ берегомъ чрезъ продолженіе пристани G, которая обратится такимъ образомъ въ молъ.

Примѣры рейдовъ огражденныхъ волнорѣзами представляютъ намъ порты: Шербургъ (черт. 25), Плимутъ (черт. 28), Сеттъ (черт. 26) и Чивита-Векія (черт. 27).

Если въ гавани не имѣется особыхъ приспособленій для нагрузки и выгрузки судовъ, такъ что гавань служитъ только рейдомъ для проходящихъ мимо судовъ, то портъ принимаетъ названіе порта - убѣжища. Таковы въ Англіи — Портландъ (черт. 30) и Голигедъ (черт. 31), въ Ирландіи — Кингстаунъ

(черт. 33) и въ Америкѣ — бухта Делауеръ (черт. 29). Дувръ (черт. 32) также имѣли намѣреніе обратить въ портъ-убѣжище, но въ виду большихъ расходовъ, предстоявшихъ при устройствѣ порта, рѣшились ограничиться только каменною пристанью *A*. Во Франціи мы можемъ указать на Сеттъ (черт. 26) и Байонну, имѣющіе значеніе болѣе какъ порты-убѣжища, чѣмъ какъ торговые порты.

Порты устроенные въ устьяхъ рѣкъ, представляютъ наивыгоднѣйшія условія для нагрузки и выгрузки товаровъ, а равно и для перегрузокъ съ морскихъ судовъ въ рѣчныя, но въ большей части случаевъ баръ, образующійся при впаденіи рѣки въ море, составляетъ большое затрудненіе для судоходства, такъ что иногда приходится устроивать портъ уже за предѣлами образованія бара, предоставляя пользоваться рѣчными набережными только судамъ съ малой осадкой.

Такимъ образомъ Петербургскій портъ, по причинѣ бара въ устьяхъ Невы, доступенъ только для судовъ съ осадкою не болѣе 8 или 9 футъ; суда же съ бо́льшею осадкою останавливаются въ Кронштадтѣ, гдѣ перегружаются на подвозныя лодки (лихтеры). Еще болѣе затрудненія представляютъ нѣкоторые порты Азовскаго моря, какъ напр. Маріуполь, находящійся при впаденіи р. Калміуса въ Азовское море. Здѣсь товары приходится подвергать тройной перегрузки, во-первыхъ изъ морскихъ судовъ, стоящихъ на рейдѣ, (гдѣ глубина отъ 12 до 14 футъ) на разстояніи 3-хъ верстъ отъ берега, въ подвозныя суда, и затѣмъ для перехода черезъ баръ р. Калміуса изъ подвозныхъ судовъ въ такъ называемые дубы, т. е. небольшія лодки съ осадкой въ два фута.

Въ устьяхъ рѣкъ съ приливами и отливами переходъ судовъ чрезъ баръ не представляетъ уже такого затрудненія, но за то въ такихъ рѣкахъ, вслѣдствіе измѣняемости уровня воды, затрудняется нагрузка и выгрузка судовъ у рѣчныхъ набережныхъ, и иногда даже стоянка судовъ у набережныхъ дѣлается совер-

шенно невозможною въ отливъ, если набережныя не выдвинуты въ рѣку на достаточную глубину. Для устраненія этихъ неудобствъ приходится въ берегахъ рѣки вырывать болѣе или менѣе обширныя гавани, отдѣленныя отъ рѣки створчатыми воротами, которыя во время отлива задерживаютъ въ гаваняхъ воду, наполнившую ихъ во время прилива. Подобныя гавани называются *приливными*, а проходы въ эти гавани, закрытыя створчатыми воротами — *морскими шлюзами*. Примѣры подобныхъ гаваней вырытыхъ въ рѣчномъ берегѣ представляютъ въ Англіи величайшіе порты въ мірѣ — Лондонъ на р. Темзѣ и Ливерпуль (ч. 38) на р. Мерсей, также Гулль и Грэтъ-Гримсби на р. Гумберѣ, Гринокъ на р. Кляйдъ и многіе другіе. Во Франціи можемъ указать въ числѣ подобныхъ портовъ на Гавръ (черт. 40) и Гонфлёръ при устьѣ р. Сены, на коммерческій портъ въ Лоріанѣ на р. Скорфѣ и на новый коммерческій портъ въ Рошфорѣ на р. Шарантѣ, также въ Голландіи на Роттердамъ на р. Маасѣ, въ Бельгіи на Антверпенъ на р. Шельдѣ, и въ Германіи на Бремергафенъ и Гестемюнде при устьѣ р Везера. Во всѣхъ этихъ случаяхъ рейдомъ для порта служитъ фарватеръ рѣки.

Если рѣка имѣетъ у береговъ достаточную глубину, и разность между уровнями прилива и отлива небольшая, то обходятся и безъ вырытыхъ въ берегѣ гаваней, располагая суда вдоль рѣчныхъ набережныхъ. Таковы во Франціи порты — Бордо на р. Гароннѣ и Нантъ на р. Луарѣ и въ Германіи — Гамбургъ на р. Эльбѣ; но большія трансатлансическія суда на могутъ приходить въ эти порты. Военные порты, не требующіе большаго протяженія набережныхъ, устроиваются часто въ рѣкахъ съ приливами и отливами также безъ вырытыхъ гаваней, напр. во Франціи Брестъ на Пенфельдѣ, Лоріанъ на Скорфѣ и Рошфоръ на Шарантѣ, но подобные военные порты, занимая всю рѣку затрудняютъ коммерческое судоходство по рѣкѣ, такъ, что напр. въ Рошфорѣ имѣется даже въ виду, для сообщенія моря съ ком-

мерческимъ портомъ, обойти военный портъ каналомъ. Во избѣжаніе подобныхъ неудобствъ, англійскіе военные порты Дептфордъ и Вульвичь на р. Темзѣ и Чатамъ на р. Медвэй помѣщаются въ вырытыхъ на рѣчномъ берегу гаваняхъ.

Если въ устьѣ рѣки судоходство встрѣчаетъ затрудненіе въ барѣ, то въ бо̀льшей части случаевъ, для увеличенія глубины воды на барѣ, съ цѣлію облегченія входа судовъ въ устье рѣки и для предохраненія вырытаго на барѣ фарватера отъ засоренія, этотъ послѣдній ограждаютъ съ обѣихъ сторонъ молами, которые мы будемъ называть *парными молами*[1]), такъ какъ молы эти всегда устроиваются съ обѣихъ сторонъ фарватера и имѣютъ почти параллельное направленіе. Въ числѣ подобныхъ портовъ, устроенныхъ въ устьѣ рѣки, продолженномъ въ море парными молами, мы можемъ указать на прусскій портъ Свинемюнде (черт. 42) и на русскіе порты — Виндавскій (черт. 44) и Перновскій, а также вновь устроиваемый — Потійскій на р. Ріонѣ.

Данцигскій портъ въ Пруссіи (черт. 46) представляетъ намъ примѣръ порта, въ которомъ мелководное устье рѣки обойдено обводнымъ каналомъ (Neufahrwasser), выведеннымъ въ море парными молами на достаточную глубину.

Гавани въ бухтахъ морей безъ приливовъ и отливовъ не выкапываются въ берегѣ, а устроиваются почти всегда чрезъ огражденіе молами болѣе или менѣе значительнаго воднаго пространства; выемка допускается въ берегѣ только для увеличенія площади гаваней, какъ напр. въ Тулонѣ (черт. 47), и для образованія морскаго канала, соединяющаго гавань съ рѣчными каналами, съ станціею желѣзной дороги, (какъ въ Сеттѣ, черт. 26), или же входящаго въ составъ складочныхъ доковъ. Вырывать въ такихъ моряхъ гавани въ берегѣ было бы въ большей части случаевъ не

1) Обыкновенно принятое для подобныхъ сооруженій названіе — *жете* (jetée), т. е. накидка или наброска, — не вѣрно, потому что сооруженія эти не всегда устроиваются изъ накиднаго матеріала.

разсчетливо, такъ какъ выемку пришлось бы производить на большую глубину, и выкопанную гавань нужно было бы соединить съ рейдомъ портовымъ каналомъ, огражденнымъ парными молами, которые вмѣстѣ съ выемкою земли непремѣнно обойдутся дороже портовыхъ моловъ, образующихъ гавани въ самомъ морѣ. — Въ частности можетъ представиться случай, когда выемкой гавани въ скалистомъ берегѣ можетъ быть полученъ каменный матеріалъ, необходимый для устройства сооруженій на рейдѣ, и общая сумма издержекъ на устройство порта съ вырытыми гаванями будетъ менѣе суммы издержекъ на устройство порта съ гаванями, огражденными молами, но этотъ случай весьма рѣдкій и намъ неизвѣстно встрѣтился ли онъ хотя въ одномъ изъ портовъ безъ приливовъ.

Всѣ французскіе и итальянскіе порты Средиземнаго моря, какъ напр. Марсель (черт. 34), Сеттъ (черт. 26), Тулонъ (ч. 47), Алжиръ (черт. 45) Чивита-Векія (черт. 27), Генуя (черт. 35), также наши русскіе порты: Кронштадтъ (черт. 49), Одесса (черт. 50), Петровскій портъ (черт. 51) и другіе представляютъ гавани, образованныя огражденіемъ воднаго пространства молами.

Въ моряхъ съ приливами и отливами устройство приливныхъ гаваней отдѣленныхъ шлюзами отъ моря можетъ быть всего удобнѣе достигнуто выемкою ихъ въ берегѣ, такъ какъ уровень воды въ приливныхъ гаваняхъ придется держать на нѣсколько саженъ выше уровня воды въ морѣ во время отлива. Приливныя гавани должны примыкать къ передовой гавани, гдѣ суда, входящія во время прилива, могутъ убрать свои паруса и выждать очереди для входа въ одну изъ приливныхъ гаваней, чрезъ соотвѣтствующій шлюзъ. Передовая же гавань сообщается съ рейдомъ или открытымъ моремъ посредствомъ портоваго канала, огражденнаго парными молами. Такое устройство имѣютъ большая часть портовъ океана и Нѣмецкаго моря, какъ напр. Амстердамъ и Ниве-

дипъ въ Голландіи, Дувръ (черт. 32) въ Англіи, Дюнкирхенъ (черт. 41), Діеппъ (черт. 39), Гавръ (черт. 40), коммерческій Шербургскій портъ (*B* на черт. 25) во Франціи и многіе другіе, планы которыхъ здѣсь не приложены.

Военный Шербургскій портъ (*A* на черт. 25) также представляетъ гавани вырытыя въ берегѣ, но не отдѣленныя отъ моря шлюзами, а имѣющія глубину достаточную для военныхъ судовъ даже во время отлива. Цѣль такого расположенія состоитъ въ дозволеніи военнымъ судамъ, находящимся въ портѣ, выходить изъ него во всякое время, не дожидаясь прилива; издержки же здѣсь были значительно уменьшены тѣмъ, что камень извлеченный при выемкѣ гаваней употребленъ на устройство волнорѣза и фортовъ на рейдѣ.

Порты-убѣжища въ моряхъ съ приливами и отливами устроиваются также точно, какъ и всякіе порты въ моряхъ безъ приливовъ и отливовъ, чрезъ огражденіе гаваней молами возведенными въ морѣ, такъ какъ въ такихъ портахъ суда остаются на якорѣ, не причаливая къ набережнымъ, а потому и не требуютъ приливныхъ гаваней. Примѣры — Портландъ (черт. 30), Голигедъ (черт. 31), Кингстаунъ (черт. 33).

Порты устроенные въ лиманахъ располагаются преимущественно при одномъ изъ проходовъ, соединяющихъ эти лиманы съ моремъ.

Проходы изъ лимановъ въ открытое море сохраняютъ достаточную глубину только въ томъ случаѣ, если лиманы представляютъ большую площадь, или если въ нихъ впадаютъ многоводныя рѣки. Въ первомъ случаѣ при морскомъ вѣтрѣ вода нагоняется съ моря въ лиманъ въ большомъ количествѣ, и въ проходѣ образуется сильное теченіе въ лиманъ, которое хотя и увлекаетъ съ собою значительную массу песку, но этотъ песокъ ложится не въ самомъ проходѣ, а въ лиманѣ, въ проходѣ же песокъ начнетъ складываться только когда уровень воды въ лиманѣ поднимется

на равнѣ съ уровнемъ воды въ морѣ, на что нужно при большой площади лимана не мало времени. Но какъ только морской вѣтеръ прекращается и уровень воды въ морѣ понижается, начинается изъ лимана обратное теченіе въ море, способствующее еще очищенію прохода отъ наносовъ. Подобное явленіе не разъ наблюдалось Хагеномъ въ Фрише-Гаффѣ и Курише-Гаффѣ въ Восточной Пруссіи [1]).

Еще въ лучшихъ условіяхъ для устройства порта находятся тѣ лиманы, въ которые впадаютъ многоводныя рѣки, тѣмъ болѣе, что эти послѣднія могутъ въ тоже время служить для сообщенія порта съ внутренними промышленными центрами.

Чѣмъ бо̀льшая масса воды протекаетъ чрезъ портъ, тѣмъ болѣе гавани этого порта обезпечены отъ обмелѣнія, но здѣсь представляется еще такой вопросъ: если самыя струи рѣчной воды увлекаютъ съ собою значительное количество мути, то слѣдуетъли впускать ихъ въ портъ, подвергая его опасности обмелѣть отъ рѣчной мути, или слѣдуетъ отстранять отъ порта проточную рѣчную воду, отказываясь такимъ образомъ отъ естественнаго способа освобожденія порта отъ морскихъ наносовъ чрезъ унесеніе ихъ струями рѣчной воды? — Мнѣнія инженеровъ въ этомъ вопросѣ весьма расходятся. Международная коммиссія, собиравшаяся въ 1858 г. въ Парижѣ для составленія предположеній объ улучшеніи устьевъ Дуная, пришла къ заключенію, что каналъ отдѣленный отъ рѣки шлюзомъ и лишенный проточной воды — представляетъ менѣе опасности къ обмелѣнію, чѣмъ рукава рѣки, по которымъ протекаетъ мутная рѣчная вода; поэтому коммиссія совѣтуетъ обходить устья мутныхъ рѣкъ особымъ каналомъ отдѣленнымъ отъ рѣки шлюзомъ, но выведеннымъ въ море на достаточную глубину парными молами [2]). Другіе инженеры, въ томъ числѣ

1) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau, 1863, 1ster Band. S. 225.

2) Rapport de la commission technique internationale convoquée à Paris pour l'examen des questions relatives à l'amélioration des bouches du Danube. Paris.

и Хагенъ, находятъ положительно вреднымъ лишать портъ проточной воды, совѣтуя въ тоже время парными молами съуживать живое сѣченіе рѣки для увеличенія силы струи. Такъ какъ вслѣдствіе разногласія въ Дунайской коммиссіи должно было послѣдовать замедленіе въ работахъ по улучшенію устьевъ Дуная, то нашли нужнымъ, хотя временно, облегчить судоходство улучшеніемъ Сулинскаго рукава чрезъ съуживаніе его парными молами. Результаты этихъ работъ, исполненныхъ въ 1858, 59, 60 и 61 годахъ, оказались вполнѣ успѣшными, такъ что глубина Сулинскаго рукава увеличилась съ 9 футъ до 16 и даже 17 футъ [1]).

Защитники обхода устья рѣки каналомъ отдѣленнымъ отъ рѣки шлюзомъ указываютъ часто на Данцигъ (черт. 46), гдѣ гаванью служитъ такъ называемый Нейфарвассеръ (Neufahrwasser), каналъ составляющій продолженіе мертваго рукава Вислы, отдѣленнаго отъ рѣки плотиной съ шлюзомъ, но здѣсь плотина служитъ не для уничтоженія проточнаго теченія, а для защиты порта отъ льда. Устье канала не разъ приходилось продолжать въ море удлиненіемъ парныхъ моловъ, ограждающихъ это устье, и если въ послѣднія 30 лѣтъ устье канала болѣе не обмелѣвало, то это слѣдуетъ приписать, главнымъ образомъ, весьма укрытому его положенію, при которомъ морское волненіе не достаточно сильно для доставленія къ порту большаго количества морскихъ наносовъ. Кромѣ того это самое укрытое положеніе устья канала дозволяетъ землечерпательнымъ машинамъ работать почти все лѣто непрерывно, освобождая такимъ образомъ портъ отъ того

1858. (Chapitre V, page 66). Также въ 30 томѣ журнала Г. У. Путей Сообщенія статья г. Тизенгаузена: «о гидротехническихъ работахъ къ улучшенію судоходства въ устьяхъ Дуная» (стр. 37).

1) Civil Engineer and Architect's Journal. 1862, page 115, также въ Инженерномъ журналѣ 1865 г. № 4, стр. 596—635, статья Стокса: «объ устьяхъ Дуная и объ улучшеніи рѣкъ, впадающихъ въ моря, неимѣющія прилива», переведенная съ англійскаго г. Герсевановымъ.

небольшаго количества наносовъ, которое могло быть сложено при устьѣ волненіемъ [1]).

Если лиманъ сообщается съ моремъ двумя или болѣе проходами, то при продолжительныхъ вѣтрахъ, дующихъ по извѣстному направленію, можетъ образоваться въ лиманахъ сквозное теченіе, причемъ одинъ изъ проходовъ, черезъ который вода вливается въ лиманъ, будетъ обмелѣвать, а другой, въ которомъ теченіе будетъ направляться изъ лимана въ море, сохранитъ свою глубину. Этотъ послѣдній проходъ слѣдуетъ выбирать для помѣщенія порта. Такимъ образомъ при подобномъ наиболѣе глубокомъ проходѣ въ Фрише-Гаффъ устроенъ прусскій портъ Пиллау. Также главный изъ портовъ Венеціи — Маламокко (чер. 48) расположенъ при наиболѣе глубокомъ проходѣ изъ Венеціанскихъ лагунъ въ море.

Прусскій портъ Мемель находится при единственномъ проходѣ изъ Курише-Гаффъ, и къ этому же разряду портовъ можно отнести и нашъ Либавскій портъ (черт. 43), устроенный при каналѣ, соединяющемъ Либавское озеро съ моремъ.

Какъ гавани, такъ и рейдъ всякого порта должны по возможности удовлетворять *слѣдующимъ условіямъ:*

1) представлять достаточную глубину, соотвѣтственно съ осадкою приходящихъ и отходящихъ судовъ;

2) представлять достаточную площадь для одновременнаго помѣщенія всего того количества судовъ, которое можетъ скопиться въ портѣ;

3) быть защищенными отъ сильныхъ вѣтровъ, волненія, наносовъ и ледохода;

4) сообщаться съ открытымъ моремъ удобными проходами достаточной ширины и обозначенными явственными признаками; и

5) представлять, по возможности, средства для предохраненія порта отъ обмелѣнія.

---

1) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 1ster Band. 1863. S. 233.

Рейды и гавани, въ которыхъ судамъ приходится становиться на якорь, должны имѣть кромѣ того хорошій грунтъ для якорной стоянки, въ гаваняхъ же обмелѣвающихъ во время отлива или при угонѣ воды вѣтромъ необходимо, чтобы дно состояло изъ слоя мягкаго ила достаточной толщины, для того чтобы обмелѣвающія суда не могли получить поврежденія.

Независимо отъ того въ гаваняхъ коммерческихъ портовъ необходимо, чтобы набережныя имѣли достаточное протяженіе, соотвѣтствующее дѣятельности судоходства и притомъ были снабжены всѣми средствами, облегчающими нагрузку и выгрузку товаровъ и дозволяющими сохранять ихъ въ теченіи нѣкотораго времени, т. е. на набережныхъ должны быть устроены краны, рельсовые пути, таможни, пакгаузы, навѣсы и т. п. Въ портахъ, гдѣ привозъ менѣе вывоза, необходимо устроить особыя мѣста для склада баласта и облегчить его выгрузку, въ портахъ же, гдѣ привозъ болѣе вывоза, должны быть доставлены средства снабженія судовъ баластомъ. Необходимо также, чтобы всякій портъ, какъ военный, такъ и коммерческій представлялъ по возможности всѣ средства снабженія судовъ прѣсною водою и углемъ, а равно и средства для осмотра и починки судовъ.

Въ портахъ, имѣющихъ сношеніе съ мѣстностями, въ которыхъ часто господствуютъ эпидеміи, въ особенности чума, полезно устроить совершенно отдѣльную гавань, въ которой суда могли бы выдержать карантинъ, или можно также приспособить для этой цѣли какую нибудь часть гавани. Такія гавани называются *карантинными*. Иногда карантинная гавань составляетъ совершенно отдѣльный портъ, находящійся въ нѣсколькихъ миляхъ отъ коммерческаго порта, напримѣръ для Марселя устроенъ совершенно отдѣльный карантинный портъ Фріуль — между островами Помегъ и Ратоно, въ $4^1/_2$ верстахъ отъ Марселя. Учрежденіе отдѣльныхъ карантинныхъ гаваней имѣетъ у насъ значеніе только для портовъ Чернаго и Каспійскаго морей, въ гавани же

Балтійскаго моря приходятъ суда, уже выдержавшія карантинъ въ Зундѣ. Впрочемъ и въ первыхъ моряхъ карантинными гаванями можно пользоваться наравнѣ съ практическими, пока не явится необходимость въ учрежденіи карантина. Если въ портѣ устроенъ отдѣльный волнорѣзъ, то удобнѣе всего для устройства карантина воспользоваться этимъ послѣднимъ сооруженіемъ.

Военные порты находятся въ условіяхъ нѣсколько другихъ чѣмъ коммерческіе; въ портахъ этихъ уже не столько важно значительное протяженіе набережныхъ, сколько важна достаточная площадь гаваней для укрытія и сохраненія судовъ, стоящихъ обыкновенно на якорѣ въ нѣкоторомъ разстояніи отъ набережныхъ. Принадлежности военныхъ портовъ также нѣсколько иныя; такимъ образомъ въ нихъ главное мѣсто занимаютъ сооруженія назначенныя для осмотра, постройки и починки судовъ, также мастерскія разнаго рода, казармы, лазареты, пороховые магазины, арсеналы, ружейные и пушечные склады, склады военныхъ снарядовъ, провіанта и угля, пруды для сохраненія корабельнаго лѣса и т. п. Всѣ эти учрежденія необходимо окружить крѣпостными верками и расположить такимъ образомъ, чтобы до нихъ не могли достигать непріятельскіе снаряды. На возвышенностяхъ, окружающихъ военные порты и ихъ рейды, а равно и на сооруженіяхъ, ограждающихъ эти послѣдніе, должны быть устроены батареи и форты для военной защиты. Кромѣ того является иногда необходимость и въ отдѣльныхъ фортахъ, возведенныхъ въ проходахъ.

Обратимся теперь къ болѣе подробнымъ изслѣдованіямъ каждой потребности порта.

Глубина, необходимая для гаваней и рейдовъ. — Если бы въ морѣ не существовало волненія, то суда могли бы безопасно входить въ гавани и рейды, имѣя весьма небольшой запасъ воды подъ своимъ килемъ, но такъ какъ во время волненія суда то погружаются въ воду, то снова всплываютъ, поэтому необходимо

оставлять подъ килемъ судовъ запасъ довольно значительный, соображаясь съ высотою волнъ и осадкою судовъ. Англійскій инженеръ Мейкъ принимаетъ [1]), что малыя суда погружаются на глубину $^2/_3$ высоты волны, а большія на глубину не болѣе $^1/_2$ этой высоты; на этомъ основаніи подъ килемъ большихъ судовъ долженъ быть оставляемъ запасъ воды нѣсколько бо́льшій половины высоты самой большой волны. Условіемъ этимъ опредѣляется глубина потребная для гаваней и рейдовъ, сообразно съ наибольшею осадкою судовъ ихъ посѣщающихъ. Для опредѣленія глубины рейда можно допустить, что осадку эту слѣдуетъ увеличивать на 10, 15 и болѣе футъ, смотря по степени укрытія рейда; для опредѣленія же глубины гавани достаточно къ наибольшей осадкѣ судовъ прибавить отъ 2 до 5 футъ. На этомъ основаніи, соображаясь съ таблицею размѣровъ морскихъ судовъ помѣщенною выше, можно сказать, что укрытый рейдъ глубиною отъ 40 до 45 футъ можетъ помѣщать всякого рода морскія суда, какъ военныя, такъ и коммерческія. Собственно для однихъ коммерческихъ судовъ нуженъ рейдъ глубиною отъ 30 до 35 футъ; гавани же должны быть глубиною отъ 18 футъ (для судовъ менѣе 500 тоннъ) до 26 футъ (для судовъ до 5000 тоннъ). Въ проходахъ, гдѣ волненіе сильнѣе чѣмъ въ гаваняхъ, и суда не успѣваютъ еще убрать своихъ парусовъ, глубину эту слѣдуетъ нѣсколько увеличить.

Глубина рейдовъ считается отъ самого низкаго уровня воды, глубину же гаваней разсчитываютъ отъ того же уровня только въ моряхъ, не имѣющихъ прилива, также въ военныхъ портахъ и портахъ-убѣжищахъ, въ прочихъ же портахъ съ приливами моря, глубину эту разсчитываютъ только относительно уровня самого низкаго прилива, предоставляя судамъ, находящимся въ передовыхъ гаваняхъ, обмелѣвать при каждомъ отливѣ или укрываться въ при-

1) Stevenson. The design and construction of harbours. Edinburgh. 1864, p. 171.

ливныхъ гаваняхъ, гдѣ вода прилива удерживается во время отлива шлюзами, и суда постоянно плаваютъ. Въ нѣкоторыхъ англійскихъ приливныхъ гаваняхъ глубина разсчитана даже относительно средняго уровня прилива, сообщеніе же съ моремъ во время низкихъ приливовъ производится чрезъ камерный шлюзъ, причемъ убыль воды въ приливныхъ гаваняхъ пополняется накачиваніемъ ее съ моря паровыми машинами.

Если суда, посѣщающія портъ, имѣютъ весьма разнообразную осадку, то глубина гаваней можетъ быть различная, причемъ для судовъ съ извѣстной осадкой, должна быть отведена соотвѣтствующая ихъ числу площадь гаваней и соотвѣтствующее протяженіе набережныхъ. Для судовъ съ осадкою свыше 20 или 22 футъ, если число ихъ весьма ограниченное, можетъ быть отведена нѣкоторая наиболѣе укрытая часть рейда, для того чтобы не углублять для какихъ-нибудь 10 или 20 судовъ, приходящихъ въ годъ, проходовъ въ гавань и частію самую гавань. Въ такомъ случаѣ и суда, для которыхъ гавани слишкомъ мелки, оставаясь на рейдѣ на якорѣ, могутъ нагружаться и выгружаться при помощи подвозныхъ лодокъ, или могутъ причалить къ назначеннымъ для сего набережнымъ сооруженій, ограждающихъ рейдъ. Впрочемъ, по мнѣнію Томаса Стевенсона, не слѣдуетъ вообще колебаться углублять гавани: каждый лишній футъ имѣетъ въ глубинѣ гаваней большее значеніе, такъ какъ грузъ поднимаемый судномъ пропорціоналенъ кубу его осадки, и коммерческая цѣнность гаваней, можно сказать, пропорціональна кубу ихъ глубины [1]).

Площадь, необходимая для гаваней и рейдовъ зависитъ, какъ отъ числа и размѣровъ судовъ, которыя должны быть помѣщены одновременно, такъ и отъ степени укрытія представляемаго рейдомъ или гаванью для судовъ.

На рейдахъ открытыхъ суда поворачиваются вокругъ своего

1) Stevenson. The design and construction of harbours. 1864, p. 169.

якоря, смотря по вѣтру и теченію; на этомъ основаніи необходимо, чтобы каждое судно могло свободно, не столкнувшись съ другимъ, описывать окружность, радіусъ которой равенъ длинѣ якорной цѣпи или каната сложенной съ длиною судна. Длина якорнаго каната зависитъ вообще отъ степени волненія и глубины воды въ мѣстѣ якорной стоянки; среднимъ числомъ, во время непогоды, длину эту можно положить для большихъ судовъ въ 100 морскихъ саженъ или 600 футъ, и если при этомъ длина судна — 300 футъ, то разстояніе между двумя смежными судами должно быть не менѣе 1800 футъ, такъ что на каждое большое судно нужна площадь слишкомъ въ 50.000 кв. саженъ (по 5 судовъ на кв. версту). На рейдахъ хорошо укрытыхъ отъ волненія — суда могутъ удерживаться на двухъ якоряхъ, не срываясь, или же могутъ притягиваться къ поплавкамъ или буямъ постоянныхъ, такъ называемыхъ, мертвыхъ якорей укрѣпленныхъ на днѣ. Тогда на каждое судно достаточно отъ 2500 до 5000 кв. саженъ.

Въ портахъ-убѣжищахъ, еще болѣе укрытыхъ чѣмъ рейды, длина цѣпей отъ мертвыхъ якорей на столько уменьшается, что буй или поплавокъ плаваетъ почти надъ самымъ мертвымъ якоремъ, или надъ линіею, соединяющею два смежныхъ якоря, имѣющихъ общій буй; кромѣ того въ этомъ случаѣ суда причаливаютъ также къ паламъ, т. е. кустамъ свай, забитыхъ въ разныхъ мѣстахъ въ гавани, поэтому въ такихъ гаваняхъ на каждое судно средней величины достаточно положить отъ 300 до 500 кв. саженъ[1]); въ приливныхъ же гаваняхъ, отдѣленныхъ отъ моря шлюзами, на каждое судно средней величины (отъ 150 до 200 тоннъ) обыкновенно полагаютъ всего отъ 60 до 100 кв. саженъ площади гавани[2]), но въ гаваняхъ нашихъ морей и вообще въ га-

---

1) Въ Англіи въ такихъ портахъ разсчитываютъ по 3 судна на экръ. (Stevenson. The design and construction of harbours. 1864, p. 131).

2) Томасъ Стевенсонъ въ упомянутомъ выше сочиненіи своемъ о портахъ (стр. 130) сообщаетъ слѣдующую формулу для опредѣленія числа судовъ, по-

ваняхъ съ открытыми проходами безопаснѣе разсчитывать на каждое судно, помѣщаемое въ гавани, отъ 150 до 200 кв. саженъ площади гавани.

Гавани военныхъ портовъ и портовъ-убѣжищъ должны имѣть форму, приближающуюся къ квадрату, для того чтобы представлять наибольшую площадь при наименьшемъ периметрѣ, а слѣдовательно и наименьшихъ издержкахъ на огражденіе гавани; гавани же коммерческихъ портовъ, гдѣ главную роль играетъ достаточное развитіе набережныхъ, должны приближаться къ узкой прямоугольной формѣ, для того чтобы представлять бо́льшій периметръ. Послѣднее правило относится впрочемъ собственно къ внутреннимъ гаванямъ, передовая же гавань должна удовлетворять тѣмъ же условіямъ, какъ и гавани портовъ-убѣжищъ, т. е. должна имѣть значительную ширину, для того чтобы не стѣснять движеніе судовъ, вступившихъ въ портъ подъ парусами. Во всякомъ случаѣ даже и внутреннія гавани не должны имѣть ширину меньшую утроенной длины наибольшихъ судовъ, приходящихъ въ портъ, или вообще 75 саженъ, иначе суда эти не въ состояніи будутъ повернуться между двумя рядами судовъ, стоящихъ у набережныхъ, ошвартовавшись кормою. Исключенію изъ этого правила подлежатъ порты устроенные въ выкопанныхъ въ берегу каналахъ; въ этихъ портахъ ширину гавани канала можно уменьшить до 50, а въ случаѣ необходимости даже и до 40 саженъ, съ тѣмъ только, чтобы суда швартовались къ набережнымъ бортомъ, а не кормою [1]).

мѣщающихся въ приливной гавани на каждомъ экрѣ (приблизительно $^1/_3$ десятины):

$$n = \frac{1000}{t} + 5,$$

гдѣ n число судовъ на каждомъ экрѣ, а t средній грузъ въ тоннахъ поднимаемый судномъ. Въ Марсели въ старой гавани, представляющей площадь немногимъ болѣе 60.000 кв. саженъ, одновременно помѣщались иногда до 1000 коммерческихъ судовъ съ среднимъ грузомъ вь 200 тоннъ.

1) Въ Данцигѣ каналъ Нейфарвассеръ, служащій гаванью, имѣетъ всего

Протяженіе набережныхъ необходимое для коммерческаго порта опредѣляется по количеству и роду товаровъ и баласта выгружаемыхъ и нагружаемыхъ въ портѣ на суда въ теченіи года, причемъ необходимо обратить еще вниманіе на то, чтобы глубина у набережныхъ соотвѣтствовала осадкѣ каждаго разряда судовъ, и чтобы по возможности набережныя назначенныя для нагрузки были отдѣлены отъ набережныхъ назначенныхъ для выгрузки.

Примемъ за основаніе для разсчета протяженія набережныхъ судно длиною 160 футъ, поднимающее до 800 тоннъ товаровъ. Если судно это приходится нагружать зерновымъ хлѣбомъ, каменнымъ углемъ или другимъ сыпучимъ матеріаломъ, который можно сыпать прямо въ люки судна, то вся нагрузка можетъ быть окончена въ 5 дней, такъ что въ день на протяженіи 160 пог. футъ набережныхъ можетъ быть нагружено на судно до 160 тоннъ зерноваго хлѣба.

Нагрузка судна другими товарами, для которыхъ приходится прибѣгать къ кранамъ, потребуетъ вдвое, а иногда и втрое болѣе времени, такъ что на каждыхъ 160 футахъ протяженія набережныхъ въ день можно въ этомъ случаѣ нагрузить на судно отъ 53 до 80 тоннъ. Ту же самую цифру можно принять и для выгрузки судовъ. И такъ, смотря по роду перевозимыхъ грузовъ, на каждомъ погонномъ футѣ протяженія набережныхъ, можно въ день нагрузить на судно отъ $\frac{1}{3}$ до 1 тонны и выгрузить отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ тонны. Полагая, что въ теченіи самого дѣятельнаго по судоходству мѣсяца отъ 5 до 6 дней будутъ потеряны на приходъ и отходъ судовъ, можно принять, что въ этотъ мѣсяцъ на каждомъ погонномъ футѣ протяженія набережныхъ будетъ нагружено товаровъ отъ 8 до 24 тоннъ, или выгружено отъ 8 до

въ ширину 27 саженъ, но этотъ недостатокъ ширины столько возбуждалъ уже жалобъ, что въ настоящее время имѣется въ виду устроить съ восточной стороны отдѣльную гавань большаго размѣра. (Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 1865. 4 Band. S. 249).

12 тоннъ, смотря по роду товаровъ. Затѣмъ остается только соотвѣтствующую изъ этихъ цифръ помножить на отношеніе всего годоваго движенія по отвозу или привозу къ движенію самого дѣятельнаго по судоходству мѣсяца, чтобы получить число тоннъ товаровъ, которыя могутъ быть нагружены или выгружены на каждомъ погонномъ футѣ набережныхъ въ теченіи года. Такимъ образомъ напримѣръ въ Одессѣ, гдѣ главный продуктъ вывоза составляетъ зерновый хлѣбъ, а главный продуктъ привоза — баластъ и каменный уголь, можно разсчитывать въ самый дѣятельный по судоходству мѣсяцъ по 24 тонны на погон. футъ набережныхъ вывозимыхъ товаровъ и по 10 тоннъ на погон. футъ набережныхъ привозимыхъ товаровъ. Такъ какъ, въ самый дѣятельный по вывозу мѣсяцъ, изъ Одессы иногда вывозится почти $^1/_6$ всего количества вывозимыхъ грузовъ, а въ самый дѣятельный по привозу мѣсяцъ привозится до $^1/_4$ всего количества привозимыхъ грузовъ[1]), то для разсчета протяженія набережныхъ необходимыхъ для Одессы можно принять по 1 футу протяженія набережныхъ на каждыя 144 тонны ежегодно вывозимыхъ грузовъ и на каждыя 40 тоннъ ежегодно привозимыхъ грузовъ. — Раздѣливши все количество привозимыхъ и вывозимыхъ въ теченіи года грузовъ на цифры, соотвѣтствующія одному погонному футу набережныхъ, получимъ протяженіе набережныхъ для тѣхъ и другихъ товаровъ, необходимое въ портѣ.

Что касается до опредѣленія протяженія набережныхъ, соотвѣтствующаго каждому разряду судовъ съ извѣстною осадкою, то разсчетъ этотъ лучше всего сдѣлать слѣдующимъ образомъ: всѣ суда, приходящія въ портъ, раздѣлить на 3 или 4 разряда, съ среднею осадкою t, t_1, t_2, и опредѣлить число судовъ каждаго разряда, входящихъ въ портъ въ теченіи самого дѣятельнаго по судоходству мѣсяца. Положимъ, что судовъ съ осадкою t прихо-

1) Журналъ Министерства Путей Сообщенія 1866 г. Томъ I. Смѣсь, стр. 31. «Движеніе грузовъ въ Одесскомъ портѣ».

дитъ N, съ осадкою $t_1 - N_1$, съ осадкою $t_2 - N_2$, то принимая, что протяженіе занимаемое каждымъ судномъ у набережной пропорціонально его осадкѣ, нужно будетъ общее исчисленное протяженіе набережныхъ раздѣлить пропорціонально

$$N,\ N_1 \frac{t_1}{t} \text{ и } N_2 \frac{t_2}{t},$$

тогда и получатся протяженія набережныхъ необходимыя для судовъ каждаго разряда, съ соотвѣтствующею осадкѣ этихъ судовъ глубиною воды у стѣнки.

Цифры выведенныя выше для нагрузки и выгрузки на каждомъ футѣ набережныхъ подтверждаются и статистическими свѣдѣніями, относящимися до лучшихъ заграничныхъ портовъ, снабженныхъ всѣми средствами для нагрузки и выгрузки товаровъ. Напримѣръ въ Ливерпулѣ — самое значительное движеніе судовъ происходитъ въ приливной гавани Кларенса (Clarence dock), посѣщаемой преимущественно каботажными судами. Въ гавани этой при 2742 футахъ протяженія набережныхъ ежегодно нагружается и выгружается до 440.000 тоннъ товаровъ [1]), что соотвѣтствуетъ среднимъ числомъ 160 тоннъ на погонный футъ набережныхъ. Въ другихъ гаваняхъ того же порта нагрузка и выгрузка менѣе дѣятельна: въ Гаскиссонской гавани (Huskisson dock), посѣщаемой преимущественно трансатлантическими судами съ лѣснымъ матеріаломъ, на каждомъ погонномъ футѣ набережныхъ выгружается среднимъ числомъ 110 тоннъ въ годъ, въ Колингвудской гавани (Collingwood-dock) — 140 тоннъ, въ Брамлейской и Ватерлосской гаваняхъ — 105 тоннъ, въ Станлейской гавани — 100 тоннъ, въ Трафальгарской гавани — 87 тоннъ, въ гаваняхъ Нельсона и Альберта — 80 тоннъ и т. д. Среднимъ числомъ, во всѣхъ гаваняхъ на каждомъ погонномъ футѣ набережныхъ въ Ливерпулѣ нагружается или выгружается ежегодно до 85 тоннъ.

---

1) Thomas Baines. Liverpool, its harbour, dock and commerce. 1860. pp. 7 and 91.

Въ Гаврѣ при ежегодномъ движеніи грузовъ въ 2 милліона тоннъ, общее протяженіе набережныхъ въ приливныхъ гаваняхъ, (за исключеніемъ части Флоридской гавани еще недостаточно углубленной), составляетъ до 20.000 футъ, но сверхъ того еще передовая гавань, гдѣ останавливаются нѣкоторые пароходы, поддерживающіе срочные рейсы, представляетъ около 2500 футъ удобныхъ набережныхъ, такъ что на погонный футъ набережныхъ въ Гаврѣ приходится ежегодно около 88 тоннъ нагружаемыхъ и выгружаемыхъ товаровъ. Въ Марсели, при распространеніи порта, имѣлось въ виду довести общее протяженіе набережныхъ до 45.000 футъ, чтобы можно было удовлетворить ежегодному движенію до 4 милліоновъ тоннъ, полагая по 90 тоннъ на погонный футъ набережныхъ. Наши порты находятся въ болѣе выгодныхъ условіяхъ, чѣмъ большая часть заграничныхъ относительно вывозимыхъ товаровъ, такъ какъ главный продуктъ вывоза — зерновый хлѣбъ весьма удобно нагружается на суда и можетъ быть сравниваемъ въ отношеніи легкости нагрузки только съ каменнымъ углемъ, но выгоды эти совершенно уничтожаются неравномѣрностью распредѣленія грузовъ по мѣсяцамъ, въ особенности въ портахъ Балтійскаго моря, подверженныхъ продолжительному замерзанію.

Грунтъ дна на рейдѣ и въ гаваняхъ, въ которыхъ суда становятся на собственныхъ якоряхъ, долженъ быть удобенъ для якорной стоянки. Лучшій грунтъ для якорной стоянки — песчаная, не слишкомъ вязкая глина, или песокъ съ ракушкою. Чистый песокъ представляетъ также хорошее дно, но только если глубина значительная и песокъ не подмывается волненіемъ. Вязкая глина неудобна тѣмъ, что облипаетъ вокругъ якорей и затрудняетъ ихъ вытаскиваніе; въ этомъ случаѣ иногда даже принуждены бываютъ, чтобы не потерять якорей, изрѣдка приподнимать ихъ, не давая глинѣ слишкомъ налипать къ якорямъ. Слабый иловатый грунтъ не хорошъ тѣмъ, что при сильномъ вѣтрѣ якоря ползутъ

по дну и судно дрейфуетъ. Крупный голышевый и скалистый грунты вовсе не держатъ якорей, если же послѣдніе и удержатся, задѣвши за трещину, то лапы ихъ могутъ легко отломиться; кромѣ того и якорные канаты могутъ быть въ этомъ случаѣ перерѣзаны каменными грядами.

При вязкомъ глинистомъ или скалистомъ грунтѣ принуждены бываютъ, для удержанія судовъ, заложить мертвые якоря съ буйками или баканами, къ которымъ причаливаютъ суда.

Нужно также обратить вниманіе на то, чтобы рейды или гавани не были засорены посторонними предметами, какъ то затонувшими судами, старыми потерянными якорями и т. п. Всѣ эти предметы должны быть удаляемы при первой возможности.

Условія *защиты гаваней и рейдовъ отъ вѣтровъ, волненія, наносовъ и ледохода* и *удобнаго расположенія ихъ проходовъ* должны быть разсмотрѣны въ совокупности, такъ какъ, удовлетворяя одному изъ этихъ условій, часто приходится нарушить одно или нѣсколько другихъ; напримѣръ, укрывая гавань отъ волненій, часто тѣмъ самымъ способствуютъ ея обмелѣнію и увеличиваютъ періодъ времени замерзанія гавани; иногда также проходы удобные для судовъ могутъ способствовать занесенію порта наносами, если проходы эти будутъ расположены по направленію движенія наносовъ.

Разсмотримъ сначала какимъ образомъ всѣ эти условія могутъ быть удовлетворены въ рейдахъ и гаваняхъ огражденныхъ въ морѣ молами, а потомъ перейдемъ къ гаванямъ рѣчнымъ, или вырытымъ на берегу и сообщающимся съ моремъ посредствомъ канала съ парными молами.

Прежде всего представляется вопросъ: слѣдуетъ ли устраивать въ портѣ одинъ или нѣсколько проходовъ? — Мнѣнія инженеровъ въ этомъ случаѣ не вполнѣ сходятся, а потому приведемъ здѣсь доводы въ пользу и противъ того и другаго расположенія.

Два прохода, устроенные по разнымъ направленіямъ, облег-

чаютъ входъ и выходъ судовъ, выбирающихъ тотъ или другой проходъ, смотря по вѣтру; въ портахъ же, гдѣ существуетъ постоянное или періодическое, но сильное береговое теченіе, два противоположные прохода даютъ возможность образоваться въ самомъ портѣ сквозному теченію, предохраняющему портъ отъ обмелѣнія; наконецъ два прохода способствуютъ вскрытію гаваней, или рейдовъ отъ льда, дозволяя зыби взламывать ледъ и вѣтрамъ выводить его за предѣлы порта. Но, съ другой стороны, при двухъ проходахъ труднѣе удовлетворить условію укрытія гаваней отъ волненія и наноснаго льда; кромѣ того сооруженіе, находящееся между проходами, будетъ имѣть характеръ отдѣльнаго мола или волнорѣза, соединеніе котораго съ берегомъ возможно только посредствомъ сквознаго моста, для того чтобы сплошнымъ сооруженіемъ не останавливать сквознаго теченія, а устройство такого сквознаго моста затруднительно, и мостъ этотъ все таки будетъ задерживать теченіе и способствовать обмелѣнію порта.

Два прохода имѣютъ еще важное значеніе для рейдовъ и гаваней-убѣжищъ, но и въ этомъ случаѣ, при назначеніи направленія волнорѣза, надобно быть весьма осторожнымъ, чтобы не перерѣзать этимъ сооруженіемъ береговаго теченія и не засорить чрезъ то прохода, расположеннаго со стороны этого теченія. Въ Сеттѣ (чер. 26), гдѣ постояннымъ восточнымъ теченіемъ увлекается съ устьевъ Роны значительное количество песчаныхъ наносовъ, восточный проходъ рейда такъ сильно обмелѣлъ, что сталъ вовсе не доступенъ для большихъ судовъ [1]), и нѣтъ никакой возможности землечерпаніемъ поддержать въ этомъ проходѣ достаточную глубину, пока не будетъ устроенъ отъ берега, какъ теперь предположено, восточный молъ, который прикроетъ проходъ съ восточной стороны и дастъ ему западное направленіе.

Въ портахъ безъ приливовъ моря, по мнѣнію нашему, два

1) Hagen. Seeufer und Hafenbau. 2ter Band. 1863, S. 268.

прохода въ открытое море, по сторонамъ волнорѣза, необходимы только при обширныхъ рейдахъ, въ гаваняхъ же, имѣющихъ непосредственное сообщеніе съ открытымъ моремъ, два прохода можно устроивать только въ томъ случаѣ, если обмелѣніе порта происходитъ отъ осажденія мути, а не отъ передвиженія волнами большихъ массъ песку, и если направленіе самаго сильнаго волненія, отъ котораго приходится укрывать портъ, нормально къ направленію береговаго теченія, такъ что и волнорѣзъ, защищающій отъ волненія, можно помѣстить совершенно по направленію теченія, нисколько не задерживая его.

Въ портахъ съ приливами теченіе бываетъ перемѣнное въ одну и другую сторону, почему обмелѣніе проходовъ по обѣимъ сторонамъ волнорѣза происходитъ весьма медленно. Этимъ объясняется почему проходы Шербурскаго и Плимутскаго рейдовъ (чер. 25 и 28) и Портландскаго порта-убѣжища (чер. 30) не подверглись обмелѣнію, и почему между англійскими и французскими инженерами мы находимъ много защитниковъ огражденія гаваней отдѣльными волнорѣзами. Впрочемъ даже и въ Англіи, при обсужденіи проектовъ Дуврскаго порта-убѣжища, коммиссія отвергла всѣ проекты, имѣвшіе цѣлью образовать этотъ портъ устройствомъ одного волнорѣза параллельнаго берегу, безъ огражденія порта съ запада отъ движущагося вдоль берега голыша.

Если гавань находится въ глубинѣ рейда защищеннаго уже отъ наносовъ передвигаемыхъ волненіемъ и теченіемъ, то въ гавани могутъ быть устроены и два прохода, не опасаясь ихъ обмелѣнія, но неудобство волнорѣза, какъ отдѣльнаго сооруженія, останется все таки не устраненнымъ, пока онъ не будетъ соединенъ съ берегомъ внутреннимъ моломъ съ надлежащимъ числомъ поворотныхъ мостовъ для пропуска судовъ.

Со стороны самаго сильнаго волненія гавань или рейдъ должны быть ограждены моломъ перпендикулярнымъ къ направленію этого волненія. Въ портахъ безъ прилива моря, въ большей

части случаевъ, направленіе движенія наносовъ совпадаетъ съ направленіемъ самаго сильнаго волненія, такъ что молъ, укрывающій гавань отъ волненія, будетъ въ тоже время защищать ее отъ наносовъ; если же направленіе движенія наносовъ не совпадаетъ съ направленіемъ самаго сильнаго волненія, то устроиваютъ другой молъ, примыкающій къ берегу со стороны движенія наносовъ. Точно также необходимо устроить другой молъ, примыкающій къ берегу, въ томъ случаѣ, если волненіе можетъ безпокоить суда въ гавани съ нѣсколькихъ сторонъ. Оба эти мола должны быть повернуты одинъ къ другому, такъ чтобы между ними оставался удобный для судовъ проходъ, съ достаточною глубиною и надлежащимъ образомъ направленный.

Если опасаются, что наносы, повернувши вдоль мола, станутъ складываться у прохода, то молъ, находящійся съ стороны движенія наносовъ, можно продолжить на такую глубину, гдѣ уже не боятся болѣе вреда отъ наносовъ, или же наносы могутъ быть удержаны особымъ сооруженіемъ назначеннымъ собственно для этой цѣли (буною), нормальнымъ къ направленію движенія наносовъ и примыкающимъ къ берегу или къ молу. По мѣрѣ того какъ наносы, складываясь, будутъ подвигаться впередъ, и сооруженіе ихъ задерживающее можетъ быть также продолжаемо на бо́льшую глубину.

Повороты моловъ слѣдуетъ дѣлать подъ тупыми углами, такъ чтобы молы имѣли въ планѣ многоугольное очертаніе. Острые и въ особенности входящіе углы опасны тѣмъ, что подвергаются сильному разрушительному дѣйствію волнъ. Криволинейное направленіе моловъ неудобно въ двухъ отношеніяхъ: во первыхъ производство работъ съ подмостокъ при такомъ очертаніи весьма затрудняется, такъ какъ всѣ подмосточныя сваи приходится располагать по направленію ломаной линіи, а во вторыхъ при криволинейно-выпукломъ очертаніи волна скользитъ вдоль мола, увлекая наносы и камни отсыпей къ проходу, и безпокоя нахо-

дящіяся здѣсь суда образованіемъ толчеи, вслѣдствіе столкновенія скользящей волны съ волнами непосредственно проникающими въ гавань; при криволинейно-вогнутомъ же очертаніи отраженныя волны сосредоточиваются въ одномъ фокусѣ или центрѣ, гдѣ развивается толчея въ высшей степени опасная для судовъ, которыя могли бы случайно попасть сюда. Защитники криволинейнаго направленія моловъ указываютъ на ту выгоду ихъ, что волна въ этомъ случаѣ не ударяется о молъ одновременно по всему сооруженію, а только по одной его производящей, и воздухъ увлекаемый волною имѣетъ выходъ, не усиливая силы удара[1]). Справедливость этихъ доводовъ однакоже еще не вполнѣ доказана, такъ какъ и самыя волны не имѣютъ, при встрѣчѣ сооруженія, прямолинейнаго направленія, къ тому же волна, ударяясь о сооруженіе, отражается, и отраженная волна, умѣряющая ударъ вновь набѣгающей волны, при криволинейномъ направленіи мола уменьшается скольженіемъ волны по молу, что нисколько не способствуетъ уменьшенію удара слѣдующей волны о сооруженіе. Единственная выгода криволинейнаго направленія моловъ состоитъ въ томъ, что протяженіе мола при извѣстной площади имъ ограждаемой будетъ наименьшее.

Направленіе проходовъ въ рейды и гавани не должно совпадать ни съ направленіемъ движенія наносовъ, ни съ направленіями насильнаго волненія. Въ то же время проходы должны быть направлены такимъ образомъ, чтобы суда при наибольшемъ числѣ господствующихъ вѣтровъ могли удобно входить и выходить съ рейда или изъ гавани.

Всякое парусное морское судно, при надлежащемъ расположеніи парусовъ, можетъ двигаться, не лавируя, даже при противныхъ вѣтрахъ, но не ближе 6 румбовъ въ ту или другую сторону

---

1) Annales des Ponts et Chaussées. 1849, sem. 1, p. 334, статья Bellinger: «Observations sur la forme, qu'il convient de donner aux ouvrages à la mer».

къ вѣтру, т. е. пока направленіе движенія судовъ составляетъ съ направленіемъ, по которому дуетъ вѣтеръ, уголъ менѣе $112\frac{1}{2}°$ [1]), а дополненіе его болѣе 6 румбовъ, поэтому, защищаясь отъ самаго сильнаго волненія, нужно въ тоже время стараться, чтобы направленіе оси прохода не составляло съ направленіемъ господствующихъ вѣтровъ угла болѣе $112\frac{1}{2}°$, а также и не менѣе $67\frac{1}{2}°$, для того чтобы проходъ былъ одинаково удобенъ, какъ для входящихъ, такъ и для выходящихъ парусныхъ судовъ.

Если условію этому удовлетворить будетъ довольно трудно, то слѣдуетъ дать преимущество такому направленію прохода, при которомъ онъ будетъ удобенъ для входящихъ судовъ, такъ какъ суда выходящія могутъ съ бо́льшею безопасностью выждать въ портѣ попутнаго вѣтра, чѣмъ суда входящія, и могутъ быть съ большимъ удобствомъ, чѣмъ послѣднія, взяты на бугсиръ пароходомъ для вывода въ море. Особенно важно, чтобы входъ въ портъ былъ доступенъ судамъ во время самаго свѣжаго вѣтра, когда весьма затруднительно, а иногда и совершенно невозможно, ввести судно въ портъ на бугсирѣ парохода. Кромѣ того нужно еще обратить вниманіе на направленіе, по которому приходитъ въ портъ наибольшее число судовъ, и проходы въ портъ располагать, соображаясь съ вѣтрами попутными этимъ судамъ.

Въ моряхъ съ сильнымъ береговымъ теченіемъ направленіе прохода въ портъ должно быть соображено такимъ образомъ, чтобы теченіе не препятствовало входу и выходу судовъ и не относило ихъ въ сторону, при чемъ суда могли бы попасть на мели, окружающія проходъ, или удариться объ одно изъ ближайшихъ портовыхъ сооруженій.

Если направленіе прохода составляетъ съ направленіемъ господствующихъ вѣтровъ уголъ, выходящій изъ указанныхъ выше предѣловъ, то и тогда еще судно при благопріятныхъ условіяхъ

---

2) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 2. Band 1863. S. 209.

можетъ войти изъ открытаго моря въ портъ, лавируя, но при этомъ оно подвергается опасности удариться о тотъ или другой портовой молъ. Для предупрежденія этого полезно, чтобы навѣтренный молъ заходилъ нѣсколько за подвѣтренный, такъ чтобы судно, обогнувши навѣтренный молъ, было уже въ относительно спокойномъ морѣ; точно также можно облегчить входъ и выходъ судовъ, давая проходу такую ширину, чтобы судно могло войти или выйти не по оси прохода, а наискось (какъ напр. въ Кингстоунѣ чер. 33).

Для облегченія входа судна въ томъ случаѣ, ежели ему приходится огибать навѣтренный молъ, или когда входу судна препятствуетъ противное теченіе, судно направляютъ иногда какъ можно ближе къ головѣ этого послѣдняго мола, и съ головы бросаютъ на проходящее мимо судно швартовъ, для удержанія судна, послѣ чего это послѣднее втягиваютъ уже въ портъ на троссѣ [1]). Иногда также помѣщаютъ въ морѣ, въ нѣкоторомъ разстояніи отъ прохода, укрѣпленные на мертвыхъ якоряхъ баканы, для того чтобы дать возможность судамъ, которыя не могутъ войти въ портъ на парусахъ, выждать бугсирнаго парохода.

Судно, выходящее изъ гавани или рейда въ море, не всегда также можетъ воспользоваться парусами и, слушаясь плохо руля, подвергается опасности при неблагопріятномъ вѣтрѣ столкнуться съ другими судами, или навалить на стѣнку какого нибудь сооруженія, почему его выводятъ изъ порта на бугсирѣ пароходомъ, или тянутъ на троссѣ до одного изъ бакановъ, помѣщенныхъ при оконечности прохода. Здѣсь судно крѣпится за баканъ, пока имъ не будутъ поставлены надлежащіе паруса для выхода въ море [2]). Подобные же баканы размѣщаются также на рейдахъ предъ гаванями, такъ какъ въ гавань, находящуюся въ глубинѣ рейда, не всегда могутъ, за недостаткомъ мѣста, войти

1) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 1863. 2. Band. S. 352.
2) Ditto S. 222.

суда на парусахъ; въ такихъ случаяхъ суда тянутъ отъ одного бакана до другаго, прикрѣпляя каждый разъ швартовъ къ слѣдующему бакану и перепуская его чрезъ шпиль, находящійся на суднѣ.

Если судно входитъ въ гавань на парусахъ при сильномъ попутномъ вѣтрѣ, то необходимо нѣкоторое время для уборки парусовъ, при чемъ судно успѣваетъ пройти довольно значительный путь, и надобно озаботиться, чтобы при этомъ судно не могло навалить на стѣнку набережной противоположной входу. Если эта стѣнка расположена на столько близко къ входу, что суда не успѣваютъ во время остановиться, то необходимо принять мѣры къ уменьшенію скорости движенія судовъ. Съ этою цѣлью бросаютъ съ судна швартовъ на набережную, гдѣ его накидываютъ на причальную палу, между тѣмъ швартовъ съ судна травятъ, т. е. постепенно выпускаютъ за бортъ, задерживая его треніемъ нѣсколькихъ шлаговъ (оборотовъ) швартова о кнехты, т. е. небольшія вертикальныя стойки у борта судна. Иногда въ портахъ, для того чтобы остановить судно на ходу, бросаютъ верпъ (небольшой якорь), но средство это не всегда можетъ быть дозволено, такъ какъ якорь, дрейфуя, можетъ повредить другія суда. Въ проходѣ старой Голигедской гавани (чер. 31), гдѣ скалистый грунтъ не держитъ якорей, для остановки судна уложена на днѣ, поперегъ прохода, тяжелая цѣпь укрѣпленная обоими концами. Суда бросаютъ якорь, подходя къ проходу, здѣсь же якорь, задѣвая за цѣпь, удерживаетъ судно. Въ Рюгенвальдеръ-мюнде въ Пруссіи, гдѣ гавань совершенно прямая и весьма узкая, (мѣстами не шире 74 футъ), поперегъ гавани на высотѣ 5 футъ отъ уровня воды, подвѣшенъ толстый канатъ, который удерживаетъ суда передъ поворотнымъ мостомъ. Хотя суда, посѣщающія этотъ портъ, вообще небольшой величины (шкуны и боты), тѣмъ не менѣе случалось, что канатъ не выдерживалъ напора судовъ и лопался, такъ что способъ этотъ вообще не безопасенъ.

Наконецъ въ особыхъ случаяхъ, если всѣ средства къ умень-

шенію скорости входящихъ судовъ будутъ истощены, и судно все таки не будетъ остановлено, то его направляютъ на иловатыя отмели, нарочно образуемыя для этой цѣли въ гавани при углубленіи ея землечерпаніемъ; но средство это нѣсколько опасное, такъ какъ швы судна могутъ раскрыться, и самое судно трудно потомъ стащить съ отмели [1]).

Проходамъ въ рейды и гавани должна быть дана *ширина* достаточная для удобнаго входа и выхода судовъ, но не на столько значительная, чтобы волненіе моря распространялось въ портѣ. Чѣмъ менѣе ширина прохода сравнительно съ шириною самаго порта, тѣмъ слабѣе распространяется волненіе, такъ какъ волна, вступающая чрезъ проходъ, расширяется, гребень ея принимаетъ направленіе кривой вогнутой относительно прохода и высота волны уменьшается. Томасъ Стевенсонъ даетъ слѣдующую приблизительную формулу для опредѣленія степени уменьшенія высоты волны въ портѣ съ однимъ проходомъ, выведенную имъ болѣе чѣмъ изъ 2000 наблюденій въ великобританскихъ портахъ:

$$\frac{x}{H} = \sqrt{\frac{b}{B}} - \frac{1}{50}\left(1 + \sqrt{\frac{b}{B}}\right)\sqrt[4]{D},$$

гдѣ x — высота волнъ въ гавани, въ разстояніи D футъ отъ прохода, (но не ближе 50 футъ); H — высота волнъ въ морѣ; b — ширина прохода; и B — ширина гавани въ разстояніи D футъ отъ прохода, или точнѣе длина дуги описанной изъ средины прохода радіусомъ D, считая длину дуги между точками ея пересѣченія съ молами или ихъ продолженіями [2]).

Для удобства входящихъ судовъ, по мнѣнію Хагена, проходъ долженъ представлять ширину до 600 футъ, но эта цифра относится только къ рейдамъ и гаванямъ устроеннымъ въ открытыхъ бухтахъ, въ гаваняхъ же выкопанныхъ въ берегѣ рѣки, или устро-

1) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 1863. 2. Band. S. 231.

2) Stevenson. The design and construction of harbours. Edinburgh. 1864. p. 121.

ennыхъ въ глубинѣ укрытыхъ бухтъ и рейдовъ, ширина прохода можетъ быть значительно уменьшена. Слѣдующія цифры могутъ дать понятіе о ширинѣ проходовъ какъ рейдовъ, такъ и гаваней огражденныхъ молами:

	Шириною.
Тулонъ, проходы въ старую и новую гавани	98 футъ.
Сеттъ, проходъ въ новую гавань.	98 »
Ливорно, проходъ въ старую гавань.	100 »
Кронштадтъ, купеческія ворота	108 »
Ницца, проходъ въ передовую гавань.	148 »
Рамсгэтъ, проходъ въ передовую гавань.	200 »
Шербургъ, проходъ въ пер. гав. военнаго порта . .	210 »
Одесса, проходъ въ практическую гавань	224 »
Марсель, проходъ въ старую гавань	262 »
Петровскій портъ, предполагаемая ширина прохода .	350 »
Портландъ, западный проходъ въ портъ	400 »
Голигедъ, проходъ въ старую гавань	450 »
Портъ-Вандръ, проходъ въ первую гавань.	492 »
Чивита-Веккіа, сѣверный рейдовый проходъ	492 »
Марсель, проходъ въ проектированную нов. гавань.	492 »
Сеттъ, восточный рейдовый проходъ	656 »
Кингстоунъ, проходъ въ портъ.	700 »
Одесса, проходъ въ проектированную новую гавань.	800 »
Алжиръ, проходъ въ портъ	984 »
Сеттъ, западный рейдовый проходъ.	984 »
Сеттъ, проходъ въ передовую гавань, прикрытый волнорѣзомъ.	984 »
Одесса, существующій проходъ въ карантинную гавань.	1050 »
Делаваръ, восточный рейдовый проходъ	1050 »
Делаваръ, западный рейдовый проходъ.	1500 »
Плимутъ, восточный рейдовый проходъ.	2600 »

	Шириною.
Шербургъ, восточный рейдовый проходъ	3200 футъ.
Плимутъ, западный рейдовый проходъ	4600 »

Въ портахъ, замерзающихъ въ теченіи зимнихъ мѣсяцевъ, ширина прохода не должна быть значительно уменьшена, для того чтобы облегчить вскрытіе этихъ портовъ отъ льда.

Многіе инженеры полагаютъ также, что малая ширина проходовъ способствуетъ обмелѣнію портовъ, уменьшая въ нихъ зыбь, которая препятствуетъ осажденію наносовъ, но мнѣніе это не всегда справедливо. Дѣйствительно если проходъ въ портъ не выгодно расположенъ относительно направленія береговаго движенія наносовъ, то эти послѣдніе, вгоняемые въ портъ теченіемъ и волнами, складываются въ немъ. Въ такомъ случаѣ, чѣмъ менѣе ширина прохода, тѣмъ слабѣе зыбь, поддерживающая наносы въ верхнихъ слояхъ воды, почему тѣмъ скорѣе осаждаются наносы на дно, и тѣмъ менѣе выносится ихъ теченіемъ изъ порта; но если проходъ расположенъ такъ, что наносы не будутъ попадать въ портъ, то обмелѣніе можетъ происходить только отъ осажденія мути воды вгоняемой въ него волнами и вѣтромъ съ моря, поэтому чѣмъ менѣе ширина прохода, тѣмъ меньшая масса мутной воды будетъ вгоняться въ портъ, а слѣдовательно и тѣмъ менѣе будетъ онъ обмелѣвать.

Направленіе движенія наноснаго льда имѣетъ также вліяніе на расположеніе проходовъ: нужно стараться, чтобы молъ противоположный направленію этого движенія не задерживалъ наноснаго льда и не загромождалъ имъ проходовъ. Наносный ледъ, скопившійся въ проходахъ, имѣя часто бо́льшую толщину, чѣмъ мѣстный ледъ, можетъ увеличить періодъ остановки судоходства въ зимнее время. Впрочемъ въ этомъ случаѣ весьма важное значеніе имѣетъ направленіе вѣтра, такъ какъ иногда достаточно, чтобы береговой вѣтеръ дулъ въ продолженіе двухъ, трехъ дней, чтобы вода пошла на убыль отъ береговъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ

тронулись бы и наносныя льдины, и проходы въ портъ сдѣлались бы свободными.

Направленіе проходовъ въ портахъ, сообщающихся съ моремъ посредствомъ канала огражденнаго парными молами, должно удовлетворять тѣмъ же условіямъ, какъ и направленіе проходовъ въ портахъ образованныхъ огражденіемъ воднаго пространства въ морѣ, но при этомъ слѣдуетъ принять въ соображеніе, что въ этихъ послѣднихъ портахъ входящія и выходящія суда могутъ принять направленіе и не совпадающее съ направленіемъ оси прохода, что значительно облегчаетъ входъ и выходъ судовъ, между тѣмъ какъ въ портахъ, сообщающихся съ моремъ посредствомъ портоваго канала, суда, при малой ширинѣ этого канала, неизбѣжно должны держаться направленія оси канала, вслѣдствіе чего каналъ этотъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и парные молы его ограждающіе, должны имѣть также направленіе, соотвѣтствующее господствующимъ вѣтрамъ.

Для того чтобы, какъ входящія, такъ и выходящія суда могли пользоваться въ портовомъ каналѣ парусами, необходимо чтобы этотъ каналъ составлялъ съ направленіемъ господствующихъ вѣтровъ уголъ, заключающійся между $67\frac{1}{2}°$ и $112\frac{1}{2}°$, впрочемъ Минаръ въ сочиненіи своемъ о портахъ [1]), имѣя въ виду облегчить входъ судовъ, преимущественно предъ выходомъ, совѣтуетъ направлять портовой каналъ подъ угломъ 12° къ направленію господствующихъ вѣтровъ, и никакъ не отклоняться отъ этого направленія болѣе какъ на 90°. Это послѣднее направленіе слѣдуетъ придавать портовому каналу въ томъ случаѣ, если направленія самаго сильнаго волненія и господствующихъ вѣтровъ совпадаютъ между собою.

Корни парныхъ моловъ обыкновенно примыкаютъ къ берегу нормально, но на нѣкоторомъ разстояніи отъ берега молы пова-

1) Minard. Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846, p. 124.

рачиваютъ, чтобы сообщить портовому каналу надлежащее направленіе. Поворотъ долженъ быть произведенъ подъ весьма тупымъ угломъ. Если же при одномъ поворотѣ уголъ приближался бы къ прямому, то слѣдуетъ сдѣлать нѣсколько поворотовъ съ тупыми углами. При такомъ расположеніи портоваго канала волны, отражаясь отъ одного мола къ другому, могутъ производить довольно сильную толчею безпокойную для судовъ, поэтому иногда портовому каналу придаютъ криво-линейное направленіе; но и это расположеніе представляетъ также часто неудобства еще болѣе значительныя, чѣмъ многоугольное очертаніе портоваго канала, такъ какъ во первыхъ волненіе, постепенно направляемое кривыми молами, можетъ распространиться до передовой гавани нисколько не ослабленное, а во вторыхъ теченіе въ каналѣ отбрасывается къ вогнутому молу, и у выпуклаго мола складываются наносы, стѣсняющіе движеніе судовъ; поэтому то многіе инженеры предпочитаютъ располагать портовой каналъ совершенно по прямой линіи, избѣгая только такого направленія, при которомъ волненіе могло бы чрезъ портовой каналъ достигать гавани.

При большой ширинѣ портоваго канала можетъ быть допущено съ выгодою и криволинейное направленіе парныхъ моловъ описанное большимъ радіусомъ; также если одинъ изъ моловъ далеко выступаетъ за другой, то ему полезно дать при выступающей оконечности вогнутое направленіе (относительно оси канала), для того чтобы отбросить теченіе въ каналѣ къ этой оконечности и чрезъ это поддержать при входѣ достаточную глубину.

Парные молы, ограждающіе портовой каналъ, могутъ имѣть направленіе параллельное, сходящееся и расходящееся. Первое направленіе самое лучшее: направленіе сходящееся хотя и полезно тѣмъ, что увеличиваетъ скорость теченія въ портовомъ каналѣ и уменьшаетъ волненіе, но входъ судовъ дѣлается весьма затруднительнымъ, такъ какъ проходъ съуживается и судно можетъ удариться о выступающія оконечности моловъ; направленіе

расходящееся (воронкообразное) облегчаетъ входъ судовъ, но усиливаетъ волненіе и тѣмъ затрудняетъ движеніе судовъ въ портовомъ каналѣ и стоянку ихъ въ гавани. Хагенъ совѣтуетъ для уменьшенія волненія въ каналѣ и усиленія въ немъ скорости теченія устраивать при оконечностяхъ парныхъ моловъ боковыя крылья, выступающія отъ каждаго изъ моловъ и съуживающія проходъ [1]). Подобное расположеніе можетъ однакоже весьма затруднить входъ судовъ при малой ширинѣ портоваго канала, поэтому въ такихъ случаяхъ слѣдуетъ предпочесть расположеніе принятое въ англійской гавани Лоуэстофтъ (чер. 53), гдѣ при устьѣ портоваго канала устроена особая передовая гавань, огражденная молами такимъ образомъ, что ширина и направленіе прохода остались тѣже самыя, между тѣмъ какъ ширина передовой гавани увеличилась болѣе чѣмъ въ четверо, сравнительно съ шириною портоваго канала, что безъ сомнѣнія значительно ослабило волненіе въ устьѣ канала и облегчило входъ судовъ.

Длина парныхъ моловъ зависитъ отъ пологости морскаго дна у берега, такъ какъ парные молы должны быть выдвинуты въ море на достаточную глубину для судовъ, посѣщающихъ портъ. Для уменьшенія длины парныхъ моловъ устье портоваго канала стараются расположить по возможности въ томъ мѣстѣ, гдѣ глубина эта приближается къ берегу, что имѣетъ также вліяніе и на направленіе портоваго канала.

Если парные молы имѣютъ направленіе нормальное, или почти нормальное, къ направленію самыхъ сильныхъ вѣтровъ, то навѣтренный молъ дѣлается длиннѣе подвѣтреннаго, для того чтобы облегчить во время сильныхъ вѣтровъ входъ судовъ, которыя, обогнувши голову навѣтреннаго мола, будутъ уже укрыты отъ вѣтра. Кромѣ того подобное расположеніе можетъ предохранить входящія и выходящія суда отъ опасности удариться о подвѣ-

1) Hagen. Seeufer und Hafen-Bau. 2ter Band. 1863. S. 236 и 3ter Band. S. 18.

тренный молъ. Впрочемъ исключительныя условія того или другаго порта могутъ заставить отступить отъ этого правила, напримѣръ въ коммерческомъ Шербургскомъ портѣ (*B* на чер. 25), восточный подвѣтренный молъ сдѣланъ длиннѣе западнаго навѣтреннаго. Цѣль подобнаго расположенія состоитъ въ томъ, чтобы дозволить возможно большему числу судовъ воспользоваться весьма рѣдкими попутными для нихъ восточными вѣтрами, при чемъ суда, вытянувшись вдоль выступающей оконечности восточнаго мола, могутъ одновременно вступить подъ паруса [1]). Также и направленіе береговаго теченія, увлекающаго наносы, можетъ заставить увеличить длину мола ближайшаго къ этому направленію, хотя бы молъ этотъ и былъ подвѣтренный.

Ширина портоваго канала и его устья зависитъ отъ размѣровъ судовъ, степени укрытія канала отъ волненія и направленія его относительно господствующихъ вѣтровъ. Среднимъ числомъ придаютъ этому каналу ширину отъ 200 до 300 ф. — Слѣдующія цифры показываютъ ширину портоваго канала (chenal) въ нѣкоторыхъ портахъ:

	Ширина порт. канала.
Въ Рюгенвальдеръ-мюнде	72 футъ.
» Пиллау и Данцигѣ (Нейфарвассеръ) .	124 »
» Діеппѣ и Феканѣ	148 »
» Шербургѣ (Коммерческомъ портѣ) . .	164 »
» Дуврѣ	170 »
» Остенде	197 »
» Снъ Назерѣ.	210 »
» Булони.	230 »
» Дюнкирхенѣ	236 »
» Гаврѣ и Гонфлёрѣ	262 »

1) Minard. Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. 1846. p. 125.

	Ширина порт. канала.
Въ Кале	328 футъ.
» Либавѣ.	350 »
» Байоннѣ.	918 »
» Свинемюнде	1092 »

Хотя въ Свинемюнде ширина портоваго канала и доходитъ до 1092 футъ, но фарватеръ съ глубиною воды въ 18 футъ занимаетъ не болѣе одной трети всей ширины.

Къ устью своему портовой каналъ въ Рюгенвальдеръ-мюнде расширяется до 87 футъ, въ Пиллау до 148 футъ, въ Данцигѣ до 309 футъ, въ Діеппѣ до 210 футъ, въ Кале до 360 футъ; въ Гаврѣ и Гонфлёрѣ напротивъ того портовой каналъ къ устью съуживается въ первомъ портѣ до 240 футъ, а во второмъ — до 164 футъ; наконецъ въ Шербургѣ, Остенде, С^{нъ} Назерѣ и Либавѣ портовой каналъ имѣетъ на всемъ протяженіи огражденномъ молами одинаковую ширину.

Въ узкихъ портовыхъ каналахъ, огражденныхъ молами съ пологими откосами, для предупрежденія поврежденій судовъ набрасываемыхъ вѣтромъ на молы, у подошвы послѣднихъ устраиваютъ деревянные мостики изъ свай соединенныхъ насадками (Gordungswände).

Въ нѣкоторыхъ французскихъ портахъ, какъ напримѣръ въ Гравелинѣ, портовой каналъ огражденъ въ морѣ низкими парными молами, затопляемыми во время прилива. Въ этомъ случаѣ назначеніе низкихъ моловъ состоитъ только въ томъ, чтобы направлять въ море искусственное теченіе производимое въ портѣ спусками приливной воды (быстротоками) во время отлива. Въ портахъ безъ приливовъ моря, гдѣ система очищенія портоваго канала посредствомъ спуска воды во время отлива — непримѣнима, подводные парные молы рѣшительно не представляли бы никакой пользы, такъ какъ предохранить портовой каналъ отъ мор-

скихъ наносовъ, поднимаемыхъ волнами въ верхніе слои воды, молы эти не въ состояніи; между тѣмъ подводные молы представляютъ еще затрудненіе для судоходства, подвергая суда опасности наткнуться на нихъ.

При *улучшеніи устьевъ рѣкъ*, для углубленія фарватера на барѣ и облегченія прохода судовъ чрезъ баръ, устроиваютъ также иногда парные молы, выдвигая ихъ въ море на достаточную глубину и стѣсняя ими живое сѣченіе рѣки, съ цѣлью увеличенія скорости теченія. Этотъ способъ улучшенія устья рѣкъ не всегда однакоже удается, такъ какъ, продолжая устье рѣки далеко въ море, тѣмъ самымъ уменьшаютъ уклонъ рѣчнаго теченія и ослабляютъ силу его. Сверхъ того если баръ образуется отъ наносовъ складываемыхъ не одною рѣкою, но и моремъ, то берегъ у корней моловъ постепенно наростаетъ и со временемъ доходитъ до оконечностей моловъ, почему эти молы приходится вновь продолжать, достигая этимъ однакоже только кратковременнаго успѣха. Лучше всего удается улучшеніе устьевъ рѣкъ посредствомъ парныхъ моловъ въ тѣхъ случаяхъ, когда вдоль берега существуетъ постоянное и довольно сильное береговое теченіе, не приносящее однакоже въ большемъ количествѣ наносовъ съ моря на баръ, или когда на барѣ складываются только одни морскіе наносы, рѣчная же вода представляетъ чистый потокъ. Послѣдній случай встрѣчается особенно часто въ портахъ устроенныхъ при проходахъ, соединяющихъ рѣчные лиманы съ моремъ, такъ какъ рѣчная вода достигаетъ до этихъ проходовъ уже въ чистомъ состояніи, сложивши свои наносы въ лиманѣ. Въ подобномъ положеніи находится напримѣръ главный протокъ р. Одера — Свине, соединяющій лиманъ Большой Гаффъ съ моремъ и образующій портъ Свинемюнде (чер. 42). При морскихъ вѣтрахъ песокъ, вгоняемый въ протокъ Свине волнами и обратнымъ теченіемъ, складывается не только при устьѣ протока, но поднимается и выше до самаго начала протока, т. е. до гаффа, но съ прекращеніемъ морскихъ вѣт-

ровъ, вода съ значительной скоростью изливается изъ гаффа въ море чрезъ протокъ съуженный молами, вынося въ море сложившіеся наносы. Криволинейное направленіе приданное парнымъ моламъ, отбрасывая теченіе къ вогнутому молу еще увеличиваетъ глубину у этого послѣдняго, но въ тоже время оставляетъ нетронутыми наносы, сложившіеся у выпуклаго мола. Первоначальная глубина въ протокѣ доходила до 7 или $7^1/_2$ футъ, теперь же увеличилась до 20 и 21 фута и сохраняется въ этомъ положеніи уже 40 лѣтъ по окончаніи устройства моловъ. Впрочемъ и здѣсь берегъ, со времени устройства моловъ, выдвинулся значительно въ море, такъ что линія двухъ-саженной глубины находится нынѣ на разстояніи не болѣе 350 саженъ отъ головы восточнаго мола, но пока еще это наростаніе берега не представляетъ затрудненія для входа и выхода судовъ.

Успѣхъ улучшенія устья Сулинскаго гирла р. Дуная двумя параллельными молами, изъ коихъ сѣверный (длиною 4640 футъ) выведенъ до линіи 16 футовой глубины, а южный оканчивается на 650 футъ ближе къ берегу, объясняется береговымъ теченіемъ, которое увлекаетъ къ югу наносы, сложившіеся у устья гирла и разбиваемые частыми сѣверовосточными бурями. Въ самомъ же гирлѣ и въ части его огражденной молами наносы не могутъ складываться вслѣдствіе усиленнаго теченія рѣки съуженной молами до 600 футъ. Но и въ этомъ случаѣ, по мѣрѣ того какъ будетъ наростать и выдвигаться берегъ, и береговое теченіе у оконечностей моловъ вслѣдствіе того будетъ ослабляться, придется молы снова выдвигать въ море.

Направленіе парныхъ моловъ, проводящихъ устье рѣки чрезъ баръ, зависитъ вообще отъ причинъ образованія бара и положенія самаго устья рѣки. Если баръ образуется преимущественно отъ наносовъ увлекаемыхъ береговымъ морскимъ теченіемъ, воды же рѣки довольно чисты, то можетъ оказаться успѣшнѣе наклонить молы въ сторону береговаго теченія, для того чтобы от-

бросить это теченіе далѣе отъ берега, если же баръ образуется почти исключительно изъ рѣчныхъ наносовъ, то полезнѣе отклонить устье рѣки по направленію береговаго теченія, для того чтобы не ослаблять силы этого теченія, увлекающаго рѣчные наносы съ бара. Въ послѣднемъ случаѣ оконечности мола, обращеннаго къ береговому теченію можно дать направленіе вогнутое относительно оси устья, и выдвинуть этотъ молъ въ море нѣсколько длиннѣе другаго мола. Впрочемъ общее направленіе устья рѣки и направленіе свѣжихъ вѣтровъ и сильныхъ волнъ могутъ заставить отступить отъ этихъ правилъ, такъ какъ во всякомъ случаѣ необходимо устранить возможность сильнымъ волненіямъ вгонять наносы въ устье рѣки.

Парные молы, выводящіе въ море на достаточную глубину морскіе каналы устроенные въ обходъ устья рѣки, или для соединенія двухъ морей, подчиняются тѣмъ же соображеніямъ относительно направленія и системы устройства, какъ и парные молы, выводящіе рѣки чрезъ баръ. Если устье рѣки представляетъ большія извилины, то его можно въ нѣкоторыхъ случаяхъ спрямить посредствомъ канала, при чемъ увеличатся уклонъ и скорость теченія, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшится и опасность обмелѣнія устья.

Иногда, не надѣясь на успѣхъ улучшенія устья рѣки посредствомъ сплошныхъ парныхъ моловъ, прибѣгаютъ къ устройству сквозныхъ моловъ, для того чтобы усилить береговое теченіе сжатіемъ его въ пустотахъ сквозныхъ моловъ и дать волнамъ доступъ къ фарватеру въ видѣ частыхъ, хотя и не сильныхъ водоворотовъ, образующихся отъ ударовъ волнъ о сплошныя части моловъ. Водовороты эти не дозволяютъ пескамъ осѣдать на самомъ фарватерѣ, а между тѣмъ береговое теченіе уноситъ нѣкоторую часть этихъ песковъ въ сторону чрезъ пустоты сквозныхъ моловъ и осаждаетъ пески уже позади моловъ, гдѣ теченіе встрѣчаетъ относительно неподвижную массу воды. Также и полыя воды рѣки, разливаясь въ обѣ стороны чрезъ сквозные мо-

лы, производятъ водовороты, которые отбрасываютъ поднятый ими песокъ въ наружную сторону моловъ.

Подобная система улучшенія была примѣнена съ удовлетворительнымъ успѣхомъ инженеромъ Росси въ бывшемъ неаполитанскомъ королевствѣ, въ устьѣ рѣки Реджіи-Ланьи [1]), и въ настоящее время примѣняется въ устьѣ р. Адура въ Байоннѣ, гдѣ сплошные парные молы оказались безъуспѣшными [2]).

Что касается до употребленія землечерпательныхъ машинъ и подводныхъ грабель для увеличенія глубины въ устьяхъ рѣкъ, портовыхъ каналахъ и проходахъ въ гавани и на рейды, то объ этомъ предметѣ будутъ сообщены свѣдѣнія въ главѣ о предохраненіи портовъ отъ обмелѣнія.

Въ рѣчныхъ портахъ, гдѣ суда пристаютъ непосредственно къ рѣчнымъ набережнымъ, во время ледохода суда были бы подвержены нѣкоторой опасности поврежденій отъ льда, поэтому въ такихъ портахъ устроиваютъ иногда особыя *зимнія гавани*. Съ этою цѣлью, или пользуются уже существующимъ боковымъ рукавомъ рѣки, который со стороны теченія отдѣляютъ отъ рѣки палами, или нарочно уширяютъ въ какомъ нибудь мѣстѣ рѣку и уширенную часть ограждаютъ отъ льда рядомъ свай или палъ, а иногда и моломъ, оставляя сообщеніе съ рѣкою ближе къ устью послѣдней. Такимъ образомъ устроены зимнія гавани въ прусскомъ портѣ Стольпмюнде и у насъ въ Виндавѣ. Въ Свинемюнде зимнею гаванью служитъ западный рукавъ рѣки у города, образуемый островомъ Грюненъ-флэхе. Иногда также для защиты судовъ отъ льда укрѣпляютъ пловучіе боны между палами, сзади которыхъ становятся суда.

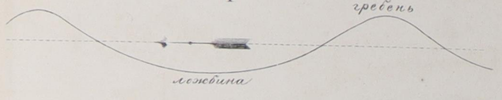
---

1) Annales des ponts et chaussées 1853. Sem. 1. p. 289, статья Баумгартена.

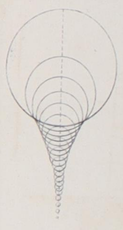
2) Нѣкоторыя свѣдѣнія о работахъ въ устьѣ р. Адура можно найти въ 37 томѣ Журнала Г. У. Путей Сообщенія 1862 г. стр. 205 въ статьѣ г. Шаврова «о происхожденіи баровъ», также въ Annales des Ponts et Chaussées 1858. S. 2, p. 240, въ статьѣ Віоннуа.

Въ заключеніе приведенныхъ здѣсь общихъ соображеній объ устройствѣ морскихъ портовъ считаемъ необходимымъ замѣтить, что портъ въ томъ или другомъ мѣстѣ морскаго берега почти никогда не возникаетъ сразу во всемъ своемъ составѣ. Первоначально мореплаватели, иногда даже рыбаки, открываютъ въ какой нибудь бухтѣ или лиманѣ убѣжище для судовъ въ бурю. Мало по малу въ такихъ мѣстахъ образуется поселеніе, суда заходятъ все чаще и чаще, начинается обмѣнъ и продажа произведеній, поселеніе обращается въ портовой городъ, и при помощи искусственныхъ сооруженій стоянка судовъ значительно улучшается. Такимъ образомъ составляются гавани, прилегающая же къ нимъ часть морской бухты служитъ для судовъ естественнымъ рейдомъ. Съ постепеннымъ развитіемъ судоходства является потребность въ дальнѣйшихъ улучшеніяхъ, и если рейдъ не вполнѣ укрытый, то принимаютъ мѣры къ его защитѣ отъ волненія и вѣтровъ посредствомъ рейдовыхъ сооруженій. Такова исторія бо́льшей части морскихъ портовъ; что же касается до портовъ въ устьяхъ рѣкъ, то они возникаютъ уже не съ цѣлью укрытія проходящихъ судовъ, а вслѣдствіе естественныхъ торговыхъ потребностей, для передачи и обмѣна произведеній доставляемыхъ рѣкою.

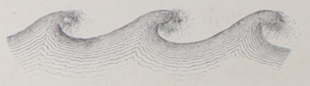
Черт. 1.



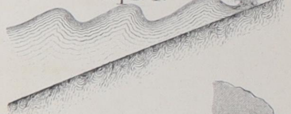
Черт. 2.



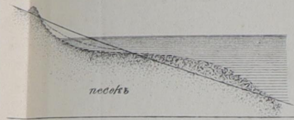
Черт. 3.



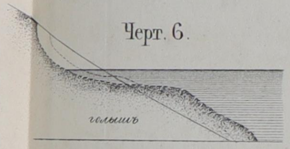
Черт. 4.



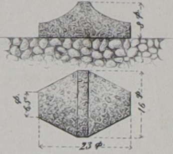
Черт. 5.



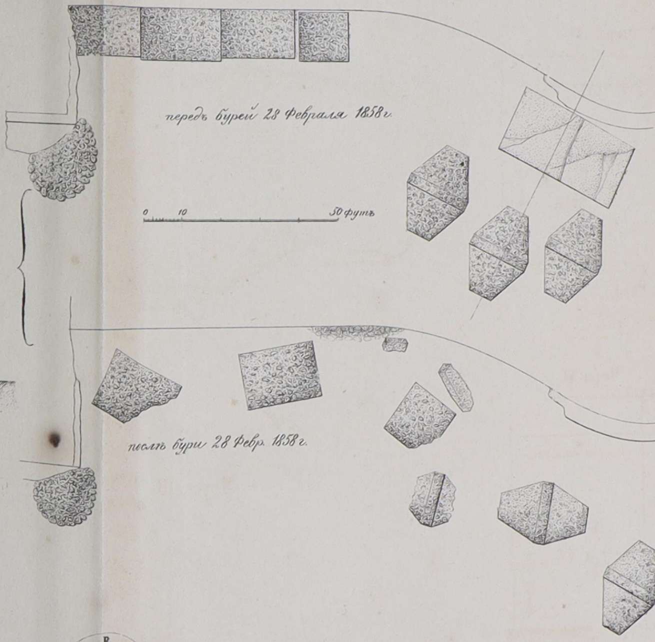
Черт. 6.



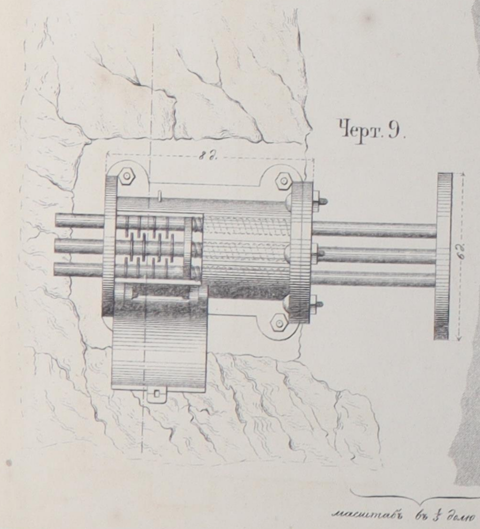
Черт. 7



Черт. 8.

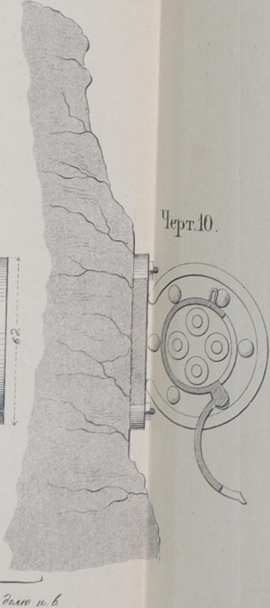


Черт. 9.

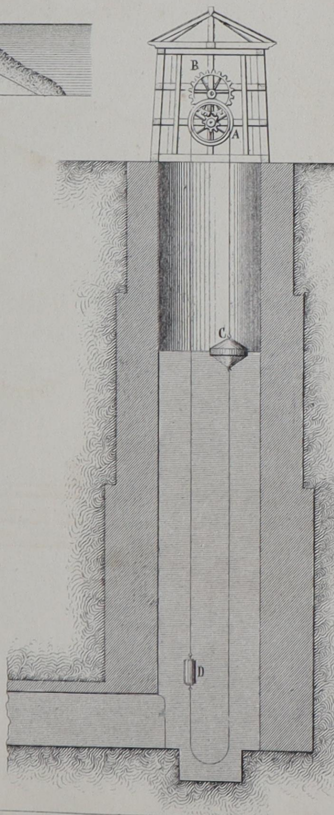


масштабъ въ 1/8 долю н. в.

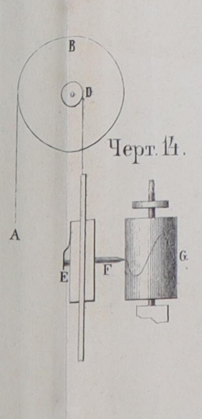
Черт. 10.



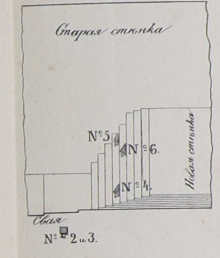
Черт. 13.



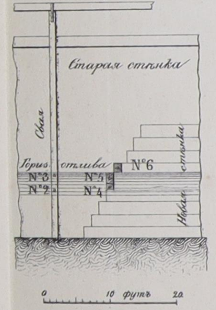
Черт. 14.



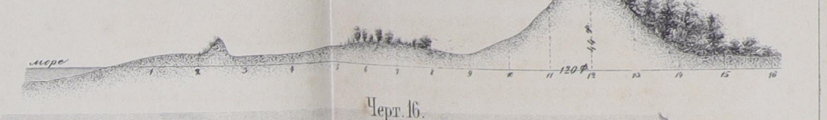
Черт. 11.



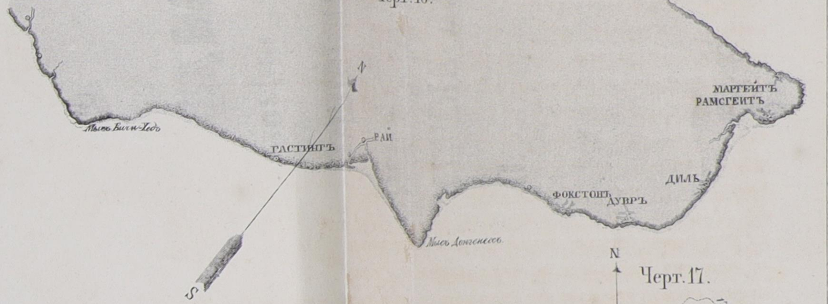
Черт. 12.



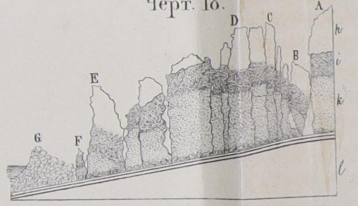
Черт. 19.



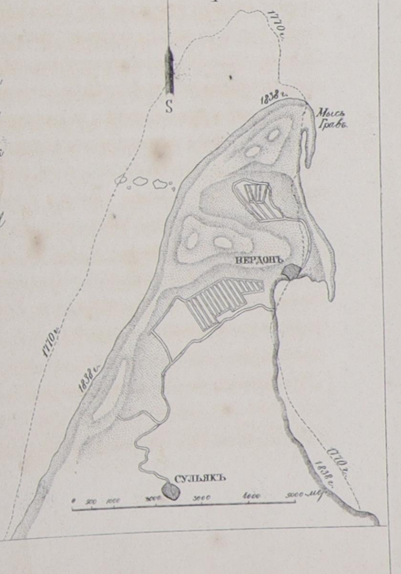
Черт. 16.



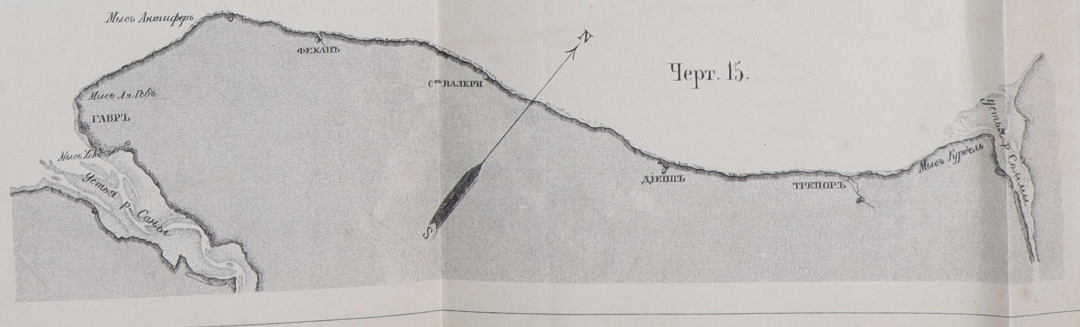
Черт. 18.



Черт. 17.



Черт. 15.



Черт. 20.

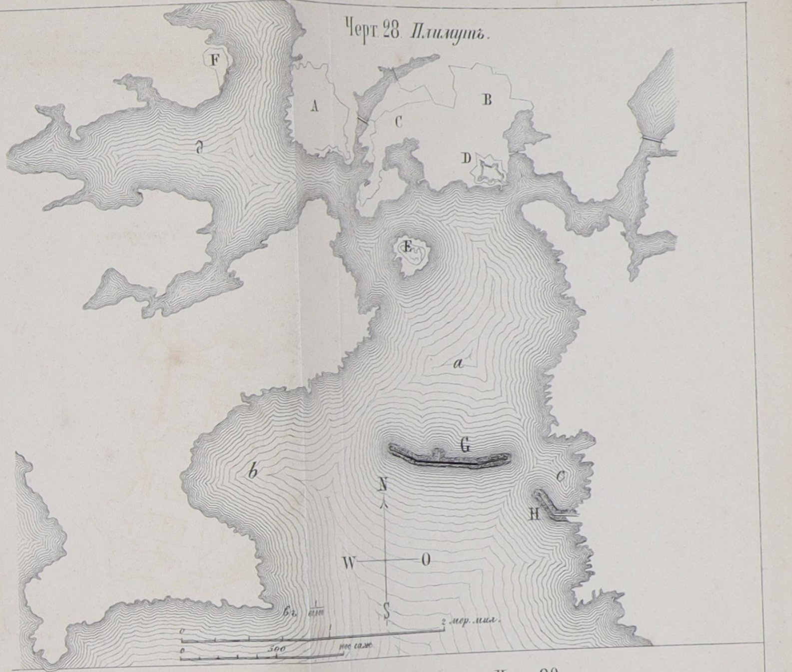
Черт. 21.

Черт. 23

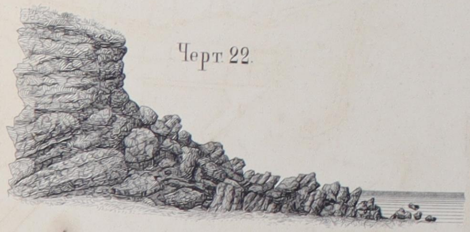
Черт. 25.

Шербургъ.

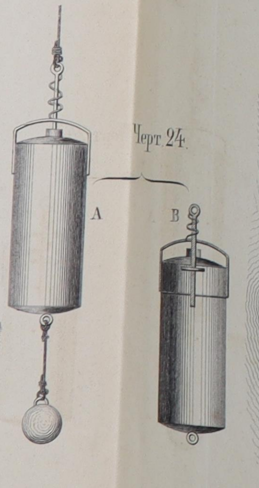
Черт. 28. Плимутъ.



Черт. 22.

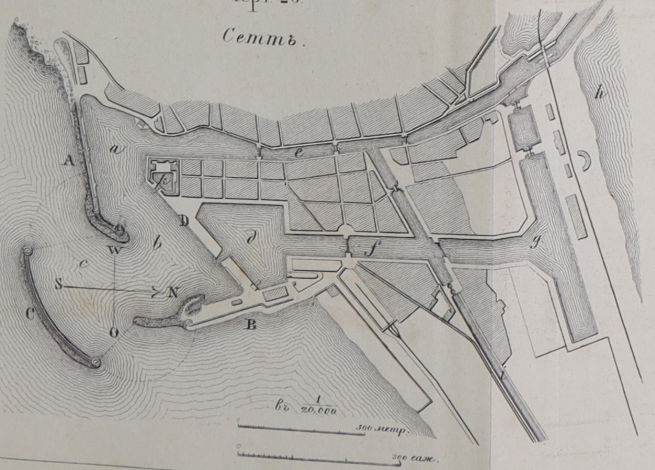


Черт. 24.



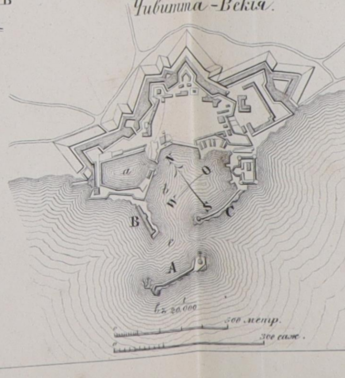
Черт. 26.

Сеттъ.



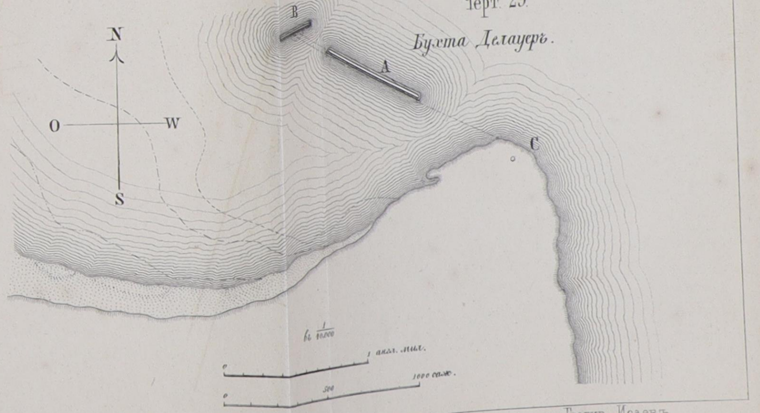
Черт. 27.

Чивитта-Вскія.



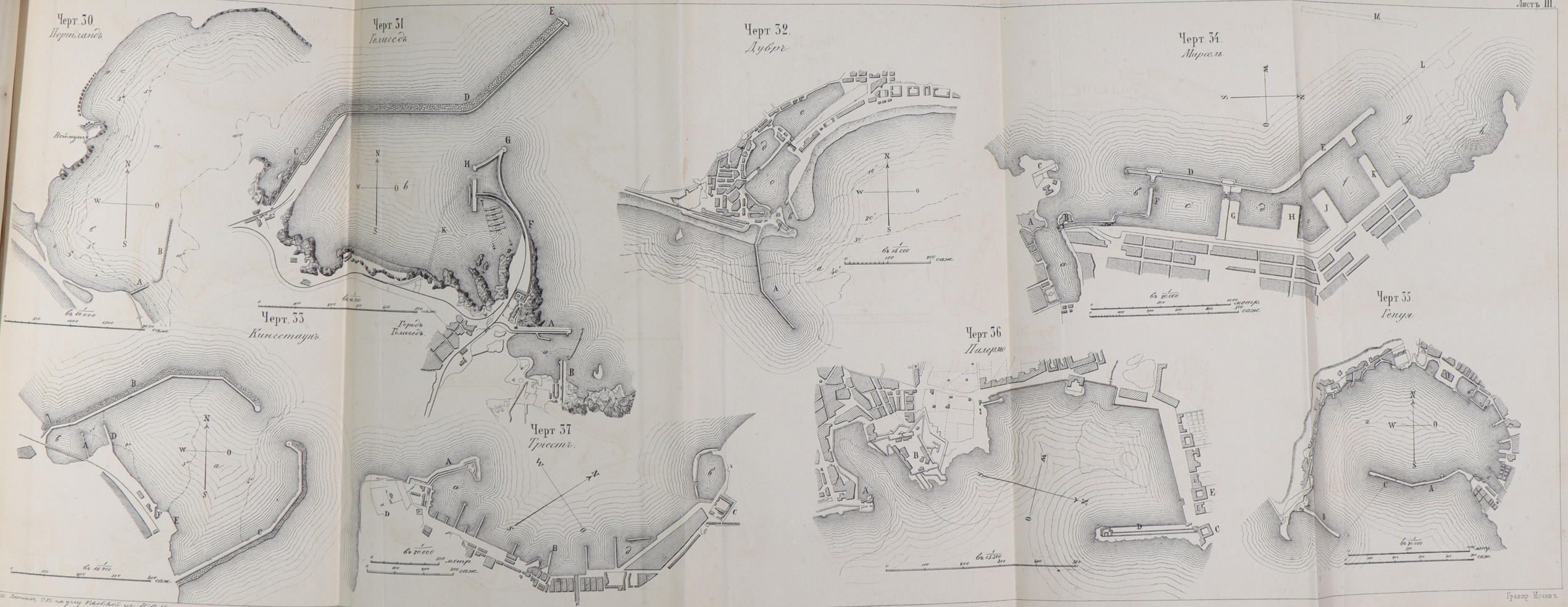
Черт. 29.

Бухта Делауэръ.



Лит. И. Лапшинъ, С.П. на углу Псковской ул. № 10-15.

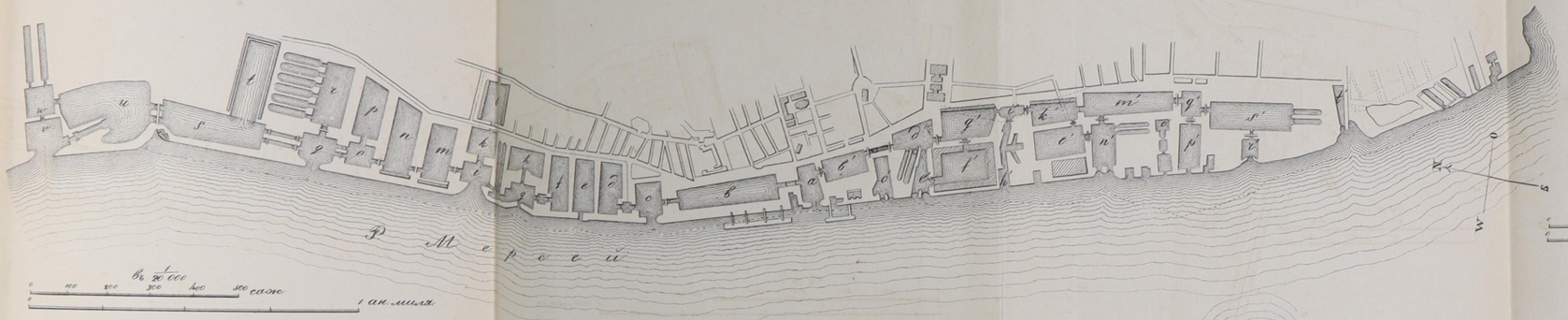
Гравир. Исаевъ.



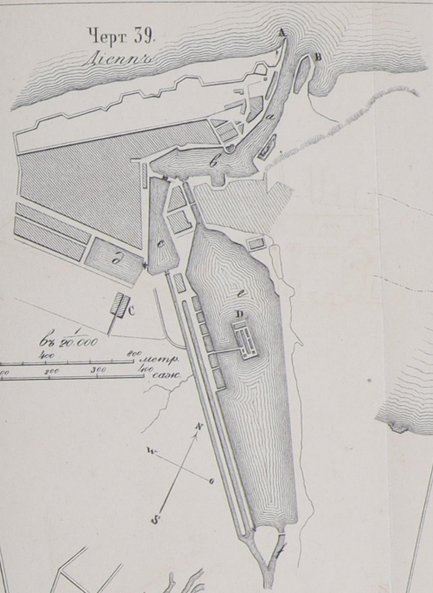
И. Хасинъ, С.П. на углу Псковской ул. № 10-15.

Гравир. Исаевъ

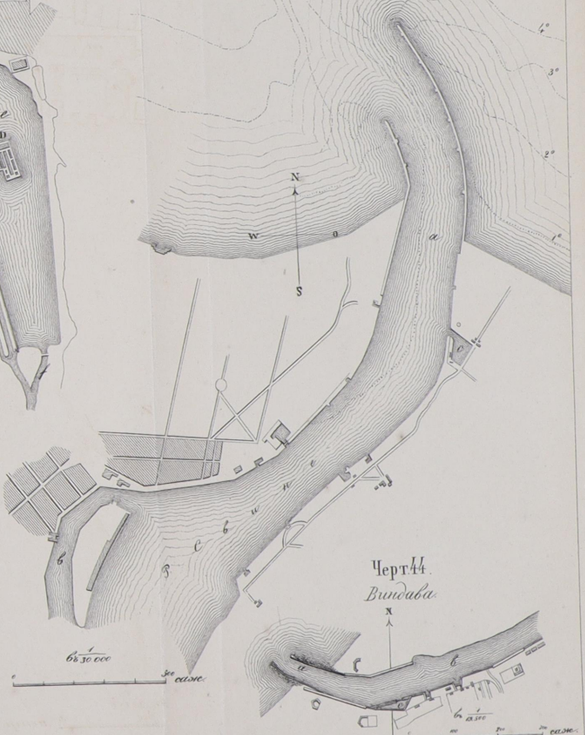
Черт 38.
Ливерпуль.



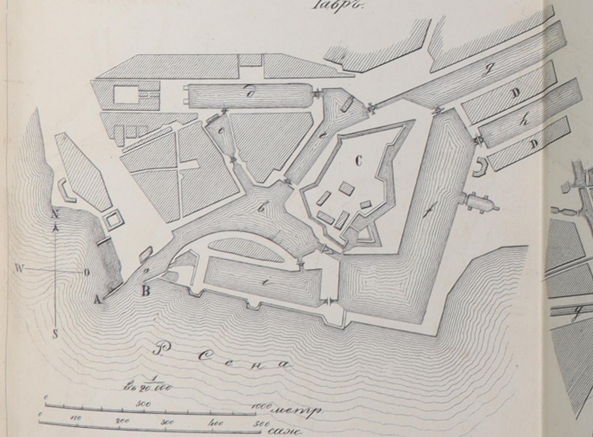
Черт 39.
Дьепъ.



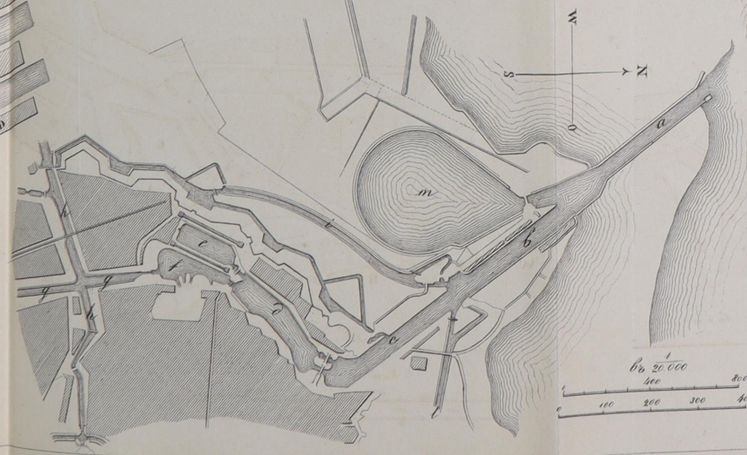
Черт 42.
Свинемюнде.



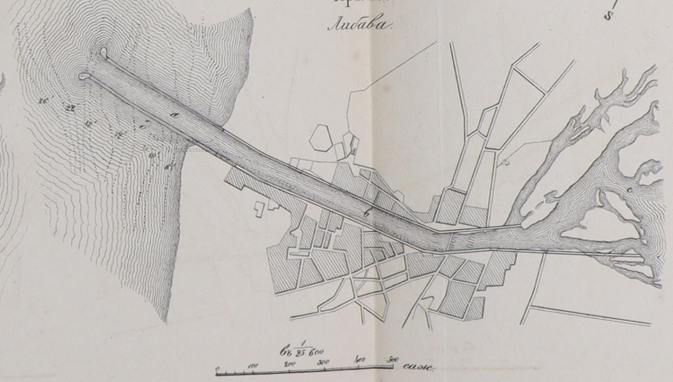
Черт 40.
Гавръ.



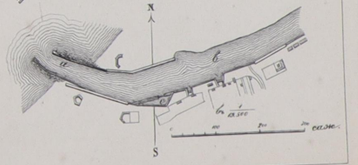
Черт 41.
Дюнкирхенъ.



Черт 43.
Либава.

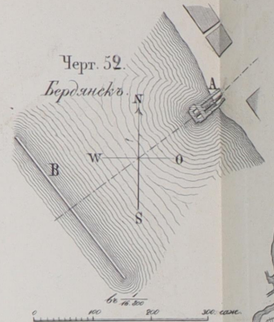


Черт 44.
Виндава.

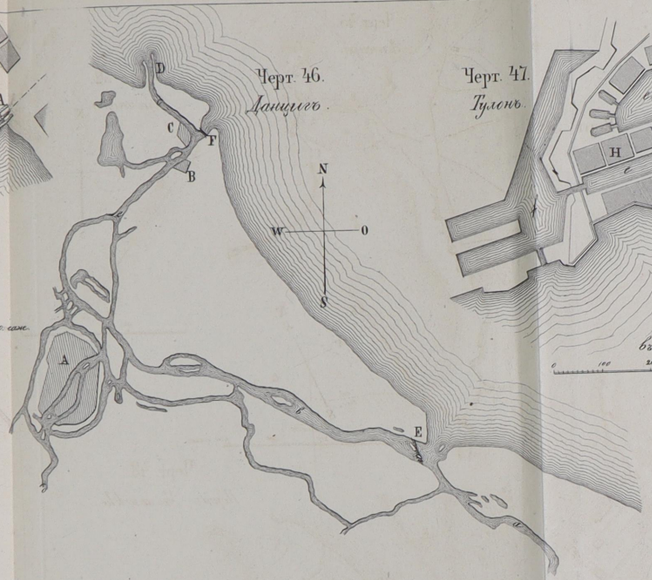


Черт. 45.
Алжиръ

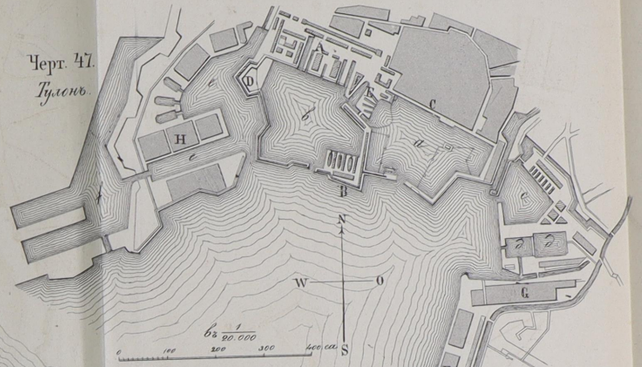
Черт. 32.
Бердянскъ



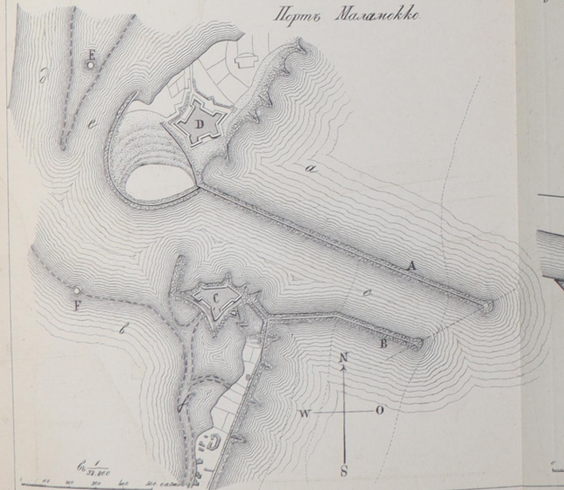
Черт. 46.
Данцигъ



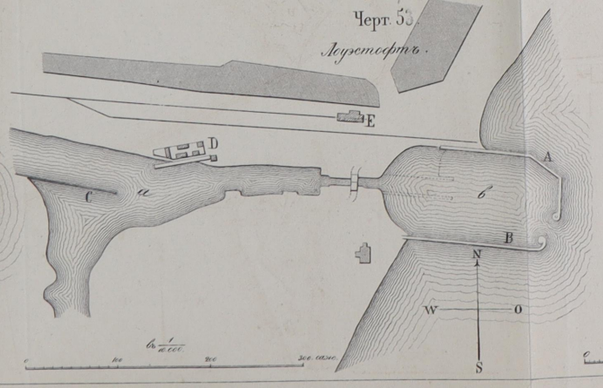
Черт. 47.
Тулонъ



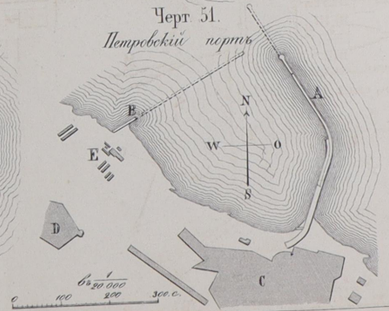
Черт. 48.
Портъ Маланкке

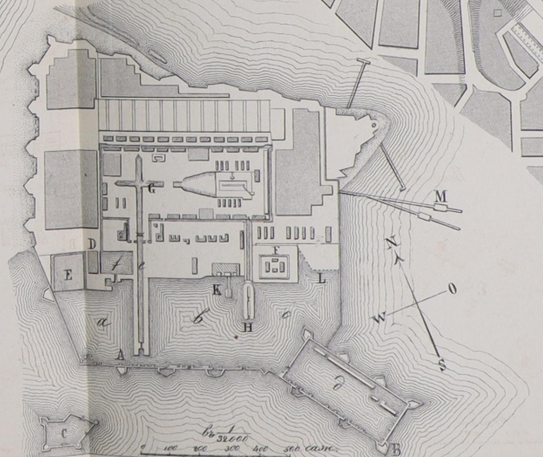


Черт. 35.
Лоріентъ



Черт. 51.
Петровскій портъ



Черт. 50.
Одесса

Черт. 49.
Кронштадтъ