

62782

H-42

УСТРОЙСТВО
ПЛОТИНЪ

ВЪ ТРЕХЪ ЧАСТЯХЪ.

СЪ АТЛАСОМЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

СОСТАВИЛЪ

Д. Д. НЕЕЛОВЪ.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія М. М. Стасюлевича. Вас. Остр., 2 лин., 7.

1884

2016

У 627.82
626.4
Н-42

УСТРОЙСТВО

ПЛОТИНЪ

ВЪ ТРЕХЪ ЧАСТЯХЪ.

СЪ АТЛАСОМЪ ЧЕРТЕЖЕЙ.

СОСТАВИЛЪ

Д. Д. НЕЕЛОВЪ.

2016

Параметризованная
система

проверено
1986 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія М. М. Стасюлевича. Вас. Остр., 2 лин., 7.

1884.



(532)

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Опытъ деревенской жизни привелъ насъ къ необходимости заняться изученіемъ устройства плотинъ; а это изученіе указало намъ на крайнюю необходимость для нашихъ сельскихъ хозяевъ и заводчиковъ, имѣть возможно полное руководство по этому предмету, изложенное, притомъ, въ формахъ доступныхъ для пользованія большинства сельскихъ хозяевъ.

На русскомъ языкѣ существуетъ одно довольно полное сочиненіе объ устройствѣ плотинъ, но изданное не отдѣльно, а находящееся въ №№ 1, 2, 3, 4 и 5 „Горнаго Журнала“ за 1856 годъ, подъ заглавіемъ: „*О гидравлическомъ горнозаводскомъ хозяйствѣ, съ описаніемъ устройствъ въ немъ употребляемыхъ*“, подполковника *Рожкова*. Это безъ сомнѣнія самый капитальный и полный трудъ, относящійся до устройства плотинъ на русскомъ языкѣ, но касающійся, въ технической части, устройства по преимуществу большихъ заводскихъ плотинъ по системѣ принятой на Уралѣ, и все-таки мало доступный для нашихъ сельскихъ хозяевъ, какъ потому что онъ не изданъ отдѣльно, такъ и потому, что требуетъ отъ читателя основательныхъ и довольно обширныхъ познаній въ математикѣ и механикѣ. То же самое можно сказать о многихъ другихъ статьяхъ того же автора и по тому же предмету, напечатанныхъ за разное время въ Горномъ Журналѣ (см. библиографію).

Другое, хотя и отдѣльно изданное, сочиненіе: „Объ устройствѣ водохранилищъ въ степяхъ юга Россіи“ г. *Палимпсестова*, согласно заглавію, рассматриваетъ болѣе подробно специальный вопросъ о водохранилищахъ и касается собственно устройства плотинъ, и въ особености водоспусковъ, уже слишкомъ неполно и поверхностно ¹⁾.

1) Мы имѣемъ очень дурно литографированныя, но превосходно составленные записки, представляющія практическое руководство для устройства плотинъ, военного

Есть нѣсколько статей о плотинахъ, разбросанныхъ въ разныхъ спеціальныхъ журналахъ и сочиненіяхъ, относящихся къ сельскому хозяйству или устройству мельницъ. Такъ на примѣръ, о постройкѣ плотинъ и прорѣзовъ въ Гороблагодатскомъ округѣ г. *Нейбера*, въ Горномъ Журналѣ (1854 г., № 1); статьи о плотинахъ *Севастьянова*, *Андреева*, *Палибина*, *Глушинскаго* и др. въ Журналѣ Путей Сообщенія; статьи о плотинахъ г. *Гаусмана* въ Инженерномъ Журналѣ. Въ статьѣ объ устройствѣ мукомольныхъ мельницъ *Ф. Майери*, удѣлено нѣсколько страницъ и устройству плотинъ (Полное собраніе сочиненій, Москва, 1851 г., т. II); нѣсколько словъ объ устройствѣ плотинъ въ сочиненіи *В. Соколова*: „Руководство къ устройству мельницъ“, 1851 г.; нѣсколько полнѣе объ устройствѣ плотинъ въ сочиненіи: „Мельникъ-Механикъ“ г. *Евстигнѣева*, 1873 г., а также въ сочиненіи: „Общепонятное руководство къ устройству мукомольныхъ мельницъ“ *В. В. Лисарева*, С.-Петербургъ, 1860 г. и др.

Изъ этихъ статей есть много капитальныхъ, какъ г. *Нейбера*, чрезвычайно практичныхъ и полезныхъ для сельскихъ хозяевъ, какъ напр. статьи гг. *Майера* и *Гаусмана*; но хозяевамъ, живущимъ въ деревняхъ, весьма трудно пользоваться подобнымъ матеріаломъ, вслѣдствіе его разбросанности въ разныхъ спеціальныхъ журналахъ и отдѣльныхъ сочиненіяхъ, не относящихся непосредственно къ устройству плотинъ.

На первый взглядъ можетъ показаться страннымъ, что у насъ такъ мало сочиненій по устройству собственно плотинъ, и ни одного, сколько-нибудь полнаго сочиненія этого рода, написаннаго собственно специалистами-инженерами. Но это объясняется весьма естественно тѣмъ, что устройство плотинъ, для инженера, есть только небольшая спеціальная работа, изъ цѣлаго обширнаго ряда строительныхъ работъ, и потому инженеры занимались лишь тѣми сторонами плотинъ, которыя представляли въ себѣ, или новую идею, или особый приѣмъ въ примѣненіи строительнаго искусства вообще. Притомъ въ практикѣ большинства нашихъ инженеровъ этого рода сооруженія встрѣчаются довольно рѣдко.

инженера, генераль-маіора К. Ф. Гаусмана (завѣдывавшаго гидротехническими сооружениями въ техническихъ заведеніяхъ артиллерійскаго вѣдомства) и составляющія курсъ строительнаго училища по устройству плотинъ. Но къ сожалѣнію, онѣ не напечатаны и потому ими трудно пользоваться. Между тѣмъ онѣ могли бы принести огромную пользу нашимъ сельскимъ хозяевамъ, какъ составленныя чрезвычайно практично, какъ и все, что выходило изъ-подъ пера этого уважаемаго автора, котораго можно было считать у насъ специалистомъ по устройству плотинъ.

Но кому именно необходимо полное руководство къ устройству плотинъ, такъ это сельскимъ хозяевамъ и заводчикамъ, которымъ часто приходится имѣть дѣло съ плотинами. Приглашать инженеровъ для возведенія заводскихъ, а тѣмъ болѣе сельскихъ плотинъ, дѣло почти невозможное, по крайней мѣрѣ для огромнаго большинства сельскихъ хозяевъ; почему имъ и приходится поручать устройство плотинъ случайнымъ плотиннымъ мастерамъ, или прудникамъ, которые берутся устроить плотины имѣя лишь совершенно рутинныя свѣдѣнія по этой части; но въ настоящее время и этого рода люди, какъ вообще мастера по разнаго рода ремесламъ, напримѣръ, печному, столярному и т. п. встрѣчаются въ деревняхъ все рѣже и рѣже.

Намъ случалось встрѣчать опытныхъ и довольно искусныхъ плотинныхъ мастеровъ и механиковъ, изъ крестьянъ, которымъ были извѣстны хорошіе техническіе приемы при устройствѣ плотинъ и мельницъ; но эти приемы, какъ мы узнали, были заимствованы ими случайно отъ нѣмцевъ-управляющихъ, которые были знакомы съ сооруженіями этого рода. Такъ лучшій изъ нихъ, котораго мы знали, заимствовалъ свои свѣдѣнія и опытность находясь на работахъ подъ руководствомъ извѣстнаго сельскаго хозяина *Ф. Х. Майера*, завѣдывавшаго въ Тульской губерніи имѣніями гг. Шатловыхъ. Въ настоящее же время, въ нашемъ околедѣ, между четырьмя уѣздами: Смоленскимъ, Рославльскимъ, Краснинскимъ и Ельнинскимъ, не слышно ни объ одномъ опытномъ плотинномъ мастерѣ.

До какой степени для устройства плотинъ сельскіе хозяева не обращаются къ инженерамъ, мы можемъ указать на извѣстный намъ примѣръ, что для устройства весьма небольшой плотины и водоспуска, въ одномъ очень обширномъ имѣніи подъ Петербургомъ, былъ приглашенъ плотинный мастеръ, простой крестьянинъ, изъ Орловской губерніи; тогда какъ средства и положеніе владѣльца позволяли обратиться къ самымъ извѣстнымъ инженерамъ и специалистамъ столицы.

Такимъ образомъ относительно устройства плотинъ сельскіе хозяева и заводчики бываютъ часто поставлены въ весьма затруднительное положеніе, вслѣдствіе недостатка лицъ, хотя рутиннымъ образомъ опытныхъ въ этомъ дѣлѣ. Краткое руководство къ устройству плотинъ, по нашему мнѣнію, не много помогло бы имъ, такъ какъ нужно, до извѣстной степени, самому быть техникомъ, чтобы умѣть обращаться на дѣлѣ съ краткими руководствами. Такъ напримѣръ, есть много памятныхъ и вспомогательныхъ книгъ для инженеровъ и строителей, но въ большинствѣ изъ нихъ ничего нельзя найти непосредственно касаю-

щагося до устройства плотинъ; притомъ, чтобы пользоваться этими книгами необходимо нужно имѣть, въ извѣстной степени, научную и техническую подготовку. Наконецъ не всякій сельскій хозяинъ и заводчикъ въ состояніи имѣть достаточную спеціальную бібліотеку, особенно въ виду разбросанности, какъ мы видѣли, печатнаго матеріала, касающагося устройства плотинъ.

Всѣ эти соображенія побудили насъ къ составленію полнаго руководства къ устройству плотинъ, которое могло бы отвѣчать, по возможности, на всѣ вопросы, встрѣчающіеся хозяину или заводчику при устройствѣ этого рода сооружений. Если и не самъ хозяинъ будетъ руководить производствомъ работъ, то предлагаемое нами сочиненіе можетъ навести его на мысли и на вопросы, на которые онъ долженъ обратить свое особенное вниманіе и дозволить ему слѣдить за исполненіемъ дѣла вполне сознательно, а слѣдовательно понимать и замѣчать во время допущенные строителемъ ошибки или недостатки.

Предлагаемый нами трудъ раздѣленъ на три части: *въ первой*—излагаются общіе вопросы относящіеся до плотинъ, законы давленія и движенія воды и главные свойства рѣкъ по отношенію къ плотинамъ. *Во второй*—излагаются свойства матеріаловъ и ихъ употребленіе при устройствѣ плотинъ; особыя работы, какъ земляныя, каменные, плотничьи, фашинные и бойка свай, чаще употребляемыя при сооруженіи плотинъ и водоспусковъ; сопротивленіе, или прочность, матеріаловъ и земляныхъ массъ, касающіеся устойчивости и слѣдовательно размѣровъ, профилей и прочности самыхъ плотинъ. *Въ третьей*—описываются разнаго рода плотины и ихъ составныя части и излагаются техническіе приемы для ихъ проектированія, дѣйствительнаго исполненія и дальнѣйшаго содержанія ихъ въ порядкѣ. Наконецъ въ *приложеніяхъ*—заключаются различныя дополнительные свѣдѣнія, вспомогательныя данныя и таблицы и различныя, по преимуществу теоретическія, примѣчанія къ тексту, собственно для тѣхъ, кто пожелалъ бы ближе ознакомиться съ основаніями, на которыя въ текстѣ указывается какъ на правила даваемыя теоріею.

Настоящій трудъ, конечно, не составляетъ что-либо оригинальное; мы въ немъ не предлагаемъ ничего новаго, а излагаемъ лишь то, что считаемъ практичнымъ и полезнымъ, заимствуя указанія отъ специалистовъ и сводя разбросанный матеріалъ въ одно цѣлое. Намъ здѣсь принадлежатъ, слѣдовательно, лишь форма и изложеніе; но такъ какъ намъ приходилось устраивать не одну плотину и не одинъ водоспускъ, то мы вносимъ въ этотъ трудъ, отчасти, и нѣкоторую долю нашей личной опытности.

Въ вѣкъ паровыхъ машинъ можетъ представиться вопросъ, современенъ ли подобный трудъ? Мы думаемъ что современенъ и вотъ по какимъ причинамъ: 1) уничтоженіе крѣпостнаго права дѣлаетъ для сельскихъ хозяевъ устройство плотинъ болѣе затруднительнымъ и болѣе дорогимъ; поэтому имъ приходится отказываться отъ способовъ устройства плотинъ, какъ мы ихъ назвали, *непрочной пружки*, и обращаться къ способамъ устройства болѣе благонадежнымъ, указываемымъ правилами строительнаго искусства. Прежде можно было *чинить* плотину, не только весной и осенью, но въ теченіе цѣлаго лѣта. Обращая на это дѣло часть барщинной работы; теперь же за всякую починку нужно платить деньги, да иногда и за деньги не получить рабочихъ. А потому волею-не-волею приходится устраивать плотины основательнѣе и прочнѣе; 2) развитіе сѣти желѣзныхъ дорогъ и пароходства, *требуетъ* огромнаго количества топлива, ведетъ къ безпощадному истребленію лѣсовъ и вздоржанію горючаго матеріала; а потому фабриканты и заводчики вынуждены будутъ обращаться и уже обращаются, къ гидравлическимъ двигателямъ, какъ гораздо дешевѣйшимъ сравнительно съ паровыми, и наконецъ, 3) механическое значеніе естественныхъ и искусственныхъ водопадовъ должно значительно увеличиться, вслѣдствіе недавно найденной возможности передавать, съ значительной выгодой, ихъ механическую работу на большое разстояніе, превращеніемъ ея въ электричество, а этого послѣдняго опять въ механическую работу, помощью электровозбудительныхъ машинъ и металлическихъ проводниковъ. Этимъ способомъ во Франціи, въ маѣ 1879 г., уже было вспахано поле двигателемъ, находившимся на значительномъ разстояніи отъ этого поля ¹⁾. Американскіе инженеры уже помышляютъ о томъ, чтобы заставить Ніагарскій водопадъ работать въ Нью-Йоркѣ. Конечно, это еще только первые опыты, и въ настоящемъ состояніи этого дѣла его нельзя считать практически исполнѣ разрѣшеннымъ; но разъ указана возможность передачи механической работы посредствомъ электричества на значительное разстояніе, безъ сомнѣнія техника не замедлитъ найти болѣе выгодное и болѣе практическое разрѣшеніе этого вопроса.

Д. Нееловъ.

26-го августа 1883 года.

¹⁾ Revue industrielle, № 21. 28 Mai, 1879. См. приложение I.

БИБЛІОГРАФІЯ.

При составленіи настоящаго труда, мы пользовались слѣдующими сочиненіями и статьями, напечатанными въ различныхъ специальныхъ журналахъ:

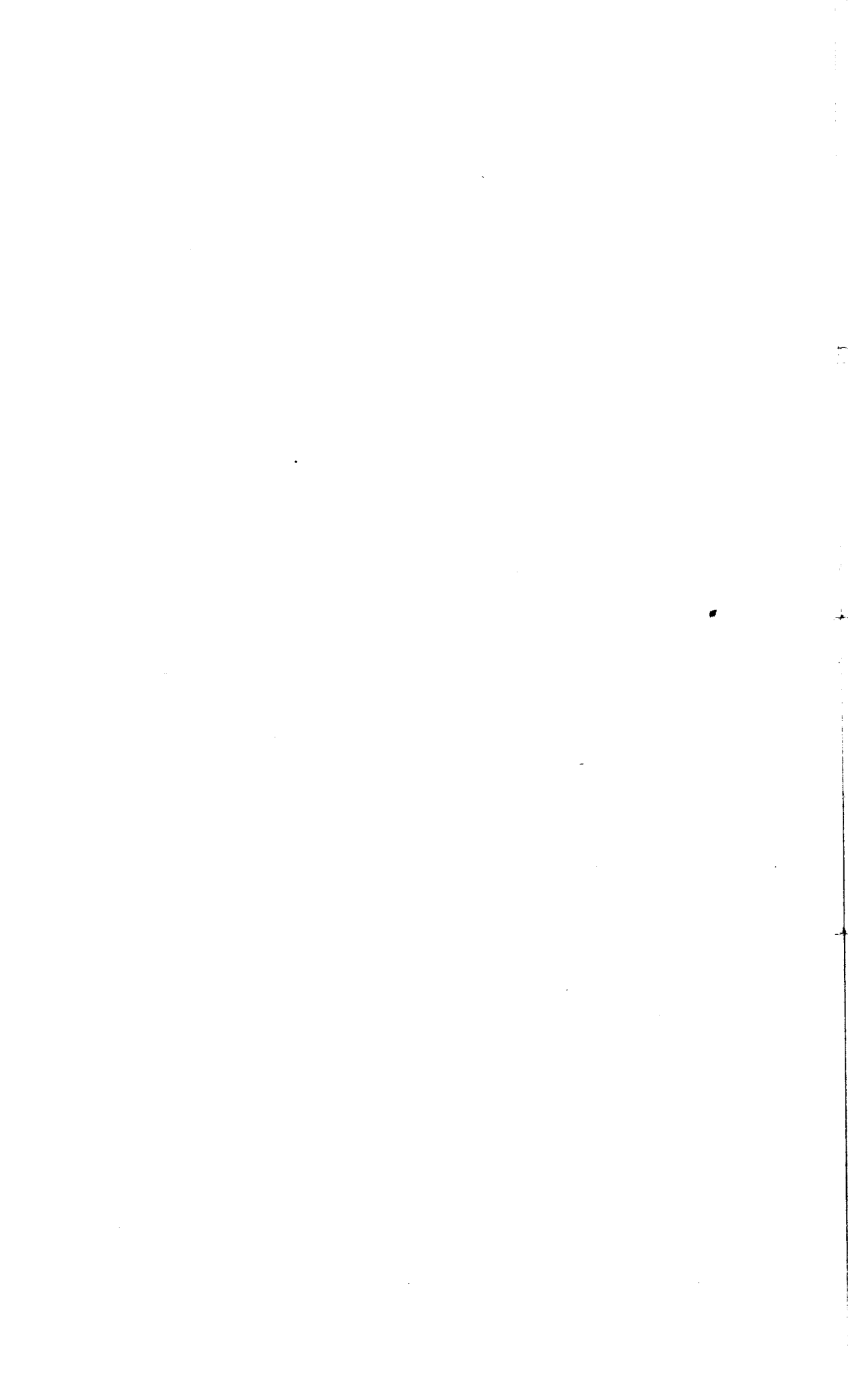
1. Architecture hydraulique. par *M. Bélidor*. Paris. 1737—1753, 4 v. in 4°.
2. Traité élémentaire de construction. par *Borgnis*. Paris. 1823. 1 v. in 4°.
3. L'art de bâtir par *Rondellet*. Paris. 1842. 5 v. in 4° neuv. edit.
4. Руководство для инженеровъ-строителей. *Ренкина*. Перев. съ англ. П. Андреевъ. С.-Петербургъ, 1870 г.
5. Строительное искусство. *П. Усова*, въ 5 частяхъ. С.-Петербургъ. 1859 г.
6. Основанія и фундаменты. *Карловича*. С.-Петербургъ. 1869 г.
7. Строительное искусство. Печатныя лекціи профессора Института Путей Сообщенія *К. К. Кокоецева*. С.-Петербургъ. 1880—1881 г.
8. Водяныя сообщенія. Печатныя лекціи профессора Инст. Пут. Сообщенія *И. Глушинскаго*. С.-Петербургъ. 1881 г.
9. Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ. *Г. Герсевича*. С.-Петербургъ. 1861 г.
10. Manuel de l'ingenieur des ponts et chaussées, par *A. Debauxve*. Paris. 1878 г.
11. Устройство водопроводовъ. *А. Штукенберга*. Изд. 2-е. С.-Петербургъ. 1878.
12. Урочное положеніе для строительныхъ работъ. Высочайше утвержденное 17 апрѣля 1869 г. С.-Петербургъ. 1870 г.
13. Formules tables et renseignements pratiques, par *Claudel*. 4-e édition. Paris. 1857 г.
14. Данныя для постройки машинъ *Редтенбахера*, перев. Липскаго. С.-Петербургъ. 1862 г.
15. Справочная книга для инженеровъ, механиковъ и техниковъ. *Усова*. С.-Петербургъ. 1863 г.
16. The engineer's and contractor's pocket book. London. 1859 г.
17. Справочная книжка для механиковъ и заводскихъ инженеровъ. *А. Кокоевича*. С.-Петербургъ. 1862 г.
18. Собраніе таблицъ и формулъ. *Недзьяковскаго*. С.-Петербургъ. 1869—1871 г., 2 ч.
19. Спутникъ механика. *Бернулли*, перев. Ершова. С.-Петербургъ. 1864 г.
20. Спутникъ механика-строителя. *Имодора Фелькнера*. 2-е изд. С.-Петербургъ. 1864 г.
21. Практическое руководство къ произведенію изъ фашинъ разнаго рода сооружений. *Франца Зега*. С.-Петербургъ. 1834 г.

22. Теорія и практика кораблестроенія, руководство для изученія корабельной архитектуры. *М. М. Окунева*. С.-Петербургъ. 1867 г.
23. Géometrie et mécanique des arts et métiers, par le Baron Charles *Dupin*. Paris. 1826. 3 v.
24. Traité de mécanique industrielle. par *Poncelet*. Bruges. 1844.
25. Теоретическая и практическая механика *Илія Вейсбаха*, перев. Соколова и Усова. С.-Петербургъ. 1861 г.
26. Traité d'hydraulique, par *D'Aubuisson de Voisins*. Paris. 1840.
27. Leçons de mécanique pratique, hydraulique, par *Arthur Morin*. Paris. 1858.
28. Горнозаводская механика. *Ив. Тиме*. С.-Петербургъ. 1879 г.
29. Механика. *Ф. Губера*, перев. Зброжека. С.-Петербургъ. 1878 г.
30. Traité de physique par *Daguin*. Paris. 1868.
31. Курсъ физики. *Гано*, перев. Павленкова и Черкасова. С.-Петербургъ. 1863 г.
32. L'unité des forces physiques, par le *P. A. Secchi*. Paris. 1874.
33. Oeuvres complètes de *Buffon*. Paris. 1846. 6 v.
34. Теплота какъ родъ движенія. *Джона Тиндаля*, перев. Шимковъ.
35. Вода въ видѣ облаковъ и рѣкъ, льда и глетчеровъ. *Джона Тиндаля*, перев. Фрейденбергъ. Кіевъ. 1874 г.
36. Основныя начала геологіи. *Чарльза Ляйэлла*, перев. Минъ. Москва. 1866 г., II т.
37. Основы геологіи. *Траутшольда*. Москва. 1872 г.
38. Mineralogie et géologie, par *Beudant*. Paris. 1845.
39. Курсъ химической технологіи. *Ильенкова*. 2-е изд. Е. Андреева. С.-Петербургъ. 1861 г.
40. Химія въ приложеніи къ земледѣлю и физиологіи. *Юстусъ Либихъ*. 7-е изд., перев. Ильенковъ. Брауншвейгъ. 1864 г.
41. Traité d'astronomie par sir John *Herschel*. trad. par Kournot. Bruxelles. 1835.
42. Практическая метеорологія *Фицроя*, перев. Тресковскій. С.-Петербургъ. 1865.
43. Физическая географія. Мери *Сомервилль*, перев. Минъ. Москва. 1868.
44. Руководство къ физической географіи. *Мори*. С.-Петербургъ. 1865 г.
45. Море въ своихъ физическихъ явленіяхъ. *Мори*, перев. Модестовъ. Москва. 1861.
46. Земля. Элизе *Реклю*. С.-Петербургъ. 1872.
47. Ладожское озеро. А. П. *Андреева*. С.-Петербургъ. 1875.
48. Способы образованія рѣчныхъ долинъ Европейской Россіи. В. *Докучаева*. С.-Петербургъ. 1878.
49. Лѣсъ. *Росмеслера*, перев. Арнольда и Попова. С.-Петербургъ. 1866.
50. Cours d'agriculture par le c-te de *Gasparin*. Paris. 1846.
51. Полное собраніе сочиненій *Франца Майера*. Москва. 1854 г.
52. Объясненія къ хозяйственно-статистическому атласу Европейской Россіи. *Ив. Вильсона*. С.-Петербургъ. 1869.
53. Guide du meunier, par Olivier *Evans*, trad. par Benoit. Paris. 1830.
54. Die neuesten und wichtigsten Erfindungen und Verbesserungen an den verschiedenen Arten der Mühlen. Karl *Kuhnert*. Leipzig. 1836—1841.

55. Руководство къ устройству разнаго рода мукомольныхъ мельницъ. *Виктора Соколова*. С.-Петербургъ. 1851.
56. Общепонятное руководство къ устройству мукомольныхъ мельницъ. *В. В. Писарева*. С.-Петербургъ. 1860.
57. Мельникъ-механикъ. *Евстигневъ*. Москва. 1878 г.
58. Обь устройствѣ водохранилищъ въ степяхъ юга Россіи. *Палимпестова*. Одесса. 1867.
59. Спутникъ ремесленника. *А. Рейбота*. С.-Петербургъ. 1881.
60. Плотничное искусство *Дементьева*. С.-Петербургъ. 1855.
61. Жизнь сумчатыхъ животныхъ и грызуновъ. *Брема*. С.-Петербургъ. 1866.
62. Histoire ancienne des peuples de l'Orient. *Maspero*. Paris. 1876.
63. Des irrigations du Piemont et de la Lombardie. par *A. Vignotti*. Paris. 1863.
64. Die Bewässerungsanlagen Ober-Italiens. *Hess*. Hannover. 1874.
65. Рѣчныя подпорныя долины. *Палибина*. Журн. Пут. Сообщ. 1850 г., т. XII.
66. Краткій обзоръ употребительнѣйшихъ системъ разборчатыхъ плотинъ. *И. Глушинскаго*. Журн. Пут. Сообщ. 1861 г., т. 35.
67. Разборчатая плотина *И. Глушинскаго*. Журн. Пут. Сообщ. 1866, книга 5 за сентябрь и октябрь.
68. Обь упрощенныхъ гидротехническихъ устройствахъ для сплава дѣса. *Н. Малгина*. Горн. Журн. 1864 г. № 10 (Октябрь).
69. О постройкѣ плотинъ и прорѣзовъ въ Гороблагодатскомъ округѣ (на Уралѣ). *Нейберга*. Горн. Журн. 1854 г., ч. 1.
70. Свѣдѣнія о рабочей водѣ и о построеніяхъ для образованія запаса оной, съ цѣлью употребленія какъ движущей силы (безъ подписи автора). Горн. Журн. 1864. № 4.
71. О гидравлическомъ горнозаводскомъ хозяйствѣ, съ описаніемъ устройствъ въ немъ употребляемыхъ. Подполковн. *Рожкова*. Горн. Журн. 1856 г. №№ 1, 2, 3, 4 и 5-й.
72. О разрушеніяхъ произведенныхъ водополью 1862 г. (іюня 26) на нѣкоторыхъ Уральскихъ заводахъ. *В. Рожкова* Горн. Журн. 1863. № 2. (февраль).
73. Свѣдѣнія о руслахъ. *В. Рожкова*, Горн. Журн. 1864. № 10.
74. Практическое руководство къ устройству плотинъ и другихъ сооружений, при употребленіи воды въ качествѣ движущей силы. Литографированныя лекціи въ строительномъ училищѣ. *К. Гаусмана*. С.-Петербургъ. 1876 г.
75. Историческій очеркъ гидротехническихъ сооружений Сестрорѣцкаго оружейнаго завода. *К. Гаусмана*. Инжен. Журн. 1861 г. № 2-й и 1862 г. № 6.
76. Нѣсколько словъ о Сестрорѣцкой плотинѣ. *М. Г. Инжен.* Журн. 1861 г. № 2.
77. Новый каменный водоспускъ на Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ, *К. Гаусмана*. Инжен. Журн. 1864 г. № 2 (мартъ и апрѣль).
78. Устройство глухой Сестрорѣцкой плотины. *К. Гаусмана*. Инжен. Журн. 1864 г., № 3.

1) Сочиненіе подъ №№ 53—57 заключаютъ въ себѣ краткія свѣдѣнія и объ устройствѣ плотинъ.

79. Верхній (разборчатый) водоспускъ Тульскаго оружейнаго завода. *К. Θ. Гаусмана*. Инжен. Журн. 1874 г. № 7 (юль).
80. О водопроводныхъ руслахъ при вододѣйствующихъ фабрикахъ. *К. Гаусмана*. Инжен. Журн. 1878 г. № 4.
81. Графическій способъ разсчета подпорныхъ стѣнъ. *С. Б. Лукашевичъ*. С.-Петербургъ. 1879 г.
82. Морскія сооруженія. Соч. *Гагена*. т. IV. Статья *М. Герсегонова* (автора „Лекціи о морскихъ сооруженіяхъ“). Инжен. Журн. 1866 г. № 8.
83. Измѣненіе въ постройкѣ заводскихъ водопроводныхъ ларей. *В. Рожкова*. Горн. Журн. 1864 г. № 7-й, стр. 89.
84. Свѣдѣнія о рабочей водѣ для дѣйствія Александровскаго пушечнаго литейнаго завода въ Петрозаводскѣ. *В. Рожкова*. Горн. Журн. 1864 г. № 7.
85. Свѣдѣніе объ Уральскихъ плотинахъ вообще, и въ особенности о мѣрахъ въ предохраненію ихъ отъ разрушенія во время разлива водъ. Полковника *В. Рожкова*. Горн. Журн. 1863 г. № 1.
86. Электрическая вертушка для опредѣленія скоростей теченія. *И. Москалѣвскаго*. Инженеръ. Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1883 г., т. I, кн. четвертая. Февраль.
87. Разсчетъ къ проекту разборчатой плотины (сист. Пуаре) предполагаемой для Днѣпровско-Бугевоѣ системы. Инжен. *Шелюты*. Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1882 г. Іюль.
88. Къ вопросу о проектированіи затворовъ разборчатыхъ плотинъ (сист. Пуаре). Инж. *Околова*. Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1883 г., т. I, кн. первая, январь и кн. третья, февраль.
89. Деревянная самодѣйствующая плотина системы *М. А. Шистовскаго*. С.-Петербургъ. 1882 г.



УСТРОЙСТВО ПЛОТИНЪ.



ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

ОБЩІЯ СВѢДѢНІЯ ОТНОСЯЩІЯСЯ КЪ УСТРОЙСТВУ ПЛОТИНЪ.

ОГЛАВЛЕНИЕ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

Предисловіе.	стр. III—VII.
Библиографія	стр. VIII—XI.

ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

ОБЩІЯ ОСНОВАНІЯ УСТРОЙСТВА ПЛОТИНЪ.

ГЛАВА I.

Цѣль и значеніе плотинъ.

	СТР.
1. <i>Цѣли устройства и роды плотинъ.</i> Определеніе. Цѣли устройства. Различные роды плотинъ. Различныя части плотинъ. Условія которыя должна удовлетворять плотина.	1
2. <i>Естественныя плотины и водопады.</i> Идея плотины указана природою. Кончъ-озеро. Квачъ. Нарвскій водопадъ. Иматра. Высокіе Швейцарскіе водопады. Водопадъ на р. Санъ-Франциско. Водопадъ на р. Замбези. Водопадъ Ніагарскій. Плотины устраиваемыя бобрами	9
3. <i>Механическое значеніе запруживанія рѣки.</i> Плотины для механическаго вододѣйствія. Запруживаніе рѣки съ цѣлю полученія механической работы. Определеніе механической работы. Измѣреніе механической работы. Количество механической работы даваемое водопадомъ. Количество механической работы даваемое водою, свободно протекающею въ рѣкѣ. Механическое значеніе плотины. Приводный каналъ, замѣняющій плотину. Рабочая вода и мертвая вода. Проведеніе рабочей воды каналомъ или русломъ. Источникъ механической работы	14
4. <i>Экономическое значеніе запрудъ, устраиваемыхъ съ цѣлю вододѣйствія.</i> Цѣнность механической работы. Плотина создастъ новую цѣнность. Экономическое значеніе плотинъ на небольшой рѣкѣ. Экономическое значеніе текущихъ водъ для государства. Дѣйствительное пользованіе вододѣйствіемъ. Количество запрудъ въ Россіи уменьшилось. Истребленіе лѣсовъ. Необходимость удаленія фабрикъ и заводовъ изъ столицъ и большихъ городовъ. Недовѣріе къ гидротехническимъ сооруженіямъ	29

ГЛАВА II.

СТР.

О пользованіи водою для механическаго вододѣйствія.

5. *Потери въ механической работѣ воды при запруживаніи рѣки.* Потери въ водѣ при запрудѣ. Просачиваніе и всасываніе. Испареніе. Утечка. Примѣненіе формулы Волкова для опредѣленія потерь. 42
6. *Гидравлическія пріемники.* Разные виды пріемниковъ. Выборъ пріемниковъ. Потеря въ работѣ пріемниковъ. Наибольшее количество воды принимаемое однимъ колесомъ разнаго рода. Размѣры пріемниковъ. Наибольшее количество работы даваемое однимъ колесомъ разнаго рода. Сравнительныя качества разнаго рода колесъ и стоимость ихъ устройства. Тюрбины. 49
7. *Количество механической работы потребное для разнаго рода производствъ и опредѣленіе высоты подъема воды за плотиною.* Количество механической работы требуемое производствомъ. Полезное дѣйствіе и вредныя сопротивленія. Опредѣленіе высоты подъема воды за плотиною. Предѣлы подъема. Отъ какихъ условій зависитъ высота подъема. Основное правило 56
8. *Различные способы пользованія водою, какъ двигателемъ.* Экономическій вопросъ. Климатическія условія. Экономическія соображенія при устройствѣ простой мельницы. Климатическія соображенія относительно прочности сооруженія. Сравненіе употребленія разнаго рода рѣчныхъ подпорныхъ плотинъ. Приводный каналъ въ соединеніи съ плотиною. Приводный каналъ безъ плотины. Сибирскіе сплотки. Способы пользованія въ нашихъ сельскихъ мельницахъ. Способы пользованія водою въ большихъ заводахъ. Способы пользованія въ Германскихъ горныхъ округахъ. Способы пользованія на Уральскихъ горныхъ заводахъ. 65

ОТДѢЛЪ ВТОРОЙ.

СВОЙСТВА И ЗАКОНЫ ДѢЙСТВІЯ ВОДЫ ПО ОТНОШЕНІЮ КЪ УСТРОЙСТВУ ПЛОТИНЪ.

ГЛАВА III.

Физическія свойства и законы давленія воды.

9. *Физическія свойства воды, которыя необходимо имѣть въ виду при устройствѣ плотинъ.* Вліяніе температуры. Плотность воды. Замерзаніе. Обращеніе въ пары. Сжиманіе воды. Прозрачность и теплопрозрачность. Вода какъ мѣра вѣса. Проницаемость. Распиреніе при замерзаніи. Вліяніе промерзанія почвы на толщину тѣла земляной плотины. Вліяніе плотности воды на работу гидравлическихъ колесъ. Заростаніе прудовъ 81

10. *Законъ равенства давленій жидкости и гидростатическое давлѣніе воды.* Горизонтальность поверхности при равновѣсіи жидкости. Законъ равенства давленія. Пропорціональность давленія поверхностямъ. Давленія внутри жидкой массы. Величина давленія. Примѣры вычисленія давленія. Центръ давленія. Примѣрное вычисленіе давленія воды на плотины. 93
11. *Гидравлическое давлѣніе и ударъ воды.* Гидравлическое давлѣніе. Ударъ твердыхъ тѣлъ. Дѣйствіе удара пропорціонально живой силѣ. Несоизмѣримость дѣйствія удара съ дѣйствіемъ давленія. Вліяніе скорости. Раздѣленіе гидравлическаго давленія на два момента. Величина гидравлическаго давленія. Ударъ воды. Давленіе движущейся массы воды. Косвенное давлѣніе. Случаи давленія и удара. 100

ГЛАВА IV.

Законы движенія воды.

12. *Законы движенія воды.* Движеніе постоянное и переменное. Скорость теченія воды. Дѣйствіе тяжести и наклонъ поверхности. Уклонъ, паденіе, живое сѣченіе и средній радіусъ. Сопротивленія движенію воды. Эмпирическія формулы движенія воды. Теорема Торричели. 113
13. *Опредѣленіе скоростей и объемовъ воды въ различныхъ случаяхъ.* Определеніе скоростей и объемовъ воды при истеченіи изъ отверстій. При истеченіи чрезъ водосливы. При истеченіи чрезъ водоспуски. 120
14. *Движеніе воды въ каналахъ, руслахъ и трубахъ.* Движеніе въ каналахъ. Формулы и коэффициенты Прони. Наибольшая, наименьшая и средняя скорость. Примѣры вычисленій. Предѣлы скорости. Форма сѣченія, или профиль канала и русла. Примѣръ вычисленія. Водопроводныя русла. Движеніе воды въ трубахъ. 137

ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

СВОЙСТВА РѢКЪ ПО ОТНОШЕНІЮ КЪ ПЛОТИНАМЪ.

ГЛАВА V.

Образованіе рѣкъ.

15. *Источники рѣкъ.* Горы и глетчеры. Лѣса. Наблюденія Эбермайера и Фотра. Вліяніе лѣса. Мхи и газоны. Торфяники. Волота. Озера. Ключи. 155
16. *Бассейны рѣкъ и количество выпадающаго дожда.* Бассейнъ рѣки. Раздѣленіе рѣкъ по уклонамъ, скоростямъ и объемамъ воды. Колебанія уровня рѣкъ. Выпаденіе атмосферной влаги. Указанія Ренкина. Распределеніе выпадающаго дожда и снѣга въ Европейской Россіи. Количество выпадающаго дожда сравнительно съ Европой. Количество дожда въ от-

дѣльныхъ пунктахъ. Количество воды попадающей въ рѣки. Промерзаніе почвы бассейна. Черноземъ, какъ почва бассейна.	170
17. <i>Рѣчные долины, русла и уклоненія теченій.</i> Начало рѣки. Геологическая долина рѣки. Происхождение и образованіе геологической долины. Работа воды въ руслѣ рѣки. Извилины рѣки. Периодичность глубокихъ и мелкихъ мѣстъ въ зависимости отъ извилинъ. Форма продольной поверхности воды въ рѣкѣ. Подпруда. Форма поперечнаго сѣченія поверхности воды. Образованіе старицъ, или старорѣчій, и заводей. Вліяніе вращательнаго движенія земли на отклоненіе теченія рѣкъ.	184
18. <i>Скорость теченія воды въ рѣкахъ и величина уклоновъ нѣкоторыхъ рѣкъ.</i> Вліяніе высоты истоковъ на скорость. Скорости теченій пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ среднихъ радіусовъ живыхъ сѣченій. Распредѣленіе скоростей въ живомъ сѣченіи. Средняя скорость для всего сѣченія. Величины паденія рѣкъ	207

ГЛАВА VI.

Различныя измѣненія происходящія въ рѣкахъ.

19. <i>Разливы рѣкъ, или половодья.</i> Время мелководій и половодій. Вліяніе снѣга на разливы. Высота разлива уменьшается отъ верховьевъ къ устью. Ледоходъ. Законы разливовъ инженера Бельгранда. Различный характеръ рѣкъ въ отношеніи разливовъ. Вредъ отъ скорости теченія. Средства противъ наводненій. Снѣгъ даетъ бассейну характеръ проникаемаго. Разливы Нила. На сколько увеличивается объемъ воды во время разлива. Ширина разливовъ.	218
20. <i>Различныя дѣйствія воды во время разливовъ рѣкъ.</i> Различныя дѣйствія воды вслѣдствіе увеличенія объема и скорости теченія. Отмываніе береговъ. Образованіе старицъ, или старорѣчій. Вертикальные водовороты. Обратныя теченія. Горизонтальныя водовороты. Переносная сила теченія. Переносъ льдами. Ледяные заторы. Грунтовый ледъ. Переносъ лѣса и плоты. Переносъ землистыхъ веществъ. Возвышеніе непосредственныхъ береговъ русла рѣки. Заболочиваніе долинъ. Отдѣленіе старицъ. Законы теченія устраняющіе засореніе рѣкъ	235
21. <i>Уменьшеніе водъ въ источникахъ и рѣкахъ и увеличеніе разливовъ.</i> Объ уменьшеніи общаго количества воды на земной поверхности. Измѣненіе свойствъ бассейна можетъ измѣнить количество воды протекающей въ рѣкѣ. Уменьшеніе высоты уровня Германскихъ рѣкъ и увеличеніе высоты разливовъ. Вопросы возбужденныя Вексомъ. Причины уменьшенія количества водъ полагаемыя Вексомъ. Мнѣніе Дове. Мнѣніе французскихъ ученыхъ. Наблюденія. Мнѣніе нашей Академіи Наукъ. Отзывъ Мурчисона о русскихъ лѣсахъ. Величина наводняющей способности. Устраненіе наводненій въ Китаѣ. Отзывы старожилловъ о р. Москвѣ. Заключение о наблюденіяхъ Векса: Вѣнской Академіи Наукъ, Австрійскаго общества инженеровъ, Датской Академіи Наукъ и нашей Академіи Наукъ.	248

ОГЛАВЛЕНИЕ ПРИЛОЖЕНІЙ КЪ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

	стр.
I. О передачѣ механической работы посредствомъ электричества	261
II. О силахъ и движеніяхъ	262
III. Мѣра силъ.—Механическая работа.—Живая сила.—Законъ живыхъ силъ.	268
IV. Формулы движеній.—Законы паденія тѣлъ.	274
V. Живая сила какъ источникъ механической работы	280
VI. Солнце какъ источникъ живой силы и механической работы	281
VII. Выборъ двигателя на Уральскихъ горныхъ заводахъ	285
VIII. Арендная цѣна мукомольныхъ мельницъ	286
IX. Испареніе съ свободной поверхности воды и изъ почвы	287
X. Отношеніе дождя къ снѣгу	288
XI. Образованіе запаса рабочей воды на Александровскомъ заводѣ въ Петрозаводскѣ	289
XII. Параллелограммъ силъ.—Равнодѣйствующая.—Моменты силъ	291
XIII. Центръ тяжести	294
XIV. Треніе	296
XV. Оси координатъ.—Тригонометрическія линіи	300
XVI. Треніе частицъ воды	306
XVII. Кривыя линіи 2-го порядка, или кривыя коническихъ сѣченій.	307
XVIII. Секундный маятникъ	310
XIX. Центробѣжная сила.	312
XX. Гражданскіе законы, относящіеся къ запрудамъ	314
XXI. Угловое движеніе.—Угловая скорость	316
XXII. О величинѣ разливовъ.	316
XXIII. Устойчивость тѣлъ.	317
XXIV. Опредѣленіе площади живаго сѣченія по правилу Симпсона.	319



ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

ОБЩІЯ ОСНОВАНІЯ УСТРОЙСТВА ПЛОТИНЪ.

ГЛАВА I.

ЦѢЛЬ И ЗНАЧЕНІЕ ПЛОТИНЪ.

1. Цѣли устройства и роды плотинъ.—Плотинами, или запрудами, называются искусственныя преграды для воды, сооружаемыя различнымъ образомъ, изъ различныхъ матеріаловъ и съ различными цѣлями ¹⁾.

Въ зависимости отъ цѣлей, съ которыми устраиваются плотины и средствъ располагаемыхъ строителемъ, видоизмѣняются самое устройство плотинъ и употребляемый для ихъ сооруженія матеріалъ, главнымъ образомъ состоящій изъ земли, дерева и камня и частью изъ желѣза и чугуна.

Плотины устраиваются: 1) Для прегражденія свободнаго теченія воды въ ручьяхъ, рѣчкахъ и рѣкахъ, съ цѣлью поднять уровень воды и образовать искусственный водопадъ, которымъ пользуются какъ механическою силою. 2) Для образованія резервуаровъ воды, питающихъ судоходныя каналы и рѣки, или снабжающихъ водою города, станціи желѣзныхъ дорогъ и т. п. 3) Для канализаціи рѣкъ, чтобы сдѣлать мелкія рѣки судоходными и распространить судоходство или сплавъ лѣсныхъ матеріаловъ далѣе вверхъ по теченію рѣки. 4) Для задержанія въ балкахъ, оврагахъ и ложбинахъ дождевыхъ и снѣговыхъ водъ, образующихъ пруды, служащіе запасами воды въ сухое время года для поила скота и другихъ потребностей въ хозяйствѣ. 5) Для образованія гаваней, рейдовъ и рѣчныхъ портовъ и бассейновъ въ приморскихъ портахъ имѣющихъ приливы и отливы ²⁾. 6) Для препятствованія рѣкамъ

¹⁾ Въ Великой Россіи и Бѣлоруссіи говорятъ — *плотина*; на Уралѣ и въ Сибири — *плотина*; въ Малороссіи и Новороссіи — *гребля*; послѣднее слово болѣею частью относится собственно къ земляной насыпи.

²⁾ Эти сооруженія, на подобіе плотинъ, называются *брекватерами* и *молами* или морскими дамбами.

уклоняться изъ своихъ руслъ и разливаться на большое пространство въ стороны; этого рода плотины, предохраняющія отъ наводненій, называютъ, или *береговья*, составляющія искусственные, возвышенные берега рѣкъ, или поперечныя, устраиваемыя въ верховьяхъ большихъ рѣкъ съ цѣлью задержанія водъ и уменьшенія быстрыхъ разливовъ. 7) Для прегражденія вполнѣ рукава рѣки или части ея русла въ видахъ регулированія теченія судоходныхъ рѣкъ; плотины, не вполнѣ преграждающія русло рѣки называются *бунами*. 8) Для прегражденія вторженія морскихъ водъ внутрь страны: этого рода плотины составляютъ искусственные морскіе берега и иногда устраиваются въ нѣсколько рядовъ. Небольшія плотины устраиваются также на берегу моря для образованія бассейновъ съ цѣлью добыванія морской соли. 9) Для задержанія и отвода горныхъ потоковъ, въ видахъ предохраненія отъ размыва и разрушенія искусственныхъ горныхъ дорогъ, или съ цѣлю орошенія воздѣлываемыхъ земель въ долинахъ, и наконецъ 10) Вообще для орошенія луговъ, полей и садовъ и для образованія бассейновъ воды, каскадовъ и фонтановъ въ видахъ украшенія парковъ и садовъ ¹⁾.

Уже изъ одного указанія назначенія плотинъ, мы можемъ составить себѣ нѣкоторое понятіе о томъ разнообразіи изысканій и соображеній, которыя требуются для проектированія и техническаго исполненія этого рода сооруженій; не говоря уже о томъ, что въ каждомъ частномъ случаѣ, требуются еще особыя приспособленія въ зависимости отъ климата, свойствъ различныхъ рѣкъ и рѣчекъ, свойствъ ихъ бассейновъ и характера ихъ разливовъ.

Мы ограничиваемся изложеніемъ устройства плотинъ, предназначенныхъ главнымъ образомъ для механическаго вододѣйствія, указывая лишь попутно на существенныя основанія устройства плотинъ, назначаемыхъ и для другихъ вышеуказанныхъ цѣлей. Причемъ береговыхъ рѣчныхъ и морскихъ плотинъ мы коснемся лишь на столько, чтобы дать понятіе о главныхъ чертахъ ихъ устройства и обширности этого рода сооруженій; о приморскихъ же сооруженіяхъ мы даемъ лишь самое краткое понятіе, такъ какъ онѣ составляютъ совершенно особую отрасль строительнаго искусства.

Плотины, предназначенныя для механическаго вододѣйствія, преграждая теченіе рѣки, поднимаютъ за собою уровень ея воды на нѣкоторую высоту, съ которой вода можетъ падать и этимъ паденіемъ производить механическое дѣйствіе. Самое же дѣйствіе производится, такъ называемыми *гидравлическими пріемниками*, или водяными колесами различнаго устройства. Поднятая за плотиною вода спускается на эти колеса посредствомъ особыхъ водопроводовъ, *желобовъ*, *лотоковъ* или *руслъ*, и своею тяжестью и движеніемъ съ извѣстной скоростью сообщаетъ вращательное движеніе колесамъ, которыя, въ свою очередь, пере-

¹⁾ Особыя еще запруды устраиваются собственно для дѣсныхъ сплавовъ: онѣ имѣютъ цѣлю, при наступленіи высокой воды, сохранить въ безопасномъ мѣстѣ сплаваемые по ручью или рѣкѣ дрова, которыя, по убыли воды, выпускаются изъ-за запруды и сплавляются до мѣста ихъ назначенія.

даютъ движеніе различнымъ такъ называемымъ *исполнительнымъ механизмамъ*, какъ напримѣръ: въ мукомольныхъ мельницахъ — каменнымъ жерновамъ, размольвающимъ зерна въ муку; въ лѣсопильняхъ — рамамъ съ пилами; въ кузницахъ — молотамъ, которыми проковывается желѣзо; въ молотилкахъ — молотильному барабану и т. п.

Плотина, преграждающая теченіе рѣки, поднимаетъ за собою ея воду, или производитъ *подпоръ рѣки*, т.-е. на извѣстномъ протяженіи вверхъ по теченію возвышаетъ ея уровень противъ нормальнаго уровня бывшаго въ ней до запруды. Поэтому рѣчныя плотины называютъ иногда *подпорными рѣчными плотинами*. Разность вертикальныхъ высотъ уровней рѣки въ томъ же мѣстѣ — послѣ запруды и до запруды — называется *высотой подпора* или просто *подпоромъ*. Очевидно, что наибольшая высота подпора будетъ у самой плотины и по мѣрѣ удаленія отъ нея вверхъ по теченію рѣки, высота подпора будетъ постепенно уменьшаться, пока, на извѣстномъ разстояніи отъ плотины, подпоръ совершенно уничтожится. Это разстояніе обыкновенно называютъ *длиною подпора*, или *подпрудой*.

По способу пропуска воды, рѣчныя плотины раздѣляются на слѣдующіе различные роды: 1) Когда водѣ рѣки подпертой плотиной данъ истокъ помимо плотины, напримѣръ другимъ рукавомъ рѣки или обводнымъ каналомъ, или когда плотина предназначена только ограждать собою какую либо часть мѣстности отъ затопленія подпоромъ или разливомъ рѣки, тогда плотина дѣлается и называется *глухой*. 2) Если плотина устраивается такъ, что излишняя или весенняя вода должна переливаться чрезъ ея гребень или *водосливъ*, тогда плотина называется *глухой водосливной* или просто *водосливной плотиню*. 3) Когда же для стока излишней или весенней воды въ плотинѣ дѣлается особое отверстіе или прорѣзъ, называемый *водоспускомъ*, запираемый различными *створами* или *затворами*, то такая плотина носитъ названіе *водоспускной*, или *створчатой плотины*. 4) На рѣкахъ, подверженныхъ внезапнымъ и сильнымъ разливамъ, или на которыхъ бываетъ сильный ледоходъ, затворы плотины, удерживающіе воду, дѣлаютъ разборчатыми; эти затворы совершенно снимаются передъ весенними разливами или большими наводками, оставляя почти все русло рѣки открытымъ для болѣе свободнаго прохода воды, льда или судовъ и лѣсныхъ гоноекъ. Плотины, устраиваемыя такимъ образомъ, называются *разборчатыми плотинами*. Иногда онѣ устраиваются *самодѣйствующими*, т.-е. сами открываются при возвышеніи уровня до извѣстной степени, и сами закрываются при его пониженіи.

Если глухая водосливная плотина ставится на судоходной или сплавной рѣкѣ, то для пропуска судовъ или лѣсныхъ гоноекъ, непосредственно около нея, къ одному изъ береговъ рѣки, или въ обводномъ рукавѣ или каналѣ, устраивается *шлюзъ*, *полушлюзъ*, или *спускъ*, для прохода судовъ и лѣсныхъ гоноекъ.

Створчатыя плотины обыкновенно строятся на небольшихъ рѣкахъ и рѣчкахъ или только въ самыхъ верховьяхъ большихъ рѣкъ, гдѣ нѣтъ

судоходства. Если же на этих рѣчкахъ существуютъ лѣсные сплавы, то, для прохода лѣсныхъ гонокъ, въ ихъ водоспускахъ устраиваются еще особые спуски для прохода этихъ гонокъ.

Всѣ этого рода плотины могутъ служить для механическаго вододѣйствія, такъ какъ поднимая воду на извѣстную высоту, даютъ ей возможность падать съ этой высоты и производить механическое дѣйствіе. Высота, съ которой можетъ упадать вода, или вертикальное разстояніе между уровнями *верховой* и *низовой воды*, называется обыкновенно *высотой напора воды*, или просто *напоромъ*.

Но однако не всѣ роды плотинъ одинаково удобны для механическаго вододѣйствія. Какъ увидимъ ниже, величина этого дѣйствія зависитъ отъ количества падающей воды и высоты, съ которой она падаетъ. Обыкновенно створчатыми плотинами можно поднимать воду на большую высоту, чѣмъ водосливными или разборчатыми; а потому у насъ въ Россіи, напримѣръ, для механическаго вододѣйствія чаще устраиваютъ створчатые плотины. Поднимая воду на большую высоту, эти плотины образуютъ за собою большіе резервуары, или *пруды* и слѣдовательно скопляютъ значительную массу воды; а потому при устройствѣ резервуаровъ, питающихъ каналы или судоходныя рѣки, а также снабжающихъ водою большіе города, чаще употребляютъ также створчатые плотины. На оборотъ, при обращеніи мелкихъ рѣкъ въ судоходныя, или при распространеніи судоходства на большее протяженіе вверхъ по рѣкѣ—или, какъ выражаются, при „*канализаціи рѣкъ*“, преимущественно употреблялись прежде водосливныя плотины, но которыя, съ усовершенствованіемъ типовъ разборчатыхъ плотинъ, стали въ этихъ случаяхъ замѣняться послѣдними.

Створчатые плотины представляютъ еще то преимущество для механическаго вододѣйствія, что посредствомъ *затворовъ* водоспуска, называемыхъ *щитами*, *заставками*, *вениками* (когда они сколочены изъ досокъ) и *шандорами* (когда состоятъ изъ горизонтально укладываемыхъ брусьевъ) онѣ могутъ регулировать воду, поднимаемую за плотиною и держать ея уровень на опредѣленной высотѣ, что, какъ увидимъ, весьма важно для правильнаго дѣйствія нѣкоторыхъ гидравлическихъ приѣмниковъ. Въ водосливныхъ же плотинахъ, это регулированіе уровня воды за плотиною достигается далеко не въ тѣхъ предѣлахъ, какъ въ створчатыхъ плотинахъ. При значительной прибыли воды и небольшой длинѣ водослива, колебанія уровня воды за этими плотинами могутъ достигать значительныхъ предѣловъ.

Но не смотря на это, въ Германіи, Франціи и Англіи водосливныя плотины часто употребляются для механическаго вододѣйствія; у насъ же въ Россіи водосливныя плотины встрѣчаются весьма рѣдко, а наиболѣе распространены створчатые. Причина этому заключается, во первыхъ, въ сильномъ ледоходѣ на нашихъ рѣкахъ, при которомъ прочное устройство водосливныхъ плотинъ трудно исполнимо; а во вторыхъ, потому, что водосливныя плотины поднимаютъ воду вообще не высоко, а именно рѣдко выше 10 футовъ, чаще же менѣе, а потому и не обра-

зуютъ за собою большихъ бассейновъ, или прудовъ, которые убыточны въ мѣстностяхъ густо населенныхъ, въ которыхъ земля имѣетъ большую цѣнность. Причемъ водосливныя плотины чаще устроиваются на рѣкахъ съ значительнымъ, но довольно равномернымъ притокомъ воды и при томъ немѣющихся сильнаго ледохода. Створчатыя же плотины, какъ уже замѣтили выше, устроиваются чаще на небольшихъ рѣкахъ, рѣчкахъ и ручьяхъ, иногда съ незначительнымъ и неравномернымъ притокомъ, но поднимаютъ воду на значительную высоту, простирающуюся до 40, а въ нѣкоторыхъ рѣдкихъ случаяхъ даже свыше 150 футовъ ¹⁾. Такія плотины образуютъ за собою весьма обширные пруды, затопляющіе значительное количество угодій. Такъ, напримѣръ, прудъ образуемый створчатыми плотинами на рр. Сестрѣ и Черной, при Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ, имѣетъ до 12 квадратныхъ верстъ (около 1,250 дес.) поверхности; на Уральскихъ горныхъ заводахъ, гдѣ во многихъ мѣстахъ устроены наиболѣе обширныя въ Россіи заводскія плотины, поднимающія воду на высоту отъ 25 до 35 футовъ, площади прудовъ простираются отъ 10 до 30 квадратныхъ верстъ, (или отъ 1,042 до 3,126 дес.), но есть пруды, которыхъ площадь простирается до 60 квадратныхъ верстъ (6,252 дес.), какъ напримѣръ пруды Черноисточинскій и Кыштымскій. Самые небольшіе, обыкновенные мельничные пруды, все-таки занимаютъ поверхность въ 10, 20, 30 и болѣе десятинъ земли. Между тѣмъ, за отчужденіе земли, въ количествѣ 230 десятинъ подъ резервуаръ Фюренсъ, во Франціи, заключено 182,600 франковъ; за отчужденіе же только 115 десятинъ земли, отошедшей подъ резервуаръ Монтобри, заключено 185,000 франковъ.

Вслѣдствіе устройства створчатыхъ плотинъ на небольшихъ рѣчкахъ, чаще немѣющихся вовсе ледохода, и у которыхъ прудовой ледъ задерживается и таетъ на мѣстѣ, чрезъ водоспуски почти не проходитъ льда; только при устройствѣ этого рода плотинъ на значительныхъ рѣчкахъ, ледоходъ совершается чрезъ водоспускъ ²⁾.

Въ створчатыхъ плотинахъ, поднимающихъ воду очень высоко, въ которыхъ при паденіи она могла бы производить слишкомъ разрушительное дѣйствіе на сооруженіе, вмѣсто водоспуска устроиваются *спусковыя трубы*, располагаемыя иногда въ нѣсколько ярусовъ одна надъ другой. Изъ нихъ самая нижняя, располагаемая у дна пруда, служитъ, какъ для спуска излишней воды, такъ и для опорожненія всего пруда въ случаѣ необходимости; верхнія же служатъ для регулированія уровня въ прудѣ въ случаѣ паводковъ. Спусковыя трубы запираются шптами, двигающимися въ башнѣ, или въ *колодцѣ*, который опускается сверху плотины, въ ея тѣлѣ до самаго дна нижней спусковой трубы и въ который открываются изъ пруда выше лежація спусковыя трубы. При этомъ устройствѣ вода опускается въ колодцѣ чаще непрерывно и не произ-

¹⁾ Какъ увидимъ ниже, во Франціи есть плотины, поднимающія воду на высоту 164 футовъ, — или слишкомъ на 23 сажени, т.-е. на высоту паденія Ниагарскаго водопада.

²⁾ Который въ этихъ случаяхъ дѣлаютъ разборчатымъ.

водитъ удара или ударъ умѣряется небольшимъ слоемъ воды на днѣ колодца; трубы же и колодцы обдѣлываются камнемъ или деревомъ, для прочнаго сопротивленія давленію и движенію въ нихъ воды. Очевидно, что нижняя спусковая труба должна имѣть такое сѣченіе, чтобы сквозь нее могъ пройти съ излишкомъ весь притокъ воды, дабы во всякое время можно было бы вполне осушить резервуаръ, или прудъ, на случай необходимыхъ исправленій въ плотинѣ.

Водоспуски въ створчатыхъ плотинахъ, служащіе для пропуска излишней воды, какъ при нормальномъ теченіи рѣки, такъ и во время ея разливовъ и ледохода, называются *весенними водоспусками*, или *вешняками*. Въ небольшихъ плотинахъ вода изъ пруда проводится руслу на колеса чрезъ тотъ же весенній водоспускъ въ особомъ его отдѣленіи; въ большихъ же плотинахъ, дѣлаются особые прорѣзы, съ особыми водоспусками, для прохода воды на колеса и тогда эти водоспуски называются *рабочими*, въ отличіе отъ весеннихъ или вешняковъ ¹⁾.

Водосливныя плотины, устроиваемыя для механическаго вододѣйствія, соединяютъ иногда съ такъ называемымъ *приводнымъ каналомъ*, т.-е. воду изъ-за плотины впускаютъ въ каналъ, который по долині рѣчки, ниже плотины, проводятъ на нѣкоторое разстояніе, давая ему небольшое паденіе; тогда водосливная плотина можетъ быть очень не высока, образуемый ею бассейнъ весьма небольшихъ размѣровъ, а между тѣмъ въ концѣ приводнаго канала вода можетъ падать уже съ значительной высоты. Эту систему устройства часто употребляютъ вмѣстѣ и для орошенія луговъ въ долині рѣчки.

Вообще всякій каналъ или русло, которые приводятъ воду къ гидравлическимъ приѣмникамъ, называютъ *приводнымъ каналомъ* или *русломъ*, каналъ же или русло, по которымъ вода, отработавшая на колесахъ стекаетъ въ русло рѣки ниже плотины, называются *отводнымъ каналомъ* или *отводнымъ русломъ*.

Какъ приводные, такъ и отводные каналы и русла чаще дѣлаются открытыми при механическомъ вододѣйствіи; но иногда вода приводится изъ-за плотины къ колесамъ и отводится отъ этихъ послѣднихъ посредствомъ закрытыхъ трубъ. При снабженіи же водою городовъ, желѣзнодорожныхъ станцій и т. п., вода приводится изъ-за плотины обыкновенно посредствомъ закрытыхъ чугунныхъ трубъ.

Канализація рѣкъ подпорными рѣчными плотинами, водосливными или разборчатыми, достигается устройствомъ этихъ плотинъ на нѣкоторомъ разстояніи одна отъ другой вверхъ по теченію рѣки. Производя подпоръ, плотина возвышаетъ за собою уровень рѣки на нѣкоторомъ протяженіи и увеличиваетъ ея глубину; тамъ, гдѣ глубина рѣки начинается дѣлаться уже недостаточною для движенія судовъ, ставится другая плотина, опять поднимающая за собою воду и т. д. Такимъ образомъ

¹⁾ Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ все сооруженіе, составляющее водоспускъ, особенно же когда онъ дѣлается цѣльнымъ—ряжевымъ, называютъ *ставомъ*, который также дѣлать на весенній ставъ, или вешнякъ, и рабочий ставъ. Такъ, напримѣръ, въ Смоленской губерніи слово *водоспускъ* никогда не употребляется, а напротивъ слово *ставъ*—всегда.

рѣка, на всемъ протяженіи „канализаціи“, превратится между плотинами въ рядъ отдѣльныхъ плесъ, называемыхъ обыкновенно *бьефами*, имѣющихъ глубину достаточную для судоходства, но уровни которыхъ будутъ расположены уступами. Для возможности перехода судовъ изъ одного бьефа въ другой, служатъ полушлюзы, или спуски, при *сплавномъ* судоходствѣ и *камерные шлюзы* при *взводномъ*, т.-е. когда судоходство производится не только внизъ, но и вверхъ по теченію рѣки.

Всѣ три рода рѣчныхъ плотинъ, пропускающихъ излишнюю или полую воду, т.-е. створчатыя, водосливныя и разборчатыя, образуя собою возвышеніе, или *порогъ*, большей или меньшей высоты надъ дномъ рѣки поперекъ ея русла, стѣсняютъ это русло и представляютъ препятствіе для свободнаго теченія воды. Вслѣдствіе этого, передъ плотиною и ниже ея, въ теченіи образуются иногда сильные водовороты, дѣйствующіе разрушительно на дно рѣки и на тѣ части сооруженія въ отверстіяхъ плотинъ, около которыхъ совершается проходъ и перепадъ воды, почему части эти должны быть устроиваемы особенно прочно. Бока выпускныхъ отверстій въ плотинахъ образуются такъ называемыя *береговыми устоями* а самыя отверстія, по ширинѣ, раздѣляются на нѣсколько частей *средовыми устоями*, или *быками* и *щитовыми стойками*. Дно этихъ отверстій, по которому движется вода, и называемое *флюдбетомъ*, должно быть устроено особенно тщательно и прочно для сопротивленія, какъ быстрому теченію воды, такъ водоворотамъ и ударамъ ея, а иногда и льда. Флюдбетъ образуютъ *понурный*, *водобойный* и *сливной полы*, изъ которыхъ первый предохраняетъ сооруженіе отъ водоворотовъ, образующихся передъ плотиною и защищаетъ ея основаніе отъ давленія прудовой воды; второй — принимаетъ на себя удары перепадающей воды и третій — предназначается для ослабленія дѣйствія водоворотовъ, образующихся за плотиною у ея подошвы.

Въ малыхъ плотинахъ, понурный полъ образуютъ иногда земляною отсыпью, т.-е. отлогою присышкою земли къ порогу выпускнаго отверстія со стороны пруда и которую называютъ *отмелью* или *отмѣломъ*.

Такъ какъ вода скатывается съ сливныхъ половъ съ большою скоростью, особенно если флюдбетъ плотины поставленъ высоко надъ дномъ рѣки, то она можетъ, разрушая это дно, вырыть *омуть*, или *буковище*, ниже плотины и подмывъ эту послѣднюю, опрокинуть ее въ омутъ; для предупрежденія этого, кромѣ сливныхъ половъ, устрояются еще и другія предохранительныя сооруженія, которыя, принимая на себя ударъ воды, сходящей съ сливнаго пола, препятствуютъ ей размывать дно рѣки ниже плотины.

Величина выпускныхъ отверстій должна быть такъ рассчитана, чтобы водоспускъ въ створчатыхъ, водосливъ въ водосливныхъ и спускъ въ разборчатыхъ плотинахъ, могли бы пропустить чрезъ себя самый наибольшій объемъ воды, который могутъ принести въ прудъ, какъ запруженная рѣка, такъ и всѣ ея притоки и ручьи во время наибольшихъ весеннихъ разливовъ. Причемъ, однако же, необходимо, чтобы

слой воды протекающей во время половодья надъ флюдбетомъ, былъ не слишкомъ большой высоты, иначе паденіе огромной массы воды производило бы такое разрушительное дѣйствіе на сооруженіе, которое было бы невозможно предотвратить всѣми возможными строительными средствами. Дѣйствительно, такъ какъ всѣхъ кубической сажени воды составляетъ 593 пуда, а всѣхъ кубической сажени льда 552 пуда, и какъ во время весеннихъ разливовъ въ значительныхъ рѣкахъ, на которыхъ иногда устроиваются плотины, проходить каждую секунду нѣсколько кубическихъ сажени воды и масса этой воды, иногда вмѣстѣ со льдомъ, должна упасть въ водосливѣ съ высоты болѣе 10 и въ водоспускѣ болѣе 35 футовъ, то сообразивъ силу ежесекундно повторяющихся ударовъ воды и льда о стѣны и полы выпускныхъ отверстій, мы можемъ уже, до нѣкоторой степени, представить себѣ разрушительное дѣйствіе, которому они подвергаются. Отъ всякаго же поврежденія выпускнаго отверстія во время половодья, можетъ быть легко разрушена плотина и на долго остановлено устроенное при ней механическое производство, не говоря уже объ убыткахъ отъ разрушенія плотины и отъ послѣдствій наводненія, когда прорываются воды большаго бассейна.

„Постройка плотины, какъ оплота, долженствующаго удерживать за собою воду на извѣстной высотѣ, есть работа весьма простая, говоритъ Ф. Майеръ¹⁾, и едва ли нѣсколько опытный человекъ въ ней затруднится. Но плотина на рѣкѣ должна имѣть отверстіе, интервалъ, или спускъ, для пропуска излишней воды, иногда и льда. Очень естественно, что вода и ледъ стремятся этотъ спускъ расширить въ бока и внизъ. Противупоставить этому расширенію надежныя мѣры, есть задача, требующая много опытности, и если, какъ въ нашихъ хозяйствахъ случается, средства очень ограничены, то можно прибавить, что это дѣло требуетъ болѣе искусства и напряженія ума, чѣмъ иное другое зданіе, которымъ проѣзжающіе восхищаются, тогда какъ на плотину рѣдко кто обратитъ вниманіе“.

Мы къ этому прибавимъ, что выборъ надлежащаго мѣста для устройства плотины, выборъ качества земли для образованія насыпи и размѣщеніе земли разныхъ качествъ въ насыпи; устройство основанія, въ особенности, если грунтъ рыхлый и размываемый, требуютъ также не мало опытности и соображеній для устройства дѣйствительно прочной земляной насыпи плотины. Что же касается до каменныхъ плотинъ, то опредѣленіе надлежащаго *профиля*²⁾ плотины, при условіяхъ прочнаго сопротивленія давленію воды и наименьшей затратѣ матеріала, составляетъ задачу весьма сложную. Какъ увидимъ ниже, можно затратить въ тѣло плотины двойное и тройное количество матеріала противъ необходимаго и вмѣстѣ съ тѣмъ получить плотину мало устойчивую и

1) Полное собраніе сочиненій Франца Майера, т. 2-й. стр. 124, 125. Москва, 1851 г.

2) Профилемъ плотины называютъ форму площади ея поперечнаго сѣченія, плоскостью вертикальною и вмѣстѣ перпендикулярною къ продольному направленію плотины.

непрочную, только вслѣдствіе неудовлетворительности формы ея поперечнаго сѣченія, т.-е. ея профиля.

Такимъ образомъ каждая плотина, предназначенная для механическаго вододѣйствія, надлежащимъ образомъ устроенная, будетъ ли она по матеріалу каменная, деревянная, земляная, или составленная изъ соединенія этихъ различныхъ матеріаловъ, а по роду своему створчатая, водосливная или разборчатая, должна поднять воду и удерживать уровень ея на опредѣленной высотѣ; проводить надлежащимъ, опредѣленнымъ образомъ воду на гидравлическіе пріемники въ данномъ количествѣ и съ извѣстной скоростью, пропускать безъ вреда для выпускнаго отверстія, самой плотны и находящихся около нея сооружений, излишнюю воду, какъ при нормальномъ состояніи рѣки, такъ и во время самыхъ наибольшихъ ея разливовъ, а иногда и идущій по рѣкѣ ледъ; въ случаѣ судоходства или сплава, она должна имѣть приспособленія для удобнаго и безопаснаго пропуска судовъ и лѣсныхъ гоноекъ. При этомъ, плотина и всѣ ея части должны имѣть надлежащую прочность и устойчивость ¹⁾, чтобы давленіемъ и движеніемъ воды, а иногда и льда, плотина не могла быть ни сдвинута съ мѣста, ни опрокинута, ни подмыта и ни прорвана ни въ какой части, и чтобы постройка ея обходилась по возможности дешево. Самый существенный вопросъ, въ строительномъ отношеніи, при устройствѣ плотинъ, заключается въ томъ, чтобы по возможности совершеннѣе прервать теченіе рѣки, или совершеннѣе разобщить верховую воду, поднятую плотиною отъ низовой воды; то-есть, чтобы вода отнюдь не просачивалась сквозь тѣло плотины и другія ея части, не терялась бы сквозь загражденія отверстій, не пробиралась бы въ мѣстахъ соединенія плотины съ берегами рѣки, въ особенности же не могла бы проложить себѣ путь подъ плотиною и флюидбетомъ отверстій, для чего требуется особенно тщательное устройство *основаній*, какъ самой плотины, такъ и выпускныхъ отверстій.

Исполненіе всѣхъ этихъ условій представляетъ весьма сложное дѣло и требуетъ отъ строителя, не только знаній и опытности, но многихъ мѣстныхъ наблюденій и соображеній, въ особенности если притокъ воды въ рѣкѣ значителенъ и подверженъ еще значительнымъ колебаніямъ, а грунтъ русла рѣки слабый и легко размываемый. А потому надлежащее и прочное устройство плотинъ принадлежитъ къ числу весьма сложныхъ и трудныхъ гидротехническихъ сооружений.

2. Естественныя плотины и водопады.—Нѣтъ сомнѣнія что мысль объ устройствѣ искусственныхъ плотинъ была указана челоуѣку самою природою, потому что въ природѣ, особенно въ горныхъ странахъ, встрѣчается очень много естественныхъ плотинъ и водопадовъ, отъ небольшихъ до самыхъ грандіозныхъ размѣровъ. И въ настоящее время промышленность часто пользуется этими естественными плотинами и водопадами съ механическою цѣлью. Въ Швейцаріи, въ Тиролѣ, въ горныхъ мѣстностяхъ Германіи, можно видѣть, какъ иногда

1) См. Прилож. XXIII.

пользуются механическимъ дѣйствіемъ водопада самаго небольшого ручья, направляя его воду небольшимъ желобомъ на колеса. приводящія въ движеніе различные механизмы, работающіе съ промышленной цѣлію.

Всѣ естественные водопады образуются, или потому, что каменные глыбы, въ формѣ естественной плотины, или порога, преграждая русло потока, прерываютъ его теченіе и накопившуюся позади преграды воду заставляютъ переливаться, или перепадать черезъ эту преграду; или потому, что русло рѣки, скалистаго свойства, образуетъ уступъ, болѣе или менѣе высокій, съ котораго вода низвергается внизъ, не будучи нисколько подперта въ своемъ теченіи выше этого уступа въ руслѣ. Къ водопадамъ перваго рода принадлежитъ, между прочими, и нашъ знаменитый *Кивачъ*, воспѣтый Державиннымъ; къ водопадамъ втораго рода—величайшій въ свѣтѣ *Ниагарскій*.

Вообще водопады и естественныя плотины встрѣчаются въ мѣстностяхъ, гдѣ рѣки пролагаютъ себѣ путь въ скалистыхъ породахъ. У насъ особенно много встрѣчается перепадовъ воды, совершенно отвѣсныхъ или болѣе или менѣе крутыхъ, въ Финляндіи, гдѣ очень часто пользуются ихъ механическимъ дѣйствіемъ. Въ Олонецкой губерніи, характеръ мѣстности которой сходенъ съ Финляндіей, Кончъ-озерскій чугуноплавильный заводъ пользуется для своихъ двигателей разностью горизонтовъ водъ Перть-озера и Кончъ-озера, раздѣляющихся весьма узкимъ перешейкомъ, на пространствѣ котораго воды Перть-озера переливаются въ Кончъ-озеро съ высоты около 4 сажени, или 28 футовъ. Водопадъ Кивачъ, находящійся также въ Олонецкой губерніи, верстахъ въ 65-ти отъ Петрозаводска, послѣ Шафгаузенскаго на Рейнѣ, едва-ли имѣетъ соперниковъ въ Европѣ, какъ по объему и высотѣ падающей воды, такъ въ особенности по красотѣ своихъ формъ. Въ этомъ водопадѣ многоводная р. Суна прерывается въ своемъ теченіи діоритовою скалою, имѣющею отъ дна рѣки ниже водопада до верхняго гребня зубчатой формы, чрезъ который переливается вся вода рѣки, не менѣе 10 или 12 сажени высоты. Верхняя часть этой скалы подпираетъ, или задерживаетъ воду рѣки выше водопада, подходя къ которому, рѣка представляется довольно спокойною, хотя вода ея уже течетъ съ большою быстротою. Въ мѣстѣ паденія, ширина водопада, въ зависимости отъ состоянія воды въ рѣкѣ, простирается отъ 20 до 30 и иногда болѣе сажени. Высота паденія воды съ отвѣсной скалы, или разстояніе отъ верхней воды до нижней, составляетъ не менѣе 6 сажени; вода падаетъ слоємъ иногда болѣе одной сажени толщиною (смотря по обилію воды въ рѣкѣ), и слой этотъ разрывается только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вверху, торчащими изъ гребня скалы, поверхъ воды, одиночными острыми скалами, а затѣмъ тотчасъ же сливается въ одну общую падающую массу, описывающую красивую параболу, позади которой, между скалою и водою, любители сильныхъ ощущеній проходятъ съ одного берега на другой, подъ массой низвергающейся воды. Въ тихую погоду шумъ этого водопада бываетъ иногда слышенъ за 15 верстъ.

Подобный водопад можетъ давать большое количество *механической работы*, но по положенію въ довольно глухомъ и дикомъ мѣстѣ, работа его пропадаетъ даромъ и промышленность еще имъ не пользуется. Между тѣмъ небольшой Нарвскій водопадъ, въ которомъ р. Нарова падаетъ по наклонной плоскости съ высоты не болѣе 20 футовъ, приводитъ въ движеніе всѣ механизмы обширной и столь извѣстной Кренгольмской мануфактуры. Скорѣе къ быстринамъ, чѣмъ собственно къ водопадамъ, принадлежитъ Иматра, извѣстный Финляндскій водопадъ на р. Вуоксѣ, такъ какъ вода въ немъ не падаетъ, а съ большой быстротой скатывается по сильно наклонному каменистому руслу¹⁾. Въ Швейцаріи можно видѣть водопады необыкновенной высоты, въ которыхъ значительные ручьи, почти рѣчки, падая съ обрыва отвѣсной скалы, уже на половинѣ высоты своего паденія, вслѣдствіе сопротивленія воздуха, превращаются въ тонкую водяную пыль, которой паденіе книзу, вмѣсто ускоренія, все замедляется и у подошвы скалы образуетъ лишь туманное облако въ видѣ легкаго пара, водяныя частицы котораго, скопляясь и осаждаясь, снова образуютъ внизу ручей. Чтобы дать понятіе, до какихъ размѣровъ могутъ доходить въ природѣ объемы падающей воды и высоты, съ которыхъ она падаетъ, упомянемъ здѣсь коротко о самыхъ величайшихъ водопадахъ на земномъ шарѣ.

Въ южной Америкѣ, недалеко отъ Бахіи (въ Бразиліи), р. Санъ-Франциско, одна изъ самыхъ значительныхъ рѣкъ южнаго Американскаго континента, образуетъ водопадъ, называемый Павла-Альфонса; рѣка, ударяясь своимъ теченіемъ о три каменные массы, стоящія на краю пропасти, раздѣляется на четыре водяные столба, низвергающіеся въ пучину, имѣющую 247¹/₂ футовъ (почти 35¹/₂ саж.) глубины. Въ тихую и ясную погоду шумъ этого водопада можно слышать съ разстоянія 25 верствъ. О величественномъ водопадѣ р. Замбези, въ Центральной Африкѣ, впервые сообщилъ *Ливингстонъ*. Выше водопада, рѣка течетъ тихо по отлогому руслу, омывая своими водами нѣсколько острововъ, изъ которыхъ главный, называемый *садомъ*, по причинѣ роскошной на немъ растительности, дѣлитъ Замбези на два рукава; вдругъ русло рѣки обрывается и двѣ массы воды, изъ которыхъ одна имѣетъ 800, а другая 235 саженой ширины, летятъ въ пропасть, образуемую трещиной въ базальтовой породѣ.

Но самый знаменитый и величайшій водопадъ на земномъ шарѣ— это *Ниагарскій*, въ сѣверной Америкѣ, шумъ котораго, какъ говорятъ, иногда слышенъ въ Торонто, на противоположномъ берегу озера Онтарио, т. е. на разстояніи почти 75 верствъ. (O-ni-aw-ga-ga, на языкѣ

¹⁾ Рѣка Вокса (Вуокса или Уокса) въ Финляндіи, на западной сторонѣ Ладожскаго озера, въ которое она впадаетъ. вытекаетъ изъ озера Сайма и проходитъ между этими двумя озерами протяженіе въ 150 верствъ при паденіи въ 200 футовъ на всею ея протяженіи. Невдалекѣ отъ своего истока, около мѣстности Ситола, въ кристаллической формации гранита, именно въ сланцѣ. Вуокса пробилъ себѣ щель и образовала извѣстный водопадъ Иматру. Ладожское озеро, А. П. Андреева. С.-Петербургъ, 1875 года, стр. 82.

индѣйцевъ, племени Чиневыхъ, значить „громъ водъ“. Рѣка Ниагара течетъ по плоской столовой землѣ, во впадинѣ которой расположено озеро Эри. При выходѣ своемъ изъ этого озера, она имѣетъ около $1\frac{1}{2}$ версты ширины и лежитъ на 330 футовъ выше озера Онтарио, въ которое она впадаетъ и которое отстоитъ отъ ея истока изъ озера Эри въ 45 верстахъ. Рѣка, мѣстами усѣянная низкими, заросшими лѣсомъ. островами и иногда имѣющая до $4\frac{1}{2}$ верствъ въ ширину, течетъ сначала яснымъ, ровнымъ и спокойнымъ потокомъ, при паденіи только 15 футовъ на каждыя $22\frac{1}{2}$ версты протяженія и въ этой части своего теченія походитъ на рукавъ озера Эри. Но характеръ ея совершенно измѣняется по мѣрѣ приближенія къ быстринамъ, гдѣ она начинаетъ прыгать и пѣниться по скалистому и неровному известковому дну, на протяженіи почти $1\frac{1}{2}$ версты, пока наконецъ падаетъ отвѣсно съ высоты 165 футовъ (слишкомъ $23\frac{1}{2}$ саж.). Выше водопада, рѣка, несущая, среднимъ числомъ, около 90,000 кубическихъ футовъ воды въ секунду, ударяется объ островъ Готсъ-Айлендъ и дѣлится имъ на два рукава, изъ которыхъ одинъ лежитъ нѣсколько выше другаго. Въ этомъ мѣстѣ теченіе уже до того быстро, что инженерамъ до сихъ поръ не удалось измѣрить его глубину; ниже водопада глубина воды также еще неизвѣстна. Достигнувъ обрыва скаль, оба рукава рѣки, изъ которыхъ ширина одного 840, а другаго 126 сажени, низвергаются, описывая обширныя параболы, высотой одна въ 21 и другая въ 23 сажени. Толщина слоя падающей воды составляетъ отъ 8 до 14 аршинъ (отъ 18,4 до 32 футовъ). Тотчасъ ниже водопада, Ниагара течетъ съ большою скоростью по наклонному дну узкаго ущелья на пространствѣ $10\frac{1}{2}$ верствъ. Ширина этого ущелья отъ одного береговаго утеса до другаго измѣняется отъ 600 до 1,200 футовъ (или отъ 85,7 до 171 сажени), представляя поэтому сильный контрастъ въ ширинѣ съ верхнимъ русломъ рѣки; глубина его простирается отъ 200 до 300 футовъ. Это ущелье прорыто рѣкою на пространствѣ $5\frac{1}{2}$ верствъ въ столовой землѣ, которая близъ Квингстоуна внезапно обрывается и образуетъ уступъ, или длинный внутренній береговой утесъ, обращенный лицевую стороною къ озеру Онтарио. Ниагара, достигая этого уступа и выходя изъ ущелья, вступаетъ въ плоскую страну, которая лежитъ почти на одномъ уровнѣ съ озеромъ Онтарио, такъ что на пространствѣ $10\frac{1}{2}$ остальныхъ верствъ, отъ Квингстоуна до береговъ этого озера, паденіе рѣки не превышаетъ 4-хъ футовъ.

Ниагарскій водопадъ, говоритъ *Ляйелл*, представляетъ величественный примѣръ постепеннаго прорытія глубокой долины въ горной породѣ. Обрывъ водопада составляютъ горныя породы изъ пластовъ известняка, лежащихъ на пластахъ мергеля, т.-е. породы мягкія и рыхлыя; а потому вода постоянно отмываетъ край уступа водопада и подвигаетъ его вверхъ по теченію, подобно тому, какъ небольшіе весенніе ручьи прорываютъ и отодвигаютъ вверхъ уступъ въ глинистой почвѣ. По изслѣдованіямъ *Голля*, *Ляйелля* и другихъ геологовъ, каждый годъ водопадъ подвигается вверхъ по теченію отъ 1 до 3,3 фута, и по ис-

численію *Лайеля* онъ отодвинулся вверхъ къ истоку рѣки на $5\frac{1}{2}$ версты въ продолженіе 35,000 лѣтъ.

Въ настоящее время на Американскомъ берегу уже проведенъ изъ Ніагары, выше водопада, каналъ, не уступающій порядочной рѣкѣ и доставляющій движущую силу большому числу фабричныхъ заведеній. „Если рѣкѣ сдѣлаютъ еще тридцать или сорокъ такихъ кровопусканій, говоритъ *Реклю*, то могучая Ніагара можетъ превратиться въ скромный ручей¹⁾).

Существуютъ въ природѣ еще особыя плотины, которыя нельзя назвать естественными, но которыя не принадлежатъ и къ искусству человѣка;—это плотины, устроенныя рѣчными бобрами (*castor fiber*). Бобры выбираютъ для своего мѣстопребыванія такой ручей или рѣчку, на берегахъ которой они могутъ добывать необходимый матеріалъ для своихъ построекъ и въ достаточномъ количествѣ пищу, т.-е. кору мягкихъ лѣсныхъ породъ, каковы: тополи, ивы, ольхи, и т. п. деревья. Когда поселяются вмѣстѣ нѣсколько бобровыхъ семействъ, то прежде всего они строятъ себѣ плотину, чтобы обезпечить себя на случай разливовъ и чтобы вода хватала только до нижней части ихъ конуръ, которыя они строятъ на берегахъ и которыя сообщаются съ поднятою водою рѣки посредствомъ норъ. Такая плотина имѣетъ внизу, при самомъ основаніи, отъ 10 до 12 футовъ толщины, а къверху постепенно суживается; такъ что гребень плотины бываетъ только до 2 футовъ толщиною. Эти плотины всегда водосливныя; онѣ устроиваются бобрами изъ древесныхъ сучьевъ и стволовъ толщиною отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ фута и длиною отъ 2, 4 и до 6 футовъ, которые стоймя втыкаются бобрами въ дно рѣки, на подобіе свай, какъ можно глубже и плотнѣе одинъ около другого; потомъ промежутки наполняются тонкими и гибкими вѣтвями, а остающіяся затѣмъ отверстія замазываются глиною. Эту работу, производимую главнымъ образомъ передними лапами, бобры продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока вода въ ручьѣ, или рѣчкѣ, не поднимется до нижней части ихъ жилищъ. Та сторона плотины, которая приходится противъ теченія, всегда дѣлается ими отлогою, а другая—совершенно отвѣсною. Плотина эта обыкновенно такъ крѣпка, что по ней можно ходить совершенно безопасно; и если въ ней гдѣ либо оказывается отверстіе, то бобры немедленно же задѣлываютъ его глиной. Вода за плотиной поддерживается ими на такой высотѣ, чтобы она стояла выше входовъ въ норы, по крайней мѣрѣ на 4 фута; эта высота имъ необходима для того, чтобы зимою ледъ своею толщиною не закрывалъ имъ входы въ норы. Если рѣка течетъ не слишкомъ быстро, то плотина дѣлается ими почти прямая; въ противномъ случаѣ она получаетъ форму выпуклой дуги, которой выпуклость обращена противъ теченія рѣки.

Для добыванія строеваго матеріала бобрамъ служатъ ихъ острые

¹⁾ Чарльзъ Лайель. Основныя начала геологій. Москва, 1866 г., перев. Минна, стр. 249—252. Элизе Реклю. Земля. Т. 1-й, С.-Петербургъ. 1872 г., стр. 318—319 и 322—323.

и крѣпкіе зубы; боберъ сразу перекусываетъ вѣтви толщиною въ дюймъ и перегрызаетъ древесные стволы толщиною до одного фута. Толстый стволъ онъ подгрызаетъ сначала кругомъ, а потомъ больше съ той стороны, которая обращена къ рѣкѣ, для того, чтобы дерево падало по возможности прямо въ воду. У сваленныхъ деревьевъ бобры обгрызаютъ сучья, объѣдаютъ кору, иногда раскусываютъ стволъ на большіе или меньшіе куски, чтобы употребить ихъ на сваи плотинъ, а сучья и вѣтви на устройство конуръ. Если дерево упало не въ воду, то нѣсколько бобровъ вмѣстѣ тащатъ стволъ зубами по берегу до воды, сталкиваютъ въ воду и опять общими силами влекуть его по водѣ къ мѣсту назначенія ¹⁾.

3. Механическое значеніе запруживанія рѣки.— Устройство искусственныхъ плотинъ обходится вообще дорого ²⁾. Устройство, напримѣръ, новаго каменнаго водоспуска въ Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ, не считая устройства плотины, обошлось около 240,000 руб.; самыя малыя плотины съ водоспусками, при первоначальномъ ихъ устройствѣ, обходятся, если онѣ назначаются для механическаго вододѣйствія въ 500, 1,000, 2,000 и болѣе рублей, смотря по тому, на какую высоту поднимается вода, по силѣ ея притока, а равно въ зависимости отъ тщательности и прочности устройства. Большія заводскія плотины, хотя земляныя и съ деревянными водоспусками, обходятся иногда въ десятки тысячъ рублей. Такъ какъ плотины устраиваемыя для механическаго дѣйствія должны дать возможность пользоваться извѣстнымъ количествомъ *механической работы*, то необходимо прежде всего уяснить себѣ, въ чемъ именно заключается механическое значеніе запруживанія рѣки, дабы сопоставить требующіяся на это затраты съ тѣми выгодами, которыя получатся отъ устройства плотины и образованія водопада. А для этого необходимо составить себѣ ясное и опредѣленное понятіе о самой механической работѣ и способѣ ея измѣренія.

При всякой работѣ, въ самомъ обыкновенномъ смыслѣ, или значеніи, приходится преодолевать различныя сопротивленія, какъ примѣръ: силу сѣпленія частицъ въ различнаго рода тѣлахъ или веществахъ, силу упругости, силу тяжести, инерцію тѣлъ и др. Выстругать доску, распилить кусокъ дерева или мрамора, отполировать его, поднимать тяжести, двигать повозку, натянуть пружину, молотить хлѣбъ, обращать зерна въ муку и т. д. значить работать, т.-е. преодолевать, въ теченіе извѣстнаго времени, непрерывно возобновляющіяся сопротивленія. Подъ *механической работой* подразумѣваютъ не только преодоленіе извѣстнаго сопротивленія одинъ разъ на всегда, или приведеніе этого сопротивленія въ равновѣсіе съ движущей силой, но постоянное преодоленіе сопротивленія *на всемъ пути, проходимою точкою при-*

1) Buffon. Oeuvres complètes. T. IV Paris. 1853. p. 24 et suiv.

Бремъ. Жизнь сумчатыхъ животныхъ и грызуновъ. С.-Петербургъ. 1866, стр. 442. 443 и слѣд.

2) Во Франціи есть много плотинъ, устройство которыхъ обошлось болѣе полтора милліона франковъ.

напряженія движущей силы, въ которой обнаруживается это сопротивленіе и въ самомъ направленіи этого пути. Когда, напримѣръ, столяръ стругаетъ доску помощію рубанка, то, чтобы отдѣлить стружку отъ тѣла доски, ему необходимо не только употребить усиліе прямо противоположное сопротивленію, которое обнаруживается при отдѣленіи стружки отъ тѣла доски, вслѣдствіе частичнаго сцѣпленія дерева, но необходимо еще заставить рубанокъ пройти нѣкоторое протяженіе вдоль стругаемой доски, по направленію сопротивленія, чтобы дѣйствительно отдѣлить отъ доски стружку на всемъ этомъ протяженіи. Чѣмъ на большее разстояніе онъ передвинетъ рубанокъ, преодолевая въ то же время сопротивленіе отъ сцѣпленія между частицами дерева, тѣмъ отдѣляемая стружка будетъ длиннѣе; съ другой стороны, чѣмъ ширина и толщина этой стружки будетъ болѣе, тѣмъ болѣе будетъ сопротивленіе, а слѣдовательно, и усиліе, необходимое для ея отдѣленія. Производимая въ каждое мгновеніе работа увеличивается, слѣдовательно, съ увеличеніемъ напряженія усилія и съ длиною пути проходимаго въ направленіи этого усилія. Подобное разсужденіе приложимо ко всѣмъ ремесленнымъ и промышленнымъ работамъ, производимымъ помощію инструментовъ и машинъ.

Предположимъ, что сопротивленіе будетъ постоянное ¹⁾, или то же самое, въ каждое мгновеніе (въ случаѣ перемѣннаго сопротивленія, берется средняя его величина на данномъ протяженіи), а также и усиліе, которое ему равно и прямо противоположно; очевидно, что результатъ работы и самая работа будутъ пропорціональны величинѣ пути пройденному точкою приложенія сопротивленія, т.-е. они будутъ вдвое больше, если пройденный путь вдвое больше; втрое больше, если путь втрое больше и т. д.; такъ что если примемъ за единицу—работу преодолевающую сопротивленіе на длинѣ одного фута, вся работа можетъ быть измѣряема проходимымъ числомъ футовъ и частей фута. Но если для какой нибудь другой работы постоянное сопротивленіе было бы вдвое, втрое и т. д. больше противъ сопротивленія при первой, то при той же длинѣ пути проходимаго точкою приложенія сопротивленія, работа была бы также вдвое, втрое и т. д. больше, чѣмъ она была въ первомъ случаѣ. Если, напримѣръ, сопротивленіе было въ 1 пудъ въ первомъ случаѣ, а во второмъ—въ 2, 3, 4 пуда, то работа для каждаго фута пути была бы въ 2, 3, 4 раза больше той, которая, при той же величинѣ пройденнаго пути, соответствовала бы сопротивленію въ одинъ пудъ. А потому, принимая за единицу механической работы, такую работу, посредствомъ которой преодолевается сопротивленіе въ одинъ пудъ на протяженіи одного фута, очевидно, что работа, посредствомъ которой прямо преодолевается какое либо постоянное препятствіе, будетъ измѣряться числомъ пудовъ, представляемыхъ этимъ сопротивленіемъ, повторенныхъ столько разъ, сколько будетъ футовъ и частей фута въ пути, проходимомъ точкою приложенія силы и сопротивленія, или произведеніемъ этихъ двухъ чиселъ.

¹⁾ См. приложенія II и III.

Работа самая простая и которая сама указывает на способъ ея измѣренія, это подниманіе тяжестей по вертикальному направленію; количество производимой въ этомъ случаѣ работы, очевидно увеличивается пропорціонально вѣсу поднимаемой тяжести и вертикальной высотѣ, на которую она поднимается, такъ что величина механической работы получается отъ перемноженія этихъ двухъ величинъ. Такъ, напримѣръ, чтобы поднять грузъ въ 10 пудовъ на вертикальную высоту одного фута, или грузъ въ одинъ пудъ на вертикальную высоту 10 футовъ, нужно израсходовать одинаковое количество механической работы. Такимъ образомъ вообще *сила работаетъ* только тогда, когда при непрерывномъ дѣйствіи ея на сопротивление, точка приложенія проходитъ нѣкоторое пространство по направленію дѣйствія силы; и потому слово — *механическая работа*, означаетъ дѣйствіе силы на нѣкоторомъ протяженіи. Механическая работа силы пропорціональна ея напряженію и пространству, проходимому точкою приложенія по направленію силы и слѣдовательно выражается произведеніемъ силы на протяженіе ¹⁾).

У насъ за *единицу механической работы* принимается работа, при которой сила, преодолюющая сопротивление величиною въ одинъ пудъ, проходитъ протяженіе, въ направленіи дѣйствія силы, длиною въ одинъ футъ. Слѣдовательно 1 пудъ, поднимаемый вертикально на высоту одного фута, есть единица мѣры для всякой механической работы и которую принято называть *пудофутомъ*. Во Франціи, напримѣръ, за единицу механической работы принимаютъ *килограммометръ*, т.-е. работу, которую нужно употребить, чтобы поднять грузъ вѣсомъ въ одинъ килограммъ на вертикальную высоту одного метра.

Хотя изъ опредѣленія механической работы мѣра ея не зависитъ отъ времени, но такъ какъ въ промышленности механическая работа имѣетъ извѣстную цѣнность и слѣдовательно можетъ продаваться и покупаться, то въ этомъ смыслѣ очень важно знать, въ какой именно промежутокъ времени можетъ быть совершенно извѣстное количество механической работы. А потому въ практикѣ обыкновенно механическую работу относятъ къ извѣстной единицѣ времени, и подъ пудофутомъ или килограммометромъ работы, обыкновенно понимаютъ, что эта единица механической работы совершается въ единицу времени, за которую принимаютъ секунду. Такъ что одинъ пудофутъ работы соответствуетъ одному пуду груза, поднимаемому вертикально, *въ теченіе одной секунды времени*, на высоту одного фута. И потому, если напримѣръ говорятъ, что на каждый мельничный поставъ, чтобы вращать жерновъ съ извѣстной скоростью для обращенія зерна въ муку, требуется механическая работа въ 50 пудофутовъ, то это значитъ, что такое количество работы нужно затрачивать въ каждую секунду времени. А также, напримѣръ, если говорятъ, что механическая работа какого нибудь двигателя, — гидравлическаго колеса, паровой машины, равняется 100 пудо-

¹⁾ То есть произведеніемъ числа пудовъ, выражающихъ величину силы, на число футовъ, выражающихъ величину протяженія. См. приложение III.

футамъ, то обыкновенно подразумѣваютъ, что двигатель можетъ совершать, или совершаетъ, это количество механической работы, въ каждую секунду времени.

Для измѣренія большихъ работъ, за единицу работы у насъ принимается работа въ 15 пудофутовъ, а во Франціи 75 килограммометровъ и которую принято называть *паровою лошадью*. Для малыхъ же механическихъ работъ иногда у насъ принимаютъ за единицу мѣры одинъ *фунтофутъ*, т.-е. вѣсъ одного фунта, поднимаемаго вертикально на высоту одного фута въ одну секунду времени. Слѣдовательно 1 пудофутъ = 40 фунтофутамъ; 1 паровая лошадь = 15 пудофутамъ = 600 фунтофутамъ.

Если грузъ, или тѣло имѣющее опредѣленный вѣсъ, поднять уже вертикально на нѣкоторую высоту, то этотъ самый грузъ, — употребленный для преодоленія сопротивленій, непосредственно, или посредствомъ машинъ, — опускаясь съ той же высоты, можетъ возстановить, или возвратить то же самое количество механической работы, которое потребовалось на его поднятіе. Дѣйствительно, въ тѣхъ предѣлахъ высотъ, въ которыхъ мы имѣемъ дѣло съ разными механизмами, напряженіе дѣйствія тяжести остается одно и тоже ¹⁾, какъ при подниманіи груза, такъ и при его паденіи; и слѣдовательно, давленіе, оказываемое грузомъ на преодолеваемое препятствіе остается неизмѣннымъ въ обоихъ случаяхъ; такъ что при той же вертикальной высотѣ поднятія или паденія, количество механической работы остается тоже самое.

Такимъ поднятіемъ и паденіемъ, или опусканіемъ, груза, приводятся въ движеніе часы съ гириями; такимъ же паденіемъ вода, въ естественныхъ или искусственныхъ водопадахъ, своимъ вѣсомъ приводитъ въ движеніе колеса мельницъ и вообще различные гидравлическіе приѣмники. Но для того, чтобы при паденіи груза возвращалась или возстановлялась вся механическая работа, которая была затрачена на его поднятіе, необходимо, чтобы дѣйствіе тяжести было надлежащимъ образомъ приспособлено для преодоленія сопротивленій. На практикѣ же, вслѣдствіе различныхъ сопротивленій, происходящихъ отъ тренія и другихъ матеріальныхъ условій каждаго механизма, это возстановленіе механической работы всегда бываетъ неполное.

Такимъ образомъ изъ предъидущаго опредѣленія механической работы мы заключаемъ, что вода, какъ и всякое другое физическое тѣло, имѣющая въ данномъ объемѣ опредѣленный вѣсъ, падая въ естественныхъ или искусственныхъ водопадахъ съ нѣкоторой высоты, способна произвести извѣстной величины механическую работу. Что величина, или количество механической работы даваемой водопадомъ, выразится вѣсомъ пудовъ воды, падающимъ въ каждую секунду, умноженнымъ на вертикальную высоту, выраженную въ футахъ, съ которой этотъ вѣсъ воды падаетъ. Напримѣръ, если въ нашей рѣкѣ, въ нормальномъ ея состояніи, протекаетъ въ каждую секунду объемъ воды въ 200 кубическихъ футовъ, и если весь этотъ объемъ мы заставимъ, помощію

1) См. приложенія II и IV.

плотины, падать съ высоты 15 футовъ, то такъ какъ вѣсъ одного кубическаго фута воды, среднимъ числомъ, составляетъ 1,73 пуда, а слѣдовательно 200 куб. фут. воды вѣсятъ 346 пудовъ, поэтому количество механической работы, которое можетъ дать намъ искусственный водопадъ, будетъ $346 \cdot 15 = 5190$ пудофутовъ, или 346 паровыхъ лошадей. Это будетъ, такъ называемое, *абсолютное количество работы*, даваемое водопадомъ; ибо мы впоследствии увидимъ, что гидравлическіе приѣмники, хотя и самымъ лучшимъ образомъ примѣненные и устроенные, на которые будетъ пущенъ объемъ воды въ 200 куб. футовъ, упавшій съ высоты 15 футовъ, не передадутъ всей этой работы исполнителнымъ механизмамъ, а передадутъ только нѣкоторую часть ея.

И такъ, если плотина подняла воду рѣки на высоту, примѣрно, 15 футовъ и если весь объемъ воды, протекающей въ каждую секунду въ рѣкѣ и составляющей, примѣрно, 200 куб. футовъ, можетъ быть чрезъ рабочій ставъ пущенъ на колеса, то вслѣдствіе непрерывнаго теченія рѣки, такой точно объемъ можетъ падать на колеса въ каждую секунду времени. Впоследствии мы укажемъ подробно, какимъ образомъ опредѣляется этотъ объемъ текущей на колеса воды. Но уже выше видѣли, чтобы опредѣлить количество механической работы, совершаемой въ каждую секунду времени, нужно, чтобы этотъ объемъ упалъ съ высоты 15 футовъ также въ секунду времени. Поэтому естественно является вопросъ, въ теченіе какого времени ежесекундно падающій объемъ воды въ 200 куб. футовъ совершаетъ паденіе съ высоты 15 футовъ? Вода, какъ и всякое другое физическое тѣло, падаетъ только вслѣдствіе дѣйствія тяжести; опыты *Галилея*, провѣренные новѣйшими наблюдениями, показали ¹⁾, что всѣ тѣла, изъ какого бы вещества они ни состояли, вслѣдствіе дѣйствія тяжести, падаютъ въ пустотѣ (т.-е. въ безвоздушномъ пространствѣ) съ одинаковою скоростію, и потому для одного и того же мѣста на земной поверхности величина напряженія дѣйствія тяжести постоянна и неизмѣнна. Для мѣстностей, напримѣръ, всей средней Россіи, всякое тѣло, начинающее падать изъ состоянія покоя, въ теченіе первой секунды упадетъ на высоту 16,1 фута. Для тѣлъ тяжелыхъ, каковы вода, камни, металлы и т. п. эта цифра можетъ быть принята и при паденіи въ воздухѣ, ибо при малыхъ скоростяхъ движенія и небольшихъ высотахъ паденія, сопротивленіе воздуха движенію оказывается ничтожнымъ. Всякое тѣло, начиная падать изъ состоянія покоя, т.-е. когда скорость его движенія равна нулю, вслѣдствіе непрерывнаго на него дѣйствія тяжести въ каждое послѣдующее одинаковой величины мгновеніе, увеличиваетъ скорость паденія и къ концу первой секунды пріобрѣтаетъ уже скорость равную 32,2 фута въ секунду; т.-е. еслибы въ концѣ первой секунды тяжесть перестала бы на него дѣйствовать, то тѣло перестало бы двигаться равномерно-ускоренно, а продолжало бы двигаться равномерно ²⁾, съ

¹⁾ См. приложенія II и IV.

²⁾ См. приложенія II и IV.

приобрѣтенною скоростью 32,2 фут., или въ каждую послѣдующую секунду времени прошло бы высоту въ 32,2 фута. Эта скорость, приобрѣтаемая тѣломъ въ концѣ первой секунды паденія, называется *ускореніемъ* и ее обыкновенно обозначаютъ буквою *g*. Слѣдовательно для средней Россіи ускореніе $g=32,2$ футамъ.

Такъ какъ въ искусственныхъ водопадахъ, образуемыхъ плотинами, воду рѣдко заставляютъ падать ¹⁾ выше 35 футовъ и ниже 3 футовъ, то 16,1 фут. высоты, съ которой тѣло падаетъ въ одну секунду времени, составляетъ почти среднюю высоту, съ которой вода чаще падаетъ въ искусственныхъ водопадахъ; при томъ, при большихъ паденіяхъ, вода начинаетъ падать на колеса не изъ состоянія покоя, а имѣя уже скорость около 10 фут. и слѣдовательно въ первую секунду времени она уже упадетъ на высоту 26,1 футовъ. А потому время паденія обыкновенно и не принимается въ расчетъ при опредѣленіи абсолютнаго количества механической работы, даваемой паденіемъ воды: а опредѣляется лишь вѣсъ воды, падающей въ каждую секунду и высота ея паденія; получаемое произведеніе изъ числа пудовъ воды на число футовъ высоты, составитъ, въ пудофутахъ, абсолютную механическую работу водопада, которую, по предположенію, онъ можетъ давать въ каждую секунду времени.

Что вода, падающая въ искусственныхъ и естественныхъ водопадахъ, можетъ производить извѣстное количество механической работы, мы убѣждаемся и практически. Когда видимъ, какъ эта вода, упавъ на гидравлическія колеса, заставляютъ ихъ вращаться и приводятъ въ движеніе различные механизмы въ мельницахъ, фабрикахъ, заводахъ; а эти механизмы, въ свою очередь, преодолеваютъ извѣстныя сопротивленія и производятъ, или, правильнѣе сказать, передаютъ извѣстное количество механической работы, полученной ими отъ падающей воды.

Если въ воду довольно быстро текущей рѣки опустимъ лопатки колеса, установленнаго надъ водою, то увидимъ, что движущаяся вода будетъ отодвигать лопатку, опущенную въ нее и препятствующую ея свободному движенію; затѣмъ, подхватывая слѣдующія лопатки, погружающіяся въ потокъ и двигая ихъ впередъ по теченію, текущая вода приведетъ въ вращательное движеніе самое колесо. Если къ валу этого колеса прикрѣпимъ конецъ веревки, перекинутой выше колеса черезъ блокъ, а къ другому ея концу, висящему вертикально, подвѣсимъ грузъ, то, при вращеніи колеса, веревка будетъ наматываться на валъ и грузъ подниматься, если только величина его не будетъ препятствовать вращенію колеса. Такимъ образомъ, движущаяся въ рѣкѣ вода, вращая колесо, подниметъ грузъ на извѣстную высоту и слѣдовательно совершитъ нѣкоторое количество механической работы.

Безъ сомнѣнія многимъ случалось видѣть колеса съ лопатками, приводимыя въ вращательное движеніе текущею водою и эти колеса передаютъ всегда извѣстное количество механической работы, сообщае-

Черт. I.
оиг. 1.

¹⁾ Собственно для механическаго вододѣйствія.

мой имъ движущуюся водою, другимъ механизмамъ. На быстро текущихъ большихъ рѣкахъ, каковы напр. Висла, Рейнъ, Дунай, можно часто видѣть такія колеса, повѣшенные между двумя барками и приводимыя въ вращательное движеніе текущею водою, дѣйствующею на ихъ лопатки; колеса же, въ свою очередь, вращаютъ жернова мукомольныхъ мельницъ или приводятъ въ движеніе другіе механизмы и производятъ извѣстное количество механической работы, сообщаемое имъ движущуюся водою.

Такъ какъ вода въ рѣкахъ и каналахъ движется, или течетъ, по причинѣ наклонности русла и вслѣдствіе дѣйствія тяжести и, такъ сказать, скатывается съ наклонной плоскости, то, другими словами, можно выразиться, что вода, текущая въ рѣкахъ въ каждое мгновеніе падаетъ съ нѣкоторой высоты и поэтому самому она и должна производить нѣкоторое количество механической работы. Теперь спрашивается, какимъ образомъ въ данномъ мѣстѣ опредѣлить то количество механической работы, которое можетъ дать вода, свободно текущая въ рѣкѣ? Для этого опредѣленія намъ необходимо, предварительно, обратиться къ нѣкоторымъ общимъ законамъ движенія тѣлъ.

Какъ указанный нами выше примѣръ, — приведенія въ вращательное движеніе колеса движущуюся водою, — такъ и наблюденія, испытанныя каждымъ, приводятъ насъ къ тому заключенію, что всякое тѣло, имѣющее опредѣленный вѣсъ и движущееся съ извѣстной скоростью, встрѣчая другое тѣло, можетъ сообщить ему часть своего движенія и слѣдовательно совершить нѣкоторое количество механической работы. Назовемъ вѣсъ движущагося тѣла чрезъ P пудовъ; выраженіе $\frac{P}{g}$ называютъ въ механикѣ *массою* этого тѣла, которую обозначаютъ обыкновенно буквою M . Если тѣло, котораго вѣсъ P и масса M , движется съ скоростью V , то выраженіе $M \cdot V^2$ называютъ въ механикѣ *живою силою* массы M . Такимъ образомъ всякое тѣло, котораго масса M , движущееся со скоростью V , обладаетъ живою силою равною MV^2 ; затѣмъ въ механикѣ доказывается, что если это тѣло, во время движенія, встрѣтитъ какое либо другое, то, сообщая ему часть своего движенія, оно способно произвести механическую работу, величина которой равняется половинѣ его живой силы, или равна $\frac{MV^2}{2}$. А такъ какъ $M = \frac{P}{g}$, то величина этой работы, которую можетъ произвести движущееся тѣло, будетъ $\frac{PV^2}{2g}$.

Слѣдовательно, чтобы получить величину механической работы, которую можетъ произвести всякое движущееся тѣло, слѣдуетъ *вѣсъ этого тѣла умножить на квадратъ скорости его движенія и разделить на удвоенную величину ускоренія вслѣдствіе дѣйствія тяжести* ¹⁾.

Напримѣръ, какъ велика будетъ механическая работа тѣла вѣсомъ въ 50 пудъ, движущагося со скоростью 20 футъ въ секунду при сообщеніи имъ движенія какому либо другому тѣлу? Здѣсь, слѣдовательно, $P = 50$ пуд. $V = 20$ фут. и $g = 32,2$ а $2g = 64,4$. Подставляя эти цифры

1) См. приложения. II, III, V.

въ выраженіе $\frac{PV^2}{2g}$, будетъ: $\frac{50.400}{64.4} = 310,5$ пудофутовъ. Возьмемъ другой примѣръ: представимъ себѣ, что по рѣкѣ плыветъ льдина вѣсомъ въ 1000 пудовъ, со скоростью 10 футовъ въ секунду; требуется опредѣлить: какой величины механическую работу эта льдина обнаружитъ, ударяясь въ земляную плотину и сжимая ея земляные слои? Въ этомъ случаѣ $P=1000$ пуд. и $V=10$ ф., слѣдовательно $\frac{PV^2}{2g} = \frac{1000.100}{64.4} = 1552,8$ пудофутовъ = 103,52 паровымъ лошадямъ. То есть, что льдина въ состояніи произвести, во время прикосновенія съ плотиною, такой величины механическую работу, которую произвели бы 103,52 паровыхъ лошадей.

Теперь намъ уже легко опредѣлить величину и той механической работы, которую можетъ обнаружить свободно движущаяся въ рѣкѣ вода. Представимъ себѣ, что въ томъ мѣстѣ рѣки, гдѣ желаемъ опредѣлить количество даваемой ею механической работы, мы пересѣчемъ рѣку вертикальной плоскостью, перпендикулярною въ то же время къ направленію теченія рѣки; пересѣченіе этой воображаемой плоскости съ водою образуетъ площадь, которую называютъ *площадью живаго сѣченія рѣки*; если намъ будетъ извѣстна средняя скорость, съ которой вода рѣки протекаетъ сквозь площадь живаго сѣченія, то, умножая величину этой скорости, выраженную въ футахъ, на величину площади живаго сѣченія, выраженную въ квадратныхъ футахъ, мы получимъ въ кубическихъ футахъ объемъ воды, который протекаетъ въ рѣкѣ въ каждую секунду сквозь эту площадь живаго сѣченія. ¹⁾ Умножая этотъ объемъ на вѣсъ кубическаго фута воды, который составляетъ 1,73 пуда, мы получимъ вѣсъ воды протекающей въ каждую секунду сквозь живое сѣченіе рѣки; далѣе, умноживъ этотъ вѣсъ на квадратъ средней скорости теченія и раздѣливъ произведеніе на удвоенное ускореніе, получимъ количество механической работы, которое можетъ дать вода свободно текущей рѣки въ этомъ мѣстѣ.

Такъ напримѣръ предположимъ, что надлежащимъ измѣреніемъ мы опредѣлимъ, что площадь живаго сѣченія рѣки, — въ томъ мѣстѣ, въ которомъ мы желаемъ опредѣлить количество механической работы, которое можетъ давать рѣка въ каждую секунду, — составляетъ 65 квадратныхъ футовъ; что также надлежащимъ измѣреніемъ мы опредѣлимъ, что средняя скорость теченія воды въ этомъ мѣстѣ будетъ 7 футовъ въ секунду. Тогда объемъ воды, протекающей въ рѣкѣ въ каждую секунду сквозь площадь ея живаго сѣченія, будетъ: $65 \cdot 7 = 455$ куб. футовъ; вѣсъ этого объема будетъ: $455 \cdot 1,73 = 787,15$ пудовъ; а количество механической работы, которое можетъ давать рѣка въ каждую секунду, по формулѣ $\frac{PV^2}{2g} = \frac{787,15 \cdot 49}{64.4} = 598,9$ пудофутовъ, или 39,92 паровыхъ лошадей.

Впослѣдствіи мы подробно уважемъ способъ измѣренія и опредѣленія площади живаго сѣченія рѣки, а равно способы измѣренія и опредѣленія *средней* скорости теченія воды въ данномъ живомъ сѣченіи.

¹⁾ Такъ какъ *скорость* всякаго равномерно движущагося тѣла есть протяженіе, которое оно проходитъ въ одну секунду времени.

Здѣсь же мы замѣтимъ только, что опредѣленное вышеуказаннымъ способомъ количество механической работы, даваемой водою текущей рѣки, составляетъ *абсолютную величину этой работы*, только часть которой гидравлическіе приѣмники могутъ передавать исполнительнымъ механизмамъ.

Всякое тѣло скатывающееся съ наклонной плоскости и въ каждое мгновеніе подверженное только дѣйствию постоянной силы тяжести, движется съ постоянно и одинаково увеличивающеюся скоростью, т. е. приобретаетъ движеніе, называемое *равномерно-ускореннымъ*¹⁾. То же самое должно бы происходить въ рѣкахъ и рѣчкахъ съ движеніемъ воды, которая скользитъ, или скатывается по наклонной плоскости русла, только вслѣдствіе дѣйствія на нее постоянной и одинаковой силы тяжести. Но такъ какъ вода, при своемъ движеніи въ руслѣ рѣки, встрѣчаетъ сопротивленіе отъ тренія о дно и стѣнки русла, и какъ опыты указываютъ, что это сопротивленіе возрастаетъ быстрѣе чѣмъ скорость течения, а именно, возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости течения воды, то очевидно, что настанетъ моментъ, когда ускореніе течения отъ дѣйствія тяжести, будетъ уравновѣшено замедленіемъ отъ сопротивленія теченію, вслѣдствіе тренія. Въ длинномъ прямомъ каналѣ, съ постоянно одинаковымъ уклономъ дна, съ одинаковымъ живымъ сѣченіемъ, со стѣнками и дномъ изъ совершенно одинаковаго матеріала, представляющаго совершенно одинаковое сопротивленіе движенію воды вслѣдствіе тренія, это движеніе очевидно сдѣлалось бы *равномернымъ*.

Въ рѣкахъ же, — въ которыхъ направленіе течения часто мѣняется вслѣдствіе *излучинъ*, или поворотовъ русла; а равно часто мѣняются величины уклона дна, площади живаго сѣченія и свойства стѣнокъ и дна русла, — движеніе воды не можетъ быть равномернымъ, но оно дѣлается *постояннымъ*, или *однообразнымъ*, хотя скорость течения непрерывно измѣняется въ зависимости отъ расширенія или суженія русла, или вообще отъ измѣненія величины площади живаго сѣченія русла и его уклона. Это постоянство, или однообразіе, движенія воды въ рѣкахъ можно выразить тѣмъ закономъ, что чрезъ два живыя сѣченія русла рѣки, недалеко отстоящія одно отъ другаго и между которыми въ рѣку не вливается никакого посторонняго притока, и которыхъ величина площадей различна, — въ каждую единицу времени, напр. въ одну секунду, протекаетъ одинаковый объемъ воды. Для этого очевидно необходимо, чтобы вода съвозъ живое сѣченіе съ меньшей площадью проходила съ большей скоростью, чѣмъ чрезъ живое сѣченіе съ большей площадью; или, что *величина скоростей должна быть обратно пропорціональна величинамъ площадей живыхъ сѣченій*.

Всякій, кто хотя немного обращалъ вниманіе на теченіе воды въ небольшихъ рѣкахъ и рѣчкахъ, безъ сомнѣнія замѣчалъ, что вода, входя въ такъ называемое *плесо*, т. е. часть русла рѣки съ болѣе расширеннымъ сѣченіемъ, движется тихо и спокойно съ небольшою скоростью;

¹⁾ См. приложение II.

подходя же къ суженному или мелкому мѣсту русла, пріобрѣтаетъ значительную скорость, такъ что эти мѣста рѣки называютъ *бырками*, *быстринами* и т. п. Тоже явленіе замѣчается при быстромъ измѣненіи наклона русла, и мѣста, съ увеличеннымъ наклономъ русла, называютъ *порогами*, если они близко и часто повторяются. Это явленіе особенно рѣзко бросается въ глаза въ горныхъ странахъ, гдѣ часто шумящій горный ручей стремится съ большою быстротою по горному ущелью, представляющему значительный уклонъ для его русла; и тотъ же ручей, входя въ долину, съ уклономъ для русла весьма незначительнымъ, представляетъ уже изъ себя цѣлую рѣку, но съ болѣе спокойнымъ и тихимъ теченіемъ. Очевидно, что вслѣдствіе уменьшенія скорости теченія, площадь сѣченія русла должна была значительно увеличиться, чтобы пропустить въ единицу времени тотъ же объемъ воды, который въ быстро текущемъ ручьѣ можетъ пройти сквозь площадь съ меньшимъ сѣченіемъ.

Теперь, когда мы составили себѣ ясное понятіе о механической работѣ и способѣ ея измѣренія въ падающей или текущей водѣ, а равно о существенномъ характерѣ теченія рѣкъ, мы можемъ уже выяснитъ механическое значеніе запруживанія рѣкъ, или механическое значеніе плотинъ.

Представимъ себѣ, что въ томъ мѣстѣ рѣки, гдѣ мы предполагаемъ устроить какое либо механическое заведеніе, чтобы пользоваться водою какъ двигателемъ, площадь живаго сѣченія рѣки будетъ, напримѣръ, 100 квад. футовъ, а средняя скорость теченія воды сквозь эту площадь 5 футовъ въ секунду. Предположимъ также, (какъ это обыкновенно и дѣлается), что измѣренія площади живаго сѣченія и средней скорости теченія воды сдѣланы тогда, когда рѣка находится въ нормальномъ своемъ состояніи, а не въ моменты особенной прибыли или убыли въ ней воды.—Такъ какъ мы уже знаемъ, что количество механической работы воды, движущейся въ рѣкѣ, выражается формулою $\frac{PV^2}{2g}$, то въ настоящемъ случаѣ, объемъ воды, протекающій въ каждую секунду сквозь площадь живаго сѣченія, будетъ $100 \cdot 5 = 500$ куб. фут. а всѣй его P , будетъ $500 \cdot 1,73 = 865$ пуд.; и какъ $V = 5$ фут. а $g = 32,2$ фут., то количество механической работы, которое можетъ давать рѣка въ теченіе каждой секунды, будетъ: $\frac{865 \cdot 25}{64,4} = 335,8$ пудо-футовъ или 22,4 паровыхъ лошадей.

Теперь представимъ себѣ, что эта самая рѣка и въ томъ же мѣстѣ ея теченія будетъ преграждена плотиною. Для большей простоты и наглядности нашихъ разсужденій предположимъ сначала, что рѣка имѣетъ совершенно прямое теченіе, съ одинаковымъ вездѣ уклономъ русла, однимъ словомъ, имѣетъ форму правильнаго канала, какъ мы его изобразили выше. Какъ только теченіе рѣки остановлено плотиною, условія ея теченія измѣнятся: горизонтъ или уровень въ ней воды будетъ подниматься за плотиною, площадь живаго сѣченія станетъ принимать болѣшіе и болѣшіе размѣры, скорость движенія воды замедлится

и теченіе воды за плотиною остановится, а ниже плотины совершенно прервется. Если порогъ въ водоспускѣ или гребень въ водосливной плотинѣ, чрезъ которые вода можетъ свободно переливаться, будутъ расположены, напр. на 10 футовъ выше прежняго уровня рѣки до ея запруды, то вода, поднимаясь за плотиною выше и выше, достигнетъ наконецъ до порога или гребня, и начнетъ чрезъ нихъ переливаться. Когда, наконецъ, вода за плотиною перестанетъ подниматься и уровень ея тамъ сдѣлается постояннымъ, тогда возстановится опять прежнее теченіе рѣки и ниже плотины и слѣдовательно сквозъ водоспускъ или чрезъ гребень водосливной плотины будетъ въ каждую секунду проходить тотъ же объемъ воды, который прежде проходилъ въ теченіе того же времени въ рѣкѣ до ея запруды, т. е. 500 кубическихъ, футовъ ¹⁾. Но теперь этотъ объемъ воды, котораго вѣсь составляетъ тѣже 865 пудовъ, будетъ падать съ высоты 10 фут. и слѣдовательно количество механической работы воды при плотинѣ, отъ той же рѣчки будетъ $865 \cdot 10 = 8650$ пудофутовъ, или 576,6 паровыхъ лошадей. слѣдовательно устройство плотины, поднявшей воду только на 10 футовъ, увеличило количество механической работы, противъ работы свободно текущей рѣки, въ 25,74 раза. Но такъ какъ бываютъ плотины, которыя поднимаютъ уровень воды за собою на 30 и даже до 40 футовъ, то плотина, поднявшая, напримѣръ, воду той же рѣки на 30 футовъ, дала бы механическую работу въ 25950 пудофутовъ, или въ 1730 паровыхъ лошадей въ секунду, и слѣдовательно въ 77,23 разъ болѣе, чѣмъ можетъ дать вода, свободно движущаяся въ рѣкѣ.

Все то протяженіе рѣки, за плотиною, на которомъ поднять ея уровень, или разстояніе отъ плотины до того мѣста рѣки въ которомъ скорость ея теченія не измѣнилась отъ запруды и осталась прежнею, называется, какъ уже мы знаемъ, *подпрудой* рѣки. ²⁾ Если бы на протяженіи русла рѣки (предполагаемымъ односкатнымъ, или съ одинаковымъ вездѣ уклономъ) отъ плотины до конца подпора, или на длинѣ всей подпруды, вмѣсто одной большой плотины, поднимающей воду на 10 футовъ, мы устроили бы 10 плотинъ въ равномъ разстояніи одну отъ другой, такимъ образомъ, чтобы подпоръ каждой плотины доходилъ до подошвы другой, выше лежащей, и каждая плотина поднимала бы, слѣдовательно, воду только на одинъ футъ, то у каждой изъ десяти плотинъ мы получили бы механическую работу въ $865 \text{ пуд.} \times 1 \text{ фут.} = 865$ пудофутовъ, а на всѣхъ десяти плотинахъ ту же самую механическую работу въ $865 \text{ пуд.} \times 10 \text{ ф.} = 8650$ пудофутовъ, которую получимъ при одной большой плотинѣ, поднимающей воду на высоту 10-ти футовъ. А потому одна большая плотина собрала за собою механическую работу всѣхъ десяти малыхъ, выше нея лежащихъ плотинъ, и дала возможность расходовать всѣ эти отдѣльные количества

Черт. I.
фиг. 2.

¹⁾ Впослѣдствіи мы увидимъ, что этотъ объемъ будетъ нѣсколько меньше и укажемъ на причины его уменьшенія.

²⁾ Подробности относительно подпруды см. ниже—глава V ст. 17, и приложение LXVI.

механической работы разомъ. И такъ какъ, мысленно, мы можемъ разбить протяженіе подпруды на произвольное число частей и на этомъ протяженіи устроить произвольное число плотинъ, поднимающихъ воду отъ гребня одной плотины до подошвы предыдущей и каждый разъ найдемъ, что сумма отдѣльныхъ механическихъ работъ, даваемыхъ водою на каждой малой плотинѣ будетъ, говоря теоретически, равна количеству механической работы воды, получаемой у большой плотины, высота подъема воды у которой равна суммѣ высотъ подъемовъ воды за всѣми малыми плотинами, то изъ этого слѣдуетъ, что *плотина собираетъ за собою сумму всѣхъ механическихъ работъ, развиваемыхъ теченіемъ воды въ рѣкѣ на протяженіи подпруды*, и можетъ, по справедливости, назваться запаснымъ магазиномъ механической работы, скопляемой движущеюся водою рѣки на этомъ протяженіи.

Хотя для простоты объясненія мы предполагали, что вода задержана плотиною въ правильномъ каналѣ съ одинаковымъ вездѣ уклономъ дна, но очевидно, что тѣже самыя явленія и тѣже самыя разсужденія приложимы и къ рѣбамъ въ ихъ естественномъ состояніи. Если на протяженіи подпруды уклоны русла рѣки измѣняются, то мы всегда можемъ представить себѣ, что на этомъ протяженіи устроенъ рядъ малыхъ плотинъ поднимающихъ, каждая, воду примѣрно на одинъ футъ высоты, но только въ зависимости отъ уклоновъ русла, плотины эти уже не будутъ находиться въ равномъ одна отъ другой разстояніи. Сумма же даваемыхъ ими механическихъ работъ будетъ всетаки равна количеству механической работы воды у большой плотины, такъ какъ сумма высотъ подъема воды за малыми плотинами будетъ равна высотѣ подъема за большой, а объемъ, или вѣсъ падающей воды остается тотъ же самый. Если въ правильно обдѣланномъ каналѣ, при задержаніи теченія воды плотиною, живое сѣченіе увеличивается только вверхъ, задерживаемое съ боковъ стѣнками канала, то въ естественномъ состояніи рѣки это живое сѣченіе будетъ увеличиваться какъ вверхъ, такъ и въ стороны, образуя за плотиною разливъ, обыкновенно называемый *прудомъ* или *бассейномъ*, величина площади котораго будетъ зависѣть отъ формы береговъ, или *долины* рѣки, допускающей большій или меньшій разливъ воды, и отъ величины паденія долины, или уклона русла рѣки.

И такъ, *механическое значеніе запруживанія рѣки, или значеніе плотины, заключается въ томъ, что она собираетъ за собою всю механическую работу воды, движущейся въ рѣкѣ на известномъ протяженіи, а именно на протяженіи подпруды, и даетъ возможность пользоваться этой собранной механической работой разомъ.*

„Величина живыхъ силъ текучей въ рѣбахъ воды, говоритъ г. Рожковъ, при самыхъ большихъ скоростяхъ, оказывается весьма недостаточною для исполненія какой либо механической работы. Не говоря о затрудненіяхъ прямого, непосредственнаго употребленія въ нашу пользу силы текучей воды, она можетъ приводить въ движеніе только самыя легкія машины, представляющія весьма малыя сопротивленія. И потому, чтобы поставить текучую воду въ возможность развертывать значитель-

Черт. I.
фиг. 3.

ныя силы и преодолевать большія препятствія, необходимо запрудить рѣку, т.-е. поставить препятствіе всему ея теченію, поднять горизонтъ воды и заставить ее дѣйствовать посредствомъ поднятаго столба силою тяжести¹⁾.

Можно собрать всю механическую работу воды, движущейся въ рѣкѣ на извѣстномъ протяженіи, въ одномъ мѣстѣ и безъ помощи плотины, посредствомъ такъ называемаго *приводнаго канала*.

Чтобы составить себѣ наглядную идею подобнаго канала, замѣтимъ прежде всего, что, какъ въ плотинахъ съ водоспускомъ, такъ и въ плотинахъ съ водосливомъ, порогъ рабочаго прорѣза, чрезъ который вода изъ пруда идетъ на гидравлическія колеса, всегда расположенъ на нѣкоторой высотѣ отъ русла рѣки, которая, какъ мы увидимъ ниже, зависитъ отъ рода вододѣйствующихъ колесъ и отъ высоты самой плотины. Поэтому, еслибы вода въ запрудѣ опустилась ниже порога рабочаго водоспуска, то она уже не могла бы идти на колеса, хотя и могла бы еще идти сквозь весенній водоспускъ, порогъ котораго ставится ниже порога рабочаго водоспуска. А такъ какъ вода, которая не можетъ падать на колеса, не будетъ слѣдовательно и производить работы, то обыкновенно въ запрудѣ различаютъ два слоя воды: весь верхній слой, который можетъ идти сквозь рабочій ставъ на колеса и слѣдовательно производить работу; называется *накопомъ*, *скопомъ* или *рабочею водою*; весь же нижній слой, лежащій ниже порога рабочаго става, называется *мертвою водою*. Такимъ образомъ слой мертвой воды въ запрудѣ можно разсматривать какъ ложе, или дно, для рабочей воды, по которому она движется, проходя въ рабочій ставъ и затѣмъ на колеса. Такъ что, говоря теоретически, еслибы въ запрудѣ мы всю мертвую воду замѣнили бы землею, то слой рабочей воды, вмѣсто того, чтобы двигаться по поверхности мертвой воды, двигался бы по этому земляному дну и направляясь сквозь рабочій прорѣзъ на колеса, производилъ бы ту же самую механическую работу, какъ еслибы онъ двигался и по слою мертвой воды.

Далѣе, вмѣсто того, чтобы замѣнять всю мертвую воду землею, еслибы мы отъ начала подпора, или подпруды, провели бы узкую земляную насыпь до порога рабочаго става и поверху этой насыпи, въ искусственно-устроенномъ въ ней руслѣ, или каналѣ, пустили бы всю воду рѣчки прямо къ рабочему прорѣзу, то эта вода могла бы произвести ту же самую механическую работу; такъ какъ тотъ же ея объемъ, или вѣсъ, падалъ бы съ той же высоты. Очевидно, что въ этомъ случаѣ намъ не было бы надобности и въ самой плотинѣ и этотъ искусственный каналъ могъ бы замѣнить собою плотину. Вмѣсто того, чтобы вести подобный каналъ по земляной насыпи, его можно устроить изъ досокъ, или изъ другихъ матеріаловъ, въ видѣ водопровода, на деревянныхъ, каменныхъ или чугунныхъ столбахъ; наконецъ, если мѣстность позволяетъ, такой каналъ проводятъ по краю рѣчной долины, прокапывая его прямо въ землѣ и отводятъ въ него воду рѣки.

1) Плотины. Рожкова. Горный журналъ 1856 г. № 1, стр. 1.

И такъ, посредствомъ приводнаго канала мы имѣемъ возможность, также какъ и посредствомъ плотины, скопить запасъ механической работы, развивающейся на нѣкоторомъ протяженіи теченія рѣки, *поднявъ искусственно русло рѣки на всемъ этомъ протяженіи и спрямивъ по возможности направленіе канала сравнительно съ естественнымъ направлениемъ русла рѣки.* Дѣйствительно, вода при теченіи въ естественномъ руслѣ рѣки чаще подвержена многимъ препятствіямъ, отъ неровностей дна и береговыхъ стѣнокъ русла, отъ непрерывныхъ поворотовъ, или излучинъ, въ направленіи русла, отъ непрерывно мѣняющихся размѣровъ площадей живаго сѣченія въ естественномъ руслѣ. Всѣ же обстоятельства, производящія тренія и удары при движеніи воды и вообще измѣненія въ скорости ея теченія, поглощаютъ, или истрачиваютъ большое количество живой силы, а слѣдовательно и механической работы движущейся воды; потери живой силы и работы въ особенности увеличиваются при быстромъ теченіи, такъ какъ всѣ эти препятствія оказываютъ сопротивленіе движенію воды, возрастающее пропорціонально квадрату скорости теченія.

При проведеніи же искусственнаго канала въ прямомъ направленіи, при правильномъ и однообразномъ сѣченіи его русла, при достаточной ровности и гладкости его стѣнъ и дна, а главное, при постоянной и небольшой скорости теченія въ немъ воды, вслѣдствіе уменьшенія уклона русла, устраняется большая часть препятствій, неизбѣжныхъ при движеніи воды въ естественномъ, иногда чрезвычайно измѣнчивомъ руслѣ рѣки, сохраняется количество живой силы движущейся воды, а чрезъ это и запасъ ея механической работы. Съ искусственнымъ поднятіемъ русла, часто на небольшомъ протяженіи рѣки, напримѣръ, на 200 саженой, уже выигрывается довольно значительная высота паденія. При этомъ очевидно, что выигрываемая высота паденія воды на концѣ канала, будетъ тѣмъ болѣе на данномъ протяженіи канала, или теченія рѣки, чѣмъ естественный уклонъ ея русла болѣе.

Но съ поднятіемъ русла въ приводномъ каналѣ, или съ уменьшеніемъ его уклона противъ уклона естественнаго русла рѣки, уменьшается и скорость теченія воды въ приводномъ каналѣ; а съ уменьшеніемъ скорости должна увеличиться площадь живаго сѣченія канала, чтобы пропустить въ то же время тотъ же объемъ воды, который протекаетъ въ рѣчкѣ. Такъ что вообще, площадь живаго сѣченія въ каналѣ должна быть на столько больше противъ площади живаго сѣченія въ рѣчкѣ, на сколько скорость теченія въ немъ воды будетъ меньше этой скорости въ данномъ сѣченіи рѣки. А какъ стоимость устройства приводнаго канала значительно увеличивается съ увеличеніемъ площади его живаго сѣченія, то обыкновенно дно канала направляютъ не горизонтально, а даютъ ему такой уклонъ, чтобы скорость теченія въ каналѣ воды была отъ 3 до 4 футовъ въ секунду; чрезъ что и уменьшаютъ его поперечные размѣры. Но при томъ очевидно, чтобы выиграть ту же высоту паденія воды на концѣ канала, какая получается запрудой воды посредствомъ плотины, необходимо дать приводному каналу

большее протяженіе, чѣмъ длина подпруды; и чѣмъ уклонъ дна канала будетъ болѣе склоняться отъ горизонтальнаго направленія, тѣмъ разность этихъ протяженій должна быть болѣе.

И потому, приводный каналъ, вмѣсто плотины, можно устраивать на рѣкахъ, хотя и съ небольшимъ притокомъ воды, но быстрыхъ, т.-е. въ которыхъ средняя скорость теченія простирается отъ 7 и болѣе футовъ въ секунду; такъ какъ иначе, съ поднятіемъ русла канала, нельзя придать въ немъ водѣ достаточной скорости теченія, а безъ этого придется увеличивать площадь его живаго сѣченія. При маломъ же уклонѣ естественнаго русла рѣки, придется увеличить и самую длину канала, чтобы выиграть достаточную высоту паденія воды на его концѣ. А эти два обстоятельства значительно увеличиваютъ стоимость сооруженія приводнаго канала.

Отсюда видно, что приводный каналъ можетъ быть выгоденъ въ мѣстностяхъ гористыхъ, иначе, въ рѣчкахъ, текущихъ по большимъ уклонамъ и слѣдовательно быстрыхъ. Только ближайшія соображенія на мѣстѣ могутъ рѣшить для каждаго даннаго случая—что выгоднѣе устраивать на данной рѣчкѣ, плотину или приводный каналъ.

И такъ, механической работой текучей воды мы можемъ пользоваться, или непосредственно, или въ видѣ водопадовъ—естественныхъ, или искусственныхъ, образуемыхъ помощію плотинъ, или помощію приводнаго канала. Но во всѣхъ этихъ видахъ мы, собственно, не создаемъ механической работы, а лишь пользуемся малою частью той работы, которую даетъ намъ сама природа. Спрашивается теперь, гдѣ же и какими способами природа заготавливаетъ запасы механической работы воды и гдѣ искать ея источники.

Еще *Кеплеръ* выразилъ мысль „что всѣ явленія природы должны быть относимы къ началу или источнику свѣта“. „Вода, которая падаетъ изъ запруды на мельничное колесо, заставляя его своимъ вѣсомъ вращаться и производить механическую работу, говоритъ *Понселе*, была сначала приведена въ запруду дѣйствіемъ тяжести, которая заставила эту воду спуститься изъ верхнихъ долинъ, въ которыхъ она образовалась въ видѣ естественныхъ ключей и источниковъ; эти ключи и источники, въ свою очередь, образовались отъ дождей, падающихъ на вершины горъ и медленно проникшихъ въ почву. Дожди, въ свою очередь, образуются изъ облаковъ, а облака отъ дѣйствія солнечной теплоты, которая испаряетъ воду на поверхности океановъ и морей и заставляяетъ ее, въ видѣ паровъ, подниматься вверхъ не смотря на дѣйствіе тяжести. Такъ что механическая работа, получаемая нашими мельницами и всѣми заведеніями дѣйствующими водою, есть только малая часть той, которая первоначально была израсходована движущей силой солнечной теплоты“. „Если текуція воды приводятъ въ движеніе фабрики и заводы, говоритъ *Секки*, то онѣ обязаны этому лучамъ солнца, которые посредствомъ испаренія уносятъ въ воздухъ водяные пары океановъ; а пары сгущаются въ верхнихъ слояхъ атмосферы, и падая въ видѣ дождя, даютъ начало источникамъ и рѣкамъ“. „Превращая воду въ пары, говоритъ *Тиндаль*,

солнце производит всю влажность нашего воздуха, которая сгущается въ облака и падаетъ въ видѣ дождя, а замерзши—въ видѣ снѣга. Въ этомъ твердомъ состояніи она скопляется на Альпійскихъ высотахъ и доставляетъ матеріалъ для образованія ледниковъ на этихъ горахъ. Но то же солнце превращаетъ ихъ снова въ воду, которая вслѣдствіе тяжести низвергается въ море. Сила паденія каждой рѣчки, стремящейся въ море, происходитъ вслѣдствіе солнечной теплоты. Нѣтъ спускающагося съ горы въ долину ручейка, который бы не былъ сперва поднятъ силою солнца на высоту, съ которой онъ течетъ.

Солнце не только составляетъ источникъ механической работы воды, вѣтра, пара, но и живыхъ двигателей; однимъ словомъ оно есть источникъ проявленія всякой физической силы на земной поверхности ¹⁾).

4. Экономическое значеніе запрудъ, устроиваемыхъ съ цѣлью вододѣйствія. Всякое механическое производство требуетъ на свое исполненіе извѣстное количество механической работы, зависящее отъ свойствъ этого производства и его размѣровъ. Механическую работу способны давать различные двигатели, какъ напримѣръ, животныя: волю, лошади; паровыя машины; вѣтеръ, работающій посредствомъ крыльевъ въ вѣтряныхъ мельницахъ и, наконецъ, какъ мы видѣли выше, вода, движущаяся въ рѣбѣ, или падающая съ нѣкоторой высоты въ естественныхъ, или искусственныхъ водопадахъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ, для каждой данной мѣстности, можно высчитать стоимость пудофута, или паровой лошади, механической работы, даваемой каждымъ двигателемъ. Эта стоимость единицы механической работы, даваемой различными двигателями, оказывается для данной мѣстности не одинакова. Теперь, когда мы ознакомились съ способомъ опредѣленія количества механической работы даваемой водою движущейся въ рѣбѣ свободно, или падающей изъ запруды, мы уже можемъ опредѣлить, во-первыхъ, въ состояніи ли вода нашей рѣчки дать такое количество механической работы, которое потребно для предполагаемаго нами механическаго производства; а во-вторыхъ, принимая въ расчетъ первоначальную стоимость устройства плотины и гидравлическихъ двигателей, а равно и годовой ремонтъ ихъ, высчитать стоимость единицы механической работы даваемой этими двигателями. Если этотъ расчетъ укажетъ намъ, что стоимость единицы механической работы даваемой другими двигателями обходится дороже противъ даваемой водяными двигателями, то намъ будетъ выгодно устроить плотину и пользоваться водою, какъ двигателемъ.

Есть случаи когда характеръ самаго механическаго производства указываетъ на выборъ, по преимуществу, того или другаго двигателя, не смотря иногда на стоимость единицы даваемой имъ механической работы; но однако чаще эта стоимость опредѣляетъ выборъ двигателя. Тамъ, гдѣ требуется постоянная и непрерывная работа въ теченіе дня и ночи, вѣтряные двигатели чаще не приложимы, такъ какъ дѣйствіе ихъ прерывается въ тихую погоду, когда воздухъ имѣетъ слабое дви-

¹⁾ См. приложение VI.

женіе или вовсе не движется, слѣдовательно не обладаетъ достаточною живою силою или не можетъ давать и вовсе механической работы; притомъ перерывы эти бываютъ иногда продолжительны и вообще неопредѣленны. Для живыхъ двигателей потребенъ отдыхъ и при непрерывной работѣ необходимо имѣть ихъ двѣ и даже три смѣны, такъ какъ волы и лошади могутъ работать въ сутки не болѣе восьми часовъ и притомъ съ промежуточнымъ отдыхомъ; а когда механическое производство требуетъ затраты въ каждую секунду большого количества механической работы, то нужно содержать большое количество живыхъ двигателей (со многими отдѣльными для нихъ приводами), содержаніе и уходъ за которыми часто значительно возвышаютъ цѣнность единицы даваемой ими механической работы. Цѣнность единицы механической работы паровыхъ двигателей также иногда обходится дорого, въ зависимости отъ дороговизны самыхъ машинъ и топлива. А потому тамъ, гдѣ требуется расходовать на производство разомъ большое количество механической работы и притомъ непрерывно, гдѣ производство можетъ быть сосредоточено на долгое время въ одномъ мѣстѣ, что чаще встрѣчается при обработкѣ грубыхъ сырыхъ продуктовъ, какъ напр. въ горнозаводской промышленности, водяные двигатели оказываются наиболѣе пригодными и дешевыми и притомъ весьма могущественными, при небольшой цѣнности единицы даваемой ими механической работы, ибо, какъ увидимъ впоследствии, иногда одно гидравлическое колесо способно передавать своимъ валомъ механическую работу слишкомъ въ 150 паровыхъ лошадей въ каждую секунду¹⁾).

Когда мы пользуемся естественнымъ паденіемъ воды, или искусственно устроиваемъ плотину или приводный каналъ, чтобы получить паденіе воды съ большей или меньшей высоты, и употребляемъ механическую работу этой воды на какія либо полезныя производства, или *полезныя работы*, то, какъ уже сказали выше, мы не создаемъ механической работы, а пользуемся частью той, которую запасла намъ природа. Заставляя работать воду, мы пользуемся только той работой, которую прежде совершила солнечная теплота; иными словами, въ видѣ падающей воды намъ работаетъ солнце. Въ этомъ случаѣ, ту работу, которую принуждены бы были исполнять люди собственною силою, или силою лошадей, или воловъ, источникъ которой есть то же солнце, мы замѣняемъ другою силою—неодушевленную силою падающей воды.

Но сила людей, работающихъ механически, или сила работающихъ животныхъ, т.-е. ихъ механическая работа, имѣетъ известную *цѣнность*. Напримѣръ человекъ, который вертитъ рукоятку вѣялки, тратитъ на эту работу въ каждую секунду около 1,2 пудофута механической работы и можетъ работать восемь часовъ въ сутки; въ теченіе этихъ 8 часовъ работы, онъ затратитъ около 34,583 пудофутовъ механической работы. За эту работу, смотря по мѣстнымъ условіямъ, ему платятъ отъ 50 к. до 1 р. въ день. Въ Смоленской губерніи, напримѣръ, рабочему, ко-

¹⁾ См. приложение VII.

торый будетъ вращать рубоятку въялки въ теченіе 8 часовъ, нужно заплатить за рабочій день до 75 к., а слѣдовательно каждый пудофуть его работы обойдется около $\frac{22}{10,000}$ копѣйки.

Лошадь, работая у привода шагомъ, напримѣръ, въ молотильной машинѣ, тратитъ на эту работу въ каждую секунду около 8,1 пудофутъ механической работы и можетъ продолжать эту работу не болѣе 3 часовъ въ сутки; въ теченіе этого времени она затратитъ около 233,437 пудофутъ механической работы ¹⁾. За день работы лошади (въ приводѣ, или манежѣ), въ теченіе котораго она можетъ проработать только 8 часовъ, нужно заплатить около 50 к.; слѣдовательно каждый пудофуть ея работы обойдется около $\frac{22}{100,000}$ к., или пудофуть механической работы лошади обходится около 10 разъ дешевле, чѣмъ пудофуть работы человѣка. Изъ этого мы должны заключить, что вездѣ, гдѣ только возможно, выгодно замѣнять механическую работу человѣка механической работой лошади. Пользуясь же работою падающей воды, которою мы можемъ замѣнять работу человѣка или работу лошади, мы хотя и не создаемъ собственно механической работы, но создаемъ новую цѣнность въ видѣ механической работы воды, пудофуть которой чаще оказывается значительно дешевле пудофута работы живой лошади и потому выгоднѣе ея работы.

Чтобы нагляднѣе представить значеніе, въ экономическомъ отношеніи, плотинъ возводимыхъ съ цѣлью пользованія механическою работою воды, приведемъ два крайніе примѣра взятые съ натуры: одинъ совершенно мѣстный, мелкій, выражающій экономическое значеніе запрудъ на маленькой рѣчкѣ, для района нѣсколькихъ деревень; а другой обширный, въ смыслѣ экономическаго значенія пользованія текущими водами съ механическою цѣлью для цѣлаго государства. Между двумя этими примѣрами уже легко будетъ сдѣлать заключеніе для всѣхъ промежуточныхъ положеній.

Наша рѣчка называется Свѣча; она вытекаетъ изъ лѣсныхъ болотъ, впадаетъ въ р. Хмару, которая, въ свою очередь, впадаетъ въ р. Сожъ, а эта послѣдняя въ Днѣпръ. Рѣчка Свѣча принадлежитъ слѣдовательно къ верхнему бассейну р. Днѣпра, такъ какъ находится въ южной части Смоленскаго уѣзда; вся длина ея теченія простирается лишь около 12 верстъ и на этомъ протяженіи, отъ истока до устья, она имѣетъ всего паденія около 100 футовъ. Въ нормальномъ своемъ состояніи и около середины своего протяженія, она несетъ около 7 куб. футовъ воды въ секунду. Безъ сомнѣнія было время, когда р. Свѣча, протекавшая въ чрезвычайно лѣсной мѣстности, несла объемъ воды болѣе чѣмъ теперъ; но въ теченіи 50-ти лѣтъ и особенно въ послѣднее время, съ проведеніемъ вблизи ея теченія, сначала шоссе, а

1) Если въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ мы заставимъ работать въ приводѣ вола, мула, осла, то означивъ работу, которую можетъ давать лошадь цифрою 100, механическая работа, которую могутъ дать эти четыре живые двигатели выразится пропорціональными цифрами: 100:89:67:28.

потомъ и желѣзной дороги, больше половины лѣсовъ въ этой мѣстности уничтожено. Вырубка же лѣсовъ и чрезъ это осушеніе въ особенности торфяныхъ болотъ, прежде всего отзывается на малыхъ рѣчкахъ, въ которыхъ, вслѣдствіе этого, не только значительно уменьшается объемъ протекающей воды, но онѣ иногда совершенно пересыхаютъ и теченіе въ нихъ возобновляется лишь весною, при таяніи снѣговъ, или лѣтомъ и осенью, во время проливныхъ или продолжительныхъ дождей. И такъ, говоримъ, было время, когда р. Свѣча протекала свободно и по всей вѣроятности несла бѣльшій объемъ воды чѣмъ теперь, но рѣка *не работала* въ смыслѣ экономическомъ. Затѣмъ, рѣку загородили четырьмя плотинами, при которыхъ поставили мукомольныя мельницы съ круподерками и сукновальнями, рѣку, протекавшую прежде свободно, заставили работать, т.-е. молотъ зерновой хлѣбъ, обращая его въ муку или крупу, валять простое крестьянское сукно. И такъ какъ эти работы для всѣхъ необходимы и слѣдовательно полезныя, то за ихъ исполненіе платятъ деньги тѣмъ, къ которымъ устроены плотины и мельницы, но въ которыхъ механическую работу исполняетъ падающая вода, т.-е. эта работа стала производиться силою воды, все равно, какъ бы она производилась силою нѣсколькихъ людей, лошадей или воловъ. При каждой изъ 4-хъ плотинъ вода поднята среднимъ числомъ на 12 футовъ высоты, но падаетъ съ высоты 10 футовъ (2 фута остаются для *напора*, о которомъ скажемъ ниже, такъ какъ всѣ 4 мельницы устроены на такъ-называемую верхнюю воду, о чемъ также будетъ сказано въ своемъ мѣстѣ); слѣдовательно, при каждой плотинѣ получается среднимъ числомъ $7.1,73.10 = 121$ пудофутовъ, или 8 паровыхъ лошадей механической работы; а всѣ четыре, въ сложности, даютъ 32 паровыя лошади механической работы.

Всѣ эти четыре мельницы арендуются, т.-е. у владѣльца мельницъ ихъ нанимаютъ постороннія лица, платя въ годъ опредѣленную сумму съ обязательствомъ содержать мельницу въ исправности и съ правомъ собирать плату за помолъ и валку сукна въ свою пользу¹⁾. Устройство вновь каждой такой мельницы съ плотиной, водоспускомъ, сукновальней и необходимыми помѣщеніями для мельника и арендатора, обходится отъ 2,000 до 3,000 рублей; мы примемъ среднюю цифру въ 2,500 р. Такимъ образомъ владѣльцы мельницъ должны были затратить на ихъ устройство капиталъ въ 10,000 рублей. Арендная плата, устанавливаемая по добровольному соглашенію и въ зависимости отъ отъ конкуренціи другихъ окрестныхъ мельницъ, составляетъ за всѣ

¹⁾ Условія аренды обыкновенно такія: арендаторъ держитъ отъ себя мельника, который обязанъ производить помолъ и валку сукна, дѣлать мелкія починки въ колесахъ, наковывать жернова, наблюдать за исправностью плотины и водоспусковъ и управлять водою пруда. Всѣ же необходимыя и капитальныя передѣлки въ плотинѣ и мельницѣ, а равно снабженіе мельницъ жерновыми камнями и матеріаломъ для починокъ лежить на обязанности владѣльца мельницы, который обязанъ также дать теплое помѣщеніе мельнику, а иногда и самому арендатору, близъ мельницы, и дать нѣкоторое количество дровъ, какъ для валки сукна, такъ и для отопленія теплаго помѣщенія.

четыре средним числомъ 1650 р. въ годъ. На годовомъ ремонтъ и погашеніе капитала полагается не менѣе 10%¹⁾; а потому владѣльцамъ мельницъ остается чистаго дохода 650 р. или 6½% на капиталъ въ 10,000 р. Такъ какъ государственныя бумаги приносятъ у насъ 5%, то на долю владѣльцевъ предпріятія по устройству плотинъ и мельницъ остаются 1½% за хлопоты, риски отъ случайныхъ наводненій и прорывовъ и безповойства, сопряженныя съ веденіемъ этого дѣла. И если владѣльцы мельницъ довольствуются полученіемъ этихъ 6½%, то значить они еще не считаютъ предпріятіе безвыгоднымъ, а иначе они уничтожили бы и мельницы и плотины. Между тѣмъ, арендаторъ, заплативъ условленную арендную плату, долженъ еще выручить съ мельницы извѣстную сумму на уплату мельнику и получить нѣкоторый доходъ въ свою пользу, за свои собственные труды, хлопоты и риски. По имѣющимся у насъ свѣдѣніямъ арендаторы этихъ 4-хъ мельницъ, помимо своихъ торговыхъ оборотовъ, выручаютъ собственно отъ мельницъ, сверхъ арендной платы, въ свою пользу не менѣе 800 р. въ годъ. Вотъ эти-то 800 р. и можно разсматривать, какъ новую созданную цѣнность, независимую отъ затраченнаго капитала и всѣхъ приходящихся на его долю процентовъ. Эта явившаяся цѣнность, или по крайней мѣрѣ часть ея (за вычетомъ личнаго труда мельника и арендатора), изображаетъ собою тѣ 32 паровыя лошади механической работы, которыя, помощію плотинъ, даютъ своею работою вода и которыя слѣдовательно можно оцѣнивать никакъ не выше 800 р. или въ 25 р. паровую лошадь. А какъ вода можетъ работать всѣ 24 часа въ сутки непрерывно, то одинъ пудофутъ ея работы долженъ стоить менѣе $\frac{19}{1.000.000}$ копѣйки или слишкомъ въ 10 разъ дешевле, чѣмъ пудофутъ работы живой лошади. И дѣйствительно, паровая лошадь падающей воды (дающая 15 пудофутовъ механической работы въ секунду) даетъ вдвое болѣе механической работы, въ то же время, чѣмъ живая, хорошая рабочая лошадь, стоящая отъ 60 до 100 рублей, и втрое больше чѣмъ обыкновенная крестьянская лошадь, стоящая до 30 рублей; причемъ живая лошадь можетъ работать въ сутки только 8 часовъ, тогда какъ вода работаетъ всѣ 24 часа, т.-е. втрое болѣе времени, и потому вообще паровая лошадь дѣйствующей воды работаетъ въ 6 или въ 9 разъ болѣе чѣмъ живая лошадь, и слѣдовательно пудофутъ ея работы долженъ быть во столько же разъ выгоднѣе и слѣдовательно дешевле. Но если принять еще въ расчетъ стоимость содержанія живой лошади и короткій срокъ, въ который долженъ погашаться капиталъ ея стоимости, то и выйдетъ, что пудофутъ воды долженъ быть слишкомъ въ 10

¹⁾ Деревянный водоспускъ служить около 15—20 лѣтъ, но иногда уже чрезъ 10 лѣтъ требуетъ новаго надрубъ верхнихъ вѣнцовъ; мельничный срубъ (съ подрубомъ нижнихъ вѣнцовъ чрезъ 15 лѣтъ) можетъ прослужить до 30 лѣтъ; земляное тѣло плотины (которое на всѣхъ 4-хъ мельницахъ служитъ и проѣзжей дорогой) требуетъ ежегодно подсыпки и opravки; отмель же отсыпается не менѣе 3-хъ разъ въ году: весной, лѣтомъ и осенью; вододѣйствующія колеса, съ ремонтомъ, служатъ, какъ и внутреннія зубчатая. до 10-ти лѣтъ; жерновые камни мѣняютъ чрезъ 3—5 лѣтъ.

разъ дешевле пудофута механической работы живой лошади. А потому размоль муки, переработка зерна въ крупу, валка сукна, производимые работою воды, обходятся окрестнымъ жителямъ гораздо дешевле, чѣмъ еслибы они производили все это ручною работою или помощію работы живыхъ лошадей или воловъ.

И такъ, маленькая рѣчка съ среднимъ притокомъ въ 7 куб. футовъ воды въ секунду, имѣющая всего протяженія 12 верстъ, и на которомъ обращена въ пользу лишь половина ея паденія (такъ какъ изъ всѣхъ 100 футовъ паденія на 4-хъ плотинахъ вода поднята на 48 футовъ) и притомъ эта часть паденія утилизирована далеко не вполне, помощію грубо и недостаточно расчетливо устроенныхъ гидравлическихъ приемниковъ, всетаки дала новую цѣнность въ 800 р., кромѣ тѣхъ еще многихъ и незамѣтныхъ выгодъ для мѣстнаго населенія, которыя выражаются удешевленіемъ производствъ первой потребности. Въ 1855 г. въ Смоленской губерніи считалось 1,275 водяныхъ мельницъ¹⁾; если только предположить, что всѣ онѣ находятся въ условіяхъ вышеприведенныхъ 4-хъ, то эти мельницы создали новую цѣнность, выражающуюся ежегоднымъ доходомъ въ 255,000 р. для одной Смоленской губерніи²⁾.

Въ примѣрѣ, нами приведенномъ, 6¹/₂%, остающіеся въ пользу владѣльца, отъ предпріятія сопряженного со многими рисками, есть вознагражденіе весьма небольшое. А потому мы можемъ мимоходомъ замѣтить, что не слѣдуетъ облагать налогомъ такія предпріятія, которыя создаютъ новыя цѣнности и удешевляютъ работу и производства первой и необходимой потребности для большинства мѣстнаго населенія. Извѣстно, напримѣръ, какое всеобщее порицаніе вызвалъ налогъ на помоль хлѣба въ Италіи³⁾. Всякій налогъ на мельницы препятствуетъ предпріимчивости въ этомъ отношеніи и можетъ отнять послѣдніе 1¹/₂%, остающіеся въ пользу владѣльца предпріятія, направляя капиталы къ процентнымъ бумагамъ, къ общему вреду государственнаго богатства и останавливая развитіе промышленности.

Теперь обратимся къ другому примѣру и другому приему, чтобы уяснить экономическое значеніе пользованія текучими водами съ цѣлью механическаго дѣйствія для цѣлой страны. Въ зависимости отъ орографическаго свойства страны и количества выпадающаго дождя, каждое государство, или отдѣльная его область, можетъ находиться въ болѣе или менѣе выгодныхъ условіяхъ относительно пользованія текучими водами; а равно и количество механической работы, даваемой текучими водами въ ихъ естественномъ состояніи, для каждой страны можетъ быть весьма различно. Исчисленіе этой работы для небольшого бассейна можетъ быть сдѣлано съ весьма достаточной степенью приближенія, если только наблюденія надъ количествомъ падающаго дождя дѣ-

¹⁾ Сельско-хозяйственная статистика Смоленской губерніи, Я. Соловьева. Москва, 1855 г., стр. 391.

²⁾ См. Прилож. VIII.

³⁾ Который нынѣ въ Италіи какъ и въ Финляндіи, отмѣненъ.

гались въ теченіе не менѣе 20-ти-лѣтняго періода времени и съ достаточной точностью; а равно площадь бассейна достаточно точно опредѣлена съѣмкою, а высоты разныхъ его точекъ надъ мѣстностью выхода водъ изъ бассейна опредѣлены нивелировкой. Исчисленіе же этой работы для цѣлой страны можетъ, конечно, представлять лишь нѣкоторую степень приближенія, пригодную только для сравненія разныхъ странъ въ гидравлическомъ отношеніи. Послѣ этой оговорки, мы приведемъ тотъ пріемъ, который былъ употребленъ барономъ *Шарлемъ Дюпеномъ* (которому французская промышленность такъ много обязана своимъ развитіемъ) для исчисленія количества механической работы, доставляемой текущими водами Франціи въ ихъ естественномъ состояніи¹⁾.

Поверхность Франціи содержитъ 52.000.000 гектаровъ, что составляетъ 520.000.000.000 квадратныхъ метровъ. Каждый годъ въ мѣстностяхъ, совершенно одинаковыхъ, упадетъ количество дождя, пропорціональное горизонтальной поверхности этой мѣстности. Еслибы можно было съ точностью опредѣлить количество дождя, упадающаго на каждый квадратный метръ, то сумма всѣхъ этихъ количествъ составила бы массу всѣхъ дождевыхъ водъ Франціи. Вслѣдствіе наблюденій полагаютъ, что на каждый квадратный метръ поверхности Франціи ежегодно падаетъ дождя $\frac{1}{10}$ кубическихъ метра; а слѣдовательно все количество дождя, которое падаетъ на поверхность Франціи, среднимъ числомъ будетъ составлять въ годъ 364.000.000.000 кубическихъ метровъ.

Атмосферныя воды, падающія на землю, раздѣляются на четыре части: *одна часть* проникаетъ въ землю и затѣмъ является въ видѣ ключей и источниковъ рѣкъ; эта часть наиболѣе постоянная и полезная для промышленности; *вторая часть* непосредственно стекаетъ въ рѣки по поверхности почвы тотчасъ послѣ дождя; она также питаетъ рѣки, но производитъ быстрые разливы ихъ, а иногда и сильныя наводненія; во многихъ странахъ эту часть воды можно сдѣлать менѣе вредною и болѣе полезною для промышленности; *третья часть* поглощается растительною и животною жизнью; промышленность должна стараться ее увеличить; *четвертая часть* уносится опять въ воздухъ испареніемъ; промышленность должна стараться ее уменьшить, особенно въ странахъ подверженныхъ засухамъ. Очень трудно, чтобы не сказать невозможно, съ точностью опредѣлить, въ какомъ отношеніи происходитъ раздѣленіе падающей изъ атмосферы воды на эти четыре части. Однако, помощію наблюденій и вычисленій, баронъ *Дюпенъ* опредѣляетъ, что во Франціи по крайней мѣрѣ $\frac{1}{3}$ часть всѣхъ дождевыхъ водъ достигаетъ моря, т.-е. въ количествѣ 120.000.000.000 кубическихъ метровъ. Эти воды доставляетъ вся поверхность Франціи, но болѣе высокія части этой поверхности, покрытыя лѣсами, по мнѣнію *Дюпена*, конечно доставляютъ наибольшее количество воды, при всѣхъ

¹⁾ Géométrie et mécanique des arts et métiers, par le Baron Charles Dupin. Paris. 1822. T. 3. p. 233 et suiv.

другихъ одинаковыхъ условіяхъ. Для простоты вычисленія допустить, что количество дождевыхъ водъ почти одинаково для разныхъ частей того же бассейна.

Чтобы опредѣлить количество механической работы, которое могутъ дать эти 120.000.000.000 куб. метр. воды, нужно умножить вѣсъ каждаго кубическаго метра воды на высоту, съ которой вода начинаетъ стекать ручьемъ, работой котораго промышленность можетъ уже воспользоваться. Еслибы была сдѣлана полная нивелировка страны, то легко можно было бы вычислить среднюю высоту площади, занимаемой Франціей; но изъ этой высоты слѣдуетъ вычесть часть, на пространствѣ которой воды еще только скопляются въ такіе ручьи и рѣчки, работой которыхъ можетъ уже пользоваться промышленность. Если среднюю высоту, за вычетомъ послѣдней, умножить на вѣсъ дождевыхъ водъ, то получимъ механическую работу, которую онѣ могутъ дать.

Самая высшая точка поверхности Франціи лежитъ на высотѣ 3,410 метровъ надъ уровнемъ моря; высшая точка водораздѣловъ во Франціи опредѣляется Бургонскимъ каналомъ, то-есть высотой 426,32 метровъ надъ уровнемъ океана. *Дюпенъ*, принимая 100 метровъ, или менѣе $\frac{1}{4}$ части высоты означеннаго высшаго водораздѣла за среднюю высоту, съ которой вода уже начинаетъ стекать ручьями и рѣчками, могущими работать, полагаетъ, что принятая имъ эта средняя высота скорѣе ниже, чѣмъ выше дѣйствительной средней высоты.

Слѣдовательно, механическая работа дождевыхъ водъ Франціи, достигающихъ моря, выразится произведеніемъ вѣса 120.000.000.000 куб. метр. воды на 100 метровъ высоты, или, все равно, произведеніемъ вѣса 12.000.000.000.000 кубическихъ метровъ воды на одинъ метръ высоты.

Принимая во вниманіе, что рабочій, въ теченіе одного рабочаго дня, можетъ поднять 50 кубическихъ метровъ воды на высоту одного метра, и что въ теченіе года онъ можетъ работать 300 дней, годовая механическая работа сильнаго рабочаго будетъ выражаться 15,000 куб. метровъ воды, поднимаемыхъ на высоту одного метра. Раздѣляя цифру 12.000.000.000.000 на 15.000, получимъ въ частномъ 800.000.000. Слѣдовательно годовая механическая работа дождевыхъ водъ Франціи равна работѣ 800.000.000 сильныхъ рабочихъ, которые работали бы 300 дней въ году; или, другими словами, эти 800.000.000 рабочихъ могли бы поднять до первоначальныхъ источниковъ только часть той воды, которая съ площади Франціи сливается въ море.

Обращаясь затѣмъ къ исчисленію того количества работы воды, которымъ дѣйствительно пользуется промышленность, *Дюпенъ* полагаетъ, что въ его время (въ концѣ первой четверти настоящаго столѣтія) французская промышленность не пользовалась и $\frac{1}{200}$ частью той механической работы, которую доставляютъ дождевыя воды Франціи достигающія моря.

Изъ этихъ, хотя лишь приблизительныхъ вычисленій, видно, какою огромную даровую силу доставляетъ природа въ формѣ движущейся въ

рѣкахъ воды и какія богатства страна можетъ извлечь изъ этого естественнаго запаса силы, если она пользуется имъ съ должнымъ вниманіемъ и умѣньемъ. Даровая движущая сила воды, говоритъ *Реклю*, до сихъ поръ не находить еще всеобщаго примѣненія въ долинахъ, и даже въ самыхъ промышленныхъ странахъ пропадаетъ значительное количество работы воды, которая могла бы быть употреблена съ большою пользою. Такъ, напримѣръ, изъ французскихъ рѣкъ, приводящихъ въ движеніе колеса большей части фабрикъ, говоритъ онъ, рѣка Дубсъ, даже въ самыхъ промышленныхъ округахъ, дѣлаетъ только четвертую долю той работы, которую она можетъ выполнять. Отъ Вужокура до Безансона, на протяженіи 70 верстъ, гдѣ общая высота паденія равняется 248 футамъ, работа, дѣйствительно производимая этою рѣкою въ 1860 году, составляла 900.000 паровыхъ лошадей, тогда какъ вся работа, которую можно извлечь изъ нея на этомъ протяженіи, равняется 3.400.000 паровыхъ лошадей. ¹⁾

Мы уже выше замѣтили, что въ странахъ, гдѣ цѣнность земли возросла до высокой степени и гдѣ поземельная собственность очень раздѣлена, пользованіе водою въ видѣ запрудъ представляется неудобнымъ и невыгоднымъ; тамъ стараются проводить воду на гидравлическіе пріемники приводными каналами или поднимать ее невысокими водосливными плотинами, устраивая лишь самые небольшіе заводскіе резервуары. Въ Россіи же, гдѣ цѣнность земли, относительно, весьма низка, гдѣ земельная собственность представляетъ еще значительныя пространства принадлежащія одному владѣльцу, пользованіе водою посредствомъ запрудъ можетъ оказываться выгоднымъ и наиболѣе простымъ. Съ этой точки зрѣнія еще знаменитый *Понселе* обращалъ вниманіе нашей Академіи Наукъ на выгодность устройства въ Россіи запрудъ съ цѣлью механическаго дѣйствія, когда онъ представлялъ ей свои мемуары, писанные имъ въ плѣну, въ Саратовѣ, въ 1812 году. ²⁾

Между тѣмъ, количество запрудъ, для пользованія механической работой воды, едва-ли съ того времени возросло въ Россіи. Съ истребленіемъ лѣсовъ и обмеленіемъ, вслѣдствіе того, и даже пересыханіемъ многихъ рѣкъ и рѣчекъ, можно думать, что количество запрудъ даже уменьшилось. По крайней мѣрѣ на нашей памяти, въ теченіе 50 лѣтъ, намъ случалось видѣть много старыхъ, заброшенныхъ плотинъ и мѣстъ старыхъ мельничныхъ прудовъ, въ которыхъ въ настоящее время нѣтъ даже теченія небольшихъ ручьевъ; мѣстъ въ рѣкахъ, носящихъ названіе старыхъ и новыхъ буковищъ, но у которыхъ уже не осталось никакихъ слѣдовъ отъ бывшихъ тутъ когда-то запрудъ и мельницъ. Послѣ уни-

1) Реклю. Земля. С.-Петербургъ. 1872.

2) Понселе. въ чинѣ поручика полевыхъ инженеровъ, былъ взятъ въ плѣнъ во время сраженія подъ Смоленскомъ и зимою отведенъ былъ пѣшкомъ, съ партіей плѣнныхъ, въ Саратовъ. Въ 1845 г. онъ показывалъ намъ черновые оригиналы этихъ Саратовскихъ мемуаровъ, писанные имъ на тогдашней сивей бумагѣ нашихъ казенныхъ фабрикъ. Понселе имѣлъ тогда намѣреніе вступить въ русскую службу, но скорый разрывъ плѣнныхъ измѣнилъ въ немъ это намѣреніе.

чтожения крѣпостнаго состоянія, число запрудъ также должно было уменьшиться, такъ какъ сооруженіе новыхъ запрудъ и содержаніе въ порядкѣ существовавшихъ стало обходиться несравненно дороже и затруднительнѣе.

Впослѣдствіи мы будемъ говорить подробнѣе о вліяніи истребленія лѣсовъ на оскуденіе источниковъ рѣкъ. Здѣсь же замѣтимъ только, что для среднихъ губерній Россіи, со времени генеральнаго межеванія, уменьшеніе пространства лѣсовъ, къ 1857 году, послѣдовало въ слѣдующемъ размѣрѣ:

	Уменьшеніе	Годы окончательнаго генеральнаго межеванія
Въ Тульской губерніи на . . .	49 ⁰ / ₁₀₀	1780 года
„ Тверской „ „ . . .	46 ⁰ / ₁₀₀	1781 „
„ Калужской „ „ . . .	42 ⁰ / ₁₀₀	1778 „
„ Тамбовской „ „ . . .	40 ⁰ / ₁₀₀	1797 „
„ Могилевской „ „ . . .	36 ⁰ / ₁₀₀	1784 „
„ Ярославской „ „ . . .	35 ⁰ / ₁₀₀	1783 „
„ С.-Петербур. „ „ . . .	34 ⁰ / ₁₀₀	1795 „
„ Рязанской „ „ . . .	33 ⁰ / ₁₀₀	1776 „
„ Смоленской „ „ . . .	29 ⁰ / ₁₀₀	1779 „
„ Курской „ „ . . .	25 ⁰ / ₁₀₀	1796 „
„ Казанской „ „ . . .	24 ⁰ / ₁₀₀	1803 „
„ Орловской „ „ . . .	22 ⁰ / ₁₀₀	1782 „
„ Московской „ „ . . .	13 ⁰ / ₁₀₀	1774 года ¹⁾ .

Но въ послѣднее время, съ развитіемъ сѣти желѣзныхъ дорогъ, пароходства, фабрикъ и заводовъ, дѣйствующихъ паромъ, истребленіе лѣсовъ идетъ съ несравненно бѣльшею быстротою; а потому можно полагать, что пространство лѣсовъ для среднихъ губерній, въ настоящее время, т.-е. въ теченіе около 100 лѣтъ со времени генеральнаго межеванія, уменьшилось на половину, или достигаетъ 50⁰/₁₀₀ ²⁾.

¹⁾ Изъ доклада г. *Вайбуна* на сѣздѣ лѣсоводовъ въ Варшавѣ 7 августа 1878 года видно, что въ 1827 г. лѣса Царства Польскаго занимали пространство 6.405,504 морга (1 моргъ = 1452 кв. саж.), а въ 1878 году 5.706,550 морговъ; слѣдовательно въ теченіе 50 лѣтъ пространство лѣсовъ въ Привислянскихъ губерніяхъ уменьшилось только на 10,9 или на 11%.

²⁾ Такъ въ 1879 г., по свѣдѣніямъ **Министерства Путей Сообщенія**, на всѣ паровозы нашихъ желѣзныхъ дорогъ употреблено было минеральнаго топлива 63.326,000 пудовъ (т.-е. каменнаго угля русскаго и заграничнаго) или 54% всего топлива и 481,859 куб. саж. дровъ или 46% дровъ (въ этомъ числѣ небольшое количество торфа).

Русскаго угля:		
Донецкаго	27.113,834 пуд.	60%
Подмосковнаго	9.779,550 „	22 „
Польскаго	7.610,160 „	17 „
Кубанскаго	429,980 „	1 „
Уральскаго	2,015 „	—
Итого	44.935,549 пуд.	100%

Между тѣмъ, мы видимъ постоянно возникающіе заводы и фабрики въ столицахъ и большихъ городахъ, дѣйствующіе посредствомъ паровыхъ машинъ и слѣдовательно потребляющіе значительное количество лѣса въ видѣ топлива. Это стремленіе обрабатывающей промышленности приблизиться къ центрамъ потребления, особенно при отсутствіи средствъ сообщенія, весьма естественно. Но при существованіи уже большой сѣти желѣзныхъ дорогъ, которыя сами потребляютъ громадное количество топлива и по преимуществу еще въ видѣ дровъ, здравая государственная экономія не должна бы допускать дальнѣйшаго устройства заводовъ и фабрикъ въ столицахъ и большихъ городахъ. Большіе заводы и фабрики, въ виду существованія желѣзно-дорожныхъ сообщеній, должны бы отодвигаться внутрь страны, пользоваться по возможности водяными двигателями вмѣсто пара, возбуждать промышленность и оживлять сельское хозяйство внутри государства. Привлеченіе же массы рабочихъ въ столицы и большіе города, не представляя имъ здоровыхъ условій деревенской жизни, содѣйствуетъ ухудшенію гигиеническихъ условій городской жизни, удорожаетъ жизненные припасы въ большихъ городахъ и содержаніе рабочихъ, а слѣдовательно и самые продукты заводской и фабричной промышленности; наконецъ деморализуетъ рабочихъ и вмѣстѣ ведетъ къ усиленному истребленію лѣсовъ.

И въ промышленности иногда господствуетъ мода, или слѣпое подражаніе. Въ послѣднее время многими сельскими хозяевами приобретено значительное количество локомобилей для хозяйственныхъ работъ; но конечно во многихъ экономіяхъ, при знаніи дѣла, съ бѣльшею выгодною и гораздо бѣльшею безопасностью, напримѣръ, молотьба хлѣба и вѣяніе его могли бы производиться гидравлическими двигателями, не говоря уже о томъ, что эти двигатели, разъ устроенные съ знаніемъ дѣла и должною экономіею въ водѣ, могли бы производить многія другія работы, необходимыя въ хозяйствѣ. Тамъ, гдѣ употребленіе силы воды вошло въ нравы и обычаи и развило умѣнье ею пользоваться, не только значительныя механическія производства, какъ цѣпка лѣса и камня, обработка металловъ и вообще механическая обработка сырыхъ продуктовъ, производятся водяными двигателями, но часто употребляютъ воду какъ двигатель для производства самыхъ мелкихъ хозяйственныхъ работъ. Дюпенъ говоритъ, что въ горахъ Тироля, самыя небольшіе ручейки заставляютъ работать: сбивать масло, вертѣть камень для точенія инструментовъ, иногда даже качать колыбель ребенка и замѣнять ему въ этомъ отношеніи работу няньки. Но для этого дѣйствительно необходимо, чтобы

Иностраннаго:

Англійскаго	13.474,670 пуд.
Силезскаго	4.643.338 "
Итого	18.391,008 пуд.

Допуская 20 куб. саж. дровъ на одной десятинѣ, $\frac{481.859}{20} = 24.093$, т.-е., что желѣзныя дороги поглощаютъ ежегодно 24,093 дес. лѣса въ видѣ дровъ.

умѣнье обращаться съ водою и помощію гидротехническихъ сооружений употреблять ея работу съ пользою и нѣкоторою увѣренностью въ успѣхѣ вошло въ нравы и совершалось бы съ знаніемъ дѣла; чтобы каждый проектъ гидротехническаго сооруженія, въ маломъ или большомъ видѣ, былъ основательно примѣненъ къ мѣстности, предварительно хорошо изслѣдованной.

„Многіе не довѣряютъ водѣ, какъ двигателю завода, говорить г. Гаусманъ (строившій новый каменный водоспускъ въ Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ), но вникая подробно въ сущность дѣла, убѣждаемся, что не вода причиною неуспѣха гидротехническихъ построекъ, а составители проектовъ, не изучившіе мѣстность. Къ крайнему сожалѣнію подобныя ошибки (многіе сорванные водою водоспуски) встрѣчаются весьма часто, не только въ казенныхъ техническихъ заведеніяхъ, но и въ частныхъ вододѣйствующихъ фабрикахъ и заводахъ, такъ что говоря вообще, у насъ нѣтъ большаго довѣрія къ водѣ, или, лучше сказать, — къ гидротехническимъ постройкамъ. Обыкновенно только со страхомъ и безъ всякихъ положительныхъ данныхъ, ручающихся за успѣхъ, рѣшаются примѣнять воду, какъ двигателя машинъ, въ особенности же, когда дѣло касается до примѣненія потока (ручья, рѣки), на которомъ еще не существуетъ плотины. Легко найти причину такого почти общаго недоувѣрія, если обратить вниманіе на то, что бѣльшая часть подобнаго рода построекъ (обыкновенныя мельничныя плотины) приводятся въ исполненіе такъ называемыми мельниками или поляками (?). Конечно, у нихъ нельзя отнять практическаго навыка, а иногда необыкновенной сметливости и смѣленности, но къ крайнему сожалѣнію имъ недоступны теоретическія правила, а потому они принимаются за дѣло почти на угадъ, соображаются только со способомъ и системою устройства существующихъ и ими же удачно исполненныхъ построекъ, иногда возведенныхъ при совершенно другихъ мѣстныхъ условіяхъ и другихъ свойствахъ рѣки.

„Предварительное, подробное изслѣдованіе мѣстности, опредѣленіе количества воды и сообразное съ послѣднимъ опредѣленіе главныхъ размѣровъ плотины, и вообще непремѣнныя измѣненія свойствъ вновь запруживаемой рѣчки, рѣдко и даже почти никогда не принимаются въ соображеніе. Неизбѣжныя слѣдствія такого упущенія — частыя неудачи, прорывы, недостатокъ въ водѣ при многихъ мельницахъ и фабричныхъ заведеніяхъ. Еслибы обращено было необходимое вниманіе на эти предметы при устройствѣ запрудъ вообще, то можно было бы сказать утвердительно, что многіе заводы и фабрики и въ томъ числѣ казенныя заведенія воспользовались бы водою мѣстныхъ рѣчекъ, не прибѣгая къ паровымъ или живымъ двигателямъ, пріобрѣтеніе и содержаніе которыхъ обыкновенно обходится дорого.

„При неблагоприятныхъ мѣстныхъ условіяхъ первоначальныя издержки, потребныя для примѣненія воды какъ двигателя, иногда могутъ быть больше издержекъ, потребныхъ на примѣненіе силы пара или силы живаго двигателя. Но принимая въ соображеніе, что для добыванія пара, для содер-

жанія живаго двигателя неизбѣженъ большій или меньшій ежедневный расходъ, между тѣмъ, какъ при правильно устроенномъ водяномъ дѣйствіи въ этомъ не представляется надобности и годовой ремонтъ, потребный на содержаніе правильно и хорошо устроенныхъ гидротехническихъ сооружений, весьма ограниченъ, — становится яснымъ, что преимущество должно отдать водѣ, а потому слѣдуетъ пользоваться ею вездѣ, гдѣ представляется къ тому возможность ¹⁾. Притомъ, не предупреждая своевременными мѣрами поврежденій, лучшія и во всѣхъ частяхъ правильно возведенныя гидротехническія сооружения, въ особенности же плотины и водоспуски, могутъ быть подмыты и прорваны, при неумѣннѣ обращаться съ ними и пользоваться ими во время ²⁾.



¹⁾ Напримѣръ, годовой ремонтъ на плотины и водопроводныя русла со включеніемъ проѣзжихъ дорогъ по дамбамъ (землянымъ насыпямъ) и моста на отводномъ каналѣ р. Сестры, въ Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ въ теченіе послѣднихъ 20 лѣтъ цѣстирался до 2,000 руб.; на гидравлическія сооружения Тульского оружейнаго завода — 500 руб. и Охтенскаго пороховаго завода не болѣе 200 рублей.

²⁾ Историческій очеркъ гидротехническихъ сооружений Сестрорѣцкаго оружейнаго завода К. Гаусманъ. Инженерный журналъ 1861 г. № 2, стр. 145—147.

ГЛАВА II.

О ПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОЮ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКАГО ВОДОДѢЙСТВІЯ.

5. Потери въ механической работѣ воды при запруженіи рѣки.—Когда мы указывали основанія для опредѣленія количества механической работы воды въ свободно протекающей рѣкѣ, а также въ случаѣ загражденія рѣки плотиною, то въ этомъ послѣднемъ случаѣ, для простоты объясненія, мы говорили, что когда вода за плотиною перестанетъ подниматься и уровень ея сдѣлается постояннымъ, то возстановляется прежнее теченіе рѣки, и сквозь ставъ, или водоспускъ, въ каждую секунду будетъ проходить тотъ же объемъ воды, который въ этомъ мѣстѣ проходилъ сквозь живое сѣченіе рѣки до ея запруды. Въ дѣйствительности же этого не бываетъ, и то количество механической работы, которое гидравлическіе приѣмники дѣйствительно могутъ сообщить исполнительнымъ механизмамъ, будетъ менѣе того, которое мы исчисляли выше, вслѣдствіе различныхъ потерь, которыя неминуемо сопряжены съ запрудою рѣки.

1) Если мы сооружаемъ плотину вновь и измѣреніе объема воды было сдѣлано нами въ свободно протекавшей рѣкѣ, какъ это всегда и дѣлается, то послѣ запруды рѣчки и возстановленія ея теченія сквозь водоспускъ, чрезъ него будетъ проходить меньшій объемъ воды, вслѣдствіе всасыванія и просачиванія воды въ почву на всемъ пространствѣ дна пруда, а иногда и сквозь тѣло самой плотины. Количество просачивающейся такимъ образомъ воды зависитъ отъ свойства грунта прудоваго дна и болѣе или менѣе тщательнаго и основательнаго устройства тѣла самой плотины. Но все это количество воды уже не попадаетъ на гидравлическіе приѣмники и слѣдовательно не будетъ участвовать въ передаваемой ими механической работѣ.

2) Если водохранилище, образованное запрудою, имѣетъ значительную поверхность и малую глубину, при которой вода достаточно нагрѣвается; если поверхность пруда открыта для дѣйствія вѣтровъ, а самый прудъ расположенъ въ мѣстностяхъ съ сухимъ и теплымъ климатомъ, какъ, на примѣръ, въ нашихъ южныхъ и юговосточныхъ губер-

ніяхъ, то значительное количество воды въ лѣтнее время уносится изъ пруда испареніемъ и также не попадаетъ на гидравлическія колеса.

3) При самомъ тщательномъ устройствѣ водоспусковъ и водопроводныхъ руслъ, часть воды протекаетъ сквозь щели затворныхъ щитовъ водоспуска, сквозь щели dna и боковъ водопроводныхъ руслъ; при нѣсколько же невнимательномъ устройствѣ ихъ, эта утечка бываетъ значительна и иногда совершается сквозь щели стѣнъ водоспуска; нѣкоторая же, хотя и въ небольшой степени, фильтрація бываетъ и подъ самымъ водоспускомъ. Вся эта часть воды также не попадаетъ на гидравлическіе приѣмники и слѣдовательно теряется для производительной механической работы.

4) Если мы предполагаемъ работать водою посредствомъ, такъ называемыхъ, наливныхъ колесъ, то такъ какъ вода должна притекать на эти колеса съ надлежащей скоростью для выгоднаго ихъ дѣйствія, необходимо бываетъ (какъ увидимъ ниже) сохранить для воды, идущей въ русло и падающей на наливное колесо, нѣкоторую *высоту напора воды* въ запрудѣ, обыкновенно отъ 2 до 3 футовъ, если колеса расположены близко у плотины, а иногда отъ 3 до 4 и болѣе футовъ, если колеса удалены отъ плотины и когда требуется дать наклонъ руслу, ведущему воду на колесо на значительномъ протяженіи. Поэтому, если вода поднята за плотиной, напр., на 12 футовъ, а напоръ для наливныхъ колесъ будетъ признанъ необходимымъ въ 2 фута, то вода, падая на колесо, будетъ опускаться только съ высоты 10, а не 12 футовъ; а слѣдовательно, для исчисленія полнаго количества механической работы падающей изъ запруды воды, изъ всей высоты подъема воды за плотиной, слѣдуетъ вычесть высоту напора и только на разность этихъ высотъ умножить вѣсъ падающей воды, для опредѣленія полной или абсолютной механической работы, даваемой запрудой.

5) Наконецъ самые гидравлическіе приѣмники не передаютъ сполна всей механической работы воды исполнительнымъ механизмамъ и ихъ приводамъ, а могутъ передавать только часть, или извѣстный процентъ этой работы, величина котораго зависитъ, какъ отъ рода употребляемыхъ приѣмниковъ, такъ и отъ болѣе или менѣе совершеннаго ихъ устройства и установки и болѣе или менѣе правильнаго приведенія на нихъ воды.

Фактъ просачиванія воды въ почву и всасываніе воды землею, безъ сомнѣнія, извѣстенъ каждому изъ личныхъ наблюденій. Но какъ далеко можетъ простираться это просачиваніе, совершается ли оно постоянно и въ одинаковой степени и наконецъ—въ какомъ количествѣ?—всѣ эти вопросы могутъ разрѣшиться лишь непосредственными опытами и наблюденіями. Но очевидно, что всѣ эти вопросы тѣсно связаны съ свойствомъ почвы—dna и береговъ запруды и тѣла плотины.

„Удобство, съ которымъ вода просачивается сквозь рыхлыя и песчаныя почвы, говоритъ *Лайель*, ясно доказывается дѣйствіемъ приливовъ въ Темзѣ между Ричмондомъ и Лондономъ. Рѣка въ этой части своего русла течетъ чрезъ слой гравія, лежащаго на глинѣ, и этотъ скважинистый верхній слой то насыщается водою Темзы, по мѣрѣ того,

какъ приливъ поднимается, то съ отливомъ опять осушается на разстояніи нѣсколькихъ сотъ футовъ отъ береговъ, отчего колодцы на этомъ пространствѣ съ необыкновенною правильностью изсыхаютъ и наполняются“. „Утверждаютъ, говорить *Реклю*, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ воды Нила просачиваются по бокамъ на 80 верстъ отъ русла. Воды р. Сены, во время разливовъ, питаютъ посредствомъ просачиванія большое пространство земли подъ Парижемъ и наполняютъ всѣ колодцы“. „Вода колодца, вырытаго на холмѣ, на которомъ стоитъ село Спасъ (у р. Днѣпра въ Смоленской губерніи), глубиною 9 саженой, вѣроятно стоитъ на одномъ уровнѣ съ Днѣпромъ, говоритъ *и. Докучаевъ*, такъ какъ по свидѣтельству мѣстныхъ жителей, горизонтъ колодезной воды всегда подымается вмѣстѣ съ подъемомъ уровня воды въ Днѣпрѣ, что очевидно можетъ происходить только вслѣдствіе просачиванія Днѣпровской воды сквозь почву. При устройствѣ моста на Николаевской желѣзной дорогѣ, около Вышняго-Волочка, при выкачиваніи изъ котловины воды, оказавшейся въ большомъ изобиліи, во всѣхъ колодцахъ деревни Терелѣсовой, лежащей на горѣ, въ разстояніи 2 верстъ, вода значительно опустилась¹⁾. Эти примѣры указываютъ, что просачиваніе можетъ простираться на значительное пространство и слѣдовательно поглощать значительное количество воды. Поэтому, если дно запруды, или водохранилища, состоитъ изъ почвы пропускающей или всасывающей воду, то поглощеніе воды почвою неизбежно; и чѣмъ вода за плотиною будетъ поднята на большую высоту, тѣмъ давленіе ея на дно запруды будетъ болѣе, и если дно допускаетъ просачиваніе, то тѣмъ и просачиваніе будетъ сильнѣе. Что же касается до фильтраціи воды сквозь тѣло самой плотины, то она зависитъ отъ свойства земли изъ которой насыпана плотина. Если эта земля глина или суглинокъ, хорошо утрамбованные или заложены, какъ подъ основаніе плотины, такъ и въ ея насыпь выше грунта, то фильтрацію сквозь плотину можно считать ничтожною, хотя всасываніе и можетъ быть; если же для образованія тѣла плотины мы не имѣемъ другой земли кромѣ песка, то фильтрація сквозь тѣло плотины будетъ неизбежна. *Г. Гаусманъ* указываетъ на плотину, устроенную въ Сестрорѣцкомъ оружейномъ заводѣ генераломъ *Деволантомъ* изъ чистаго мѣстнаго песка; все тѣло плотины давало постоянную фильтрацію; но при толщинѣ плотины въ 17 саженой въ верхнемъ гребнѣ, эта фильтрація, безъ сомнѣнія, уменьшала объемъ воды, проходившій сквозь водоспускъ, но была совершенно безопасна для прочности самой плотины.

Изъ наблюденій оказывается, что всасываніе бываетъ сильнѣе въ глинистыхъ почвахъ, чѣмъ въ песчаныхъ. Такъ изъ нѣсколькихъ опытовъ, произведенныхъ французскими инженерами въ центральномъ каналѣ, оказалось, что полная потеря воды отъ испаренія, просачиванія и всасыванія, въ теченіе лѣтняго дня, составляла среднимъ числомъ 490 кубическихъ метровъ на километръ длины канала въ глинистыхъ почвахъ и только 350 кубическихъ метровъ въ почвахъ песчаныхъ

¹⁾ Устройство водопроводовъ. Штукенберга. Изд. 2-е. 1873. стр. 49.

(большинство каналовъ во Франціи имѣютъ ширину по поверхности воды въ 15 метровъ; ширина же южнаго канала 20 метровъ). Изъ другихъ опытовъ, въ южномъ каналѣ, средняя потеря въ день на погонный метръ длины канала составляла 0,52 куб. метровъ въ глинистыхъ почвахъ; та же средняя цифра получилась изъ наблюдений на каналѣ отъ рѣки Марны въ Рейнъ, и цифра 0,46 куб. метр. на каналѣ изъ р. Роны въ Рейнъ. Въ песчаныхъ же почвахъ канала изъ Марны въ Рейнъ, полная потеря отъ просачиванія, всасыванія и испаренія составляла только 0,30 куб. метр. А потому полную среднюю потерю можно полагать, говорить *Грефъ*, на погонный метръ въ день, въ обыкновенномъ каналѣ, 0,49 куб. метр. въ глинистыхъ почвахъ и 0,33 куб. метр. въ песчаныхъ. ¹⁾ По *Минару* (Minard), полная потеря въ южномъ каналѣ составляла ежедневно слой воды отъ 0,03 до 0,04 метра толщиною. По среднимъ же предъидущимъ цифрамъ *Грефа*, этотъ слой вообще для французскихъ каналовъ составитъ для глинистыхъ почвъ 0,03 метра, и для песчаныхъ 0,02 метра толщиною.

При первоначальномъ наполненіи пруда или канала волюю, поглощеніе ея, просачиваніемъ и всасываніемъ въ землю, бываетъ больше, чѣмъ впоследствии; для перваго наполненія канала расходуется воды, по *Беккеру*, въ 1^{1/2} до 2-хъ разъ его содержанія, а по другимъ наблюденіямъ, единовременный расходъ, при первомъ наполненіи канала, втрое болѣе заключающагося въ каналѣ объема воды. Что же касается до дѣйствительнаго количества воды, теряющагося вслѣдствіе просачиванія и всасыванія, независимо отъ испаренія, то инженеръ *Комуа* (Comou) говоритъ, что эту потерю считали прежде вдвое болѣе противъ потери отъ испаренія; *Вольтманъ* же полагалъ, что въ хорошемъ глинистомъ грунтѣ первая потеря въ 5 разъ болѣе второй. Но вообще эти потери опредѣлялись только для каналовъ, а не для заирудъ, и притомъ чаще вмѣстѣ съ испареніемъ, т.-е. полная потеря, тѣмъ болѣе, что отношеніе этихъ двухъ потерь не можетъ быть постоянно и должно различаться съ характеромъ мѣстности, въ которой дѣлались наблюденія.

Испареніе съ поверхности воды зависитъ отъ различныхъ и переменныхъ причинъ: отъ величины поверхности и болѣе или меньшей глубины резервуара; температуры притекающей къ нему воды; напряженія солнечной теплоты въ той мѣстности, и въ особенности отъ скорости и сухости или сырости вѣтровъ ²⁾. А потому наблюденія надъ испареніемъ приводятъ къ весьма измѣнчивымъ выводамъ.

Такъ въ тропическихъ странахъ годовое испареніе *Мори* исчисляетъ въ 14,8 футовъ, т.-е. въ теченіе года въ водохранилищѣ, въ которое не прибываетъ ни откуда воды, можетъ испариться слой ея

1) Въ бетонированныхъ частяхъ канала изъ Марны въ Рейнъ полныя потери, составили только отъ 0,05 до 0,08 куб. метр. въ день на погонный метръ длины канала.

2) Графъ Гаспаренъ замѣтилъ, что испареніе значительно усиливается съ появленіемъ кучевыхъ облаковъ (cumuli), чисто грозовыхъ, хотя они служатъ предвѣстниками вѣтра и способствуютъ увеличенію паровъ въ воздухѣ. Увеличеніе испаренія онъ приписываетъ электричеству этихъ облаковъ.

глубиною въ 14,8 футовъ. Сравнивая поверхность морей и континентовъ, приходятъ къ тому теоретическому заключенію, что для умѣренныхъ поясовъ слой испаряющейся воды съ свободной ея поверхности всегда больше высоты слоя дождя, падающаго на ту же поверхность. Такъ, по *Валлесу*, испареніе съ свободной поверхности воды на французскихъ берегахъ Средиземнаго моря составляетъ 2,5 метра (8,2 фута); въ Римѣ, по *Прони*, высота слоя испаряемой воды достигаетъ 2,36 метровъ (7,74 фут.). Изъ наблюдений въ Берлинѣ (1833 г.) найдено, что въ теченіе года выпало 17,7 дюйма атмосферной воды, а испарилось ея 26 дюймовъ. Въ проектахъ для построенія канала отъ Нанта до Бреста и канала отъ р. Самбры въ р. Уазу годовое испареніе было принято въ 1,46 метр. (4,79 фут.); эта цифра соотвѣтствуетъ толщинѣ слоя въ 0,004 метр. (0,013 фут. или 0,157 дюйм.) ежедневнаго испаренія, которую обыкновенно и принимаютъ за среднюю для сѣверной и центральной Франціи. По *Дюло* (Duleau) испареніе въ Парижѣ уноситъ слой воды отъ 1,30 до 1,50 метровъ (отъ 1,26 до 4,92 футовъ).

Въ Англіи продолжительными наблюденіями найдено, что количество испаряющейся влаги, съ октября по мартъ, составляетъ 0,255, а съ апрѣля по сентябрь 0,93 частей всей массы дождя, выпадающаго въ эти періоды времени. Наши хозяева полагаютъ, говорить г. *Палмт-сестовъ*, что въ южной половинѣ Херсонской губерніи степныя водохранилища, при обыкновенныхъ лѣтнихъ дождяхъ, теряютъ чрезъ испареніе въ каждый лѣтній мѣсяцъ 14 дюймовъ воды глубиной, а въ сѣверной отъ 7 до 9 дюймовъ. Профессоръ *Леваковскій* (въ статьѣ о почвѣ и водѣ Харькова) вычислилъ, что на пространствѣ между р. Испанью и р. Харьковымъ, атмосферныя осадки недостаточны даже для насыщенія одной черноземной покрывки; а г. *Морозовъ* (о климатѣ Харьковской губерніи) полагаетъ, что испареніе съ свободной водной поверхности въ Харьковѣ превышаетъ количество дождя и снѣга на 5 дюймовъ. Суховѣи, по наблюденіямъ покойнаго *В. М. Чернылева*, ипогда въ нѣсколько дней совершенно иссушаютъ степныя рѣчки, источники, лиманы, запруды, даже довольно глубокіе колодцы. А г. *Докучаевъ* (Способы образованія рѣчныхъ долинъ, стр. 88 и 89) полагаетъ, что въ средней Россіи количество метеорныхъ осадковъ, вѣроятно, недостаточно даже для покрытія расхода воды съ данной мѣстности въ видѣ испаренія. По наблюденіямъ же въ главной физической обсерваторіи въ С.-Петербургѣ, за пять лѣтъ съ 1873 по 1877 годъ включительно, слой годоваго испаренія составлялъ среднимъ числомъ 0,29727 метровъ (0,975 фут.); количество же атмосферныхъ осадковъ, за то же время, было въ годъ среднимъ числомъ 0,4786 метровъ (1,5698 фут.); такъ что слой осадковъ превышалъ слой испаренія на 0,5948 фут. Что же касается до годоваго распредѣленія, какъ количества осадковъ, такъ и величины испаренія, то они видны изъ слѣдующихъ таблицъ ¹⁾.

¹⁾ Эти таблицы сообщены намъ Академикомъ Вильдомъ, директоромъ главной физической обсерваторіи въ С.-Петербургѣ. См. Прил. IX.

Величина испаренія съ свободной водной поверхности въ миллиметрахъ.

Въ С.-Петербургѣ.

ГОДЫ.	Январь.	Февраль.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Июнь.	Июль.	Августъ.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Въ годъ.
1873 . .	5,13	4,95	10,36	18,32	27,25	61,91	79,92	48,09	31,57	24,20	7,96	8,53	328,19
1874 . .	8,30	5,41	11,26	18,93	36,86	55,25	51,18	39,16	27,64	17,10	12,50	5,42	289,01
1875 . .	1,67	3,90	8,90	17,56	35,18	58,86	82,15	43,24	38,02	16,17	6,51	2,12	314,28
1876 . .	2,39	3,33	11,49	18,46	31,03	66,53	56,56	52,72	28,20	18,18	5,05	2,05	296,06
1877 . .	2,25	2,64	6,25	23,75	32,72	56,29	43,27	38,85	21,51	15,30	10,60	5,31	258,81
Средн. .	3,95	4,05	9,65	19,40	32,62	59,77	62,62	44,43	29,39	18,19	8,52	4,69	297,27

Количество осадковъ въ миллиметрахъ.

Въ С.-Петербургѣ.

ГОДЫ.	Январь.	Февраль.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Июнь.	Июль.	Августъ.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Въ годъ.
1873 . .	49,9	27,2	18,9	32,4	108,7	78,4	31,6	111,3	31,2	55,6	39,7	54,6	638,9
1874 . .	18,0	13,3	19,8	19,1	42,2	51,7	88,6	87,8	61,6	27,5	35,9	26,5	492,0
1875 . .	20,8	9,4	7,8	22,3	37,3	49,7	31,2	93,4	21,4	36,4	26,0	20,0	375,7
1876 . .	21,3	11,3	26,4	29,4	43,5	27,2	81,9	42,2	45,8	20,2	36,9	12,1	398,2
1877 . .	26,7	27,0	18,9	7,1	50,2	33,1	89,3	71,2	84,7	40,2	31,7	8,1	488,2
Средн. .	27,34	17,64	18,36	22,06	56,32	48,02	64,40	81,18	48,94	35,98	34,04	24,26	478,60

Относительно же распредѣленія самыхъ атмосферныхъ осадковъ. въ видѣ дождя и снѣга, изъ отчета главной физической обсерватори въ С.-Петербургѣ за 1875 и 1876 гг. видно, что въ среднемъ выводѣ за 4 года съ 1873 до 1876 года включительно: съ апрѣля до октября выпало дождя 314,7 миллиметра, а снѣга съ ноября до марта (растаяннаго въ воду) 109 миллиметровъ; а всего 423,7 миллиметровъ, т. е. отношеніе дождя къ снѣгу почти какъ 3 : 1 ¹⁾. И такъ, изъ предѣлныхъ данныхъ мы видимъ, что потери отъ просачиванія, всасыванія и испаренія могутъ быть весьма различны въ зависимости отъ почвы

¹⁾ См. приложение X.

и климатовъ; что для средней Россіи количество испаренія должно близко приближаться къ количеству осадковъ; что въ южной Россіи испареніе можетъ превышать осадки и въ сѣверной наоборотъ. По наблюденіямъ *Волкова*, въ нашихъ судоходныхъ каналахъ потеря воды отъ испаренія, въ самый безводный годъ, за вычетомъ воды, возвращенной дождями, составляетъ за все судоходное время, т.-е. за 250 дней, слой воды до 4-хъ футовъ и въ самый жаркій день до $\frac{1}{2}$ дюйма.

Наблюденій относительно потери воды отъ протеканія сквозъ щиты водоспуска и водопроводныхъ русла мы не имѣемъ; но эту потерю можно, до нѣкоторой степени, уподобить потерѣ воды просачиваніемъ сквозъ шлюзовые ворота въ судоходныхъ каналахъ. Эту послѣднюю потерю *Волковъ* полагаетъ отъ 30 до 60 куб. саж. въ сутки, или за все лѣто 15.000 куб. саженей. По *Минару* теряется въ сутки сквозъ шлюзовые ворота до 30, а по *Хагену* до 70 куб. саженей. Очевидно, что въ большихъ водоспускахъ и при нѣсколько длинныхъ водопроводныхъ руслахъ эта потеря будетъ болѣе, въ особенности при нѣсколько небрежномъ ихъ устройствѣ; притомъ здѣсь эту потерю слѣдуетъ считать въ теченіе цѣлаго года.

По *Волкову*, если S поверхность воды въ каналѣ въ квадратныхъ сажняхъ, то вся потеря воды отъ испаренія, всасыванія и просачиванія, какъ въ землю, такъ и сквозъ шлюзные ворота, будетъ: за судоходное время (т.-е. 250 дней) $= (2S + 15.000)$ куб. саж., а въ одни сутки $= \left(\frac{1}{84} S + 60\right)$ куб. саж. Мы полагаемъ, что можно, съ достаточною для практики приближенностью, руководствоваться этой послѣдней формулой и для исчисленія вышеуказанныхъ первыхъ трехъ потерь воды въ запрудахъ и водоспускахъ. Эта формула составлена для лѣтняго времени, когда испареніе, всасываніе и просачиваніе въ землю болѣе; а потому для суточной потери цѣлаго года она даетъ результатъ преувеличенный; но мы полагаемъ, какъ уже сказали выше, что считаемъ эти потери въ запрудахъ также больше, въ особенности при обширныхъ и не глубокихъ прудахъ, вслѣдствіе испаренія; при глубокихъ, вслѣдствіе большого всасыванія и просачиванія отъ большого давленія воды; при нѣсколько же небрежномъ устройствѣ — вслѣдствіе значительной потери сквозъ щиты водоспуска, а равно сквозъ дно и бока водопроводныхъ руслъ и наконецъ фильтраціи сквозъ тѣло плотины.

Что въ зимнее время, не только испареніе, но просачиваніе и всасываніе воды въ землю бываетъ менѣе, чѣмъ лѣтомъ, и притомъ не только у насъ, вслѣдствіе глубокаго промерзанія земли, но и во Франціи, гдѣ зимы несравненно теплѣе, подтверждается, между прочимъ, слѣдующими наблюденіями инженера *Грефа* (Graeff), пользующагося большимъ авторитетомъ между французскими инженерами.

Опредѣляя отношеніе годового объема воды, протекающей въ рѣкахъ, къ годовому объему воды, падающей на ихъ бассейнъ, *Грефъ*, по наблюденіямъ, произведеннымъ въ департаментѣ Луары, на рр. Фюренсѣ (Furens), Анзу (Anzou) и Сорненѣ (Sornin), напелъ слѣдующія величины:

зимою это отношеніе было 1,245, весною 0,681, лѣтомъ 0,272, осенью 0,636 и среднее годовое 0,641. При этомъ онъ замѣчаетъ, что весною, лѣтомъ и осенью потеря происходила, какъ отъ просачиванія и всасыванія, такъ и отъ испаренія; зимою же объемъ протекающей воды болѣе объема упадающей атмосферной влаги, какъ вслѣдствіе скопленія притока подземныхъ водъ, такъ и меньшаго просачиванія, всасыванія и испаренія.

Прилагая формулу $\left(\frac{S}{84} + 60\right)$ куб. саж. для ежедневной потери воды въ запрудѣ, вслѣдствіе испаренія, просачиванія, всасыванія и утечки воды сквозь водоспускъ и русла, мы найдемъ на примѣръ для пруда, котораго поверхность въ 10 десят. (или 24.000 квадр. сажень) потерю $= \frac{24.000}{84} + 60 = 345,7$ куб. саж. или 118.575 куб. фут. въ сутки, или 1,37 куб. фут. въ секунду. Для пруда, котораго поверхность была бы въ 20 десятинъ, эта потеря была бы 2,5 куб. фут. въ секунду; для пруда въ 40 десятинъ, потеря была бы въ 4,77 куб. фут. въ секунду; для пруда въ 60 десятинъ въ 7 куб. фут. въ секунду и т. д. Слѣдовательно, если бы посредствомъ измѣренія средней скорости теченія воды въ рѣчкѣ и площади ея живаго сѣченія мы опредѣлили бы, что притокъ ея составляетъ 15 куб. фут. въ секунду, то для опредѣленія механической работы воды послѣ запруды, поверхность которой была бы въ 20 десятинъ, мы должны вычесть изъ объема 15 куб. фут. 2,5 куб. фут. потери и, слѣдовательно, считать дѣйствительный объемъ воды, который пойдетъ на работу, только въ 12,5 куб. фут. А также, если бы притокъ нашей рѣчки составлялъ 7 куб. фут., а нивелировка показала, что при запрудѣ поверхность пруда простиралась бы на 60 десятинъ, то это значило бы, что мы вовсе не имѣли бы воды для работы и весь притокъ ея терялся бы на испареніе, просачиваніе и утечку. Что касается до потери отъ напора воды, оставляемаго для дѣйствія наливными колесами, а равно потери на самыхъ гидравлическихъ приемникахъ, то эти потери выяснятся изъ разсмотрѣнія устройства гидравлическихъ приемниковъ.

6. Гидравлическіе приемники ¹⁾.— При первоначальныхъ соображеніяхъ относительно устройства плотины, мы должны всегда опредѣлить заранѣе, посредствомъ какихъ именно гидравлическихъ приемниковъ предполагаемъ передавать механическую работу воды исполнительными механизмами. Если мы уже имѣемъ готовую плотину, посредствомъ которой вода поднята на опредѣленную высоту, тогда остается только выборъ приемника, который соотвѣтствовалъ бы высотѣ подъема воды и величинѣ ея притока; при сооруженіи же плотины вновь, мы должны, соображаясь съ количествомъ механической работы, потребной для нашихъ производствъ, и съ количествомъ притока воды въ рѣкѣ, избрать какого рода приемники, при которыхъ можно наименѣе поднимать воду въ плотину, а слѣдовательно дать плотинѣ наименьшую высоту и тѣмъ

¹⁾ Часть 3. Гл. XXVI, ст. 83.

уменьшить расходы на ея сооруженіе. Такъ что количество воды протекающей въ рѣчкѣ, или величина ея притока, высота поднятія ея за плотиной, количество работы потребной для нашихъ пропзводствъ и выборъ гидравлическихъ приѣмниковъ находятся между собою въ тѣсной зависимости и при проектированіи новой плотины всѣ эти данныя должны быть принимаемы въ соображеніе въ ихъ совокупности.

Не касаясь ближайшаго устройства гидравлическихъ приѣмниковъ, мы изложимъ здѣсь только тѣ данныя относительно этихъ двигателей, которыя необходимы для первоначальныхъ соображеній при проектированіи плотины.

Гидравлическіе приѣмники, передающіе механическую работу падающей воды исполнительнымъ механизмамъ, или вообще такъ называемыя гидравлическія колеса, раздѣляются на собственно *водяныя колеса* и *турбины*. Первые вращаются въ вертикальныхъ плоскостяхъ на горизонтальныхъ осяхъ, или *валахъ*, а вторыя вращаются въ горизонтальныхъ плоскостяхъ, на вертикальныхъ осяхъ, или валахъ ¹⁾. Колеса перваго рода раздѣляются: 1) на *наливныя* или верховыя; 2) *средобойныя* или боковыя, и 3) *пошвенныя* (подошвенныя) или *подлионныя*. Дѣленіе водяныхъ колесъ этого рода основано на той высотѣ, на которой вода, падая изъ русла или изъ запруды, встрѣчаетъ окружность колеса; различіе же въ устройствѣ этихъ колесъ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ высоты подъема воды за плотиною, способа привода ея на колесо и ея дѣйствія на самое колесо и, наконецъ, отъ того количества ея, которое можетъ быть одновременно пускаемо на колесо.

Въ наливныхъ колесахъ вода приводится русломъ на самую вершину колеса и падая, встрѣчаетъ его окружность, или нѣсколько ниже вершины вперед по теченію воды, или нѣсколько ниже вершины назадъ, противъ теченія воды. Главное отличіе въ устройствѣ этихъ колесъ отъ другихъ заключается въ томъ, что онѣ имѣютъ на окружности ящики, или такъ называемыя *ковши*, въ которые вливается вода и, дѣйствуя своимъ вѣсомъ на одну сторону колеса, нарушаетъ его равновѣсіе и заставляеть вращаться. Когда вода вливается въ ковши немного ниже вершины колеса вперед и колесо вращается по направленію теченія воды, то собственно такого рода колесо и называется *наливнымъ*; во второмъ случаѣ колесо получаетъ воду въ ковши посредствомъ направляющихъ, или *подводящихъ* воду *рѣшетокъ* и вращается въ сторону обратную движенію воды въ руслѣ; или, въ первомъ случаѣ оно вращается отъ плотины, а во второмъ — къ плотинѣ. Эти послѣднія колеса называются *колесами съ подводящими рѣшетками*. Такъ какъ ковши въ колесахъ этого рода имѣютъ всегда опредѣленный объемъ и вода должна наполнять только часть вмѣстимости ковшей, а именно $\frac{1}{4}$ и не болѣе $\frac{1}{3}$, то очевидно, что ковшевыя колеса, какъ наливныя, такъ и съ подводящими рѣшетками, должны принимать на себя только опредѣленный объемъ воды изъ русла.

¹⁾ Хотя есть нѣкоторыя турбины, вращающіяся въ вертикальной плоскости и на горизонтальныхъ валахъ, какъ напр. турбины Швамкруга, Вейсбаха и друг.

Средобойныя и пошвенныя колесы, вмѣсто ковшей, имѣютъ на окружности лопатки, плоскія или кривыя (хотя и весьма рѣдко, но иногда и у средобойныхъ колесъ дѣлаютъ ковши вмѣсто лопатокъ). Пошвенныя колесы съ кривыми лопатками носятъ названіе *колесъ Понселе*, по имени ихъ знаменитаго изобрѣтателя. Въ средобойныхъ колесахъ вода приводится на окружность колеса нѣсколько ниже высоты его центра, по особо устроенному кривому жолобу, обхватывающему часть окружности колеса и дѣйствуетъ на лопатки колеса давленіемъ и ударомъ. Колесо Понселе также вращается въ небольшомъ кривомъ жолобѣ, но вода дѣйствуетъ на кривыя лопатки только давленіемъ, не производя удара; ударъ воды отстраняется въ этихъ колесахъ особою формою и направленіемъ кривизны лопатокъ, на которыя вода, входя безъ удара, поднимается по кривизнѣ лопатки вверхъ и произведя все свое давленіе на лопатку, скатывается назадъ, теряя всю свою первоначальную скорость, иными словами, передавъ всю свою живую силу, или механическую работу, колесу.

Пошвенныя колесы съ прямыми лопатками чаще не имѣютъ окружающаго ихъ жолоба, хотя вращаются въ искусственно устроенномъ руслѣ вслѣдствіе давленія и удара воды, движущейся съ усиленной скоростью отъ небольшого подъема, а иногда и безъ всякаго подъема, если теченіе въ рѣкѣ быстрое.

Всѣ этого рода колесы, т.-е. наливныя, средобойныя и пошвенныя, чаще дѣлаются деревянныя, въ особенности если размѣры ихъ невелики; но если средства позволяютъ и если подъемъ воды и, слѣдовательно, діаметръ колесъ великъ, то наливныя и колесы съ подводящей рѣшеткой дѣлаются металлическія. Что же касается турбинъ, то обыкновенно всѣ части ихъ дѣлаются металлическими.

Относительно выбора, для даннаго случая, того или другаго рода гидравлическаго приѣмника, отъ котораго можетъ зависѣть высота подъема воды за плотиною, то въ этомъ отношеніи мы приведемъ двѣ таблицы, составленныя *Редтенбахеромъ*, которыя могутъ руководить наглядно при этомъ выборѣ ¹⁾.

Если въ расчетъ входятъ, говоритъ Редтенбахеръ, только величина капитала, назначаемаго на устройство механизма, величина и свойство водянаго двигателя, то въ большей части случаевъ при выборѣ приѣмника можно руководствоваться слѣдующими правилами:

- Если K — капиталъ назначенный на устройство приѣмника:
 - „ H — высота паденія воды у плотины;
 - „ Q — притокъ (объемъ) воды въ рѣкѣ въ секунду;
 - „ P — вѣсъ этого объема воды;
 - „ PH — количество механической работы воды при плотинѣ;
 - и A — количество механической работы, потребной для пред-
- излагаемыхъ нами механическихъ производствъ, то:

¹⁾ Теоретическія и практическія данныя для проектированія и постройки машинъ Редтенбахера. Перев. съ нѣмец. Липскаго. С.-Петербургъ. 1862 г. стр. 118 и 119.

ЕСЛИ ВЫСОТА ПАДЕНИЯ И ПРИТОКЪ ВОДЫ.		ТО ДОЛЖНО УСТРАИВАТЬ.		
<i>H</i> .	<i>Q</i> .	Деревянное гидравлическое колесо.	Желѣзное гидравлическое колесо.	Турбину.
Не болѣе 6,5 фут.	При всякомъ	Когда <i>K</i> малъ.	1) Когда <i>K</i> великъ <i>H</i> и <i>Q</i> постоянны <i>RH</i> больше <i>A</i> 2) Когда <i>K</i> великъ <i>H</i> и <i>Q</i> переменны	Когда <i>K</i> великъ <i>H</i> и <i>Q</i> постоянны. <i>RH</i> = <i>A</i>
Между 6,5 фут. и 20 фут.	Не болѣе 7 куб. фут.	Когда <i>K</i> малъ.	Когда <i>K</i> великъ.	Никогда.
Между 6,5 и 20 футами	Не болѣе 10,5 кубич. футовъ	Когда <i>K</i> малъ	Когда <i>K</i> великъ	Когда <i>K</i> великъ
	или	и	и	и
Между 20 и 40 футами	При всякомъ	<i>RH</i> = <i>A</i>	<i>RH</i> = <i>A</i>	<i>RH</i> больше <i>A</i>
Болѣе 40 фут.	При всякомъ.	Никогда.	Никогда.	Непремѣнно.

Затѣмъ, чтобы опредѣлить, какой именно изъ всѣхъ родовъ гидравлическихъ приемниковъ лучше соответствуетъ данной высотѣ подъема воды за плотиной и количеству ея притока въ запруженной рѣкѣ, то вопросъ этотъ рѣшается вѣрно и безъ всякихъ затрудненій помощію слѣдующей таблицы или чертежа. Въ немъ верхняя горизонтальная строка показываетъ высоты паденія воды въ футахъ; вертикальная строка съ лѣвой стороны — количество воды притекающей къ колесу въ секунду въ кубическихъ футахъ; различныя кривыя и прямыя линіи означаютъ границы употребленія того или другаго рода колеса. Кривая линія *N*, *N*, *N*, означаетъ наибольшее количество воды, которымъ можно воспользоваться посредствомъ одного колеса.

Чтобы руководствоваться этимъ чертежемъ при опредѣленіи рода пріемника, на верхней горизонтальной строкѣ ищутъ вертикальную линію, соответствующую данной высотѣ паденія; потомъ въ лѣвой вертикальной строкѣ пріискиваютъ горизонтальную линію, которая соответствовала бы данному объему притока воды; точка пересѣченія этихъ двухъ линій будетъ находиться въ границахъ употребленія искомага колеса. Если, напримѣръ, высота паденія будетъ 10 футовъ, а притокъ воды 45 кубич. футовъ, то эти данныя указываютъ на колесо съ лопатками и рѣшетчатымъ подводомъ воды; если высота подъема, или паденія, воды будетъ 25 фут., а притокъ воды 15 куб. футовъ, то этимъ условіямъ будетъ соответствовать наливное колесо; если высота паденія менѣе 2 футовъ и притокъ воды въ 130 куб. фут., то нужно ставить пошвенное колесо или колесо Понселе и т. д.

Мы здѣсь перечислимъ существенныя данныя, касающіяся гидравлическихъ пріемниковъ, которыя должны быть принимаемы во вниманіе при проектированіи и устройствѣ плотины.

Коеффициентомъ полезнаго дѣйствія гидравлическихъ колесъ называютъ собственно тотъ процентъ отъ полной механической работы, даваемой водою у плотины, который онѣ способны по своему устройству и приспособленію передавать исполнительнымъ механизмамъ. Если выборъ рода колеса будетъ сдѣланъ правильно, если въ техническомъ отношеніи колесо будетъ хорошо устроено, если проведеніе на него воды и впускъ ея въ колесо сдѣланы правильно и съ должнымъ вниманіемъ, тогда этотъ процентъ, или коеффициентъ полезнаго дѣйствія, для разнаго рода колесъ, будетъ слѣдующій:

- 1) Для пошвеннаго колеса, съ небольшимъ подъ
него водосливомъ отъ 0,30 до 0,35
- 2) Для боковаго (средобойнаго) колеса съ лопат-
ками, когда точка вступленія въ него воды отстоитъ отъ
нижней точки колеса на дугу не превосходящую 30°. „ 0,40 „ 0,50
- 3) Наливнаго колеса большой скорости . . . „ 0,45 „ 0,60
- 4) Колеса Понселе съ кривыми лопатками . . „ 0,55 „ 0,65
- 5) Боковаго колеса съ лопатками, когда точка
вступленія въ него воды отстоитъ отъ нижней точки
колеса на дугу бѣльшую 30° „ 0,60 „ 0,65
- 6) Наливнаго колеса малой скорости, при высотѣ
подъема воды, меньшей 16 футовъ „ 0,60 „ 0,65
- 7) Боковаго колеса съ ковшами и средненаливнаго. „ 0,65 „ 0,70
- 8) Наливнаго колеса малой скорости, при подъемѣ
воды бѣльшемъ 16-ти футовъ „ 0,70 „ 0,80
- 9) Турбины: Шотландской „ 0,50 „ 0,60
- „ Кадіа „ — „ 0,65
- „ Швамьруга „ 0,58 „ 0,79
- „ Жонваля „ — „ 0,72
- „ Рожкова „ — „ 0,75
- „ Фурнейрона „ 0,70 „ 0,80

Наибольшее количество воды, которое может принимать на себя одно колесо, сообразно своему устройству, въ секунду времени, протирается:

- 1) Для пошвенныхъ (подливныхъ) колесъ и колеса Понселе до 180 куб. фут.
- 2) Для боковыхъ колесъ съ лопатками 110 " "
- 3) " " " " ковшами 75 " "
- и 4) Наливныхъ колесъ 36 " "

Въ дополненіе къ предыдущему чертежу Редтенбахера замѣтимъ здѣсь, что если чрезъ H означимъ всю высоту паденія воды, то 1) верхне-наливныя колеса устраиваются въ предѣлахъ H отъ 8 до 40 фут.; 2) средне-наливныя и боковыя при H отъ 8 до 26 фут.; 3) колеса Понселе при H близкомъ къ 5,5 фут.; 4) пошвенныя при величинѣ H отъ 1,5 до 5 футовъ.

Что касается до размѣра гидравлическихъ колесъ, то онѣ даютъ достаточное количество полезнаго дѣйствія и обходятся не очень дорого, если ихъ радіусы опредѣляются по слѣдующимъ правиламъ ¹⁾: если чрезъ R назовемъ радіусъ колеса, чрезъ H высоту паденія воды, чрезъ V скорость воды, съ которою она приходитъ на колесо, чрезъ v скорость вращательнаго движенія самаго колеса на его окружности и чрезъ $g = 32,2$ фут., ускореніе отъ дѣйствія тяжести, то:

- 1) Для среднебойнаго колеса, сообразно съ мѣстными условіями, R дѣлается = 6,5; 10; 11,5 футамъ.
- 2) Для колеса съ кривымъ жолобомъ $R = 1,5 H$ до $2,5 H$
- 3) Для боковаго колеса съ лопатками и водосливомъ $R = 1,25 H$ до $1,5 H$
- 4) Для колеса съ лопатками и подводной рѣшеткой $R = H$ (приблизительно)
- 5) Для заднебойнаго колеса съ подводной рѣшеткой $R = \frac{2}{3} H$
- 6) Для верхнебойнаго, наливнаго колеса . $R = \frac{1}{2} \left(H - \frac{V^2}{2g} \right)$
Обыкновенно принимаютъ $V = 2v$ и тогда $R = \frac{1}{2} \left(H - \frac{4v^2}{2g} \right)$
- 7) Для колеса Понселе $R = 2 H$
- 8) Для пошвенныхъ колесъ $R = 2\frac{1}{3} H$ до $3\frac{1}{2} H$

Ширина колесъ зависитъ отъ количества притока воды, а также глубины ковшей или лопатокъ, а равно степени ихъ наполняемости. Наполняемость въ колесахъ съ ковшами, какъ мы уже видѣли, должна быть не болѣе $\frac{1}{4}$ и до $\frac{1}{3}$; т.-е. вода должна наполнять не болѣе этой части всей вмѣстимости ковшей; въ колесахъ съ лопатками эта наполняемость должна быть не болѣе $\frac{1}{2}$.

¹⁾ Высота расположенія подошвы рабочихъ прорѣзовъ въ плотинѣ прямо зависитъ отъ величины радіусовъ, или діаметровъ колесъ.

Наибольшее количество механической работы, которое может сообщить одно колесо различной конструкции, простирается:

1) Для бокового колеса съ лопатками до 187 паровыхъ лошадей		
2) „ „ „ „ ковшами „ 157 „ „		
3) Для наливнаго колеса . . . „ 130 „ „		
4) „ колеса Понселе . . . „ 68 „ „		
5) „ пошвеннаго колеса . . . „ 36 „ „		

Замѣтимъ еще, что для выгоднаго дѣйствія наливныхъ колесъ необходимо, чтобы уровень воды за плотной (а слѣдовательно и *напоръ*, или высота воды надъ дномъ водопроводнаго русла) былъ по возможности постоянный, или измѣнялся бы не въ большихъ предѣлахъ; для другаго же рода колесъ, высота уровня воды за плотной можетъ подвергаться бблыпимъ измѣненіямъ, безъ вреднаго вліянія на количество ихъ полезнаго дѣйствія.

Коефиціентъ полезнаго дѣйствія колесъ измѣняется весьма незначительно даже при большихъ уклоненіяхъ скорости вращенія колеса отъ наивыгоднѣйшей (наивыгоднѣйшая, для большинства колесъ, скорость на окружности около 5 футовъ въ секунду), кромѣ верхненаливнаго и Понселе; а потому въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ бываетъ измѣненіе въ величинѣ вредныхъ и полезныхъ сопротивленій, и гдѣ приходится регулировать ходъ колеса, пуская на него ббольшій или меньшій объемъ воды и чрезъ то измѣнять скорость его вращенія, колесы наливное и Понселе могутъ оказаться не столь выгодны какъ другія.

Большія колесы, считая стоимость ихъ на каждую паровую лошадь даваемого ими полезнаго дѣйствія, сравнительно, обходятся дороже малыхъ колесъ того же рода и устройства; это обстоятельство необходимо имѣть въ виду поднимая воду за плотиной на извѣстную высоту; часто можетъ случиться, что выгоднѣе поставить два меньшія колеса, чѣмъ одно большое, для котораго необходимо поднять высоко воду и слѣдовательно увеличить всѣ размѣры плотины. Металлическія колесы вообще дороже деревянныхъ, но менѣе подвержены порчѣ и слѣдовательно служатъ долѣе. Простѣйшія по устройству и болѣе дешевыя суть пошвенныя и наливныя; затѣмъ дороже средненаливныя и Понселе; наиболѣе дорогія—боковыя, требующія прочнаго фундамента и тщательно устроеннаго русла.

Въ турбинахъ дѣйствіе воды не сосредоточивается на одну точку, но одновременно дѣйствуетъ на всѣ точки окружности колеса. Вода вступаетъ въ колесо турбины со скоростью, которая пропорціональна всей располагаемой высотѣ паденія. Вслѣдствіе этихъ двухъ условій диаметръ турбинъ можетъ быть гораздо меньше, а скорость вращенія ихъ гораздо больше нежели обыкновенныхъ водяныхъ колесъ; причемъ размѣры ихъ тѣмъ меньше, а число оборотовъ тѣмъ больше, чѣмъ больше высота паденія. Турбины могутъ быть устроиваемы при всякой высотѣ паденія, но въ особенности онѣ выгодны при большихъ паденіяхъ, т. е.

болѣе 40 футовъ, или при паденіяхъ меньше 6,5 футовъ и когда нужно беречь воду. Турбины могутъ выгодно работать при скоростяхъ, значительно отдаляющихся отъ той скорости, которая соотвѣтствуетъ ихъ наибольшему полезному дѣйствию; онѣ могутъ выгодно работать когда совершенно затоплены нижнею водою и находясь совершенно подъ водою не уменьшаютъ своего полезнаго дѣйствія; тогда какъ водяныя колеса, при подтопѣ, значительно уменьшаютъ количество даваемой работы. Но въ соотвѣтственныхъ предѣлахъ высоты паденія и притока воды, въ которыхъ водяныя колеса могутъ работать выгодно, нѣтъ причины предпочитать имъ турбины, такъ какъ въ колесахъ величина ихъ полезнаго дѣйствія измѣняется пропорціонально измѣненію количества притекающей воды или высоты паденія, тогда какъ въ турбинахъ величина работы возрастаетъ гораздо медленнѣе, а уменьшается гораздо быстрѣе, нежели возрастаніе или уменьшеніе количества притекающей воды или высоты паденія.

Но турбины занимаютъ очень мало мѣста, могутъ быть помѣщены въ какой угодно части фабрики или завода, а вслѣдствіе большой скорости вращенія, могутъ, гдѣ нужно, прямо передавать эту скорость исполнительнымъ механизмамъ безъ лишнихъ приводовъ. Многія турбины могутъ выгодно работать при значительныхъ измѣненіяхъ въ количествѣ притока воды.

Этихъ указаній относительно гидравлическихъ приѣмниковъ совершенно достаточно для предварительныхъ соображеній при проэктированіи плотины и выбора самыхъ приѣмниковъ.

7. Количество механической работы потребное для разнаго рода производствъ и опредѣленіе высоты подъема воды за плотиною.—Когда мы имѣемъ намѣреніе воспользоваться водою нашей рѣчки какъ двигателемъ, то прежде всего мы должны знать какое количество механической работы необходимо для избираемаго нами производства въ предполагаемыхъ для него размѣрахъ; затѣмъ по измѣреніи объема воды въ рѣчкѣ, протекающаго въ каждую секунду, опредѣляемъ и ту высоту подъема воды, съ которой долженъ упадать этотъ объемъ, чтобы произвести такое количество механической работы, которое именно потребно для нашихъ производствъ. Количество механической работы, потребной для разнаго рода промышленныхъ производствъ, опредѣляется непосредственными опытами и выражается въ пудофутахъ или паровыхъ лошадахъ. При нѣкоторомъ навыкѣ, очень легко освоиться съ понятіемъ о величинѣ механической работы, выражаемой въ этихъ единицахъ мѣры, все равно какъ, напримѣръ, мы осваиваемся съ понятіемъ о величинѣ разстоянія, выражаемаго въ верстахъ, или въ величинѣ груза, выражаемаго въ пудахъ. При навыкѣ, мы можемъ быстро сравнивать величины механическихъ работъ даваемыхъ въ соотвѣтственныхъ случаяхъ человекомъ или рабочими животными и неодушевленными двигателями, каковы вода, вѣтеръ, паръ, и переводить стоимость единицы механической работы, даваемой каждымъ двигателемъ, на деньги и слѣдовательно оцѣнивать ихъ сравнительно.

Посредством особыхъ приборовъ, называемыхъ *динамометрами*,¹⁾ прямо опредѣляютъ то количество механической работы, которое въ состояніи привести въ движеніе машины, употребляемыя въ различныхъ промышленныхъ производствахъ, съ соотвѣтственною для потребностей и качества производства скоростью. Такимъ образомъ, напримѣръ, найдено, что для приведенія въ движеніе съ надлежащей скоростью, при размолѣ зерна въ муку, одного мельничнаго постава, потребно отъ 3-хъ до 4-хъ паровыхъ лошадей механической работы, смотря по величинѣ жерновыхъ камней; около 4-хъ паровыхъ лошадей—для приведенія въ движеніе съ надлежащей скоростью одной рамы съ пилами во время распилки ими дерева въ лѣсопильнѣ; отъ 3-хъ до 4-хъ лошадей для одной большой круглой пилы; отъ 3-хъ до 6-ти паровыхъ лошадей для одной сукновальни съ 8-ю толчеями или пестами; столько же для одной большой молотильной машины съ вѣялкой; около 2-хъ паровыхъ лошадей для одного постава круподерки и т. п.

По опытамъ и наблюденіямъ *Морена*, требуютъ количества механической работы въ секунду:

	Паровыхъ лошадей.	
1) Мельничный поставъ съ камнями около 5 фут. въ діаметрѣ	отъ 3-хъ до 4-хъ	
2) Рама въ пильнѣ съ одной пилой, дѣлающая 88 прорѣзовъ въ минуту въ дубовомъ деревѣ	— „ 3,3	
3) Рама съ 3 пилами, дѣлающая 90 прорѣзовъ въ минуту въ дубовомъ деревѣ	— „ 4,5	
4) Круглая пила, діаметромъ въ 27 ^{1/2} дюймовъ, дѣлающая 266 оборотовъ въ минуту и прорѣзывающая 232 квадратныхъ дюйма въ дубѣ	— „ 3,4	
5) Круглая пила того же діаметра, дѣлающая 244 оборота въ минуту и прорѣзывающая 1163 квадр. дюйма въ это время въ сосновомъ деревѣ	— „ 7,4.	
6) Фанерная пила	— „ 0,7.	
7) Дерево-строгальная машина, дѣлающая 600 оборотовъ въ минуту	— „ 1,5	
8) Дерево-фальцовая машина при тѣхъ же условіяхъ	— „ 1	
9) Точильный камень въ 6 ^{1/2} футовъ діаметр. при 80 оборотахъ въ минуту	2,5 „ 3,5	
10) Фабрика для варсованія суконъ въ 50 машинъ	— „ 20	
11) Шерстопрядильня о 2720 веретенахъ	— „ 9,8	
12) Бумагопрядильня о 26000 веретенахъ, пряжа № 30—40.	— „ 110	
13) Механическая ткацкая о 60 станкахъ для миткаля въ 3,9 фута ширины	— „ 8	

¹⁾ Подробное описаніе основаній и устройства динамометровъ *Морена* можно найти въ *Notions fondamentales de mécanique* par Arthur Morin. Paris. 1855. Deuxième édition, p. 34—55.

14) Толчея съ 16 пестами на писчебумажной фабрикѣ.	отъ —	до 2,7
15) Голландеръ (роллъ) для писчебумажной массы, дѣлающій 220 оборотовъ въ минуту. „	3 - 4
16) Безконечная писчебумажная машина	„	3 - 4
17) Вертикальный жерновъ для выжиманія масла вѣсомъ 183 пуда, дѣлающій 6 оборотовъ въ минуту.	„	— - 2,7
18) Цилиндрическій мѣхъ 4,26 фута въ діаметрѣ при скорости поршня въ 1,8 фута въ секунду, доставляющій 11 куб. футовъ воздуха въ секунду.	„	— - 9
19) Лобовой молотъ въ 180 пуд. вѣсомъ при 75 ударахъ въ минуту	„	— „ 30
20) Подсердечный молотъ въ 40 пуд. при 95 ударахъ въ минуту	„	— „ 11
21) Молотъ въ 2 ¹ / ₂ пуда вѣсомъ при 324 ударахъ въ минуту	„	— „ 5,9
22) Катальные станы (для прокатки желѣза) 6 паръ валковъ для толстаго желѣза съ 60 оборотами въ минуту, и 8 паръ валковъ для мелкаго желѣза съ 140 обор. въ минуту	„	50 „ 60
23) Катальный станъ для листоваго желѣза съ 2 парами валковъ и 50 обор. въ минуту	„	25 „ 30

Для нашей цѣли достаточно этихъ данныхъ ¹⁾; но здѣсь мы должны замѣтить, что работу двигателя, приложенную къ какой нибудь машинѣ, можно раздѣлить на двѣ части: одна изъ нихъ издерживается на треніе, удары, измѣненіе въ скоростяхъ движущихся частей машинъ ²⁾ и потому не только не доставляетъ никакой выгоды, но напротивъ, поглощаетъ часть работы двигателя непроизводительно; другая часть вся идетъ на совершеніе желаемой работы и потому эту часть называютъ *полезнымъ дѣйствіемъ двигателя*; первую же часть называютъ *вредными сопротивленіями двигателю*. Цѣль всякой хорошей машины состоитъ въ томъ, чтобы увеличить по возможности полезное дѣйствіе и уменьшить, на сколько возможно, вредныя сопротивленія. Предыдущія цифры выражаютъ только полезное дѣйствіе двигателя въ разнаго рода производствахъ; что же касается до вредныхъ сопротивленій, то смотря по роду производства и свойству употребляемыхъ для него механизмовъ, онѣ поглощаютъ иногда $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, а иногда, при несовершенныхъ машинахъ, и до $\frac{1}{2}$ всей работы двигателя, необходимой, какъ для преодоленія полезныхъ, такъ и вредныхъ сопротивленій, или, такъ называемаго *абсолютнаго дѣйствія двигателя*. Такъ, напримѣръ, въ простыхъ мукомольныхъ мельницахъ, работа, истрачиваемая жерновами собственно на размоль зеренъ въ муку, есть полезное дѣйствіе;

1) Болѣе подробное указаніе количества механической работы, потребнаго для разнаго рода производствъ, можно найти въ Aide-mémoire de mécanique pratique par Arthur Morin. 4-e édition Paris. 1858. p. 445—489.

2) См. приложение III.

трение же валовъ въ подшипникахъ, зубчатыхъ колесъ между собою и т. п., составляютъ вредное сопротивленіе, которое въ простыхъ деревянныхъ приводахъ поглощаетъ до $\frac{1}{3}$ всей работы двигателя. Въ простыхъ лѣсопильныхъ, та работа, которая идетъ собственно на разрѣзъ пилюю дерева, составляетъ полезную работу двигателя; тренія же во всѣхъ частяхъ механизма и приведеніе въ быстрое вращеніе махового колеса для уравниенія скорости движенія при подниманіи и опусканіи рамъ съ пилами, составляютъ вредныя сопротивленія, которыя въ пильныхъ простаго устройства, съ деревянными приводами, поглощаютъ до $\frac{1}{2}$ абсолютной, или всей работы двигателя. Выше мы указали на производства, въ которыхъ на совершеніе только полезнаго дѣйствія двигателя долженъ затрачивать до 110 паровыхъ лошадей механической работы въ каждую секунду; но есть фабрики и заводы, которые, для приведенія въ дѣйствіе всѣхъ своихъ механизмовъ, требуютъ постоянной траты механической работы въ секунду въ 200, 400 и болѣе паровыхъ лошадей, какъ напримѣръ въ обширныхъ горнозаводскихъ производствахъ.

При устройствѣ плотины мы прежде всего придемъ всегда къ вопросу о томъ, на какую высоту намъ слѣдуетъ поднять воду посредствомъ плотины, чтобы получить необходимое количество механической работы для предполагаемыхъ нами производствъ. Такъ какъ количество механической работы воды при плотинѣ выражается произведеніемъ: вѣса объема воды, падающаго каждую секунду, на высоту съ которой онъ падаетъ, то если для нашихъ производствъ потребно въ каждую секунду, напримѣръ, количество A , механической работы, и если вѣсъ объема воды, падающаго каждую секунду, мы назовемъ чрезъ P , а высоту, съ которой онъ падаетъ, чрезъ H , то необходимо, чтобы PH было по крайней мѣрѣ равно A . Но какъ мы уже видѣли, что всегда бываютъ необходимыя потери въ количествѣ механической работы, исчисленной по притоку воды въ рѣчѣ до ея запруды, вслѣдствіе испаренія, просачиванія и утечки; что затѣмъ гидравлическіе приѣмы передаютъ не всю работу дѣйствительно падающей воды, а только часть ея; что двигатель долженъ преодолевать, не только полезныя, но и вредныя сопротивленія въ механизмахъ, поэтому, если A представляетъ собою лишь полезное дѣйствіе двигателя, необходимое для нашихъ производствъ, и если сумму всѣхъ вышеозначенныхъ потерь мы назовемъ чрезъ E , то должно быть по крайней мѣрѣ:

$$PH - E = A$$

для того, чтобы всѣ наши производства были обезпечены достаточнымъ запасомъ механической работы и не потерпѣли бы остановки за недостаткомъ ея.

Такъ какъ мы уже указали выше на способъ опредѣленія потерь, сумму которыхъ означили буквою E , то слѣдовательно въ каждомъ данномъ случаѣ величина E будетъ намъ извѣстна; тогда помощью равенства, или уравненія $PH - E = A$ мы можемъ разрѣшить слѣдующія три задачи: 1) если мы знаемъ средній объемъ воды, протекающей

въ рѣкѣ въ каждую секунду и слѣдовательно ея вѣсъ P , а также знаемъ какое количество полезнаго дѣйствія долженъ тратить двигатель въ каждую секунду на наши производства, т. е. величину A , то изъ уравненія $PH - E = A$ будемъ имѣть $PH = A + E$ и $H = \frac{A + E}{P}$; слѣдовательно опредѣлимъ высоту H , съ которой вѣсъ воды P долженъ падать у плотины, или высоту, на которую мы должны поднять воду у плотины, а слѣдовательно и высоту самой плотины; 2) если мы знаемъ вѣсъ P воды, падающей въ каждую секунду и предполагаемъ поднять воду у плотины на опредѣленную высоту H , то можемъ опредѣлить величину A , которой можемъ располагать для нашихъ производствъ, а именно будетъ $A = PH - E$. и 3) если мы заранее назначаемъ себѣ величины H и A , то можемъ опредѣлить величину P , т. е. тотъ вѣсъ, или все равно, тотъ объемъ воды, который мы должны искать въ рѣкѣ, чтобы получить необходимое для насъ количество работы A ; а именно $P = \frac{A + E}{H}$.

Но однако непосредственно изъ формулы $H = \frac{A + E}{P}$ мы еще не можемъ получить настоящую величину H , такъ какъ потери механической работы, заключающіяся въ величинѣ E , сами частію зависятъ отъ величины H . А именно, величина испаренія и просачиванія зависитъ отъ величины поверхности пруда, а эта послѣдняя увеличивается съ высотой H ; количество утечки, въ особенности сквозь щиты водоспуска, также возрастаетъ съ величиною H ; въ зависимости отъ высоты H мы должны сдѣлать выборъ гидравлическаго приѣмника, а уже мы видѣли, что коэффициентъ полезнаго дѣйствія неодинаковъ для различнаго рода колесъ. А потому на практикѣ мы можемъ пользоваться этой формулой только съ нѣкоторой степенью приближенія, способъ котораго теперь и укажемъ.

Предположимъ что въ рѣкѣ, дѣйствіемъ которой мы хотимъ воспользоваться для нашихъ производствъ, вслѣдствіе измѣренія живаго сѣченія и средней скорости воды въ этомъ сѣченіи, мы нашли объемъ притока ея въ каждую секунду равнымъ 30 кубическимъ футамъ. Вѣсъ этого объема будетъ $30 \cdot 1,73 = 51,9$ пудамъ. слѣдовательно $P = 51,9$ пуда. Представимъ себѣ, что мы хотѣли бы устроить на этой рѣкѣ бумагопрядильню въ томъ размѣрѣ, который указанъ нами выше, т. е. на полезныя сопротивленія которой потребно 110 паровыхъ лошадей или 1650 пудофутовъ механической работы. — Если назовемъ чрезъ H искомую нами высоту подъема воды, то не принимая сначала въ соображеніе потерь, должно бы быть по крайней мѣрѣ $PH = 1650$ пудофутамъ. Откуда $H = \frac{1650}{51,9} = 31,8$ фут. — Введемъ теперь въ условіе потерю отъ вредныхъ сопротивленій. Въ оптовыхъ расчетахъ при устройствѣ плотинъ, мы чаще должны предполагать нѣсколько большія потери и слѣдовательно имѣть въ виду нѣкоторый запасъ механической работы. А потому для вредныхъ сопротивленій слѣдуетъ принимать $\frac{1}{3}$ противъ абсолютной работы двигателя, и даже $\frac{1}{2}$, если мы заанѣ предвидимъ, что наши механизмы будутъ исполнены грубо и безъ достаточно точной

установки (какъ наши обыкновенныя мельницы мукомольныя и пыльныя, а также сукновальни). Въ настоящемъ случаѣ примемъ что $\frac{1}{3}$ абсолютной работы двигателя поглощается вредными сопротивленіями. Такъ какъ абсолютная работа двигателя всегда равна суммѣ полезной работы и вредныхъ сопротивленій, то называя абсолютную работу двигателя черезъ x , должно быть $x = A + \frac{1}{3}x$ или $x - \frac{1}{3}x = A$ или $\frac{2x}{3} = \frac{2}{3}x = A$ или $x = \frac{3}{2}A$. Слѣдовательно, должно быть по крайней мѣрѣ $PH = \frac{3}{2}A$ или $H = \frac{3}{2} \frac{A}{P}$ или $H = \frac{3 \cdot 1650}{2 \cdot 51,9} = 47,6$ футовъ. Для того, чтобы ввести въ условіе, при опредѣленіи величины H , потери отъ просачиванія, испаренія и утечки, представимъ себѣ, что при $H = 47,6$ футовъ, мы произведемъ въ натурѣ нивелировку, и найдемъ, что при этой высотѣ подъема воды за плотиною площадь нашего пруда будетъ составлять 40 десятинъ, тогда по формулѣ $\left(\frac{S}{84} + 60\right)$ куб. саж., мы найдемъ, какъ уже видѣли выше, что потеря воды отъ этихъ причинъ составитъ 4,77 куб. фут. въ секунду. Тогда объемъ падающей воды будетъ уже не 30 куб. футовъ, а только 25,93 куб. фут., котораго вѣсъ $P = 43,65$ пудовъ. Поставивъ этотъ вѣсъ вмѣсто 51,9 пуда, получимъ $H = \frac{3 \cdot 1650}{2 \cdot 43,85} = 56,7$ фут.

Строительная техника не допускаетъ устройства гидравлическихъ колесъ, вращающихся на горизонтальныхъ валахъ, свыше 40 футовъ паденія воды; слѣдовательно, если бы мы признавали необходимымъ работать этого рода колесами, то должны были бы искать рѣчку съ большимъ притокомъ воды, чѣмъ 30 куб. футовъ; на этой же рѣчкѣ мы должны, для нашихъ производствъ, поднять воду на такую высоту, при которой возможно работать только турбинами. Допустимъ пока, что техника устройства самыхъ плотинъ позволяетъ намъ поднять воду на эту высоту и что мы предполагаемъ работать турбиной Фурнейрона, коэффициентъ полезнаго дѣйствія которой можно принять въ 0,75. Поэтому если турбина передаетъ только 75% полной механической работы у плотины, то эту полную работу надобно увеличить въ $\frac{100}{75}$ разъ. А такъ какъ вѣсъ падающей воды остается тотъ же самый, то слѣдовательно во столько же разъ надобно увеличить высоту паденія. А потому окончателно $H = \frac{56,7 \cdot 100}{75} = 75,6$ футовъ. Но это будетъ только первое приближеніе для величины H . Если бы мы пожелали имѣть эту величину точнѣе, то должны были бы опредѣлить площадь запруды при высотѣ подъема воды въ 75,6 и затѣмъ опять по формулѣ $\left(\frac{S}{84} + 60\right)$ куб. саж. опредѣлить объемъ потери воды, и снова опредѣлить H въ зависимости отъ этой потери. Произведя нѣсколько разъ эти вычисленія, мы можемъ съ большею точностію опредѣлить необходимую для исполненія нашихъ производствъ высоту подъема воды за плотиною.

Но полученная нами высота подъема воды въ 75,6 футовъ, при расходѣ ея въ количествѣ 30 куб. фут. въ секунду, не только не допускаетъ работы обыкновенными водяными колесами, но и для работы турбинами пользуются такую высоту паденія лишь тогда, когда она

получается изъ естественныхъ водонадовъ, или изъ длинныхъ отводныхъ каналовъ; но непосредственно плотиною, вода поднимается на такую высоту лишь въ исключительныхъ случаяхъ, такъ какъ сооруженіе такой высокой плотины обходится слишкомъ дорого. А потому, когда требуется у одной плотины скопленія большаго количества механической работы. то обыкновенно выбираютъ для этого рѣки съ значительнымъ притокомъ воды, съ тою цѣлію, чтобы не слишкомъ высоко поднимать воду за плотиною и вслѣдствіе того, по возможности, облегчить и удешевить сооруженіе самой плотины.

У насъ въ Россіи самыя большія сооруженія этого рода существуютъ на Уральскихъ горныхъ заводахъ, а „изъ обозрѣнія заложенныхъ и существующихъ прудовъ, отъ самаго начала горнозаводскаго промысла на Уралѣ, говорить г. *Рожковъ*, можно видѣть, что большая часть ихъ, за исключеніемъ самаго меньшаго числа, заложены на рѣкахъ, которыхъ расходъ (т.-е. притокъ воды въ секунду) простирается отъ 200 до 700 и болѣе кубическихъ футовъ въ секунду. А подъемъ воды за плотиною въ этихъ прудахъ измѣняется въ предѣлахъ отъ 25 до 35 футовъ во время полного стоянія водъ“.

Возьмемъ другой примѣръ. Предположимъ что на той же рѣчкѣ, съ притокомъ въ 30 куб. футовъ воды въ секунду, мы желали бы устроить мукомольную мельницу о двухъ поставкахъ, съ жерновами около 5 футовъ діаметромъ, и лѣсопилюню съ одною рамою на четыре пилы (причемъ замѣтимъ, что при четырехъ листахъ пилъ работы требуется на $\frac{1}{3}$ болѣе противъ работы, необходимой для одной пилы, и потому вообще выгодно увеличивать число пилъ въ рамѣ). Изъ пунктовъ 1-го и 2-го вышеприведенныхъ данныхъ о количествѣ полезной работы, мы видимъ, что для двухъ поставокъ этой работы необходимо 8 паровыхъ лошадей, а для одной рамы съ одной пилой для дуба—3,3 паровыхъ лошадей; слѣдовательно для рамы съ четырьмя пилами, на $\frac{1}{3}$ болѣе, необходимо 4,4 паровыхъ лошадей. Если для мукомольной мельницы вредныя сопротивленія примемъ въ $\frac{1}{3}$, а для лѣсопилюни въ $\frac{1}{2}$ противъ всей работы двигателя, то вся работа двигателя должна быть $12 + 8,8 = 20,8$ паровыхъ лошадей, или 312 пудофутовъ. И такъ какъ вѣсъ падающей воды (безъ потерь) составляетъ 51,9 пуд. то должно быть $H \cdot 51,9 = 312$ пудофутовъ или $H = \frac{312}{51,9} = 6$ футамъ. Если нивелировка покажетъ, что при подъемѣ воды на 6 футовъ, площадь нашего пруда будетъ напр. 10 десятинъ, тогда потеря воды отъ испаренія, просачиванія и утечки будетъ 1,37 куб. футовъ въ секунду. Слѣдовательно объемъ падающей воды будетъ уже не 30, а только 28,63 кубич. фут., а вѣсъ ея будетъ 49,53 пуд. и потому будетъ $H = \frac{312}{49,53} = 6,3$. По вышеприведенному чертежу, высотѣ паденія воды въ 6,3 фут. и расходу воды въ 28,63 куб. фут. соответствуетъ колесо съ лопатками и водосливомъ, коэффициентъ полезнаго дѣйствія котораго составляетъ 0,60. Умножая высоту 6,3 на $\frac{100}{60}$, получимъ окончательную высоту H по первому приближенію равную 10,5 футамъ, при которой уже можемъ

употребить колесо съ лопатками и подводной рѣшеткой, коэффициентъ полезнаго дѣйствія котораго простирается отъ 0,65 до 0,70. Но если бы намъ удобнѣе было работать не однимъ колесомъ, то мы могли бы, вмѣсто одного боковаго, поставить три наливныя колеса, діаметромъ около $8\frac{1}{2}$ футовъ, по одному на каждый поставъ мельницы и одно, того же діаметра, но большей ширины (для бѣльшаго объема воды) для лѣсопилены.

Но кромѣ техническихъ условій при устройствѣ плотины, мы бываемъ иногда стѣснены въ назначеніи высоты подъема воды за плотиною, близостью чужихъ угодій, которая можетъ подтопить нашъ прудъ при большомъ подъемѣ воды; или затопить много нашихъ собственныхъ угодій, напр. хорошихъ луговъ, доходъ съ которыхъ можетъ превышать доходъ, получаемый отъ вододѣйствія. А потому намъ иногда приходится рѣшать другого рода вопросъ: зная притокъ воды въ рѣкѣ, мы предполагаемъ поднять воду на опредѣленную высоту и слѣдовательно образовать прудъ только опредѣленной величины, а затѣмъ рѣшаемъ — какія производства, наиболѣе подходящія по экономическимъ условіямъ и величинѣ работы воды, мы можемъ устроить при нашей плотинѣ?

Предположимъ, что притокъ нашей рѣчки составляетъ 10 куб. фут. воды въ секунду и что по нашимъ соображеніямъ мы можемъ поднять воду за плотиною на высоту 15 футовъ. Спрашивается, какія производства мы могли бы устроить у плотины, въ зависимости отъ величины притока и высоты подъема воды. Предположимъ также, что нивелировкой мы нашли бы, что поверхность нашего пруда займетъ 40 десятинъ. Тогда потеря воды отъ испаренія, просачиванія и утечки составитъ 4,77 куб. фут. въ секунду и, слѣдовательно, объемъ падающей воды у плотины будетъ только $10 - 4,77 = 5,23$ куб. фут., а вѣсъ ея 9,0479, или круглымъ числомъ 9 пудовъ. А потому абсолютная величина механической работы воды у плотины будетъ $9 \cdot 15 = 135$ пудофутамъ. Изъ нея $\frac{1}{3}$ часть пойдетъ на вредныя сопротивленія, т.-е. 45 пудофутовъ, а на полезное дѣйствіе останется 90 пудофутовъ, или 6 паровыхъ лошадей. Тогда изъ таблицы, показывающей количество паровыхъ лошадей работы, необходимой для полезнаго дѣйствія въ разнаго рода производствахъ, мы изберемъ тѣ производства, которыя окажутся для насъ выгодными и подходящими и которыя могутъ быть приведены въ исполненіе силою 3,6 до 3,9 паровыхъ лошадей, — такъ какъ, соотвѣтственно притоку воды и высотѣ ея подъема, наливное колесо передаетъ только отъ 0,60 до 0,65 всей работы воды.

Изъ предъидущаго видно, что высота подъема воды за плотиною зависитъ: 1) отъ количества притока воды въ рѣкѣ, на которой устроивается плотина; 2) отъ количества механической работы, которая намъ необходима для нашихъ производствъ; 3) отъ тѣхъ гидравлическихъ приемниковъ, которые мы считаемъ наиболѣе удобными для насъ, если заранѣе избираемъ ихъ; 4) отъ тѣхъ затратъ, которыя мы можемъ назначать на сооруженіе плотины и, наконецъ 5) отъ свойствъ рѣки и характера ея теченія, близости границъ чужихъ владѣній, величины

площади затопленія и наносимаго отъ этого ущерба. А потому вопросъ о высотѣ подъема воды всегда требуетъ нѣкоторыхъ предварительныхъ соображеній. Прежде всего мы замѣтимъ, что плотины и запруды устраиваютъ только на рѣкахъ средней и малой величины. Если притокъ воды въ рѣкѣ значителенъ въ сравненіи съ потребностью для размѣровъ производства, то высота подъема воды за плотиною можетъ быть менѣе; если же притокъ воды слабъ, то увеличить его дѣйствіе мы можемъ только увеличеніемъ высоты подъема воды за плотиною. Отсюда само собою слѣдуетъ, что чѣмъ производство наше обширнѣе, тѣмъ съ бѣльшимъ притокомъ мы должны выбирать для него рѣку, чтобы не поднимать воду на большую высоту. Съ увеличеніемъ высоты подъема, давленіе воды на всѣ части плотины будетъ болѣе, фильтрація сильнѣе, а потому и размѣры плотины должны быть болѣе; водоспуски должны быть устроены тщательнѣе и прочнѣе, основанія ихъ должны быть непроницаемѣе и надежнѣе; а исполненіе этихъ условій значительно удорожаетъ стоимость сооруженія.

Если паденіе русла рѣки очень незначительно и рѣка имѣетъ теченіе слабое, какъ напр. многія наши болотныя рѣки, то уже небольшой подъемъ воды за плотиною влечетъ за собою большой разливъ пруда, который можетъ затопить чужія угоды или залить часть своихъ и уничтожить ихъ цѣнность, или приносимый ими доходъ. Напротивъ, если паденіе русла рѣки велико и слѣдовательно рѣка имѣетъ теченіе быстрое, то разливъ пруда вверхъ по рѣкѣ будетъ не великъ и при значительной высотѣ подъема; если же притомъ берега рѣки препятствуютъ распространенію разлива и въ стороны, то водохранилище будетъ вмѣщать въ себѣ малое количество воды и если нужно работать запасомъ этой воды (какъ увидимъ это ниже), то такая запруда можетъ имѣть свои неудобства. Большое паденія русла рѣки, чаще встрѣчающееся въ гористыхъ мѣстностяхъ, всегда сопряжено съ быстрымъ теченіемъ рѣки; въ весенніе и другіе разливы, или большіе паводки, такіа рѣчки сильно угрожаютъ плотинѣ, особенно если вода за плотиною поднята высоко, а небольшая площадь пруда уже не представляетъ достаточно регулирующаго и умѣряющаго дѣйствія на силу разлива, позволяя водѣ приходить къ плотинѣ съ значительной скоростью и дѣйствовать на нее не только давленіемъ, но и ударомъ, что можетъ оказать вредное вліяніе на прочность плотины.

Кромѣ всѣхъ этихъ условій, высота подъема воды и слѣдовательно высота плотины, обуславливается, и иногда главнымъ образомъ, возможностью техническаго исполненія при сооруженіи плотины. Въ этомъ отношеніи можно сказать безусловно, что чѣмъ подъемъ воды менѣе, тѣмъ въ техническомъ отношеніи сооруженіе плотины легче и дешевле. А потому при проектированіи плотины мы всегда должны имѣть въ виду слѣдующее основное правило: чѣмъ подъемъ воды за плотиною выше, и чѣмъ, слѣдовательно, выше плотина, тѣмъ сооруженіе ея обходится значительно дороже, а прочность плотины подвергается значительно большому риску, въ особенности при случайныхъ необыкновенно большихъ

разливахъ, или лучше сказать, наводненіяхъ, которыя, хотя и рѣдко, но однако случаются одинъ, два, три, а иногда и болѣе разъ въ столѣтіе. Плотины же устраиваемыя для большихъ заводскихъ вододѣйствій, требуютъ затраты большихъ капиталовъ и притомъ затрачиваемыхъ, на предпріятія подобнаго рода, на долгое время.

А потому во всякомъ случаѣ непремѣннымъ правиломъ должно поставить себѣ, что при всякой къ тому возможности, мы должны стараться *поднимать воду на сколько можно ниже*, для того, чтобы на сколько возможно менѣе возвышать нашу плотину, какъ въ виду ея прочности, такъ и въ виду удешевленія ея постройки.

8. Различные способы пользованія водою какъ двигателемъ. — Съ механической точки зрѣнія, плотины устраиваются только въ такомъ случаѣ, когда представляется возможность поднять горизонтъ воды на нѣкоторомъ протяженіи теченія рѣки; когда мы не имѣемъ въ своемъ распоряженіи естественнаго паденія и необходимо произвести его искусственно; когда естественное паденіе недостаточно и нужно увеличить его искусственно; когда на извѣстномъ протяженіи теченія рѣки необходимо собрать запасъ механической работы, чтобы расходовать его разомъ въ одномъ мѣстѣ; когда является необходимость увеличивать или уменьшать естественныя измѣненія въ уровнѣ воды или регулировать этотъ уровень, напр. для потребностей судоходства. Но только экономическія условія рѣшаютъ вопросъ — *слѣдуетъ-ли* на данной рѣкѣ устраивать плотину и при ней механическія заведенія дѣйствующія водою. Мы можемъ имѣть въ своемъ распоряженіи рѣку съ значительнымъ притокомъ воды, весьма удобную для сооруженія на ней плотины, при которой можемъ получить значительное количество механической работы; но если экономическія условія таковы, что этой работой мы не можемъ пользоваться съ достаточной выгодой, сравнительно съ затрачиваемымъ капиталомъ, то очевидно, что намъ нѣтъ расчета устраивать какое либо вододѣйствующее заведеніе и сооружать плотину. Напримѣръ, мы можемъ имѣть ручей съ небольшимъ притокомъ воды, количества которой недостаточно для полнаго предполагаемаго производства, и все-таки можетъ оказаться выгоднымъ устройство плотины по экономическимъ расчетамъ. При недостаткѣ воды мы можемъ, напримѣръ, пустить въ работу на нѣсколько часовъ молотилку, а при убыли воды вѣялку; можемъ часть времени молотъ муку, а потомъ рушить крупу; работать часть дня, а потомъ снова скоплять воду; или работать день и скоплять воду ночью. Но всѣ эти условія должны быть соображены съ мѣстными обстоятельствами и рассчитаны. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ работа и съ перерывами все-таки можетъ быть выгодна; въ другихъ же случаяхъ, когда производство, по свойству своему, требуетъ непрерывной затраты значительной механической работы, которой нашъ притокъ воды дать не въ состояніи, тогда самое производство дѣлается невозможнымъ и сооруженіе плотины безцѣльнымъ.

Есть случаи гдѣ намъ выгоднѣе устроить приводный каналъ а не плотину, и на оборотъ; или соединить невысокую плотину вмѣстѣ

съ приводнымъ каналомъ; строить предпочтительно плотину водосливную, а не створчатую, или наоборотъ; есть также случаи, гдѣ вмѣсто одной большой, высокой плотины, намъ выгоднѣе устроить двѣ, три малыя плотины на той же рѣчкѣ и гдѣ та же вода, отработавъ на первой плотинѣ, идетъ на вторую и работаетъ на второй, а потомъ на третьей. Существуютъ обширныя, въ особенности металлургическія производства. на большихъ горныхъ заводахъ, которыя для безостановочной работы, требуютъ значительнаго количества воды и вынуждаютъ устраивать обширныя системы водоснабженія, съ точнымъ расчетомъ количества притока, для непрерывной работы днемъ и ночью въ теченіе цѣлаго года. Есть производства, которыя требуютъ сосредоточенности большого количества механической работы въ одномъ пунктѣ, на весьма маломъ пространствѣ около самой плотины; есть другія, которыя, по свойству своему, требуютъ разбросанности механической работы въ нѣсколькихъ пунктахъ и иногда на значительномъ разстояніи одинъ отъ другаго.

Всѣ эти различныя условія производства вызываютъ и различныя способы, или системы, пользованія водою какъ двигателемъ. Но къ этому мы должны еще присовокупить климатическія условія, которыя оказываютъ большое вліяніе, не только на способы устройства плотинъ, но и на самые способы пользованія водою какъ двигателемъ. Наши холодныя зимы, глубокое промерзаніе земли, образование на рѣкахъ, прудахъ, каналахъ и руслахъ толстаго льда, движеніе этого льда весною, подниманіе и опусканіе его зимою во время измѣненій уровня воды въ прудахъ и каналахъ. наконецъ быстрое таяніе огромной массы снѣга, скопившагося зимою, въ теченіе нѣсколькихъ весеннихъ дней и производящее огромныя весенніе разливы рѣкъ — все это вмѣстѣ составляетъ большія техническія затрудненія при устройствѣ вододѣйствующихъ заведеній и влечетъ за собою, или излишнія издержки на болѣе прочное ихъ устройство, или подвергаетъ ихъ риску частыхъ поврежденій, а иногда и окончательному разрушенію.

Разсмотримъ, для примѣра, ходъ тѣхъ соображеній, которыя могутъ встрѣтиться при устройствѣ самаго простаго и чаще всего встрѣчающагося вододѣйствующаго производства, именно мукомольнаго, въ первобытномъ видѣ сельскихъ водяныхъ мельницъ. Если мы пожелаемъ бы устроить на нашей рѣчкѣ плотину и при ней мукомольную мельницу о двухъ поставахъ, самаго обыкновеннаго устройства, то намъ представятся слѣдующія соображенія: 1) прежде всего, надлежащими изслѣдованіями и справками, мы должны убѣдиться, что существующія въ нашемъ районѣ, или сосѣдствѣ, мельницы, не удовлетворяютъ вполне спросу на помолъ и что наша, вновь выстроенная мельница, не будетъ оставаться безъ завоза хлѣба и слѣдовательно безъ работы; 2) когда мы убѣдимся что работы достанетъ и для нашей мельницы, тогда измѣреніемъ притока воды въ рѣчкѣ должны повѣрить — достаточно ли будетъ воды для приведенія въ дѣйствіе нашихъ двухъ поставовъ и не придется ли поднимать воду слишкомъ высоко, напр. выше предѣловъ для дѣйствія обыкновенными водяными колесами а затѣмъ остановиться

на опредѣленной высотѣ подъема воды; 3) если притокъ воды окажется значителенъ сравнительно съ потребностію его на два постава, то мы должны поднять воду какъ можно ниже, и какъ обыкновенно выражаются: *устроить плотину на нижнюю воду*, т.-е. для дѣйствія пошвенными колесами или средобойными; если же притокъ воды малъ и намъ необходимо поднять воду на высоту не менѣе 10 фѳут., тогда уже мы должны *устроить плотину на верхнюю воду*, т.-е. для дѣйствія наливными колесами; 4) но при этомъ мы должны еще оцѣнить тѣ хозяйственныя невыгоды, которыя можетъ причинить запруда, или подтопля чужія угодья, или затопля часть своихъ. Если, напр., съ площади запруды въ нѣсколько десятинъ, мы можемъ собрать такое количество сѣна, цѣнность котораго, за оплатою его сбора, будетъ превышать арендную плату приносимую намъ мельницей, то очевидно выгоднѣе косить лугъ, чѣмъ строить плотину и мельницу; быть можетъ, если мѣстность къ тому удобна, намъ окажется выгоднѣе устроить приводный каналъ вмѣсто плотины, который не зальетъ нашихъ луговъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ служить даже и для ихъ орошенія; 5) мы должны исчислить, хотя приблизительно, стоимость всего устройства, а равно необходимый годовой расходъ на ремонтъ, на содержаніе въ постоянной исправности всѣхъ частей сооруженія, т.-е. плотины съ водоспускомъ, водопроводныхъ руслъ, мельничнаго строенія съ гидравлическими приемниками и внутреннимъ исполнительнымъ механизмомъ, съ постояннымъ и надлежащимъ за ними уходомъ и присмотромъ, и 6) наконецъ, по существующей въ окрестностяхъ цѣнѣ на аренду мельницъ, или установившейся платѣ за помолъ, опредѣлить вѣроятный чистый доходъ, который можетъ приносить мельница, за покрытіемъ всѣхъ вѣроятныхъ расходовъ. Затѣмъ, по соображенію съ затратами на устройство, погашеніемъ капитала и величиной расходовъ на ремонтъ, опредѣлить чистый доходъ, или тотъ процентъ на капиталъ, который можетъ приносить предполагаемая къ устройству наша мельница.

Только чрезъ тщательное разсмотрѣніе и оцѣнку всѣхъ этихъ условій, можетъ быть рѣшенъ вопросъ о степени выгоды или невыгоды вновь устроиваемой плотины и при ней мельницы. Одно только удобство рѣки для устройства плотины еще не рѣшаетъ вопроса о томъ, слѣдуетъ ли предпринять это устройство; напротивъ, иногда возникаетъ вопросъ о необходимости устройства плотины въ такомъ мѣстѣ, гдѣ рѣка и не представляетъ этихъ удобствъ и гдѣ, напротивъ, приходится иногда бороться съ неудобствами, если только экономическій расчетъ указываетъ на выгоды и пользу этого устройства.

Если для столь небольшого предпріятія, какъ обыкновенная мукомольная мельница, приходится взвѣшивать и разрѣшать такъ много различныхъ условій и вопросовъ, то на сколько сложнѣе представляются условія при возведеніи плотины съ цѣлью устройства при ней обширныхъ заводскихъ или фабричныхъ производствъ, требующихъ для своего осуществленія затраты весьма большихъ капиталовъ на неопредѣленное время. Въ подобныхъ случаяхъ обезпеченіе производства водою состав-

ляетъ одинъ изъ существенныхъ вопросовъ и избраніе той или другой системы пользованія водою представляется важнымъ предметомъ для обсужденія, въ видахъ обезпеченія непрерывности производства.

Относительно вліянія климата и свойства рѣкъ на прочность гидротехническихъ сооруженій, приведемъ здѣсь замѣчаніе нашего извѣстнаго и опытнаго сельскаго хозяина и строителя *Ф. Х. Майера*: „Наши рѣки средней Россіи, говоритъ *Майеръ*, въ сравненіи съ рѣками странъ западной Европы, при одинаковыхъ съ ними полостяхъ (бассейнахъ) въ обыкновенное время на столько менѣ ихъ имѣютъ воды, на сколько онѣ въ полоую воду (весною) ихъ многоводнѣе; и это очень естественно, потому что нашъ климатъ въ лѣтнее время несравненно суше ¹⁾, а зимою въ теченіе шести мѣсяцевъ накопляется множество снѣга, который иногда растаявъ въ нѣсколько дней, производитъ въ самыхъ малыхъ рѣкахъ огромную массу воды. Если еще по такой рѣчкѣ ходитъ образовавшійся на разливахъ и прудахъ ледъ, который у насъ иногда бываетъ болѣе аршина толщины, то прочное устройство плотинъ и мельницъ потребовало бы иногда суммы вовсе несоразмѣрной съ ожидаемымъ доходомъ. Это неудобство много увеличивается отъ того, что наши рѣки и ручьи, во многихъ губерніяхъ, врѣзываются очень глубоко въ землю и въ берегахъ весьма сжаты ²⁾, такъ что невозможно отвести воду каналомъ въ сторону, а принуждены нерѣдко строить мельничные амбары подлѣ самаго русла рѣки или даже въ самомъ руслѣ. Отъ такого стѣсненія русла происходитъ, что инныя рѣки во время полои воды поднимаются до 11 аршинъ (25,67 фут.) выше обыкновеннаго уровня. Эти обстоятельства чрезвычайно затрудняютъ хорошее, прочное устройство мельницъ. На многихъ рѣкахъ передъ полою водою разбираютъ и свозятъ на безопасное мѣсто, не только столбцы и лавы плотинъ, но и самые мельничные амбары со всѣмъ механизмомъ.

„Изъ сказаннаго здѣсь уже видна огромная разница между нашими такого рода заведеніями и существующими у нашихъ западныхъ сосѣдей. Если въ средней Германіи, сѣверной Франціи и Англій, рѣчка имѣетъ въ лѣтнее и зимнее время достаточно воды для приведенія въ движеніе, напримѣръ, трехъ мельничныхъ поставовъ, и прочная прудка этой рѣчки стояла бы тамъ 10.000 р. (ассигн.), то прудку рѣчки, дающей въ лѣтнее и зимнее время тоже количество воды, у насъ въ Россіи, если хотимъ достигнуть той же прочности, едва ли можно соорудить за 40.000 или 50.000 рублей. Конечно и тамъ, особенно по близости горъ, случаются большіе паводки, но опасности, которымъ отъ нихъ подвергаются плотины, ничто въ сравненіи съ тѣми, которыми ледъ въ аршинъ толщины угрожаетъ намъ. Надобно вообразить себѣ льдину хотя въ 10 саженой длины, 5 саж. ширины и въ 1 аршинъ толщиною (вѣсомъ около 12.000 пудовъ) плывущую хотя съ небольшою скоростью

¹⁾ Упадаетъ въ годъ дожда и снѣга въ дюймахъ: въ Европѣ. безъ Россіи — 28,80; въ Европейской Россіи — 18,25, среднимъ числомъ.

²⁾ Въ наносныхъ земляхъ, легко размываемыхъ, рѣки всегда пролагаютъ себѣ глубокое русло.

и представить себѣ ея дѣйствіе если она потрется около нашихъ построекъ. „Я помню, говоритъ *Майеръ* каменные плотины Германіи, которыя въ теченіе столѣтій устояли противъ тамошнихъ половодій; но я увѣренъ, что здѣшній ледъ вскорѣ бы ихъ сокрушилъ“. Эти замѣчанія г. *Майера* весьма важны; онѣ, между прочимъ, объясняютъ то явленіе, что во многихъ случаяхъ наши хозяева должны были, по климатическимъ условіямъ, придумать особые типы плотинъ, *непрочной прудки*, но стоящія не дорого, особенно же въ виду недостатка, какъ денежныхъ, такъ и техническихъ средствъ, для *прочныхъ* сооружений. Поэтому на рѣкахъ, на которыхъ существуетъ ледоходъ, строятся отчасти плотины разборчатая, а мельницы пошвенныя, т.-е. на нижнюю воду; или послѣ каждаго половодья плотины подвергаются значительнымъ поврежденіямъ, но которыя исправляются подручными дешевыми способами, конечно не представляющими достаточной прочности. Вотъ напримѣръ, что говоритъ англичанинъ *Лингъ Ротъ* (Ling Roth) о такового рода плотинахъ въ Самарской губерніи ¹⁾. „Въ уѣздахъ Ставропольскомъ, Бугульминскомъ, Бугурусланскомъ и Самарскомъ, гдѣ лѣсу еще вдоволь, рѣки не пересыхаютъ, по крайней мѣрѣ не въ такой степени, какъ въ южныхъ, болѣе низменныхъ уѣздахъ; вслѣдствіе этого на нихъ ставятся мельницы. Замѣчательно, что на этихъ мельницахъ каждая пара жернововъ приводится въ движеніе отдѣльнымъ водянымъ колесомъ. Мельницы по болѣе части составляютъ собственность дворянъ (землевладѣльцевъ), которые сдаютъ ихъ въ аренду крестьянамъ. Хорошая мельница въ 3—4 постава, идетъ въ аренду за 1500—2000 руб. въ годъ. Плата за помолъ мѣняется отъ $\frac{1}{9}$ до $\frac{1}{12}$ количества перемалываемаго зерна. *Плотины поперекъ рѣки представляютъ грубую смѣсь всякой всячины*—хвороста, вѣтвей, переслоенныхъ соломою, навозомъ, торфомъ и глинистою землею; такія плотины не выстаиваютъ долго; ихъ необходимо часто исправлять, такъ какъ перегниваетъ хворостъ, и т. д., который будучи сложенъ параллельно теченію, позволяетъ водѣ незамѣтно просачиваться по всей ширинѣ плотины. Такимъ образомъ образуется брешь, а на слѣдующую весну большая часть плотины уносится водою“.

Относительно попытки устройства постоянной плотины на ледоходной рѣкѣ, *Майеръ* говоритъ, что плотину на рѣкѣ Раковѣ (Тульской губерніи Новосильскаго уѣзда въ с. Моховомъ г-на Шатилова) до 1823 года каждый годъ передъ полою водою разбирали. Въ этомъ году онъ устроилъ ее вновь и рѣшилъ удержатъ ледъ на прудѣ тремя рядами свай, чтобы не разбирать плотины, что всегда останавливало дѣйствіе винокуреннаго завода. „Это устройство, говоритъ онъ, держится до сихъ поръ (1851 г.); оно стоило съ постройкой мельницы 12.000 р. ассигнаціями; но нельзя поручиться, чтобы такое устройство не было разрушено первою полою водою, если она случится позднюю порою, внезапно, при необыкновенно толстомъ лѣдѣ и большихъ снѣгахъ. Разу-

¹⁾ Замѣтки англичанина о сельскомъ хозяйствѣ восточной Россіи. Журналъ сельскаго хозяйства и лѣсоводства. Августъ 1878 г. стр. 423 и 424.

мѣется я предварилъ объ этомъ хозяевъ, говоритъ онъ; но если бы я долженъ былъ построить эту плотину съ отвѣтственностью за цѣлость ея на извѣстное число лѣтъ, то я не построилъ бы ее менѣе какъ за 40 тыс. или 50 тыс. рублей ассигнаціями. Сравнивая такую сумму съ приносимымъ мельницею доходомъ, всякій согласится, что такое предпріятіе было бы безрасчетно“.

И потому система пользованія водою при устройствѣ мукомольныхъ мельницъ, въ большей части мѣстностей Россіи, заключается въ томъ, что плотины строятся чаще на небольшихъ ручьяхъ, малыхъ рѣчкахъ и въ самыхъ верховьяхъ большихъ рѣкъ и ихъ притоковъ, представляющихъ собою въ этихъ мѣстахъ еще малыя рѣчки, на которыхъ почти не бываетъ ледохода. Эти плотины почти всегда строятся на верхнюю воду, т.-е. для дѣйствія наливными колесами. Ледъ на такихъ запрудахъ задерживается рядомъ свай, вбиваемыхъ передъ самымъ водоспускомъ и обыкновенно таетъ на самомъ прудѣ неподвижно, не проходя въ водоспускъ. Небольшія льдины, идущія по рѣчкѣ, выше прудовъ, во время половодья разбрасываются полою водою на берега ¹⁾ или удерживаются въ верху прудовымъ льдомъ и таютъ вмѣстѣ съ нимъ. Для того же, чтобы не поднимать высоко воды за плотиною, работаютъ малыми наливными колесами (чаще отъ 8 до 15 футъ въ діаметрѣ), назначая на каждый мельничныи поставъ, на круподерку, на сукновальню и на каждую раму пилъ въ лѣсопильняхъ, особое, отдѣльное колесо. Мельницы, сукновальни, лѣсопильни, винокурни ставятся обыкновенно у самой плотины и русла рѣчки; вода изъ пруда проводится на колеса съвозъ водоспуски, или съвозъ особые рабочіе ставы, короткими деревянными руслами, или жолобами. Весною, во время полои воды, эти заведенія, устраиваемыя обыкновенно на сваяхъ, иногда нѣсколько затопляются высокою водою на короткое время, но безъ особеннаго вреда для строеній.

Когда вододѣйствующее заведеніе устраивается на значительной рѣчкѣ съ большимъ притокомъ воды и на которой существуетъ ледоходъ, то, какъ уже сказали выше, плотины дѣлаются разборчатыя, или вода поднимается очень не высоко, для дѣйствія пошвенными колесами, и весною, во время разлива, вода часто идетъ черезъ такую плотину и частію смываетъ ее. Въ такомъ случаѣ мельничные амбары устраиваются, или около самой плотины, на болѣе возвышенномъ берегу рѣчки, который мало или совсѣмъ не затопляется полою водою, или на нѣкоторомъ разстояніи отъ плотины, для предохраненія отъ затопленія, и тогда вода приводится изъ-за плотины къ колесамъ небольшимъ приводнымъ каналомъ, вырытомъ въ землѣ, или деревяннымъ русломъ.

Въ плотинахъ створчатыхъ, вершина плотины никогда не покрывается даже и полою водою и вода, какъ излишняя, такъ и рабочая, пропускается чрезъ водоспуски весенній и рабочій. Весенній водоспускъ, или вешнякъ, раздѣляется постоянными быками (деревянными или каменными) или стойками, на отдѣльные пролеты, закрываемые щитами,

¹⁾ См. ст. 17, гл. V.

или шандорами, которые даютъ возможность распоряжаться скопленною въ прудѣ водою и, сообразно съ потребностями вододѣйствія, держать ее на опредѣленномъ уровнѣ. А потому плотины съ водоспускомъ могутъ быть устраиваемы, и строятся, на рѣчкахъ, въ которыхъ притокъ воды бываетъ подверженъ большимъ измѣненіямъ, или на небольшихъ ручьяхъ, недостатокъ притока которыхъ замѣняется высотой подъема воды за плотиною.

Что же касается до водосливныхъ плотинъ, то мы уже выше замѣтили, что этого рода плотины чаще строятся на рѣкахъ средней величины, съ значительнымъ, и главное, съ постояннымъ притокомъ воды, который хотя приблизительно уравнивается съ ея суточнымъ расходомъ на потребности завода; слѣдовательно вообще на рѣкахъ, не подверженныхъ, ни большимъ весеннимъ разливамъ, ни сильному истощенію во время засухъ и морозовъ. А это бываетъ только въ томъ случаѣ, когда рѣка выходитъ изъ большаго питающаго ее резервуара, какъ напр. большаго озера и когда выходъ ея изъ озера регулируется особымъ ставомъ или шлюзомъ, или когда поверхность этого озера такъ велика, что оно само регулируетъ объемъ воды, входящей въ рѣку, чрезъ малое измѣненіе высоты горизонта собственныхъ водъ. Мы также замѣтили, что въ западной Европѣ плотины чаще дѣлаются водосливными въ виду избѣжанія большихъ прудовъ, чтобы не затоплять цѣнныхъ угодій; но есть еще и другая причина, почему въ большей части мѣстностей средней Россіи устройство этого рода плотинъ, чаще поднимающихъ воду не выше 8 футовъ, бываетъ затруднительно. По свойству слабыхъ, намывныхъ или наносныхъ грунтовъ большинства мѣстностей средней Россіи, рѣки, особенно значительныя, прорываютъ себѣ въ этихъ грунтахъ глубокія русла, часто превышающія глубину 8 футовъ. Поэтому концы, или крылья, водосливныхъ плотинъ приходится упирать въ самые берега русла, по свойству своему весьма рыхлые, непрочные и легко размываемые большими весенними разливами. Устройство сливныхъ половъ, требующихъ ббльшей длины, по причинѣ ббльшей длины водослива сравнительно съ водоспускомъ, также обходится дороже при этомъ рода плотинахъ.

Тогда какъ въ большинствѣ створчатыхъ плотинъ, устраиваемыхъ на маленькихъ рѣчкахъ, долины которыхъ не широки, концы высокихъ плотинъ чаще упираются во вторые берега рѣчной долины, осадочные грунты которыхъ гораздо плотнѣе и потому соединеніе концовъ плотины съ этими берегами прочнѣе. При большихъ же прудахъ и скорости движенія полой воды бываетъ велика только въ самомъ водоспускѣ, въ мѣстахъ же соединенія концовъ плотины съ берегами вода чаще находится въ спокойномъ состояніи и потому не подвергаетъ эти мѣста размыву; кромѣ особыхъ чрезвычайныхъ случаевъ когда высокая весенняя вода переходитъ черезъ плотину и въ особенности когда, по неосмотрительности или неосторожности, ей думаютъ облегчить здѣсь ходъ прорытіемъ канавы, которая почти всегда ведетъ къ разрушенію плотины ¹⁾.

1) См. гл. XXVII, ст. 85.

Единственная выгода водосливныхъ плотинъ заключается въ томъ, что при нихъ не требуется постояннаго наблюденія за измѣненіями уровня воды въ прудѣ; но это постоянство уровня бываетъ иногда и неудобно тѣмъ, что размѣрами водослива разъ на всегда опредѣляется наивысшій горизонтъ воды въ прудѣ и мы уже не можемъ поднять его, если бы намъ встрѣтилась въ этомъ надобность по ходу заводскихъ работъ. „Главное отличіе между водоспускомъ и перепадомъ (водосливомъ) говоритъ г. Гаусманъ, состоитъ въ томъ, что черезъ водосливъ вода свободно стекаетъ при накопленіи ея выше опредѣленнаго уровня, между тѣмъ какъ при водоспускѣ, вода переливается черезъ порогъ только при открытіи отверстія. Которому изъ этихъ двухъ родовъ плотинъ слѣдуетъ отдать преимущество, рѣшить могутъ однѣ только мѣстные обстоятельства. Но мы того мнѣнія, говоритъ онъ, что водосливъ можетъ быть примѣненъ съ выгодой только тамъ, гдѣ притокъ воды бываетъ равномерный, какъ въ меженное, такъ и во всякое другое время; при этомъ еще необходимо, чтобы количество притока было больше расхода воды на вододѣйствіе. Если эти условія не существуютъ, то мы безусловно предпочитаемъ водоспускъ, не смотря на то, что при водосливахъ мы освобождаемся отъ всякаго надзора за управленіемъ водою“.

„Говоря о преимуществахъ одной постройки передъ другою, мы должны указать на то, что при правильно устроенномъ водоспускѣ, подпертая вода находится въ полномъ нашемъ распоряженіи; съ открытіемъ выпускнаго отверстія мы можемъ понизить уровень, а съ закрытіемъ этого отверстія задержать бблшій или меньшій слой воды надъ порогомъ. При перепадѣ же или водосливѣ, этого сдѣлать нельзя, между тѣмъ бываетъ полезно имѣть возможность держать запасную воду, какъ на случай засухи, такъ и на случай усиленія вододѣйствія.“

„Порогъ водоспуска лежитъ всегда ниже гребня водослива; а чѣмъ меньше поднята подошва отверстія отъ дна, тѣмъ менѣе разрушительно дѣйствуетъ истекающая струя воды на искусственно укрѣпленное дно отверстія и на дно отводнаго канала. Слѣдовательно и въ этомъ отношеніи выгода остается на сторонѣ водоспуска. Наконецъ, при опредѣленіи размѣровъ отверстія для пропуска воды, одно изъ главнѣйшихъ условій состоитъ въ томъ, чтобы черезъ меньшее отверстіе пропустить бблшее количество воды (съ цѣлью по возможности уменьшить размѣры водоспуска, какъ сооруженія, устройство котораго стоитъ дорого). Для уменьшенія же размѣровъ отверстія, полезно положить подошву его на большую глубину, считая отъ верхняго уровня воды (ибо чрезъ это скорость истеченія увеличивается). Всѣ эти преимущества водоспуска предъ водосливомъ составляютъ причину того, что первый родъ плотинъ болѣе употребителенъ при мельничныхъ прудахъ“ ¹⁾.

1) Практическое руководство къ устройству плотинъ и другихъ сооружений при употребленіи воды въ качествѣ движущей силы. Лекціи профессора К. Гаусмана. Спб. 1876 г. Литографированныя записки, стр. 126 и 127.

Къ этому мы должны еще присовокупить, что такъ какъ водосливныя плотины устраиваются на рѣчкахъ съ значительнымъ притокомъ, которыя требуютъ значительной ширины для водослива, чтобы не пускать чрезъ него слишкомъ толстый слой воды разрушительно дѣйствующій на сливные полы, и какъ гребень водослива всегда долженъ быть прочно обдѣланъ деревомъ или камнемъ, то вообще устройство водосливныхъ плотинъ, сравнительно, обходится дороже чѣмъ створчатыхъ. Водосливныя плотины чаще требуютъ устройства при нихъ спусковъ или спускной трубы, чѣмъ створчатыхъ, въ которыхъ, если порогъ водоспуска заложенъ низко, то почти весь бассейнъ можно опорожнить снятiемъ щитовъ; тогда какъ въ водосливныхъ, въ случаѣ необходимыхъ передѣловъ или поправокъ, воду изъ-за плотины можно спустить только тогда, когда при нихъ имѣется спускъ или спускная труба, которые также значительно удорожаютъ устройство плотины.

Но есть случаи и есть мѣстности у насъ въ Россiи, гдѣ устраиваются водосливныя плотины, и именно въ западной Россiи; причемъ въ Кіевской, Подольской и Волынской губерніяхъ, онѣ чаще дѣлаются каменныя, изъ мѣстнаго гранита ¹⁾ и въ Гродненской, Виленской и Ковенской губерніяхъ, частью каменныя, частью деревянныя. Нѣкоторыя каменныя плотины обшиваются деревомъ, для предохраненія ихъ отъ ледохода. Но вообще онѣ строятся тамъ, гдѣ есть подъ рукою каменный матеріалъ и гдѣ рѣки, протекая по болѣе крѣпкому или каменистому руслу, не вырываютъ его слишкомъ глубоко. Что же касается вообще до матеріала изъ котораго строятся у насъ плотины и водоспуски, то въ этомъ отношеніи мы можемъ замѣтить слѣдующее: 1) большинство плотинъ створчатыхъ земляныя, съ водоспусками деревянными; 2) водосливныя плотины на сѣверѣ, и если встрѣчаются въ средней Россiи, то чаще устраиваются деревянныя; 3) водосливныя плотины въ юго-западной Россiи чаще каменныя; 4) земляныя створчатыя плотины съ каменными водоспусками весьма рѣдки ²⁾.

Есть также случаи, когда соединеніе водосливной плотины съ приводнымъ, достаточной длины, каналомъ можетъ представляться возможнымъ и выгоднымъ; въ этомъ случаѣ недостатокъ подъема воды плотиною вознаграждается увеличеніемъ паденія, выигрываемаго посредствомъ, даже не длиннаго, приводнаго канала. „Случаются въ рѣкахъ излучины, говоритъ *Майерзъ*, съ большимъ въ руслѣ паденіемъ, такъ что можно избрать мѣсто для плотины такое, ниже котораго въ рѣкѣ, или рѣчкѣ, нѣсколько бродовъ (т.-е. мелкихъ мѣсть, въ которыхъ дно русла дѣлаетъ уступъ) въ которыхъ иногда, на какія нибудь 100—200 саженой, приобрѣтается паденіе въ 1—2 и болѣе аршинъ, если приводный каналъ ведутъ лугомъ къ мельницѣ, построенной, можетъ быть, въ 200 саже-

¹⁾ Какъ напр. плотины купца Лешкова и г. Колошина въ г. Житомирѣ, плотина въ с. Тальномъ Кіевской губерніи Уманьскаго уѣзда, графа Шувалова и друг.

²⁾ Въ зависимости отъ лѣсистости бассейна и, какъ увидимъ ниже, продолжительности или быстроты разлива, на сѣверѣ Россiи плотины не строятся разборными, тогда какъ въ средней Россiи плотины чаще приходится строить разборныя.

няхъ отъ плотины. Мнѣ случалось, говорить онъ, видѣть такія мѣстности, гдѣ каналомъ въ 200 саженой протяженія можно было выиграть до 3-хъ аршинъ паденія, т.-е. устроить, вмѣсто пошвеннаго колеса при 2-хъ аршинномъ подъемѣ воды, наливное колесо въ $3\frac{1}{2}$ арш. поперечника и тѣмъ выиграть почти вдвое работы отъ мельницы. Издержки на копанье канала, въ сравненіи съ выгодой приобретаемою и небольшимъ прибавкомъ паденія, почти всегда вовсе ничтожны. Упущеніе изъ вида такой явной выгоды, можно оправдывать нѣкоторымъ образомъ тѣмъ, что люди, видѣвши обыкновенно мельницы при самыхъ плотинахъ и считая это какъ бы закономъ, не входятъ въ дальнѣйшее разсмотрѣніе“.

Приводный каналъ, замѣняющій плотину, устроиваютъ тогда, когда по мѣстнымъ условіямъ невозможно возвести сооруженія плотины въ самой рѣкѣ; когда въ прудѣ могутъ быть такія случайныя повышенія уровня воды, стѣ дѣйствія которыхъ необходимо предохранить механизмы, приводимые этою водою въ движеніе; если по мѣстнымъ обстоятельствамъ заводскія постройки необходимо возвести на нѣкоторомъ разстояніи отъ рѣки и куда можно провести каналъ; когда для приведенія въ движеніе завода хотятъ воспользоваться значительнымъ паденіемъ, представляемымъ рѣкою на нѣкоторомъ протяженіи. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, собственно, каналъ замѣняетъ собою плотину, т.-е. скопляетъ на своемъ концѣ механическую работу, развиваемую рѣкою на нѣкоторомъ протяженіи. Но пользованіе водою этимъ способомъ можетъ быть выгодно тамъ, гдѣ заведеніе требуетъ силы не болѣе 50 до 80 паровыхъ лошадей, и притомъ, по свойству исполнительныхъ механизмовъ, движущая сила можетъ быть помѣщена на небольшомъ пространствѣ и состоятъ изъ одного гидравлическаго колеса. Притомъ эту систему пользованія водою можно употреблять на рѣкахъ даже съ самымъ небольшимъ притокомъ воды, но быстрыхъ, въ которыхъ средняя скорость теченія простирается отъ 7 и болѣе футовъ въ секунду. Поэтому эта система пользованія водою чаще можетъ быть употребляема въ горныхъ странахъ, гдѣ рѣки не имѣютъ глубокихъ руслъ, но текутъ въ небольшихъ рѣчныхъ долинахъ, по склонамъ которыхъ удобно проводить каналъ и въ которыхъ, по причинѣ сильнаго уклона русла рѣки, уже на небольшомъ протяженіи канала выигрывается значительное паденіе воды. Но при этомъ необходимо, чтобы на склонахъ долинъ не встрѣчались поперечные овраги или балки и ручьи, черезъ которые приходилось бы проводить каналъ, что значительно возвысило бы стоимость его устройства; такъ какъ въ такихъ мѣстахъ приходилось бы проводить воду по мостамъ или дамбамъ, съ пропускомъ сквозь нихъ воды, стекающей по поперечнымъ оврагамъ.

Въ средней Россіи встрѣчается мало рѣкъ, удобныхъ для отвода ихъ воды въ искусственный приводный каналъ; во-первыхъ потому, что русла нашихъ рѣкъ глубоко прорыты въ почвѣ и приходилось бы рыть каналъ большой глубины; а во-вторыхъ потому, что теченіе нашихъ рѣкъ рѣдко имѣетъ скорость превышающую 7 футовъ въ секунду. Въ Германіи, напротивъ, приводные каналы встрѣчаются не рѣдко, но

также по преимуществу въ гористыхъ мѣстностяхъ; притомъ тамъ устройство такого канала на склонахъ долины рѣки соединяется часто и съ орошеніемъ луговъ въ этой долинѣ, что также представляетъ не малыя выгоды. Истоки и устье канала опредѣляются паденіемъ, которое желательно получить; линія, соединяющая эти точки, зависить отъ мѣстности; выгодиѣ, если она можетъ быть прямая. Самое удобное мѣсто для заводскаго сооруженія, большею частію, бываетъ въ долинѣ недалеко отъ истока канала, чтобы приводный каналъ вышелъ по возможности короче. При такомъ расположеніи легче управлять впускнымъ шлюзомъ. Но въ приводномъ каналѣ обыкновенно образуется зимою ледъ на днѣ, который необходимо очищать; устройство боковъ этого канала трудно и дорого, зимою же эти бока часто повреждаются льдомъ и потому, чѣмъ короче приводный каналъ, тѣмъ выгодиѣ. Длинный приводный каналъ, какъ уже замѣтили выше, употребляется только въ горныхъ долинахъ, потому что тамъ легко проводить воду по боковымъ склонамъ долины.

Къ этому же способу пользованія водою слѣдуетъ отнести употребляемыя на частныхъ золотыхъ промыслахъ въ Сибири, такъ называемыя тамъ, *сплотки*. Это, говорить г. *Рождковъ*, ничто иное, какъ каналъ (или скорѣе русло) сдѣланный изъ деревянныхъ досокъ; доски сплачиваются въ закрой и обхватываются стойками и перекладинами, насаженными на шипы стоекъ (черезъ что могутъ сжиматься плотно елиньями); каналъ стоитъ на деревянныхъ возлахъ или сваяхъ¹⁾. Такія сплотки проводятся иногда на весьма значительное разстояніе (до 4-хъ верстъ) и доставляютъ воду, какъ для промывки песковъ въ золотопромывальныхъ приборахъ, такъ равно и для движущихъ колесъ. Этотъ способъ образованія запаса рабочей воды, какъ видно, очень простъ и дешевъ; а мѣстность на Сибирскихъ промыслахъ обазывается для примѣненія его весьма пригодною, ибо рѣчки тамъ имѣютъ болѣею частію весьма крутое паденіе.

Но Сибирскія сплотки дѣйствуютъ только въ лѣтнее время, устройство же приводныхъ каналовъ и длинныхъ искусственныхъ руселъ въ сѣверномъ климатѣ бываетъ сопряжено съ неудобствами. Вода въ каналѣ, который чаще неглубокъ, промерзаетъ иногда до дна, (вслѣдствіе промерзанія боковъ и дна, такъ какъ самый каналъ залегаетъ не глубоко), что и случается въ мѣстностяхъ Уральскихъ горныхъ заводовъ. Деревянные русла на Александровскомъ заводѣ въ Петрозаводскѣ, Олонекской губерніи, хотя сдѣланныя изъ толстыхъ досокъ, приходится защищать зимою отъ промерзанія обкладкою хворостомъ и засыпкою толстымъ слоемъ снѣга.

Къ болѣе обширнымъ вододѣйствующимъ заведеніямъ принадлежатъ, основанные еще Петромъ Великимъ, близъ С.-Петербурга, Пжорскіе адмиралтейскіе заводы въ с. Колпинѣ на р. Пжорѣ, Сестрорѣцкій оружейный заводъ на рр. Сестрѣ и Черной и Охтенскій пороховой заводъ на р. Охтѣ. Всѣ они имѣютъ створчатыя плотины съ водоспусками и

¹⁾ См. чертежъ LXXXVII. фиг. 732.

короткими приводными руслами, для дѣйствія большими наливными колесами. Александровскій чугунно-литейный заводъ въ Петрозаводскѣ, также основанный Петромъ, имѣетъ плотину водосливную, на р. Лососинкѣ, устроенную близъ самого завода, изъ за которой вода проведена деревянными руслами въ заводскія строенія, и дѣйствуетъ на колеса наливныя и средобойныя, а въ послѣднее время и на турбину ¹⁾. Первые три завода располагаютъ, каждый, силою отъ 300 до 400 паровыхъ лошадей, а Александровскій въ Петрозаводскѣ—силою въ 200 паровыхъ лошадей. Но самыя обширныя сооруженія, дѣйствующія водою, какъ у насъ, такъ и въ другихъ мѣстахъ, находятся въ горныхъ округахъ; у насъ, слѣдовательно, главнымъ образомъ на Уралѣ. Относительно способовъ пользованія водою въ горныхъ округахъ, мы послѣдуемъ указаніямъ г. *Рожкова*.

Одинъ изъ этихъ способовъ пользованія водою, говоритъ г. *Рожковъ*, состоитъ въ устройствѣ нѣсколькихъ небольшихъ плотинъ и въ образованіи прудовъ малыхъ размѣровъ. Этотъ способъ очень распространенъ на горныхъ промыслахъ Саксоніи, Богеміи, Моравіи, Штиріи и Каринтіи; вообще его можно встрѣтить во всей Германіи, но въ упомянутыхъ странахъ преимущественно. Онъ основанъ на распредѣленіи горнозаводскихъ производствъ на большое протяженіе, и на пользованіи одною и тою же водою нѣсколько разъ для механическаго дѣйствія. При этомъ способѣ избѣгаютъ большихъ плотинъ, стоящихъ дорого и заливающихъ много угодій. На протяженіи рѣки выбираютъ нѣсколько мѣстъ, числомъ три или четыре, смотря по обширности горнозаводскаго производства, въ разстояніи одно отъ другаго въ 2¹/₂, 3 и даже 5 верстъ, смотря по паденію рѣки.

Въ избранныхъ мѣстахъ строятъ водосливныя плотины, за которыми поднимаютъ воду на 7 футовъ и рѣдко до 10 футовъ. Само собою разумѣется, что значительнаго количества работы нельзя получить при такомъ небольшомъ подъемѣ воды; ибо, допустивъ притокъ рѣки въ 200 куб. фут. въ секунду, мы можемъ располагать дѣйствительною работою лишь въ 80 паровыхъ лошадей. Поэтому производства раздѣляютъ въ избранныхъ мѣстахъ, по одному или по нѣсколько около плотинъ. Такъ, напримѣръ, у первой плотины ставятъ доменное производство и дѣйствуютъ водою на воздуходувныя машины; въ дополненіе къ нему могутъ быть установлены токарныя, сверлильныя станки, или даже машинное заведеніе небольшихъ размѣровъ; у второй плотины кричное производство, у третьей—передѣлъ кричнаго желѣза въ сортовое и т. п. Невыгода этой системы раздѣлительнаго дѣйствія состоитъ въ томъ, что оно требуетъ, для обработки заводскихъ продуктовъ, перевозки ихъ съ одного мѣста на другое. Но зато одна изъ самыхъ важныхъ выгодъ такого распредѣленія рабочей воды есть та, что одна и та же вода работаетъ нѣсколько разъ. При избыткѣ воды эта выгода конечно теряетъ свое значеніе; но должно замѣтить, что этотъ избы-

¹⁾ См. Прил. XI.

тогь случается рѣдко, и продолжается самое короткое время, какъ-то: весною—отъ таянія снѣговъ, и въ остальное время года, на нѣсколько дней, отъ сильныхъ дождей. Во время же мелководія, когда въ рѣкѣ вода стоитъ на нормальной высотѣ, не смотря на то, она всетаки даетъ возможность дѣйствовать всѣмъ отдѣльнымъ производствамъ, и тѣмъ самымъ оказываетъ очень важную услугу: отработавъ на одномъ отдѣленіи, вода идетъ и дѣйствуетъ на машинахъ другаго отдѣленія, и т. д.

Полнаго вниманія заслуживаетъ, говорить г. *Розковъ*, способъ пользованія рабочею волюю, существующій въ Фрейбергскомъ горномъ округѣ, (въ Саксоніи) и на Гарцѣ. Особенность, характеризующая водяное хозяйство въ этихъ двухъ странахъ, и отличающая его отъ всѣхъ другихъ гидравлическихъ системъ, заключается въ сохраненіи паденія посредствомъ провода воды, изъ главныхъ резервуаровъ, чрезъ искусственные каналы, идущіе частью на поверхности, и частью подъ землею на весьма большое разстояніе внизъ по долинь. Такому пользованію, конечно, много способствуютъ исполнительныя работы, требующія движущей силы, а именно различнаго рода приборы и устройства, служащіе исключительно для обогащенія серебряныхъ рудъ, расположенные по близости рудниковъ: (толчей, вашгерды, штосгерды, плангерды, каргерды), въ нѣкоторомъ и часто довольно большомъ одно отъ другаго разстояніи. Часть собранной силы идетъ на освобожденіе рудниковъ отъ воды и часть на подъемъ руды изъ шахтъ (рудныхъ колодцевъ).

Въ Фрейбергѣ вода собирается въ прудахъ, лежащихъ подлѣ горъ руднаго кряжа. Она скоплена въ нихъ изъ малыхъ ручьевъ, которые лѣтомъ совершенно высыхаютъ. Есть и такіе пруды, которыхъ вода скопляется отъ дождей и таянія снѣговъ, для чего избирается такая мѣстность, при которой полая вода не можетъ миновать прудовъ и собирается въ нихъ почти вся. Число всѣхъ прудовъ простирается до девяти; изъ нихъ 4 составляютъ одинъ отдѣлъ, называемый верхнимъ, а другіе 5—второй отдѣлъ, называемый нижнимъ. Длина всѣхъ каналовъ верхняго отдѣла простирается на 31 версту, считая до мѣста гдѣ вода распредѣляется на машинное дѣйствіе по разнымъ направленіямъ. Нижній отдѣлъ залегаетъ нѣсколько ниже въ долинь, но вода его соединяется съ водами верхняго отдѣла; вся длина нижняго отдѣла простирается на 20 версты. Кругъ машиннаго дѣйствія простирается на 34 версты. На этомъ пространствѣ запасено до 300 футовъ паденія. Часть воды идетъ на дѣйствіе водостолбныхъ машинъ, служащихъ для выкачиванія воды изъ рудниковъ.

На Гарцѣ, наиболѣе развито водяное хозяйство въ Клаустальскомъ округѣ; здѣсь заложены 34 пруда различной величины, и дѣйствуютъ 92 гидравлическія колеса; онѣ выкачиваютъ воду изъ рудниковъ, приводятъ въ движеніе толчей и другія обогатительныя (т.-е. обогащающія руду) машины, также служатъ для подъема руды на поверхность, для мельницъ лѣсопильныхъ, мукомольныхъ, и др. Вода изъ прудовъ проведена каналами, частью подземными, частью открытыми; длина главнѣйшихъ каналовъ, за исключеніемъ малыхъ, служащихъ для сооб-

ченія прудовъ, между собою, простирается до 55 верстъ. На всемъ пространствѣ, считая отъ верхняго пруда и до самой нижней долины, приобрѣтено паденія до 426 футовъ. При этомъ способъ образованія движущей силы, говоритъ г. *Рожковъ*, видно, что одна и та же вода можетъ дѣйствовать нѣсколько разъ, и если взять самое незначительное количество ея, напр. 40 куб. фут. въ секунду, то развиваемая ею работа, соответствующая этому расходу, при высотѣ паденія въ 400 фут., даетъ огромное число, именно $40 \cdot 1,73 \cdot 400 = 27.680$ пудофут. $= 1845\frac{1}{2}$ паровыхъ лошадей. Отбросивъ одну половину найденной силы, на потерю отъ каналовъ и отъ несовершенства гидравлическихъ колесъ, получится работа въ 922,66 паровыхъ лошадей, посредствомъ которой можно сдѣлать, конечно, много полезнаго.

Способъ образованія запаса рабочей воды на всѣхъ Уральскихъ казенныхъ и частныхъ заводахъ, различается во многихъ отношеніяхъ отъ предыдущихъ. Въ изложенныхъ выше системахъ принято за основаніе разьединеніе механическихъ производствъ и приобрѣтеніе большаго паденія посредствомъ провода каналовъ на значительное протяженіе; Уральская же заводская система требуетъ непосредственно подлѣ плотины и пруда, на протяженіи какихъ нибудь 50 саженой (рѣдко болѣе) внизъ по теченію рѣки, образованія такого запаса рабочей воды, который могъ бы развертывать силу 200 до 500 паровыхъ лошадей (та же система принята въ Колпинскомъ, Сестрорѣцкомъ, Охтенскомъ и Александровскомъ (въ Петрозаводскѣ), заводахъ, о которыхъ мы упомянули выше). Это условіе и составляетъ основаніе гидравлической системы, или способа пользованія водою. Для осуществленія его Уральская система требуетъ, во-первыхъ, выбора рѣкъ съ довольно значительнымъ притокомъ воды; во-вторыхъ плотинъ, которыя поднимаютъ бы воду на значительную высоту, такъ какъ, въ-третьихъ, тамъ встрѣчается необходимость въ прудахъ большой вмѣстимости. И дѣйствительно, большинство заводовъ заложены на рѣкахъ съ притокомъ отъ 200 до 700 и болѣе куб. фут. въ секунду; подъемъ воды плотинами измѣняется въ предѣлахъ отъ 25 до 35 футовъ, во время полного стоянія водъ; площади прудовъ простираются отъ 10, 30 и до 60 кв. верстъ; вмѣстимость прудовъ, или объемъ содержащейся въ нихъ воды, бываетъ отъ 525.000 до 1.000.000 кубич. футовъ. Единственный родъ колесъ, постоянно употребляемый на всѣхъ Уральскихъ заводахъ, это верхне-наливныя. Размѣры ихъ въ діаметрѣ слѣдующіе: для кричнаго дѣйствія (подъ молоты) 12 фут., для желѣзопрокатныхъ и воздуходушныхъ машинъ отъ 15 до 18 фут.; новыя металлическія въ 21, а нѣкоторыя до 28 фут., устройства средненаливнаго (т.-е. съ рѣшетчатымъ подводомъ).

Взявъ среднюю арифметическую величину между числами 12, 18 и 21, получимъ, говоритъ г. *Рожковъ*, высоту подъема воды въ 17 футовъ. Но какъ нужно еще прибавить для напора 2 фута, чтобы вода приходила на колесо съ надлежащей скоростью, и прибавивъ 1 футъ на преодоленіе гидравлическихъ сопротивленій въ руслахъ, получимъ число 20 футовъ для полного подъема воды за плотиною. При такомъ

подъемъ воды, плотина будетъ не высока и слѣдовательно обойдется не дорого; діаметръ колесамъ можно давать въ предѣлахъ отъ 12 до 21 фута (послѣдній предѣлъ для средненаливнаго), и силу каждаго колеса получить отъ 10 до 60 паровыхъ лошадей; прудъ не будетъ глубокъ, а слѣдовательно и разливъ его не займетъ очень большаго пространства.

Допустивъ высоту подъема воды въ 20 футовъ, и предположивъ, что для всѣхъ нашихъ производствъ требуется 400 паровыхъ лошадей = 6000 пудофутовъ, необходимый притокъ воды будетъ въ 260 куб. фут. въ секунду, если примемъ для коэффициента полезнаго дѣйствія колесъ цифру 0,66. Такъ какъ:

$$6000 \text{ пуд. фут.} = Q.H.1,73.0,66 \text{ откуда } Q = \frac{6.000}{20.0,66.1,73} = 260 \text{ куб. фут.}$$

Вотъ слѣдовательно притокъ воды, который должна давать рѣка на которой хотятъ построить заводъ.

Если рѣка, а слѣдовательно и скопленный прудъ, находятся въ такомъ положеніи, что горизонтъ воды въ послѣднемъ вовсе не измѣняется, или если и измѣняется, но притомъ никогда не падаетъ ниже означенной высоты и стоитъ на ней во время мелководія, то конечно нѣтъ надобности устраивать гидравлическія сооруженія большихъ размѣровъ. Но рѣдкій заводъ на Уралѣ находится въ такихъ выгодныхъ обстоятельствахъ, а большая часть ихъ подвержена неудобству, неразлучному съ нашимъ холоднымъ климатомъ, а также съ рѣками, питающимися въ верховьяхъ преимущественно изъ болотъ. На всѣхъ почти Уральскихъ заводахъ, говоритъ *Рожковъ*, мы видимъ, что рѣки весною и лѣтомъ многоводныя, съ наступленіемъ зимы начинаютъ мало-по-малу бѣднѣть водою; а въ концѣ зимы, къ февралю, а въ другихъ заводахъ и того ранѣе, нѣкоторыя изъ нихъ совершенно псыкаютъ. Причины обилія водою въ одномъ случаѣ и оскудѣнія въ другомъ, очень понятны: таяніе снѣговъ и почвы, а также дожди увеличиваютъ притокъ воды въ рѣкахъ въ чремерной степени ¹⁾; а промерзаніе рѣкъ и почвы, уничтожая всѣ источники, питающіе рѣки, неизбѣжно уменьшаютъ объемъ ихъ притока. Слѣдствіемъ этого бываетъ, что заводы очень продолжительное время, нѣкоторые 3 или 4 мѣсяца, а другіе даже полгода, не могутъ дѣйствовать. Чтобы отвратить это важное неудобство и дать заводамъ возможность дѣйствовать сколь возможно продолжительное время, прибѣгаютъ на Уралѣ къ помощи такого средства: возвышаютъ плотину и поднимаютъ горизонтъ воды выше опредѣленнаго предъ симъ предѣла, и тѣмъ самымъ образуютъ запасъ воды въ прудѣ на случай мелководія. Конечно это средство не всегда можетъ отвратить совершенно вышеуказанное неудобство, но не смотря на то, оно очень много можетъ принести пользы, давая заводу возможность дѣйствовать болѣе продолжительное время. По этой-то причинѣ на всѣхъ Уральскихъ заво-

¹⁾ Въ рѣкахъ горнаго происхожденія осеннія воды отъ проливныхъ дождей обыкновенно бываютъ болѣе весеннихъ. Такъ самое страшное и опустошительное наводненіе въ Сѣверной Италіи было въ сентябрѣ, а разливъ Рейна и его притоковъ въ ноябрѣ 1882 г. — Миссисипи и ея притоковъ въ февралѣ 1883 г.

дахъ плотины поднимають воду до 28 и даже до 35 футовъ и чрезъ это образуютъ пруды часто огромныхъ размѣровъ. Когда притокъ воды въ рѣкѣ начинаетъ уменьшаться, тогда продолжаютъ работу слоемъ воды скопленнымъ въ прудѣ и продолжаютъ эту работу до тѣхъ поръ, пока вода понизится въ прудѣ почти до мертваго порога. А чтобы работать долго запасомъ воды въ прудѣ, очевидно необходимо давать этимъ прудамъ обширныя площади и слѣдовательно поднимать воду за плотиною на большую высоту.

При учрежденіи горныхъ заводовъ на Уралѣ, какъ странѣ весьма богатой въ то время лѣсомъ, говорить г. *Рожковъ*, конечно, не было и слова о построеніи плотинъ каменныхъ и чертежъ германскихъ плотинъ послужилъ имъ образцомъ. Почти безъ малѣйшаго отступленія отъ нихъ построены были въ первыхъ годахъ прошедшаго столѣтія плотины на нѣкоторыхъ заводахъ нынѣшняго Екатеринбургскаго горнаго округа генераль-маіоромъ *Де-Генингомъ*. Но впоследствии размѣры плотинъ были увеличены противъ германскаго образца, вслѣдствіе климатическихъ условій. Всѣ плотины на Уралѣ створчатыя, съ водоспусками весенними и рабочими; только въ округѣ Алапаевскихъ заводовъ построены двѣ плотины на р. Нейвѣ по другому образцу, а именно: водосливными. Устройство ихъ состоитъ изъ бревенчататаго ряжа (бревенчатой рубки) о двухъ скатахъ во всю ширину рѣки; пустыя полости срубовъ наполнены глиною; верхній порогъ, или гребень, лежитъ на высотѣ 18 футовъ отъ нормальнаго горизонта рѣки. Типъ же створчатыхъ Уральскихъ плотинъ будетъ нами подробно описанъ въ третьей части настоящаго сочиненія.

Наконецъ плотины, какъ водоподпорныя сооруженія, занимають, говорить г. *Палибинъ*, важное мѣсто въ дѣлѣ устройства искусственныхъ водяныхъ путей и служатъ для питанія каналовъ и для улучшенія судоходства на мелководныхъ рѣкахъ. Плотины въ этомъ случаѣ имѣютъ назначеніе задерживать текуція воды, скопляютъ ихъ въ массу и послѣдовательно спускать ихъ, или для наполненія каналовъ, или для вышенія уровня рѣкъ, или, наконецъ, для прохода судовъ чрезъ пороги, образуемые запрудами и шлюзами. Собственно для питанія каналовъ, у насъ чаще употребляются плотины створчатыя; что же касается до плотинъ, устраиваемыхъ для улучшенія рѣчнаго судоходства и особенно для канализаціи, или шлюзованія рѣкъ, то для этого употребляются плотины водосливныя, а въ послѣднее время преимущественно разборчатыя. Примѣненіе этихъ послѣднихъ плотинъ къ шлюзованію рѣкъ, въ особенности развито въ Бельгіи и Франціи, которыя обладаютъ наилучшею сѣтью естественныхъ и искусственныхъ водяныхъ сообщеній въ западной Европѣ ¹⁾.

1) Журналъ Главн. Управл. Путей Сообщ. и публ. зданій 1850 г., т. XII, ст. Рѣчныя подпорныя плотины, г. Палибина.

ОТДѢЛЪ ВТОРОЙ.

СВОЙСТВА И ЗАКОНЫ ДѢЙСТВІЯ ВОДЫ ПО ОТНОШЕНІЮ КЪ УСТРОЙСТВУ ПЛОТИНЪ.

ГЛАВА Ш.

ФИЗИЧЕСКІЯ СВОЙСТВА И ЗАКОНЫ ДАВЛЕНІЯ ВОДЫ.

9. Физическія свойства воды, которыя необходимо имѣть въ виду при устройствѣ плотинъ.— Всякая плотина предназначается для удержанія воды на извѣстной высотѣ и должна оказывать прочное сопротивленіе давленію воды и ея просачиванію; гидравлическіе приѣмы пользуются жидкимъ свойствомъ воды и непрерывностью ея теченія, чтобы передавать ея вѣсъ, или давленіе, исполнительнымъ механизмамъ, А потому намъ необходимо ознакомиться по крайней мѣрѣ съ тѣми свойствами воды, которыя имѣютъ непосредственное вліяніе на устройство плотинъ и дѣйствіе гидравлическихъ приѣмниковъ.

Вода представляется намъ въ трехъ видахъ, или состояніяхъ: въ жидкомъ, или собственно въ видѣ воды; въ твердомъ, въ видѣ льда, града и снѣга, и въ газообразномъ, когда она является въ видѣ пара, видимаго или невидимаго. Мы знаемъ, что эти три состоянія, въ которыхъ является та же вода, зависятъ отъ температуры. При сильномъ охлажденіи жидкая вода обращается въ ледъ, т.-е. замерзаетъ; при нагрѣваніи она обращается въ паръ, который съ открытой поверхности воды поднимается въ верхъ и смѣшивается съ воздухомъ. Паръ при охлажденіи сгущается и, въ зависимости отъ степени охлаждения, обращается въ воду или снѣгъ и упадетъ изъ воздуха въ видѣ дождя или снѣга; ледъ при согрѣваніи обращается въ воду. Уже потому что ледъ плаваетъ на поверхности воды, мы должны заключить, что онъ легче воды; равнымъ образомъ, потому что водяной паръ поднимается въ воздухъ въ верхъ, мы должны заключить, что онъ легче окружающаго насъ воздуха.

Подъ теплотою разумѣютъ особый родъ движенія *молекулъ*, или мельчайшихъ частицъ матеріи, изъ которыхъ состоитъ всякое физическое тѣло. Молекулярная теорія допускаетъ, что всѣ тѣла состоятъ изъ

совокупности чрезвычайно малыхъ частицъ матеріи (молекулы), одаренныхъ взаимнымъ притяженіемъ, вслѣдствіе котораго эти частицы должны бы плотно прилегать одна къ другой, если бы этому сближенію не препятствовала другая сила, отталкивающая ихъ другъ отъ друга. Сила эта есть теплота, т.-е. поступательное и вмѣстѣ вращательное движеніе самыхъ молекулъ, сообщаемое имъ нагрѣваніемъ тѣла ¹⁾. При увеличеніи температуры, т.-е. скорости внутренняго движенія частицъ тѣла, онѣ удаляются другъ отъ друга и тѣло расширяется. При дальнѣйшемъ нагрѣваніи тѣла, находящагося въ твердомъ состояніи, частицы его, вслѣдствіе ускоренія вращательнаго ихъ движенія, удаляясь болѣе и болѣе одна отъ другой, наконецъ будутъ на такомъ разстояніи, что взаимное ихъ притяженіе, дѣйствующее лишь на чрезвычайно малыхъ разстояніяхъ, сдѣлается нечувствительнымъ и тогда частицы освобождаемыя отъ взаимнаго притяженія начнутъ свободно и легко перемѣщаться — иными словами, тѣло перейдетъ въ жидкое состояніе. Если станемъ нагрѣвать жидкость, то разстояніе между частицами еще болѣе увеличится, вслѣдствіе увеличенія скорости ихъ движенія; всякая связь отъ взаимнаго притяженія частицъ между собою уничтожается и тѣло переходитъ въ паръ, или газообразное состояніе. Обратно, если станемъ охлаждать газъ, т.-е. уменьшать скорость движенія частицъ, то онѣ сближаются болѣе и болѣе и входятъ въ предѣлы взаимнаго притяженія; тогда газъ обращается въ капельно-жидкое состояніе; при дальнѣйшемъ охлажденіи жидкости, частицы теряютъ еще скорость движенія, сближаются, взаимное притяженіе начинаетъ дѣйствовать сильнѣе и тѣло удерживаетъ твердую форму, или переходитъ въ твердое состояніе. Насильственное сближеніе частицъ между собою, чрезъ производимое на нихъ давленіе, также заставляетъ нѣкоторые газы переходить въ жидкое и твердое состоянія. Соединеніемъ же охлажденія съ давленіемъ, удалось достигнуть этого перехода для всѣхъ газовъ. Такъ, въ концѣ 1877 и въ началѣ 1878 года, *Кальете* въ Парижѣ и *Шикте* въ Женевѣ, удалось наконецъ превратить этими соединенными средствами газы — кислородъ, водородъ и азотъ, которые одни до того времени сопротивлялись этому переходу, въ жидкое и твердое состоянія ²⁾. Различныя тѣла требуютъ различной температуры и различной величины давленія для перехода изъ газообразнаго состоянія въ жидкое и изъ жидкаго въ твердое и обратно. Такъ, въ приборѣ *Шикте*, кислородъ переходилъ въ жидкое состояніе при тем-

1) См. Приложение VI.

2) Такъ какъ теплота есть ничто иное какъ движеніе частицъ тѣлъ, то абсолютный холодъ есть слѣдовательно ихъ покой. Въ охлаждающемся тѣлѣ скорость движенія частицъ все болѣе и болѣе уменьшается, а потому наконецъ долженъ настать моментъ, когда эта скорость обращается въ ноль и движеніе частицъ прекращается. Предѣлъ этого охлажденія называется абсолютнымъ нулемъ температуры и теорія указываетъ, что эта температура должна быть — 273° по Цельсіеву термометру. До сихъ поръ еще не нашли возможности понизить температуру до этого предѣла и потому неизвѣстно какое состояніе и какія свойства имѣютъ тѣла при подобной температурѣ.

пературѣ — 140° Ц. и при 560 атмосферѣ давленія; а водородъ при -140° Ц. и при 650 атмосферѣ давленія. Вода же переходитъ изъ жидкаго состоянія въ парообразное при одной атмосферѣ давленія и при 100° Ц.; и обратно, переходитъ потомъ въ жидкое состояніе при томъ же давленіи, но съ уменьшеніемъ температуры противъ 100° . Изъ жидкаго же состоянія въ твердое вода переходитъ при томъ же давленіи и при 0° Цельсія. Иными словами, вода сохраняетъ жидкое состояніе въ предѣлахъ температуры отъ 0° до 100° Цельсія; при температурахъ же ниже 0° она находится въ твердомъ состояніи, а выше 100° въ парообразномъ, при давленіи въ одну атмосферу. Съ измѣненіемъ температуры, всѣ тѣла измѣняютъ свой объемъ; при нагрѣваніи онѣ расширяются и увеличиваютъ свой объемъ, а при охлажденіи сжимаются и уменьшаются въ объемѣ. Мы уже знаемъ теперь, что увеличеніе температуры — это есть увеличеніе скорости движенія частицъ и вслѣдствіе того удаленіе ихъ другъ отъ друга, почему и происходитъ увеличеніе объема тѣла; при охлажденіи частицы сближаются, вслѣдствіе уменьшенія ихъ скорости движенія и тѣло уменьшается въ объемѣ. Самое измѣреніе температуры основано на этомъ явленіи. Замѣчено, что въ предѣлахъ той температуры которой достигаетъ атмосферный воздухъ близъ земли, ртуть имѣетъ свойство правильно увеличивать или уменьшать свой объемъ съ увеличеніемъ или уменьшеніемъ температуры; замѣчено также, что ледъ во все время таянія и вода во все время кипѣнія въ открытомъ сосудѣ, сохраняютъ одну и ту же температуру. Въ термометрѣ *Реомюра* первая температура обозначается на трубкѣ нулемъ въ томъ мѣстѣ, до котораго поднимается въ трубкѣ ртуть, а вторая температура обозначается цифрою 80° , потому что въ этомъ термометрѣ вся длина расширившейся ртути по длинѣ столбика между 0° и 80° раздѣляется на трубкѣ на 80 частей, или 80 градусо-въ *Реомюра*; въ термометрѣ же *Цельсія* погруженнаго въ тающій ледъ, высота ртутнаго столба также обозначается нулемъ, а высота ртутнаго столба термометра, погруженнаго въ кипящую воду, обозначается цифрою 100° и вся высота столба между этими двумя точками дѣлится на 100 частей, или на 100° *Цельсія*.

Такимъ образомъ 80 градусо-въ *Реомюра* равны 100 градусамъ *Цельсія* или 1° Р. = $\frac{5}{4}$ градуса Ц. и 1° Ц. = $\frac{4}{5}$ гр. Р. Но такъ какъ ртуть кипитъ. или обращается въ паръ, при $+280^{\circ}$ Р. и замерзаетъ, или обращается въ твердое тѣло, при -32° Р., то выше и ниже этихъ предѣловъ ртутный термометръ употреблять невозможно; притомъ расширеніе ртути, происходитъ правильно, т.-е. пропорціонально дѣйствию теплоты, только между -29° и $+80^{\circ}$ Р. ¹⁾.

¹⁾ Въ термометрѣ *Фаренгейта* верхняя постоянная точка соотвѣтствуетъ, какъ и въ предыдущихъ, температурѣ кипѣнія воды, нулевая же получается при погруженіи термометра въ охлаждающую смѣсь изъ равныхъ, по вѣсу, частей нашатыря и снѣга. Пространство между этими точками раздѣлено на 212 градусо-въ. Если опуститъ этотъ термометръ въ тающій ледъ, то онъ покажетъ 32 градуса. Слѣдов. 100° Ц. равны $212-32$ или 180° *Фаренгейта*, или 1° Ц. = $\frac{9}{5}$ гр. Ф., и 1° Ф. = $\frac{5}{9}$ гр. Ц.

И такъ всё тѣла, при уменьшеніи температуры сжимаются, уменьшаются въ объемѣ и слѣдовательно увеличиваются въ плотности; но въ водѣ, это уменьшеніе въ объемѣ при охлажденіи, происходитъ только до 3,2° Р. или до 4° Ц.; при дальнѣйшемъ же охлажденіи отъ этой температуры до 0°, вода опять начинаетъ расширяться и плотность ея уменьшается, (подобное свойство открыто также въ чугунѣ, висмутѣ и сурьмѣ). Такъ что наибольшая плотность воды бываетъ при температурѣ въ 3,2° Р., или 4° Ц. А потому при переходѣ въ твердое состояніе, или при обращеніи въ ледъ, при 0°, вода уже имѣетъ бѣльшій объемъ и меньшую плотность, чѣмъ при 3,2° Р. или 4° Ц., поэтому ледъ въ томъ же объемѣ вѣситъ менѣе чѣмъ вода, или онъ легче воды и потому плаваетъ въ ней. Опытами найдено, что объемъ льда при 0° Р. составляетъ 1,075 объема воды при 3,2° Р. принимаемаго за единицу; а плотность льда составляетъ 0,93 плотности воды при температурѣ 3,2° Р., если эту наибольшую плотность воды принять за единицу. Или, кубическій футъ льда вѣситъ 1,61 пудовъ, а кубическій футъ воды при температурѣ, 3,2° Р. (4° Ц.), или при наибольшей ея плотности, вѣситъ 1,73 (1,7295) пуда.—Такъ что вода переходя отъ состоянія наибольшей плотности къ замерзанію, увеличивается въ объемѣ на $\frac{1}{13,3}$ часть противъ первоначальнаго объема; при непосредственномъ же, быстромъ переходѣ изъ жидкаго въ твердое состояніе, ея объемъ увеличивается на $\frac{1}{20}$ часть.—*Депреизъ* нашелъ слѣдующія цифры для плотности воды въ предѣлахъ температуры отъ 0° до 30° Ц. (24° Р.) принимая плотность ея при 4° Ц. (3,2° Р.) за единицу.

Температура въ градусахъ		ПЛОТНОСТИ ВОДЫ	Температура въ градусахъ		ПЛОТНОСТИ ВОДЫ	Температура въ градусахъ		ПЛОТНОСТИ ВОДЫ
Ц.	Р.		Ц.	Р.		Ц.	Р.	
0	0	0,999873	11	8,8	0,999640	22	17,6	0,997784
1	0,8	0,999927	12	9,6	0,999527	23	18,4	0,997566
2	1,6	0,999966	13	10,4	0,999414	24	19,2	0,997297
3	2,4	0,999999	14	11,2	0,999285	25	20	0,997078
4	3,2	1,000000	15	12	0,999125	26	20,8	0,996800
5	4	0,999999	16	12,8	0,998978	27	21,6	0,996562
6	4,8	0,999969	17	13,6	0,998794	28	22,4	0,996274
7	5,6	0,999929	18	14,4	0,998612	29	23,2	0,995986
8	6,4	0,999878	19	15,2	0,998422	30	24	0,995688
9	7,2	0,999812	20	16	0,998213	50	40	0,998093
10	8	0,999731	21	16,8	0,998004	100	80	0,958634

Температура, при которой вода замерзаетъ, понижается: 1) отъ присутствія въ ней растворимыхъ веществъ; 2) отсутствія въ ней воздуха; 3) отъ совершенной неподвижности частицъ воды; 4) отъ сильнаго движенія этихъ частицъ, и 5) отъ сильнаго давленія. Такъ морская вода замерзаетъ только при -2° Р. Вода, лишенная воздуха и оставленная совершенно неподвижно, сохраняетъ жидкое состояніе даже до -10° Р. Быстрое теченіе воды также препятствуетъ ея замерзанію; море согрѣвается волненіемъ, производимымъ бурей, потому что механическое дѣйствіе ударовъ вѣтра, поднимающихъ волны, превращается въ теплоту; въ плесахъ рѣки замерзаютъ скорѣе чѣмъ на перекатахъ и быстринахъ; вода въ приводныхъ руслахъ или каналахъ скорѣе и болѣе замерзаетъ чѣмъ въ отводныхъ. *Тиндалъ* говоритъ, что если бы погрузили въ воду чувствительные термометры у вершины и у основанія Ниагарскаго водопада, то нашли бы воду внизу теплѣе нежели на верху. *Депреизъ* успѣлъ охладить воду, быстро пропускаемую въ чрезвычайно тонкихъ, *капиллярныхъ* трубкахъ до -16° Р. безъ измѣненія ея жидкаго состоянія ¹⁾. Наконецъ найдено, что сильнымъ давленіемъ можно не только замедлить замерзаніе, но даже воспрепятствовать ему совершенно.

Точка кипѣнія воды повышается отъ присутствія въ ней растворимыхъ веществъ; такъ, дистиллированная (совершенно чистая) вода, закипающая при 80° Р., будучи насыщена поваренною солью, закипаетъ при 87° ; насыщенная поташемъ—при 108° . Температура кипѣнія повышается вмѣстѣ съ давленіемъ; подъ давленіемъ двухъ атмосферъ вода кипитъ только при $96\frac{1}{2}^{\circ}$ Р., а на Монбланѣ, она кипитъ уже при $67\frac{1}{2}^{\circ}$ Р. Вода обращается въ пары, не только при кипѣніи, т.-е. при температурѣ въ 80° Р. (или 100° Ц.) и при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, но пары воды поднимаются въ невидимой формѣ съ каждой части суши и воды при всѣхъ температурахъ, даже съ поверхности снѣга и льда. *Дарвинъ* говоритъ, что снѣгъ однажды совершенно исчезъ съ горы Невадо Аюнкагуа, въ Хили, имѣющей высоту 23.910 футовъ, вслѣдствіе испаренія подъ безоблачнымъ небомъ и чрезвычайной сухости воздуха. Каждый изъ насъ конечно испытывалъ впечатлѣніе рѣзкой сухости воздуха при незначительномъ морозѣ, когда земля не покрыта снѣгомъ, и мягкости его, при томъ же морозѣ, но при снѣгѣ, именно вслѣдствіе того, что испареніе происходитъ и съ поверхности снѣга. Скорость и величина испаренія увеличиваются: съ возвышеніемъ температуры, съ увеличеніемъ сухости атмосферы, а потому съ удаленіемъ образовавшихся уже паровъ надъ испаряемою поверхностью и слѣдовательно съ силою и сухостью вѣтра, наконецъ съ величиной испаряющей поверхности. Количество паровъ въ воздухѣ измѣняется съ направленіемъ вѣтра; для средней Россіи оно наибольшее при юго-западномъ вѣтрѣ и наименьшее при сѣверѣ-восточномъ.

¹⁾ Этотъ опытъ въ нѣкоторой степени объясняетъ, почему растенія, имѣющія очень тонкія сосудистыя волокна, по которымъ быстро проходятъ питающіе соки, могутъ сопротивляться въ извѣстныхъ предѣлахъ морозу.

Съ каждаго квадратнаго фута поверхности воды испаряется въ часъ времени при спокойномъ сухомъ воздухѣ, кубическихъ дюймовъ: при температурѣ воды въ градусахъ Цельсія: 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°. кубическихъ дюймовъ " " " 0,0595, 0,106, 0,186, 0,316, 0,5, 0,8, 1,24, 1,86.

Вычислено, что съ поверхности земнаго шара ежегодно поднимается 186.240 кубическихъ миль воды въ формѣ пара и ровно столько же выпадаетъ воды ежегодно въ видѣ дождя, снѣга и града. Мы уже замѣтили выше, что пары воды легче окружающаго насъ воздуха; но такъ какъ плотность воздуха уменьшается съ высотой надъ поверхностью земли, то есть предѣль, выше котораго пары воды не могутъ подниматься въ воздухѣ. Воздухоплаватели, поднимавшіеся на аэростатахъ въ Кью, нашли, что область видимыхъ облаковъ, которые состоятъ изъ поднявшихся водяныхъ паровъ, лежитъ на высотѣ отъ 2,000 до 6,500 футовъ надъ поверхностью земли и что толщина облачнаго пояса измѣняется отъ 2,000 до 3,000 футовъ. Подъ экваторомъ облачная область гораздо выше.

Если воду, налитую въ толстостѣнный металлическій цилиндръ, въ которомъ сверхъ воды будетъ находиться поршень, подвергнуть давленію посредствомъ этого поршня чрезъ наложеніе на него груза, то при сильныхъ давленіяхъ вода сжимается и плотность ея увеличивается, но чрезвычайно мало. При температурѣ 0° и при давленіи одной атмосферы¹⁾, объемъ дистиллированной воды, не лишенной воздуха, уменьшается только на $\frac{49}{1,000,000}$; дистиллированной же воды, лишенной воздуха, только на $\frac{51}{1,000,000}$ часть противъ первоначальнаго объема, или среднимъ числомъ сжимается на $\frac{5}{100,000}$. Причемъ опытъ показываетъ, что сжимаемость воды въ извѣстныхъ предѣлахъ пропорціональна давленію. Такъ какъ по прекращеніи давленія вода принимаетъ совершенно точно свой первоначальный объемъ, то заключаютъ, что вода обладаетъ совершенной упругостью.

Вода имѣетъ незначительную *теплопрозрачность*, т.-е. она не легко пропускаетъ сквозь себя теплые солнечные лучи; теплота солнечныхъ лучей можетъ проходить только сквозь тонкій слой воды, но не проникаетъ на значительную глубину. Но вода гораздо лучше пропускаетъ сквозь себя свѣтовые лучи, хотя въ этомъ отношеніи качества воды и чистота ея имѣютъ большое вліяніе на легкость прониканія свѣтовыхъ лучей. Такъ, напримѣръ, морская вода океана прозрачнѣе самой чистѣйшей ключевой воды; въ нѣкоторыхъ частяхъ арктическаго океана раковины ясно видны на глубинѣ 480 футовъ, или около 70 сажень; между Вестъ-Индскими островами, при глубинѣ въ 70 сажень, дно моря видно такъ ясно, какъ бы сквозь воздухъ. Нѣкоторыя большія озера также обладаютъ весьма прозрачною водою; г. *Штукенбергъ* говоритъ, что вода въ Байкалѣ до того чиста и прозрачна, что на глубинѣ до 7 сажень дно видно совершенно ясно, а на 5 саженьяхъ

¹⁾ При среднемъ стояніи барометра на высотѣ 30 дюймовъ, давленіе атмосферы составляетъ 16,32 фунта на каждый квадратный дюймъ поверхности. Эта величина давленія и составляетъ одну атмосферу.

можно отличить малѣйшій камешекъ. То же самое говоритъ г. *Андреевъ* о прозрачности воды Ладожскаго озера. Но прудовыя прѣсныя воды далеко не имѣютъ этой прозрачности, частію вслѣдствіе мути, или тонкихъ землястыхъ частицъ, находящихся въ взвѣшенномъ состояніи, частію же вслѣдствіе окрашиванія воды разлагающимися болотными растеніями. Въ большей части нанихъ прудовъ, даже большіе предметы рѣдко бывають видны на глубинѣ 5-ти и даже 3-хъ футовъ.

Мы уже выше замѣтили, что водяные пары легче окружающаго насъ воздуха и потому они поднимаются въ воздухѣ. *Плотностью пара* называется отношеніе вѣса извѣстнаго объема пара къ вѣсу такого же объема воздуха при той же температурѣ и при томъ же давленіи. Плотность водянаго пара при 80° Р. и при давленіи 30 дюймовъ (т.-е. при высотѣ стоянія барометра въ 30 дюймовъ) составляетъ 0,6235, если вѣсъ воздуха, при тѣхъ же температурѣ и давленіи принять за единицу; иными словами, если вѣсъ кубическаго фута воздуха вѣсить 1, то кубическій футъ пара (при той же температурѣ и давленіи) вѣсить 0,6235. Водяной паръ при 80° Р. и давленіи въ 30 дюймовъ занимаетъ объемъ почти въ 1,700 (1694,4) разъ болѣе объема воды, изъ которой онъ образовался.

Вѣсъ воды обыкновенно принимаютъ за единицу при опредѣленіи вѣса другихъ тѣлъ при томъ же объемѣ; этимъ сравненіемъ и опредѣляется относительная плотность и удѣльный вѣсъ другихъ тѣлъ. При чемъ вѣсъ воды берется при ея наибольшей плотности, или при 3,2° Р. (4° Ц.). Такимъ образомъ:

	Плотность.	Вѣсъ 1 куб. фут. въ пудахъ.
Воды перегнанной и дождевой	1,0000	1,729
„ морской	1,0263	1,772
Льда при 3,2° Р. (4° Ц.)	0,9300	1,607
Ртуті	13,598	23,506
Желѣза	7,788	13,462

Вода служитъ для опредѣленія вѣса русскаго фунта и мѣры жидкихъ тѣлъ. Такъ, одинъ русскій фунтъ равенъ вѣсу 25,019 куб. дюймовъ перегнанной воды въ безвоздушномъ пространствѣ при температурѣ 12¹/₂° Р. Ведро вмѣщаетъ 750,57 куб. дюйм. воды и вѣсить 30 фунтовъ.

Вода тяжелѣе атмосфернаго воздуха въ 770 разъ. Атмосферное давленіе опредѣляется высотой уравнивающаго его столба ртути въ барометрѣ, или высотой столба воды, поднимающейся въ насосѣ въ безвоздушномъ пространствѣ. При чемъ нормальная высота ртутнаго столба въ барометрѣ принимается равною 30 дюймамъ, или точнѣе 29,92 дюйм.; а водянаго столба въ 33,86 футовъ. Это давленіе на одинъ квадратный дюймъ составляетъ 16,28 фунтовъ, а на одинъ квадратный футъ 58,6 пуда.

Въ водѣ, когда она находится въ жидкомъ состояніи, частицы ея не имѣютъ между собою никакой связи и свободно скользятъ одна по другой; и потому въ этомъ состояніи вода, сама по себѣ, не удерживаетъ никакой особенной формы, но принимаетъ форму сосудовъ, или

бассейновъ, въ которые заключена. Но степень жидкости, или подвижности частицъ, не у всѣхъ веществъ въ жидкомъ состояніи одинакова; такъ, частицы ртути менѣе подвижны, а частицы спирта болѣе подвижны чѣмъ частицы воды. Опытомъ мы убѣждаемся, что эти частицы должны быть чрезвычайно малы: вода проникаетъ въ самыя мельчайшія скважины или поры дерева; поднимается и проходитъ по самымъ мельчайшимъ трубочкамъ растеній и органовъ микроскопическихъ животныхъ; сильнымъ давленіемъ вода можетъ быть процѣжена сквозь значительной толщины пластинку кованаго золота и другихъ самыхъ плотныхъ металловъ; водяной паръ также указываетъ намъ на чрезвычайно малый размѣръ частицъ воды. Эта подвижность частицъ воды и ихъ чрезвычайно малая величина придаютъ имъ свойство большой проницаемости сквозь различныя вещества, въ особенности при большихъ давленіяхъ. Такъ, капитанъ *Скорезби* говоритъ, что дерево бота, внезапно увлеченнаго китомъ на большую глубину, до того пропиталось водою, проникшею въ его поры, вслѣдствіе огромнаго давленія воды на этой глубинѣ моря, что тонуло въ водѣ какъ камень, спустя цѣлый годъ послѣ того, какъ было вытащено со дна ¹⁾. Эта способность воды проникать легко сквозь другія вещества и составляетъ одно изъ самыхъ большихъ затрудненій для прочнаго сооруженія плотинъ. Но съ другой стороны, дерево хорошо пропитанное, въ особенности соленою водою, хорошо сопротивляется гніенію, и всѣ деревянные части сооруженія плотинъ, находящіяся постоянно и совершенно подъ водою, хорошо и долго сохраняются. Но особенно скоро гниваютъ тѣ части, которыя подвергаются попеременно то смачиванію водою, то просыханію. Это же свойство легкаго проникновенія въ другія вещества и въ самыя мельчайшія скважины и щели, въ соединеніи съ свойствомъ воды увеличивать на $\frac{1}{20}$ часть свой объемъ при замерзаніи, составляетъ другое величайшее затрудненіе въ достиженіи прочности гидротехническихъ сооруженій, въ особенности въ холодныхъ климатахъ.

Приближаясь къ точкѣ замерзанія, увеличеніе объема воды продолжается медленно и постепенно, между тѣмъ какъ во время самаго процесса замерзанія это увеличеніе совершается быстро и обнаруживаетъ такую силу расширенія, которая въ состояніи разрывать самыя крѣпкіе сосуды. „Уже издавна, говоритъ *Тиндаль*, Флорентинскіе академики пользовались этой силой расширенія воды при замерзаніи для разрыва мѣдныхъ шаровъ, толщина стѣнокъ которыхъ равнялась почти $\frac{3}{4}$ дюйма. При помощи этой же силы знаменитый астрономъ *Гюйгенсъ* разрывалъ, въ 1667 году, желѣзныя пушки со стѣнками толщиною въ одинъ палець. Маіоръ *Вилліамсъ*, въ суровую Квебекскую зиму, наполнилъ водою мортіру и заклепалъ ее, забивши въ то же время жерло деревяннымъ клиномъ. При температурѣ — 27° Ц. металлъ противустоялъ расширенію, но клинъ подался и былъ выброшенъ на разстояніе 400 футовъ. Я самъ, говоритъ *Тиндаль*, разрывалъ бомбы, напол-

¹⁾ Физическая географія. Сомервилль. Москва. 1868 г. стр. 272.

ненныя водою и плотно завинченныя втулкою, погружая ихъ на $\frac{1}{2}$ часа въ охладительную смѣсь“.

Вода, попавшая въ трещины скалъ и камней, при замерзаніи разрываетъ камни и медленно разрушаетъ скалы; разрыхленіе земли, вслѣдствіе замораживанія, или промерзанія, происходитъ отъ той же причины; вода, заключающаяся между частицами земли, раздвигаетъ ихъ во время замерзанія и способствуетъ разрыхленію земли. Столбы, врытые въ землю выжимаются вверхъ, вслѣдствіе ея промерзанія; фундаменты строеній, если они заложены не глубже промерзающаго слоя, приподнимаются при замерзаніи земли и опускаются при оттаиваніи; если это подниманіе и опусканіе происходитъ неравномѣрно, что чаще и бываетъ, то это ведетъ къ образованію трещинъ въ каменныхъ строеніяхъ и нарушаетъ правильность въ положеніи деревянныхъ стѣнъ. Вода, попавшая въ тѣло плотины, при замерзаніи нарушаетъ плотность земляной насыпи и вслѣдствіи, при оттаиваніи, способствуетъ дальнѣйшему просачиванію; попавшая же въ соединенія деревянныхъ частей или въ швы каменной кладки водоспусковъ, при замерзаніи раздвигаетъ ихъ. А потому главная опасность для плотинъ и водоспусковъ чаще наступаетъ не тогда, когда идетъ большая весенняя вода, но земля еще не оттаяла, но именно во время оттаиванія земли, когда пространства, занятая зимою льдомъ, образуютъ скважины и пустоты, допускающія просачиваніе воды.

По замѣчанію г. *Рожкова* плотины на Уральскихъ заводахъ строятся съ большимъ запасомъ противъ теоретическихъ выводовъ относительно ихъ устойчивости. Такъ, на примѣръ, если h изображаетъ высоту подъема воды за плотиною, а b ширину плотины въ верхнемъ основаніи, то обыкновенно руководствуются формулою $b=0,70 \cdot h$; *Понселе* допускаетъ даже $b=0,64 \cdot h$, а *Белидоръ* $b=h$. При построеніи же новыхъ плотинъ на Уралѣ тамошніе строители руководствуются формулою $b=1,5 \cdot h$ и полагаютъ, на основаніи опыта, что необходимо слѣдовать этому правилу. Они приписываютъ очень большое значеніе промерзанію тѣла плотины во время зимы.

Опытъ показываетъ, что смотря по времени когда выпадаетъ снѣгъ и достаточно ли толстымъ слоемъ онъ покрываетъ землю, она промерзаетъ на глубину отъ 7 до $10\frac{1}{2}$ футовъ. Всѣ части плотины и водоспуска, покрытыя зимою водою, конечно не промерзаютъ, но въ нихъ всегда есть части не покрытыя водою, которыя подвергаются глубокому промерзанію. Если же, какъ часто зимою случается на Уралѣ, вода въ прудѣ значительно понижается, то открываются и подвергаются промерзанію и такія части, которыя должны бы были всегда находиться подъ водою.

„Намъ случилось видѣть, говоритъ г. *Рожковъ*, вновь построенную плотину съ однимъ неширокимъ прорѣзомъ (водоспускомъ). Зимою вода въ прудѣ упала до того, что обнажила мертвый порогъ, который залегалъ очень глубоко (на одинъ аршинъ только выше обыкновеннаго горизонта рѣки). Ширина плотины была въ 6 саженой. Первая зима

уже обнаружила свое вредное дѣйствіе: обѣ верхнія свинки (рубленныя плечи става со стороны пруда) вмѣстѣ съ боковыми стойками, наклонились въ бокъ. Во вторую зиму промерзлая почва подняла понурный мостъ, потому что верхняя часть его (упирающаяся въ мертвый порогъ) не была покрыта водою и еще болѣе наклонила свинки. Вѣроятно что и сваи, на которыхъ выведены были свинки, отчасти были подняты. Вѣкъ такой плотины очень коротокъ: въ два года ее совершенно промыло всю, начиная отъ самаго основанія“.

Свойство воды расширяться при температурѣ ниже $3,2^{\circ}$ Р (4° Ц.), дѣлаетъ ледъ легче воды и разъ образовавшись на ея поверхности ледъ предохраняетъ ниже его лежащую воду отъ замерзанія. „Я былъ еще очень молодъ, говоритъ *Тиндаль*, когда познакомился съ этимъ свойствомъ воды, по которому сжатіе ея отъ охлажденія прекращается при $3,2^{\circ}$ Р. (4° Ц.) и вспоминаю то впечатлѣніе, какое произвело на меня все это. Мнѣ предложили вопросъ: что произошло бы, если бы это единственное исключеніе изъ общаго правила перестало существовать (тогда еще не было извѣстно подобное же свойство желѣза или чугуна, висмута и сурьмы). Задано мнѣ было разрѣшить также, что случилось бы съ озеромъ, богатымъ рыбой и подверженнымъ дѣйствию холоднаго воздуха. Мнѣ выяснили, что вода послѣ перваго охлажденія станетъ плотнѣе и болѣе тяжелой, вслѣдствіе чего она должна опуститься на дно и уступить свое мѣсто болѣе теплымъ и легкимъ массамъ воды поднимающимся со дна. Далѣе мнѣ указали на то, что если бы не существовалъ вышеупомянутый законъ, то этотъ круговоротъ воды продолжился бы до тѣхъ поръ, пока вся масса воды не охладилась бы до точки замерзанія. Затѣмъ наступило бы замерзаніе, которое продолжалось бы до той минуты, пока оставалась бы хотя одна капля воды въ жидкомъ состояніи. Отсюда прямымъ слѣдствіемъ было бы вымирание всякаго живаго существа, какое бы только ни находилось въ озерѣ. Сверхъ того произошли бы и всякія другія неудобства, которыя всѣ, такъ сказать, устраняются этимъ исключительнымъ закономъ, или свойствомъ воды, благодаря которому, по истеченіи извѣстнаго времени, холодная вода, дѣлаясь болѣе легкой, всплываетъ на поверхность озера, замерзаетъ и образуетъ предохранительный покровъ для всего живущаго въ глубинѣ“¹⁾.

Но ледъ, какъ кажется, не всегда образуется только на поверхности воды; такъ г. *Штукенбергъ* замѣчаетъ, что въ Сибири есть для рѣкъ исключеніе изъ этого правила: именно нижняя Ангара, вытекающая изъ озера Байкала, при ея быстромъ теченіи и низкой температурѣ, даже лѣтомъ не болѣе $+ 8^{\circ}$ Р., покрывается льдомъ такъ, что онъ сперва образуется на днѣ рѣчки, всплываетъ уже готовый наверхъ и потомъ, при достаточномъ скопленіи такимъ образомъ вынырнувшихъ

¹⁾ Тиндаль. Вода въ видѣ облаговъ и рѣкъ, льда и глетчеровъ. Кіевъ. 1874 г., стр. 119 и 120.

льдины, онѣ смерзаются вмѣстѣ и покрываютъ рѣку общимъ шероховатымъ ледянымъ покровомъ ¹⁾).

Вслѣдствіе того что ледъ легче воды и плаваетъ на водѣ, могутъ происходить явленія вліяющія на прочность гидротехническихъ сооружений. Мы уже замѣтили выше, что во время весенняго ледохода, льдины, падающія въ водоспускъ, могутъ сильно вредить и иногда проламываютъ сливные полы. Если въ зимнее время горизонтъ воды измѣняется въ прудѣ, то ледъ, покрывающій воду, поднимается и опускается вмѣстѣ съ нею; и такъ какъ ледъ примерзаетъ плотно къ частямъ сооруженія, то при движеніи вверхъ и внизъ онъ можетъ значительно повредить эти сооруженія; такъ, напримѣръ, ледъ, примерзшій къ сваямъ, при подниманіи своемъ, иногда вытаскиваетъ туго и глубоко забитыя сваи. И потому-то зимою является необходимость обрубить ледъ около свай и другихъ деревянныхъ и каменныхъ частей водоспусковъ.

Мы уже видѣли, что съ пониженіемъ температуры плотность воды увеличивается, или въ томъ же объемѣ вѣсъ ея дѣлается болѣе. Это измѣненіе вѣса воды въ данномъ объемѣ, въ зависимости отъ температуры, очевидно должно оказывать нѣкоторое вліяніе на механическую работу воды. Въ первый разъ наблюденіе въ этомъ отношеніи было сдѣлано *Бюффономъ*, которое мы приведемъ его словами: „При устройствѣ желѣзныхъ заводовъ, въ которыхъ различная скорость воды можетъ быть опредѣляема съ достаточной точностью, я сдѣлалъ совершенно новое наблюденіе, говоритъ *Бюффонъ*. Девять гидравлическихъ колесъ приводятъ въ движеніе различные механизмы завода; однѣ изъ нихъ получаютъ движеніе подъ напоромъ воды въ два и три фута, а другія подъ напоромъ въ пять и шесть футовъ. Я былъ довольно удивленъ сначала, замѣтивъ, что всѣ эти колеса ночью вращались скорѣе, чѣмъ днемъ, и что эта разниця была тѣмъ больше, чѣмъ напоръ былъ выше и ходъ воды изъ-подъ щита на колеса толще. Напримѣръ, если вода имѣла шесть футовъ напора. или скорость воды, падающей на колесо, происходила отъ напора воды въ шесть футовъ, и если отверстіе подъ щитомъ для прохода воды было въ два фута высотой, колесо ночью вращалось на $\frac{1}{10}$, а иногда на $\frac{1}{9}$ скорѣе, чѣмъ днемъ; при меньшей высотѣ напора воды, разниця между скоростями вращенія колеса ночью и днемъ была менѣе, но все-таки достаточно чувствительна, чтобы быть замѣченною. Я убѣдился въ этомъ фактѣ, дѣлая бѣлые знаки на колесахъ и считая съ секундными часами число ихъ оборотовъ въ данное время, какъ ночью, такъ и днемъ; и я постоянно находилъ, при большомъ числѣ наблюдений, что время наибольшей скорости вращенія колесъ былъ самый холодный часъ ночи, и напротивъ, наименьшей скорости — моментъ самаго сильнаго жара днемъ. Затѣмъ я такимъ же образомъ убѣдился, что скорость вращенія всѣхъ колесъ вообще, больше

¹⁾ Устройство водопроводовъ, состав. инженеръ Штукенбергъ. С.-Петербургъ, 1878 г., стр. 50 и 51, изд. 2-е. См. главу VI, ст. 20, грунтовый ледъ.

зимою, чѣмъ лѣтомъ. Эти факты, которые не были замѣчены никѣмъ изъ физиковъ, очень важны въ практикѣ. Теорія ихъ весьма проста: это увеличеніе скорости зависитъ единственно отъ плотности воды, которая увеличивается съ уменьшеніемъ и уменьшается съ увеличеніемъ температуры; и какъ сквозь отверстіе въ щитѣ можетъ проходить одинъ и тотъ же объемъ воды, то оказывается, что этотъ объемъ болѣе плотный ночью и зимою, чѣмъ днемъ и лѣтомъ, дѣйствуетъ ббльшей массой, или ббльшимъ вѣсомъ на колесо и сообщаетъ ему слѣдовательно ббльшее количество движенія, или ббльшую механическую работу. А потому, при другихъ одинаковыхъ обстоятельствахъ, меньше потери въ приостановкахъ (chômage) вододѣйствующихъ заводовъ въ жаркое время дня, а при работѣ ночью. Я замѣчалъ въ моихъ кузницахъ, что одно это обстоятельство отражалось $\frac{1}{12}$ частью въ продуктахъ фабрикаціи желѣза¹⁾.

Чтобы видѣть нагляднѣе какъ убываетъ вѣсъ воды въ данномъ объемѣ съ увеличеніемъ температуры, мы приводимъ слѣдующую таблицу вѣса кубическаго метра воды, выраженнаго въ вилограммахъ, при различныхъ температурахъ въ градусахъ Цельсія, причемъ замѣтимъ, что когда вода *совершенно чиста*, то при наибольшей своей плотности, т.-е. при 4° Ц. она вѣситъ ровно 1.000 вилограммовъ въ кубическомъ метрѣ²⁾.

Температура.	Вѣсъ кубич. метра чистой воды.	Температура.	Вѣсъ кубич. метра чистой воды.	Температура.	Вѣсъ кубич. метра чистой воды.	Температура.	Вѣсъ кубич. метра чистой воды.
гр. Ц.	Килограммовъ.	гр. Ц.	Килограммовъ.	гр. Ц.	Килограммовъ.	гр. Ц.	Килограммовъ.
4	1000.00	10	999,72	20	998,24	50	987.58
6	999,95	12	999,54	25	997,09	100	956,70
8	999,87	15	999,14	30	995,73	—	—

Мы уже выше говорили о вліяніи испаренія на потери воды въ прудахъ. Но испареніе должно быть принимаемо во вниманіе и при управленіи водою въ прудахъ, въ особенности когда надѣются дѣйствовать запасомъ собранной воды.

Въ этомъ случаѣ быстрое испареніе иногда настолько уменьшаетъ этотъ запасъ, что можетъ угрожать остановкою работы, въ особенности когда притоки недостаточны и которые также уменьшаются при засу-

1) Oeuvres complètes de Buffon. T. I, p. 182. Paris, 1856.

2) 1 кубическій метръ = 35,32 куб. футовъ; 1 вилограммъ = 2,44 фунта.

хахъ и сильныхъ сухихъ вѣтрахъ. Во время лѣтнихъ засухъ и при сильномъ сѣверо-восточномъ вѣтрѣ, намъ случалось наблюдать въ прудѣ (въ Смоленскомъ уѣздѣ), имѣющемъ до 20 десятиныхъ поверхности и достаточно защищенномъ древесной растительностію, убыль воды, вслѣдствіе испаренія, до шести дюймовъ въ теченіе недѣли. Обширные, открытые и неглубокіе пруды представляются въ этомъ отношеніи особенно невыгодными, такъ какъ испареніе ихъ происходитъ на бѣльшей поверхности и усиливается нагрѣваніемъ воды, тѣмъ бѣльшимъ, чѣмъ средняя глубина пруда менѣе и чѣмъ вѣтеръ разводитъ бѣльшее волненіе. Для препятствованія вѣтрамъ значительно усиливать испареніе, конечно, полезно оставлять на берегахъ прудовъ древесную растительность; но съ другой стороны, значительная древесная растительность способствуетъ засоренію прудовъ и заростанію ихъ болотными травами, что въ скоромъ времени уменьшаетъ ихъ вмѣстимость. Что касается уменьшенія глубины прудовъ, вслѣдствіе засоренія отъ окружающей древесной растительности, то мы можемъ привести, между прочимъ, слѣдующее намъ извѣстное наблюденіе: небольшое ключевое, но глубокое озеро, пространствомъ въ $\frac{1}{2}$ десятины, со стороны господствующихъ вѣтровъ имѣло густую древесную растительность изъ черной ольхи; вслѣдствіе ежегоднаго опаденія листа на воду, который наплаваясь водою опускается на дно, на этомъ днѣ, въ теченіе около ста лѣтъ, образовался торфяной слой только изъ древесныхъ листьевъ, толщина котораго, по спускѣ воды изъ озера и послѣ годовой усышки, составляла болѣе 3-хъ футовъ. Что же касается до заростанія прудовъ, то это заростаніе зависитъ главнымъ образомъ отъ температуры воды и слѣдовательно частію отъ глубины ея; для развитія подводной растительности также необходимы теплота и свѣтъ, дѣйствіе которыхъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ слой воды тоньше, или чѣмъ глубина менѣе, такъ какъ мы уже замѣтили выше, что вода дурно проводитъ теплые лучи и вода прудовъ недостаточно прозрачна. Полагаютъ, что прудъ, остававшійся въ теченіе года, или болѣе, безъ воды и затѣмъ снова наполненный, зарастаетъ быстрѣе. Вообще, чѣмъ глубже воды пруда, тѣмъ онѣ холоднѣе, менѣе нагрѣваются и слѣдовательно тѣмъ менѣе испаряются и труднѣе зарастаютъ.

10. Законъ равенства давленій жидкости и гидростатическое давленіе воды.—Всѣ тѣла и всѣ частицы тѣлъ, находящіяся на земной поверхности, подвержены дѣйствію тяжести. Относительно жидкихъ тѣлъ, какъ вода, у которыхъ частицы весьма подвижны, дѣйствіе тяжести на эти частицы заключается въ томъ, что земное притяженіе стремится приблизить эти частицы къ центру земли. А это стремленіе, дѣйствующее постоянно и неизмѣнно, производитъ явленія, выражающіяся въ равновѣсіи и движеніи водъ на земной поверхности. Представимъ себѣ на горизонтальной плоскости нѣкоторое количество свободной воды; такъ какъ ничто не препятствуетъ дѣйствію тяжести на каждую частичку этой воды, и такъ какъ эти частички совершенно подвижны, то всѣ онѣ будутъ стремиться спуститься до са-

мой плоскости и разольются по ней самымъ тонкимъ слоемъ одинаковой толщины, зависящей единственно отъ степени прилипанія къ этой матеріальной плоскости, вслѣдствіе частичнаго притяженія. Верхняя поверхность этого слоя воды будетъ лежать на одной и той же высотѣ для всѣхъ частицъ, ибо, если бы какая-нибудь изъ частицъ лежала выше другой, то вслѣдствіе подвижности и дѣйствія тяжести, она скользила бы по другимъ частицамъ до тѣхъ поръ, пока не опустилась бы до той высоты, на которой находятся остальные частицы. Если вода будетъ находиться на земной поверхности на такихъ частяхъ ея, которыя выше окружающей мѣстности и слѣдовательно болѣе удалены отъ центра земли, то частицы воды, вслѣдствіе своей подвижности и дѣйствія тяжести, будутъ опускаться и скользить одна по другой и по поверхности земли, какъ по наклоннымъ плоскостямъ, и будутъ стремиться занять самыя нисшія мѣста на земной поверхности, или ближайшія къ центру земли, скопляясь въ болота, озера и моря, или опускаясь въ подземныя озера, если свойства почвы допускаютъ проникновеніе воды во внутренніе земные пласты. Спустившись такимъ образомъ въ болѣе низкія части земной поверхности и даже ниже этой поверхности, частицы воды могутъ придти въ равновѣсіе только тогда, когда онѣ уже не въ состояніи болѣе опускаться, то-есть, *когда поверхность воды приметъ форму юризонտальной плоскости*; иначе частицы воды продолжали бы скользить одна по другой и равновѣсія не было бы.

Такимъ образомъ только вслѣдствіе дѣйствія тяжести вода, падающая на землю въ видѣ дождя и росы или образующаяся отъ таящаго снѣга и льда, движется съ высшихъ частей земной поверхности въ болѣе низкія, и образуя ключи, ручьи и рѣки, переходитъ въ естественные резервуары, представляемые болотами, озерами и морями, берега которыхъ, будучи выше поверхности жидкости, препятствуютъ ея дальнѣйшему разлитію и удерживаютъ ее въ равновѣсіи, какъ въ налитыхъ сосудахъ. А потому всѣ движенія воды на земной поверхности главнымъ образомъ зависятъ отъ постоянного дѣйствія тяжести и стремленія воды придти въ такое положеніе, при которомъ частицы ея могутъ находиться въ состояніи равновѣсія.

Когда вода въ сосудахъ, или бассейнахъ, находится въ равновѣсіи, или въ спокойномъ состояніи, то какъ уже видѣли выше, поверхность ея принимаетъ форму горизонтальной плоскости, причемъ верхніе слои ея производятъ давленіе на нижніе. Но представивъ себѣ воду въ этомъ положеніи, освобожденную отъ дѣйствія тяжести и принимая во вниманіе ея совершенную упругость и полную подвижность частицъ ея, *Паскаль* открылъ весьма естественный законъ, извѣстный подъ названіемъ *равенства давленія*, и заключающійся въ томъ, что *давленіе, производимое на какую-либо площадь жидкости, передается во всѣ стороны и съ тою же силою на каждую другую ея площадь, равную по величинѣ той, на которую непосредственно производится давленіе*. Законъ этотъ прямо истекаетъ, какъ слѣдствіе, изъ строенія и свойства жидкостей вообще, но на опытѣ онъ не можетъ быть строго доказанъ

вслѣдствіе вліянія тяжести самихъ жидкостей и тренія поршней, которыя при опытѣ устранить невозможно.

Но чтобы уяснить этотъ законъ, представимъ себѣ пустотѣлый шаръ (или вообще закрытый сосудъ каковой бы то ни было формы), наполненный водою, который имѣетъ гдѣ-либо въ своихъ стѣнкахъ два, или нѣсколько круглыхъ отверстій, площадь каждаго изъ которыхъ равна, на примѣръ, одному квадратному дюйму; представимъ себѣ также, что въ каждомъ изъ этихъ отверстій находится поршень, закрывающій отверстіе герметически и двигающійся съ легкимъ треніемъ. Если на который-либо изъ поршней произведемъ давленіе извнѣ, на примѣръ, въ одинъ фунтъ, то вода передаетъ это давленіе тотчасъ же внутреннимъ площадямъ другихъ поршней и это давленіе изнутри въ наружу на каждый поршень будетъ въ одинъ фунтъ. Если площадь котораго-нибудь изъ этихъ послѣднихъ поршней будетъ въ два квадратныхъ дюйма, то давленіе на него изнутри будетъ вдвое болѣе, или два фунта; вообще, если поверхность котораго либо изъ поршней будетъ болѣе или менѣе поверхности поршня, на который производимъ давленіе извнѣ, въ 3, 4, 5, 7 и т. д. разъ, то и давленіе, которое имъ передается, будетъ въ 3, 4, 5, 7 и т. д. разъ болѣе или менѣе давленія, производимаго извнѣ на первый поршень.

Пропорціональность давленія поверхностямъ, или площадямъ сосуда, подтверждается и слѣдующимъ опытомъ: два вертикальные цилиндра равной высоты, но разныхъ диаметровъ, соединенные между собою около ихъ дна трубкою, наполняются водою; на поверхность жидкости, въ каждомъ цилиндрѣ, накладываются поршни герметически ихъ закрывающіе и двигающіеся съ легкимъ треніемъ. Предположимъ, что площадь одного изъ поршней въ 20 разъ болѣе другаго; если положить на малый поршень грузъ въ одинъ фунтъ, то это давленіе передаваясь водою съ напряженіемъ одного фунта на каждую часть внутреннихъ поверхностей цилиндра и трубки (равную площади малаго поршня), окажетъ изнутри на всю площадь большаго поршня давленіе въ 20 фунтовъ; дѣйствительно, если положимъ извнѣ на большой поршень грузъ въ 20 фунтовъ, то равновѣсіе въ поршняхъ сохранится; если же на большой поршень положимъ грузъ болѣе или менѣе 20 фунтовъ, то равновѣсіе нарушится.

На этомъ законѣ, пропорціональности давленія поверхностямъ, основано устройство гидравлическаго пресса.

Направленіе давленій, передаваемыхъ водою на стѣнки сосуда или бассейна, въ которыхъ она заключается, будетъ во всякой точкѣ перпендикулярное, или нормальное, къ внутренней поверхности сосуда, или бассейна; дѣйствительно, такъ какъ всякое боковое, или ненормальное давленіе, если бы оно было, можетъ быть всегда разложено (помощію параллелограмма силъ) на два—одно нормальное къ поверхности стѣнки, а другое идущее по направленію этой поверхности; и такъ какъ это послѣднее не будетъ оказывать никакого давленія на стѣнку, то въ каждомъ случаѣ остается только одно нормальное давленіе.

Если воду, заключающуюся въ сосудѣ, или бассейнѣ, мы представимъ себѣ раздѣленную на горизонтальные слои безконечно малой но одинаковой толщины, то, при дѣйствіи тяжести очевидно, что каждый слой будетъ выдерживать давленіе слоевъ, лежащихъ выше его. Такимъ образомъ дѣйствіе тяжести развиваетъ въ массѣ жидкости рядъ внутреннихъ давленій, измѣняющихся съ глубиною слоя. Причемъ очевидно, что давленіе на каждый горизонтальный слой будетъ пропорціонально его глубинѣ и что всѣ частицы одного и того же горизонтального слоя воды выдерживаютъ одинаковое давленіе. Но давленіе верхнихъ слоевъ на нижніе, возбуждаетъ въ послѣднихъ, вслѣдствіе закона передачи давленія во всѣ стороны, равное и прямо противоположное давленіе снизу вверхъ. Въ этомъ можно убѣдиться, между прочимъ, слѣдующимъ опытомъ: если въ сосудѣ, наполненный водою, опустимъ широкую, открытую съ обонхъ концовъ трубку и при опусканіи приложимъ къ нижнему концу трубки стеклянную или металлическую пластинку, плотно прилегающую къ краямъ трубки и придерживаемую при опусканіи трубки въ воду нитью, то по мѣрѣ погруженія трубки и при ослабленіи натяженія нити, пластинка не отпадаетъ, но остается прижатой къ нижнему краю трубки. Это доказываетъ, что пластинка поддерживается давленіемъ воды снизу вверхъ, превышающимъ по величинѣ вѣсъ самой пластинки. Если же въ трубку, открытую сверху, начнемъ осторожно наливать воду, то пластинка будетъ держаться прижатой къ трубкѣ до тѣхъ поръ, пока уровни воды, какъ въ трубкѣ, такъ и въ сосудѣ, будутъ одинаковы; тогда пластинка, вслѣдствіе своей тяжести, упадетъ на дно сосуда.

Этимъ опытомъ доказывается, что давленіе снизу въ верхъ производимое водою на пластинку, равно вѣсу водянаго столба, основаніе котораго есть площадь внутренняго сѣченія трубки, а высота—вертикальное разстояніе отъ нижней плоскости пластинки, до уровня воды, въ которую погружена трубка. Отсюда заключаютъ, что давленіе внутри жидкости на какую либо точку ея массы, подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ и вертикальное давленіе сверху внизъ.

Изъ закона равенства давленій, очевидно, вытекаетъ другой законъ: *что давленіе, производимое жидкостью, вообще, на какую либо точку ея массы, или на стѣны содержащаго ея сосуда, или бассейна, вслѣдствіе ея собственнаго вѣса, зависитъ только отъ глубины и плотности жидкости, но нисколько не зависитъ отъ формы сосуда, или бассейна, и количества самой жидкости.* Самое же давленіе этого рода называется *гидростатическимъ давленіемъ.*

Законъ этотъ на опытѣ доказывается помощію различныхъ приборовъ.

Черт. I.
•ил. 5.

Такъ въ сосудахъ *A, B, C, D* и *E*, давленіе воды на дно *ab* сосуда *A*, будетъ равно вѣсу столба воды *abcd*; давленіе воды на дно *fg*, сосуда *B*, будетъ равно вѣсу столба воды *efgh*; и т. д. давленіе воды на дно *tv*, сосуда *E*, будетъ равно вѣсу столба воды *vtxs*. Изъ этого закона слѣдуетъ также, что незначительнымъ количествомъ воды можно произвести весьма большое давленіе; для этого достаточно, при-

крѣпить на-глухо къ стѣнкѣ закрытаго и наполненнаго водою сосуда, трубку малаго діаметра и большой высоты, наполнивъ ее также водою, какъ въ сосудѣ F ; и тогда давленіе воды на дно $a'b'$ будетъ равно вѣсу столба воды $a'b'c'd'$.

На основаніи этого закона, легко вычислить гидростатическое давленіе, производимое массою воды находящейся въ спокойномъ состояніи, или въ состояніи равновѣсія, вслѣдствіе ея собственной тяжести, на дно морей, озеръ и прудовъ, или давленіе воды на предметы погруженные въ эту воду на опредѣленную глубину; а также давленіе на стѣны бассейна, берега пруда и различныя части плотины. Давленіе въ этихъ случаяхъ обыкновенно опредѣляется на единицу квадратной мѣры поверхности, напримѣръ, на квадратный футъ, или на квадратный дюймъ. При этомъ мы должны принимать во вниманіе, что сама вода подвержена давленію атмосферы, величина котораго на квадратный футъ составляетъ 58,6 пуда при нормальномъ стояніи барометра, какъ это уже мы видѣли выше.

Зная что вѣсъ кубическаго фута воды, среднимъ числомъ, равенъ 1,73 пуда, давленіе воды на каждый квадратный футъ глубины будетъ соответствовать 1,73 пудамъ. Поэтому, если глубина пруда составляетъ 10 футовъ, то давленіе воды на каждый квадратный футъ дна (при этой глубинѣ) будетъ 17,3 пудовъ; на глубинѣ 40 футовъ давленіе воды на квадратный футъ составитъ 69,2 пуда, съ присоединеніемъ же еще атмосфернаго давленія, полное давленіе на дно въ этомъ случаѣ будетъ 128,02 пудовъ на каждый квадратный футъ.

При большихъ глубинахъ моря, давленіе воды на дно морей громадно. Такъ, напримѣръ, въ сѣверной части Атлантическаго океана, наибольшая глубина, до которой съ положительностію достигалъ промѣрный снарядъ, находится къ югу отъ большой Ньюфаунденской банки, между параллелями 35° и 40° сѣверной широты, и составляетъ 25,000 футовъ. При такой глубинѣ давленіе воды на каждый квадратный футъ дна моря составляетъ 43.250 пудовъ, или 738 атмосферъ.

Что же касается до боковаго гидростатическаго давленія на стѣны сосуда, или резервуара, заключающаго воду, то вслѣдствіе закона равенства давленія, и направленія этого давленія всегда нормально, или перпендикулярно, къ внутренней поверхности резервуара въ каждой ея точкѣ, очевидно, что *равнодѣйствующая* ¹⁾ всѣхъ нормальныхъ давленій будетъ выражать истинную величину всего давленія на данную поверхность стѣны сосуда, или резервуара. Эти нормальныя давленія очевидно возрастаютъ пропорціонально глубинѣ точекъ поверхности и расхожденію стѣнъ резервуара въ горизонтальномъ направленіи; ихъ равнодѣйствующая можетъ быть найдена, въ каждомъ данномъ случаѣ, помощію вычисленій, показывающихъ, что *все давленіе на какую либо часть стѣны, (все равно вертикальной или наклонной) равно вѣсу водянаго столба, имѣющаго основаніемъ площадь этой стѣны и высотой—*

1) См. приложение XII.

вертикальное разстояніе ея центра тяжести ¹⁾, до свободной поверхности жидкости. Что касается до точки приложенія равнодѣйствующей всего давленія, называемой *центромъ давленія*, то она всегда лежитъ немного ниже центра тяжести площади, на которую происходитъ давленіе; ибо, если бы давленія, производимыя тяжестью воды, на различныя точки боковой стѣны резервуара, были равны между собою, то очевидно, что точка приложенія ихъ равнодѣйствующей, или центръ давленія, совпадалъ бы съ центромъ тяжести этой стѣны; но такъ какъ давленія возрастаютъ съ глубиной воды, то центръ давленія необходимо долженъ нѣсколько понизиться, относительно положенія центра тяжести. Вычисленія показываютъ, что: 1) для прямоугольной стѣны, верхній край которой совпадаетъ съ уровнемъ жидкости, центръ давленія лежитъ на линіи, соединяющей середины ея горизонтальныхъ сторонъ и находится *на двухъ третяхъ ея длины ниже уровня воды*, т.-е. въ точкѣ *A* (фиг. 6); 2) для треугольной стѣны, верхняя сторона которой совпадаетъ съ уровнемъ воды, центръ давленія лежитъ *на половинѣ* линіи, соединяющей вершину треугольника съ серединою его верхняго основанія, т.-е. въ точкѣ *B* (фиг. 6); 3) если при треугольной стѣнѣ съ уровнемъ жидкости совпадаетъ вершина треугольника, то центръ давленія будетъ лежать на линіи, соединяющей эту вершину съ серединою противоположнаго нижняго основанія, и *на трехъ четвертяхъ* ея длины ниже вершины, т.-е. въ точкѣ *C* (фиг. 6).

Черт. I.
- нг. 6.

Эти законы гидростатическаго давленія воды на стѣны сосуда, или резервуара, могутъ имѣть непосредственное приложеніе при устройствѣ плотинъ или бассейновъ наполняемыхъ водою. Чтобы показать примѣръ этого приложенія и вычисленія величины давленія, представимъ себѣ, что мы желали бы опредѣлить — какъ будетъ велико давленіе воды на стѣну нашего става, или водоспуска, обращенную къ пруду и покрытую водою, чтобы судить, можетъ ли онъ выдержать это давленіе не будучи сдвинутъ или сорванъ съ мѣста этимъ давленіемъ. Стѣна водоспуска, обращенная къ пруду, имѣетъ почти всегда форму прямоугольника; центръ тяжести прямоугольника всегда находится въ центрѣ его фигуры; предположимъ, что вся глубина воды у става до верхняго края щитовъ составляетъ 20 футовъ; слѣдовательно разстояніе центра тяжести части стѣны става, погруженной въ воду, до верхняго горизонта воды будетъ 10 футовъ. Если вся длина водоспуска будетъ на примѣръ 70 футовъ, то столбъ воды, который будетъ производить давленіе на стѣну става, будетъ 70.20.10 кубическихъ футовъ, или 14.000 кубич. футовъ; и какъ всѣ кубическаго фута воды составляетъ 1,73 пуда, то давленіе на всю подводную часть стѣны водоспуска составитъ 24.220 пудовъ, и центръ этого давленія будетъ находиться на срединѣ длины водоспуска и на глубинѣ 13,34 футовъ ниже уровня воды. Если бы нашъ водоспускъ былъ деревянный, на примѣръ срубленный изъ бревень и лежалъ бы на деревянномъ же основаніи (напри-

¹⁾ См. приложеніе XIII.

мѣръ на слани изъ бревенъ или жердей), безъ всякихъ укрѣпленій въ видѣ свай и посадки на шины этихъ свай, то очевидно онъ долженъ бы былъ сопротивляться этому давленію только треніемъ дерева объ дерево. А треніе пропорціонально давленію трущагося тѣла и отношеніе величины силы тренія къ давленію называется коэффициентомъ тренія ¹⁾). Такъ что если чрезъ R назовемъ величину силы тренія, чрезъ P —величину давленія, или грузъ всего става, и чрезъ f —коэффициентъ тренія, то $f = \frac{R}{P}$ и $R = f \cdot P$. — Въ настоящемъ случаѣ R должно быть по крайней мѣрѣ равно 24,220 пудамъ, чтобы было только равновѣсіе, и водоспускъ не тронулся бы съ мѣста скользя по деревянному основанію. А слѣдовательно нужно, чтобы по крайней мѣрѣ было $f \cdot P = 24,220$ пуд. А какъ коэффициентъ тренія, при треніи дерева объ дерево, составляетъ 0,48 или $f = 0,48$, то грузъ всего водоспуска, чтобы сопротивляться давленію воды, по крайней мѣрѣ долженъ быть $P = \frac{24.220}{0,48} = 50.458.3$ пудовъ.

Такъ какъ давленіе воды на стѣну бассейна или на плотину у самой поверхности воды равно нулю, а затѣмъ это давленіе увеличивается съ глубиною воды до самаго дна бассейна, то очевидно, что для прочности стѣнъ бассейна или плотины, нѣтъ необходимости давать одинаковую толщину стѣнамъ бассейна или тѣлу плотины во всю ихъ высоту. И если бы мы желали устроить плотину съ наименьшей затратой на нее матеріала, то для прочнаго ея сопротивленія давленію воды, толщину плотины увеличили бы къ низу, гдѣ давленіе болѣе и уменьшили бы къ верху, гдѣ давленіе меньше и доходитъ до нуля у самой поверхности воды.

Равнымъ образомъ, если сторонѣ плотины, обращенной къ водѣ пруда, мы дадимъ наклонное положеніе, т.е. сдѣлаемъ земляную насыпь въ видѣ болѣе или менѣе отлогаго откоса, то такъ какъ давленіе воды всегда направлено нормально, или перпендикулярно къ внутренней поверхности резервуара и слѣдовательно перпендикулярно къ этому откоосу плотины, то это давленіе будетъ содѣйствовать грузу самой плотины, увеличивая ея давленіе на основаніе и будетъ препятствовать скозленію плотины на этомъ основаніи. Чѣмъ откосъ плотины будетъ отложе сравнительно съ вертикальной стѣной, тѣмъ направленіе давленія воды будетъ болѣе приближаться къ вертикальному, и вмѣсто того чтобы стремиться сдвинуть плотину съ ея основанія, будетъ прижимать ее къ этому основанію. Поэтому, при непрочныхъ способахъ прудки, главнымъ образомъ достигаютъ прочности въ плотинѣ посредствомъ по возможности отлогаго откоса обращеннаго къ водѣ, и еще болѣе посредствомъ отлогаго землянаго отмела, присыпаемаго къ прудовой стѣнѣ става, или водоспуска.

Впрочемъ здѣсь мы только указали на способъ опредѣленія давленія воды; что же касается до прочнаго сопротивленія плотины этому

1) См. приложеніе XIV.

давленію, то объ этомъ мы будемъ еще говорить подробно въ своемъ мѣстѣ.

11. Гидравлическое давленіе и ударъ воды.—Выше мы разсматривали давленіе воды на дно и стѣны бассейна, когда содержащаяся въ немъ вода находится въ состояніи покоя; въ этомъ состояніи, какъ мы видѣли, давленіе воды зависитъ только отъ ея вѣса, вслѣдствіе дѣйствія на нее силы тяжести, и измѣряется вѣсомъ столба, основаніемъ котораго служитъ поверхность, на которую опредѣляется давленіе, и высота котораго есть вертикальное разстояніе центра тяжести этой поверхности, находящейся подъ водою, до верхней поверхности жидкости. Давленіе это, какъ уже видѣли, называется гидростатическимъ давленіемъ. Но есть другое дѣйствіе воды, называемое *гидравлическимъ давленіемъ*, оказываемое водою, находящеюся въ движеніи, на поверхность какого-либо твердаго, неподвижнаго тѣла, которое она встрѣчаетъ при своемъ движеніи съ нѣкоторою скоростью и на которое она можетъ произвести и давленіе и ударъ. Намъ необходимо составить себѣ ясное понятіе объ этомъ дѣйствіи воды, такъ какъ при устройствѣ плотинъ мы можемъ встрѣчаться съ подобнымъ дѣйствіемъ воды, которое необходимо принимать во вниманіе для прочнаго сопротивленія нашихъ сооружений.

Для этого мы рассмотримъ прежде способъ опредѣленія и измѣренія силы удара, производимаго твердымъ тѣломъ находящимся въ движеніи, когда оно встрѣчаетъ другое твердое же тѣло, находящееся въ покоѣ, а затѣмъ уже перейдемъ къ разсмотрѣнію гидравлическаго давленія и удара воды. Каждому извѣстно, что сила удара зависитъ отъ вѣса ударяющаго тѣла; если камень вѣсомъ въ одинъ пудъ упадетъ съ высоты, напримѣръ, одного фута на землю, или камень въ три пуда вѣсомъ упадетъ съ той же высоты, то каждый изъ насъ, конечно, скажетъ, что дѣйствіе удара во второмъ случаѣ будетъ сильнѣе чѣмъ въ первомъ.—Равнымъ образомъ, если въ одномъ случаѣ, камень въ одинъ пудъ вѣсомъ упадетъ съ высоты одного фута, а въ другомъ, тотъ же камень упадетъ съ высоты 10 футовъ, то опять каждому понятно, что дѣйствіе удара во второмъ случаѣ будетъ сильнѣе чѣмъ въ первомъ. Въ этомъ второмъ примѣрѣ также очевидно, что камень въ пудъ вѣсомъ, упадая на землю съ высоты въ 10 футовъ, встрѣчаетъ землю съ большей скоростью движенія, чѣмъ когда онъ упадетъ только съ высоты одного фута. Отсюда мы заключаемъ, что сила, или механическое дѣйствіе удара, зависитъ, какъ отъ вѣса падающаго или ударяющаго тѣла, такъ и отъ скорости движенія, съ которой онъ встрѣчаетъ ударяемое тѣло. Теперь спрашивается только, какъ точнымъ образомъ выразить эту зависимость силы, или механическаго дѣйствія удара, отъ вѣса ударяющаго тѣла и скорости движенія, съ которой оно встрѣчаетъ ударяемое тѣло? ¹⁾

Если камень вѣсомъ въ одинъ пудъ поднимемъ на высоту 16,1 фу-

¹⁾ См. приложение III.

товъ надъ поверхностью земли и потомъ пустимъ его свободно падать, то онъ совершитъ паденіе съ этой высоты ровно въ одну секунду времени, ибо, какъ мы видѣли уже выше, свободно падающее на землю тѣло, вслѣдствіе ускоряющей силы тяжести, проходитъ въ первую секунду высоту въ 16,1 фут. Въ моментъ соприкосновенія камня съ землю, скорость его равняется 32,2 футовъ въ секунду, т.-е. если бы въ это мгновеніе земля была удалена, а вмѣстѣ съ тѣмъ и притяженіе ея на камень, то онъ продолжалъ бы двигаться равномерно, т. е. съ постоянною скоростью въ 32,2 фута въ секунду. — Если предположимъ теперь, что камень не падаетъ, а брошенъ вверхъ, то есть движется по направленію противоположному силѣ земнаго притяженія, то спрашивается, съ какою скоростью онъ долженъ начать свое движеніе отъ земли, чтобы подняться отъ нея на вертикальную высоту 16,1 футовъ? Опытъ и теорія показываютъ ¹⁾, что онъ долженъ быть брошенъ вверхъ со скоростью 32,2 футовъ въ секунду. Сообщая камню посредствомъ руки, или посредствомъ какого либо иного механическаго приспособленія такую скорость, мы заставимъ его подняться именно до той высоты 16,1 футовъ, съ которой онъ упалъ во время перваго опыта.

Подобное подниманіе тяжести можно разсматривать также какъ чисто механическое дѣйствіе; какъ бы ни была поднята тяжесть на высоту 16,1 футовъ, при помощи ли лѣстницы, приставленной къ стѣнѣ, посредствомъ ли веревки перекинутой черезъ блокъ, или же она будетъ просто брошена вверхъ силою руки, или ударомъ какого либо другаго тѣла, сообщившаго ей надлежащую скорость; во всѣхъ этихъ случаяхъ сумма дѣйствія, относящагося собственно къ поднятію тяжести, будетъ непремѣнно одна и та же. Абсолютная величина совершеннаго дѣйствія зависитъ исключительно отъ двухъ обстоятельствъ: во-первыхъ, отъ величины поднимаемой тяжести, и во-вторыхъ, отъ высоты, на которую она поднимается. Это и есть собственно то механическое дѣйствіе, которое называютъ *механической работой*, для мѣры которой, за единицу принимаютъ однородное съ нимъ дѣйствіе — или величину тяжести въ одинъ пудъ поднимаемой на высоту одного фута.

Такъ что если означимъ вѣсъ камня черезъ P и высоту, на которую онъ поднимается, черезъ H , то произведеніе $P.H$ будетъ выражать то механическое дѣйствіе, которое нужно было сообщить камню, чтобы онъ поднялся на высоту H . Равнымъ образомъ, камень падая съ высоты H произведетъ то же самое дѣйствіе $P.H$, которое нужно было сообщить ему, чтобы онъ поднялся до этой высоты.

Если теперь, вмѣсто скорости равной 32,2 футовъ въ секунду, мы сообщимъ камню скорость равную 64,4 фут. въ секунду, то спрашивается, какъ высоко поднимется камень въ этомъ случаѣ? Теорія и опытъ покажутъ намъ, что камень поднимается на высоту вчетверо болѣе 16,1 фута, а именно онъ поднимается на 64,4 фута. Точно также, если камню сообщить скорость въ три раза большую противъ 32,2 фу-

¹⁾ См. приложение IV.

товъ, то онъ поднимется на высоту въ девять разъ большую противъ 16,1 фута, или на высоту 144,9 футовъ; если скорость учетверимъ, то онъ поднимется въ шестнадцать разъ выше. Упадая обратно на землю съ этихъ высотъ, камень пріобрѣтаетъ опять, въ моментъ прікосновенія къ землѣ, ту же скорость, съ которой онъ былъ брошенъ вверхъ ¹⁾).

Выше мы видѣли, что совершаемая работа, или механическое дѣйствіе при подниманіи камня, а слѣдовательно и механическое дѣйствіе удара при его паденіи, пропорціонально высотѣ; а такъ какъ при двойной скорости высота увеличивается въ четыре раза, при тройной— въ девять разъ и т. д., то отсюда слѣдуетъ, что механическое дѣйствіе удара возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости. И потому называя скорость, съ которой камень брошенъ на высоту H , или съ которой онъ встрѣчаетъ землю падая съ высоты H , чрезъ v , механическое дѣйствіе удара будетъ возрастать пропорціонально тяжести P и пропорціонально квадрату скорости v или выразится чрезъ $P \cdot v^2$.

Такъ какъ для одного и того же мѣста на земномъ шарѣ, или для тѣхъ же географическихъ широтъ, ускореніе дѣйствія тяжести g постоянно, или одно и то же, то называя вѣсъ одного камня чрезъ P и другаго чрезъ p , а массу перваго чрезъ M , а втораго чрезъ m , будемъ имѣть: $M = \frac{P}{g}$ и $m = \frac{p}{g}$ и слѣдов. $M : m = \frac{P}{g} : \frac{p}{g}$ или $M : m = P : p$, то-есть, что массы тѣлъ пропорціональны ихъ вѣсамъ. А потому и механическое дѣйствіе силы удара для камней вѣсомъ P и p , ударяющихъ со скоростью V и v и пропорціональное PV^2 и pv^2 можно выразить также чрезъ MV^2 и mv^2 , такъ какъ массы пропорціональны вѣсамъ тѣлъ. А какъ выраженія MV^2 и mv^2 есть ничто иное какъ живая сила массъ M и m , движущихся со скоростями V и v , то отсюда слѣдуетъ, что *механическое дѣйствіе удара какого-либо движущагося тѣла, когда оно встрѣчаетъ другое, пропорціонально его живой силѣ.*

А потому и мѣрою удара можетъ быть только подобное же, или однородное, механическое дѣйствіе, которое условятся принять за единицу. Такъ, напримѣръ, если бы за единицу мѣры удара мы приняли механическое дѣйствіе, которое производитъ тѣло вѣсомъ въ одинъ пудъ, имѣющее въ моментъ удара скорость въ одинъ футъ въ секунду, то опредѣлили бы во сколько разъ будетъ сильнѣе ударъ, когда ударяющее тѣло имѣло бы вѣсъ 10 пуд. и скорость 10 футовъ; изъ выраженія PV^2 мы нашли бы $10 \cdot (10)^2 = 1000$ и заключили бы, что сила удара въ этомъ случаѣ была бы въ 1.000 разъ болѣе, чѣмъ въ первомъ. Если бы ударяющее тѣло имѣло вѣсъ въ 30 пуд. и скорость въ 50 футовъ, то сила удара была бы $30 \cdot (50)^2$ или въ 75.000 разъ болѣе, чѣмъ, напримѣръ, ударъ камня, вѣсомъ въ одинъ пудъ, ударяющаго со скоростью въ 1 футъ въ секунду.

¹⁾ См. приложение IV.

Такъ какъ удвоивая скорость мы учетверяемъ силу удара, то отсюда понятно, какъ важно, напримѣръ, увеличеніе скорости ядра, выбрасываемаго изъ орудія, если желаемъ увеличить силу удара этого ядра. Поэтому-то для пробитія кораблей, обшитыхъ желѣзною броней, или такъ называемыхъ броненосцевъ, пришлось употреблять пороховые заряды въ одинъ, два и болѣе пудовъ вѣсомъ, чтобы придать снарядамъ большую скорость и слѣдовательно большую силу удара ¹⁾).

Мы уже знаемъ, что всякое движущееся тѣло, имѣющее слѣдовательно нѣкоторую скорость, обладаетъ живою силою, которая выражается чрезъ mv^2 , если масса его m и скорость движенія v ; ударъ, или механическое дѣйствіе этого движущагося тѣла, когда оно встрѣчаетъ другое, выражается его живою силою, или пропорціонально его живой силѣ. Поэтому, собственно говоря, мы можемъ только опредѣлять *пропорціональность* силы удара, сравнивая силу удара тѣла, ударяющаго съ извѣстной скоростью, съ подобною же силою удара тѣла, вѣсъ котораго, и скорость движенія котораго, принимаются нами за единицу. Всякое тѣло, находящееся въ движеніи, способно произвести извѣстной величины механическую работу и мы уже знаемъ, что величина этой работы будетъ равна половинѣ живой силы движущагося тѣла, или будетъ $\frac{mv^2}{2}$. Равнымъ образомъ, посредствомъ израсходованія извѣстной величины механической работы, мы можемъ привести массу какого-либо тѣла въ движеніе съ нѣкоторой скоростью, или обратить эту работу въ живую силу. Такъ, пороховые газы, расширяющіеся съ большою силою въ орудіи, превращаютъ свою механическую работу въ живую силу летящаго ядра; сжатая, или заведенная въ часахъ пружина, или опускающіяся гири, превращаютъ свою механическую работу въ живую силу, заставляя маятникъ и стрѣлки двигаться съ извѣстной скоростью; лошади, запряженные въ повозку, обращаютъ свою механическую работу въ живую силу, которой обладаетъ грузъ повозки, движущейся съ извѣстной скоростью; движущаяся въ рѣкѣ вода можетъ, наоборотъ, произвести механическую работу и т. п. Другими словами, при извѣстныхъ условіяхъ, механическая работа превращается въ живую силу и живая сила превращается въ механическую работу, какъ величины между собою однородныя и соизмѣримыя (См. приложение V).

Нѣкоторые, говоритъ *Понселе*, предполагали измѣрять дѣйствіе удара простымъ давленіемъ или дѣйствіемъ соотвѣтственнаго груза, и выражались безусловно, что дѣйствіе извѣстнаго груза, падающаго съ нѣкоторой высоты, соотвѣтствуетъ давленію во столько-то пудовъ, производимому на тѣло, получающее ударъ. Но очевидно, что эти два механическія дѣйствія совершенно различны, и строго говоря, не соизмѣримы, т.-е. не могутъ измѣряться единицею мѣры одного и того же рода. Другое дѣло, когда идетъ вопросъ о томъ, какое измѣненіе про-

¹⁾ См. приложение II.

Черт. I
фиг. 7.

исходитъ въ тѣлѣ, получающемъ ударъ отъ другаго тѣла, ударающаго съ извѣстной скоростью, или получающемъ давленіе отъ другаго тѣла, неимѣющаго никакой скорости движенія. Напримѣръ, предположимъ, что свинцовый цилиндръ, котораго вѣсъ p , упавъ съ высоты h на поверхность AB мягкой глины, въ моментъ соприкосновенія съ глиной имѣетъ скорость v и произведетъ въ ней углубленіе $abcd$; съ другой стороны, представимъ себѣ свинцовый цилиндръ, имѣющій вѣсъ P , одинаковаго діаметра съ p , который мы поставимъ осторожно на поверхность глины AB и который сдѣлаетъ въ ней углубленіе $a'b'c'd'$, совершенно равное углубленію $abcd$. Очевидно, что произведенныя ими дѣйствія въ глинѣ будутъ одинаковы; но за то и механическія ихъ дѣйствія для произведенія этихъ углубленій будутъ однородны. Ибо грузъ p , имѣвшій въ моментъ сопротивленія съ поверхностью глины живую силу $\frac{p}{g} \cdot v^2$, произвелъ углубленіе превращеніемъ живой силы въ механическую работу, равную $\frac{pv^2}{2g}$; результатомъ которой, вслѣдствіе сжатія слоевъ глины, произошло углубленіе $abcd$; равнымъ образомъ и грузъ P дѣйствовалъ не однимъ давленіемъ, но опустившись на высоту h' , чрезъ сжатіе слоевъ глины, произвелъ механическую работу Ph' , результатомъ которой было углубленіе въ глинѣ $a'b'c'd'$ совершенно равное углубленію $abcd$. Слѣдовательно, при этихъ механическихъ дѣйствіяхъ сравниваются собственно не ударъ съ одной стороны и простое давленіе съ другой, а двѣ механическія работы $\frac{pv^2}{2g}$ и Ph' , которыя суть величины однородныя и соизмѣримыя, но которыя должны были совершиться непременно въ нѣкоторый опредѣленный промежутокъ времени.

Опытъ и теорія показываютъ, что при ударѣ твердаго тѣла въ мягкое, какъ въ предыдущемъ примѣрѣ, скорость v постепенно уменьшалась, наконецъ обращается въ нуль и тѣло p перестаетъ двигаться въ глинѣ; но чѣмъ тверже тѣло, которое принимаетъ ударъ, тѣмъ время, потребное на сокращеніе скорости въ ударающемъ тѣлѣ, отъ величины v до нуля будетъ менѣе и менѣе. Такъ что при очень твердыхъ ударающихся тѣлахъ, это время будетъ почти мгновенное, но не менѣе того оно должно имѣть всегда хотя очень малую, но нѣкоторую величину.

Очень часто замѣчалось, говорить *Тиндаль*, что послѣ выстрѣла пуля ударившись въ мишень (особенно въ металлическую), приобрѣтала очень высокую температуру. *Фербернъ* замѣтилъ даже, что пуля при ударѣ въ мишень оставляла огненный слѣдъ, слѣдовательно являлся свѣтъ. Дѣйствительно, продолжаетъ *Тиндаль*, нами тоже замѣчено, что свинцовый шаръ, послѣ паденія съ извѣстной высоты, вслѣдствіе удара дѣлался горячимъ. Теорія и опытъ приводятъ насъ къ замѣчательному закону, что количество теплоты, производимое ударомъ пули о мишень, подобно механическому дѣйствію удара, пропорціонально произведенію изъ массы на квадратъ скорости, или живой силѣ пули. Если мы

удвоимъ массу, не измѣняя ничего другаго; то въ то же время мы удвоимъ и количество теплоты; а удвоивая скорость, не измѣняя ничего другаго, мы учетверимъ количество теплоты. Такимъ образомъ, вмѣсто уничтоженнаго движенія всей массы, является теплота. Здѣсь работа живой силы движущагося тѣла передалась молекулярнымъ частицамъ ударяющихся тѣлъ и вызвавъ сильное колебаніе этихъ частицъ, произвело то ощущеніе, которое мы называемъ теплотою или свѣтомъ.

Изъ этого разсмотрѣнія механическаго дѣйствія удара твердыхъ тѣлъ, мы выводимъ слѣдующія главные положенія: 1) если мы хотимъ усилить дѣйствіе удара, то мы должны увеличить вѣсъ ударяющаго тѣла, но въ особенности увеличить скорость его движенія; ибо сила удара возрастаетъ только прямо пропорціонально вѣсу, но возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости; 2) наоборотъ, если мы желаемъ уменьшить силу удара, то прежде всего должны стараться уменьшить скорость ударяющаго тѣла, а затѣмъ, также, если возможно, уменьшить и его вѣсъ.

Въ практикѣ, въ каждомъ частномъ случаѣ, могутъ встрѣтиться обстоятельства, при которыхъ намъ бываетъ выгодно, въ извѣстныхъ предѣлахъ, увеличить вѣсъ ударяющаго тѣла, не увеличивая его скорости и наоборотъ. Такъ, напримѣръ, при бойкѣ свай, чтобы ударъ на сваю былъ сильнѣе, необходимо увеличить вѣсъ бабы, а еще болѣе скорость, т.-е. высоту ея подъема; но однако, при очень большой скорости паденія, вслѣдствіе *инерціи* ¹⁾ массы самой сваи, дерево головы сваи быстро ращепляется и портится, и подниманіе бабы на большую высоту требуетъ уже машиннаго, а не ручнаго копра и значительно замедляетъ производство бойки свай; а потому для полезнаго дѣйствія удара приходится ограничивать скорость удара и увеличивать вѣсъ бабы. При паденіи же воды и льда въ водоспускахъ, чтобы предотвратить разрушительное дѣйствіе ихъ ударовъ на сливные полы, эти послѣдніе устраиваютъ уступами; при этомъ очевидно, чтобы ударъ воды или льда былъ слабѣе, необходимо уменьшить скорость ихъ паденія и слѣдовательно дѣлать эти уступы въ сливныхъ полахъ по возможности меньшей высоты.

Выше мы привели мнѣніе *Ф. Х. Майера* о непрочности каменныхъ плотинъ на рѣкахъ, на которыхъ есть ледоходъ. Теперь мы можемъ сознательно объяснить себѣ основательность, до нѣкоторой степени, этого мнѣнія. Если льдина, плывущая съ нѣкоторой скоростью, ударяется въ тѣло плотины изъ мягкой земли или песка, то результатомъ удара будетъ нѣкоторое углубленіе въ мягкой землѣ, слои которой сжимаясь постепенно, уменьшаются, также постепенно, скорость движенія ударяющей льдины своимъ сопротивленіемъ, такъ что пройдетъ нѣкоторое замѣтное время, пока движущаяся льдина потеряетъ всю свою скорость, превращая живую силу въ механическую работу, производящую углубленіе въ тѣлѣ плотины изъ мягкой земли или песку. Въ случаѣ же каменной плотины, матеріалъ которой всегда имѣетъ большую твер-

¹⁾ См. приложение II.

дость и вслѣдствіе прочной связи цѣз цемента всей плотины, представляющей собою какъ бы цѣльную каменную массу, ударъ объ нее плывущей льдины будетъ совершаться при другихъ условіяхъ. Во-первыхъ, этотъ ударъ совершится въ самое короткое время, по причинѣ твердости матеріала плотины и въ это чрезвычайно короткое время вся живая сила плывущей льдины должна быть уничтожена; во-вторыхъ, дѣйствіе удара, какъ почти мгновенное, произведетъ сильное сотрясеніе, не только въ частицахъ камня получающихъ непосредственно ударъ, но и на большомъ разстояніи отъ мѣста удара, вслѣдствіе плотной связи всѣхъ частей плотины и большой упругости ея матеріала. Результатомъ подобныхъ повторяющихся ударовъ, если не будетъ раздробленія камня, то будетъ разъединеніе швовъ каменной кладки, затѣмъ быстрое просачиваніе и разрушеніе плотины. Поэтому-то въ юго-западномъ краѣ, гдѣ у насъ бывають каменные плотины, онѣ часто предохраняются отъ ледохода деревянной обшивкой. Если бы льдина (въ вышеприведенномъ примѣрѣ г. *Майера*) въ 10 саженой длины, 5 саж. ширины и въ 1 арш. толщины, вѣсомъ около 12.000 пудовъ, ударила бы въ плотину со скоростью только 10 футовъ въ секунду (скорость, какъ увидимъ, во время весеннихъ разливовъ не весьма большая), то дѣйствіе удара, выражающееся чрезъ $12.000 \cdot (10)^2$, было бы въ 120.000 разъ сильнѣе удара тѣла въ пудъ вѣсомъ, ударяющаго со скоростью одного фута въ секунду. Г. *Майеръ* приводитъ очень наглядный и поучительный примѣръ ослабленія силы удара чрезъ уменьшеніе скорости: „Плотину на рѣчкѣ Раковкѣ (въ Новосильскомъ уѣздѣ Тульской губерніи въ с. Маховомъ, г. Шатилова), говоритъ онъ, до 1823 года каждый годъ передъ полою водою разбирали. Въ этомъ году я устроилъ ее вновь и рѣшился удержать ледъ на прудѣ тремя рядами свай, чтобы не разбирать плотины, что всегда останавливало дѣйствіе винокуренного завода... Полая вода 1845 года, сокрушивъ большую часть плотинъ, неминуемо подвергла бы тому же и здѣшнюю, если бы ее не спасла счастливая, но довольно смѣлая мысль. Уже ледъ здѣшняго пруда кое-какъ проводили и думали, что этимъ кончено, какъ вдругъ 22-го апрѣля неожиданно принесло ледъ съ пяти верхнихъ прудовъ, который считали уже прошедшимъ. Онъ дошелъ до первой рѣжи (ряда свай), набитой для подобнаго случая въ 350 саженьяхъ отъ плотины, проломилъ ее съ *перваго соприкосновенія* и двинулся къ плотинѣ. Къ счастью я узналъ объ этомъ довольно скоро, отправился на плотину и увидѣлъ приближающуюся огромную массу льда, отъ которой ближайшая рѣжа и плотина никакъ не могли бы устоять. Это дѣло было большой важности, ибо, если бы ледъ сломилъ плотину, то та же участь постигла бы три моста и можетъ быть другую мельницу. Не знаю, какъ-то я, *сверхъ чаянія нашелся* и велѣлъ запереть воду, что людей весьма удивило, такъ что я принужденъ былъ свое приказаніе повторить раза три. Увидѣвши потомъ, что ледъ, по поднявшейся тотчасъ водѣ, надвинулся большею частию на берега, я приказалъ шедшую черезъ всю плотину воду по малу спустить (я на это могъ рѣшиться, бывъ увѣренъ въ

крѣпости самой плотины, которую эта вода безъ льда снести не могла). Такимъ образомъ вода *умѣреннымъ стремленіемъ* принесла оставшіяся на стремѣ ледъ къ послѣдней передъ плотиною рѣзѣ, гдѣ онъ и остановился. На другой день утромъ, всѣ съ удивленіемъ смотрѣли на огромныя массы льда, обмелѣвшія по берегамъ, отъ которыхъ, если бы онѣ *пришли къ плотинѣ со всего разбѣга*, ни эта 23-хъ лѣтняя и ни какая другая плотина не могла бы устоять¹⁾.

Обращаясь теперь къ разсмотрѣнію удара воды, находящейся въ движеніи, мы должны, прежде всего, по возможности ясно установить то различіе, которое является при ударѣ твердаго тѣла о другое твердое же и при ударѣ движущейся воды о твердое тѣло, которое она встрѣчаетъ при своемъ движеніи. Твердое тѣло, встрѣчая при своемъ движеніи другое твердое тѣло, неподвижное или находящееся то же въ движеніи, сообщаетъ ему почти мгновенно всю работу, или часть работы, отъ превращенной въ работу живой силы; по окончаніи этого мгновенія всякое дѣйствіе ударяющаго тѣла на ударяемое прекращается и полное дѣйствіе удара уже сообщено, или произведено. Ударъ же, сообщаемый массою движущейся воды, необходимо раздѣлить на два момента: 1) масса воды, имѣющая извѣстную скорость, можетъ встрѣтить неподвижную поверхность твердаго тѣла, находящагося до того на нѣкоторомъ разстояніи и въ моментъ перваго соприкосновенія произвести ударъ на эту поверхность, котораго дѣйствіе будетъ сходно съ дѣйствіемъ удара твердаго тѣла, и 2) когда масса воды, встрѣтивъ уже поверхность твердаго тѣла и произведя первое столкновеніе, продолжаетъ затѣмъ непрерывно повторяющіеся удары, то это дѣйствіе почти можно сравнить съ простымъ давленіемъ на эту поверхность, и которое, въ отличіе отъ гидростатическаго, называется гидравлическимъ давленіемъ. Во второмъ случаѣ дѣйствіе движущейся воды заключается въ томъ, что ея частицы, смѣняющія одна другую безъ перерыва, производятъ рядъ слабыхъ, непрерывающихся ударовъ, которые, вслѣдствіе ничтожной величины массы каждой отдѣльной частицы, и непрерывности дѣйствія, можно уподобить простому гидростатическому давленію, но сумма которыхъ составляетъ однако механическое дѣйствіе удара, и лишь вслѣдствіе непрерывности ихъ можетъ быть выражаема вѣсомъ или давленіемъ. Все равно какъ напряженіе тяжести дѣйствуютъ непрерывно на поверхность, которая не можетъ уступить этому давленію, или какъ пружина, которая постоянно давитъ на неподвижное тѣло.

Опытъ дѣйствительно подтверждаетъ такое заключеніе.

Представимъ себѣ, что въ бассейнѣ *ABCD* уровень воды *AB* поддерживается постоянно на одной высотѣ. Если въ боковой его стѣнѣ сдѣлаемъ грубое отверстіе *cd*, и пустимъ изъ него струю воды *l* на поверхность пластинки *mn* пружиннаго динамометра *F*, установленной прямо противъ водяной струи *l*, то увидимъ, что указатель динамометра

Черт. I.
фиг. 8.

¹⁾ Мы здѣсь нарочно подчеркнули тѣ мѣста, какъ бы безотчетныхъ разсужденій г. Майера, но которыя совершенно согласны съ теоріей удара.

стоявшій прежде на дѣленіи O , т.-е. когда не было никакого давленія, въ моментъ соприкосновенія жидкой струи съ пластинкой mn передвинется въ какую нибудь точку b , а потомъ тотчасъ отойдетъ назадъ въ точку a и останется на ней во все время истеченія. Если бы мы закрыли отверстіе cd , то указатель опять сталъ бы на дѣленіе O ; при открытіи же онъ вновь дойдетъ до точки b и затѣмъ опять возвратится и останется въ a , пока струя воды будетъ ударять въ пластинку mn . Такъ какъ въ моментъ соприкосновенія жидкой струи съ пластинкой mn , указатель прошелъ пространство ob , причеъ во все время прохожденія имъ этого пространства пружина динамометра сжималась, то изъ этого слѣдуетъ, что въ моментъ первого удара совершилась нѣкоторая механическая работа, въ которую превратилась живая сила движущейся воды при ударѣ и которая выразилась сдавливаніемъ пружины на протяженіи ob . А потому дѣйствіе удара воды первого рода, должно быть разсматриваемо какъ и ударъ твердыхъ тѣлъ, и слѣдовательно механическое его дѣйствіе должно быть пропорціонально живой силѣ движущейся массы воды.

Затѣмъ, такъ какъ при дальнѣйшемъ истеченіи струи указатель остается постоянно въ точкѣ a , то очевидно что въ этомъ случаѣ дѣйствіе воды измѣняется простымъ давленіемъ, величина котораго опредѣляется положеніемъ точки a на шкалѣ динамометра.

Такъ какъ мы здѣсь не занимаемся собственно изслѣдованіемъ этого вопроса, а для насъ важны конечные результаты даваемые въ этомъ отношеніи теоріею и опытомъ, то скажемъ кратко, что *Ньютонъ*, а за нимъ и другіе физики предполагали гидравлическое давленіе воды равнымъ вѣсу призмы жидкой струи, имѣющей основаніемъ площадь сѣченія струи, и высоту удвоенную высоту соотвѣтствующую скорости истеченія. Но однако послѣдующіе опыты *Боссю* и многихъ другихъ привели къ заключенію, что дѣйствіе удара жидкой струи пропорціонально высотѣ соотвѣтствующей скорости истеченія или, что одно и то же, пропорціонально квадрату этой скорости. Опытъ подтвердилъ также, что это дѣйствіе удара воды пропорціонально числу ударяющихъ жидкихъ частицъ, или площади сѣченія жидкой струи по выходѣ ея изъ отверстія. А потому вообще, обозначая чрезъ P — механическое дѣйствіе удара воды, чрезъ s — площадь сѣченія жидкой струи, чрезъ h — высоту уровня воды въ бассейнѣ надъ серединою отверстія, чрезъ v — скорость паденія соотвѣтствующую высотѣ h , или скорость истеченія жидкой струи (см. гл. IV, ст. 12 и 13) чрезъ Δ — вѣсъ кубическаго фута воды (1,73 пуда) и чрезъ n — численный коэффициентъ опредѣляемый опытомъ, будетъ:

$$P = \Delta \cdot n \cdot s \cdot h. \quad \text{и какъ } h = \frac{v^2}{2g} \text{ то}$$

$$P = \frac{\Delta \cdot n \cdot s \cdot v^2}{2g}.$$

Величина коэффициента n въ большинствѣ опытовъ оказывалась равною 2, особенно если пластинка mn имѣла достаточную поверхность, чтобы принять на себя удары всѣхъ жидкихъ частицъ воды. Но чтобы происходилъ ударъ воды, очевидно необходимо, чтобы пластинка mn

была на нѣкоторомъ разстояніи отъ отверстія cd ; ибо если бы пластинка непосредственно прикасалась къ отверстию cd , то на нее происходило бы простое гидростатическое давленіе, какъ вообще на стѣнѣ бассейна, а не гидравлическое, при которомъ вода встрѣчаетъ ее съ нѣкоторой скоростью движенія. По мѣрѣ удаленія пластинки mn отъ отверстія cd , дѣйствіе удара воды увеличивается до нѣкотораго разстоянія, а затѣмъ, при дальнѣйшемъ увеличеніи этого разстоянія, вслѣдствіе уменьшенія скорости воды отъ сопротивленія воздуха и расхожденія водяной струи, это дѣйствіе опять уменьшается. Такъ, напримѣръ, *Бидонъ* при своихъ опытахъ нашелъ, что при струѣ діаметромъ въ 0,089 фута, наибольшее разстояніе пластинки для наибольшаго дѣйствія удара, было 0,52 фута; и тогда для коэффициента n получилась цифра 2,22. Вещество, изъ котораго сдѣлана пластинка mn и степень ея полировки имѣютъ вліяніе на величину коэффициента n и слѣдовательно на величину гидравлическаго давленія; такъ напримѣръ *Джумани* нашелъ, что при одинаковыхъ условіяхъ это давленіе на желѣзную пластинку было болѣе чѣмъ на деревянную.

Опыты *Морози* и *Бидона* подтвердили, что если пластинку mn окружить небольшими бортами, или закраинами mr , ns , то гидравлическое давленіе значительно увеличивается; но однако высота этихъ закраинъ имѣетъ также свои предѣлы, за которыми давленіе опять начинаетъ уменьшаться. При закраинахъ, наибольшая величина n доходила до 3,93 и тогда гидравлическое давленіе было въ 1,77 разъ болѣе чѣмъ при пластинкѣ безъ закраинъ. Но всѣ предыдущія формулы и цифры относятся собственно до втораго момента гидравлическаго давленія, а не до перваго удара воды. *Бидонъ* опредѣляя опытами дѣйствіе этого перваго удара, находитъ его иногда вдвое больше постояннаго гидравлическаго давленія. Подвергая дѣйствію перваго удара пластинки съ закраинами, онъ нашелъ, что коэффициентъ n увеличивался до 5,36.

На это дѣйствіе перваго удара воды, должно быть обращено большое вниманіе, говоритъ *д'Обюссонъ*: плотина, которой придали бы двойное сопротивленіе противъ могущаго дѣйствовать на нее гидравлическаго давленія, можетъ быть разрушена мгновеннымъ ударомъ большой волной воды, точно такъ какъ иное строеніе можетъ хорошо сопротивляться гѣйствію самаго сильнаго, но ровнаго вѣтра, но можетъ быть опрокинута случайнымъ сильнымъ порывомъ бури.

Для опредѣленія гидравлическаго давленія, не отдѣльной струи воды, а не опредѣленной ея массы, когда она при движеніи съ извѣстной скоростью встрѣчаетъ на своемъ пути неподвижную поверхность какого либо тѣла, служитъ также самая формула $P = \frac{\Delta \cdot n \cdot s \cdot v^2}{2g}$, но въ которой s изображаетъ площадь неподвижной поверхности, принимающей ударъ воды, а v — среднюю скорость движущейся массы воды. Эту формулу мы можемъ представить чрезъ $P = k \cdot s \cdot v^2$, если сдѣлаемъ $k = \frac{\Delta}{2g} \cdot n$; причѣмъ опыты показываютъ, что въ этомъ случаѣ $n = 1,864$ и $k = 0,05$.

Если бы струя l воды ударила пластинку mn не нормально, или перпендикулярно къ ея поверхности, а подъ угломъ β а n равнымъ α

градусовъ, то гидравлическое давленіе P воды на пластинку. выраженное длиною линіи ac , помощію параллелограмма силъ, мы могли бы разложить на два: одно P' , нормальное къ поверхности пластинки mn , величина котораго выразится линіею ad , и другое P'' , идущее по поверхности пластинки mn и слѣдовательно не оказывающее на нее никакого давленія, и величина котораго выразится длиною af . А потому гидравлическое давленіе на пластинку будетъ только

$$P' = ad = cf = ac \cdot \text{Sin} \alpha^1) = P \cdot \text{Sin} \alpha = \frac{\Delta \cdot n \cdot s \cdot v^2 \cdot \text{Sin} \alpha}{2g} = k \cdot s \cdot v^2 \cdot \text{Sin} \alpha.$$

Съ уменьшеніемъ угла α , встрѣчи направленія струи съ поверхностью пластинки mn , уменьшается и $\text{Sin} \alpha$, а слѣдовательно уменьшается и нормальное давленіе P' . Рядъ опытовъ произведенныхъ докторомъ Винсомъ (Vince) подъ углами наклоненія струи къ пластинкѣ отъ 10° до 90° показываетъ, что величина нормального давленія P' дѣйствительно пропорціональна синусу угла встрѣчи, въ особенности при большихъ углахъ, или при большой величинѣ α .

Черт. II.
• фиг. 10.

Чтобы показать примѣръ вычисленія гидравлическаго давленія, представимъ себѣ, что неопредѣленный потокъ воды, представленный въ планѣ на фигурѣ 10, встрѣчаетъ неподвижную плоскость mn , площадь которой составляетъ 600 кв. футовъ, съ средней скоростью теченія въ 5 футовъ въ секунду; причемъ направленіе движенія воды нормально къ плоскости mn . Тогда $v = 5$ фут. $s = 600$ кв. фут. и $k = 0,05$; слѣдов. изъ формулы $P = k \cdot s \cdot v^2$ будемъ имѣть $0,05 \cdot 600 \cdot 25 = 750$ пудовъ для постояннаго гидравлическаго давленія на плоскость mn . Если бы вода встрѣчала неподвижную плоскость $m'n'$ не нормально, или перпендикулярно, а подъ угломъ напр. въ 45° , тогда $\alpha = 45^\circ$ а $\text{Sin} \alpha = \text{Sin} 45^\circ = 0,707$ и величина гидравлическаго давленія изъ формулы $P' = k \cdot s \cdot v^2 \cdot \text{Sin} \alpha$ была бы: $0,05 \cdot 600 \cdot 25 \cdot 0,707 = 530,25$ пудовъ. — Если бы на фиг. 11, представляющей разрѣзъ русла, пластинка pq или $p'q'$ представляла бы лопатку гидравлическаго колеса, которая сама двигалась бы со скоростью u , тогда вода встрѣчала бы ее только съ относительной скоростью $v - u$ и тогда формулы для гидравлическаго давленія приняли бы видъ:

Черт. II.
• фиг. 11.

$P = k \cdot s \cdot (v - u)^2$ и $P = k \cdot s \cdot (v - u)^2 \cdot \text{Sin} \alpha$. И если бы площадь лопатки была 10 кв. фут., скорость теченія воды $v = 10$ фут. скорость движенія лопатки $u = 5$ фут. и $\alpha = 45^\circ$, тогда величина гидравлическаго давленія воды на лопатку въ положеніи pq , было бы:

$$P = 0,05 \cdot 10 \cdot 25 = 12,5 \text{ пудовъ; а въ положеніи } p'q' \text{ было бы:}$$

$$P' = 0,05 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 0,707 = 8,84 \text{ пуд.}$$

Обращаясь теперь къ тѣмъ случаямъ, въ которыхъ могутъ имѣть примѣненія приведенныя нами правила для опредѣленія гидравлическаго давленія воды, мы прежде всего замѣтимъ, что этого рода давленіе, при нормальномъ состояніи уровня воды въ потокѣ запруженной рѣки, чаще будетъ имѣть мѣсто при водосливныхъ плотинахъ, чѣмъ при створча-

1) См. приложение XV.

тыхъ. Водосливныя плотины, какъ мы говорили выше, поднимающія за собою воду на небольшую высоту и вслѣдствіе того не образующія за собою обширныхъ прудовъ, устраиваются, притомъ, на рѣкахъ съ значительнымъ притокомъ и потому излишняя вода, переливаясь почти постоянно черезъ гребень водослива, притекаетъ къ плотинѣ иногда съ значительною скоростью, вслѣдствіе чего оказываетъ на плотину, не только гидростатическое, но и гидравлическое давленіе, которое должно быть принимаемо во вниманіе при исчисленіи прочности или устойчивости плотины. При плотинахъ же створчатыхъ, устраиваемыхъ обыкновенно на рѣчкахъ съ небольшимъ притокомъ, поднимающихъ воду иногда на значительную высоту и вслѣдствіе того образующихъ за собою, особенно когда уклонъ русла рѣчки не великъ, обширные пруды, вода достигаетъ плотины потерявъ почти всю свою скорость, а потому, при нормальномъ состояніи уровня воды въ рѣкѣ, плотина съ водоспускомъ не подвергается почти никакому гидравлическому давленію, а только гидростатическому.

Но вопросъ измѣняется, какъ для водосливныхъ, такъ и для створчатыхъ плотинъ, во время весеннихъ и другихъ разливовъ рѣки. Тогда рѣка несетъ объемъ воды несравненно бѣльшій противъ нормальнаго притока, чрезъ что скорость теченія рѣки возрастаетъ значительно и вода уже достигаетъ плотины иногда съ очень большою скоростью теченія. Въ этихъ случаяхъ на плотины обоого рода можетъ происходить большое гидравлическое давленіе и даже ударъ, а потому прочность сооруженія должна быть основана на возможныхъ наибольшихъ гидростатическихъ и гидравлическихъ давленіяхъ, могущихъ встрѣтиться при наиболѣе сильныхъ разливахъ рѣки.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда плотина можетъ подвергнуться и дѣйствию *перваго удара воды*, который въ 3 и даже въ 4 раза дѣйствуетъ разрушительнѣе на плотину и водоспуски, сравнительно съ постояннымъ гидравлическимъ давленіемъ, хотя его дѣйствіе и очень кратковременно, то и это обстоятельство необходимо принимать во вниманіе при исчисленіи прочнаго сопротивленія плотины. Случаи эти зависятъ отъ свойства бассейна рѣки и ея притоковъ и отъ выше лежащихъ заградъ. Иногда, отъ множества притоковъ, сходящихъ въ бассейнъ рѣки, отъ крутизны ихъ уклоновъ, отъ возможности и удобства для воды, вслѣдствіе проливныхъ дождей, быстро скатываться со всѣхъ частей бассейна въ русло рѣки, одинъ сильный ливень надъ бассейномъ рѣки съ ея притоками можетъ быстро принести въ прудъ большой объемъ воды, движущійся съ большою скоростью и его быстро катящаяся волна можетъ произвести сильный первый ударъ на плотину. Равнымъ образомъ, то же самое можетъ случиться, если вода сорветъ одну или двѣ выше лежащія на той же рѣкѣ плотины и разомъ принесетъ массу воды изъ ихъ прудовъ въ прудъ ниже ихъ лежащей плотины. Иногда, и даже чаще, обѣ эти причины соединяются вмѣстѣ и вслѣдствіе того производятъ еще болѣе разрушительное дѣйствіе отъ перваго удара.

Такъ, въ селѣ Ворошиловѣ, Рославльскаго уѣзда Смоленской губерніи, лѣтомъ 1856 года (если только насъ не обманываетъ память), во время проливнаго дожда въ верхней части бассейна р. Стомятки, на которой находится Ворошиловская запруда, сорвало плотину выше лежащаго на той же рѣкѣ пруда и вода этого пруда, вмѣстѣ съ дождевою, быстро пришла въ прудъ Ворошиловскій. Несмотря на то, что площадь этого пруда заключала въ себѣ около 40 десятинъ, по словамъ владѣльца имѣнія, бывшаго въ то время на плотинѣ, пришедшая вода шла по поверхности его пруда валомъ до одного аршина высотой и съ значительной скоростью. Въ моментъ прикосновенія этого вала съ плотиною, или во время *перваго удара*, земляная, старинная съ проѣзжей дорогой, плотина устояла, но деревянный водоспускъ былъ вырванъ со всѣмъ основаніемъ, переломанъ и вода вырыла ниже водоспуска яму, или буковище, въ 9 аршинъ глубиною. На другой день мы лично видѣли только результаты этого дѣйствія воды.

Чтобы по возможности предохранить сливные полы, а также перья, или лопатки гидравлическихъ колесъ отъ разрушительнаго дѣйствія перваго удара воды, очевидно необходимо поднимать щиты въ водоспускахъ съ нѣкоторою медленностью и постепенностью, а не вдругъ, чтобы не пускать сразу падать на нихъ большому объему воды.

Наконецъ, изъ предыдущаго мы также заключаемъ, что чѣмъ откосъ плотины, обращенный противъ теченія воды, будетъ болѣе наклоненъ къ горизонту, или чѣмъ онъ будетъ отложе, тѣмъ дѣйствіе на него гидравлическаго давленія и перваго удара будутъ слабѣе; и что, слѣдовательно, для прочности плотины, выгодно дѣлать отмель у става и откосъ у плотины, обращенные къ водѣ пруда какъ можно отложе.

Какъ увидимъ ниже, ударъ воды имѣетъ особенно важное значеніе въ приморскихъ сооруженіяхъ.

ГЛАВА IV.

ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ.

12. Законы движения воды.—Въ движениі воды различаютъ *движеніе постоянное* и *движеніе переменное*. Характеръ перваго заключается въ томъ, что высота уровней, площади поперечныхъ сѣченій жидкой массы и скорости теченія въ каждой точкѣ того же поперечнаго сѣченія, остаются тѣ же самыя во все время движенія воды. Въ переменномъ движениі, наоборотъ, высота уровней, величина площадей сѣченій и скорости воды въ каждой точкѣ живаго сѣченія измѣняются. Очевидно, что перваго рода движеніе можетъ происходить въ сосудахъ однообразной формы, или въ трубкахъ, а также въ правильно устроенныхъ каналахъ и руслахъ; втораго же рода движеніе происходитъ въ рѣкахъ, гдѣ постоянно мѣняются высоты уровней воды, величины площадей сѣченій и скорости воды въ каждой точкѣ живаго сѣченія. Для возможности примѣненія математическаго анализа и вычисленій къ условіямъ движенія жидкостей, геометры и физики должны были допустить два предположенія: 1) *непрерывность въ массѣ жидкости*, и 2) *параллелизмъ слоевъ*. Первая гипотеза заключается въ томъ, что частицы жидкости представляются вездѣ между собою соприкасающимися, не оставляя нигдѣ промежутка въ средѣ жидкой массы. Предположеніе это согласуется съ свойствами жидкостей, какова вода ¹⁾; а изъ него непосредственно слѣдуетъ, что объемъ воды не измѣняется чувствительно при тѣхъ небольшихъ давленіяхъ, которыя она обыкновенно претерпѣваетъ при теченіи въ рѣкахъ, каналахъ и руслахъ; и что объемъ этотъ остается одинъ и тотъ же при проходѣ въ каждомъ живомъ сѣченіи. То-есть, что въ каждомъ живомъ сѣченіи и въ каждомъ слоеъ этого сѣченія въ одинаковой величины мгновеніе проходитъ одинъ и тотъ же объемъ воды. Законъ этотъ, для постояннаго теченія, былъ установленъ знаменитымъ художникомъ *Леонардомъ де-Винчи* ²⁾. Вто-

¹⁾ Но это предположеніе не относится собственно до молекулъ, разстоянія между которыми, вслѣдствіе ихъ собственнаго движенія, безконечно малы.

²⁾ Художнику живописцу, Леонарду де-Винчи, принадлежит приложеніе гидравлики, какъ науки, къ гидротехническимъ сооруженіямъ въ Сѣверной Италіи, гдѣ эти устройство плотинъ.—часть 1.

рая гипотеза, параллелизма слоевъ — предполагаетъ, что въ сѣченіяхъ нормальныхъ, или перпендикулярныхъ, къ оси фигуры движущейся жидкой массы, или къ общему направленію ея движенія, струи жидкости, проходящія чрезъ эти сѣченія, перпендикулярны къ ихъ плоскости, обладаютъ одинаковыми скоростями и что давленія сохраняются однѣ и тѣ же на всемъ пространствѣ этихъ сѣченій. Эта гипотеза довольно близка къ истинѣ въ тѣхъ случаяхъ, когда вода движется въ сосудахъ, каналахъ, водопроводныхъ трубахъ, которыхъ правильная форма остается постоянною, или мѣняется лишь весьма нечувствительно. Но во всѣхъ другихъ случаяхъ, когда происходятъ быстрыя измѣненія въ направленіи движенія, въ живыхъ сѣченіяхъ и въ скоростяхъ теченія, струи воды не остаются параллельными и эта гипотеза не можетъ имѣть приложенія. Въ этихъ случаяхъ теоретическія указанія должны быть управляемы практическими наблюденіями и опытами.

А потому въ вопросахъ о движеніи воды рѣдко пользуются аналитическими, весьма сложными и не всегда точными формулами, а чаще эмпирическими, выводимыми изъ опытовъ и наблюденій, съ поправкой ихъ, для каждаго случая, численными коэффициентами. „Всякая теоретическая формула, говоритъ г. Тиме ¹⁾, получаетъ вполне практическое значеніе только по исправленіи ея опытными коэффициентами. Число необходимыхъ коэффициентовъ для исправленія теоретическихъ выводовъ обыкновенно тѣмъ больше, чѣмъ формула сложнѣе. Если при этомъ принять въ соображеніе, что точное опредѣленіе путемъ опыта многихъ изъ коэффициентовъ весьма затруднительно и даже, при настоящемъ состояніи экспериментальной части, часто почти невозможно, то вообще можно принять, что величина погрѣшностей пропорціональна числу коэффициентовъ, а потому болѣе простыя (приблизительныя, т.-е. эмпирическія) формулы, исправленныя меньшимъ числомъ коэффициентовъ, могутъ часто оказываться на практикѣ болѣе точными, нежели болѣе сложныя, хотя и болѣе рациональныя въ теоретическомъ отношеніи, формулы“. Употребленіе этихъ формулъ необходимо встрѣчается на практикѣ, при устройствѣ водоспусковъ, водосливовъ, приводныхъ и отводныхъ каналовъ и руслъ. Прежде всего намъ необходимо указать на способы опредѣленія скорости теченія воды въ тѣхъ случаяхъ, которые относятся къ устройству плотинъ, водоспусковъ, приводныхъ и отводныхъ каналовъ и руслъ. Только зная скорость теченія воды, мы можемъ опредѣлять объемъ ея, протекающій въ ручьяхъ, рѣчкахъ, каналахъ или руслахъ, или проходящій сквозь щитовыя отверстія на гидравлическіе пріемники и сквозь водоспуски или чрезъ водосливы въ плоти-

сооруженія достигли такого совершенства, что съ ними, въ практическомъ отношеніи, могъ въ то время соперничать только Китай. Построеніе шлюзовъ на кавалахъ введено въ Ломбардіи еще въ XIII столѣтіи, а въ концѣ XV столѣтія шлюзовая система применена Леонардомъ де-Винчи къ двумъ каналамъ, соединяющимъ рр. Тичино и Адду. Около этого же времени введено имъ устройство шлюзовъ во Франціи. Подлинныя его сочиненія по гидравлическимъ сооруженіямъ хранятся въ Миланскомъ музеѣ.

¹⁾ Горнозаводская механика. Ивана Тиме. С.-Петербургъ. 1879 г. Т. I, стр. 5.

нахъ и сообразно этому объему давать имъ надлежащiе размѣры; равнымъ образомъ намъ необходимо умѣть опредѣлять скорость воды, притекающей на гидравлическiе прiемники, такъ какъ отъ этой скорости зависитъ количество ихъ полезнаго дѣйствiя.

Мы уже выше замѣтили, что дѣйствiе тяжести, или земное притяженiе, есть единственная сила, которая дѣйствуетъ на массу воды, заключающуюся въ руслѣ рѣки, или канала, въ бассейнѣ, или сосудѣ. Въ первомъ случаѣ, если дно русла имѣетъ наклонъ, то частицы воды скользятъ по этому руслу какъ по наклонной плоскости, и разъ когда масса воды пришла въ движенiе, то она, вслѣдствiе прiобрѣтенной скорости, продолжаетъ движенiе и въ тѣхъ частяхъ русла, которыя не имѣютъ уклона и можетъ на нѣкоторомъ протяженiи продолжать движенiе даже въ тѣхъ частяхъ русла, которыя имѣютъ обратный уклонъ и слѣдовательно восходить на наклонную плоскость русла. Но во всѣхъ этихъ случаяхъ движенiе продолжается потому, что частицы воды на поверхности не остаются на одной горизонтальной плоскости, а образуютъ также уклонъ на этой поверхности по направленiю русла. Въ бассейнѣ же, или сосудѣ, всѣ давленiя воды, вслѣдствiе дѣйствiя тяжести, уравниваются взаимно сопротивленiемъ стѣнокъ сосуда и масса воды имѣетъ движенiе только до тѣхъ поръ, пока поверхность ея не приняла формы горизонтальной плоскости; затѣмъ всякое движенiе въ массѣ воды прекращается. А потому въ гидравликѣ принимается за основанiе, что *движенiе частицъ воды въ рѣкахъ и каналахъ происходитъ только отъ наклоннаго положенiя поверхности жидкости*, и что только при наклонномъ положенiи этой поверхности дѣйствiе тяжести можетъ заставитьъ частицы воды, находящiяся выше, скользить одна по другой и опускаться ниже, производя самое движенiе. Если наклонъ поверхности ab воды въ какомъ нибудь очень тонкомъ вертикальномъ слѣѣ ея $aa'bb'$, съ горизонтальной линiей bc составляетъ уголъ α , то ускоренiе отъ дѣйствiя тяжести для каждой частицы воды будетъ $g \sin \alpha$. То-есть если бы дѣйствiе силы тяжести на частицу воды продолжалось секунду времени, то она придала бы этой частицѣ скорость равную $g \sin \alpha$, которая и будетъ выражать собою ускоряющую силу, зависящую только отъ наклона поверхности воды. Этотъ наклонъ можетъ непрерывно мѣняться, какъ это часто и случается въ рѣкахъ, но можетъ оставаться и постояннымъ на большомъ протяженiи и тогда продольное сѣченiе поверхности воды составитъ прямую линiю. Это явленiе и бываетъ часто въ правильныхъ каналахъ, у которыхъ уклонъ дна и поперечный профиль постоянны; въ такихъ каналахъ устанавливается постоянное, однообразное движенiе, при которомъ продольныя линiи AB поверхности воды, и $A'B'$ дна канала, не могутъ ни сходиться, ни расходиться и слѣдовательно будутъ параллельны; а тогда слѣдовательно наклонъ поверхности воды и дна канала будетъ одинъ и тотъ же.

Черт. II.
фиг. 12.

Если изъ какой нибудь точки A поверхности рѣки, или канала, проведемъ горизонтальную линiю AN , то вертикальная линiя DN будетъ паденiе рѣки или канала по длинѣ AD . Эта вертикальная линiя

Черт. II.
фиг. 13.

Черт. II.
• п. 14.

DH будетъ абсолютное или полное паденіе, если AD есть вся длина канала; и будетъ относительное паденіе, или паденіе на версту, на сажень, на футъ, или просто паденіе, если AD равно верстѣ, сажени, или одному футу, который мы принимаемъ за единицу мѣры длины. При одинаковомъ паденіи всего канала, если паденіе на длинѣ одного фута означимъ чрезъ q , то для какой либо длины $AD=l$ части канала (если $DH=h$ будетъ разница уровней между двумя оконечностями этой длины) всегда будетъ $q=\frac{h}{l}$. Уголъ DAH называется *уклономъ* теченія и если уклонъ теченія, или уголъ DAH , означимъ чрезъ α , то будетъ $q=\text{Sin}\alpha$. *Живое сѣченіе* рѣки или канала, есть площадь сѣченія $abcd$ массы протекающей въ нихъ воды, плоскостью перпендикулярною къ оси теченія; мы будемъ обозначать эту площадь чрезъ F ¹⁾. *Периметръ прикосновенія воды* со стѣнками и дномъ канала, или ливію $a b c d$ (безъ линіи $a d$) будемъ обозначать черезъ p . *Дюбуа* называетъ среднимъ радіусомъ сѣченія—отношеніе $\frac{F}{p} = r$.

Если въ каналѣ, у котораго паденіе дна постоянное на всемъ его протяженіи и равное q , установилось постоянное теченіе и наклонъ поверхности воды сдѣлался параллельнымъ дну канала, то ускоряющая сила тяжести $g \text{ Sin}\alpha$, дѣйствующая на частицы воды, такъ какъ $\text{Sin}\alpha=q$, будетъ $g \cdot q$. Движеніе воды въ каждую секунду времени ускорилось бы на величину $g \cdot q$ и слѣдовательно было бы *равномѣрно ускоренное*; между тѣмъ опытъ показываетъ, что оно дѣлается очень скоро равномѣрнымъ, даже въ каналахъ съ значительнымъ паденіемъ. Боссю (Bossut) провелъ воду въ искусственный деревянный каналъ длиною въ 200 метровъ съ уклономъ въ $\frac{1}{10}$ на каждый метръ длины, и раздѣлилъ его на части, каждую въ 33 метра длиною; только въ первомъ дѣленіи вода еще протекала ускоренно, а во всѣхъ остальныхъ дѣленіяхъ она пробѣгала въ одинаковое число секундъ и слѣдовательно движеніе ея уже было равномѣрное. А потому очевидно, что происходило сопротивленіе движенію воды, которое уравновѣшивало ускорительное дѣйствіе тяжести, вслѣдствіе чего вода начинала двигаться съ постоянною скоростію. То же самое замѣчается и при движеніи воды въ трубахъ. Въ каналахъ нѣтъ другой причины, замедляющей движеніе воды, какъ только сопротивленіе этому движенію отъ стѣнокъ русла; также какъ въ трубахъ, отъ стѣнокъ этихъ трубъ. Относительно свойства этого сопротивленія движенію воды въ рѣкахъ, каналахъ и трубахъ, вслѣдствіе соприкасання воды съ стѣнками русла вообще, *д'Обюиссонъ* замѣчаетъ, что когда вода во время движенія прикасается къ поверхности какаго либо тѣла, она смачиваетъ эту поверхность; т.-е. тонкій слой жидкости прилипаетъ къ этой поверхности, частицы воды входятъ въ поры этой поверхности и чрезъ это вхожденіе, и вслѣдствіе частичнаго притяженія, перестаютъ двигаться. По этимъ остановившимся жидкимъ частицамъ движется остальная масса воды; частицы ближайшаго къ нимъ слоя движущейся воды,

1) См. приложение XXIV.

скользя по нимъ и непосредственно соприкасаясь съ ними, уменьшаютъ свою скорость; и это уменьшеніе скорости передается отъ одного ближайшаго слоя къ слѣдующему и такимъ образомъ вся масса воды принимаетъ нѣкоторую среднюю скорость меньшую той, которая была бы безъ этого дѣйствія стѣнокъ русла и нѣкоторой связи, или неполной подвижности самыхъ частицъ воды, вслѣдствіе ихъ частичнаго притяженія. Причину этого уменьшенія скорости общаго теченія часто приписываютъ непосредственному тренію воды о стѣнки русла: но такое треніе, если оно существуетъ, имѣетъ совершенно иной характеръ и иныя свойства чѣмъ треніе, существующее между твердыми тѣлами, такъ какъ оно не зависитъ ни отъ давленія, ни отъ свойства трущихся поверхностей, какъ это существуетъ при треніи твердыхъ тѣлъ¹⁾. Дюбуа непосредственными опытами убѣдился, что сопротивленіе при движеніи воды не зависитъ отъ давленія; равнымъ образомъ онъ не нашелъ никакого измѣненія въ треніи въ тѣхъ случаяхъ, когда вода двигалась по стеклу, свинцу, олову, желѣзу, дереву и различнымъ родамъ земли. Что же касается нѣкоторой степени связности между частицами воды, вслѣдствіе которой движущіяся частицы увлекаютъ съ собою соприкасающіяся къ нимъ частицы воды, находящіяся въ покоѣ (изъ чего можно заключить и наоборотъ, что находящіяся въ покоѣ частицы задерживаютъ движеніе соприкасающихся съ ними движущихся частицъ); то это явленіе доказывается слѣдующимъ опытомъ *Вентури*: къ резервуару *A*, уровень воды въ которомъ поддерживается притокомъ на одной высотѣ, придѣлывается ящикъ *B*, наполненный водою, въ который кладется корыто, или жолобъ *a b*, открытый съ обѣихъ концовъ и который дномъ лежитъ на стѣнкѣ ящика *B*. У нижней части стѣнки резервуара сдѣлано отверстіе, въ которое вставлена короткая трубка *c c*. Какъ только открывалась трубка *c c*, то выходящая изъ нея струя воды, проходя сквозь воду, находящуюся въ открытомъ жолобѣ *a b*, увлекала съ собою соприкасающіяся къ ней частицы, которыя замѣщались другими, ближайшими изъ ящика *B*, въ которомъ, въ короткое время, уровень *mn* воды понижался до дна. На этой же связи водяныхъ частицъ основанъ, какъ извѣстно, ленточный водоподъемникъ, или ленточный чигирь.

Такъ какъ сопротивленіе движенію воды въ каналѣ, или въ рѣкѣ, происходитъ отъ дѣйствія стѣнокъ русла, то естественно, чѣмъ на болѣшемъ протяженіи будетъ прикосновеніе воды къ этимъ стѣнкамъ, или чѣмъ периметръ прикосновенія будетъ больше, тѣмъ больше должно быть это сопротивленіе; т.-е. оно будетъ прямо пропорціонально периметру прикосновенія *p*. Но это сопротивленіе периметра прикосновенія распределяется на всѣ частицы живаго сѣченія, такъ какъ ихъ движенія связываются взаимнымъ сдѣвленіемъ; поэтому, чѣмъ больше будетъ частицъ воды въ живомъ сѣченіи, или, все равно, чѣмъ больше будетъ площадь сѣченія, тѣмъ менѣе будетъ вліяніе сопротивленія на скорость каждой частицы и слѣдовательно на ихъ среднюю скорость. Поэтому

Черт. II.
фиг. 15.

1) См. приложение XVI.

дѣйствіе сопротивленія должно быть обратно пропорціонально величинѣ площади живаго сѣченія F . Далѣе, сопротивленіе движенію воды будетъ увеличиваться съ увеличеніемъ скорости этого движенія; чѣмъ скорость будетъ больше, тѣмъ, въ то же время, нужно отдѣлить больше частицъ, приставшихъ къ стѣнкамъ русла и тѣмъ скорѣе нужно отдѣлить ихъ и сообщить имъ движеніе, или известное количество живой силы, а потому въ этомъ отношеніи сопротивленіе должно возрастать пропорціонально квадрату скорости движенія воды. Вязкость, или неполная подвижность водяныхъ частицъ, вслѣдствіе сохраненія между ними еще нѣкоторой степени частичнаго притяженія, должна производить также нѣкоторое сопротивленіе движенію, которое должно быть, наоборотъ, тѣмъ болѣе сравнительно съ предъидущимъ, чѣмъ скорость движенія менѣе. Куломбъ рядомъ опытовъ убѣдился, что эта часть сопротивленія прямо пропорціональна скорости движенія. Такимъ образомъ выраженіе отношенія между сопротивленіемъ и скоростью должно представлять два члена; въ одномъ — скорость должна быть во второй степени, а въ другомъ — въ первой степени. Этотъ послѣдній членъ составляетъ очень малую часть скорости и уничтожается при большихъ скоростяхъ; онъ всегда меньше перваго члена, пока скорость движенія превышаетъ 0,2 фута въ секунду, но съ уменьшеніемъ этой скорости противъ 0,2 фута этотъ второй членъ дѣлается больше перваго, или сопротивленіе отъ связности частицъ дѣлается значительнѣе.

Такимъ образомъ сопротивленіе, которое встрѣчаетъ вода, движущаяся въ каналѣ, пропорціонально периметру прикосновенія p , квадрату скорости v движенія воды въ каналѣ, плюсъ нѣкоторая часть этой скорости, и обратно пропорціонально площади живаго сѣченія F . Опыты подтверждаютъ всѣ эти предположенія. Называя чрезъ $b \cdot v$ часть скорости во второмъ членѣ, а чрезъ a' численный коэффициентъ, который долженъ быть опредѣленъ опытомъ какъ и коэффициентъ b , получимъ для выраженія сопротивленія эмпирическую формулу:

$$a' \frac{p}{F} (v^2 + bv)$$

Когда движеніе воды въ каналѣ сдѣлается равномернымъ, то значитъ что сила, ускоряющая движеніе, сдѣлается равною силѣ, замедляющей это движеніе, и слѣдовательно получимъ:

$$gq = a' \frac{p}{F} (v^2 + bv) \text{ или сдѣлавъ } \frac{a'}{g} = a$$

получимъ:

$$q = a \frac{p}{F} (v^2 + bv)$$

Такъ какъ при односкатномъ каналѣ, въ которомъ относительное паденіе есть q , будемъ всегда имѣть:

$q = \frac{h}{l} = \frac{H}{L}$, (если l есть длина какой нибудь части канала и h есть высота паденія на этой длинѣ; или L длина всего канала и H высота паденія канала на всей его длинѣ) то получимъ:

$$\frac{h}{l} = \frac{H}{L} = a \frac{p}{F} (v^2 + bv) \text{ или } h = a \cdot \frac{pl}{F} (v^2 + bv)$$

Въ этой формулѣ скорость v предполагается средняя для всѣхъ частицъ воды, приходящихъ чрезъ живое сѣченіе, такъ какъ скорость ихъ для разныхъ мѣстъ этого сѣченія неодинакова. Впослѣдствіи мы укажемъ способъ ея опредѣленія. Эта формула будетъ служить намъ основаніемъ для рѣшенія вопросовъ, касающихся до движенія воды въ каналахъ, руслахъ и трубахъ.

Теперь представимъ себѣ бассейнъ W , въ которомъ высота воды, соотвѣтствующимъ притокомъ, постоянно поддерживается на уровнѣ AB . Если въ горизонтальныхъ его стѣнкахъ CD и EF сдѣлаемъ отверстія M и N , то вода будетъ бить изъ нихъ фонтанами, высота которыхъ дойдетъ почти до уровня воды AB въ бассейнѣ; высота ихъ достигла бы этого уровня, если бы не было тренія частицъ воды въ отверстияхъ M и N и сопротивленія воздуха. На основаніи же законовъ *Галилея* относительно паденія тѣлъ, для того, чтобы тѣло брошенное вверхъ вертикально достигло нѣкоторой высоты, необходимо чтобы оно при началѣ поднятія получило скорость равную той, которую оно приобрѣло бы свободно падая съ той же самой высоты въ самомъ концѣ паденія. Отсюда слѣдуетъ, что такъ какъ частицы воды, вышедшія изъ отверстій M и N , поднялись до соотвѣтствующихъ высотъ MG NH , то значитъ, что при началѣ поднятія онѣ имѣли скорости, соотвѣтствующія этимъ высотамъ, т.-е. вертикальнымъ разстояніямъ отъ отверстій до поверхности AB воды въ резервуарѣ. Всякое тѣло, брошенное въ пространство съ нѣкоторой скоростью не вертикально, а подъ какимъ либо угломъ къ горизонту или горизонтально, и подверженное въ то же время дѣйствию тяжести, всегда описываетъ кривую линію, называемую *параболою*¹⁾; поэтому если бы мы сдѣлали отверстіе O въ вертикальной стѣнкѣ FR бассейна, то частицы жидкости, вытекающія изъ этого отверстія, описали бы кривую OS , которая будетъ парабола; и если бы по извѣстнымъ свойствамъ этой кривой линіи мы опредѣлили бы скорость въ началѣ этой кривой, т.-е. въ точкѣ O , то эта скорость вытекающей воды оказалась бы соотвѣтствующею высотѣ OK . Вода выходила бы со скоростью приобретаемою падающимъ тѣломъ въ концѣ паденія съ высоты mK , если бы отверстіе m было сдѣлано у дна резервуара RT ; и со скоростью соотвѣтствующею вертикальной высотѣ nB , если бы отверстіе n было сдѣлано въ самомъ днѣ RT резервуара. Скорость истеченія воды изъ всѣхъ этихъ отверстій всегда будетъ соотвѣтствовать этимъ высотамъ, какъ бы ни были величия отверстія сравнительно съ площадью сѣченія всего бассейна, лишь бы горизонтъ воды въ бассейнѣ оставался неизмѣннымъ и спокойнымъ. Такъ что вообще, скорость истеченія всякой жидкости изъ отверстія, сдѣланнаго въ стѣнкѣ резервуара или бассейна, будетъ та же, которую приобрѣло бы свободно падающее тѣло съ вертикальной высоты отъ уровня жидкости въ бассейнѣ до центра отверстія. Поэтому если означимъ вообще эту высоту чрезъ h , скорость падающаго свободно тѣла въ концѣ первой секунды чрезъ

Черт. II.
фиг. 16.

¹⁾ См. приложение XVII.

g , а скорость истечения воды изъ отверстія чрезъ v , то, какъ уже видѣли выше, эта скорость будетъ: $v = \sqrt{2gh}$; и какъ величина $g = 32,2$ фута въ секунду, или точнѣе $g = 32,18$ фут., то вообще $v = \sqrt{64,36 \cdot h} = 8,023 \sqrt{h}$ футовъ. Эта теорема, извѣстная подъ названіемъ *теоремы Торичелли*, была опубликована этимъ извѣстнымъ итальянскимъ физикомъ въ 1643 году, какъ слѣдствіе, вытекающее изъ законовъ паденія тѣлъ, открытыхъ его знаменитымъ учителемъ *Галилеемъ*¹⁾.

Какъ формула $\frac{h}{l} = a \cdot \frac{p}{F} (v^2 + bv)$ служитъ основаніемъ для рѣшенія различныхъ вопросовъ, относящихся до движенія воды въ каналахъ, руслахъ и трубахъ, такъ формула $v = \sqrt{2gh}$ будетъ служить основаніемъ для разрѣшенія вопросовъ, относящихся до истечения воды изъ бассейновъ, чрезъ водосливы, и водоспуски, и чрезъ щитовыя отверстія для пропуска ея на гидравлическія приѣмники. Для различныхъ случаевъ эти основныя формулы поправляются численными коэффициентами, выводимыми непосредственно изъ опытовъ и наблюденій.

13. Опредѣленіе скоростей и объемовъ воды въ различныхъ случаяхъ. — Прежде всего займемся опредѣленіемъ скоростей и объемовъ воды помощію формулы $v = \sqrt{2gh}$. Если вода вытекаетъ чрезъ отверстіе, сдѣланное въ какой либо стѣнѣ резервуара, или бассейна, то разстояніе центра отверстія (или вообще центра тяжести отверстія какой бы ни было формы), отъ свободной поверхности воды, называется *высотой давленія*, или *напоромъ*. Если бассейнъ, отверстіемъ сдѣланнымъ въ его стѣнѣ, сообщается съ другимъ бассейномъ, также наполненнымъ водой, то высотой давленія, или напоромъ будетъ вертикальное разстояніе между уровнями воды въ двухъ бассейнахъ.

На прилагаемыхъ фигурахъ высота напора означена буквой h .

Въ случаяхъ 1-мъ и 3-мъ напоръ для всѣхъ точекъ отверстія остается одинъ и тотъ же, а слѣдовательно и скорость истечения во всѣхъ частяхъ отверстія будетъ одинаковая. Въ случаѣ же 2-мъ, различнымъ частямъ отверстія соответствуютъ неодинаковыя высоты давленія, или напора, слѣдовательно и скорости истечения будутъ различны. Но если высота боковаго отверстія m не велика, то разность между различными скоростями въ отверстіи очень незначительна, такъ, что можно принять за среднюю скорость ту, которая соответствуетъ центру тяжести отверстія; а если форма этого отверстія правильная, то за среднюю скорость можно принять соответствующую центру фигуры отверстія.

Если бы свободная поверхность ab воды въ сосудѣ A была подвержена еще какому нибудь давленію, напр. давленію поршня m , и величина этого давленія была бы P , то нужно опредѣлить высоту столба $abcd$, котораго основаніе было бы равно площади свободной поверх-

Черт. II.
фиг. 17.

Черт. II.
фиг. 18.

¹⁾ Точное теоретическое доказательство этой теоремы, основанное на такъ называемомъ законѣ живыхъ силъ, находится, между прочимъ, въ сочиненіи: *Hydraulique*, par A. Morin. Deuxième édition. Paris 1858. p. 2—6.

ности воды, или, что все равно, площади поршня, и котораго вѣсь производилъ бы давленіе равное P , или давленію поршня на поверхность воды ab . Тогда къ высотѣ столба h' , нужно прибавить разстояніе h центра тяжести отверстия отъ свободной поверхности воды ab , чтобы получить величину всего напора, который будетъ $h + h' = H$ и скорость истечения воды изъ отверстия on , будетъ въ этомъ случаѣ $v = \sqrt{2gH} = 8,023 \sqrt{H}$.

На основаніи формулы $v = 8,023 \sqrt{h}$ вычисляется скорость истечения воды изъ отверстій въ бассейнахъ съ свободной поверхностью воды и при напорахъ различной высоты; причемъ какъ высота напора, такъ и величина скорости выражаются въ футахъ. Дабы избѣжать этихъ вычисленій, мы прилагаемъ здѣсь таблицу величинъ напора и соответствующихъ имъ скоростей истечения воды.

Таблица скоростей истечения воды, соответствующихъ различнымъ высотамъ давленія или напора.

Высота h въ футахъ	Скорость v въ футахъ	Высота h въ футахъ	Скорость v въ футахъ	Высота h въ футахъ	Скорость v въ футахъ	Высота h въ футахъ	Скорость v въ футахъ
0,0025	0,4012	0,0475	1,7488	0,25	4,0120	1,15	8,6048
0,0050	0,5673	0,0500	1,7942	0,30	4,3949	1,20	8,7899
0,0075	0,6949	0,0525	1,8385	0,35	4,7471	1,25	8,9708
0,0100	0,8024	0,0550	1,8818	0,40	5,0748	1,30	9,1488
0,0125	0,8971	0,0575	1,9241	0,45	5,3827	1,35	9,3231
0,0150	0,9827	0,0600	1,9655	0,50	5,6739	1,40	9,4941
0,0175	1,0615	0,0625	2,0060	0,55	5,9507	1,45	9,6622
0,0200	1,1347	0,0650	2,0457	0,60	6,2154	1,50	9,8270
0,0225	1,2033	0,0675	2,0847	0,65	6,4692	1,55	9,9899
0,0250	1,2687	0,0700	2,1229	0,70	6,7133	1,60	10,1496
0,0275	1,3304	0,0750	2,1975	0,75	6,9488	1,65	10,3070
0,0300	1,3897	0,0800	2,2695	0,80	7,1769	1,70	10,4620
0,0325	1,4465	0,085	2,3394	0,85	7,3977	1,75	10,6148
0,0350	1,5011	0,090	2,4072	0,90	7,6122	1,80	10,7653
0,0375	1,5538	0,095	2,4732	0,95	7,8208	1,85	10,9138
0,0400	1,6048	0,100	2,5374	1,00	8,0240	1,90	11,0603
0,0425	1,6542	0,15	3,1077	1,05	8,2222	1,95	11,2049
0,0450	1,7021	0,20	3,5884	1,10	8,4156	2,00	11,3475

Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ
2,05	11,4886	3,60	15,2245	5,15	18,2093	6,70	20,7696
2,10	11,6279	3,65	15,3298	5,20	18,2975	6,75	20,8470
2,15	11,7655	3,70	15,4345	5,25	18,3853	6,80	20,9240
2,20	11,9015	3,75	15,5385	5,30	18,4726	6,85	21,0008
2,25	12,0360	3,80	15,6417	5,35	18,5596	6,90	21,0773
2,30	12,1690	3,85	15,7442	5,40	18,6461	6,95	21,1537
2,35	12,3005	3,90	15,8461	5,45	18,7322	7,00	21,2295
2,40	12,4307	3,95	15,9474	5,50	18,8180	7,1	21,3806
2,45	12,5596	4,00	16,0480	5,55	18,9033	7,2	21,5306
2,50	12,6867	4,05	16,1480	5,60	18,9882	7,3	21,6796
2,55	12,8133	4,10	16,2474	5,65	19,0728	7,4	21,8276
2,60	12,9383	4,15	16,3461	5,70	19,1570	7,5	21,9746
2,65	13,0621	4,20	16,4443	5,75	19,2409	7,6	22,1206
2,70	13,1848	4,25	16,5418	5,80	19,3243	7,7	22,2657
2,75	13,3038	4,30	16,6389	5,85	19,4075	7,8	22,4098
2,80	13,4267	4,35	16,7354	5,90	19,4902	7,9	22,5530
2,85	13,5460	4,40	16,8313	5,95	19,5726	8,0	22,6953
2,90	13,6644	4,45	16,9266	6,00	19,6547	8,1	22,8367
2,95	13,7817	4,50	17,0215	6,05	19,7364	8,2	22,9772
3,00	13,8976	4,55	17,1157	6,10	19,8178	8,3	23,1169
3,05	14,0133	4,60	17,2095	6,15	19,8989	8,4	23,2558
3,10	14,1277	4,65	17,3029	6,20	19,9796	8,5	23,3938
3,15	14,2411	4,70	17,3956	6,25	20,0600	8,6	23,5310
3,20	14,3537	4,75	17,4879	6,30	20,1401	8,7	23,6674
3,25	14,4655	4,80	17,5797	6,35	20,2198	8,8	23,8030
3,30	14,5763	4,85	17,6710	6,40	20,2993	8,9	23,9379
3,35	14,6863	4,90	17,7628	6,45	20,3785	9,0	24,0720
3,40	14,7955	4,95	17,8523	6,50	20,4573	9,1	24,2053
3,45	14,9039	5,00	17,9422	6,55	20,5358	9,2	24,3380
3,50	15,0113	5,05	18,0311	6,60	20,6140	9,3	24,4699
3,55	15,1183	5,10	18,1207	6,65	20,6919	9,4	24,6011

Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ	Высота <i>h</i> въ футахъ	Скорость <i>v</i> въ футахъ
9,5	24,7316	12,1	27,9114	15,75	31,8432	23,5	38,8976
9,6	24,8615	12,2	28,0266	16,00	32,0969	24,0	39,2095
9,7	24,9906	12,3	28,1410	16,25	32,3447	24,5	39,7166
9,8	25,1191	12,4	28,2552	16,50	32,5924	25,0	40,1200
9,9	25,2469	12,5	28,3689	16,75	32,8396	25,5	40,5190
10,0	25,3743	12,6	28,4823	17,00	33,0837	26,0	40,9144
10,1	25,5006	12,7	28,5950	17,25	33,3252	26,5	41,3058
10,2	25,6265	12,8	28,7074	17,50	33,5667	27,0	41,6943
10,3	25,7518	12,9	28,8193	17,75	33,8046	27,5	42,0780
10,4	25,8764	13,0	28,9309	18,00	34,0426	28,0	42,4590
10,5	26,0007	13,1	29,0418	18,25	34,2775	28,5	42,8361
10,6	26,1249	13,2	29,1524	18,50	34,5124	29,0	43,2108
10,7	26,2471	13,3	29,2628	18,75	34,7441	29,5	43,5814
10,8	26,3694	13,4	29,3724	19,00	34,9758	30,0	43,9490
10,9	26,4912	13,5	29,4820	19,25	35,2043	30,5	44,3137
11,0	26,6124	13,6	29,5909	19,50	35,4328	31,0	44,6760
11,1	26,7333	13,7	29,6995	19,75	35,6585	31,5	45,0343
11,2	26,8533	13,8	29,8076	20,00	35,8841	32,0	45,3909
11,3	26,9728	13,9	29,9154	20,25	36,1070	32,5	45,7437
11,4	27,0921	14,0	30,0234	20,50	36,3300	33,0	46,0947
11,5	27,2106	14,25	30,2389	20,75	36,5504	33,5	46,4420
11,6	27,3285	14,50	30,5544	21,00	36,7707	34,0	46,7879
11,7	27,4463	14,75	30,8156	21,5	37,2053	34,5	47,1302
11,8	27,5633	15,00	31,0769	22,0	37,6358	35,0	47,4708
11,9	27,6797	15,25	31,3336	22,5	38,0610	35,5	47,8082
12,0	27,7959	15,50	31,5904	23,0	38,4815	36,0	48,1440

Зная скорость истечения воды и величину площади отверстія, мы можемъ опредѣлить количество, или объемъ воды, вытекающей чрезъ это отверстіе въ каждую секунду времени. Если въ продолженіи одной секунды изъ сосуда, или бассейна, вытекаетъ непрерывающаяся струя воды, то она имѣетъ видъ цилиндрическаго, (при кругломъ отверстіи),

или призматическаго (при многогранномъ отверстіи) тѣла. котораго основаніе равно площади отверстія сосуда, или бассейна, а высота, или длина, равна скорости вытекающей воды, или разстоянію, проходящему частицами воды въ теченіе одной секунды времени, и объемъ вытекающей воды будетъ равенъ объему этого цилиндра или этой призмы. А потому если чрезъ S обозначимъ площадь отверстія и чрезъ Q объемъ вытекающей въ секунду воды, то этотъ объемъ будетъ $Q = S \cdot v = S \cdot \sqrt{2gh}$.

Но это будетъ такъ называемый *теоретическій объемъ воды*; дѣйствительный же объемъ будетъ всегда менѣе теоретическаго. Частицы воды устремляясь къ отверстию, сталкиваются между собою, пути ихъ пересѣкаются и отклоняются отъ прямолинейнаго направленія, перпендикулярнаго къ площади отверстія; вслѣдствіе чего на нѣкоторомъ разстояніи по выходѣ водяной струи изъ отверстія, въ ней происходитъ сокращеніе, или *сжатіе* ab . Почему въ этомъ мѣстѣ площадь ея сѣченія менѣе площади отверстія, и оттого дѣйствительный объемъ выходитъ менѣе теоретическаго.

Черт. II.
•нг. 19.

Отношеніе дѣйствительнаго объема къ теоретическому называется *коэффициентомъ сжатія струи*. Если этотъ коэффициентъ будетъ напр.: 0,65, то это значить, что изъ ста теоретическихъ частей воды дѣйствительно вытекаетъ только 65, или вытекаетъ только 65 процентовъ теоретическаго объема воды. Въ этомъ случаѣ дѣйствительно вытекающей объемъ воды будетъ $0,65 \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$.

Коэффициентъ сжатія струи зависитъ отъ положенія отверстія относительно боковыхъ стѣнъ бассейна, отъ высоты давленія или напора, отъ толщины стѣны, въ которой сдѣлано отверстіе, отъ вставныхъ въ отверстіе трубокъ. Такъ напримѣръ въ призматическомъ сосудѣ, или бассейнѣ N , если отверстіе $abcd$ будетъ сдѣлано у самаго дна и около одной изъ стѣнъ, то не будетъ сжатія струи около сторонъ ab и bd ; если отверстіе mnp будетъ сдѣлано не у дна, а около одной изъ стѣнъ, то не будетъ сжатія около стороны mn , а будетъ сжатіе около трехъ сторонъ mo , op и np . Вообще сжатіе струи будетъ тамъ, гдѣ частицы воды при входѣ въ отверстіе должны быстро измѣнить направленіе своего движенія. Если сжатіе происходитъ по всему периметру отверстія, какъ въ $efgh$, то оно называется *полнымъ сжатіемъ*; оно бываетъ *когда разстояніе краевъ отверстия отъ дна боковыхъ стѣнъ сосуда по крайней мѣрѣ въ одинъ или два раза больше наименьшей стороны отверстия*.

Черт. II.
•нг. 20.

Для круглаго отверстія, сдѣланнаго въ днѣ бассейна, при полномъ сжатіи, когда высота давленія больше діаметра отверстія въ

0,1—0,5—1—2—4—6—8—10—100—200 разъ, то коэффициенты сжатія будутъ: 0,650—0,642—0,637—0,630—0,625—0,622—0,620—0,618—0,615.

Коэффициенты сжатія для прямоугольныхъ отверстій, найденные изъ опытовъ *Понселе* и *Лебро*, помѣщены въ слѣдующей таблицѣ:

Высота давленія.		Коефициенты сжатія для отверстія вышиной въ:				
Въ санти- метрахъ.	Въ дюй- махъ.	20 сантиметр. или 7,9 дюй- мовъ и болѣе.	10 сантиметр. или 3,9 дюймовъ.	5 сантиметр. или 2 дюйма.	3 сантиметр. или 1,2 дюйм.	2 сантиметр. или 0,8 дюйм.
0	0	0,519	0,667	0,713	0,766	0,783
1	0,4	0,595	0,618	0,642	0,687	0,762
2	0,8	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697
4	1,6	0,594	0,612	0,636	0,654	0,678
6	2,4	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668
8	3,1	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662
10	3,9	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657
15	5,9	0,597	0,614	0,632	0,636	0,653
20	7,9	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649
30	11,8	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644
50	19,7	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640
75	29,5	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637
100	39,4	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633
130	51,2	0,604	0,613	0,623	0,624	0,625
175	68,9	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615
200	78,7	0,601	0,607	0,614	0,612	0,612
300	118,1	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610

Подъ высотой давленія, или напоромъ, въ этой таблицѣ подразумѣвается разстояніе верхняго края отверстія отъ уровня воды надъ самымъ отверстіемъ. Коефициенты сжатія струи въ этой таблицѣ одинаково относятся къ тому случаю, когда струя воды выходитъ изъ отверстія въ воздухъ, или въ другой бассейнъ, наполненный водою, т.-е. въ воду.

Чтобы показать примѣненіе этой таблицы и вообще коефициентовъ сжатія на практикѣ, приведемъ нѣкоторые примѣры вычисленій.

1) Въ вертикальной стѣнѣ резервуара сдѣлано прямоугольное отверстіе вышиной въ 7,9 дюймовъ, шириной въ 23,6 дюйма; верхній край отверстія лежитъ на 47,2 дюйма ниже уровня воды. Сколько вытекаетъ воды изъ резервуара въ секунду?

Высота давленія $h = 47,2 + \frac{7,9}{2} = 51,2$ дюйма; коефициентъ сжатія, для отверстія вышиною въ 7,9 дюйма, при разстояніи верхняго края отъ уровня воды, или высоты давленія, въ 47,2 дюйма, будетъ 0,604;

слѣдовательно количество вытекающей воды въ секунду времени будетъ:
 $Q = 0,604 \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$ или $Q = 0,604 \cdot \frac{23,6}{12} \cdot \frac{7,9}{12} \cdot \sqrt{64,36 \cdot \frac{51,2}{12}} = 12,95$ куб. футовъ.

2) Если въ щитахъ водоспуска при поднятіи щита образуется отверстіе шириной въ 51,2 дюйма = 4,26 фут., вышиной въ 8,27 дюйм. = 0,689 фут., котораго середина лежитъ на 9,8 футовъ подъ поверхностью воды, спрашивается сколько нужно времени для того, чтобы сквозь это отверстіе вытекло 650 куб. фут. воды? — Для этого случая коэффициентъ сжатія по таблицѣ будетъ 0,601. Количество воды вытекающей въ секунду будетъ: $Q = 0,601 \cdot 4,26 \cdot 0,689 \cdot \sqrt{64,36 \cdot 9,8} = 44,38$ куб. фут.; а время истеченія 650 куб. фут. воды будетъ $\frac{650}{44,38} = 14,6$ секундамъ.

3) Въ бассейнъ накачивается, или притекаетъ 2,8 куб. фут. воды въ секунду; спрашивается, какой величины долженъ быть діаметръ круглаго отверстія въ бассейнѣ, для того, чтобы изъ него вытекало столько же воды, сколько притекаетъ, предполагая при этомъ, что центръ отверстія долженъ быть на глубинѣ 12 футовъ ниже поверхности воды? Если высота давленія, приблизительно, во 100 разъ больше діаметра отверстія, то коэффициентъ сжатія будетъ 0,618, слѣдовательно площадь отверстія $S = \frac{Q}{0,618 \cdot \sqrt{64,36h}} = \frac{Q}{0,618 \cdot \sqrt{64,36 \cdot 12}} = 0,1628$ кв. футовъ, а діаметръ круглаго отверстія будетъ равенъ $\sqrt{\frac{4 \cdot 0,1628}{3,14}} = 0,455$ футовъ (такъ какъ площадь круга, котораго радіусъ r и діаметръ $d = \pi r^2 = \pi (\frac{1}{2}d)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$; слѣдовательно $0,1628 = \frac{\pi d^2}{4}$ или $d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1628}{\pi}}$; а π , т.-е. отношеніе окружности круга къ діаметру = 3,14).

Приведенные выше коэффициенты сжатія струи, при круглыхъ отверстіяхъ относятся къ тому случаю, когда стѣнки резервуара очень тонки, какъ напр. въ металлическихъ резервуарахъ; если же стѣны бассейна толсты, тогда отверстіе образуетъ собою родъ трубки, подобно тому, какъ если бы къ отверстію тонкостѣннаго резервуара была придѣлана такой же длины трубка. А въ этихъ случаяхъ величина коэффициентовъ сжатія измѣняется. Такъ, если отношенія длины трубки къ длинѣ ея діаметра будутъ выражаться числами:

1 и меньше, — 2—3, — 12—24—36—43—60, то коэффициенты сжатія будутъ:
 0,62 „ 0,82—0,77—0,73—0,68—0,63—0,60.

Черт. II.
 фиг. 21.

Если къ круглому отверстію резервуара, вмѣсто цилиндрической, была бы приставлена коническая трубка $adfc$, суживающаяся по мѣрѣ удаленія отъ стѣны резервуара, то для разныхъ величинъ угла abc и при длинѣ трубки въ 2,6 раза болѣе ея наименьшаго діаметра df , коэффициенты для количества и скорости истеченія, выведенные изъ опытовъ *Кастеля*, помѣщены въ слѣдующей таблицѣ:

Угол abc между обра- зующими ко- нуса.	К о е ф ф и ц и е н т ы .		Угол abc между обра- зующими ко- нуса.	К о е ф ф и ц и е н т ы .	
	Количества истечения.	Скорости истечения.		Количества истечения.	Скорости истечения.
0°	0,829	0,830	20°	0,921	0,973
2°	0,872	0,870	22°	0,915	0,974
4°	0,903	0,902	24°	0,910	0,975
6°	0,924	0,924	26°	0,904	0,976
8°	0,937	0,940	28°	0,898	0,977
10°	0,943	0,950	30°	0,894	0,978
12°	0,946	0,958	35°	0,882	0,980
14°	0,943	0,964	40°	0,870	0,981
16°	0,939	0,969	45°	0,857	0,983
18°	0,930	0,972	50°	0,843	0,986

То есть, при опредѣленіи скорости и объема воды при истеченіи сквозь коническую трубку, которой угол abc напр. равенъ 10° , слѣдуетъ въ формулахъ $v = \sqrt{2gh}$ и $Q = S \cdot \sqrt{2gh}$ поставить соответствующіе коэффициенты, т. е. $v = 0,950 \cdot \sqrt{2gh}$ и $Q = 0,843 \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$, при углѣ $abc = 35^\circ$, будетъ $v = 0,980 \cdot \sqrt{2gh}$ и $Q = 0,882 \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$.

Если четырехъ угольное отверстие въ боковой стѣнѣ бассейна, или на днѣ его расположено такимъ образомъ, что одинъ, два или даже три края отверстия составляютъ продолженіе стѣнокъ бассейна, — какъ напр. въ руслѣ A , при поднятіи вертикальнаго щита B , отверстие $abcd$ — то сжатіе струи бываетъ неполное.

Черт. II.
фиг. 22.

Оно можетъ быть только съ трехъ, съ двухъ или съ одной стороны, предполагая, что отверстие прямоугольное. Въ этомъ случаѣ коэффициентъ сжатія, относящійся къ полному сокращенію, нужно умножить на выраженіе $1 + 0,1523 \cdot \frac{n}{p}$, гдѣ p означаетъ цѣлый периметръ отверстия, т. е. $ab + ac + cd + bd$, а n только ту часть его, которая производитъ сокращеніе, или сжатіе струи, въ настоящемъ примѣрѣ $n = ab$. Наприм. внутренняя ширина русла $ab = 5$ фут. и щитъ поднять на высоту $ac = 0,5$ фут., слѣдовательно $p = 11$ фут. и $n = 5$ фут.; $\frac{n}{p} = \frac{5}{11} = 0,4545$, а потому коэффициентъ сжатія для настоящаго случая будетъ $(1 + 0,1523 \cdot 0,4545) \cdot 0,630 = 0,634$.

Если щитъ, или затворъ B' въ руслѣ A' , поставленъ не вертикально, а наклонно и нѣтъ сжатія ни съ боковъ ни на днѣ отверстия $a'b'c'd'$, то при наклонѣ затвора въ $1/3$, т. е. когда $tc' = 1/3 ot$, коэффициентъ сжатія будетъ 0,651; когда $tc' = 1/2 ot$, или когда высота наклона въ два раза больше основанія, тогда коэффициентъ сжатія будетъ

Черт. II.
фиг. 23.

0,725; при $mc' = om$, этотъ коэффициентъ будетъ 0,810; когда $mc' = 2om$, тогда коэффициентъ будетъ 0,884. Такимъ образомъ наклонные затворы, употребляемые на примѣръ при спускѣ воды изъ русла на гидравлическія колеса, пропускаютъ большее количество воды, при томъ же напорѣ, въ то же время и при той же величинѣ отверстія, нежели вертикальные и вытекающее количество воды тѣмъ больше, чѣмъ затворъ наклоннѣе.

Если затворъ вертикаленъ, то большій или меньшій наклонъ самаго русла, или паденіе дна его, не имѣетъ замѣтнаго вліянія на коэффициентъ сжатія, если высота уровня воды надъ серединой отверстія, или напоръ не меньше:

1,6 до 2 фут. при вышинѣ отверстія въ 0,5 до 0,66 фут., или
 1,0 " 1,3 " " " " " 0,33 фут.
 0,66 " " " " " " 0,2 " и меньше.

Если же высота давленія меньше, то наклонъ русла имѣетъ нѣкоторое вліяніе на коэффициентъ сжатія. Въ слѣдующей таблицѣ приведены среднія величины коэффициентовъ для обыкновенно устраиваемыхъ руслъ:

Высота отверстія.	Высота напора надъ серединою отверстія.	Средняя величина коэффициента.	Высота отверстія.	Высота напора надъ серединою отверстія.	Средняя величина коэффициента.
0,66 ф.	1,30 ф.	0,588	0,16 ф.	0,66 ф.	0,625
0,66	0,80	0,563	9,16	0,36	0,605
0,66	0,40	0,484	0,16	0,16	0,488
0,33	9,50	0,591	9,16	9,13	0,439
0,33	0,36	0,563	0,10	0,66	0,638
0,33	0,30	0,517	0,10	0,20	0,601
0,33	0,20	0,462	—	—	—

Черт. II.
 фиг. 24 и 25.

Если прямоугольное отверстіе резервуара сверху ничѣмъ не ограничено, то образуется водосливъ, фиг. 24 и 25. Нижнее горизонтальное ребро a, a , отверстія, называется *вершиною*, *ребнемъ* или *порогомъ* водослива. Водосливъ бываетъ *совершенный*, когда уровень mn (фиг. 24) воды канала, принимающаго воду изъ водослива, лежитъ ниже порога a водослива. Если же вертикальное разстояніе op между двумя уровнями воды, выше и ниже водослива, меньше высоты напора $a'b'$, т.-е. меньше вертикальнаго разстоянія между порогомъ водослива и уровнемъ воды выше водослива (фиг. 26), тогда водосливъ называется *не совершеннымъ*, или *не полнымъ*.

Черт. III.
 фиг. 27.

Въ случаѣ совершеннаго водослива (фиг. 27) различнымъ другъ на другѣ лежащимъ слоямъ воды, переливающейся чрезъ водосливъ, соответствуютъ различныя высоты давленія, или напора, а слѣдовательно и различныя скорости. Назовемъ чрезъ h высоту уровня притекающей

воды надъ вершиной водослива, смѣренную на разстояніи отъ 3 до 7 футовъ вверхъ по теченію отъ этой вершины, т.-е. въ томъ мѣстѣ, гдѣ вода еще сохраняетъ прежній уровень ab ; означивъ чрезъ l ширину водослива, $l \cdot h$ будетъ приблизительно выражать площадь сѣченія проходящей чрезъ водосливъ воды; $\sqrt{2gh}$ будетъ теоретическая скорость самага нижняго слоя воды въ этомъ сѣченіи. Если бы эта скорость была одна и та же для всѣхъ слоевъ стекающей чрезъ водосливъ воды, то количество, или объемъ, протекающей въ секунду времени чрезъ водосливъ воды, былъ бы $l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$. Но такъ какъ средняя скорость воды меньше $\sqrt{2gh}$, ибо для частицъ, лежащихъ выше порога, особенно если вода стекаетъ толстымъ слоемъ, высота давленія менѣе h ; кромѣ того и высота площади сѣченія надъ гребнемъ водослива менѣе h и наконецъ, большею частію, при проходѣ воды чрезъ водосливъ бываетъ еще и сжатіе струи съ трехъ сторонъ, то по всѣмъ этимъ причинамъ выраженіе $l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$, для объема воды, должно быть уменьшено на основаніи опытовъ, или умножено на нѣкоторый численный коэффициентъ, который долженъ быть менѣе единицы ¹⁾.

Опыты показываютъ, что если водосливъ сдѣланъ во всю ширину русла, канала или бассейна, такъ что съ боковъ нѣтъ сжатія струи; если, далѣе, водосливъ вертикаленъ (т.-е. обращенъ вертикальной стѣнкой къ подходящей къ нему воды, а не отмелью или понурнымъ или наклоннымъ поломъ, подходящимъ къ самому его гребню) и по крайней мѣрѣ въ $1\frac{1}{2}$ или 2 раза выше высоты напора h (т.-е. когда $n = 1\frac{1}{2}h$ или $2h$) и если наконецъ гребень водослива представляетъ острое ребро, то этотъ коэффициентъ будетъ 0,443; такъ что количество или объемъ воды протекающей чрезъ водосливъ въ секунду будетъ: $Q = 0,443 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$. Этотъ коэффициентъ измѣняется съ измѣненіемъ высоты давленія, или напора h , и отношенія ширины водослива къ ширинѣ канала, или бассейна; впрочемъ величина напора не имѣетъ почти вліянія на величину коэффициента, пока заключается въ предѣлахъ между 0,1 фут. до 0,7 фута; такъ что для высотъ давленія въ этихъ предѣлахъ, принимая во вниманіе только отношеніе ширины водослива къ ширинѣ канала или бассейна, по опытамъ *Кастеля* и *Обюссона* получаютъ слѣдующія величины коэффициентовъ:

Отношеніе ширины водослива къ ширинѣ канала	1,00	—0,90	—0,80	—0,70	—0,60	—0,50	—0,40	—0,30
Величина коэффициента	0,443	—0,438	—0,431	—0,423	—0,416	—0,410	—0,405	—0,399
Относительное количество вытекающей воды	1	—0,989	—0,937	—0,955	—0,939	—0,925	—0,914	—0,901

То-есть, если на примѣръ ширина водослива составляетъ половину ширины канала, то соотвѣтствующій коэффициентъ будетъ 0,410, и объемъ вытекающей воды $Q = 0,410 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$. Такъ какъ въ третьей

¹⁾ См. прилож. XI о водосливахъ въ 3-й части.

горизонтальной строкѣ за единицу принято количество воды, протекающей через водосливъ, когда ширина его равна ширинѣ канала, то въ разсматриваемомъ случаѣ, т.-е. когда $l=0,50$ ширины канала, или составляетъ половину ширины канала, объемъ протекающей воды составитъ только 0,925, или $92\frac{1}{2}$ процента того объема, который принять за единицу.

Для большинства случаевъ, *Понселе* совѣтуетъ употреблять слѣдующую формулу:

$Q = 0,405.l.h.\sqrt{2gh}$; но онъ совѣтуетъ также измѣрять высоту h дальше отъ водослива, гдѣ вода имѣетъ еще очень малую скорость, вслѣдствіе вліянія водослива. Это разстояніе, по его наблюдениямъ, должно быть равно или въ два раза болѣе ширины водослива, если эта ширина очень мала въ сравненіи съ шириной канала, или бассейна, и въ два или въ три раза болѣе этой ширины, если она равна ширинѣ канала или бассейна.

Всѣ предыдущія формулы и коэффициенты для совершеннаго водослива соотвѣтствуютъ тому случаю, когда вода въ каналѣ, или бассейнѣ, за водосливомъ, находится въ покоѣ и начинаетъ движеніе только вслѣдствіе вліянія самаго водослива; но если вода въ каналѣ, или бассейнѣ, имѣетъ нѣкоторую скорость движенія и подходитъ съ этой скоростью къ водосливу еще внѣ его вліянія, то величину h въ предыдущихъ формулахъ слѣдуетъ увеличивать на количество $\frac{u^2}{2g} = h'$, если вода движется въ каналѣ со скоростью u , и вмѣсто h принимать въ нихъ $h + h'$; такъ какъ въ формулѣ $u^2 = 2gh'$, u есть скорость соотвѣтствующая напору h' и наоборотъ.

Такъ какъ совершенные водосливы представляютъ довольно простое и хорошее средство для опредѣленія количества воды, протекающей въ ручьяхъ, рѣчкахъ и небольшихъ каналахъ, то приведемъ здѣсь еще, въ какой степени, по опытамъ *Понселе* и *Лебро*, измѣняется коэффициентъ въ зависимости отъ величины напора h воды надъ порогомъ водослива. Если означимъ чрезъ h напоръ воды надъ порогомъ водослива въ дюймахъ, измѣренный въ томъ мѣстѣ резервуара или канала, гдѣ поверхность воды остается горизонтальною, т.-е. на разстояніи отъ порога не меньшемъ удвоенной ширины водослива; чрезъ α коэффициентъ, и чрезъ q — объемъ протекающей воды чрезъ каждый погонный футъ ширины водослива въ секунду, въ кубическихъ футахъ, то будетъ, если:

$h = \frac{1}{2} - 1 - 1\frac{1}{2} - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 10$ дюймовъ, то

$\alpha = 0,419 - 0,413 - 0,407 - 0,404 - 0,397 - 0,396 - 0,393 - 0,389 - 0,379$ и

$q = 0,029 - 0,080 - 0,144 - 0,221 - 0,393 - 0,612 - 1,115 - 1,700$ и $2,314$ — кубическихъ футовъ.

Чтобы избѣгать вычисленій, приведемъ въ слѣдующей таблицѣ для обонхъ коэффициентовъ 0,443 и 0,405, количество воды вытекающей чрезъ совершенный водосливъ, съ острымъ гребнемъ, на каждый погонный футъ ширины водослива и въ кубическихъ футахъ. Въ ней высота давленія, или напора h , обозначены въ футахъ и дюймахъ — отъ 0 до 7 фут. 11 дюймовъ.

Напоръ надъ порогомъ, футы.	Д Ю Й М Ы.											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
	Объемъ воды Q' при коэффиц. = 0,405 на погонный футъ ширины водослива.											
0.	0,000	0,078	0,221	0,406	0,625	0,874	1,149	1,448	1,769	2,111	2,472	2,852
1.	3,250	3,665	4,096	4,542	5,004	5,480	5,971	6,475	6,993	7,524	8,068	8,624
2.	9,193	9,773	10,365	10,969	11,584	12,210	12,847	13,526	14,153	14,822	15,501	16,189
3.	16,888	17,597	18,315	19,042	19,779	20,526	21,281	22,046	22,819	23,602	24,393	25,193
4.	26,001	26,818	27,643	28,476	29,318	30,167	31,025	31,891	32,765	33,646	34,536	35,433
5.	36,337	37,250	38,169	39,097	40,031	40,973	41,922	42,878	43,842	44,812	45,896	46,775
6.	47,766	48,765	49,771	50,783	51,802	52,828	53,860	54,899	55,945	56,997	58,056	59,121
7.	60,193	61,271	62,355	63,446	64,543	65,646	66,756	67,872	68,993	70,121	71,255	72,395
	Объемъ воды Q при коэффиц. = 0,443 на погонный футъ ширины водослива.											
0.	0,000	0,086	0,242	0,444	0,648	0,956	1,257	1,584	1,935	2,309	2,704	3,120
1.	3,555	4,009	4,480	4,96	5,473	5,994	6,531	7,083	7,649	8,230	8,825	9,433
2.	10,055	10,690	11,364	11,998	12,671	13,356	14,053	14,795	15,481	16,213	16,955	17,708
3.	18,473	19,248	20,033	20,829	21,635	22,452	23,278	24,114	24,960	25,816	26,682	27,556
4.	28,441	29,334	30,236	31,148	32,068	32,998	33,936	34,883	35,839	36,803	37,776	38,757
5.	39,747	40,744	41,751	42,765	43,787	44,817	45,855	46,902	47,955	49,017	50,087	51,164
6.	52,248	53,341	54,440	55,548	56,597	57,784	58,914	60,050	61,194	62,345	63,503	64,668
7.	65,841	67,020	68,206	69,399	70,599	71,806	73,020	74,240	75,467	76,701	77,941	79,188

Если, напримѣръ, напоръ надъ порогомъ водослива или величина h , будетъ 4 фута 5 дюймовъ, то соответствующій объемъ воды Q' стекающей чрезъ каждый футъ ширины водослива при коэффициентѣ 0,405, будетъ 39,167 куб. фут., а при коэффициентѣ 0,443 будетъ 32,998 куб. футовъ. Если ширина водослива 56 фут., то весь объемъ Q воды, протекающей въ секундѣ времени чрезъ водосливъ, будетъ въ первомъ случаѣ $39,167 \cdot 56 = 1689,352$ куб. фут., а во второмъ — $32,998 \cdot 56 = 1947,888$ куб. футовъ.

При той же ширинѣ водослива, если напоръ надъ порогомъ будетъ 1,5 фута или 1 фут. 6 дюймовъ, то при коэффициентѣ 0,443 полный расходъ, или объемъ $Q = 6,531 \cdot 56 = 365,74$ куб. фут. Какъ уже сказали выше, коэффициентъ 0,405 соответствуетъ наибольшему числу случаевъ, и потому при этомъ коэффициентѣ объемы Q' и Q наиболѣе соответствуютъ среднему объему; тогда какъ коэффициентъ 0,443 скорѣе соответствуетъ наибольшимъ объемамъ Q' и Q .

Но водосливы устроиваются съ порогами оканчивающимися острымъ ребромъ только тогда, когда они служатъ для измѣренія воды, протекаю-

щей въ ручьяхъ и рѣчкахъ; водосливныя же плотины, устраиваемыя съ технической, или механической цѣлью, имѣютъ вершину порога водослива чаще плоскую, если плотина деревянная и округленную, если плотина каменная; вслѣдствіе чего вода протекаетъ черезъ нихъ безъ сжатія.

Въ такихъ плотинахъ, по опытамъ *Этельвейна*, объемъ воды протекающей въ секунду въ кубическихъ футахъ, можетъ быть выраженъ слѣдующею формулою:

$$Q = 0,577.l.h.\sqrt{2gh} \cdot \sqrt{1 + 0,035\frac{u^2}{h}}; \text{ здѣсь } u \text{ означаетъ скорость воды въ потоѣ или прудѣ на нѣкоторомъ разстояніи отъ плотины, и съ которой вода подходитъ къ водосливу независимо отъ его вліянія.}$$

Черт. III.
фиг. 28.

Для опредѣленія количества воды, протекающей черезъ неполный, или несовершенный водосливъ, раздѣлимъ все отверстіе водослива на двѣ части; первая часть, которой высота ac , равная разстоянію между двумя уровнями воды, выше и ниже водослива, соотвѣтствуетъ совершенному водосливу такой же высоты; вторую же часть bc , можно сравнить съ прямоугольнымъ отверстіемъ въ вертикальной боковой стѣнѣ резервуара, въ которомъ верхнее ребро c замѣняетъ, вмѣсто твердой стѣнки, вода; середина этого отверстія находится подъ давленіемъ, или напоромъ, равнымъ $ac + \frac{1}{2}bc$. Нужно только опредѣлить количество воды, вытекающей изъ каждой части отдѣльно — сумма ихъ дастъ количество воды вытекающей изъ всего водослива.

Напримѣръ, предположимъ, что ширина водослива равна ширинѣ канала, или русла, и составляетъ 7 футовъ; что $bc = ac = 1$ футу, слѣдовательно $ab = 2$ футахъ. Количество воды вытекающей черезъ верхнюю часть ac , какъ черезъ совершенный водосливъ, будетъ въ секунду $= 0,443 \cdot 1 \cdot 7 \cdot \sqrt{64,36} \cdot 1 = 24,88$ куб. футовъ. Для нижней части bc высота давленія надъ серединою отверстія будетъ $1 + \frac{1}{2} = 1,5$ футовъ. Въ этомъ случаѣ коэффициентъ при полномъ сжатіи былъ бы 0,602; но такъ какъ сжатіе происходитъ только у одного нижняго ребра, ибо ширина водослива равна ширинѣ канала, то этотъ коэффициентъ, на основаніи предыдущаго, будетъ:

$$0,602 \left(1 + 0,1523 \frac{p}{p}\right) = 0,602 \left(1 + 0,1523 \cdot \frac{7}{16}\right) = 0,602 (1 + 0,1523 \cdot 0,4375) = 0,642.$$

Слѣдовательно количество воды вытекающей изъ части bc будетъ равно $0,642 \cdot 7 \cdot 1 \cdot \sqrt{64,36} \cdot 1,5 = 44,2$ куб. фут. Количество же Q воды вытекающей изъ всего несовершеннаго водослива будетъ:

$$Q = 44,2 + 24,88 = 69,08 \text{ куб. футовъ.}$$

Формула $Q = 0,405.l.h.\sqrt{2gh}$ для опредѣленія количества воды протекающей черезъ совершенный водосливъ и слѣдовательно величины Q' этого количества на каждый погонный футъ длины водослива, приведенныя въ предыдущей таблицѣ при коэффициентѣ 0,405, могутъ быть прилагаемы къ опредѣленію размѣровъ отверстій въ водоспускахъ плотинъ. Но приложеніе этой формулы возможно только тогда, когда въ водоспускѣ съ землянымъ отеломъ ab (фиг. 29), образуется нѣкоторой

Черт. III.
фиг. 29.

высоты стѣнка *bc*; а въ водоспускѣ съ понурнымъ поломъ *mn* (фиг. 30), когда всегда остаются не открытыми нѣсколько нижнихъ, или такъ называемыхъ, коренныхъ щитовъ, которые также образуютъ собою подпорную стѣнку *no*, черезъ которую вода должна переливаться и слѣдовательно образовать совершенный водосливъ. Причемъ мы уже выше замѣтили, что для приложенія этой формулы необходимо, чтобы высота *bc* была бы не менѣе какъ въ $1\frac{1}{2}$ или 2 раза болѣе, чѣмъ толщина струи *cd*; равнымъ образомъ *no* должно быть въ $1\frac{1}{2}$ или 2 раза болѣе *ор*. Притомъ мы видѣли выше, что чѣмъ ширина водослива сравнительно съ шириною бассейна менѣе, тѣмъ менѣе и коэффициентъ, а слѣдовательно тѣмъ меньшій объемъ воды будетъ протекать чрезъ тотъ же водосливъ. А такъ какъ въ большинствѣ запрудъ, ширина пруда въ 5, 6, а иногда и болѣе разъ превосходитъ ширину отверстия водоспуска, пропускающаго весеннюю воду, то коэффициентъ долженъ быть для этого случая уменьшенъ. Онъ также долженъ быть уменьшенъ и потому, что въ водоспускахъ, хотя ширина водослива считается за вычетомъ ширины быковъ или стоекъ, раздѣляющихъ его на части (чтобы затворенные щиты не были слишкомъ длинны), но около этихъ быковъ и стоекъ образуется сжатіе струи, и чѣмъ число ихъ больше, тѣмъ это сжатіе уменьшаетъ значительнѣе количество протекающей сквозъ водоспускъ воды, какъ это видно на фиг. 31.

Черт. III.
фиг. 30.

Въ такомъ случаѣ, вмѣсто коэффициента 0,405 слѣдуетъ принимать коэффициентъ 0,400, но никогда не менѣе 0,380, чтобы не увеличить напрасно дорого стоящей постройки.

Черт. III.
фиг. 31.

Теперь предположимъ, что по формулѣ $Q = 0,4 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$ мы захотѣли бы опредѣлить размѣры нашего водоспуска. Размѣры эти должны быть таковы, чтобы водоспускъ могъ пропускать самый наибольшій объемъ воды, который обыкновенно у насъ случается во время весенняго разлива рѣкъ. Предположимъ, что самый наибольшій объемъ воды, который можетъ нести наша рѣчка, по сдѣланнымъ наблюдениямъ, составляетъ 2000 куб. футовъ въ секунду; по нашимъ соображеніямъ, о которыхъ скажемъ ниже, мы не желаемъ, чтобы высота слоя воды, проходящей въ нашъ водоспускъ была бы болѣе 3-хъ футовъ. Слѣдовательно $Q = 2000$ куб. фут. и $h = 3$ фут.; тогда ширина водоспуска въ свѣту, т.-е. за вычетомъ протяженія занимаемаго быками и стойками, будетъ $l = \frac{Q}{0,4 \cdot h \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{Q}{0,4 \cdot 3 \cdot \sqrt{2g \cdot 3}} = \frac{2000}{0,4 \cdot 3 \cdot 13,808} = \frac{2000}{16,68} = 119,9$ футовъ или въ круглыхъ числахъ 120 футовъ, или около 17 сажень шириной въ свѣту: причемъ дѣйствительная высота отверстия для прохода воды должна быть не менѣе $3\frac{1}{2}$ футовъ или 4-хъ футовъ, какъ на случай прохода льда, такъ и на тотъ случай, если бы разливъ, или половодье, оказались когда-нибудь больше предположеннаго нами.

Но формула для водосливовъ не можетъ быть примѣнена къ опредѣленію объема протекающей чрезъ водоспускъ воды, когда эта вода, вступая въ отверстие водоспуска, предварительно поднимается по обратному наклонному понурному полу до самаго мертваго порога и за-

Черт. III. тѣмъ прямо вступаетъ на сливные полы, не встрѣчая на пути никакой подпорной стѣнки, черезъ которую она должна была бы переливаться, какъ это видно на фиг. 32 и 33. Равнымъ образомъ, по данному количеству воды, въ такомъ случаѣ, не слѣдуетъ руководствоваться формулою для водослива для опредѣленія размѣровъ отверстій въ водоспускахъ. Оказывается, что при понурномъ полѣ, безъ всякой подпорной стѣнки, въ отверстіе той же ширины, какъ и въ водосливѣ, проходитъ значительно бѣльшій объемъ воды, чѣмъ черезъ совершенный водосливъ. Такъ, напримѣръ, въ водоспускѣ Сестрорѣцкаго оружейнаго завода, порогъ водоспуска опущенъ на 7 футовъ ниже горизонта прудовой воды; и какъ ширина его въ свѣту составляетъ 75 футовъ, то объемъ воды, проходящій черезъ него въ секунду времени, исчисляемый по формулѣ для совершеннаго водослива, составилъ бы, даже при коэффициентѣ 0,443, — $(75 \cdot 65,841) = 4938$ куб. футовъ; а при коэффициентѣ 0,405 — $(75 \cdot 60,193) = 4514,48$ куб. футовъ. Между тѣмъ, по наблюденіямъ строителя этого водоспуска, инженеръ-генерала Гаусмана, ежесекундная прибыль весенняго притока воды къ водоспуску доходитъ до 6000 куб. футовъ и водосливъ при ширинѣ въ 75 футовъ совершенно удовлетворяетъ своему назначенію. Если же не принимать въ расчетъ вліянія понурнаго пола на расходъ, или объемъ протекающей сквозь водоспускъ воды, то ширина водослива, въ первомъ случаѣ, должна была бы быть $\frac{6000}{65,841} = 91,13$ фут., а во второмъ — $\frac{6000}{60,2} = 99,67$ футовъ; или въ первомъ случаѣ на 16,13 футовъ, а во второмъ на 24,67 футовъ болѣе принятаго, и удовлетворяющаго своему назначенію.

Указывая на способъ опредѣленія размѣровъ водоспусковъ, въ зависимости отъ количества проходящей черезъ нихъ воды при понурномъ полѣ, г. Гаусманъ говоритъ: „мы должны помнить, что отверстія устраиваются для управленія запруженною водою, а потому ихъ размѣры должны быть опредѣлены въ зависимости отъ количества притока воды и, частію въ зависимости отъ величины и формы пруда. Давая отверстию водоспуска несообразно большіе размѣры, мы жертвуемъ прочностью постройки, ослабляемъ запруду или берега пруда и напрасно расходуетъ деньги на возведеніе большихъ и прочныхъ сооружений. Съ другой стороны, давая отверстию несообразно малые размѣры мы должны опасаться частыхъ поврежденій въ водоспускѣ и даже разрушенія постройки. Последняго рода явленія мы встрѣчаемъ нерѣдко и большею частію онѣ происходятъ, не отъ небывалыхъ водъ, какъ обыкновенно говорятъ, но преимущественно прорывы случаются отъ того, что размѣры отверстія не соотвѣтствуютъ количеству притока воды. Но такъ какъ количество притока бываетъ не постоянное и измѣняется весьма различно по временамъ года, то и слѣдуетъ давать размѣры отверстию по расчету наибольшаго количества притока; а для его опредѣленія необходимо знать мѣстныя условія разливовъ рѣки и для этого произвести подробныя мѣстныя изысканія“.

Означая чрезъ Q наибольшее количество воды, во время самаго большаго разлива, которое должно проходить въ каждую секунду вре-

мени чрезъ отверстіе водоспуска; чрезъ h толщину слоя воды при входеніи ея въ водоспускъ, чрезъ v скорость теченія воды при прохожденіи ея сквозъ отверстіе водоспуска и чрезъ x искомую ширину отверстія водоспуска, мы будемъ имѣть: $Q = h \cdot x \cdot v$, откуда $x = \frac{Q}{h \cdot v}$.

Здѣсь h составляетъ глубину воды надъ порогомъ, или подошвою выпускнаго отверстія, т.-е. величину ab на фиг. 32; но въ нѣкоторыхъ случаяхъ h будетъ составлять разницу горизонтовъ между верхнею и нижнею водою, какъ напр. на фиг. 33. Въ заводскихъ водоспускахъ величина h измѣняется въ небольшихъ предѣлахъ отъ 1 до 10 футовъ и чаще не превосходитъ 7 футовъ. Чрезъ v здѣсь подразумѣвается средняя скорость, съ которой вода течетъ при извѣстномъ паденіи. Эта скорость для соответственныхъ величинъ h , въ данномъ случаѣ будетъ слѣдующая: при $h = 1$ ф. — 2 ф. — 3 ф. — 4 ф. — 5 ф. — 6 ф. — 7 ф. — 8 ф. — 9 ф. — 10 ф.
 $v = 4,8$ ф. — 6,7 ф. — 8,3 ф. — 9,6 ф. — 10,8 ф. — 11,8 ф. — 12,6 ф. — 13,3 ф. — 14,4 ф. — 15 ф. ¹⁾

Напримѣръ, предположимъ, что наибольшій весенній притокъ воды, который, по свѣдѣніямъ и измѣреніямъ, долженъ проходить сквозъ водоспускъ, составляетъ 2.500 куб. футовъ въ секунду; что мертвый порогъ заложенъ на глубинѣ 7 футовъ ниже поверхности воды въ прудѣ; тогда $Q = 2.500$ куб. фут., $h = 7$ фут. слѣдовательно $v = 12,6$ фут., а потому ширина водоспуска въ свѣту, т.-е. за вычетомъ быковъ, или поперечныхъ стѣнъ и стоекъ будетъ $x = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{2.500}{7 \cdot 12,6} = 28,3$ футовъ, или въ круглыхъ числахъ 29 футовъ; а площадь отверстія водоспуска, для свободнаго прохода въ секунду времени объема воды въ 2.500 куб. футовъ, будетъ $29 \cdot 7 = 203$ кв. футамъ.

При плотинахъ водосливныхъ, если вода подходит по понурному полу до самаго гребня водослива, очевидно, что для опредѣленія ширины водослива, мы должны руководствоваться способомъ только что изложеннымъ для створчатыхъ плотинъ съ понурнымъ поломъ. Въ томъ же случаѣ, когда вода подходя къ гребню водослива встрѣчаетъ подпорную стѣну или значительно крутой откосъ водоспуска къ сторонѣ прудовой воды, то мы должны руководствоваться, какъ для исчисленія объема проходящей чрезъ водосливъ воды, такъ и для опредѣленія ширины самаго водослива, формулою $Q = 0,4 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$ или $Q = 0,405 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$, въ зависимости отъ тѣхъ условій при которыхъ проходить большій или меньшій объемъ воды, или формулою Этельвейна: $Q = 0,57 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh} \cdot \sqrt{1 + 0,035 \frac{u^2}{h}}$ когда гребень плотины будетъ плоскій или округленный и когда вода подходит къ плотинѣ уже съ пріобрѣтенною прежде скоростью u . Если эта скорость u равна нулю, то формула Этельвейна обращается въ $Q = 0,57 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$, если же скорость u притекающей воды, имѣетъ нѣкоторую величину, то какъ уже замѣтили выше, какъ въ формулахъ $Q = 0,405 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$, такъ и въ формулѣ $Q = h \cdot x \cdot v$, вмѣсто h слѣдуетъ вставлять величину $h + h'$ гдѣ $h' = \frac{u^2}{2g}$.

¹⁾ Эти скорости вычислены по формулѣ $v = 0,60 \cdot \sqrt{2gh}$.

Чтобы нагляднѣе видѣть результаты даваемые этими формулами, приведемъ примѣры вычисленій. Предположимъ что во всѣхъ случаяхъ наибольшій объемъ воды, который долженъ пропускать водосливъ, составляетъ 2.500 куб. фут. въ секунду; слѣдовательно $Q = 2.500$; что мы желаемъ чтобы вода не шла чрезъ водосливъ слоемъ толще 3-хъ футовъ, слѣдовательно $h = 3$ фут.; сначала предположимъ, что скорость $u = 0$. Тогда для ширины водослива будемъ имѣть: по формулѣ $Q = h \cdot l \cdot v$,

$$l = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{2.500}{3,8,3} = 100 \text{ фут. По формулѣ } Q = 0,4 \cdot h \cdot l \cdot \sqrt{2gh}$$

$$l = \frac{Q}{0,4 \cdot h \sqrt{2gh}} = \frac{2.500}{0,4 \cdot 3 \cdot 13,9} = 150 \text{ фут. По формулѣ } Q = 0,405 \cdot l \cdot h \sqrt{2gh}$$

$$l = \frac{Q}{0,405 \cdot h \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{2.500}{0,405 \cdot 3 \cdot 13,9} = 147,4 \text{ ф. и по формулѣ } Q = 0,57 \cdot l \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

$$l = \frac{Q}{0,57 \cdot h \cdot \sqrt{2gh}} = \frac{2.500}{0,57 \cdot 3 \cdot 13,9} = 105 \text{ фут. Изъ этихъ чиселъ мы видимъ, что}$$

для водосливной плотины можно пользоваться простѣйшей формулой $Q = h \cdot l \cdot v$, такъ какъ принимая для l величину 100 футовъ, мы найдемъ что $h = \frac{Q}{l \cdot v} = \frac{2.500}{100 \cdot 8,3} = 3,12$ фут. т.-е. что толщина слоя проходящей воды увеличивается только въ этомъ случаѣ на $\frac{12}{100}$ фута, что въ практикѣ не можетъ имѣть большаго значенія, а между тѣмъ длина водослива уменьшается почти на $\frac{1}{3}$, а слѣдовательно пропорціонально уменьшается стоимость довольно дорогой постройки. Если вода притекаетъ со скоростью $u = 3$ футамъ, то $h' = \frac{u^2}{2g} = \frac{9}{64,36} = 0,14$; слѣдовательно $h + h' = 3,14$ фут. и слѣдовательно $l = \frac{Q}{h \cdot v} = \frac{2500}{3,14 \cdot 8,3} = 95,4$ фут.

Если мы привели съ нѣкоторой подробностью условія истеченія воды чрезъ совершенные водосливы и таблицу объемовъ для коэффициентовъ 0,405 и 0,443, то лишь съ тою цѣлю, что совершенные водосливы представляютъ довольно точный способъ для опредѣленія количества воды, протекающей въ ручьяхъ, рѣчкахъ и рѣкахъ. Приемы и способы этого опредѣленія съ надлежащею подробностію будутъ изложены нами въ 3-й части этого сочиненія, гдѣ изложены будутъ и другіе способы для этого опредѣленія.

Во всѣхъ вышеприведенныхъ случаяхъ мы рассматривали условія истеченія воды изъ бассейновъ въ томъ предположеніи, что высота давленія, или напоръ, во все время истеченія остается постояннымъ, или поверхность жидкости въ бассейнѣ, вслѣдствіе соответственнаго притока воды, остается на одномъ и томъ же уровнѣ. Но если къ бассейну, или сосуду, изъ котораго вытекаетъ вода, вовсе нѣтъ притока, то уровень воды въ бассейнѣ, вслѣдствіе истеченія, постепенно понижается, высота давленія уменьшается, а слѣдовательно должна уменьшаться и скорость истеченія. Но скорости истеченія пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ соответственныхъ высотъ давленій, или напоровъ: ибо если высоты давленій означимъ чрезъ h и h' а соответственные имъ скорости чрезъ v и v' то будемъ имѣть: $v = 8,023 \sqrt{h}$ и $v' = 8,023 \sqrt{h'}$ и слѣдовательно:

$v:v' = \sqrt{h}:\sqrt{h'}$. А потому скорость уменьшается пропорционально квадратному корню из высоты давления.

Изъ этого слѣдуетъ, что скорость истеченія при перемѣнномъ давленіи, или напорѣ, уменьшается точно также, какъ скорость тѣла брошеннаго вверхъ по вертикальному направленію; а такъ какъ извѣстно, что тѣло брошенное вверхъ достигаетъ только половины той высоты, до которой оно достигло бы въ то же самое время, если бы скорость его, съ которой оно брошено, оставалась безъ измѣненія отъ дѣйствія тяжести, то и воды, въ какой нибудь промежутокъ времени, должно вытекать вдвое меньше, когда высота уровня постоянно понижается, то есть когда вовсе нѣтъ притока, чѣмъ тогда, когда скорость истеченія воды вовсе не измѣняется.

Впрочемъ, это правило справедливо только тогда, когда бассейнъ или сосудъ, изъ котораго вытекаетъ вода, по всей высотѣ своей имѣетъ одинаковый разрѣзъ, или одинаковой величины площади горизонтальныхъ сѣченій; а это условіе бываетъ только при формахъ призматическихъ или цилиндрическихъ. Но если бассейнъ, или сосудъ, имѣетъ форму конусообразную или пирамидальную, или вообще суживается или расширяется книзу, то вода вытекаетъ изъ такого бассейна медленнѣе или быстрѣе, потому что напоръ измѣняется медленнѣе или быстрѣе нежели въ призматическихъ и цилиндрическихъ бассейнахъ или сосудахъ.

Напримѣръ, если бы мы хотѣли опредѣлить: во сколько времени опорожнится бассейнъ имѣющій форму прямоугольнаго параллелепипеда, длиною въ 32,8 фут. шириною въ 20 фут. и глубиной въ 16,4 фута, наполненный до краевъ водою, когда въ него нѣтъ притока воды и когда отверстіе, имѣющее площадь въ 1,6 квадрат. фут., сдѣлано въ днѣ этого бассейна?

Объемъ этого бассейна будетъ $= 32,8 \cdot 20 \cdot 16,4 = 10758,4$ куб. фут.; если бы высота давления, равная въ началѣ истеченія 16,4 фута, не измѣнялась, то при полномъ сжатіи струи истеченія въ секунду вытекало бы воды: $0,63 \cdot 1,6 \sqrt{64,36} \cdot 16,4 = 32,75$ куб. фут.; слѣдовательно $10758,4$ куб. фут. вытекало бы въ $\frac{10758,4}{32,75} = 328,65$ секундъ времени; но какъ нѣтъ притока воды, то бассейнъ опорожнится только въ теченіе двойнаго времени. т.-е. въ теченіе $2 \cdot 328,65 = 657,3$ секундъ времени.

14. Движеніе воды въ каналахъ, руслахъ и трубахъ.—

Искусственные каналы отличаются отъ рѣкъ тѣмъ, что они имѣютъ на всемъ протяженіи одинаковый уклонъ дна и одинаковую правильной формы профиль сѣченія: почему на всемъ протяженіи въ нихъ чрезъ каждое сѣченіе проходитъ. въ одно и то же время, одинаковый объемъ воды. Въ случаѣ, когда одно изъ этихъ условій измѣняется, напримѣръ, когда въ каналѣ измѣняется величина уклона, то необходимо разсматривать эти части съ разными уклонами какъ два различные каналы, соединенные между собою.

Такъ какъ дно русла канала всегда нѣсколько наклонно къ гори-

зонту, то, какъ уже видѣли выше, вода вслѣдствіе дѣйствія тяжести скользитъ по немъ какъ по наклонной плоскости и чрезъ пониженіе уровня на поверхности воды, восстанавливается движеніе ея на всемъ протяженіи канала. Сопротивленіе русла этому движенію замедляетъ его на столько, что вмѣсто равномѣрно ускореннаго, это движеніе дѣлается равномѣрнымъ; а это означаетъ, что сила тяжести ускоряющая движеніе, дѣлается равною силѣ сопротивленія русла, замедляющей это движеніе. Равновѣсіе этихъ двухъ силъ, какъ мы уже видѣли, выражается формулою: $g \cdot q = a' \frac{p}{F} (v^2 + bv)$ и если сдѣлаемъ $\frac{a'}{g} = a$ то формулою: $q = a \frac{p}{F} (v^2 + bv)$ и какъ $q = \frac{h}{l} = \frac{H}{L}$ при одинаковомъ вездѣ уклонѣ dna канала, то будетъ $\frac{h}{l} = \frac{H}{L} = a \frac{p}{F} (v^2 + bv)$. Припомнимъ, что здѣсь величина h —высота паденія на длинѣ l канала; H —высота паденія на всей длинѣ канала L ; p —длина периметра прикосновенія воды съ русломъ въ живомъ сѣченіи, котораго величина площади F ; v —средняя скорость теченія воды для всей площади F ; a и b численные коэффициенты, которые должны быть опредѣлены опытами. *Прони* (Prony) изъ 30-ти опытовъ, сдѣланныхъ *Дюбуа*, опредѣлилъ эти коэффициенты. Такъ что, когда всѣ измѣренія будутъ выражены въ футахъ, то эти основныя уравненія движенія воды въ каналахъ съ коэффициентами *Прони* примутъ видъ: $q = \frac{H}{L} = \frac{p}{3047,9 \cdot F} (0,287 \cdot v^2 + 0,135 \cdot v)$ или приблизительно $v = 103 \sqrt{\frac{H}{L} \cdot \frac{F}{p} - 0,235}$; и $Q = F (103 \sqrt{\frac{H}{L} \cdot \frac{F}{p} - 0,235})^3$.

Разсмотримъ теперь послѣдовательно значеніе величинъ v , F , p и q при устройствѣ каналовъ.

1) Этельвейнъ, способомъ указаннымъ *Прони*, сдѣлавъ 91 наблюденіе на каналахъ и рѣкахъ, въ которыхъ скорость теченія измѣнялась отъ 0,124 до 2,42 метра (или отъ 0,41 до 7,94 фута) и площадь живаго сѣченія отъ 0,014 до 2604 квадратныхъ метра (или отъ 0,0459 до 8541,12 квадратныхъ фут.) нашель эти коэффициенты, для всѣхъ измѣреній въ метрахъ: $a' = 0,0033855$ или $a = 0,00036554$ и $b = 0,0664$.

Поставивъ на мѣсто g ея численную величину (9,88 метровъ, или 32,4 ф. т.е. среднюю для Франціи) уравненіе для движенія воды въ каналахъ будетъ:

$$q = 0,00036554 \frac{p}{F} (v^2 + 0,0664 \cdot v) \text{ или}$$

$$\frac{H}{L} = 0,00036554 \frac{p}{F} (v^2 + 0,0664 \cdot v) \text{ и}$$

$$v = \sqrt{2736 \cdot \frac{qF}{p} - 0,033} \text{ когда всѣ измѣренія въ метрахъ.}$$

Если чрезъ Q назовемъ объемъ воды протекающей чрезъ площадь живаго сѣченія F канала въ секунду времени, то $Q = Fv$ и $v = \frac{Q}{F}$ и тогда уравненіе приметъ видъ $qF^3 = 0,00036554 p (Q^2 + 0,0664 QF)$, въ которомъ, изъ четырехъ величинъ Q , q , F и p , если будутъ заданы или извѣстны три, то опредѣлится четвертая. Изъ него же $Q = F \left(\sqrt{2736 \frac{qF}{p} - 0,033} \right)$. При большихъ скоростяхъ, т. е. отъ 1-го метра и выше, при которыхъ сопротивленіе пропорціонально просто квадрату скорости и второй членъ въ уравненіи движенія отпадаетъ, будетъ:

$$v = 51 \sqrt{\frac{qF}{p}} \text{ и } Q = 51 \cdot F \sqrt{\frac{qF}{p}} \text{ въ метрахъ.}$$

Мы выше сказали что подъ v разумѣемъ среднюю скорость теченія воды для площади всего живаго сѣченія F ; потому что въ дѣйствительности, въ какомъ нибудь поперечномъ сѣченіи канала, вода имѣетъ въ разныхъ точкахъ площади этого сѣченія неодинаговую скорость. Близъ свободной поверхности воды, въ срединѣ ширины канала, скорость теченія воды наибольшая, но съ приближеніемъ къ дну и берегамъ, т.-е. къ линіи периметра прикосновенія p , эта скорость уменьшается. Въ небольшихъ потокахъ и каналахъ наибольшая скорость находится на самой или близъ самой поверхности воды, въ большихъ же рѣкахъ она находится нѣсколько ниже этой поверхности. Наибольшая скорость опредѣляется непосредственными наблюденіями, помощію различныхъ способовъ и приборовъ, которые будутъ указаны нами въ 3-й части. Простѣйшій изъ этихъ способовъ заключается въ слѣдующемъ: въ воду, на средину канала, кладутъ *поплавокъ*, напримѣръ, кусокъ дерева, который чрезъ нѣсколько времени приобрѣтаетъ скорость воды; тогда помощію секундныхъ часовъ, (или секунднаго маятника) ¹⁾ наблюдаютъ время, въ которое онъ проплываетъ извѣстное, заранѣе измѣренное пространство. Если, напримѣръ, поплавокъ проплылъ 700 футовъ въ 215 секундъ, то пространство, пройденное имъ въ одну секунду, или скорость теченія воды на поверхности канала $= \frac{700}{215} = 3,256$ футовъ. Для того, чтобы это измѣреніе имѣло надлежащую точность, нужно повторять опытъ съ поплавкомъ по крайней мѣрѣ отъ 5 до 10 разъ и потомъ взять для скорости среднее ариѳметическое число.

Зная наибольшую скорость теченія воды, можно опредѣлить среднюю скорость для цѣлаго сѣченія, помощію слѣдующей формулы *Прони*, выведенной изъ многихъ, выше указанныхъ опытовъ *Дюбюа*; если означимъ наибольшую скорость чрезъ V , и среднюю для цѣлаго сѣченія чрезъ v и выразимъ ихъ въ футахъ, то $\frac{v}{V} = \frac{V + 7,78}{V + 10,34}$ или $v = \frac{V(V + 7,78)}{V + 10,34}$

Для облегченія вычисленій, по этой формулѣ составлена слѣдующая таблица:

Наибольшая скорость V	Отношеніе $\frac{v}{V}$	Наибольшая скорость Γ	Отношеніе $\frac{v}{\Gamma}$	Наибольшая скорость Γ	Отношеніе $\frac{v}{\Gamma}$	Наибольшая скорость Γ	Отношеніе $\frac{v}{\Gamma}$
0,5 ф.	0,764	3,5 ф.	0,815	6,5 ф.	0,848	9,5 ф.	0,871
1,0	0,774	4,0	0,821	7,0	0,852	10,0	0,874
1,5	0,784	4,5	0,827	7,5	0,856	10,5	0,877
2,0	0,792	5,0	0,833	8,0	0,860	11,0	0,880
2,5	0,800	5,5	0,838	8,5	0,864	11,5	0,883
3,0	0,808	6,0	0,843	9,0	0,868	12,0	0,885

¹ См. приложение XVIII.

На практикѣ чаще скорость V бываетъ въ предѣлахъ отъ 2 до 7 футовъ въ секунду, а слѣдовательно средняя скорость чаще составляетъ отъ 80 до 85 процентовъ наибольшей скорости. Наименьшая скорость теченія бываетъ у дна канала; если означимъ эту наименьшую скорость въ сѣченіи у дна чрезъ w , то $w = 2v - V$. По опытамъ Дюбюа наименьшая скорость w у дна канала составляетъ приблизительно $\frac{3}{4}$ средней скорости воды v , т.-е., что $w = 0,75.v$.

Напримѣръ, предположимъ, что помощію поплавка для наибольшей скорости получили $V = 3,256$ футовъ; отношеніе средней скорости для цѣлаго сѣченія къ наибольшей, по таблицѣ, должно быть среднее между 0,808 и 0,815, т.-е. равное 0,812; поэтому средняя скорость $v = 0,812 \cdot 3,256 = 2,644$ фут., а наименьшая, по Дюбюа, $w = 0,75 \cdot 2,644 = 1,98$ фут., а по формулѣ $w = 2v - V$ будетъ $w = 2 \cdot 2,644 - 3,256 = 5,288 - 3,256 = 2,032$ футовъ.

Но можно опредѣлить среднюю скорость v теченія воды въ каналѣ для всего сѣченія, не прибѣгая къ непосредственнымъ опытамъ съ поплавкомъ, или съ другими приборами, если только посредствомъ точной нивелировки мы опредѣлимъ высоту паденія H канала на всей его длинѣ L ; для этого намъ можетъ служить формула:

$$v = 103 \sqrt{\frac{H \cdot F}{L \cdot p}} - 0,235$$

если только притомъ намъ извѣстна форма и размѣры сѣченія канала и глубина въ немъ воды.

Черт. IV.
фиг. 34.

Напримѣръ, предположимъ, что сѣченіе, или поперечный профиль канала, имѣетъ трапеціодалную форму, какъ это почти всегда и случается; что наклонъ боковыхъ стѣнокъ его русла составляетъ съ горизонтомъ уголъ въ 45° , при которомъ ширина его откоса равна высотѣ т.-е. $ce = ae$; что ширина дна канала $cd = 10$ ф., а глубина въ немъ воды $ce' = 2$ фут. Если длина L всего канала составляетъ 3280 футовъ, и точной нивелировкой мы нашли, что паденіе H на всей длинѣ канала составляетъ 1,3 фута, то будетъ: $ab = 10 + 2,2 = 14$ ф. слѣдовательно площадь живаго сѣченія $F = \frac{10 + 14}{2} \cdot 2 = 24$ кв. фут. (какъ площадь трапеціи); сторона $ac^2 = ce^2 + ae^2 = 2ae^2$ или $ac = 2\sqrt{2} = 2,828 = 2,828$ фут. и слѣдовательно периметръ прикосновенія $p = 10 + 2 \cdot 2,828 = 15,656$ фут.

Тогда величина $\frac{H \cdot F}{L \cdot p} = \frac{1,3}{3280} \cdot \frac{24}{15,656} = 0,000607$ и слѣдовательно средняя скорость $v = 103\sqrt{0,000607} - 0,235 = 2,538 - 0,235 = 2,303$ фут. Количество же воды доставляемое такимъ каналомъ въ секунду времени будетъ: $v \cdot F = 2,303 \cdot 24 = 55,272$ кубич. футовъ.

Величина средней скорости v воды въ каналѣ имѣетъ свои предѣлы, которые въ различныхъ случаяхъ превосходить не должно. Эта величина зависитъ отъ назначенія канала и отъ того матеріала, изъ котораго образовано его русло. Величина этой скорости не должна быть менѣе $\frac{1}{2}$ фута, для предупрежденія осадка ила, всегда находя-

шагося въ текучей водѣ и особенно весною, который, при меньшей скорости уже не уносится водою, и осаждаясь на дно засоряет русло канала, скоро уменьшает его глубину и нарушаетъ правильность профиля, а слѣдовательно и равномерность теченія.

Если русло канала не обдѣлано деревомъ или камнемъ, а прямо проложено въ грунтѣ, то слишкомъ большая скорость воды можетъ легко размывать русло канала, увлекая за собою легкія землестыя части, каковы глина, песокъ, гравій; это размываніе весьма скоро измѣняетъ профиль и нарушаетъ равномерность теченія, которую необходимо сохранять для всѣхъ искусственныхъ каналовъ. Для предупрежденія размыванія дна и боковъ русла канала, назначаютъ предѣлъ наибольшей скорости въ зависимости отъ грунта, въ которомъ проложено русло. Опытами опредѣленъ предѣлъ скорости w у дна канала, которую можно сообщить водѣ не повреждая этого дна, для слѣдующихъ грунтовъ:

Для рыхлой иловатой почвы w должно быть не болѣе	0,25 ф.
„ вязкой глинистой	0,50 „
„ мелкопесчанистой	1,00 „
„ крупнопесчанистой	2,00 „
„ мелкаго гравія	3,00 „
„ крупнаго гравія	4,00 „
„ конгломератовъ и сланцеватыхъ породъ	5,00 „
„ слоистыхъ плотныхъ породъ	6,00 „
„ твердо каменныхъ породъ	10,00 „

И такъ какъ $w = 0,75.v$, то для каждаго грунта мы можемъ получить величину $v = \frac{w}{0,75}$.

Имѣя въ виду еще то обстоятельство, что всѣ гидравлическія сопротивленія, а слѣдовательно и неразрывно связанныя съ ними потери въ живой силѣ или величинѣ напора, возрастаютъ пропорціонально квадрату скорости, — для средней скорости теченія воды въ каналѣ рѣдко назначаютъ величину выше 4-хъ футовъ.

Что касается до величины скорости теченія въ зависимости отъ назначенія канала, то если, на примѣръ, каналъ назначается для судоходства, при которомъ грузы направляются вверхъ и внизъ по теченію, то обыкновенно стараются дать наивозможно мѣншую скорость теченію воды въ каналѣ, для того, чтобы тяга судовъ встрѣчала по возможности равное сопротивленіе, мѣнше утомляла лошадей и не требовала бы постояннаго перегона ихъ и усиленія числа при тягѣ вверхъ. Если каналъ служить для снабженія водою города, то скорость теченія въ немъ должна быть сильнѣе, для того, чтобы вода не застаивалась, и не портилась отъ разложенія органическихъ веществъ.

Скорость теченія находится въ прямой зависимости отъ относительнаго улона, или паденія q дна канала. Увеличить или уменьшить скорость теченія, — это значитъ соотвѣтственно увеличить или уменьшить уклонъ q . Мы уже выше замѣтили, что когда устраивается приводный каналъ, замѣняющій плотину, то на той же длинѣ протяженія русла

рѣчки, мы не можемъ, посредствомъ канала, достигнуть той же высоты паденія воды въ концѣ его, какой достигаемъ запрудю посредствомъ плотины; ибо мы необходимо должны дать самому каналу нѣкоторый уклонъ, и слѣдовательно водѣ его нѣкоторую скорость теченія, чтобы получить въ секунду извѣстный объемъ воды въ концѣ канала, для дѣйствія гидравлическими колесами. Чѣмъ больше скорость воды въ каналѣ, тѣмъ меньше могутъ быть размѣры его поперечнаго сѣченія для прохода даннаго объема воды, причемъ устройство канала обойдется дешевле; но тогда уклонъ его дна долженъ быть великъ, а при большомъ паденіи, на извѣстномъ разстояніи длины канала, мы уменьшаемъ высоту, съ которой будетъ падать вода на гидравлическія колеса и слѣдовательно уменьшаемъ получаемую механическую работу воды. Если же водѣ сообщить небольшую скорость, то при проводѣ даннаго объема воды, размѣры поперечнаго сѣченія должны быть больше, а слѣдовательно больше и стоимость сооруженія канала; но зато тогда достаточно очень небольшого уклона дна канала, чтобы сообщить водѣ эту небольшую скорость, а чрезъ это выигрывается въ концѣ приводнаго канала высота паденія воды на колеса и слѣдовательно запасъ силы заключающійся въ водѣ какъ двигателѣ. Такимъ образомъ количество механической работы, которую можетъ дать приводный каналъ опредѣленной длины на своемъ концѣ, то есть тамъ гдѣ вода его падаетъ на гидравлическіе пріемники, зависитъ не только отъ количества воды, которое онъ даетъ въ этомъ мѣстѣ, но и отъ высоты ея паденія на колеса. Если Q объемъ воды, который даетъ каналъ и H' высота паденія воды изъ канала на колесо, (т.-е. вертикальная высота отъ дна канала въ концѣ его, до горизонта воды въ отводномъ каналѣ въ этомъ мѣстѣ) то механическая работа даваемая приводнымъ каналомъ выразится чрезъ $Q.H'$. Чѣмъ болѣе мы дадимъ наклонъ каналу, тѣмъ болѣе чрезъ него протечетъ воды и слѣдовательно тѣмъ болѣе будетъ величина Q ; но въ то же время уменьшится величина H' , если длина приводнаго канала остается та же самая. А потому произведеніе $Q.H'$ сначала увеличиваясь съ возрастаніемъ уклона канала, вслѣдствіе увеличенія Q , потомъ станетъ уменьшаться съ дальнѣйшимъ возрастаніемъ уклона канала, вслѣдствіе уменьшенія H' . Слѣдовательно при нѣкоторыхъ величинахъ Q и H' должна быть наибольшая величина для ихъ произведенія $Q.H'$ т.-е. для механической работы, даваемой приводнымъ каналомъ. И такъ какъ намъ выгодно получить эту наибольшую величину, то мы и должны стараться достигнуть ея, давая различныя величины для q и v и посредствомъ приближительныхъ, повторенныхъ вычисленій, остановиться на такихъ величинахъ для q и v при которыхъ произведеніе $Q.H'$ было бы наибольшее.

На скорость теченія воды въ каналахъ имѣетъ значительное вліяніе заростаніе ихъ водорослями и болотными травами; это случается не только въ каналахъ проведенныхъ непосредственно въ грунтѣ, но и въ каналахъ обдѣланныхъ камнемъ, въ заводскихъ приводныхъ и отводныхъ руслахъ обдѣланныхъ деревомъ, которыхъ стѣнки и дно на-

ходящаяся под водою покрываются различными водорослями. Люболю измѣрившій скорость теченія воды въ Жардскомъ каналѣ (Jard) нашелъ, что скорость была значительно больше, когда тростники были въ немъ скошены, чѣмъ до уничтоженія ихъ. Инженеръ *Жирарде* строившій Уркскій каналъ (Ourcq) приводящій воду въ Парижъ, справедливо замѣтилъ, говоритъ *д'Обюиссонъ*, что водоросли, покрывающія дно и бока канала, значительно увеличиваютъ периметръ прикосновенія и слѣдовательно сопротивление движению воды; вслѣдствіе чего онъ далъ относительному уклону канала q , вмѣсто найденной теоретически величины $= 0,00005502$, почти двойную величину $= 0,0001056$. *Моренъ* приводитъ, что водоросли и травы въ приводныхъ и отводныхъ заводскихъ каналахъ, на столько замедляютъ движенье воды, что опускаютъ уровень въ приводныхъ, и возвышаютъ этотъ уровень въ отводныхъ каналахъ, уменьшая такимъ образомъ высоту паденія воды на колеса иногда отъ 0,8 до 1 метра (отъ 2,62 до 3,28 футовъ).

Что же касается до величинъ I' и p , т.е. до формы, или профиля поперечнаго сѣченія канала, то независимо отъ матеріала, изъ котораго образуются его бока и дно, выгоднѣйшая форма для поперечнаго сѣченія была бы та, при которой отношеніе периметра прикосновенія къ площади сѣченія было бы наименьшее; ибо изъ уравненія $g \cdot q = a' \frac{p}{F} (v^2 + bv)$ мы видимъ, что сопротивление движению воды въ каналѣ, вынуждающее увеличивать уклонъ канала q , возрастаетъ пропорціонально этому отношенію $\frac{p}{F}$, или такъ называемому среднему радиусу площади сѣченія. Изъ всѣхъ формъ сѣченія къ этому условію ближе подходятъ вообще правильныя формы, а изъ нихъ наиболѣе удовлетворяетъ этому условію форма полукруга. Но русло канала имѣющее форму полукруга трудно исполнить въ практикѣ, такъ какъ оно потребовало бы тщательно обдѣланнаго каменнаго матеріала, что значительно увеличило бы издержки на устройство канала. По той же причинѣ не употребляются въ практикѣ ближе подходящія къ полукругу формы сѣченія, состоящія изъ пяти или шести сторонъ правильнаго десятиугольника, или изъ четырехъ сторонъ правильнаго восьмиугольника.

Поэтому форму сѣченія для канала выбираютъ, или прямоугольную, или слегка трапеціодальную, когда бока его обдѣлываются деревомъ или камнемъ, и трапеціодальную, съ болѣе отлогими откосами, когда бока канала не одѣваются ни деревомъ, ни камнемъ и состоятъ изъ земляныхъ откосовъ. Изъ этихъ формъ ближе всего подходитъ къ условію наименьшаго $\frac{p}{F}$: сѣченіе составленное изъ половины правильнаго шестиугольника; но въ немъ наклонъ откосовъ (въ 60°) еще слишкомъ великъ чтобы они могли держаться не обсыпаясь безъ каменной или деревянной одежды, для чего необходимъ откосъ въ 45° и еще менѣе, особенно при сыпучихъ и рыхлыхъ грунтахъ.

Черт. IV.
фиг. 35.

Нѣкоторые гидравлики совѣтуютъ придавать поперечному сѣченію канала форму трапеціи слѣдующихъ размѣровъ: если нижняя сторона

Черт. IV. $ab = 2$ частямъ, то верхняя $cd = 10$ частямъ, а глубина $ef = 3$ частямъ.
 фиг. 36. Въ такой трапеціи уголъ наклона боковъ канала съ горизонтомъ, или
 уголъ $cai = 36^\circ 52'$ и по равенству площадей и периметровъ прикос-
 новенія, такая трапеція сходствуетъ съ прямоугольникомъ, у котораго
 фиг. 37. ширина въ два раза болѣе высоты, или составляетъ половину квадрата,
 котораго бокъ равенъ ширинѣ ¹⁾. Такая форма четырехугольника мо-
 жетъ быть употреблена только для канала бока котораго обдѣланы де-
 ревомъ или камнемъ, чаще же эта форма сѣченія употребляется для
 деревянныхъ руслъ.

Когда требуется провести новый каналъ, то обыкновенно дается
 длина его, количество воды, которое онъ долженъ доставлять въ секунду
 времени и средняя скорость течения въ немъ воды; а по этимъ дан-
 нымъ опредѣляютъ высоту его паденія и размѣры поперечнаго сѣченія.

Напримѣръ, предположимъ, что требуется провести каналъ длиной
 въ 4920 футовъ, который, при средней скорости течения въ немъ воды
 въ 3 фута, доставлялъ бы въ секунду 65 куб. фут. воды; причѣмъ
 поперечное сѣченіе канала должно имѣть форму прямоугольника, ко-
 торого ширина въ четыре раза больше глубины. Спрашивается, какъ
 велико должно быть паденіе дна канала, и какъ велики должны быть
 размѣры его поперечнаго сѣченія? Для рѣшенія этого вопроса мы вос-
 пользуемся формулою:

$$q = \frac{H}{L} = \frac{1}{3047,9} \cdot \frac{p}{F} (0,287.v^2 + 0,135.v).$$

Площадь поперечнаго сѣченія канала $F = \frac{Q}{v} = \frac{65}{3} = 21,67$ кв. фут.

Если ширину канала означимъ чрезъ b , то глубина его $= \frac{1}{4} \cdot b$ а пло-
 щадь сѣченія будетъ $\frac{1}{4} \cdot b \cdot b = 0,25b^2 = 21,67$ кв. фут.; откуда полу-
 чимъ, что ширина канала $b = 9,31$ ф., а глубина $\frac{b}{4} = 2,33$ фут. Слѣ-
 довательно величина периметра прикосновенія $p = 9,31 + 2 \cdot 2,33 =$
 $= 13,97$ футовъ. Вставивъ въ формулу соответственныя численныя ве-
 личины для L , F , p и v найдемъ:

$$3047,9 \cdot \frac{21,67}{4920 \cdot 13,97} \cdot H = 0,287 \cdot 9 + 0,135 \cdot 3 \text{ или}$$

$$0,961 \cdot H = 2,988, \text{ откуда } H = 3,109 \text{ футовъ.}$$

Если найденная величина паденія H не вполне соответствуетъ на-
 значенію канала, если она напримѣръ, слишкомъ велика, то нужно
 повторить вычисленія, давая для средней скорости величины 2,5 ф.,
 2,25 ф., 2 ф. и т. д.; если же она слишкомъ мала, то давать для этой
 скорости величины 3,25 ф., 3,50 ф., 4 ф. и т. д. до тѣхъ поръ, пока не по-
 лучится желаемая величина паденія. Въ дѣйствительности, при выпол-

¹⁾ Дѣйствительно, площадь трапеціи будетъ $\frac{10+2}{2} \cdot 3 = 18$ кв. ф. площадь прямоуголь-
 нна также 18 кв. фут.; периметръ прикосновенія у первой будетъ 12 ф. и у втораго
 также 12 ф. поэтому отношеніе $\frac{p}{F} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3}$ будетъ одинаковое у обѣихъ профилей.

(ибо $ac^2 = 4^2 + 3^2$ и $ac = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5$.) фиг. 36 и 37.

неніи постройки, выгодно́е дѣлать размѣры поперечнаго сѣченія нѣсколько больше найденныхъ теоретически, въ виду засоренія или заросстанія дна и боковъ канала водяными растеніями. То и другое обстоятельство уменьшая профиль или замедляя теченіе, уменьшаютъ объемъ воды даваемый каналомъ.

При устройствѣ приводнаго канала, замѣняющаго собою плотину, обыкновенно въ концѣ канала, близъ самыхъ вододѣйствующихъ колесъ, устраивается небольшой бассейнъ, въ который вливается вода канала; и уже изъ этого бассейна вода проводится водопроводными руслами, также какъ изъ пруда за плотиною, на гидравлическіе приѣмники.

Обращаясь теперь къ водопроводнымъ русламъ, которыя, въ меньшихъ размѣрахъ, представляютъ собою такіе же каналы, если онѣ сдѣланы открытыми, очевидно, что тѣ же самыя формулы приложимы къ русламъ какъ и къ каналамъ. А потому не касаясь еще здѣсь технической стороны устройства каналовъ и руселъ, мы укажемъ собственно только тѣ теоретическія основанія, которыя необходимо имѣть въ виду при устройствѣ водопроводныхъ руселъ вообще.

Водопроводныя русла для гидравлическихъ приѣмниковъ бываютъ верхнія и нижнія. По верхнему руслу вода притекаетъ изъ пруда или бассейна къ вододѣйствующему колесу, почему оно называется рабочимъ приводнымъ русломъ, (а также ларемъ, рундубомъ, скрынею, лялею). Въ немъ устроивается приспособленіе для управленія рабочей водой, состоящее изъ вертикально, или наклонно установленнаго щита непосредственно передъ водянымъ колесомъ, или окна (люка), сдѣланнаго въ днѣ ларя, непосредственно надъ гидравлическимъ колесомъ, (фиг. 762), открытіемъ или закрытіемъ которыхъ увеличиваютъ, уменьшаютъ, или совершенно прекращаютъ притокъ воды на вододѣйствующія колеса. По нижнему руслу, въ которомъ обыкновенно помѣщается самое гидравлическое колесо, вода стекаетъ, или отводится, послѣ ея дѣйствія, въ рѣчку ниже плотины, почему его и называютъ отводнымъ русломъ. У пошвенныхъ и средобойныхъ колесъ нижнее русло есть непосредственное продолженіе верхняго, изгибающееся около колеса и разобщено одно отъ другаго только щитомъ, устанавливаемымъ въ концѣ верхняго русла у самага колеса, съ цѣлью задержанія или впуска воды на колесо (фиг. 766).

Черт. XC.

Черт. XC.

Начало верхняго русла всегда находится въ самомъ прудѣ, нѣсколько ниже уровня рабочей воды, такъ что, или берегъ пруда, или самое тѣло плотины, должны быть прорѣзаны для прохода этого русла. Поэтому важнѣйшую часть верхняго русла представляетъ его начало, которое, какъ всякій прорѣзъ, сдѣланный въ берегахъ пруда или въ плотинѣ, долженъ быть также тщательно обдѣланъ и предохраненъ отъ подмыва его дна и боковъ, какъ водоспускъ. Эта обдѣлка и составляетъ рабочій ставъ, или рабочій водоспускъ; онъ долженъ быть снабженъ щитами, отрываніемъ и закрываніемъ которыхъ рабочая вода, по усмотрѣнію и въ мѣрѣ дѣйствительной надобности, пускается въ русло или притокъ ея въ него останавливается. Рабочая вода, находясь въ этомъ

руслѣ, до поступления ея на гидравлическіе пріемники остается прудовою, подпертою водою, а потому до выхода ея изъ верхняго русла она должна оставаться, для сохраненія надлежащаго напора, на одинаковомъ уровнѣ съ прудовою водою. А для удовлетворенія этому требованію необходимо чтобы уклонъ два русла былъ бы не великъ и скорость теченія воды въ руслѣ была бы всегда умѣренная. По этимъ причинамъ дно верхняго русла, начиная отъ порога рабочаго водоспуска до мѣста помѣщенія колеса, проводятъ, или горизонтально, или съ весьма незначительнымъ уклономъ въ 1 дюймъ на каждые 25 саженей длины русла. Вслѣдствіе этого высота боковыхъ стѣнъ русла, на всемъ его протяженіи, не должна быть ниже наибольшаго уровня воды въ прудѣ.

Что касается высоты, или глубины слоя воды надъ порогомъ верхняго русла и въ самомъ руслѣ, то эта высота сама собою опредѣляется толщиной слоя рабочей воды въ прудѣ. *Обыкновенно порогъ русла укладываютъ на 1 до 2 футовъ ниже наименьшаго уровня рабочей воды въ прудѣ*, притомъ такимъ образомъ, чтобы и при этомъ наименьшемъ уровнѣ порога, а вмѣстѣ съ нимъ и дно русла, были постоянно покрыты тонкимъ слоемъ мертвой воды, чѣмъ русло отчасти сберегается и отъ высыханія и отъ гніенія, будучи постоянно подъ водою. При этомъ конечно должно принимать во вниманіе, для какого рода гидравлическихъ пріемниковъ назначается русло, и ихъ положеніе относительно приводимаго русла, но вообще порогъ русла не долженъ быть закладываемиъ ниже порога водоспуска, которымъ регулируется уровень воды въ прудѣ.

Но такъ какъ русло должно приводить опредѣленный объемъ воды, требуемый колесамъ въ каждую секунду, то остается только опредѣлить его ширину. Эта ширина опредѣляется условіемъ, чтобы необходимый для колесъ объемъ воды приходилъ къ нимъ свободно по руслу со скоростью отъ 3 до 4 футовъ въ секунду, причемъ форма сѣченія русла почти всегда бываетъ прямоугольная. И такъ, если Q требуемый колесами объемъ воды, который долженъ быть извѣстенъ; v —средняя скорость движенія воды въ руслѣ, которую назначаютъ обыкновенно около 3 футовъ; h —высота или глубина воды надъ порогомъ русла и слѣдовательно въ руслѣ, — и x —искомая ширина русла; и такъ какъ $Q = h.v.x$, то $x = \frac{Q}{h.v}$. Напримѣръ, если $Q = 45$ куб. фут. въ секунду; $h = 3,5$ фут. и скорость $v = 3$ ф., то ширина русла $x = \frac{45}{3 \cdot 3,5} = 4,2$ фут.

Этотъ расчетъ для ширины русла относится къ тому случаю, когда русло ведетъ воду къ нѣсколькимъ колесамъ; но когда изъ этого общаго русла ведется вода отдѣльнымъ русломъ на опредѣленное одно какое либо колесо, то необходимо принимать во вниманіе ширину самаго колеса, которая всегда должна быть хотя немного болѣе ширины русла, но часто опредѣляемая выше указаннымъ способомъ ширина русла оказывается иногда мала сравнительно съ шириною колеса. А потому найденную вычисленіемъ ширину русла приходится нѣсколько увеличивать соображаясь съ шириной его колеса. Такое увеличеніе ширины русла чаще

бываетъ незначительное, но оно способствуетъ лучшему дѣйствию колеса. Всякое русло должно стараться провести самымъ кратчайшимъ путемъ и по возможности прямымъ направлениемъ, безъ всякихъ излишнихъ поворотовъ и изгибовъ, отъ порога до соотвѣтственнаго ему колеса, чтобы не произвести потери въ высотѣ напора воды.

Нижнее, или отводное русло, принимая въ себя отработавшую на колесахъ воду, должно спустить эту воду въ рѣчку ниже плотины, или въ такъ называемую нижнюю воду. Главное условіе при этомъ заключается въ томъ, чтобы отработавшая вода не скоплялась и не заставалась подъ колесами, а стекала по возможности быстро не производя подтопа въ колесахъ и не препятствуя ихъ свободному вращенію. Такъ какъ для выигранія высоты паденія воды, въ особенности для наливныхъ колесъ, имъ даютъ по возможности наибольшій діаметръ, и назначаютъ для оттока воды наименьшее паденіе, то вообще паденіе нижняго отводнаго русла, или уклонъ его дна, не можетъ быть великъ. А потому свободный оттокъ воды въ нижнемъ руслѣ достигается главнымъ образомъ только достаточною его шириною, которая можетъ быть вычислена на томъ же основаніи какъ и въ верхнемъ руслѣ, но которую всегда выгодно скорѣе увеличить чѣмъ уменьшить противъ исчисленной. Съ этой цѣлью также слѣдуетъ проводить нижнее русло по направленію самаго кратчайшаго разстоянія отъ гидравлическихъ двигателей къ нижней водѣ рѣчки, чтобы выиграть для него возможно большее паденіе, или уклонъ, лишь бы это направленіе не могло вредить заводскимъ строеніямъ.

Что касается до формы поперечнаго сѣченія приводнаго и отводнаго русла, то въ небольшихъ сооруженіяхъ эта форма почти всегда прямоугольная, особенно въ верхнемъ руслѣ, которое имѣетъ тогда видъ деревяннаго ящика. Въ большихъ же заводскихъ и фабричныхъ сооруженіяхъ приводныя русла иногда дѣлаютъ желѣзныя или чугуныя и тогда онѣ имѣютъ видъ водопроводной трубы и формой сѣченія кругъ. Иногда съ сѣченіемъ круга дѣлаются и деревянные, такъ называемыя бочкообразныя русла, бока которыхъ собираются изъ досокъ сжимаемыхъ желѣзными обручами, какъ клепки въ обыкновенныхъ бочкахъ. Форма сѣченія нижняго русла чаще бываетъ прямоугольная, съ деревянной обдѣлкой дна и стѣнъ ¹⁾).

Такъ какъ водопроводное русло, имѣющее форму трубы съ сѣченіемъ круга, особенно если оно проводится на значительное разстояніе, находится въ условіяхъ обыкновеннаго трубчатаго водопровода, то мы и укажемъ здѣсь на нѣкоторыя данныя, которыя встрѣчаются при движеніи воды въ цилиндрическихъ трубахъ.

Движенію воды въ трубѣ, какъ и въ каналѣ, оказываетъ сопротивленіе сцѣпленіе частицъ и треніе того же свойства, на которое мы указывали при движеніи воды въ каналѣ; такъ какъ это треніе, или происходящее отъ него сопротивленіе, не зависитъ ни отъ давленія воды

¹⁾ См. гл. XXV. и чертежъ ХСІІІ, фиг. 786.

на стѣнки трубы, ни отъ свойства матеріала, изъ котораго сдѣлана труба. Опыты указываютъ, что это сопротивленіе возрастаетъ прямо пропорціонально длинѣ трубы и обратно пропорціонально діаметру трубы; т.-е. если труба втрое длиннѣе при томъ же діаметрѣ, или діаметръ втрое меньше при той же длинѣ трубы, то сопротивленіе движенію воды будетъ также втрое больше. Затѣмъ опыты также указываютъ, что это сопротивленіе возрастаетъ (приблизительно) прямо пропорціонально квадрату скорости движенія воды, такъ что, на примѣръ, при двойной скорости, сопротивленіе будетъ приблизительно въ 2 . 2, или въ 4 раза больше, при утроенной скорости будетъ въ 3 . 3, или въ 9 разъ болѣе и т. д. Это сопротивленіе должно быть преодолено увеличеніемъ наклона трубы, или, что все равно, увеличеніемъ высоты давленія, или напора. Слѣдовательно для того, чтобы вода двигалась съ большею скоростью въ длинной и узкой трубѣ, нуженъ большой наклонъ трубы, или большой напоръ воды, чѣмъ для трубы меньшей длины и большаго діаметра. Поэтому, если трубамъ можетъ быть данъ только небольшой уклонъ, то діаметръ ихъ долженъ быть великъ и нужно довольствоваться въ этомъ случаѣ небольшою скоростью теченія.

Встрѣчающіеся въ практикѣ вопросы при устройствѣ водопроводовъ разрѣшаются помощію слѣдующихъ формулъ *Прони*:

$$1) v = 48,526 \sqrt{\frac{d \cdot h}{l}} - 0,082. \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

$$2) h = \frac{l}{d} (0,00007 \cdot v + 0,000424 \cdot v^2) \quad \text{и} \quad (II)$$

$$3) d = \frac{l}{h} (0,00007 \cdot v + 0,000424 \cdot v^2). \quad . \quad (III)$$

Здѣсь l означаетъ длину водопровода; d — діаметръ трубы; v — скорость воды въ трубахъ; h — всю высоту паденія, давленія, или напора. По этимъ формуламъ всѣ измѣренія должны быть выражены въ футахъ и частяхъ фута. Когда конецъ ab трубы mn открытъ и вода выливается изъ него въ воздухъ, тогда высоту паденія, давленія или напора h , составляетъ линія co , т.-е. вертикальное разстояніе середины открытаго конца трубы O , отъ уровня воды AB въ верхнемъ бассейнѣ, изъ котораго беретъ начало труба mn ; если же труба своимъ нижнимъ концомъ вливаетъ воду въ другой бассейнъ, тогда величина h выражается линіей ce , т.-е. вертикальной разницей уровней верхняго и нижняго бассейновъ.

Чтобы преодолѣть сопротивленія, происходящія при движеніи воды въ трубахъ, нужно всегда изъ паденія, или высоты напора воды давленіемъ котораго производится теченіе, пожертвовать частію этой высоты. Величина этихъ сопротивленій зависитъ, какъ мы уже видѣли, отъ скорости воды, отъ величины периметра, или поверхности прикосновенія и отъ длины трубы, но не зависитъ отъ матеріала, изъ котораго сдѣлана труба.

Если обозначимъ: чрезъ H — высоту паденія или напора отъ верхняго уровня воды до середины отверстія въ устьѣ при истокѣ, или

если истокъ трубы находится подъ водою, — до нижняго уровня воды; чрезъ L — длину и чрезъ D — внутренній діаметръ трубы, то по *Вейсбаху*, если назовемъ чрезъ α — коэффициентъ тренія воды въ водопроводѣ и чрезъ β — коэффициентъ тренія, или сжатія, при входѣ воды въ отверстіе водопровода, то получимъ:

$$H = \left(1 + \beta + \alpha \cdot \frac{L}{D}\right) \frac{v^2}{2g} \text{ откуда}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1 + \beta + \alpha \cdot \frac{L}{D}}}$$

Объемъ же вытекающей въ секунду воды для цилиндрической трубы

будеть: $Q = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \beta + \alpha \cdot \frac{L}{D}}}$

Для прямоугольной трубы: $Q = v \cdot a \cdot b$, гдѣ a и b бока и основаніе прямоугольнаго сѣченія и

$$Q = a \cdot b \sqrt{\frac{2gH}{1 + \beta + \alpha \left(\frac{a+b}{2 \cdot a \cdot b}\right)L}} \text{ гдѣ } \beta, \text{ для короткихъ надставныхъ}$$

трубокъ = 0,505; но его можно уменьшить до 0,08, придавая приемной надставкѣ воронкообразную форму; а при длинномъ трубномъ водопроводѣ имъ можно совсѣмъ пренебречь.

Коэффициентъ же α уменьшается съ увеличеніемъ скорости теченія воды, какъ видно изъ слѣдующей таблицы:

$v =$	0,1 ф.	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1 ф.
$\alpha =$	0,0679	0,0522	0,0453	0,0383	0,0362	0,0333	0,0313
$v =$	1,5 ф.	2	3	5	8	12	20 ф.
$\alpha =$	0,0282	0,0263	0,0242	0,0220	0,0204	0,0192	0,0182

Чтобы показать примѣненіе формулъ *Прони*, приведемъ слѣдующіе примѣры: 1) длина цилиндрическаго водопровода равна 3937,5 фут.; діаметръ трубъ = 0,82 фута; высота паденія или напора = 14,75 фут.; требуется опредѣлить: сколько воды доставитъ водопроводъ въ каждую

секунду? Вставивъ численныя величины на мѣсто l , d и h въ формулу (I), найдемъ:

$$v = 48,526 \sqrt{\frac{0,82 \cdot 14,75}{3937,5}} - 0,082 = 48,526 \cdot 0,0554 - 0,082 = 2,606 \text{ фут.}$$

Площадь сѣченія трубы $= \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,82)^2}{4} = 0,5281$ квадр. фут.; слѣдовательно количество воды, доставляемое водопроводомъ въ секунду, будетъ: $0,5281 \cdot 2,606 = 1,376$ куб. фут.

2) Требуется построить водопроводъ длиной 2625 фут. изъ имѣющихся трубъ діаметромъ 0,66 футовъ; водопроводъ долженъ доставлять 0,64 куб. фут. воды въ секунду. Спрашивается какъ велико должно быть сдѣлано паденіе, или напоръ?

Площадь сѣченія трубы $= \frac{3,14 (0,66)^2}{4} = 0,3421$ куб. фут., слѣдовательно скорость воды $= \frac{0,64}{0,3421} = 1,87$ фут. и по формулѣ (II) паденіе будетъ

$$h = \frac{2625}{0,66} [0,00007 \cdot 1,87 + 0,000424 \cdot (1,87)^2] = 3937,5 (0,00013 + 0,00148) = 6,339 \text{ футовъ.}$$

3) Какъ великъ долженъ быть діаметръ цилиндрическихъ трубъ водопровода длиной въ 2000 футовъ при паденіи въ 7 футовъ, который долженъ доставлять въ секунду одинъ кубическій футъ воды? Эту задачу всего удобнѣе рѣшить способомъ приближенія. Первое приближеніе: положимъ $d = 1$ футу; тогда площадь сѣченія трубы $= 0,7854$ квад. фут. и скорость $v = \frac{1}{0,7854} = 1,273$ фут. Вставивъ эту величину для v въ формулу (III), находимъ:

$$d = \frac{2,000}{7} [0,00007 \cdot 1,273 + 0,000424 \cdot (1,273)^2] = 0,22 \text{ фут.}$$

Такъ какъ мы приняли діаметръ равнымъ одному футу, а вычисленіе даетъ $d = 0,22$ фут., то истинная величина его должна быть приблизительно средняя между этими двумя величинами, или равна 0,6 фут., почему второе приближеніе полагаемъ: $d = 0,6$ футовъ.

Тогда площадь сѣченія трубы будетъ $= 0,2827$ фут. скорость $v = \frac{1}{0,2827} = 3,537$ фут.; слѣдовательно:

$$d = \frac{2,000}{7} [0,00007 \cdot 3,537 + 0,000424 \cdot (3,537)^2] = 1,587 \text{ фут.}$$

Такъ какъ $d = 1$ ф. даетъ слишкомъ малую скорость, а $d = 0,6$ ф. слишкомъ большую, то настоящая величина d должна быть между этими двумя предѣлами.

$$\text{Третье приближеніе: полагаемъ } d = \frac{1+0,6}{2} = 0,8 \text{ фут.}$$

Тогда площадь сѣченія трубы будетъ $= 0,5026$ кв. фут., скорость $v = 1,989$ фут.; и $d = 0,52$ ф. Полагая затѣмъ $d = 0,70$ ф., 0,75 ф. и т. д. будемъ находить все меньшую разность между взятымъ произвольно діаметромъ и найденнымъ по формулѣ; а при $d = 0,732$ эта разность будетъ почти ничтожна, такъ что можно принять для діаметра трубы величину $d = 0,732$ фут.

Но такъ какъ современемъ образуется всегда осадокъ на внутреннихъ стѣнкахъ трубъ, вслѣдствіе чего уменьшается ихъ діаметръ, а потому и скорость теченія, а слѣдовательно и количество доставляемой ими воды, то необходимо всегда давать трубамъ діаметръ нѣсколько большій противъ найденнаго вычисленіемъ. Такъ и въ настоящемъ примѣрѣ, слѣдуетъ вмѣсто 0,732 футовъ принять для діаметра величину $d = 0,8$ футовъ. Г. Штукенбергъ приводитъ, что вслѣдствіе образовавшихся въ водопроводныхъ трубахъ наростовъ, въ С.-Петербургѣ въ Гороховой улицѣ, при вскрытіи нѣкоторыхъ трубъ оказалось, что діаметръ ихъ уменьшился болѣе чѣмъ на половину.

Чтобы показать зависимость между діаметромъ трубъ, скоростью теченія воды въ трубахъ и величиною напора, приводимъ слѣдующія таблицы, заимствованныя нами изъ сочиненія г. Штукенберга объ устройствѣ водопроводовъ, какъ для трубъ большаго, такъ и малаго діаметра.

Внутренній діаметръ трубъ въ дюймахъ.	1 д.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 д.
Скорость движенія воды въ футахъ.	В ы с о т а н а п о р а <i>h</i> в ъ ф у т а х ъ.											
1.0	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0	0,85	0,75	0,66	0,60	0,54	0,50
1,5	10,0	5,0	3,3	2,5	2,0	1,7	1,45	1,28	1,12	1,00	0,90	0,84
2,0	20,0	10,0	6,7	5,0	4,0	3,35	2,9	2,5	2,25	2,0	1,8	1,68
2,5	30,0	15,0	10,0	7,5	6,0	5,0	4,3	3,7	3,34	3,0	2,7	2,5
3,0	41,0	20,5	13,5	10,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,6	4,2	3,75	3,5
3,5	50	25,0	16,5	12,5	10,0	8,3	7,0	6,20	5,5	5,0	4,5	4,1
4,0	70	35,0	23,0	17,5	14,0	12,0	10,0	8,75	7,8	7,0	6,4	6,0
Внутренній діаметръ трубъ въ футахъ.	1,1 ф.	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3 ф.
Скорость движенія воды въ футахъ.	В ы с о т а н а п о р а <i>h</i> в ъ ф у т а х ъ.											
1 ф.	0,46	0,43	0,40	0,36	0,34	0,32	0,3	0,29	0,27	0,26	0,21	0,18
1,5	0,80	0,75	0,69	0,62	0,60	0,57	0,53	0,50	0,48	0,45	0,38	0,31
2	1,68	1,5	1,37	1,25	1,2	1,12	1,5	1,0	0,95	0,90	0,75	0,62
2,5	2,3	2,25	2,0	1,87	1,80	1,70	1,6	1,5	1,4	1,25	1,17	0,94
3,0	3,2	3,0	2,75	2,5	2,4	2,25	2,10	2,0	1,90	1,70	1,5	1,25
3,5	3,75	3,75	3,44	3,10	3,0	2,80	2,6	2,5	2,37	2,10	1,87	1,55
4	5,0	5,20	4,8	4,37	4,20	3,9	3,6	3,5	3,30	2,97	2,6	2,2

Диаметръ трубъ въ дюймахъ.	Количество воды даваемое трубами въ 1 секунду въ кубическихъ футахъ.						
	При скорости въ 1 секунду въ футахъ.						
	1 ф.	1,5 ф.	2 ф.	2,5 ф.	3 ф.	3,5 ф.	4 ф.
1.	0,0054	0,00815	0,0108	0,0135	0,0168	0,0189	0,0216
2.	0,0217	0,0326	0,0434	0,0543	0,0653	0,0760	0,0868
3.	0,0471	0,0706	0,0942	0,1177	0,1413	0,1648	0,1884
4.	0,0870	0,1305	0,1740	0,2175	0,2610	0,3045	0,3480
5.	0,1358	0,2037	0,2716	0,3395	0,4074	0,4753	0,5432
6.	0,1963	0,2944	0,3926	0,4907	0,5889	0,6870	0,7852
7.	0,2827	0,4240	0,5654	0,7067	0,8481	0,9894	1,1308
8.	0,3483	0,5224	0,6966	0,8707	1,0449	1,2190	1,3932
9.	0,4417	0,6620	0,8834	1,1042	1,3251	1,5459	1,7668
10.	0,5451	0,8176	1,0902	1,3637	1,6353	1,9088	2,1804
11.	0,6360	0,9540	1,2720	1,5900	1,9080	2,2260	2,5440
12.	0,7853	1,1779	1,5706	1,9632	2,3559	2,7485	3,1412
Диаметръ трубъ въ футахъ:							
1,1	0,9503	1,4254	1,9006	2,3757	2,8590	3,3260	3,8012
1,2	1,1310	1,6965	2,2620	2,8275	3,3930	3,9585	4,5240
1,3	1,3273	1,9909	2,6546	3,3182	3,9819	4,6455	5,3082
1,4	1,5394	2,3091	3,0788	3,8485	4,6182	5,3879	6,1576
1,5	1,7671	2,6506	3,5342	4,4177	5,3013	6,1848	7,0634
1,6	2,0106	3,0159	4,0212	5,0265	6,0318	7,0371	8,0424
1,7	2,2698	3,4047	4,5396	5,6745	6,8094	7,9443	9,0792
1,8	2,5447	3,8170	5,0894	6,3617	7,6341	8,9064	10,1788
1,9	2,8353	4,2529	5,6706	7,0882	8,5059	9,9235	11,3412
2	3,1416	4,7124	6,2832	7,8540	9,4248	10,9956	12,5664
2,5	4,9087	7,3630	9,8174	12,2717	14,7261	17,1804	19,6348
3	7,0689	10,6029	14,1372	17,6715	21,2058	24,7401	28,2744

Въ обыкновенныхъ водопроводахъ среднюю скорость движенія воды въ трубахъ допускаютъ въ 3 фута въ секунду, которую и принимаютъ за основаніе при исчисленіи количества воды, доставляемой трубнымъ водопроводомъ. Эта скорость представляется самою выгодною для возможно правильнаго и не очень медленнаго движенія воды въ трубахъ, какъ для обыкновенныхъ водопроводовъ, такъ и для трубчатыхъ руслъ.

Слишкомъ большая скорость движенія воды въ трубахъ водопровода производитъ при запираніи крановъ, клапановъ и отдушннхъ (для выпуска воздуха изъ трубъ) сильныя удары на стѣнки трубъ, вслѣдствіе чего труба можетъ лопнуть отъ разрыва стѣнокъ. Напротивъ, при слишкомъ тихомъ движеніи, заключающійся въ водѣ или не будетъ уноситься водою, а осаждаться на стѣнкахъ трубъ. Наконецъ, въ длинныхъ водопроводахъ, при медленномъ движеніи вода болѣе способна охладиться и слѣдовательно скорѣе подвержена замерзанію, чѣмъ при быстромъ движеніи.

Изъ всѣхъ причинъ замедляющихъ движеніе воды въ трубахъ, треніе (увеличивающееся съ длиною трубы, уменьшеніемъ діаметра и увеличеніемъ особенно скорости) есть наибольшая; но изгибы трубъ при измѣненіи направленія, а также мѣстныя расширенія и суживанія поперечнаго сѣченія, или быстрыя измѣненія въ діаметрахъ трубъ, производятъ также уменьшеніе скорости воды и для ея поддержанія требуютъ увеличенія напора или наклона трубъ. Количество, на которое необходимо увеличить высоту паденія, или, что все то же, потеря въ высотѣ паденія вслѣдствіе изгиба трубъ водопровода, опредѣляется слѣдующей формулой *Навье*: эта потеря въ высотѣ паденія равна:

$$\frac{v^2}{2g} \left(\frac{0,013124}{r} + 0,0186 \right) \frac{b}{r};$$

гдѣ v — скорость движенія воды въ трубѣ; $g = 32,2$ ф.; r — средній радіусъ кривизны трубы; b — средняя длина изогнутой части трубы. То-есть линія $ob = r$ и линія $abc = b$. Черт. IV.
фиг. 39.

При внезапныхъ изгибахъ трубы, безъ всякаго закругленія, или при соединеніи трубъ подъ прямымъ угломъ, потеря высоты паденія гораздо больше; въ этихъ случаяхъ, какъ видно (фиг. 40), происходитъ волнообразное круговое движеніе воды и удары ея о стѣнки трубы. Черт. IV.
фиг. 40.

Струя изгибаясь около острыхъ реберъ m и n трубы, кромѣ того еще сжимается, такъ что происходитъ значительная потеря живой силы въ движущейся водѣ и эта потеря должна быть вознаграждена соотвѣтствующимъ увеличеніемъ высоты паденія. А потому необходимо измѣнять направленіе трубъ постепенно и по возможности большимъ радіусомъ закруглять перемѣну направленія.

При измѣненіяхъ діаметра трубы, потеря въ высотѣ паденія опредѣляется слѣдующими формулами: при переходѣ воды изъ широкой части трубы въ узкую (фиг. 41) потеря въ высотѣ паденія будетъ:

$$\frac{v^2}{2g} \left(\frac{s}{s' \cdot m} - 1 \right)^2;$$

а при переходѣ изъ узкой въ широкую часть, эта потеря будетъ $\frac{v^2}{2g} \left(1 - \frac{s'}{s} \right)^2$. Въ этихъ формулахъ s — площадь бѣльшаго сѣченія трубы; s' — площадь малаго сѣченія; v — скорость движенія воды; m — коэффициентъ сжатія струи для суживаній, который можетъ быть принятъ въ 0,65; т.-е. $m = 0,65$. Черт. IV.
фиг. 41.

Предположимъ, напримѣръ, что въ трубѣ, которой площадь сѣченія = 0,43 кв. фут., сдѣланъ кранъ, площадь отверстія котораго = 0,27 квадр. фут., вода движется въ широкой части трубы со скоростью 3,25 ф.; спрашивается какъ велика будетъ потеря паденія при проходѣ воды

сквозь отверстіе брана? Такъ какъ $s = 0,43$; $s' = 0,27$; $v = 3,25$ и $m = 0,65$, то эта потеря будетъ $= \frac{(3,25)^2}{2 \cdot 32,2} \left(\frac{0,43}{0,27 \cdot 0,65} - 1 \right)^2 = 0,35$ фута.

Чѣмъ выше поднимается вода трубами, или чѣмъ столбъ воды производящій давленіе на движущуюся въ трубѣ воду будетъ болѣе, тѣмъ будетъ больше давленіе воды изнутри на стѣны трубъ. Чѣмъ больше діаметръ трубъ, тѣмъ больше поверхность на которую происходитъ давленіе. Почему толщина стѣнокъ трубъ, чтобы выдержать давленіе воды, должна быть пропорціональна величинѣ давленія, а также и величинѣ діаметра трубъ. Обыкновенно толщина стѣнокъ водопроводныхъ трубъ изъ разнаго матеріала опредѣляется по слѣдующимъ формуламъ, въ которыхъ, t —означаетъ эту толщину стѣнокъ *въ линіяхъ*; d —внутренній діаметръ трубы *въ дюймахъ*; p —давленіе на стѣнки трубы, выраженное въ атмосферахъ на единицу поверхности трубы, выраженную въ квадратныхъ дюймахъ:

$$\begin{array}{ll} \text{Для трубъ деревянныхъ} & t = 0,330 \cdot p \cdot d + 10,6 \\ \text{„ „ „ чугунныхъ} & t = 0,015 \cdot p \cdot d + 3,5 \\ \text{„ „ „ желѣзныхъ} & t = 0,008 \cdot p \cdot d + 1,2 \end{array}$$

Чугунныя водопроводныя трубы подвергаются обыкновенно пробному давленію въ 10 атмосферъ (мы уже знаемъ, что давленіе одной атмосферы соотвѣтствуетъ вѣсу водянаго столба, основаніе котораго 1 кв. дюймъ, а высота 34 фута); при такомъ давленіи, чтобы онѣ могли прочно выдерживать его, при внутреннемъ діаметрѣ трубъ: въ 2—4—8—12—16—24 дюйма, толщина ихъ стѣнокъ должна быть въ 3,8—4,1—4,75—5,25—6—7,1 линій.

ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

СВОЙСТВА РѢКЪ ПО ОТНОШЕНІЮ КЪ ПЛОТИНАМЪ.

ГЛАВА V.

ОБРАЗОВАНИЕ РѢКЪ.

15. Источники рѣкъ.—Дождь и снѣгъ, и вообще атмосферные осадки водяныхъ паровъ, суть единственные источники всѣхъ текущихъ водъ на земной поверхности. Высокія горы покрыты вѣчными снѣгами, затѣмъ горы покрыты лѣсами, обширныя лѣсныя равнины, озера и болоты, и въ особенности торфяныя, составляютъ главные ступителы водяныхъ паровъ; они осаждаютъ въ себѣ наибольшее количество влаги изъ атмосферы и способствуютъ проникновенію ея въ почву и нижніе земные пласты. А потому-то высокія горы, покрытыя ледниками или лѣсами, обширныя лѣсныя площади, болоты и озера даютъ начало ключамъ и служатъ начальными источниками всѣхъ малыхъ и большихъ рѣкъ.

Такъ, наприимѣръ, Дунай беретъ начало въ Шварцвальдскихъ горахъ; Рейнъ, Рона, По—въ Альпахъ; Гангъ въ Гималаѣ; Евфратъ близъ Арарата; Миссури—въ Скалистыхъ горахъ; Амазонка—въ Перуанскихъ Кордильерахъ. Вообще же, большинство значительныхъ рѣкъ на земномъ шарѣ имѣютъ источниками горы покрытыя ледниками. Что же касается до нашихъ русскихъ рѣкъ, то, „намъ кажется, говоритъ г. Докучаевъ, что довольно рельефной, хотя можетъ быть и краткой характеристикой для нашего главнѣйшаго водораздѣла, разграничивающаго системы рѣкъ—Волги, Днѣпра, Западной и Сѣверной Двины, служитъ тотъ извѣстный фактъ, что въ области Валдайской возвышенности насчитываютъ до 500 большихъ и малыхъ рѣчекъ и не менѣе 500 озеръ, не считая болотъ и болотистыхъ лѣсовъ. Мѣстности Россіи, гдѣ лежатъ истоки нашихъ величайшихъ рѣкъ, каковы Волга, Днѣпръ, Западная Двина и другія, отличаются всегда замѣчательною горизонтальностью: онѣ разстилаются, по народному выраженію, какъ скатерть, что, въ

свою очередь, не может не способствовать скопленію здѣсь атмосферныхъ водъ въ видѣ болотъ, ручьевъ и озеръ¹⁾.

Чуди утверждаетъ, что выше 10.824 футовъ на Альпійскихъ горахъ выпадаетъ лишь незначительное количество снѣга, главная же его масса осаждается облаками на высотѣ отъ 7.544 до 8.528 футовъ. Случается иногда, что на этой высотѣ выпадаетъ и дождь, но выше 9.840 футовъ дождь составляетъ уже большую рѣдкость и начиная съ 11.800 футовъ падаетъ исключительно только снѣгъ. Наблюденія, сдѣланныя въ Альпахъ, показали, что количество выпадающаго снѣга различно для различныхъ горъ; что оно зависитъ отъ ихъ высоты, направленія склоновъ и измѣняется въ данной мѣстности смотря по термическимъ условіямъ каждаго года. По наблюденіямъ *Ассиса*, на Гримзелѣ, на высотѣ 6.058 футовъ, въ теченіе шести зимнихъ мѣсяцевъ, выпадаетъ слой снѣга толщиною 57,4 футовъ, что соотвѣтствуетъ слою воды толщиною въ 4,92 фута. Черезъ нѣсколько лѣтъ инженеръ *Гюберъ* опредѣлилъ въ томъ же мѣстѣ толщину слоя снѣга, выпавшаго въ теченіе двухъ зимъ, равною только 59 футамъ. На Сенъ-Бернардѣ, на высотѣ 8.108 футовъ, годовое количество выпадающаго снѣга измѣнялось въ теченіи 12 лѣтъ (1847—1858 г.) между предѣлами 11,5 до 44,28 футовъ; слѣдовательно въ одномъ году количество снѣга можетъ быть вчетверо болѣе чѣмъ въ другомъ. На Сенъ-Готардѣ, на высотѣ 6.865 футовъ, выпадаетъ иногда до 6,56 футовъ снѣга въ одну ночь. Полагаютъ, что среднимъ числомъ на Альпы ежегодно осаждается изъ атмосферы около 32,8 футовъ снѣга.

Отъ дѣйствія солнечныхъ лучей можетъ растаять слой снѣга толщиною отъ 1,64 до 2,3 фута въ сутки; южный вѣтеръ, называемый на Альпахъ *Фэнз*, производитъ таяніе и отчасти испареніе слоя снѣга толщиною въ 2,46 футовъ въ теченіе только двѣнадцати часовъ.

Ложашійся рыхло на высокихъ горахъ снѣгъ, какъ вслѣдствіе таянія, такъ и вслѣдствіе давленія верхнихъ слоевъ на нижніе, образуетъ сначала болѣе плотную снѣговую массу, извѣстную подъ названіемъ *фирна*; а фирнъ, въ свою очередь и по тѣмъ же причинамъ, переходитъ въ состояніе прозрачнаго льда, составляющаго *глетчеры*²⁾. Количество упдающаго ежегодно на высокія горы снѣга, превосходитъ количество растаявшаго; такимъ образомъ изъ года въ годъ на вершинахъ горъ постоянно увеличивался бы слой снѣга, если бы въ формѣ глетчеровъ онъ не спускался по отлогостямъ и ущельямъ горъ, совершенно подобно движенію воды, но лишь съ чрезвычайно малою скоростію, и не превращался бы опять въ воду. По опредѣленію *Дезара*, среднее таяніе Швейцарскихъ глетчеровъ равняется 9,84 футовъ въ годъ, или около 0,32 дюйма въ день, среднимъ числомъ. Это таяніе глетчеровъ обра-

1) Въ одной Олонейской губерніи находится до 4.000 большихъ и малыхъ озеръ.

2) Кубическій футъ только что выпавшаго снѣга вѣситъ около 6 фунтовъ (5,87 ф.); такой же объемъ фирна вѣситъ около 38 фунт., льда — около 64,2 фунта и воды — 69,2 фунта. При 0° Реомюра, одна куб. саж. воды вѣситъ 593 пуда; льда—552 пуда и рыхлаго снѣга 58 пудовъ.

зуеть безчисленное множество ручьевъ, которые сливаясь изъ боковыхъ долинъ въ главныя и даютъ начало многимъ рѣкамъ.

Но для насъ гораздо важнѣе значеніе лѣсовъ, торфяныхъ болотъ и озеръ, дающихъ начало нашимъ рѣкамъ. Для малыхъ же рѣкъ и рѣчекъ, на которыхъ по преимуществу устроиваются плотины, лѣса и торфяныя болота составляютъ главные источники, питающіе эти рѣки водою.

Какъ доказательство того, что лѣса осаждаютъ въ себѣ значительное количество атмосферной влаги, способствуютъ прониканію ея въ почву и такимъ образомъ даютъ начало ключамъ и служатъ источниками рѣкъ, приведемъ кратко слѣдующія данныя, извлеченныя г. *Воейковымъ* изъ наблюденій *Эбермайера* въ Баваріи ¹⁾.

Наибольшія температуры всегда выше въ полѣ чѣмъ въ лѣсу, причемъ эта разность больше въ теплое время и въ іюлѣ достигаетъ до $4\frac{1}{2}^{\circ}$ Цельсія. Наименьшая температура въ теченіе года, кромѣ апрѣля, выше въ лѣсу; наименьшая разность, въ сентябрѣ, доходитъ до $3\frac{1}{2}^{\circ}$ Ц. Слѣдовательно колебанія температуры въ лѣсу гораздо менѣе чѣмъ на открытомъ мѣстѣ, или въ полѣ. Температура почвы въ лѣсу въ іюлѣ, холоднѣе чѣмъ въ полѣ на $4,6^{\circ}$ Ц. и колебанія ея въ лѣсу на $9\frac{1}{2}^{\circ}$ Ц. менѣе чѣмъ въ полѣ. Влажность всегда въ лѣсу болѣе чѣмъ въ полѣ на 9 до 11 процентовъ.

Испареніе съ свободной поверхности воды въ тѣни, въ лѣсу менѣе чѣмъ въ полѣ; въ августѣ испарилось въ полѣ 188 миллиметровъ (слой толщиною), а въ лѣсу только 60 миллиметровъ; при вліяніи же солнца, въ полѣ испареніе было бы еще сильнѣе сравнительно съ лѣсомъ; въ теченіе же всего года въ полѣ испарилось воды 598 миллиметровъ (23,54 дюйма), а въ лѣсу 219 миллиметровъ. Главное вліяніе въ этомъ отношеніи лѣса, есть защита отъ вѣтра, который всего болѣе усиливаетъ испареніе. На сколько лѣсъ сохраняетъ въ себѣ влагу, видно изъ того, что испареніе съ лѣсной почвы, покрытой мохомъ и опавшими листьями, въ три раза меньше чѣмъ съ почвы непокрытой, а въ сравненіи съ испареніемъ съ почвы въ полѣ, разнища еще болѣе. Напримѣръ въ августѣ испарилось въ полѣ 97 миллиметровъ, а съ лѣсной почвы, покрытой мохомъ и листьями, только 11 миллиметровъ. Въ теченіе 5-ти мѣсяцевъ, отъ мая до сентября, испарилось съ почвы поля 652 миллиметра, а съ лѣсной покрытой почвы 91 миллиметръ, то-есть слишкомъ въ 7 разъ менѣе.

Отсюда видно, что какъ относительно колебанія температуры, такъ и относительно сырости, лѣсъ имѣетъ умѣряющее значеніе какъ и море, температура въ немъ равнѣе; лѣсъ, какъ и море, увеличиваетъ влажность воздуха и тѣмъ умѣряетъ лѣтній жаръ и отчасти зимній холодъ. *Эбермайеръ* полагаетъ на этихъ основаніяхъ, что обезлѣсеніе страны должно усиливать испареніе и что значительныя порубки лѣсовъ должны

¹⁾ Докладъ А. И. Воейкова въ С.-Петербургскомъ Собраніи Сельскихъ Хозяевъ 14 марта 1878 года.

уменьшить количество выпадающего дождя, особенно лѣтомъ и въ странахъ теплыхъ.

Въ 1876 г. *Фотра* (Fautrat) представилъ въ Парижскую Академію записку относительно вліянія соснового лѣса на количество выпадающего дождя и на гигрометрическое состояніе воздуха и почвы въ этого рода лѣсахъ. Уже въ 1874 и въ 1875 годахъ онъ представлялъ въ эту Академію записки о своихъ наблюденіяхъ, указывая, что на лиственный лѣсъ упадетъ больше дождя, чѣмъ на открытую безлѣсную почву. Наблюденія надъ сосновымъ лѣсомъ показали, что на этотъ лѣсъ выпадаетъ на 10% больше дождя чѣмъ на открытую почву. Его наблюденія показали сверхъ того, что сосновый лѣсъ имѣетъ свойство болѣе сгущать водяные пары чѣмъ лиственный, такъ какъ надъ лиственнымъ лѣсомъ выпадаетъ дождя только на 5% больше чѣмъ на безлѣсную почву. Гигрометръ указываетъ на 10% больше сырости надъ сосновымъ лѣсомъ, чѣмъ на открытой мѣстности, т.-е., что воздухъ надъ сосновымъ лѣсомъ заключалъ больше воды въ состояніи паровъ, чѣмъ надъ открытымъ мѣстомъ. Но на *лѣсную почву* упадетъ меньше дождя, потому что лѣсъ останавливаетъ на себѣ часть дождя. А именно лѣсъ задержалъ на себѣ 0,43 части упавшаго дождя и лѣсная почва получила его только 0,57 частей. На открытомъ мѣстѣ упало дождя, въ 14 мѣсяцевъ наблюденій, 757 миллиметровъ, а лѣсная почва получила изъ этого только 471 миллиметръ. Имѣя въ виду, что лѣсная почва, на извѣстномъ пространствѣ, удерживаетъ въ себѣ по вѣсу 1,9 частей воды, тогда какъ открытая песчаная, на томъ же пространствѣ — только 0,25 частей; что испареніе въ лѣсу въ 6 разъ слабѣе чѣмъ на открытомъ мѣстѣ, очевидно, говоритъ *Фотра*, что лѣсная почва сохраняетъ болѣе влаги чѣмъ открытая. Испареніе же въ хвойныхъ лѣсахъ, по его наблюденіямъ, сильнѣе чѣмъ въ лиственныхъ.

Вопросъ о вліяніи лѣса на количество выпадающего дождя составляетъ вопросъ спорный, который могутъ разрѣшить лишь точныя и болѣе обширныя наблюденія. Мы приведемъ по этому предмету мнѣніе *Лайеля*, который съ большою осторожностью относится къ обобщеніямъ, не основаннымъ на многочисленныхъ и достовѣрныхъ фактахъ. Онъ замѣчаетъ, что порубка лѣсовъ во многихъ странахъ (преимущественно теплыхъ) влекла за собой уменьшеніе выпадающего дождя, какъ напримѣръ, въ Барбадосѣ и въ Ямайкѣ. Ибо въ тропическихъ странахъ, гдѣ количество водяныхъ паровъ въ атмосферѣ велико, но гдѣ, съ другой стороны, прямые солнечные лучи имѣютъ наибольшую силу, каждое препятствіе къ свободному круговращенію воздуха, или каждый предметъ, заслоняющій землю отъ солнечныхъ лучей, становится источникомъ влажности; повсюду, гдѣ сырость и холодъ зарождаются отъ этихъ причинъ, водяные пары продолжаютъ стучаться. Кромѣ того, листья всѣхъ растений служатъ снарядами для перегонки, и нѣкоторыя изъ нихъ въ жаркомъ поясѣ имѣютъ замѣчательное свойство перегонять воду, содѣйствуя такимъ образомъ къ предохраненію земли отъ высыханія. Несомнѣнно, продолжаетъ онъ, что состояніе климата, въ осо-

бенности влажность атмосферы, вліяетъ на растительность и что растительность, въ свою очередь, дѣйствуетъ на климатъ; но нѣкоторые писатели приписывали, кажется, слишкомъ много важности вліянію лѣсовъ, въ особенности Американскихъ, какъ будто бы эти лѣса были главной причиной влажности климата. Теорія *Маклорена* по этому предмету представляется ему гораздо болѣе рациональною. По мнѣнію *Маклорена* лѣса существуютъ только въ тѣхъ частяхъ Америки, куда господствующіе вѣтры заносятъ значительное количество влажности съ океана. Во всѣхъ странахъ гдѣ лѣтній жаръ превышаетъ 21° Р., присутствие или отсутствіе природныхъ лѣсовъ и ихъ большая или меньшая роскошь, могутъ быть приняты за мѣру степени влажности и плодородія почвы. Скоропроходящіе и проливные дожди въ жаркой странѣ производятъ траву, которая, имѣя корни у самой поверхности, вырастаетъ въ нѣсколько дней и сохнетъ какъ скоро влажность истощится; но такіе непродолжительные дожди, хотя бы и сильные, не питаютъ деревьевъ, потому что какъ скоро поверхность земли насытилась, остальная вода стекаетъ, а влажность, удержавшаяся въ почвѣ, не проникаетъ достаточно глубоко и притомъ она не такъ обильна, чтобы снабдить лѣсныхъ гигантовъ необходимымъ питаніемъ. Можно сказать что 20 дюймовъ дожда, выпадающаго умѣренно или съ перемежкой, въ теченіе нѣсколькихъ дней, оставляютъ болѣе прочный запасъ воды въ почвѣ, чѣмъ 40 дюймовъ, выпадающихъ, какъ иногда случается въ жаркомъ поясѣ, въ такое же число часовъ.

Во всѣхъ странахъ, говоритъ *Маклоренъ*, гдѣ цѣпи горъ пересѣкаютъ теченіе постоянныхъ, или господствующихъ вѣтровъ, земли съ навѣтренной стороны горъ будутъ влажныя, а съ подвѣтренной сухія; слѣдовательно безводныя степи обыкновенно будутъ встрѣчаться на западной сторонѣ земель, лежащихъ внутри тропиковъ и на восточной сторонѣ въ земляхъ, лежащихъ за тропиками, такъ, какъ господствующіе вѣтры въ этихъ случаяхъ обыкновенно дуютъ въ противоположныхъ направленіяхъ. Основываясь на этомъ началѣ, можно объяснить положеніе лѣсовъ въ сѣверной и южной Америкѣ. Такимъ образомъ, напри- мѣръ, въ странѣ, лежащей внутри тридцатой параллели, влажность, приносимая пассатнымъ вѣтромъ съ Атлантическаго океана, частью осаждается на Бразильскихъ горахъ, которыя хотя и низки, но такъ распределены, что тянутся далеко внутрь материка. Остальная часть относится къ западу и теряясь понемногу, по мѣрѣ своего поступательнаго движенія, задерживается наконецъ Андессами и спускается ливнями на ихъ вершины. Воздушное теченіе, утративъ тутъ всю влажность, которую оно могло изъ себя выдѣлать, доходить въ состояніи совершенной сухости до Перу, гдѣ слѣдовательно, какъ извѣстно, дождь не выпадаетъ. Но въ той части Америки, которая лежитъ за тридцатой параллелью, Андессы служатъ какъ бы ширмами, перехватывающими влажность съ Тихаго океана: обильные дожди выпадаютъ на ихъ вершины, а въ Хили на ихъ западные склоны; но на равнинахъ, лежащихъ къ востоку отъ этихъ горъ, дождь вовсе не выпадаетъ, за

исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда вѣтеръ дуетъ съ Атлантическаго океана.

По мнѣнію *Ляйеля*, этотъ взглядъ *Маклорена* представляетъ въ надлежащемъ свѣтѣ зависимость растительности отъ климата, такъ какъ влажность увеличивается и равномернѣе распредѣляется въ теченіе года отъ постепеннаго распространенія лѣсовъ. Нѣкогда утверждали, говорить онъ, что прежде, когда лѣса покрывали Францію и Англію, Европа была гораздо холоднѣе: что зимы въ Италіи были продолжительнѣе, что Сена и многія другія рѣки замерзали каждую зиму гораздо правильнѣе чѣмъ теперь. *Араго*, въ своей статьѣ по этому предмету, старался показать изъ наблюденій надъ замерзаніемъ Рейна, Дуная, Роны, По, Сены и другихъ рѣкъ, въ различные періоды, неосновательность мнѣнія, что будто бы холодъ былъ сильнѣе въ древнія времена. Онъ допускаетъ однакоже, что въ Тосканѣ, отъ истребленія лѣсовъ, климатъ измѣнился и зимы стали менѣе холодными, а лѣтніе мѣсяцы, по словамъ его, сдѣлались не такъ жарки какъ были въ старину. Во Франціи, говоритъ онъ, лѣто было жарче чѣмъ въ наше время. Его доводы основываются преимущественно на документахъ, показывающихъ, что виноградныя вина, триста лѣтъ тому назадъ, приготавливались въ Вивере и во многихъ другихъ провинціяхъ ранѣе по времени года, на болѣе-шихъ высотахъ и подъ широтами болѣе высокими, чѣмъ тѣ, которыя нынѣ считаются благоприятными для винограда.

Нѣтъ кажется никакого сомнѣнія, заканчиваетъ *Ляйель*, что въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америкѣ быстрая расчистка (т.-е. истребленіе лѣсовъ) этой страны сдѣлала зимы менѣе суровыми, а лѣта менѣе жаркими; другими словами, замѣчено, что *крайнія температуры января и іюля изъ году въ годъ все болѣе и болѣе сближаются между собою*. Повысилась-ли средняя температура въ Соединенныхъ Штатахъ или во Франціи—это вопросъ, кажется, еще не рѣшенный, но несомнѣнно, что климатъ сдѣлался, какъ сказалъ бы *Бюффонъ*, „менѣе чрезмѣрнымъ“¹⁾.

Но въ умѣренныхъ климатахъ лѣсъ безусловно способствуетъ болѣшему просачиванію воды въ почву и слѣдовательно образованію ключей, какъ источниковъ рѣкъ. Въ зимніе мѣсяцы, въ началѣ весны и позднюю осень, на глубинѣ 2-хъ футовъ, въ полѣ просачивается въ почву столько же воды, какъ и въ лѣсную почву, покрытую мохомъ и листьями; но въ теплые, лѣтніе мѣсяцы, отъ мая до сентября, въ лѣсу просачивается въ почву воды значительно болѣе, чѣмъ въ полѣ. Напримѣръ, въ сентябрѣ, послѣ довольно жаркаго и сухаго лѣта, просачиваніе въ лѣсу было 20 миллиметровъ, а въ полѣ 5 миллиметровъ; на глубинѣ 4-хъ футовъ, въ сентябрѣ, просачиваніе въ лѣсу было 18 миллиметровъ, а въ полѣ 3 миллиметра, или въ 6 разъ менѣе. Можно сказать, что отъ мая до сентября въ полѣ вода почти совсѣмъ не просачивается въ глубокіе слои почвы и слѣдовательно ключи почти не получаютъ за это время воды съ поля; между тѣмъ сквозь лѣсную

¹⁾ Ляйель. Основныя начала геологій.

почву, даже въ самые жаркіе и сухіе мѣсяцы, просачивается еще значительное количество воды. Когда падаетъ большое количество дождевой воды, особенно въ формѣ ливня, то въ полѣ она частію просачивается, но большею частію быстро стекаетъ въ рѣки; но въ лѣсу эта вода довольно долго задерживается слоемъ моха и опавшихъ листьевъ. Поэтому въ лѣсистыхъ пространствахъ, или какъ у насъ выражаются, *въ полѣсть*, уровень рѣкъ и источниковъ представляетъ меньшія колебанія, чѣмъ въ безлѣсныхъ, или въ *полевщинѣ*; вслѣдствіе долговременнаго жара и засухъ, уровень рѣкъ въ полѣсѣ меньше понижается, чѣмъ въ полевщинѣ, гдѣ просачиваніе можетъ совершенно прекратиться и вся влага испарится и поглотится растеніями; во время же дождей, уровень рѣкъ въ полѣсѣ менѣе возвышается, чѣмъ въ полевщинѣ. Отсюда видна вся важность сохраненія лѣсовъ на возвышенныхъ мѣстахъ, въ верховьяхъ рѣкъ.

Лѣтомъ, какъ уже замѣтили выше, воздухъ въ лѣсу всегда сырѣе, чѣмъ въ полѣ; зимою же лѣсъ способствуетъ равномерному залеганію снѣга, который не сносится вѣтрами, и меньшему его испаренію. Лѣсъ замедляетъ таяніе снѣга, дѣлая это таяніе постепеннѣе и чрезъ это уменьшаетъ величину весеннихъ разливовъ рѣкъ, дѣлая эти разливы продолжительнѣе, но слабѣе. Лѣсъ запасаетъ большое количество влаги во время таянія снѣга и обильныхъ дождей, а затѣмъ выдѣляя ее постепенно, чрезъ испареніе живыхъ листьевъ и просачиваніе въ почву, расходуетъ ее бережливо и тѣмъ способствуетъ равномерному питанію источниковъ.

Но просачиваніе дождевой воды бываетъ безъ сомнѣнія различно въ зависимости отъ свойствъ самой почвы. Въ обыкновенную землю вода проникаетъ лишь на незначительную глубину, особенно если она падаетъ въ формѣ сильнаго ливня и если почва представляетъ нѣкоторый наклонъ. Черноземъ поглощаетъ весьма много воды — больше половины своего вѣса — и потому онъ лишаетъ нижніе слои влаги, сохраняя ее для тѣхъ растеній, которыя получаютъ пищу непосредственно изъ него. Только совершенно исключительные и продолжительные ливни, могутъ насытить обыкновенную почву до глубины 3 — 4 футовъ. Но въ песокъ, гравій, мѣловую почву, вода проникаетъ несравненно легче. Глинистая почва, напротивъ, послѣ нѣкотораго насыщенія, затѣмъ почти совершенно не пропускаетъ воды и на ея поверхности вода остается въ формѣ лужъ, если не имѣетъ стока, и затѣмъ испаряется.

Растенія не всегда ограничиваются всасываніемъ, или поглощеніемъ дождевой воды, но нерѣдко способствуютъ просачиванію ея въ почву. Послѣ того какъ дождь смочитъ листья, онъ медленно, по каплямъ, стекаетъ съ нихъ на землю и именно эта медленность благопріятствуетъ просачиванію воды въ почву; другая часть воды прямо стекаетъ по стволу и корнямъ растенія въ глубокіе почвенные слои.

Сводя все вышеизложенное о вліяніи лѣсовъ на источники рѣкъ, мы должны допустить, при настоящемъ состояніи наблюдений, что лѣса имѣютъ преобладающаго значенія въ ходѣ общаго распредѣленія

дождей; и самыя большія лѣсныя пространства, какъ кажется, не оказываютъ вліянія на большія атмосферныя теченія, отъ которыхъ главнымъ образомъ зависитъ количество выпадающихъ дождей. Но совсѣмъ другое значеніе принимаютъ лѣса въ смыслѣ вліянія ихъ на источники рѣкъ и распредѣленіе водъ въ рѣкахъ. Въ этомъ отношеніи можно вывести слѣдующія основныя положенія: 1) каково бы ни было геологическое строеніе бассейна рѣки, когда испареніе дѣлается наибольшимъ, объемъ воды, протекающей въ рѣкѣ, дѣлается наименьшимъ. Это явленіе установлено точными наблюденіями на р. Сенъ, въ Парижѣ, и на р. По и р. Рейнѣ, хотя онѣ питаются альпійскими глетчерами, но когда наблюденія дѣлались въ достаточномъ разстояніи ихъ теченія отъ горныхъ источниковъ. Слѣдовательно, чѣмъ сильнѣе испареніе, тѣмъ сильнѣе убыль воды въ рѣкѣ; а потому всякая причина уменьшающая силу испаренія, увеличиваетъ объемъ воды протекающей въ рѣкѣ. Наблюденія же вполне доказали, что лѣса понижаютъ температуру воздуха и что испареніе въ тѣни и защитѣ лѣсовъ гораздо менѣе, чѣмъ на соседнихъ открытыхъ равнинахъ. Хотя наблюденія показываютъ, что листья удерживаютъ на себѣ до 50% дождевой влаги, а густолиственные лѣса удерживаютъ ея до 80%; что по наблюденіямъ *Матье* (Mathieu), слой воды отъ упавшаго дождя въ лѣсу составляетъ отъ 90% до 95% слоя дождя, упавшаго въ то же время на открытомъ мѣстѣ, но за то испареніе на открытомъ мѣстѣ было въ 5 и болѣе разъ сильнѣе, чѣмъ въ лѣсу. А потому почти несомнѣнно, что лѣса сохраняютъ въ себѣ гораздо болѣе сырости и испаряютъ гораздо менѣе, чѣмъ обезлѣсенныя пространства; а вслѣдствіе этого лѣса оказываютъ благотворное вліяніе на количество воды протекающей въ рѣкахъ, лучше регулируютъ ихъ уровень и увеличиваютъ протекающій объемъ, особенно въ лѣтнее время. 2) Относительно просачиванія дождевой воды въ почву, вліяніе лѣсовъ также замѣтно. Всѣ ключи питаются только той частью дождевыхъ водъ, которая просачивается въ почву; просачиваться же будетъ тѣмъ больше, чѣмъ меньше испарится. На открытой, хотя и проницаемой почвѣ, испареніе лѣтомъ, особенно въ теплыхъ странахъ, уноситъ всю упавшую дождевую воду; ключи ея болѣе не питаются и уменьшаютъ дачу воды, если только они не исходятъ изъ естественныхъ, обширныхъ подземныхъ резервуаровъ. Лѣса уменьшаютъ испареніе, увеличиваютъ просачиваніе и тѣмъ увеличиваютъ и регулируютъ въ лѣтнее время, по мнѣнію большинства инженеровъ, объемъ воды въ рѣкахъ. Въ большинствѣ случаевъ, кромѣ исключительныхъ, говоритъ *Сезаннъ* (Cezanne), лѣса, чрезъ уменьшеніе испаренія и увеличеніе просачиванія, увеличиваютъ для рѣкъ результаты дождя, т.-е. увеличиваютъ слой дождевой воды питающей рѣки и именно въ лѣтнее время, когда недостатокъ воды особенно чувствителенъ. *Боуаръ* приводитъ по этому предмету опыты и наблюденія, сдѣланныя въ Австраліи, голыя равнины которой лишены ключей и ручьевъ; посредствомъ лѣсныхъ насажденій тѣ и другія были созданы въ ней. Наконецъ, разведеніе лѣса служитъ лучшимъ способомъ для уменьше-

ня разрушительныхъ дѣйствій быстрыхъ горныхъ потоковъ во время ихъ разливовъ, такъ какъ лѣсная растительность много задерживаетъ быстроту таянiя льда и снѣга, а слѣдовательно и стока водъ, дѣлая его болѣе медленнымъ и постепеннымъ.

Въ Европейской Россiи лѣса занимаютъ 43,3⁰/₀ всѣхъ земель вообще ¹⁾; такой лѣсности не представляетъ ни одно государство Европы. Отношенiе лѣсовъ къ общему пространству земель составляетъ: въ Норвегiи 39⁰/₀, въ Швеции 35,4⁰/₀, въ Австрiи 27,1⁰/₀, въ Пруссiи 21,9⁰/₀, во Францiи 16,2⁰/₀, въ Италiи 15,2⁰/₀, въ Великобритани 7,6⁰/₀. Но распредѣленiе лѣсовъ въ Европейской Россiи представляетъ такiя крайности, которыя не встрѣчаются порознь, не только ни въ одномъ значительномъ государствѣ Европы, но даже и въ отдѣльныхъ частяхъ этихъ государствъ. Двѣ трети общаго пространства лѣсовъ приходится на долю сѣверо-восточной окраины Европейской Россiи; покрывая здѣсь почву сплошною массою, они постепенно рѣдѣютъ къ югу и занимаютъ въ наиболѣе населенныхъ частяхъ Европейской Россiи не болѣе одной трети общаго пространства. Затѣмъ въ полосѣ губерній малороссiйскихъ и степныхъ они составляютъ не болѣе $\frac{1}{8}$ общаго пространства, а въ губернiяхъ южныхъ и степныхъ только $\frac{1}{50}$ часть поверхности.

На высочайшихъ горахъ мхи, газоны гвоздики и другихъ альпiйскихъ растений, разбухаютъ отъ дождя, подобно губкѣ и довольно долго сохраняютъ поглощенную воду въ промежуткахъ между своими стеблями. Слои моха, покрывающаго сотни тысячъ десятинъ на склонахъ Шотландскихъ и Ирландскихъ горъ, при тамошнемъ сыромъ климатѣ, заключаютъ въ себѣ громадный запасъ воды. Въ мѣстахъ, лежащихъ у подножiя такихъ горъ, открываются обильные ключи и спускаются съ горъ ручьи, питающiе рѣки. Такъ въ Шотландiи, около Екатериненскаго озера (Loch Ketterin), на высотахъ горы Бенъ-Анъ, лежащей надъ уединенной гостинницей Тросакъ (Trosaks'inn), намъ лично случилось наблюдать (въ 1845 г.) образованiе обильнаго источника изъ подобныхъ мховъ и травяной горной растительности, покрывавшихъ верхнюю площадь этихъ горъ густымъ слоемъ и на большомъ пространствѣ. Весь этотъ слой былъ сильно пропитанъ водой и вздувался замѣтной выпуклостью; при нажиманiи ногой, вся эта растительность, крѣпко между собою связанная переплетенными стеблями, опускалась и колебалась на нѣкоторомъ пространствѣ, сильно выжимая изъ себя воду. У самаго края верхней площади, вода нашла себѣ исходъ: сильно выжимаемая грузомъ приподнятой растительности и стремительно переливалась черезъ край, она тутъ же образовала значительный ручей, который шумящимъ водопадомъ низвергался внизъ по крутымъ уступамъ горы.

¹⁾ Общая площадь лѣсовъ, состоящихъ въ казенномъ лѣсномъ управленiи, къ 1-му января 1882 года, составляла 123.731.838³/₄ десятинъ, считая въ томъ числѣ и 787.514¹/₂ десятинъ лѣсовъ Царства Польскаго.

Торфяники обладают въ высшей степени способностью всасывать влагу, поэтому они могут считаться настоящими питательными резервуарами для источниковъ рѣкъ. Торфяныя болота, говоритъ г. *Докучаевъ*¹⁾, могутъ находиться только въ такихъ странахъ, гдѣ въ теченіе года гніеніе мховъ менѣе энергично, чѣмъ ихъ наростаніе; а это возможно только въ мѣстахъ, гдѣ бываетъ сравнительно короткое лѣто и продолжительная зима, во время которой процессъ разложенія организмовъ уже не можетъ совершаться. А потому въ сѣверномъ полушаріи торфяныя болота начинаютъ встрѣчаться приблизительно съ 35° сѣверной широты. Торфяныя и моховыя массы, осаждающія на себѣ большое количество росы, обладаютъ еще въ высшей степени способностью вбирать въ себя и долго удерживать дождевую воду. Осѣвшая роса всасывается прежде всего самой моховою массой; насытивъ мохъ, капли росы, если онѣ увеличатся до извѣстнаго предѣла, должны опуститься въ болѣе глубокіе и всегда болѣе холодные слои торфянаго болота, увеличивая такимъ образомъ, прямо и непосредственно, количество въ нихъ воды. Въ виду большой влагоемкости торфяныхъ массъ должно признать, что торфяныя массы могутъ въ значительной степени сами себя питать водою, независимо отъ подземныхъ источниковъ, а слѣдовательно торфяныя болота должны играть важную роль въ питаніи рѣкъ. Притягивая, повидимому (или вѣрнѣе, осаждающія на себѣ), изъ совершенно сухаго воздуха водяные пары и обращая ихъ частью въ капельно-жидкое состояніе, кромѣ того, поглощая сильнѣе другихъ почвъ массу дождевой и снѣговой воды и долго сохраняя ее въ себѣ, торфяныя болота, естественно, являются неизсягаемыми резервуарами, снабжающими водой наши рѣки и озера и дающими начало многимъ источникамъ. А потому мы встрѣчаемъ почти всюду въ Россіи, при истокахъ нашихъ рѣкъ, массу болотъ и озеръ. Нужно думать, что именно эти-то агенты доставляютъ, главнѣйшимъ образомъ, воду источникамъ нашихъ величайшихъ рѣкъ, каковы Волга, Днѣпръ и другія.

Торфяныя болота могутъ существовать на сравнительно очень крутыхъ склонахъ горъ, была бы только непроницаемая подпочва и избытокъ влаги. Такія болота извѣстны, напримѣръ, въ Лабрадорѣ; онѣ, по словамъ *Реклю*, до того наполнены водою, что она хлынула бы изъ нихъ потокомъ, если бы ее не задерживалъ густой слой растительности. Иной большой торфяникъ, который можно пройти изъ конца въ конецъ не замочивъ ноги, содержитъ въ себѣ иногда больше воды, чѣмъ многія озера, наполняющіе глубокіе бассейны. Солвейское торфяное болото, лежащее на западныхъ предѣлахъ Англій и Шотландіи, по словамъ *Лайеля*, 16-го декабря 1772 года, наполнившись водою, подобно громадной губкѣ, во время проливныхъ дождей, вздулось до необыкновенной высоты надъ окружающею страной и затѣмъ прорвалось. Торфяная покрывка, говоритъ *Лайель*, повидимому, дѣйствовала

¹⁾ Докучаевъ. По вопросу объ осушеніи болотъ. Отечественныя Записки. Т. ССХХІІ. Отд. I, стр. 67, 68 и слѣд.

нѣкоторое время подобно кожѣ пузыря, удерживая жидкость, пока она сама не проложила себѣ пути и въ видѣ потока черной, полутвердѣвшей тины, медленно поползла по равнинѣ, уподобляясь скоростью своего теченія обыкновенному потоку лавы. Это наводненіе поглотило нѣкоторые коттеджи и покрыло 400 акровъ земли. Причемъ самыя высочія части первоначальнаго моховаго болота, опустились почти на 25 футовъ, а высота торфянаго ила, въ самыхъ низкихъ мѣстахъ затопленной страны, равнялась по крайней мѣрѣ 15-ти футамъ.

Въ сырое и дождливое время уровень торфяныхъ болотъ измѣняется и вздувается въ центрѣ. Въ большихъ болотахъ это подниманіе моховой массы въ серединѣ, выше окружающей мѣстности, вслѣдствіе поглощенія воды, простирается до 15-ти и болѣе футовъ. Многія въ особенности неглубокія озера, вслѣдствіе заростанія, мало-по-малу превращаются въ торфяныя болота; нѣкоторыя изъ нихъ наполняются торфяною массою до самаго дна; другія сначала сверху зятыгиваются растительностію, снизу частію превратившеюся въ торфъ, но сохраняютъ подъ растительнымъ слоемъ еще воду. На такихъ болотахъ, если слой растительности представляетъ уже нѣкоторую связность, онъ выдерживаетъ грузъ человѣка и животныхъ, но при ихъ движеніи весь этотъ слой еще качается, или волнуется на значительномъ пространствѣ; въ нѣкоторыхъ же мѣстахъ этотъ слой иногда прорывается и образуетъ такъ называемыя *окна*, представляющія большую опасность при прохожденіи чрезъ подобныя торфяныя болота. Глубина залежи торфа, въ нѣкоторыхъ нашихъ торфяныхъ болотахъ, по шуркофкамъ произведеннымъ торфмейстерами Министерства Государственныхъ Имуществъ, простирается до 6-ти аршинъ.

По опытамъ *Гофмана*, торфъ, содержащій 98 процентовъ органическаго вещества, при пропусканіи сквозь него воды, задерживалъ ее въ себѣ въ количествѣ 200⁰/₀ противъ своего собственнаго вѣса; тогда какъ по опытамъ *Шюблера*, песокъ задерживалъ воды только отъ 25 до 27⁰/₀ противъ своего вѣса; глинистыя земли 40 до 50⁰/₀; глины отъ 60 до 70⁰/₀; садовая земля 89⁰/₀ и черноземъ 190⁰/₀. По опытамъ *Жельнова*, живые мхи поглощаютъ капельно-жидкой воды отъ 95 до 96⁰/₀. Этимъ и объясняется разбуханіе моховой массы торфяныхъ болотъ и подниманіе ихъ уровня при большомъ насыщеніи водою.

Мы уже говорили, что вода, упавшая въ видѣ дождя, частію испаряется вновь, частію поглощается растеніями, частію стекаетъ въ рѣки по скатамъ ея бассейна и слѣдовательно по поверхности земли и наконецъ частію просачивается въ почву и опускается въ болѣе или менѣе глубокіе слои, смотря по степени ихъ проницаемости или непроницаемости. Только двѣ послѣднія части дождевой воды служатъ для питанія рѣкъ. Если верховая вода стекаетъ непосредственно въ рѣки, то она мало содѣйствуетъ ихъ прочному питанію, а увеличиваетъ лишь кратковременно протекающей въ нихъ объемъ воды, а при сильныхъ грозovýchъ ливняхъ производитъ также кратковременныя, но иногда сильныя разливы. Если же верховая вода стекаетъ предварительно въ болота и

озера, изъ которыхъ вытекаетъ рѣка, то тогда она уже оказываетъ вліяніе на болѣе постоянное и прочное питаніе рѣки. Но всетаки слѣдуетъ признать, что главнымъ и постояннымъ питателемъ рѣкъ бываетъ та часть дождевой и снѣговой воды, которая просачивается въ почву, и затѣмъ выходитъ изъ нея въ формѣ ключей, часто весьма постоянныхъ и непрерывныхъ, которые питаютъ озера, болота, а посредствомъ ихъ и самыя рѣки. Хотя въ нашихъ холодныхъ климатахъ наполненіе озеръ и болотъ водою совершается въ значительномъ количествѣ вслѣдствіе весенняго таянія снѣговъ, но эти воды скоро убываютъ, какъ вслѣдствіе стока въ рѣки, такъ и чрезъ испареніе. По словамъ г. *Андреева*, въ громадномъ бассейнѣ Ладожскаго озера, въ 14-ти-лѣтній періодъ съ 1859—1872 года, наибольшая разниця уровней (между наибольшей высотой уровня въ 1868 году и наименьшей въ 1859 г.) составляла 7 футъ $3\frac{3}{4}$ дюйма; что въ этомъ озерѣ вода до Иванова дня (24-го іюня) все прибываетъ, а потомъ начинаетъ убывать. Высокая вода въ немъ всегда бываетъ съ половины мая до половины іюня. Малая и болѣе ровная, съ едва замѣтнымъ колебаніемъ въ прибыли и убыли, стоитъ съ октября по мартъ и рѣдко до начала апрѣля. Относительно уровня этого озера замѣчено, что когда въ сѣверо-восточной части Европейской Россіи лѣто холодное, дождливая осень и снѣжная зима, то озеро къ слѣдующей веснѣ и къ лѣту сильно наполняется водою. Ежели же случится, что и это лѣто дождливо, а погода холодна, то горизонтъ озера почти все время, т.-е. въ продолженіе всего года, держится въ одинаковомъ состояніи и только къ осени вода убавится незначительно, т.-е. на нѣсколько дюймовъ. Также очень замѣтно, говоритъ г. *Андреевъ*, что въ жаркое лѣто испареніями отъ лѣтнихъ солнечныхъ дней весьма много убавляется воды въ Ладожскомъ водоемѣ.

Чрезвычайно интересное изслѣдованіе г. *Андреевымъ* Ладожскаго озера. ¹⁾ даетъ намъ возможность ознакомиться съ характеристикой нашихъ большихъ озеръ сѣверо-западной Россіи, которыхъ главнымъ представителемъ служитъ этотъ громадный въ цѣлой Европѣ водный бассейнъ.—Площадь его, вмѣстѣ съ островами, составляетъ 15.320 квадратныхъ верстъ (1.595.833 дес.); острова на немъ занимаютъ пространство въ 507 квадр. верстъ (52.812,5 дес.). Глубина воды озера идетъ увеличиваясь отъ юга къ сѣверу и самая большая глубина его, 122 сажени, находится къ западу отъ Валаама. Среднюю же глубину озера г. *Андреевъ* опредѣляетъ около 50 саженей. Температура Ладожской воды въ верхнемъ слоѣ озера, съ открытіемъ навигаціи, бываетъ очень низка. Въ ней, въ концѣ мая, на срединѣ сѣверной части озера только $+1$ до $+1\frac{1}{2}^{\circ}$ Р.; въ іюнѣ нѣсколько теплѣе, но не болѣе 2° — 3° Р.; въ іюль доходитъ отъ $+5^{\circ}$ до 6° и рѣдко до $+8^{\circ}$ Р.; и только въ августѣ доходитъ отъ $+8^{\circ}$ до $+10^{\circ}$ Р.—Въ срединѣ лѣта температура нижняго слоя на $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}^{\circ}$ Р. холоднѣе. Съ половины сентября

¹⁾ Ладожское озеро. А. П. Андреевъ. С.-Петербургъ 1875 г.

температура верхняго слоя опять дѣлается холоднѣе. „Однимъ словомъ, говоритъ г. *Андреевъ*, до іюля мѣсяца вода озера такъ холодна, что ежели достать ее даже съ поверхности и влить въ стаканъ, то невозможно пить: зубы ноютъ“. Температура воздуха надъ озеромъ, по словамъ г. *Андреева*, до іюля мѣсяца рѣдко доходитъ днемъ до $+ 14^{\circ}$ Р., къ вечеру же и ночью опускается до 3° и 2° .—Въ іюль случаются дни, когда температура воздуха доходитъ до 22 и даже до 24° Р., но это бываетъ только при долговременныхъ штиляхъ и ясной погодѣ. Въ августъ уже температура ниже, а въ сентябрѣ и осенью бываетъ лишь 5—6 и не болѣе 8° . Въ иные годы, когда зима легкая, середина озера вовсе не замерзаетъ.

Ладожское озеро есть пріемникъ почти всѣхъ прѣсныхъ водъ въ сѣверо-западной части Европейской Россіи. Извѣстно, что въ Олонецкой губерніи находится до 4000 большихъ и малыхъ озеръ и всѣ онѣ избытокъ своихъ водъ, ручьями и рѣчками несутъ въ озеро Онегу, которое, принявъ еще довольно значительныя рѣки Водлу и Вытегру, вливаетъ свою воду, рѣкою Свирью съ притоками, въ Ладогу. Рѣка Сясь несетъ въ Ладожское озеро воду Тихвинской системы, а Волховъ—съ озера Ильменя и со всѣхъ его притоковъ. Финляндія наполнена множествомъ озеръ, которыя образуютъ огромныя водныя системы. Системы Саволакса и Карелии имѣютъ стокъ въ Ладожское озеро, чрезъ рѣки Вуоксу и Тайпалу. Прибрежныя рѣчки и ручьи, какъ весенній излишекъ, такъ и всѣ свои воды, отдають также Ладогѣ. Между тѣмъ весь притокъ всѣхъ этихъ водъ Ладога отдаетъ морю только Невою. „Нева, хотя работаетъ и сильно, но не можетъ перелить изъ озера въ море весь излишекъ воды, который даютъ озеру всѣ Ладожскіе притоки, говоритъ г. *Андреевъ*“.—И дѣйствительно, объемъ воды проходящій Невою едвали составитъ объемъ воды даваемый только рр. Волховомъ и Свирью ¹⁾. А такъ какъ уровень озера большею частію колеблется мало, то очевидно, что весь избытокъ притоковъ теряется испареніемъ съ громадной площади озера. Хотя, замѣчаетъ г. *Андреевъ*, испареніе озерной воды въ холодное лѣто не велико, осенніе дожди опять пополняютъ въ Ладогѣ небольшую убыль воды и горизонтъ озера къ слѣдующей веснѣ будетъ опять въ высшемъ стояніи; но убыль воды въ жаркое лѣто, по его же словамъ, весьма замѣтна. Слѣдовательно, не смотря на низкую температуру воды и воздуха, Ладожское озеро за лѣто теряетъ много воды испареніемъ. А это еще болѣе можетъ относиться къ озерамъ по преимуществу небольшимъ, неглубокимъ и съ водою болѣе нагрѣваемой, расположеннымъ въ среднихъ губерніяхъ Россіи. То же можно сказать и о болотахъ, которыя въ жаркое сухое лѣто значительно пересыхаютъ отъ усиленнаго испаренія. Доказательствомъ этому могутъ служить частые пожары нашихъ торфяныхъ болотъ, которыя во время сильныхъ засухъ выгораютъ часто отъ одного до полутора аршинъ

1) Нева вноситъ въ Финскій заливъ среднимъ числомъ 116.300 куб. футовъ воды въ секунду.

и тѣмъ доказываютъ, что на этой глубинѣ торфъ совершенно сухъ только вслѣдствіе испаренія.

Почвенная вода въ видѣ ключей обнаруживается въ берегахъ рѣкъ, въ откосахъ овраговъ и балокъ, на днѣ прудовъ, рѣкъ, болотъ, озеръ и морей. Морскія путешествія указываютъ на многіе случаи открытія ключей прѣсной воды, выходящей со дна на неглубокихъ мѣстахъ моря. Окрестности Петербурга, говоритъ г. *Штукенбергъ*, богаты ключевою водою въ огромныхъ размѣрахъ. Около Дудергофской горы находятся обильные ключи, наполняющіе, посредствомъ подпоровъ въ лоцинѣ между горъ, известное Дудергофское озеро, выпускающее рѣчку Лиговку, дающую 5 мил. ведеръ въ сутки, изъ которыхъ $1\frac{1}{2}$ мил. ведеръ притекаетъ въ Петербургъ Лиговскимъ каналомъ. Первое Парголовское озеро (лежащее на 8 сажень выше Невы) наполняется отличною ключевою водою. Въ 1866 году, при устройствѣ моста на р. Смотричѣ въ г. Каменецъ-Подольскѣ, потребовалось подъ основаніемъ быковъ копать глубока котловина; по снятіи ниже дна рѣки пласта глины, толщиною около 10 футовъ, оказался плотно сложившійся гравій, сквозь который пробивалась отличная ключевая вода въ такомъ изобиліи, что ее едва могли отливать изъ котловины посредствомъ центробѣжнаго насоса, приводимаго въ дѣйствіе локомотивомъ. Какъ на весьма обильный ключъ вытекающей изъ обрѣза, или откоса, глубокаго оврага, мы можемъ указать на ключъ въ деревнѣ Глядинѣ (Петергофскаго уѣзда), верстахъ въ 5 отъ с. Гостилицы. Ключъ этотъ съ шумомъ вырывается съ полувысоты обрѣза глубокаго оврага, въ которомъ протекаетъ рѣчка Ляданка и шумъ движенія его воды въ тихую лѣтнюю ночь можно слышать за $\frac{1}{2}$ версты. Намъ кажется, что этотъ ключъ долженъ давать не менѣе одного кубическаго фута воды въ секунду, или около 200.000 ведеръ воды въ сутки.

О богатствѣ ключей трудно судить безъ навыка, говоритъ г. *Штукенбергъ*: самый незамѣтный на взглядъ ключъ даетъ, изливаясь непрерывно, до 1000 и 2000 ведеръ въ сутки, а болѣе замѣтные до 30 и 50 тысячъ въ сутки. Мышницянскіе ключи, снабжающіе водою г. Москву и находящіеся отъ нея въ 17 верстахъ, въ продолженіе 70 лѣтъ даютъ до 550 тысячъ ведеръ въ сутки, или около 2,7 кубич. фуг. въ секунду. Въ Луцкомъ уѣздѣ Волынской губерніи есть замѣчательный ключъ, называемый „Окомъ“ около села Окомскъ; онъ находится въ песчаной слегка холмистой мѣстности у почтовой дороги изъ Пинска въ Ровно. Этотъ богатый ключъ, говоритъ г. *Штукенбергъ*, самой чистой и прозрачной воды, бьетъ въ видѣ фонтана, приводя въ движеніе мельничное колесо. По увѣренію *Эйхвальда*, канатомъ въ 81 сажень длины, опускаемымъ въ жерло ключа, еще нельзя было достать до его дна; по глубинѣ, вода въ срединѣ жерла кажется черною.

Г. *Штукенбергъ* указываетъ также на ключъ въ г. Тулѣ и на Выдропуской станціи Московскаго шоссе близъ р. Тверцы, приводящіе въ движеніе мельничныя колеса.

Въ Сычевскомъ уѣздѣ Смоленской губерніи Баскаговской волости при дер. Брылевой, текущій тамъ ключъ непрерывно доставляетъ такое

огромное количество воды, говоритъ *Я. А. Соловьевъ* (Статистика Смоленской губерніи), что она непосредственно по ея выходѣ изъ водоема приводитъ въ движеніе водяную мельницу и потомъ продолжаетъ свое теченіе въ видѣ рѣчки. Чтобы показать въ какой мѣрѣ ключи въ состояніи питать небольшую рѣчку, приведемъ въ примѣръ ту же нашу небольшую рѣчку Свѣчу, о которой говорили выше, которая имѣетъ всей длины теченія около 12 верстъ и несетъ при среднемъ стояніи уровня около 7 кубич. футовъ воды въ секунду. Въ нашемъ имѣніи въ нее вливается четыре ключа на протяженіи одной версты; по довольно точному измѣренію эти четыре ключа вливаютъ въ нее около 2-хъ кубич. футовъ воды въ секунду. Слѣдовательно на $\frac{1}{12}$ длины ея теченія, эти четыре ключа доставляютъ ей отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ всего объема протекающей въ ней воды; на всемъ же ея протяженіи такихъ ключей встрѣчается не мало. При этомъ, между прочимъ, замѣтимъ, что почти всѣ ключи выходятъ изъ того берега, со стороны котораго находятся большія лѣсныя пространства; съ противоположнаго же берега, за которымъ лѣсу несравненно менѣе, почти вовсе не обнаруживается ключей.

Относительно ключей мы считаемъ необходимымъ сдѣлать здѣсь два замѣчанія. Многіе ключи имѣютъ свойство засоряться, т.-е. выносить съ собою на поверхность земли очень тонкій песокъ, а иногда и земляныя частицы въ томъ мѣстѣ, гдѣ сами обнаруживаются. Отъ накопленія этихъ частицъ, а иногда и отъ наноса весенними водами ила въ тѣ овраги, гдѣ ключи пробиваются, жерла ключей поднимаются, напоръ воды въ нихъ увеличивается и они начинаютъ давать сначала меньше воды, а иногда и совсѣмъ заглушаются, или пробиваютъ себѣ истокъ внаружу въ другихъ мѣстахъ. А потому расчистка ключей часто возвращаетъ ихъ къ первоначальному направленію и во многихъ случаяхъ значительно увеличиваетъ дачу ими воды. Подобную расчистку, сопряженную съ самыми незначительными расходами, слѣдуетъ всегда производить время отъ времени въ тѣхъ случаяхъ, когда рѣчка, или ручей, на которыхъ предполагаютъ устроить вододѣйствіе, въ значительной мѣрѣ питаются ключами и не слишкомъ обильны водой. Слѣдуетъ припомнить, что если наша плотина подниметъ воду только на 10 футовъ, то каждый кубическій футъ въ секунду увеличеннаго притока воды прибавляетъ почти одну паровую лошади въ даваемой водѣ работѣ. При возведеніи плотины на ручьѣ, или рѣчкѣ, главный источникъ которыхъ составляютъ ключи, необходимо выбирать мѣсто для плотины такое, при которомъ запруда не затопляла бы главныхъ питающихъ ключей. Всякій наружный напоръ воды на ключъ уменьшаетъ дачу имъ воды, а если этотъ напоръ значителенъ, то ключъ иногда вовсе прекращаетъ эту дачу и перестаетъ быть источникомъ питающимъ рѣчку, или ручей за нашей плотиною, а пробиваетъ себѣ чаще выходъ внаружу ниже плотины ¹⁾.

1) Такъ баронъ *Дельвицъ* (Руководство къ устройству водопроводовъ. Москва. 1856 г. Отд. 1 стр. 5) приводитъ, что одинъ ключъ въ Мытищахъ давалъ 72 т. ведеръ воды въ сутки, а при повышеніи напора на 2 фута, лишь 20 т. ведеръ; а при повышеніи напора еще на 2 фута совершенно пересталъ давать воду.

Мы остановились нѣсколько долго на характеристикѣ источниковъ рѣкъ потому, что надлежащее объ нихъ понятіе, а слѣдовательно сознательное и обстоятельное ихъ изслѣдованіе имѣетъ большую важность при устройствѣ запрудъ съ цѣлью механическаго дѣйствія.—Если плотина устраивается для дѣйствія фабрики или завода значительныхъ размѣровъ, то очевидно, что на подобное предпріятіе затрачивается большой капиталъ и притомъ на продолжительное время. Между тѣмъ оскудѣніе источниковъ рѣки можетъ нарушить всѣ расчеты предпріятія. Мы уже говорили, что плотины для механическаго дѣйствія чаще устраиваются на небольшихъ рѣчкахъ, или только въ верховьяхъ большихъ рѣкъ; а всякое оскудѣніе источниковъ прежде всего отзывается въ этого рода потокахъ. Въ среднемъ и нижнемъ теченіи большой рѣки, это оскудѣніе еще не столь замѣтно, потому что обмеленіе одного небольшого притока не можетъ, въ значительной степени, отразиться на большомъ объемѣ воды, который несетъ рѣка въ среднемъ теченіи, питаемая другими источниками и другими притоками, не подверженными этому оскудѣнію. Тогда какъ вырубка значительной площади лѣса, или осушеніе большого торфянаго болота, при истокахъ небольшой рѣки, можетъ оказать на количество протекающей въ ней воды большое вліяніе. Такъ напр. рѣка Москва въ верхнемъ ея теченіи, верстахъ въ 25—30 отъ ея истока, вслѣдствіе вырубки лѣсовъ (до 500 дес.) и осушки болотъ (до 1000 десятинъ), которые питали ее на этомъ пространствѣ ея бассейна, на нашей памяти, въ теченіе 50 лѣтъ, потеряла до $\frac{1}{3}$ объема протекающей въ ней воды въ нормальномъ состояніи ея уровня, и въ ея верховьяхъ уничтожено въ теченіи около 100 лѣтъ, 9 водяныхъ мельницъ вслѣдствіе недостатка воды въ лѣтнее и зимнее время.

А потому при заложеніи плотины тщательное обслѣдованіе источниковъ запруживаемой рѣки составляетъ одно изъ существенныхъ условій, если желаютъ убѣдиться въ вѣрности расчетовъ на продолжительное водоѣйствіе.

„Учреждая заводъ вновь, говоритъ г. *Рожковъ*, надобно стараться привести въ извѣстность всѣ обстоятельства относительно свойства, какъ главной запруживаемой рѣки, такъ и побочныхъ, выпадающихъ въ первую, источниковъ, потоковъ и болотъ; знать наибольшій притокъ, какой случается въ весеннее время. При соображеніи потребностей въ рабочей силѣ для гидравлическаго дѣйствія завода, надобно полагать запасъ на случай расширенія производствъ или прибавленія; употребить при этомъ всѣ средства, способствующія къ поддержанію питанія водою пруда. Къ числу мѣръ, въ высшей степени способствующихъ снабженію пруда водою, должно, по всей справедливости отнести защиту рѣкъ, источниковъ и болотъ лѣсами, по берегамъ растущими. Эти лѣса ни подъ какимъ видомъ не отводить въ рубку; даже стараться. гдѣ ихъ нѣтъ, садить вновь.

16. Бассейны рѣкъ и количество выпадающаго дождя.—*Бассейномъ рѣки* называется все пространство земли, съ поверхности котораго и изъ нижнихъ слоевъ котораго, вода, падающая въ видѣ дождя

и снѣга, стекаетъ въ эту рѣку и питаетъ ее; поэтому бассейнъ составляетъ пространство земли, окруженное непрерывною линіею хребта, или водораздѣла, со всѣхъ сторонъ за исключеніемъ того мѣста, гдѣ воды бассейна имѣютъ исходъ. Это пространство можетъ быть раздѣлено и иногда на самомъ дѣлѣ раздѣляется побочными хребтами, или водораздѣлами, на нѣсколько меньшихъ бассейновъ, имѣющихъ каждый свой водостокъ, доставляющій свои воды къ главному потоку бассейна. Въ одномъ только случаѣ линія хребта, или водораздѣла, не будетъ иногда границею бассейна, а именно когда вода проникаетъ въ грунтъ и опускается до непроницаемаго водою пласта земли, отъ формы котораго будетъ тогда зависѣть обширность бассейна и границею его будетъ уже не хребетъ или водораздѣлъ земной поверхности, а высшая линія непроницаемаго пласта. Для точнаго измѣренія бассейна, въ первомъ случаѣ служатъ съемка и нивелировка; во второмъ же случаѣ необходимы еще геологическія карты и разрѣзы мѣстности. Для небольшихъ бассейновъ, опредѣленіе верхней водораздѣльной линіи всего удобнѣе производить весною, посредствомъ наблюденія направленія текущихъ ручьевъ. Проницаемость же почвы бассейна узнается простымъ взглядомъ на карту, или подробные планы мѣстности; на проницаемыхъ почвахъ, рѣки не многочисленны и лишены тѣхъ многихъ развѣтвленій, которыя цѣлою сѣтью покрываютъ непроницаемыя почвы. Въ бассейнахъ съ проницаемою почвою рѣки увеличиваютъ объемъ протекающей воды, вслѣдствіе дождей, очень медленно, разливы ихъ постепенны, но продолжительны, воды при разливѣ менѣе мутны. Спадь водъ еще постепеннѣе ихъ прибыли. Совершенно обратное происходитъ въ бассейнахъ съ почвою непроницаемою для воды и съ крутыми склонами. Мы уже видѣли, что лѣсная почва много содѣйствуетъ прониканію воды въ почву, а потому бассейнъ покрытый лѣсами, чаще принадлежитъ къ проницаемымъ, и всѣ явленія въ теченіи рѣкъ въ бассейнахъ лѣсныхъ сходны вообще съ проницаемыми бассейнами; лишенные же лѣсной растительности бассейны хотя и могутъ быть въ нѣкоторыхъ частяхъ своихъ проницаемые, но характеръ теченія въ нихъ рѣкъ чаще приближается къ характеру непроницаемыхъ бассейновъ.

Для большихъ рѣкъ, географическое и орографическое положеніе бассейна имѣетъ большое вліяніе на свойства самой рѣки, количество и скорость протекающей въ ней воды. Большія рѣки, имѣющія длинное теченіе и слѣдовательно обширные бассейны, часто находятся въ весьма различныхъ климатическихъ условіяхъ на протяженіи своего теченія; каждый изъ ихъ притоковъ можетъ имѣть свой особый характеръ бассейна, находящійся относительно количества выпадающаго на него дождя или снѣга и относительно времени таянія послѣдняго, совершенно въ различныхъ условіяхъ, какъ напр. бассейны Камы и Оки притоковъ Волги. Орографическое положеніе бассейна, или нѣкоторыхъ частей его, то есть высота ихъ надъ уровнемъ моря, и слѣдовательно различныя степени склоновъ бассейновъ, отъ которыхъ зависятъ склоны руслъ побочныхъ притоковъ и склонъ русла главной рѣки, также имѣетъ боль-

шое вліяніе на характеръ этой рѣки. Скорость теченія рѣкъ зависитъ, по мнѣнію *Сомервилля*, не отъ одного только паденія русла, но и отъ высоты истоковъ рѣки и гидравлическаго давленія массы воды въ верховьяхъ теченія рѣки.

Быстрота рѣки возрастаетъ почти въ прямомъ отношеніи съ корнемъ квадратнымъ изъ глубины, а движущая сила воды возрастаетъ въ прямомъ отношеніи съ квадратомъ скорости ея теченія; слѣдовательно, при однѣхъ и тѣхъ же обстоятельствахъ, большія рѣки текутъ быстрѣе малыхъ; а въ малыхъ быстрота теченія увеличивается во время разлива, то есть съ увеличеніемъ количества воды и слѣдовательно съ глубиною.

Дунай, Тигръ, Индъ принадлежатъ къ числу самыхъ быстрыхъ изъ большихъ рѣкъ, какъ имѣющіе источники на большихъ высотахъ.

Величина паденія русла рѣкъ, а слѣдовательно и скорость теченія, измѣняются въ зависимости отъ склоновъ земной поверхности, по которымъ рѣка прокладываетъ себѣ путь. Поэтому одна и та же рѣка въ различныхъ частяхъ своего теченія можетъ быть быстрою или тихою. Въ плоскихъ странахъ рѣки вообще имѣютъ менѣе быстрое теченіе и обладая, вслѣдствіе этого, меньшей движущей силой, легче уклоняются въ стороны отъ общаго направленія своего теченія, при какомъ либо встрѣчаемомъ препятствіи, бываютъ болѣе извилисты, а вслѣдствіе этого орошаютъ большія площади. Всѣ эти различные характеры рѣкъ происходятъ главнымъ образомъ отъ свойства ихъ бассейновъ.

Очевидно, что чѣмъ теченіе рѣки длиннѣе, чѣмъ болѣе она принимаетъ въ себя большихъ притоковъ, тѣмъ и бассейнъ ея долженъ быть обширнѣе. Но обширность бассейна не всегда соотвѣтствуетъ количеству воды протекающей въ рѣкѣ; это количество будетъ всегда въ зависимости отъ количества упадающаго дождя и снѣга, степени лѣсности, проницаемости или непроницаемости и вообще свойствъ самаго бассейна.

Волжская и Дунайская гидравлическія системы суть самыя обширныя въ Европѣ: бассейнъ первой считаютъ въ 894.285, а бассейнъ второй въ 526.680 квадратныхъ верстѣ; длину теченія первой рѣки считаютъ въ 4.200, а второй въ 2.244 версты Истоки Волги находятся на высотѣ 550 футовъ надъ уровнемъ океана, а какъ уровень Каспійскаго моря, въ которое она впадаетъ, на 83 фута и 7 дюймовъ ниже уровня Чернаго моря, то Волга имѣетъ паденіе въ 633 фута на протяженіи въ 4.200 верстѣ, или среднее паденіе въ 0,15 фут. на версту. Она вноситъ въ Каспійское море $\frac{1}{7}$ часть всей европейской рѣчной воды. Дунай беретъ начало въ Шварцвальдѣ на высотѣ 2.850 футовъ надъ уровнемъ океана, а потому среднее его паденіе составляетъ 1,27 футовъ на версту. Такимъ образомъ высота его истоковъ почти въ 5 разъ выше истоковъ Волги, а средній уклонъ, или среднее паденіе его русла, почти въ 8 разъ болѣе чѣмъ среднее паденіе Волги, а потому скорость его теченія значительно болѣе сравнительно съ Волгой. Количество протекающей въ немъ воды почти также велико, какъ

всѣхъ остальныхъ рѣкъ впадающихъ въ Черное море. Это количество водъ Дуная составляетъ: во время мелководья до 72.000 куб. футовъ въ 1''; при средней высотѣ уровня до 330.000 куб. фут. и во время разливовъ до 1.800.000 куб. футовъ въ 1''.

Чтобы судить о величинѣ уклоновъ, или паденій рѣки, величинѣ скорости теченія и объемовъ протекающей въ рѣкѣ воды, замѣтимъ, что 1) относительно величины паденій, рѣки считаются съ *большимъ паденіемъ*, если это паденіе составляетъ отъ 3 до 8 футовъ на версту протяженія теченія; съ *умѣреннымъ паденіемъ*, если это паденіе составляетъ отъ 1,5 до 3 футовъ; и съ *малымъ паденіемъ*, если оно составляетъ отъ 0,25 до 1,5 футовъ на версту. Эти числа относятся преимущественно къ большимъ рѣкамъ, текущимъ въ равнинахъ. Рѣки средней величины, текущія въ мѣстностяхъ довольно ровныхъ, но не гористыхъ, имѣютъ паденіе *умѣренное* при 6 до 8 футовъ на версту и *малое* или *слабое*, при 4 до 6 футовъ на версту. Въ горныхъ потокахъ, паденіе отъ 30 до 80 футовъ считается *большимъ*; отъ 15 до 30 футовъ *умѣреннымъ*, и отъ 4 до 15 фут. *слабымъ*; 2) что касается до скорости теченія воды на поверхности рѣки, то при скорости отъ 6 до 8 футовъ въ секунду, рѣки называютъ *быстрыми*; при скорости отъ 3 до 6 футовъ—*умѣренными* и при скорости отъ 1 до 3 футовъ—*тихими* ¹⁾; 3) относительно объема протекающей въ одну секунду времени въ рѣкѣ воды, потокъ уже называютъ *рѣкою*, когда въ нормальномъ состояніи уровня въ немъ воды онъ несетъ отъ 300 до 500 куб. футовъ; *судоходною рѣкою* (кромѣ случайныхъ обстоятельствъ, какъ на примѣръ, слишкомъ мелкаго, но широкаго русла, слишкомъ порожистаго, или засореннаго камнями и упавшимъ лѣсомъ) когда она несетъ отъ 1.000 до 1.500 куб. футовъ воды; и *большою рѣкою*, когда она несетъ отъ 3.500 и болѣе куб. футовъ воды въ секунду. Ниже 300 куб. футовъ протекающей воды, потокъ принимаетъ названіе *малой рѣки*, *рѣчки* или *ручья*, *ручейка*.

Подъ мелководьемъ (*étiage*) разумѣютъ низшій горизонтъ воды, наблюдавшійся въ рѣкѣ въ данномъ мѣстѣ. Этотъ низшій горизонтъ обыкновенно на шкалѣ обозначается нулемъ и всѣ повышенія уровня воды

1) Чтобы дать понятіе о скоростяхъ движенія, приведемъ величину нѣкоторыхъ скоростей въ 1 секунду времени.

Пѣшехода	4,6	фут.	Звукъ въ дубовомъ деревѣ	11.593	фут.
Лошади шагомъ	2,95—3,6	"	Полета ядра	1.500—3.000	"
" рысью	6,6—7,2	"	Вращенія земли подъ экваторомъ	1.470	"
" галопомъ	13,1—16,4	"	Поступательнаго движ. земл.	96.458	"
Поѣзда жел. дор. товарнаго	26	"	Свѣта	296.687	верст.
" " " пассажирскаго	37	"	Электричества по мѣдной проволоцѣ	315.000	"
" " " легкаго	48	"	Воздухъ входитъ въ пустое пространство при давленіи одной атмосферы	1.296	фут.
Большинства рѣкъ	3	"	Парь при томъ же давленіи	1.640	"
Вѣтра обыкновеннаго	10	"			
" во время бури	49	"			
" " " урагана	98	"			
Звукъ въ воздухѣ (при 16° Ц.)	1.115	"			
" " водѣ	4.708	"			

относятся къ нему или считаются отъ него. Если уровень воды въ рѣкѣ измѣрялся ежедневно въ длинный періодъ времени, то среднее арифметическое число всѣхъ чиселъ наблюденія, даетъ средній, или нормальный уровень воды въ рѣкѣ. Если объемъ протекающей воды въ рѣкѣ измѣрялся ежедневно въ длинный періодъ времени, то среднее арифметическое число изъ всѣхъ чиселъ наблюденія дастъ средній объемъ воды протекающей въ рѣкѣ, или такъ называемый *модуль* рѣки (module) Высшій уровень воды въ рѣкѣ, равно какъ и бѣльшій объемъ протекающей въ ней воды бываетъ во время разлива, половодья, или паводка, въ рѣкѣ. Какъ высшій такъ и низшій горизонты воды, опредѣляемые изъ наблюденій въ данной рѣкѣ, не представляютъ собою неизмѣнной величины; могутъ сложиться такія обстоятельства въ данномъ бассейнѣ, что горизонты эти могутъ, съ одной стороны, опуститься ниже прежде наблюдавшагося нуля, а съ другой, — подняться выше самыхъ высокихъ наблюдавшихся водъ.

Въ умѣренныхъ поясахъ рѣки подвержены разливамъ отъ продолжительныхъ осеннихъ дождей, сильныхъ лѣтнихъ ливней и въ особенности весною отъ таянія снѣга, скопляющагося зимою въ высокихъ широтахъ и на горныхъ хребтахъ, если рѣки берутъ изъ нихъ свои истоки. Начало и конецъ ежегоднаго разлива каждой рѣки зависитъ отъ того, въ какое время, среднимъ числомъ, начинаются дожди и таянiе снѣга и отъ ихъ средней продолжительности подъ тѣми широтами, гдѣ проходятъ притоки рѣки. Періоды разлива въ рѣкахъ текущихъ къ экватору, не сходны съ періодами разлива рѣкъ, текущихъ въ противоположномъ направленіи (для большихъ рѣкъ), а такъ какъ для прибыли водъ потребно нѣкоторое время на ихъ прохожденіе, то разливъ случается въ правильные, но въ разные періоды въ разныхъ частяхъ одной и той же рѣки, въ особенности если теченіе ея простирается на большую длину. Высота, до которой поднимается вода во время ежегодныхъ разливовъ, зависитъ отъ свойства бассейна, но она довольно постоянна въ каждой отдѣльной рѣкѣ. тамъ гдѣ теченіе длинное; такъ какъ неравенство въ количествѣ дождя, выпадающаго на бассейнъ какого нибудь изъ ея притоковъ, не примѣтно въ общемъ разливѣ.

Эти общія явленія, относящіяся до какой либо обширной рѣчной системы, приложимы и къ болѣе частнымъ ея развѣтвленіямъ. Здѣсь законы явленій одни и тѣ же, разница заключается только въ пространствахъ и объемахъ явленій и слѣдовательно только въ пропорціяхъ. Переходя отъ главной артеріи какой либо рѣчной системы къ наибольшему ея притоку, затѣмъ къ наибольшей рѣкѣ или рѣчкѣ этого притока, и восходя такимъ образомъ до первоначальныхъ ручьевъ и источниковъ какой либо рѣки, мы замѣтимъ тѣ же общія и существенныя у нихъ явленія. Но при этомъ переходѣ величина бассейна каждаго притока, въ восходящемъ направленіи, будетъ менѣе и менѣе и изъ нѣсколькихъ тысячъ квадратныхъ верстъ этотъ бассейнъ будетъ уменьшаться до нѣсколькихъ сотенъ или десятковъ квадратныхъ верстъ и тогда можетъ весь оказаться въ одинаковыхъ климатическихъ и даже метеоро-

логическихъ условіяхъ. А тогда и всѣ явленія въ данной рѣчкѣ будутъ въ совершенной зависимости только отъ этихъ мѣстныхъ условій. Очевидно, что въ тѣже условія можетъ заключиться и самая могучая рѣка обширной водной системы, когда будутъ пользоваться ею въ началѣ ея истока, гдѣ она можетъ быть названа лишь рѣчкою или даже ручьемъ.

Количество воды протекающей въ какой либо рѣчкѣ, находится въ прямой зависимости отъ количества воды, упадающей изъ атмосферы въ видѣ дождя или снѣга на бассейнъ этой рѣки. Поэтому если бы это количество атмосферной влаги упало на бассейнъ рѣки равномерно въ теченіе извѣстнаго времени, то зная количество упадающей воды, величину бассейна и предположивъ, что мы могли бы точно опредѣлить сколько этой воды въ то же время испарится съ бассейна, сколько поглотится растеніями и наконецъ сколько поглотится почвою и въ то же время возвратится ею въ видѣ ключей въ тотъ же бассейнъ, мы могли бы съ точностію опредѣлить то количество воды, которое должно протекать въ рѣкѣ въ тотъ же промежутокъ времени. А зная этотъ объемъ и площадь живаго сѣченія въ данномъ мѣстѣ рѣки, могли бы опредѣлить и среднюю скорость теченія воды въ этомъ сѣченіи.

Въ практикѣ мы далеко не можемъ опредѣлить, съ нѣкоторой точностію, всѣхъ этихъ данныхъ, и хотя выпаденіе атмосферной влаги на площадь бассейна рѣки совершается далеко неравномерно въ теченіе извѣстнаго промежутка времени, однако опредѣленіе количества выпадающаго дождя и снѣга на площадь бассейна рѣки, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, особенно для общихъ соображеній, въ зависимости отъ цѣлей съ какими хотятъ пользоваться водою, бываетъ весьма полезно и даже необходимо. Желаютъ ли, на примѣръ, пользоваться водою для приведенія въ движеніе машинъ, для снабженія ею большихъ городовъ и населенныхъ мѣстъ, для питанія судоходныхъ каналовъ, для орошенія культурныхъ земель, или желаютъ устранить избытокъ ея въ почвѣ посредствомъ дренажа, предохранить мѣстности отъ наводненій во время разлива рѣки и т. п.,—во всѣхъ этихъ случаяхъ, т.-е. когда необходимо предпринять сооруженія дорого стоющія и которыми желаютъ пользоваться постоянно, измѣреніе и опредѣленіе количества выпадающаго дождя и снѣга на бассейнъ рѣки, есть предметъ первой важности. Для опредѣленія этого количества очевидно необходимо знать площадь бассейна и толщину слоя воды, выпадающаго на эту площадь въ данное время.

Свойство атмосферы поглощать водяные пары и удерживать ихъ въ взвѣшенномъ состояніи, увеличивается съ каждымъ повышеніемъ температуры. Найдено также, что это свойство увеличивается въ большей пропорціи чѣмъ увеличеніе теплоты. Поэтому, какъ первоначально и предполагалъ еще *Люттонъ*, когда два объема воздуха, имѣющие различную температуру и насыщенные влажностью смѣшиваются между собою, тогда образуются облака и дождь. Ибо, вслѣдствіе происшедшей отъ смѣшенія этихъ двухъ влажныхъ объемовъ воздуха средней температуры, избытокъ паровъ, первоначально удерживаемый въ взвѣшенномъ

состояніи теплѣйшимъ объемомъ, выдѣляется и если онъ довольно обилень, то падаетъ въ видѣ дождя или снѣга въ зависимости отъ общей температуры воздуха въ томъ мѣстѣ.

Температура атмосферы постоянно уменьшается отъ экватора къ полюсамъ; точно также отъ экватора къ полюсамъ уменьшается количество испаренія воды и выпадающаго дождя. По вычисленію *Гумболда*, годовая глубина слоя дождя, выпадающаго подъ экваторомъ, равняется среднимъ числомъ 96 дюймамъ, тогда какъ подъ широтою 45° только 29 дюймамъ, а подъ широтою 60° не болѣе какъ 17 дюймамъ. Но вслѣдствіе весьма многихъ возмущающихъ причинъ, годовое количество выпадающаго дождя въ какой нибудь данной мѣстности можетъ весьма далеко уклоняться отъ этихъ среднихъ чиселъ. Напримѣръ, около Лондона, количество выпадающаго дождя, по долговременнымъ наблюденіямъ въ Гринвичской обсерваторіи, равняется среднимъ числомъ $24\frac{1}{2}$ дюймамъ въ годъ; между тѣмъ близъ Уайтгевена, въ Кумберландѣ, въ 1849 году выпало дождя 32 дюйма, а въ Борроуделѣ, близъ Кезвика (отстоящаго только на $22\frac{1}{2}$ версты далѣе къ западу) количество его было не менѣе 142 дюймовъ. Подобнымъ образомъ въ Индіи, въ мѣстахъ лежащихъ между 17 и 18° сѣверной широты, на линіи, проведенной чрезъ западный Гатскій хребетъ въ Деканѣ, полковникъ *Сайксъ* нашель, по наблюденіямъ произведеннымъ въ 1847 и 1848 годахъ, что количество выпадающаго дождя измѣнялось отъ 21 до 219 дюймовъ. Годичное количество дождя выпадающее въ Бенгалѣ, по всей вѣроятности не превышаетъ 80 дюймовъ; но докторъ *Лукеръ* былъ свидѣтелемъ близъ Чаррапуджи, въ 1850 году, паденія 30 дюймовъ дождя только въ теченіе 24 часовъ; и въ томъ же самомъ мѣстѣ во время его шестимѣсячнаго пребыванія (отъ іюня до ноября) выпало дождя 530 дюймовъ!

Подъ широтами болѣе высокими, гдѣ атмосфера холоднѣе и удерживаетъ менѣе воды въ взвѣшенномъ состояніи, количество выпадающаго дождя значительно уменьшается. Такъ, въ С.-Петербургѣ, подъ широтою $59^{\circ} 57'$, оно равняется 17.91 дюймамъ, а близъ Улеборга, при Ботническомъ заливѣ (подъ широтою 65°) только $13\frac{1}{2}$ дюймамъ. И это малое количество дождя падаетъ медленнѣе въ умѣренномъ поясѣ и распредѣляется равномернѣе по всему году, чѣмъ въ тропическихъ климатахъ.

Во всякой странѣ наибольшее количество воды выпадаетъ въ мѣстностяхъ, открытыхъ дѣйствию господствующихъ вѣтровъ, если эти вѣтры дуютъ со стороны моря; такъ какъ дожди обыкновенно приносятся вѣтрами дующими со стороны моря, а засухи бываютъ тогда, когда они дуютъ съ суши. На всѣхъ берегахъ западной Европы господствуетъ юго-западное атмосферное теченіе и какъ дующее съ Атлантическаго океана оно приноситъ съ собою дожди; на оборотъ, продолжительные сѣверо-восточный или юго-восточный вѣтры чаще сопровождаются засухой. У горныхъ хребтовъ наибольшее количество воды падаетъ на склоны, защищенные отъ господствующаго вѣтра. Вообще въ странахъ гористыхъ падаетъ больше дождя нежели въ низменныхъ; но количество

выпадающаго дождя повидимому не зависитъ отъ возвышенія мѣстности надъ уровнемъ моря, если только высота не есть предгоріе.

Изъ множества данныхъ, собранныхъ наблюденіями въ разныхъ мѣстахъ, относительно количества выпадающаго дождя и снѣга, нельзя еще вывести теорію, по которой можно было бы опредѣлить это количество въ данной мѣстности безъ непосредственныхъ наблюденій. Хотя въ умѣренныхъ поясахъ и не бываетъ очень значительнаго колебанія въ количествѣ выпадающаго дождя, въ особенности на материкахъ удаленныхъ отъ океана, какова напр. Россія, но однако опытъ показываетъ, что для полученія полныхъ и точныхъ данныхъ для средняго количества падающаго дождя, наблюденія для даннаго мѣста должны производиться по крайней мѣрѣ двадцать лѣтъ сряду если не больше. Но рѣдко случается чтобы столь продолжительныя наблюденія были уже сдѣланы въ той именно мѣстности, гдѣ это можетъ быть намъ необходимо. Въ такомъ случаѣ *Ренкинъ* совѣтуетъ поступать слѣдующимъ образомъ: 1) должно добыть наблюденія, производившіяся въ теченіе многихъ лѣтъ на какомъ либо пунктѣ, близкомъ отъ той мѣстности, гдѣ подобныя наблюденія были бы нужны. Изъ этихъ наблюденій опредѣлить наибольшее, наименьшее и среднее годовое количество выпадающаго дождя; затѣмъ, количество воды, доставляемое за одинъ разъ сильнѣйшимъ ливнемъ и наибольшій періодъ засухи. Выборка и опредѣленіе тѣхъ или другихъ цифръ зависитъ отъ цѣли, для которой онѣ будутъ употреблены; такъ при устройствѣ вододѣйствующаго заведенія намъ важно знать особенно среднее количество упадающаго дождя и длиннѣйшій періодъ бездождія; при вопросѣ о снабженіи водою, нужно знать наименьшее годовое количество и длиннѣйшій періодъ засухи; для дренажа наибольшее годовое количество и самый сильный ливень и т. п.; пунктъ, изъ котораго заимствуются выводы, онъ называетъ *основнымъ*; 2) на изслѣдуемомъ пространствѣ бассейна, или мѣстности, установить дождемѣры въ мѣстахъ, которыя онъ называетъ *дождевыми станціями*. Въ нихъ должны производиться наблюденія довольно долгое время и сравниваться съ наблюденіями, производимыми въ то же время на основномъ пунктѣ; 3) изъ сравненія полученныхъ по наблюденіямъ цифръ, опредѣлятся отношенія количествъ падающаго дождя на основномъ пунктѣ и на дождевыхъ станціяхъ: на эти отношенія надобно умножить наибольшую, наименьшую и среднюю толщину слоя воды, выпадающей въ годъ на основномъ пунктѣ, чтобы получить *вѣроятныя* количества дождя въ дождевыхъ станціяхъ; на эти же отношенія умножается и наибольшій ливень.

Изъ сдѣланныхъ до сихъ поръ наблюденій, говоритъ *Ренкинъ*, можно заключить, что отношеніе наименьшаго, средняго и наибольшаго количества воды, выпадающаго въ годъ во всякомъ мѣстѣ, заключается между отношеніями чиселъ 2 : 3 : 4 и 4 : 5 : 6.

По отношенію къ направленію преобладающихъ вѣтровъ, всю

1) При назначеніи дѣленій на измѣрительной трубкѣ дождемѣра, или при прямомъ взвѣшиваніи воды полученной въ дождемѣрѣ, можно принимать съ точностію что 25 куб. дюймовъ воды вѣсятъ 1 фунтъ.

Европейскую Россію можно раздѣлить на три обширныя полосы, а именно: 1) все пространство западныхъ, центральныхъ, сѣверныхъ и восточныхъ губерній, приблизительно до той линіи, откуда начинаются степи южной и восточной Россіи, составляетъ *область преобладанія юго-западнаго вѣтра*; 2) вся степная полоса представляетъ собою *область господства восточныхъ вѣтровъ*, наконецъ 3) болѣе или менѣе широкая полоса на предѣлахъ взаимнаго соприкосновенія этихъ двухъ областей подвержена *преобладанію сѣверо-западнаго вѣтра*. Наблюденія показываютъ, что самый дождливый вѣтеръ, т.-е. при которомъ наибольшая вѣроятность дождя, есть *юго-западный*, а наименѣе дождливый — *сѣверо-восточный*. Но юго-западные вѣтры, приносящіе наибольшую массу водяныхъ паровъ, прежде чѣмъ достигнуть до насъ, проходятъ надъ материкомъ западной Европы, которому они отдаютъ содержащіеся въ воздухѣ пары въ видѣ дождя и достигаютъ до насъ болѣе и болѣе истощенными, почему количество упдающаго дождя съ запада на востокъ у насъ постепенно уменьшается. Бездождіе нашихъ южныхъ степей объясняется, какъ тѣмъ, что тамъ преобладаютъ восточные вѣтры, такъ и тѣмъ, что случайные юго-западные вѣтры, прежде чѣмъ достигнуть нашей степной полосы, проходятъ надъ рядомъ высокихъ горныхъ хребтовъ, каковы Альпы и Карпаты съ ихъ отрогами, которымъ они отдаютъ большую часть влаги.

Среднее число снѣжныхъ и дождливыхъ дней.

	Годъ.	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.
Западный край	146,5	36,1	37,4	38,6	34,4
Прибалтійскій край.	139,5	34,5	31,0	35,2	38,8
Сѣверныя и центральныя губерніи	114,5	26,9	28,1	29,8	29,7
Восточныя губерніи	113,5	22,6	26,5	34,4	30,0
Южныя степныя губерніи	83,2	22,1	23,3	20,2	17,6

Среднее количество выпадающей воды въ видѣ дождя и снѣга.

	Годъ.	Зима.				
		д	ю	н	м	о
Западный край	21,58	3,06	4,75	8,37	5,40	
Прибалтійскій край.	21,11	3,63	3,68	7,25	6,55	
Сѣверныя и центральныя губерніи	20,46	3,21	5,18	7,39	4,68	
Восточныя губерніи	16,54	1,66	3,14	8,30	3,44	
Южныя степныя губерніи	11,55	2,02	2,57	4,05	2,91	

Постепенное убываніе атмосферныхъ осадковъ отъ запада къ востоку здѣсь очевидно; а также очевидна скудость южной Россіи въ отношеніи дождей, отъ чего происходитъ и скудость ея лѣсной растительности. По мѣрѣ удаленія отъ запада къ востоку, оказывается преобладаніе лѣтнихъ дождей.

Если означимъ чрезъ 100 годовое число дней съ дождемъ и снѣгомъ, а также чрезъ 100 количество выпадающей въ годъ воды, то распределеніе по временамъ года выразится въ процентахъ:

Число снѣжныхъ и дождливыхъ дней въ процентахъ.

	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.
Западный край	24,7	25,5	26,3	23,5
Прибалтійскій край	24,8	22,2	25,2	27,8
Сѣверныя и центральныя губерніи	23,5	24,5	26,0	26,0
Восточныя губерніи	19,9	23,3	30,3	26,4
Южныя степныя губерніи	26,6	28,0	24,3	21,1

Количество выпадающей воды въ процентахъ.

	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.
	в ъ д ю й м а х ъ.			
Западный край	14,1	22,0	38,8	25,0
Прибалтійскій край	17,2	17,4	24,3	31,0
Сѣверныя и центральныя губерніи	15,7	25,3	36,1	22,9
Восточныя губерніи	10,0	19,9	50,2	20,8
Южныя степныя губерніи	18,2	23,0	35,9	22,8

Сличеніе этихъ двухъ таблицъ показываетъ, что лѣтомъ преобладаніе отъ запада къ востоку дождей гораздо значительнѣе въ отношеніи количества выпадающаго дождя, чѣмъ въ отношеніи числа дождливыхъ дней. Это значитъ, что при движеніи въ глубь материка, лѣтніе дожди принимаютъ болѣе характеръ ливней, дающихъ за одинъ разъ большія количества воды, но раздѣленные между собою болѣе большими промежутками бездождія чѣмъ на западѣ.

Если для тѣхъ мѣстъ, въ которыхъ наблюденія простираются на довольно большое число лѣтъ, количество дождевой воды раздѣлить на число дождливыхъ дней, то получимъ, что въ средней сложности, въ одинъ дождливый день выпадаетъ воды, въ русскихъ линіяхъ:

		Годь.	Зима.	Весна.	Лѣто.	Осень.
Западный край	Варшава	1,52	0,92	1,32	2,19	1,63
	Горки Могилевской губ.	1,36	0,79	1,04	2,07	1,48
Прибалтійск. страны	Або	1,62	1,17	1,17	2,12	2,03
	С.-Петербургъ	1,36	0,80	1,03	1,97	1,53
Центральн. губерн.	Курскъ	1,32	0,45	1,30	2,42	1,11
Восточныя губерніи	Екатеринбургъ	1,45	0,40	1,11	2,63	0,83
	б. Самарская ферма	2,95	2,24	2,05	3,87	3,28
Южныя степи	Лугань	1,44	0,89	1,31	2,12	1,45

Изъ этой таблицы видно, что, напримѣръ, число дождливыхъ дней въ Заволжѣ (Самарской губерніи) вдвое менѣе, чѣмъ въ Петербургѣ, тогда какъ количество выпадающей воды въ каждый дождь больше чѣмъ въ Петербургѣ, что, очевидно, зависитъ отъ свойства дождей. Особенности въ этомъ отношеніи Заволжской степи, равно какъ всего южнаго степнаго края Россіи, составляютъ проходные дожди, т.-е. рѣдкіе, но сильные ливни; постоянные же, т.-е. продолжительные, но не сильные, принадлежать здѣсь къ числу рѣдкихъ явленій.

Чтобы показать въ какой мѣрѣ среднее количество ежегодно упадающаго дождя и снѣга увеличивается въ направленіи отъ сѣверо-востока къ юго-западу, или къ сторонѣ господствующаго юго-западнаго вѣтра, дующаго со стороны Атлантическаго океана, приведемъ это среднее количество для нѣкоторыхъ странъ Европы сравнительно съ Россіей:

Среднее количество ежегодно упадающаго дождя и снѣга въ дюймахъ:

Для всей Европейской Россіи	18,25
На Скандинавскомъ полуостровѣ	18,79
Сѣверная Франція и Германія	26,72
Восточная Англія	26,95
Западный берегъ Европы	29,89
Южная Франція и Италія на югъ отъ Апенниновъ	32,08
Западная Англія (вліяніе Голфштрема)	36,07
Италія на сѣверѣ отъ Апенниновъ	40,25
Въ сложности среднее въ Европѣ безъ Россіи	28,80
„ Европейской Россіи	18,25

Для отдѣльныхъ же пунктовъ вышеуказанныхъ полосъ Европейской Россіи, наблюденія даютъ слѣдующія среднія цифры для толщины слоя ежегодно упадающаго дождя и снѣга въ дюймахъ:

ПРИВАЛТІЙСКІЙ КРАЙ.

Або	23,69 дюйм.	Ревель	18,44 дюйм.
Кронштадтъ	16,99 „	Рига	24,10 „
Гельсингфорсъ	19,46 „	Митава	22,63 „
С.-Петербургъ	17,91 „		

ЗАПАДНЫЙ КРАЙ.

Витебскъ	21,31 дюйм.	Вильно	17,38 дюйм.
Горки Могилевск. г.	18,28 „	Варшава	23,21 „

СЪВЕРНЫЯ И ЦЕНТРАЛЬНЫЯ ГУБЕРНІИ.

Архангельскъ	16,16 дюйм.	Курскъ	17,82 дюйм.
Вологда	17,09 „	Черниговъ	16,81 „
Кострома	19,23 „	Кіевъ	15,60 „
Москва	26,99 „	Харьковъ	21,75 „
Орель	24,66 „		

ВОСТОЧНЫЯ ГУБЕРНІИ.

Нижнетагильскъ (Пермской губ.).	19,12 дюйм.	Казань	15,39 дюйм.
Екатеринбургъ	14,72 „	Оренбургъ	16,74 „
Златоустъ	17,47 „	Самара	19,41 „
		Богословскъ	15,53 „

ЮЖНЫЯ ГУБЕРНІИ.

Кишиневъ	19,51 дюйм.	Астрахань	4,08 дюйм.
Одесса	13,85 „	Николаевъ	13,63 „
Екатеринославъ	19,50 „	Лугань	13,33 „
Симферополь	14,83 „	Раимскъ	3,77 „
Севастополь	7,67 „	Александр. станція	22,16 „

Что же касается до того количества воды, которое изъ всего падающаго дождя и снѣга стекаетъ по поверхности земли прямо въ рѣки, безъ предварительнаго просачиванія въ почву, то оно, по мнѣнію *Ренкина*, измѣняется въ значительныхъ предѣлахъ, потому что на него имѣютъ вліяніе: быстрота выпаденія воды, плотность грунта, уклонъ поверхности земли, количество и родъ растеній, температура воздуха, существованіе дренажа или значительной сѣти открытыхъ канавъ и т. п. Въ зависимости отъ грунта онъ полагаетъ, что если этотъ грунтъ составляютъ гранитъ, гнейсъ, шиферъ, при крутомъ уклонѣ, то все количество падающаго дождя поступаетъ въ рѣки; если грунтъ составляютъ болото или холмистое пастбище, то только отъ 0,6 до 0,8 всего дождя; при плоской и обрабатываемой мѣстности—отъ 0,4 до 0,5; при мѣловомъ же грунтѣ вся вода просачивается въ почву. Средство для опредѣленія этого отношенія состоитъ въ опредѣленіи расхода воды

главнаго водостока бассейна, одновременно съ наблюдениемъ надъ выпадениемъ количества дождя на бассейнъ.

Полагаютъ, что ключи даютъ отъ 0,3 до 0,4 всего количества падающей воды. Вообще можно сказать, что количество воды, даваемой ключами, находится въ прямомъ отношеніи съ обиліемъ дождей. Послѣ особенно сильныхъ дождей почти всѣ ключи значительно увеличиваютъ объемъ даваемой ими воды, за исключеніемъ нѣкоторыхъ, которые вслѣдствіе особаго расположенія ихъ подземнаго ложа остаются безъ всякаго измѣненія. Нерѣдко случается также, что во время исключительныхъ по силѣ и продолжительности дождевыхъ періодовъ, начинаютъ бить изъ земли новые, временные ключи, появленіе которыхъ сельскіе хозяева, говоритъ графъ *Гаспаренъ*, по справедливости считаютъ предвѣстниками неурожая хлѣба, вслѣдствіе излишней влажности почвы. Источники же обладающіе очень длинною и извиристою подземною системою, могутъ оставаться почти безъ измѣненій въ теченіе цѣлаго года, тогда какъ на ключахъ поверхностныхъ отражаются самыя незначительныя атмосферныя измѣненія ¹⁾.

Что же касается до отношенія годоваго объема воды протекающей въ рѣкѣ, къ годовому объему воды упдающей на ея бассейнъ, то мы уже выше привели наблюденія по этому предмету, сдѣланныя инженеромъ *Грефомъ* въ департаментѣ Луары, на рѣкахъ Фюренсѣ, Анзу и Серненѣ, изъ которыхъ оказалось, что зимою это отношеніе было 1,245; весною—0,681; лѣтомъ—0,272 и осенью—0,636; среднее же годовое—0,641. Весною, лѣтомъ и осенью потеря происходила, какъ отъ просачиванія и поглощенія растеніями, такъ и отъ испаренія; зимою же объемъ протекающей воды болѣе объема упдающей атмосферной влаги, вслѣдствіе скопленія притока подземныхъ водъ, меньшаго просачиванія, поглощенія растеніями и испаренія.

Инженеръ *Доссъ* (Dausse) первый заявилъ тотъ законъ, что дожди падающіе въ теплые мѣсяцы, мало удѣляютъ воды рѣкамъ, тогда какъ падающіе въ холодные мѣсяцы, производятъ часто значительные разливы. Вода лѣтнихъ дождей въ значительной степени теряется испарениемъ и поглощается растительностію ²⁾.

По опытамъ и наблюденіямъ инженера *Пуанкаре* (Poincaré) въ бассейнѣ рѣки Мааса (Meuse), отношеніе объема протекающей воды къ объему упдающаго дождя составляетъ отъ 0,47 до 0,49, если въ бассейнѣ пропорція площади пропускающей воду почвы къ площади всего бассейна достигаетъ 0,45. *Валлесъ* (Walles) говоритъ, что инженеры допускаютъ вообще для этого отношенія $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{7}$ и рѣже $\frac{2}{7}$. Но эти

¹⁾ Поэтому, между прочимъ, лучшій способъ узнать приблизительно среднюю температуру даннаго мѣста, — это погрузить термометръ въ одинъ изъ источниковъ, мало мѣняющихъ объемъ даваемой воды. Рѣзкія измѣненія температуры на поверхности становятся едва замѣтными на глубинѣ нѣсколькихъ футовъ; поэтому водяныя жилы такихъ ключей, въ большей части случаевъ, имѣютъ почти постоянную температуру, соответствующую мѣстному климату.

²⁾ У насъ, особенно въ средней Россіи, бывають лѣтніе затяжные и особенно осенніе дожди, которые удѣляютъ много воды рѣкамъ и часто производятъ разливы.

цифры справедливы только для рѣкъ текущихъ въ ясно обозначенныхъ рѣчныхъ долинахъ. Пруды же, лежащія на плоской мѣстности, въ средней цифрѣ, собираютъ не болѣе 0,23 всего дождеваго слоя падающаго на ихъ бассейнъ, какъ это оказывается изъ наблюдений инженера *Еонъ-Дювала* (Eon-Duval).

Такимъ образомъ, характеръ бассейна рѣки, его географическое и орографическое положеніе и количество упадающаго дождя и снѣга, имѣютъ главное вліяніе на характеръ и свойство самой рѣки. Относительно всѣхъ этихъ условій, наши рѣки, въ зависимости отъ географическаго ихъ положенія, и слѣдовательно климата, имѣютъ свои особенныя свойства сравнительно съ нѣкоторыми рѣками западной Европы. Въ большей части западной Европы, какъ мы видѣли, рѣки обильнѣе водою зимою, чѣмъ лѣтомъ. У насъ же зимою почва всѣхъ бассейновъ дѣлается непроницаемою, вслѣдствіе ея промерзанія; это промерзаніе простирается и на болота, если онѣ не ключевыя. Многія рѣчки и ручьи, особенно въ сѣверо-восточной части Россіи, промерзаютъ до дна и теченіе ихъ совершенно останавливается, если онѣ питаются не ключами и не ключевыми болотами. Земля промерзаетъ въ средней Россіи на глубину отъ 1½ до 2 аршинъ, а на Уралѣ до 4-хъ аршинъ ¹⁾; слѣдовательно въ теченіе всей зимы, пока земля, или вѣрнѣе влага заключающаяся въ почвѣ, не оттаяла, всякое дальнѣйшее просачиваніе воды въ почву прекращается. Но въ то же время прекращается непосредственное испареніе воды съ поверхности рѣкъ и водныхъ бассейновъ, такъ какъ онѣ покрываются льдомъ; а равнымъ образомъ прекращается поглощеніе влаги растеніями, которыя во время зимняго холода приостанавливаютъ, большую частію, свою дѣятельность или погибаютъ, если онѣ однолѣтнія. Такимъ образомъ для большинства мѣстностей Европейской Россіи, бассейны рѣкъ дѣлаются почти въ теченіе полугода непроницаемыми для влаги. Въ это же время выпадаетъ только снѣгъ, вся масса котораго, кромѣ испаряющейся части, сохраняется на поверхности земли до весенняго таянія. Въ зависимости отъ быстроты или медленности этого таянія происходятъ большіе или меньшіе разливы рѣкъ. Если во время таянія повторяются ночные морозы, то это таяніе идетъ медленнѣе; если же случаются въ это время особенно теплые дни, а тѣмъ болѣе съ дождемъ, тогда таяніе идетъ быстро и разливы рѣкъ бывають особенно велики. Такъ весною 1879 года въ Смоленской губерніи, вслѣдствіе дождей продолжавшихся около трехъ дней сряду, вся масса снѣга была растаяна въ три дня, и потому произошли разливы, подобныхъ которымъ не запомнятъ старожилы: эти чрезвычайные разливы разрушили плотины или вырвали ставы въ количествѣ болѣе 40 въ каждомъ изъ уѣздовъ Смоленскомъ, Ельнинскомъ и Краснинскомъ.

¹⁾ Какъ замѣчательный примѣръ глубокаго промерзанія земли, представляетъ колодезь, выкопанный въ Якутскѣ въ 1838 г.: онъ имѣетъ 54½ саж. глубины; съ поверхности до 51 сажени глубиною земля въ немъ была найдена мерзлою; только послѣ 51 сажени она оказалась талою. Горный Журн., 1838 г., т. II, стр. 121.

Пока не растаяла земля, воды разлива бываютъ свѣтлыя; но какъ только начнется оттаиваніе земли, воды начинаютъ идти мутныя; иногда случается, что самый высокій разливъ бываетъ при оттаиваніи земли съ мутными водами—и наоборотъ. Большинство рѣкъ въ Россіи имѣютъ лѣтомъ проницаемые бассейны, въ особенности бассейны рѣкъ покрытые лѣсною растительностію. Въ этихъ послѣднихъ, весеннее таяніе снѣга всегда совершается относительно медленно, чѣмъ въ безлѣсныхъ бассейнахъ; и потому уровень рѣкъ въ подобныхъ бассейнахъ всегда колеблется менѣе, чѣмъ въ открытыхъ бассейнахъ.

Въ нашихъ южныхъ и юго-восточныхъ, или черноземныхъ губерніяхъ, небольшія рѣчки и рѣчки лѣтомъ иногда совершенно пересыхаютъ и прерываютъ теченіе; во время же лѣтнихъ ливней, они представляютъ бурные потоки, но лишь на короткое время, до первой засухи. Причиною этому во 1-хъ, малое количество выпадающаго дождя; во 2-хъ, сухіе восточные вѣтры, усиливающіе испареніе; въ 3-хъ, холмистый характеръ степей со многими скатами и балками, способствующими быстрому скату и уходу дождевыхъ водъ; въ 4-хъ, отсутствіе лѣсной растительности, и въ 5-хъ, черноземная почва. Эта почва имѣетъ способность сильно всасывать влагу и вмѣстѣ способность удерживать ее въ себѣ въ значительномъ количествѣ. Мы уже видѣли, что черноземъ можетъ удерживать въ себѣ до 190% воды противъ своего вѣса, или почти вдвое. Допуская глубину черноземнаго слоя въ 1 футъ толщиною ¹⁾, и имѣя въ виду, что въ южныхъ степныхъ губерніяхъ выпадаетъ въ годъ слой воды среднимъ числомъ около 1 фута (11,55 дюймовъ), что одинъ кубическій футъ чернозема вѣситъ около 1,46 пудовъ, а одинъ кубическій футъ воды вѣситъ 1,73 пуда, оказывается, что кубическій футъ чернозема можетъ поглотить и удержать въ себѣ $1,46 \cdot 1,9 = 2,77$ пуда воды. Слѣдовательно этотъ слой чернозема не только можетъ поглотить и удержать всю выпадающую изъ атмосферы влагу, но въ полтора раза болѣе. Удерживая въ себѣ эту влагу и отдавая ее лишь произрастающимъ на немъ растеніямъ и частію испаряя (причемъ черный цвѣтъ чернозема способствуетъ сильнѣйшему его нагрѣванію и слѣдовательно большому испаренію), онъ ничего не отдаетъ изъ этой влаги подпочвѣ, а тѣмъ болѣе глубже лежащимъ слоямъ. Поэтому, быть можетъ, почвенная вода въ черноземныхъ губерніяхъ встрѣчается лишь на большой глубинѣ, какъ просачивающаяся издалека по нижнимъ наклоннымъ и непроницаемымъ пластамъ. Такъ въ Новороссіи, говоритъ г. *Штукенбергъ*, почвенная вода встрѣчается только на глубинѣ, достигающей для обыкновенныхъ колодцевъ до 30 сажень.

17. Рѣчныя долины, русла и уклоненія теченій. — Казалось бы что рѣки, въ особенности большія, теченіе которыхъ продолжается вѣроятно десятки тысячъ лѣтъ, — представляютъ собою нѣчто постоянное. Онѣ текутъ въ теченіе исторической памяти народовъ въ тѣхъ же долинахъ, въ томъ же направленіи; несутъ, какъ будто, не-

¹⁾ В. В. Докучаевъ допускаетъ среднюю толщину чернозема около 1½ футовъ.

измѣнно то же количество воды, которая протекаетъ въ нихъ, повидимому, съ тою же скоростью. А между тѣмъ, на самомъ дѣлѣ, остаются неизмѣнными, и то только до нѣкоторой степени, ихъ геологическія долины; русла же рѣкъ постоянно блуждаютъ въ этихъ долинахъ; дно русла то поднимается, то углубляется; одни берега русла подмываются и разрушаются, другіе — отлагаются и вновь образуются. Самое общее направленіе теченія рѣки, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, также измѣняется; объемъ же протекающей въ рѣкѣ воды и ея уровень постоянно колеблется, а съ ними колеблется и скорость теченія воды. Поэтому видимое постоянство теченія каждой рѣки есть только кажущееся.

„Исслѣдуемъ рѣку до самыхъ ея истоковъ, говоритъ *Тиндаль*. Начнемъ съ того мѣста, гдѣ она впадаетъ въ море и прослѣдимъ ее вверхъ по теченію. Въ такомъ случаѣ мы найдемъ, что отъ времени до времени въ нее вливаются притоки и тѣмъ увеличиваютъ ея воды. Понятно, что за каждымъ новымъ притокомъ сама рѣка становится меньше. Сначала она превращается въ маленькую рѣчку, потомъ въ ручей; этотъ, въ свою очередь, дѣлится на меньшіе ручейки, которые оканчиваются водяными струйками. Эти послѣднія образуютъ источники рѣкъ и обыкновенно находятся между горъ. Очевидно однако, что мы до сихъ поръ еще не достигли дѣйствительнаго начала рѣки. Откуда же берутъ свое начало первѣйшіе ручейки? Короткое пребываніе на горахъ показало бы намъ, что они питаются дождями. При сухой погодѣ они мелки, иногда даже совершенно пересохши; во время сырой погоды они имѣютъ видъ стремительныхъ потоковъ. Обыкновенно эти ручьи, или вѣрнѣе истоки этихъ ручьевъ, теряются на склонахъ горъ. Но можно скоро убѣдиться, что и эти истоки также питаются дождемъ, который просачиваясь сквозь скалы или землю, или чрезъ какое-нибудь другое отверстіе имъ найденное или сдѣланное, выходитъ наружу“. Это общій характеръ истока рѣки, которая беретъ начало въ горахъ, вслѣдствіе упадающаго на нихъ дождя.

„Прослѣдите, говоритъ *Тиндаль*, теченіе Роны вверхъ отъ впаденія ея въ Женевское озеро, и вы найдете, что маленькія рѣчки очень часто вливаются въ нее съ обѣихъ сторонъ. Наконецъ, вы достигнете до необозримой ледяной массы, составляющей конецъ глетчера, который наполняетъ Ронскую долину; отъ него-то рѣка и беретъ свое начало. Такимъ образомъ Ронскій глетчеръ представляется истокомъ рѣки Роны. Но и здѣсь опять-таки мы не нашли еще дѣйствительнаго начала рѣки. Скоро вы убѣдитесь, что эти первоначальныя воды образовались вслѣдствіе таянія льда. Взберитесь на глетчеръ и черезъ нѣкоторое время начинаеть исчезать ледъ и вы вступаете въ область снѣговъ. Обогнувъ вершину и перейдя на другую сторону, вы достигаете конца снѣжной области и наконецъ вступаете на новый глетчеръ. У подножія этого глетчера беретъ свое начало рѣка меньшей величины нежели Рона. Вы тотчасъ замѣтите, что глетчеръ существуетъ на счетъ горныхъ снѣговъ. Тѣмъ или другимъ путемъ снѣгъ превращается въ ледъ. Снѣгъ, какъ и дождь, является изъ облаковъ; эти, въ свою очередь, мы можемъ

прослѣдить до ихъ первоначальнаго вещества — пара, который является результатомъ работы солнечной теплоты“. Это общій характеръ истоковъ рѣкъ, которыя берутъ свое начало въ глетчерахъ. Истоки нашихъ рѣкъ средней Россіи, гдѣ нѣтъ высокихъ горъ и тѣмъ болѣе глетчеровъ, имѣютъ другой характеръ. Всѣ первоначальные истоки ихъ находятся въ болотахъ, питаемыхъ также дождями и снѣговыми водами. Такъ, напримеръ, рѣка Москва незамѣтно беретъ начало изъ болотца, называемаго *Москворыцкая лужа*, находящагося въ лѣсу села Мокрое (имѣніе князей Долгоруковыхъ) Гжатскаго уѣзда Смоленской губерніи, около деревни Замошцы по дорогѣ къ д. Васильевское. Болотцо это, продолжаясь по выходѣ изъ лѣса, соединяется съ длиннымъ моховымъ, поросшимъ мелкою сосною, Старьковскимъ болотомъ (пространствомъ около 200 десятинъ). Только по выходѣ изъ этого послѣдняго болота рѣка дѣлается замѣтною у дороги изъ д. Старьково въ д. Холопово, т.-е. въ 4 верстахъ отъ начала истока. Затѣмъ, пройдя еще 3 версты, она входитъ въ Дровнинское болото (около 400 десятинъ) и пройдя по немъ $\frac{1}{2}$ версты поперегъ, соединяется съ равной себѣ рѣчкой *Коноплевской*, вытекающей изъ болотъ въ лѣсахъ по обѣ стороны д. Шапкина. Послѣ этого соединенія. р. Москва продолжаетъ течь вдоль Дровнинскаго болота еще $1\frac{1}{2}$ версты и по выходѣ изъ него поворачиваетъ къ мосту на старой большой Смоленско-Московской дорогѣ, отъ котораго уже начинаетъ быть замѣтною, хотя еще весьма малая, ея геологическая долина.

„Съ версту выше селенія Днѣпровъ на р. Днѣпрѣ, отстоящаго въ нѣсколькихъ верстахъ отъ его истоковъ, эта рѣка, говоритъ г. *Докучаевъ*, имѣетъ видъ очень маленькаго ручейка, съ совершенно еще не опредѣлившимся ложемъ и иногда состоитъ изъ отдѣльныхъ котловинъ, едва соединяющихся между собою очень узенькими полосками воды. Понятно, продолжаетъ онъ, ни о какомъ строеніи береговъ здѣсь не можетъ быть и рѣчи, тѣмъ болѣе, что какъ въ Днѣпровѣ, такъ и нѣсколько десятковъ верстъ ниже, форма рѣчной долины маскирована частыми мельницами“.

Но на нѣкоторомъ разстояніи отъ истоковъ, всякая рѣчка имѣетъ въ своемъ бассейнѣ геологическую долину, въ которой какъ бы заключено ея теченіе. Въ странахъ гористыхъ, долина рѣки образуется горными кряжами, спускающимися внизъ по склонамъ главнаго хребта и составляющими его отроги. По мѣрѣ удаленія этихъ отроговъ отъ линіи главнаго хребта, долина рѣки все болѣе и болѣе расширяется, а ея боковыя возвышенности понижаются. Здѣсь долина рѣки всегда ясно и рѣзко обозначена и ея границы твердо очерчены. По мѣрѣ того, какъ рѣка переходитъ въ мѣстности болѣе плоскія, границы рѣчной долины дѣлаются мягче и хотя почти всегда замѣтныя, иногда значительно расширяются и сливаются съ общими контурами окружающей мѣстности. Въ странахъ плоскихъ и съ почвами рыхлыми, какова большая часть Россіи, геологическія долины большихъ рѣкъ почти всегда ясно обозначены; глубина ихъ всегда значительна, а ширина, то увеличиваясь, то уменьшаясь, болѣею частію увеличивается отъ верховья внизъ по теченію,

и по мѣрѣ приближенія рѣкъ къ устью, или къ морю, долина дѣлается чаще шире, глубина же ея мельче. Дно геологической рѣчной долины, въ продольномъ направленіи, постепенно понижается отъ истока къ устью рѣки; въ поперечномъ же направленіи чаще горизонтально, но иногда наклоняется къ болѣе возвышенному и крутому берегу долины. На этомъ ложѣ рѣчной долины извивается русло самой рѣки, то приближаясь, то удаляясь отъ одного края долины къ другому; но чаще русло рѣки приближается къ тому краю долины, котораго склоны выше и круче.

При первомъ взглядѣ на наши геологическія рѣчныя долины, и при сравненіи ихъ обширности съ настоящею величиною русла рѣки, всякому является мысль, что вѣроятно въ древнія времена объемъ воды протекавшій въ рѣкахъ былъ значительно болѣе чѣмъ теперь, или случайно увеличился, вслѣдствіе какого-либо наводненія, чтобы рѣки были въ состояніи образовать столь глубокия и обширныя долины. Такъ на-примѣръ, р. Москва верстахъ въ 30—40 отъ ея истока имѣетъ ширину русла отъ 3-хъ до 5-ти сажень, глубину русла около одной или двухъ сажень; ширина же ея геологической долины простирается въ этомъ мѣстѣ отъ 100 до 300 сажень, а глубина противъ окружающей мѣстности до 10 и болѣе сажень. *Г. Докучаевъ* приводитъ, что у Днѣпра (въ Полтавской губ.) ширина рѣки 200—600 саж., ширина долины 8—10 верстъ.

р. Псѣла	шир. рѣки	15—30 саж.	шир. долины	3—6 верстъ
„ Лопани	„ „	1—15 „	„ „	„ 1—2 „
„ Донца	„ „	15—30 „	„ „	„ 2—5 „

Глубина долины Днѣпра (въ Смоленскѣ) и З. Двины (въ Витебскѣ) между уровнемъ воды и сосѣдними высотами доходить до 150—200 и болѣе футовъ; рѣкъ Рогани и Студенки ниже степи на 196 футовъ; Донца отъ 266 до 336 футовъ и р. Торца до 385 футовъ. Гдѣ долина рѣки ограничивается горными бряжами изъ твердыхъ породъ, тамъ представляется естественнымъ, что рѣка течетъ по приготовленному ей самой природою ложу, направленіе котораго опредѣляетъ и направленіе самой рѣки. Въ мѣстахъ же плоскихъ, съ почвой представляющей мало сопротивленія движенію воды, мысль невольно останавливается на томъ, что *должна рѣка есть дѣло самой рѣки*. Но ошибочно было бы заключить, что для этого былъ необходимъ когда-то большій объемъ протекающей воды.

„Когда вслѣдствіе поднятія почвы сбыли дилювіальныя воды, говоритъ академикъ *Гельмерсенъ*, то прежде всего осушилась средняя полоса Россіи. На ея осушившейся поверхности падающая на нее атмосферная вода образовала рѣки, которыя приняли различное направленіе, *заранѣе подготовленными руслами, образовавшимися вслѣдствіе стока дилювіальныхъ водъ* и зависящее въ нѣкоторыхъ случаяхъ отъ направленія той волнистой поверхности, которая образовалась вслѣдствіе перемежающихся углубленій и повышеній почвы, произведенныхъ особенными геологическими причинами. Такимъ образомъ на

сѣверъ потекли Сѣверная Двина, Вытегра, Межа, Великая; на западъ Западная Двина, на югъ Днѣпръ, Донецъ, Донъ и наконецъ на востокъ Волга¹⁾.

Изъ приведеннаго мнѣнія академика *Гельмерсена* и изъ подчеркнутаго нами въ немъ мѣста можно заключить, что образованіе рѣчныхъ долинъ въ рѣкахъ Европейской Россіи онъ приписываетъ главнымъ образомъ стоку *дилювіальныхъ водъ*. Но если поднятіе материка совершалось медленно, какъ это наблюдается и въ настоящее время при подобныхъ явленіяхъ, то и отступленіе, или стокъ дилювіальныхъ водъ, долженъ былъ также совершаться съ большою медленностью и постепенностью; а при такомъ условіи ни о какомъ подготовленіи русла или прорытіи долины не можетъ быть и рѣчи.

А потому постараемся выяснитъ образованіе геологической долины рѣки аналогическимъ примѣромъ. Въ 1876 году намъ понадобилось про-извести очистку маленькаго ключеваго пруда, образованнаго запрудой, пространствомъ въ $\frac{1}{2}$ десятины, отъ накопившагося на днѣ его торфянаго ила, глубиною слишкомъ въ аршинъ. Въ верховьяхъ у береговъ этого пруда, были постоянно шесть довольно сильныхъ ключей, которые и питали прудъ. Когда прудъ былъ спущенъ, то вода шести ключей начала течь по поверхности обнаженнаго дна, состоявшаго изъ насыщеннаго водою ила, отыскивая себѣ направленіе по наибольшему скату и образовала шесть отдѣльныхъ маленькихъ ручьевъ, изъ коихъ нѣкоторые, до входа въ общее русло, сливались между собою предварительно, или впадали одинъ въ другой.

По мѣрѣ теченія и вслѣдствіе мягкости сыраго ила, каждый ручей началъ прорывать себѣ русло въ этомъ илѣ все глубже и глубже, и доходившее, въ началѣ теченія, ближе къ истоку ключа, до $\frac{3}{4}$ аршина глубиною, на срединѣ теченія до $\frac{1}{2}$ аршина, а по мѣрѣ приближенія ручьевъ къ общему потоку глубина эта постоянно уменьшалась. Края прорытыхъ ручьями руслъ въ илѣ, или правильнѣе сказать, промоинъ, были въ началѣ почти отвѣсны и постоянно обваливаясь, заграждали теченіе ручья, заставляли его искать себѣ новый исходъ въ слабѣйшей части ила, чрезъ что промоина размывалась шире и шире въ обѣ стороны.

При этомъ каждый ручей уносилъ большое количество ила внизъ по своему теченію и промывая его, осаждалъ на днѣ своего русла уже небольшіе камешки и зерна крупнаго песка, которые не были замѣтны въ сплосномъ черноземномъ илѣ. (Этотъ илъ былъ образованъ изъ листьевъ деревьевъ, окружавшихъ озерцо, которые опадая осенью на воду, по мѣрѣ намочанія опускались на дно и въ теченіе болѣе 150 лѣтъ образовали слой черноземно-торфянаго ила). Каждый мнѣняющійся наклонъ на поверхности ила измѣнялъ и общее направленіе ручья: каждое встрѣчающееся на пути препятствіе заставляло ручей также измѣнять направленіе, или описывать *извилину*; каждое измѣненіе въ плотности

¹⁾ Докучаевъ. Способы образованія рѣчныхъ долинъ. стр. 5. С.-Петербургъ, 1878 г.—*Гельмерсенъ*. Записки Импер. Акад. Наукъ, т. VII, № 2. стр. 19.

ила оставляло края русла, или промоины, болѣе крутыми, или болѣе отлогими, вслѣдствіе неравномѣрности обрушенія; дожди помогали въ этомъ послѣднемъ дѣлѣ работѣ ручья—уменьшая крутизну боковъ промоины. Чѣмъ далѣе подвигалась работа каждаго ручья, тѣмъ болѣе расширялся поперечный разрѣзъ промоинъ въ илѣ; тѣмъ болѣе на днѣ промоины ручей переходилъ отъ одного ея края къ другому, подмывая ихъ пока илѣ былъ еще мягокъ. вмѣстѣ съ тѣмъ каждый ручей, посредствомъ переносимаго водою ила, выравнивалъ дно своего русла, устилая его отмытыми изъ ила гравіемъ и пескомъ. Всѣ эти явленія въ началѣ происходили очень скоро: въ теченіе часа времени можно было уже замѣтить нѣкоторыя измѣненія; затѣмъ измѣненія обнаруживались только въ теченіе дня, затѣмъ въ теченіи недѣли; при паденіи дождя и увеличеніи объема воды протекающей въ ручьяхъ, ихъ разрушительная и созидательная работа опять усиливалась. Но по мѣрѣ высыханія и уплотнѣнія ила, стѣнки русла и промоины дѣлались менѣе и менѣе податливыми къ разрушительному дѣйствию текущей воды; по мѣрѣ отложенія на дно песка и гравія, это дно дѣлалось прочнѣе и устойчивѣе. къ концу лѣта обсохнувшіе и отвердѣвшіе края промоины уже измѣнялись мало, откосы ея сдѣлались отложе; русло каждаго ручья, на днѣ своей промоины, принимало болѣе устойчивую форму и болѣе постоянное направленіе. На слѣдующую весну края и склоны промоинъ покрылись уже растительностію, т.-е. травою, и сдѣлались еще плотнѣе и устойчивѣе; и такимъ образомъ въ каждой изъ шести широкихъ и глубокихъ промоинъ, на плоскомъ ложѣ ихъ, выравненномъ переносимымъ иломъ, въ маленькомъ песчанномъ руслѣ, текъ уже теперь совершенно свѣтлый и прозрачный ручеекъ, извиваясь на плоскомъ днѣ промоины, приближаясь то къ одному то къ другому ея краю, но по видимому уже не производя въ нихъ замѣтныхъ измѣненій.—Всѣ шесть ручьевъ произвели эту работу совершенно одинаково, но каждый имѣлъ свою особую форму извилинъ и въ разныхъ мѣстахъ своего теченія болѣе или менѣе широкую и глубокую промоину, величина которой главнымъ образомъ зависѣла отъ силы и величины ручья.— Тамъ гдѣ ручьи сходились, или гдѣ одинъ впадалъ въ другой, они продолжали общее теченіе и работали уже въ одномъ общемъ руслѣ.

Теперь, вмѣсто дна и ила нашего озера, представимъ себѣ поднятую почву послѣ стога дилювіальныхъ водъ; вмѣсто нашихъ ключей представимъ себѣ атмосферную влагу, упадающую на эту почву и дающую начало рѣкамъ; весенніе разливы, увеличивающіе массу протекающей воды и ея размывающее дѣйствіе, и тогда наша промоина обратится въ геологическую долину рѣки. Приведенный нами примѣръ, взятый также изъ природы, если и не служитъ доказательствомъ, то служитъ нагляднымъ объясненіемъ образованія рѣкъ и происхожденія ихъ долинъ. Измѣнимъ лишь пространства и объемы, а часы, дни и недѣли замѣнимъ сотнями и тысячами лѣтъ и громадныя явленія, представляемыя рѣчными системами, окажутся вполне сходными съ образованіемъ нашихъ маленькихъ ручьевъ; тѣмъ болѣе, что законы и силы

природы, производящія оба явленія суть однѣ и тѣ же ¹⁾. Геологи настоящаго времени постепенно, рядомъ наблюденій, пришли къ той мысли, что силы природы дѣйствующія въ настоящее время и явленія совершающіяся на нашихъ глазахъ, совершенно достаточны для объясненія всѣхъ измѣненій совершившихся на поверхности земли въ теченіи вѣковъ. Что главный элементъ въ этихъ гигантскихъ работахъ природы составляетъ *время*; что повидимому небольшія силы и ихъ небольшое напряженіе, которое мы наблюдаемъ и теперь, въ теченіи очень длиннаго промежутка времени, дѣйствуя мало по малу, безъ чрезвычайныхъ, особливыхъ напряженій и безъ крутыхъ переворотовъ, или катаклизмовъ, могли съ теченіемъ вѣковъ совершить всѣ явленія, которыя мы замѣчаемъ на земномъ шарѣ. Изъ геологовъ—*Лайэлл*, а изъ астрономовъ—*Гершель* наиболѣе другихъ утвердили этотъ взглядъ на дѣйствіе силъ природы ²⁾.

Но и послѣ образованія рѣчной долины и проложенія болѣе или менѣе устойчиваго русла, воды рѣки не прекращаютъ своего дѣла разрушенія и созиданія. Всякая движущаяся масса воды обладаетъ живою силою, которая можетъ превращаться въ механическую работу; а потому вода не ограничивается тѣмъ, что течетъ по проложенному ея руслу; смотря по количеству движенія, она постоянно размываетъ берега и дно русла и увлекаетъ съ собой цѣлыя массы земли и иногда разрушаетъ скалы, заграждающія ей путь; по камешку, по песчинкѣ она переноситъ въ море цѣлыя горы. Такъ въ 1857 году, по исчисленію французскихъ инженеровъ, Луара съ своими притоками перенесла землястыхъ частицъ 3.800.000 куб. метровъ; въ мокрый же 1856 годъ болѣе 9.000.000 куб. метровъ. Размываемая водами рѣки

¹⁾ Считая предположеніе,—что большая часть материка Европейской Россіи была когда-то покрыта водами моря—не доказаннымъ, г. Докучаевъ въ крайне интересномъ сочиненіи его: „*Способы образованія рѣчныхъ долинъ*“ даетъ иное объясненіе образованію рѣчныхъ долинъ для „огромнаго числа рѣкъ“ Европейской Россіи. —По его мнѣнію, послѣ ледниковаго періода, въ центрѣ Европейской Россіи, гдѣ мѣстность большею частію почти горизонтальная, образовалась обширная система озеръ; затѣмъ начавшіе образовываться овраги, вслѣдствіе стока дождевыхъ водъ или ключей, подвигаясь своимъ верхнимъ размывомъ далѣе, вступали въ озерную область; близко лежащія одно отъ другаго озера, прорываясь одно въ другое и въ подходящій къ нимъ оврагъ, расширяли этотъ послѣдній и образовывали рѣку, питавшуюся какъ дождями, такъ и открывавшимися въ оврагахъ ключами, продолжавшуюся и устьевымъ удлинненіемъ. Такимъ образомъ онъ представляетъ себѣ рѣку, происходящую изъ ряда близко лежащихъ и соединенныхъ между собою озеръ, прорыву которыхъ содѣйствовали овраги. Только этимъ способомъ образованія рѣкъ онъ полагаетъ возможнымъ объяснить *вторые берега* рѣчной долины находящіяся въ дилювіальныхъ отложенияхъ. Это мнѣніе основываетъ онъ, какъ на чрезвычайной ширинѣ нѣкоторыхъ рѣчныхъ долинъ и ихъ озерообразной формѣ, не имѣющей отношенія къ теченію рѣки—(такъ какъ ширина и глубина долины часто бываетъ шире и глубже въ верховьяхъ рѣки чѣмъ ближе къ ея устью)—такъ и наблюденіяхъ пластовъ и ископаемыхъ въ обрывахъ и обнаженіяхъ рѣчныхъ береговъ.

²⁾ Чарльзъ Лайэлль. Основныя начала геологіи. Перев. Мина. Москва 1866 г. т. I гл. V. Стр. 69—80 и слѣд. *Fraité d'astronomie pur sir John F.—w. Herschel. Bruxelles, 1835, p. 154 et suiv.*

почва береговъ и дна русла, доставляетъ водамъ рѣки части землистыя, или илистыя, пески и гравій. Глинистый илъ, или муть, остается въ взвѣшенномъ состояніи и уносится теченіемъ, отлагаясь наносомъ на выпуклыхъ берегахъ рѣки. Песокъ уносится быстринами и водоворотами; но почти всегда онъ движется медленно по дну рѣки. Гравій движется только во время разливовъ, при ускореніи теченія и образующимися тогда водоворотами. Илъ размельчается все больше и тоньше, смѣшивается съ уносимыми органическими веществами и образуетъ въ наносахъ самую плодородную почву. Песокъ, по мѣрѣ удаленія отъ верховьевъ, становится мельче и также наконецъ перемѣшивается съ иломъ. Гравій очень скоро обращается отъ тренія въ округленныя гальки, которыя, отъ той же причины, обращаются въ песокъ. Такъ что при концѣ теченія, рѣка, какъ напр. Луара, несетъ только илъ и самый мелкій песокъ. Когда образуются отложенія на днѣ рѣки, въ тѣхъ мѣстахъ гдѣ теченіе ея замедляется, на поверхности этихъ отложеній является сначала илъ, ниже песокъ, а еще ниже гравій.

Первоначальныя неровности или поднявшіеся хребты горъ, опредѣляли собою первоначальное направленіе рѣчныхъ долинъ и самыхъ рѣкъ, теченіе которыхъ всегда стремится направиться по кратчайшей линіи наибольшаго ската, но которое уклоняется непрерывно въ ту или другую сторону въ зависимости отъ встрѣчаемыхъ препятствій и отъ силы ихъ сопротивленія. Но иногда, дѣйствуя непрерывно и усиливаясь отъ напора воды за препятствіемъ, рѣки прорываютъ это препятствіе и сквозь скалы изъ твердыхъ породъ пролагаютъ себѣ ближайшій путь къ направленію наибольшаго ската. Поэтому въ мѣстностяхъ горныхъ, гдѣ берега, русла и долины составляютъ твердыя породы, рѣки чаще текутъ въ первоначальныхъ складкахъ земной поверхности, производя въ нихъ только небольшія, вѣбовыя измѣненія; въ мѣстностяхъ гористыхъ и холмистыхъ русла рѣкъ имѣютъ также довольно устойчивое состояніе, вслѣдствіе боковыхъ преградъ, и только вступая въ равнины, съ почвою осадочною, или наносною, и слѣдовательно съ грунтомъ слабымъ, рѣки приобрѣтаютъ, вслѣдствіе меньшихъ препятствій, большую свободу образовать свое русло въ зависимости отъ свойства почвы, а также величины объема и скорости теченія своихъ водъ.

Если почва, въ которой рѣка пролагаетъ свое русло, не представляетъ достаточно препятствія дѣйствию величины объема и скорости теченія воды, то она уступаетъ этому дѣйствию; вода рѣки тогда углубляетъ и въ особенности расширяетъ свое русло. Если, напротивъ, глубина и ширина русла велики относительно объема и скорости протекающей воды, рѣка стремится уменьшить ихъ размѣры, отлагая на дно или на одинъ изъ береговъ переносимые ею во время половодій камни, гравій, песокъ и земли. Когда установится надлежащее равновѣсіе между дѣйствиемъ воды и сопротивленіемъ почвы, когда русло рѣки будетъ вмѣщать въ себѣ всю воду во время большихъ разливовъ не подвергаясь значительнымъ измѣненіямъ, тогда устанавливается и нѣкоторое постоянство въ теченіи и постоянство на нѣкоторое время въ руслѣ рѣки.

При всѣхъ одинаковыхъ условіяхъ, берега рѣки менѣе сопротивляются дѣйствию водъ чѣмъ дно его; поэтому русло рѣки всегда болѣе широко чѣмъ глубоко. Берега, подмываемые водою, вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести, обрушаются, тогда какъ дѣйствіе тяжести на дно русла удерживаетъ на днѣ вещества, обрушившіеся отъ береговъ, и вслѣдствіе давленія увеличивая треніе, уменьшаетъ переносную силу частицъ дна. При обрушеніи береговъ, вода промывая ихъ составныя части, уноситъ землястыя и отлагаетъ на днѣ камни и гравій, которые увеличиваютъ устойчивость дна русла, оказывая болѣе сопротивление переносной силѣ воды. Такимъ образомъ русло рѣкъ будетъ тѣмъ шире, сравнительно съ глубиной, чѣмъ почва болѣе слаба и размываема и чѣмъ больше въ ней будетъ заключаться мелкаго камня или крупнаго гравія.

Когда рѣка протекаетъ въ обширной равнинѣ, въ которой поверхность имѣетъ весьма слабыя уклоны, то часть дѣйствія тяжести, которая приводитъ массу воды въ движеніе, будетъ весьма мала; а потому и скорость теченія воды можетъ быть незначительна; вслѣдствіе этого количество движенія и живая сила массы воды, при медленномъ движеніи, будутъ слабѣе преодолевать препятствія при направленіи рѣки къ наибольшему скату, вслѣдствіе чего, при небольшомъ даже препятствіи въ свойствѣ грунта, можетъ послѣдовать отклоненіе теченія рѣки отъ этого направленія. Теченіе будетъ направляться то въ ту то въ другую сторону и чрезъ это, увеличивая длину русла, рѣка еще болѣе уменьшитъ свое паденіе и слѣдовательно скорость теченія. А масса воды протекая съ меньшею скоростью, должна увеличить свое живое сѣченіе и слѣдовательно расширить и углубить русло или произвести наводненіе.

Движущаяся въ рѣкѣ вода постоянно стремится регулировать свое паденіе, увеличивая его тамъ гдѣ оно едва чувствительно и уменьшая тамъ, гдѣ оно слишкомъ быстро; она понемногу смыкаетъ возвышенія дна и засыпаетъ углубленія, стремясь устроить себѣ однообразный путь къ морю. Вслѣдствіе этого процесса сглаживанія пути, части дна русла, въ которомъ движется вода, принимаютъ съ теченіемъ времени болѣе или менѣе правильную волнообразную форму въ продольномъ направленіи, перемежаясь, то углубленіями, то возвышеніями и образуя, то плёсы съ уменьшеною скоростью теченія, то перекаты или быстрины съ ускореннымъ теченіемъ.

Мы уже выше сказали, что малѣйшее препятствіе или толчекъ заставляютъ воды рѣки, особенно при медленномъ теченіи, уклоняться въ стороны и описывать рядъ кривыхъ, или излучинъ, значительно удлиняющихъ общее теченіе рѣки и уменьшающихъ ея паденіе. Симметричность извилинъ придаетъ направленіе руслу рѣки въ планѣ змѣобразную форму, измѣняющую непрерывно направленіе теченія. Ударяясь въ часть берега или о какое либо препятствіе, теченіе рѣки отражается подъ угломъ, равнымъ углу паденія, или встрѣчи съ препятствіемъ, и вслѣдствіе совокупнаго дѣйствія двухъ силъ—пріобрѣтеннаго количества движенія и силы тяжести увлекающей живую массу по общей покатости русла, направленіе теченія все болѣе и болѣе закривляется,

стремясь описать параболу, ¹⁾ направляющуюся къ противоположному берегу. Достигнувъ этого берега, воды снова отражаются и движутся наискось къ другой сторонѣ русла, описывая опять кривую. Какъ скоро возникло первое уклоненіе отъ нормальнаго пути, или кратчайшей линіи по наибольшему скату, необходимо долженъ образоваться цѣлый рядъ подобныхъ уклоненій, или колебаній, и такимъ образомъ является законъ симметричности извилинъ, подобно закону качанія маятника. Каждый изгибъ теченія влечетъ за собою изгибъ одинаковаго радіуса кривизны и одинаковой скорости. И если бы не было различія въ составѣ и плотности почвы, въ измѣненіяхъ наклона мѣстности и безчисленнаго множества всевозможныхъ препятствій, встрѣчаемыхъ водами рѣвки, то теченіе ея образовало бы правильные изгибы на всемъ своемъ протяженіи. Такъ на примѣръ р. Миссисипи, говоритъ *Бюффонъ*, въ большей части своего средняго теченія образуетъ рядъ извилинъ до того похожихъ одна на другую, что краснокожіе и первые европейскіе поселенцы обыкновенно опредѣляли разстоянія по числу ихъ.—Длина, или величина, этихъ кривыхъ, зависитъ отъ величины самаго потока.

Даже въ горныхъ ущельяхъ, гдѣ рѣка течетъ иногда по прямолинейнымъ трещинамъ, пересѣкающимся подъ прямымъ угломъ, разрушительная сила воды смягчаетъ мало по малу эти круглые повороты и превращаетъ ихъ въ рядъ волнообразныхъ кривыхъ. Причемъ механическая сила, обнаруживаемая водой быстрыхъ горныхъ потоковъ, при подмываніи береговыхъ утесовъ и при закругленіи угловъ твердой горной породы, исключительно зависитъ, говоритъ *Лайэлль*, отъ примѣси къ ней постороннихъ частей. Камни, гравій, песокъ, увлекаемые силою теченія, въ особенности во время разливовъ, ударяются непрерывно о каждое препятствіе лежащее на ихъ пути и такимъ образомъ возникаетъ новая сила, способная стереть самыя твердыя кремнистыя породы, на которыя одна вода не произвела бы никакого дѣйствія. Есть нѣкоторые общіе законы, свойственные почти всѣмъ рѣкамъ; такъ, въ естественномъ теченіи всякая рѣка состоитъ изъ перемежающихся плесей и быстринъ, или глубокихъ и мелкихъ частей. Если линія *AB*, фиг. 42, представляетъ общее направленіе рѣки, а линія *a, b, a', b', a'', b'', a''', b'''* изображаетъ въ планѣ русло рѣки, колеблющееся своими извилинами около этого общаго направленія, то плеса и глубины будутъ всегда находиться у точекъ *a, a', a'', a'''*, и т. д., т. е. въ мѣстахъ наибольшей кривизны извилинъ, а мели и быстрины—въ точкахъ *b, b', b'', b'''* и т. д., т. е. почти на срединѣ прямыхъ *a, a'; a'' a'''; a''' a''''*, и т. д. Или вообще минимумъ кривизны всегда сопровождается минимумомъ глубины; а вершина кривизны всегда соотвѣтствуетъ наибольшей глубинѣ, или максимумъ кривизны соотвѣтствуетъ максимуму глубины, причемъ плесо тѣмъ глубже, чѣмъ кривизна въ вершинѣ извилины болѣе. Такимъ образомъ, на примѣръ, р. Москва, въ 30 верстахъ отъ ея истоковъ, на протяженіи одной версты теченія, представляетъ 16 плесей и 16 быстринъ, или

Черт. VI.
фиг. 42.

¹⁾ Смотри приложение XVII.

16 глубокихъ и 16 мелкихъ мѣстъ постоянно перемежающихся между собою.

Черт. IV.
фиг. 43.

Представимъ себѣ, что линіи AB и CD , фиг. 43, представляютъ общее направленіе теченія рѣки. Если въ высокій прямолинейный берегъ ab , теченіе рѣки, по какимъ либо причинамъ, будетъ ударять вкось, то при достаточномъ его сопротивленіи онъ отразитъ отъ себя ударъ воды не подвергаясь размыванію; но чаще берега, состоящіе изъ рыхлыхъ наносныхъ земель, въ этомъ случаѣ подвергаются постепенному размыванію и принимаютъ вслѣдствіе этого форму вогнутой кривой линіи acb . А при этой формѣ берега потокъ отбрасывается къ противоположному берегу; скорость теченія ниже точки b замедляется и вода осаждаетъ въ этомъ мѣстѣ отмытые ею гравій, песокъ, а иногда и часть ила. Отъ этого образуется отмель изъ гравія bde , которая удлиняется и увеличивается по мѣрѣ вымыванія впадины въ берегѣ acb . Теченіе, отброшенное на правый берегъ $a'b'$, вымываетъ въ немъ также впадину $a'c'b'$, за которой слѣдуетъ отмель изъ гравія $b'd'e'$. Подобное явленіе продолжается дальше и дальше внизъ по теченію и русло рѣки образуетъ извилины, т.-е. принимаетъ видъ ряда кривыхъ, искривленныхъ въ обратныя стороны и соединяющихся прямыми въ точкахъ m и n . Размываніе берега идетъ сверху внизъ по теченію; отмели изъ гравія, которыя слѣдуютъ за вымываемыми впадинами въ берегахъ, также увеличиваются отъ верхняго теченія къ нижнему; часто онѣ примыкаютъ къ берегу только выше по теченію и образуютъ полуостровъ. Но часть, остающаяся между этой отмелью, или косою, и берегомъ, современемъ заполняется новыми наносами.

Такимъ образомъ въ почвѣ, размываемой теченіемъ, прямая форма русла представляетъ собою неустойчивое равновѣсіе; тысячи различныхъ обстоятельствъ производятъ косвенный ударъ теченія въ берегъ; а лишь только размываніе берега началось, оно продолжается непрерывно до тѣхъ поръ, пока не установится надлежащее равновѣсіе между сопротивленіемъ береговъ и разрушительной силой теченія. Когда впадины въ берегахъ начинаютъ только вымываться, тогда *центробѣжная сила* ¹⁾ теченія еще слаба и размываніе идетъ медленно; но скоро она возрастаетъ съ увеличеніемъ кривизны выбоя въ берегѣ; но затѣмъ опять начинаетъ уменьшаться, потому что съ образованіемъ извилины длина русла увеличивается, паденіе его уменьшается, а потому уменьшается и скорость теченія. Вслѣдствіе этого и устанавливается равновѣсіе между сопротивленіемъ береговъ размыванію и размывающей силой теченія. Время наступленія этого равновѣсія много зависитъ отъ общаго уклона рѣчной долины и свойства ея почвы. Въ особенности въ низкихъ и песчаныхъ равнинахъ рѣки принимаютъ болѣе извилистый характеръ и русла ихъ болѣе удаляются отъ прямого направленія.

Когда русло рѣки прямолинейно, тогда нѣтъ причинъ чтобы *стремнина*, или струя болѣе быстрого теченія, приближалась скорѣе къ

1) См. приложение XIX.

одному берегу чѣмъ къ другому; тогда она находится на срединѣ русла. Но когда теченіе направляется къ вогнутому берегу, тогда жидкія струи не отражаются подѣ угломъ отраженія равнымъ углу паденія, но отклоняются постепенно отъ прямого направленія, описывая кривую почти параллельную къ вогнутому берегу. И тогда около этого вогнутаго берега скорость теченія струи, и слѣдовательно живая сила воды, будутъ наибольшія; а потому около этого берега дно русла будетъ сильнѣе размываемо и углубляемо теченіемъ, чѣмъ у берега выпуклаго, отъ котораго стремнина теченія удаляется. Въ разрѣзѣ, профиль русла рѣки въ этомъ мѣстѣ будетъ имѣть видъ треугольника r, s, t . Наибольшая глубина будетъ тѣмъ ближе къ вогнутому берегу рѣки, чѣмъ кривизна болѣе, такъ что стремнина теченія p, m, n, q будетъ выражать собою въ планѣ и линію наибольшихъ глубинъ рѣки. Плеса, или наибольшія глубины, и быстрины, перекаты, или наименьшія глубины, распределяются въ рѣкѣ не случайно; ихъ положеніе тѣсно связано съ формою рѣки въ планѣ, или съ расположеніемъ ея извилинъ. Плеса, какъ уже мы замѣтили выше, находятся всегда у впадинъ береговъ, противъ точекъ c, c', c'' плана рѣки; быстрины же—въ мѣстахъ соединенія противоположныхъ извилинъ, т.-е. въ точкахъ m и n . Эти точки расположены, по теченію, ниже отмелей гравія и до нихъ могутъ доходить отложенія переносимыхъ рѣкою частицъ отъ размываемыхъ береговъ. Такъ что въ продольномъ профилѣ дно рѣки представляетъ также извилистую или волнистую линію, въ которой высшія точки m и n будутъ соответствовать мѣстамъ соединенія кривыхъ въ планѣ, а болѣе глубокія части дна будутъ соответствовать въ планѣ болѣе вогнутой части береговъ.

Черт. IV.

фиг. 44.

Черт. IV.

фиг. 43.

Въ поперечномъ сѣченіи s, x , проходящемъ чрезъ вершины c впадины вымытаго берега, фиг. 43, профиль котораго можетъ быть изображенъ треугольникомъ r, s, t , фиг. 44, скорости теченія распределяются весьма неравномѣрно; почти равныя нулю у выпуклаго берега x , онѣ идутъ возрастая къ вогнутому берегу c и принимаютъ наибольшую величину только на нѣкоторомъ разстояніи отъ этого берега. Въ поперечныхъ же сѣченіяхъ m, y и n, z , въ точкахъ соединенія противоположныхъ извилинъ, или въ прямолинейной части русла, скорости теченія равномѣрнѣе распределены, какъ бы въ прямолинейномъ каналѣ наибольшая скорость теченія находится почти на срединѣ теченія, но она мало отличается по величинѣ отъ скоростей теченія у береговъ. Иными словами, здѣсь скорость теченія почти равномѣрно распределена по всей ширинѣ русла, тогда какъ во входящей извилинѣ она какъ бы сконцентрирована на весьма узкой полосѣ русла. Поэтому она производитъ въ этой узкой полосѣ сильное размывающее дѣйствіе, и если вогнутый берегъ предохраняютъ отъ размыванія какой либо одеждой, глубина воды увеличивается у подошвы этой предохранительной одежды, такъ какъ дно не засыпается болѣе обвалами отъ берега.

Средняя скорость теченія всегда менѣе въ извилинѣ, или въ плесахъ a, a' , чѣмъ въ мѣстѣ прямолинейнаго теченія b , или мѣстѣ соединенія двухъ противоположныхъ извилинъ; въ этомъ мѣстѣ дно русла

Черт. IV.

фиг. 45.

поднято отложеніями гравія, глубина здѣсь меньше, поэтому меньше площадь живаго сѣченія, а потому и скорость теченія должна быть больше для прохода въ то же время того же объема воды; отъ этого здѣсь чаще бываютъ быстрины, или бырки. На этихъ мѣстахъ уклонъ поверхности воды всегда бываетъ больше чѣмъ въ плесахъ. Такимъ образомъ теченіе всякой рѣки характеризуется послѣдовательною смѣною плесъ и быстринь, послѣдовательною волнистостью дна и соотвѣтственною волнистостью поверхности воды.

Черт. IV.
фиг. 46.

Такъ какъ глубина, даже самыхъ большихъ рѣкъ, вообще невелика и простирается только до нѣсколькихъ десятковъ сажени при длинѣ всего теченія въ нѣсколько сотенъ и тысячъ верстъ, то дно русла и линия продольнаго сѣченія поверхности воды, разсматриваемыя на всемъ протяженіи теченія рѣки, будутъ почти параллельны поверхности мѣстности, или точнѣе дну долины, въ которой рѣка проложила свое русло. Въ частностяхъ же, уклоны русла и уклоны поверхности воды могутъ значительно измѣняться въ различныхъ частяхъ теченія рѣки. И если эти уклоны увеличиваются болѣе восходя къ источникамъ рѣки, то лишь потому, что и самая мѣстность повышается къ этимъ источникамъ. Такъ напримѣръ, р. По, орошающая Ломбардскую долину, заключающуюся между Альпами и Апенниннами, и длина теченія которой 625 верстъ, беретъ начало въ Коттическихъ Альпахъ на склонахъ горы Визо, имѣющей до 12.500 футовъ высоты; ея истоки лежатъ на высотѣ 6.400 футовъ, или почти на срединѣ высоты всей горы. Въ Салюццо высота ея русла надъ моремъ составляетъ уже только 1200 фут.; въ Туринѣ 754 фут.; въ Павіи (устье Тессино)—328 фут.; въ Піаченцѣ 216 фут.; въ Кремонѣ 148 фут.: близъ Мантуи—89 фут. и въ Феррарѣ 16 фут.— Такимъ образомъ:

Разстоянія.	Вся высота паденія на этомъ разстояніи.		Средняя высота паденія на версту въ футахъ.	
отъ истоковъ на Визо до Салюццо	30 верстъ	5200 футовъ	173,3	футовъ очень большое
„ Салюццо до Турина около	62 „	446 „	7,2	„ большое.
„ Турина до Павіи „	164 „	426 „	2,6	„ умѣренное.
„ Павіи до Піаченцы „	65 „	112 „	1,7	
„ Піаченцы до Кремоны „	35 „	68 „	1,9	„ малое.
„ Кремоны до Мантуи „	114 „	59 „	0,52	
„ Мантуи до Феррары „	75 „	73 „	0,97	
„ Феррары до устья „	80 „	16 „	0,2	

Слѣдовательно рѣка По въ своемъ теченіи представляетъ всѣ возможные характеры относительно величины паденія и скорости теченія, а скаты ея русла и уклоны поверхности воды соотвѣтствуютъ общему склону мѣстности, по которой она проложила себѣ путь къ морю.

Но вышеприведенные уклоны русла р. По суть только средніе на каждомъ изъ означенныхъ протяженій, въ дѣйствительности же, въ каждомъ изъ этихъ промежутковъ, уклоны русла на каждой отдѣльной верстѣ протяженія рѣки и на протяженіи каждой версты могутъ значительно измѣняться. Часть русла рѣки въ нѣкоторыхъ частяхъ можетъ оказаться вовсе безъ уклона и быть горизонтальнымъ; а въ нѣкоторыхъ

можетъ быть, конечно на небольшомъ разстояніи, даже наклонено въ сторону обратную относительно направленія теченія. Въ такихъ мѣстахъ рѣка однако не прерываетъ своего теченія; масса воды съ приобретенною скоростью продолжаетъ движеніе и по горизонтальной части русла и даже восходитъ, какъ по наклонной плоскости, на тѣ небольшія части русла, которыя имѣютъ уклонъ обратный направленію теченія. Но очевидно, что скорость теченія воды въ рѣкѣ въ этихъ частяхъ русла будетъ измѣняться.

И такъ, въ общихъ своихъ чертахъ, русло рѣки будетъ слѣдовать на всемъ своемъ протяженіи общему очертанію, или рельефу мѣстности, по которой оно проходитъ; и такъ какъ глубина рѣкы вообще не велика, то и продольная поверхность воды въ рѣкѣ будетъ, на всемъ протяженіи рѣки, близко соответствовать всѣмъ измѣненіямъ продольной линіи дна русла. Такъ что линія продольнаго разрѣза поверхности воды въ рѣкѣ представитъ рядъ иногда прямыхъ, иногда кривыхъ выпуклыхъ, иногда кривыхъ вогнутыхъ линій безпрестанно перемежающихся между собою. Теорія и наблюденія показываютъ, что хотя не всегда, однако чаще, прямая линія будетъ указывать на равномерность скорости теченія; выпуклая кривая является вслѣдствіе ускоренія теченія, а вогнутая кривая — вслѣдствіе замедленія теченія.

Но неровности линіи продольнаго сѣченія поверхности воды въ рѣкѣ находятся въ бѣльшей зависимости отъ продольныхъ неровностей дна русла, чѣмъ отъ измѣненій скоростей теченія: всѣ неровности дна отражаются въ нѣкоторой степени и на поверхности воды. Напримѣръ, представимъ себѣ что на днѣ, поперегъ русла, образовался каменный наносъ *B*, верхняя точка котораго въ *A*; масса воды перейдетъ черезъ него вслѣдствіе приобретенной скорости; при всходѣ на него поверхность воды поднимется отъ *c* до *b* и затѣмъ, пройдя его, опустится отъ *a* до *d*, образовавъ надъ точкою *A* выпуклую волну. Но возвышеніе этой волны надъ общей поверхностью воды *cd*, будетъ меньше и слабѣе чѣмъ возвышеніе точки *A* надъ общою поверхностью дна русла *mn*; вообще эти неровности на поверхности воды будутъ тѣмъ менѣе сравнительно съ продольными неровностями дна, чѣмъ вода въ рѣкѣ глубже и скорость ея теченія болѣе. Такъ напримѣръ, при большихъ разливахъ, водосливныя плотины, даже высотой отъ 6 до 10 футовъ, въ этомъ случаѣ не оказываютъ вліянія при переходѣ черезъ нихъ воды во время разлива; надъ ними иногда не оказывается никакого возвышенія поверхности воды противъ общей поверхности потока. Замѣтимъ еще, что неровности дна, отражающіяся соответственными неровностями на поверхности воды, не лежатъ вертикально однѣ надъ другими, но высшая точка волны на поверхности воды будетъ не въ *b*, лежащей на вертикальной линіи *Ab*, а въ *a*, т.-е. всегда нѣсколько ниже по теченію.

Если рѣка въ своемъ теченіи встрѣчаетъ какія либо препятствія, вторыя, хотя и несовершенно, но на нѣкоторомъ протяженіи ея живаго теченія прерываютъ это теченіе, какъ напримѣръ быки мостовъ, то поверхность воды за этими препятствіями нѣсколько повышается и все это

Черт. IV.
фиг. 47.

Черт. IV. эпг. 48. повышение воды abc надъ поверхностью mn свободно протекавшей воды называется *подпоромъ* или *подпрудою*; длина же линіи ac , отъ точки a , гдѣ течение встрѣчаетъ препятствіе, до точки c , гдѣ уровень прежняго, свободного теченія рѣки не измѣнился, называется *длиною*, или *амплитудою подпора*. Мы рассмотримъ нѣсколько подробнѣе только тотъ случай, когда подпоръ образуется въ рѣкѣ отъ прегражденія всего ея теченія плотиною. Представимъ себѣ что свободное теченіе рѣки прервано плотиною G . Если вдоль теченія рѣки мы пересѣчемъ поверхность воды вертикальной плоскостью, то линія MN представитъ дно рѣки; линія EF поверхность воды въ рѣкѣ, до запруды, при свободномъ ея теченіи; а линія $AOOB$ представитъ линію пересѣченія поверхности воды, послѣ запруды, съ этой вертикальной плоскостью. Масса воды $AOOBFH$ составитъ такъ называемую подпруду, или подпоръ воды, продольная поверхность которой приметъ вообще форму представляемую линією $AOOB$.

Если бы теченіе рѣки вверху вдругъ прекратилось, то поверхность воды за плотиною сдѣлалась бы горизонтальною плоскостью, пересѣченіе которой съ вертикальной продольной плоскостью выражалось бы горизонтальною линією ab ; но если это теченіе продолжается, то поверхность воды не приметъ видъ горизонтальной плоскости, сѣченіе которой съ вертикальной—выражалось бы линією AC , а вслѣдствіе гидравлическаго давленія движущейся воды приметъ видъ вогнутой поверхности, пересѣченіе которой съ продольной вертикальной плоскостью выразится линією $AOOB$. Хотя возвышеніе горизонта воды за плотиною есть слѣдствіе запруды, но однако это наибольшее возвышеніе будетъ не у самой плотины, а на нѣкоторомъ разстояніи вверхъ по теченію. Мы уже выше говорили, что когда вода переливается черезъ водосливъ, то поверхность ея понижается при приближеніи къ водосливу; при большихъ подпорахъ и значительномъ притокѣ воды, это пониженіе поверхности воды, или увеличеніе ея ската, начинается иногда очень далеко вверхъ отъ плотины.

Дюбуа первый занялся вопросомъ о подпрудѣ и пробовалъ изслѣдовать свойства кривой линіи $AOOB$. Принимая во вниманіе, что глубина подпора увеличивалась отъ B къ O , т.-е. отъ начала подпора къ плотинѣ, а скорость теченія и наклоненіе поверхности воды уменьшались въ томъ же направленіи, онъ заключилъ, что эта кривая была вогнутая. Далѣе теорія указала, что эта кривая должна быть высшаго порядка и принадлежить къ числу *асимптотическихкихъ* ¹⁾. Наконецъ, что она даетъ для длины подпора безконечную величину. Иными словами, что поверхность подпора $AOOB$ стремится непрерывно приблизиться къ поверхности воды EF , свободно протекавшей въ рѣкѣ, но никогда ея не достигаетъ. Но однако на разстояніи уже полуторной длины линіи AC отъ плотины, это разстояніе между двумя поверхностями представляетъ такую ничтожную величину, что она не поддается

1) См. приложение XVII.

никакимъ техническимъ измѣреніямъ и можетъ быть считаема практически ничтожною.

Такимъ образомъ среднимъ числомъ можно полагать, что протяженіе подпора, или его *гидравлическая амплитуда* (т-е. длина отъ плотины вверхъ по теченію) равна $1\frac{1}{2}$ длины линіи AC , или составляетъ полторы длины *амплитуды гидростатической*, но чаще можетъ быть и менѣе, въ особенности когда притокъ воды слабъ. Если вертикальную высоту $\cdot AN$ подпора у плотины назовемъ чрезъ h , а уголъ наклона дна рѣки, или поверхности воды при свободномъ ея теченіи, съ горизонтомъ, т-е. уголъ abN , назовемъ чрезъ α , то, по *Редменбахеру*, длина подпруды выразится приблизительно чрезъ $h \cdot \text{Cot} \alpha$.

На практикѣ вопросъ этотъ имѣетъ большое значеніе въ смыслѣ затопленія чужихъ угодій запрудой. Неоднократныя тяжбы, возникавшія по этому предмету, ставили иногда неопытныхъ юристовъ въ большое затрудненіе. Владѣлецъ плотины, обыкновенно ссылаясь только на высоту воды у плотины и слѣдовательно принимая во вниманіе только гидростатическую амплитуду, доказывалъ чаще, что онъ не могъ подтопить чужихъ угодій и нивеллировка конечно его оправдала: но тѣмъ не менѣе фактъ затопленія иногда существовалъ на самомъ дѣлѣ, вслѣдствіе гидравлической амплитуды подпора, которая, какъ сказали выше, бываетъ иногда въ $1\frac{1}{2}$ и 2 раза болѣе гидростатической ¹⁾.

Теперь рассмотримъ явленія происходящія на поверхности воды въ рѣкѣ въ поперечномъ ея сѣченіи. Еще *Бюффонъ* замѣтилъ, что поверхность воды въ этомъ направленіи не представляетъ горизонтальной плоскости и слѣдовательно вертикальная плоскость, пересѣкающая русло рѣки поперегъ, въ пересѣченіи съ поверхностью воды, не дастъ горизонтальную прямую линію. Что на срединѣ теченія поверхность воды бываетъ выше или ниже чѣмъ у береговъ. А именно, если вода въ рѣкѣ быстро прибываетъ, скорость ея теченія значительно увеличивается и направленіе русла рѣки прямое, то поверхность воды на срединѣ рѣки, и именно на ея стремнинѣ, возвышается въ c , и поверхность воды представитъ въ разрѣзѣ выпуклую кривую линію acb , возвышающуюся въ c и понижающуюся къ берегамъ a и b , а не прямую горизонтальную линію ab . При убываніи же воды и скорости теченія, на оборотъ, поверхность воды въ поперечномъ сѣченіи дѣлается вогнутою и приметъ видъ $a'c'b'$. Если же русло рѣки не прямое, а рѣка течетъ въ извилинѣ, то такъ какъ она прорываетъ русло глубже къ вогнутому берегу, стремнина ея будетъ надъ самою глубокою частью русла и также ближе къ этому вогнутому берегу, то наиболѣе выпуклая точка поверхности воды будетъ въ c'' , во время прибыли воды и увеличенія скорости теченія; и будетъ въ c''' при убываніи воды и скорости теченія. А такъ какъ уровень воды въ рѣкѣ постоянно колеблется, то очевидно, что только въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ, а именно при постоянствѣ уровня и скорости воды, поверхность воды въ поперечномъ сѣченіи будетъ го-

Черт. IV.
фиг. 50.

¹⁾ См. приложение XLVI и гл. XXII, ст. 71, 3-й части.

ризонгальна. Эта выпуклость, говоритъ *Бюффонг*, весьма значительна; по измѣреніямъ инженера *Гюппо* (Hurreau) на р. Авейронѣ, стрѣлка кривизны составляла 3 фута.

Нѣкоторые писатели даютъ слѣдующее объясненіе этого явленія: масса воды на поверхности разлившейся рѣки имѣетъ неодинаковую скорость по всей ширинѣ теченія; чѣмъ ближе къ берегамъ, тѣмъ медленнѣе движеніе жидкихъ частицъ. Это явленіе, происходящее вслѣдствіе тренія жидкости о берега и русла рѣки, бываетъ во всѣ времена года, какъ во время мелководья, такъ и во время половодья; но наибольшая разница въ скорости различныхъ частей жидкой массы обнаруживается при наивышемъ уровнѣ воды въ рѣкѣ. Стремнина теченія, эта математическая линія наибольшей скорости, измѣняющаяся каждый день и въ каждой рѣкѣ, смотря по обилію воды и величинѣ живаго сѣченія, и которая превосходитъ, приблизительно, на $\frac{1}{5}$ (по *Прони* на 0,1835) среднюю скорость, постепенно поднимается надъ уровнемъ дна во время прибыліи воды и смотря по направленію и силѣ вѣтра, или находится на самой поверхности рѣки, или немного ниже ея. При этомъ повышеніи стремнина теченія удаляется болѣе и болѣе отъ стѣнъ русла, задерживающихъ теченіе, вслѣдствіе чего средняя масса воды, въ которой стремнина играетъ роль идеальной оси, движется съ болѣею свободою и легкостью. Въ большихъ рѣкахъ, каковы Амазонка, Миссисипи, и быстрыхъ, какова Рона, скорость этой средней массы воды достигаетъ иногда 10 или 11 верстъ въ часъ, или 10 футовъ въ секунду. Слѣдовательно, въ то время какъ верхній потокъ на срединѣ рѣки катится съ такою быстротою, остальные воды рѣки, задерживаемыя неровностями русла, отстаютъ и движутся медленнѣе около береговъ и дна. Вслѣдствіе болѣею скорости свойственной волнѣ разлива, жидкая масса, которую она увлекаетъ за собой, уменьшаетъ давленіе воды въ срединѣ рѣки и чтобы сохранить равновѣсіе, вода отъ береговъ устремляется къ срединѣ рѣки и возвышаетъ ея уровень противъ уровня у береговъ, образуя на поперечной поверхности воды въ рѣкѣ нѣчто въ родѣ двускатнаго отлогаго водянаго хребта, съ нѣкоторой выпуклой кривизной, высшая часть котораго находится на стремнинѣ теченія и съ вершины котораго вода, по поверхности, стекаетъ обратно къ обоимъ берегамъ, какъ съ наклонныхъ плоскостей. Когда же волна разлива исчезаетъ и скорость теченія начинаетъ уменьшаться, то, вслѣдствіе инерціи воды, равновѣсіе не вдругъ устанавливается; срединная струя уходитъ, а боковыя части воды не вдругъ заступаютъ ея мѣсто; вслѣдствіе чего въ средней части рѣки происходитъ замѣтное пониженіе уровня; поверхность воды въ рѣкѣ принимаетъ форму корыта, или кривую вогнутую ко дну, и вода, которая постепенно накоплялась близъ береговъ, течетъ тогда отъ нихъ къ срединѣ рѣки.

На Миссисипи центральная выпуклость водъ, во время разлива, среднимъ числомъ достигаетъ высоты 3,3 фута; во время же спада водъ на срединѣ поверхности рѣки образуется углубленіе столь же значительное. Это гидрологическое явленіе очень хорошо извѣстно дровосѣ-

камъ штата Мэнь и Канады, говорятъ *Реклю*; они знаютъ, что деревья снесенныя течениемъ въ рѣку, отбрасываются во время восхожденія разлива къ берегамъ, тогда какъ во время спада водъ сносятся на средину рѣки и плывутъ внизъ по теченію. Въ стат. 11 (гидравлическое давленіе и ударъ воды) мы упомянули о примѣрѣ, приведенномъ *Ф. Х. Майеромъ*, въ которомъ онъ указываетъ, какъ для сохраненія плотины отъ льда онъ приказалъ запереть воду и говоритъ: „увидѣвъ потомъ что ледъ, по поднявшейся тотчасъ водѣ, надвинулся большею частію на берега“ ... это наблюденіе *Майера*, вслѣдствіе вышеизложеннаго, дѣлается теперь для насъ совершенно понятнымъ.

Это явленіе въ поперечномъ уровнѣ рѣки еще удобнѣе наблюдать на нашихъ большихъ рѣкахъ, когда онѣ покрыты льдомъ, какъ это и замѣчено покойнымъ академикомъ *К. М. Бэрромъ*. Въ началѣ весны, когда снѣгъ начнетъ таять и вода стекая съ береговъ въ рѣку уже начинаетъ увеличивать объемъ протекающей въ рѣкѣ воды и скорость ея теченія, на льду, когда еще онъ не тронулся, около береговъ вдоль ихъ образуются поверхъ льда продолговатыя лужи воды, на срединѣ же рѣки ледъ принимаетъ выпуклую форму и остается сухимъ. Напримеръ, на Волгѣ, по измѣреніямъ *Бэра* разница уровня льда у береговъ и по срединѣ доходитъ, также и какъ въ Миссисипи, иногда до 3,3 футовъ.

Тоже самое явленіе замѣчено *Морі* на Гольфстремѣ, т.-е. что гребень, или стремнина теченія Гольфстрема, выше водъ океана, между которыми движется эта теплая, съ темносиними, т.-е. болѣе солеными водами, громадная рѣка. *Морі* опредѣляетъ возвышеніе гребня Гольфстрема въ 2 фута и по его наблюденіямъ всѣ плавающіе на немъ предметы скатываются на обѣ стороны въ краямъ теченія, какъ съ двускатной крыши.

Эта форма поверхности воды въ рѣкѣ, по *Дюбуа*, зависитъ отъ слѣдующаго теоретическаго вывода, точность котораго провѣрена имъ непосредственными опытами; если, по какой либо причинѣ, столбъ жидкости заключенный въ неопредѣленной жидкой массѣ, или между твердыми стѣнками, придетъ въ движеніе съ нѣкоторою скоростью, то боковое давленіе, которое онъ производитъ до движенія на окружающую жидкость, или на твердую стѣнку, уменьшится на часть вѣса столба, высота котораго соотвѣтствуетъ скорости этого движенія. Изъ этого слѣдуетъ, говоритъ *д'Обюссонъ*, что частицы воды, движущіяся на срединѣ рѣки скорѣе, произведутъ меньшее давленіе на частицы у береговъ, движущіяся медленнѣе, и слѣдовательно необходимо, чтобы этихъ частицъ было больше на срединѣ рѣки, или столбъ ихъ, производящій давленіе, былъ выше, чтобы сохранить равновѣсіе въ жидкой массѣ. А это заключеніе *Дюбуа* вѣроятно сдѣлано изъ теоретическихъ выводовъ *Бернулли*, подтвержденныхъ опытами, что давленіе движущейся въ трубѣ воды, на какую либо точку стѣнокъ трубы, равно дѣйствительному напору воды надъ этой точкой, уменьшенному на величину напора, соотвѣтствующаго скорости теченія воды въ этой точкѣ трубы. Но, прибавляетъ *д'Обюссонъ*, правило *Дюбуа* и правильность приложенія его

къ объясненію явленія выпуклости поперечной поверхности воды въ рѣкѣ не признаются многими гидравликами, хотя самый фактъ явленія и признается всѣми. Такъ напримѣръ, французскій инженеръ Дебоуз (Debooze) говоритъ по этому поводу, что это явленіе противорѣчитъ теоріи, которая допускаетъ, что давленія измѣняются по гидростатическому закону; поэтому многіе авторы отвергали фактъ самаго явленія. Но однакоже оно существуетъ; его объясненіе заключается въ сѣпленіи частицъ воды между собою, или въ несовершенной ихъ подвижности, которая въ гидростатикѣ не принимается въ расчетъ. Теченіе стремится принять форму, при которой сопротивленіе береговъ чувствуется наименѣе и масса водъ скопляется на стремнинѣ теченія.

Опредѣленному теченію рѣки соотвѣтствуетъ и опредѣленная форма русла. Извилистая форма русла и волнообразная форма дна обозначаются особенно во время низкихъ и среднихъ водъ. Во время же разливовъ рѣки, характеръ теченія измѣняется значительнымъ образомъ. Отмели покрываются водою; теченіе, направляясь черезъ эти отмели кратчайшимъ путемъ и находя болѣе сильный уклонъ въ этомъ направленіи, чѣмъ при теченіи извилиной, съ быстротою направляется по этому болѣе крутому уклону и прорываетъ въ отмели новое русло. Это новое русло оставаясь и послѣ разлива, образуетъ рукавъ рѣки, а изъ гравія отмели образуетъ иногда островъ. Иногда же все теченіе направляется по этому новому руслу и тогда извилина прежняго теченія обращается въ такъ называемое *старорылье*, *старицу*, которая со временемъ замывается и зарастаетъ. Это явленіе особенно встрѣчается въ рѣчныхъ долинахъ съ значительнымъ уклономъ и съ дномъ русла не представляющимъ большаго сопротивленія размывающей силѣ воды. Вообще дѣйствіе теченія такъ измѣняется между мелководьемъ и большимъ половодьемъ, что вслѣдствіе этого необходимо происходитъ значительная неустойчивость русла рѣки. Объемъ протекающей воды въ нѣкоторыхъ рѣкахъ въ періодъ разлива увеличивается въ 3, 5, 10, 20, 50, 100 и даже болѣе разъ противъ объема во время мелководья, а скорость теченія увеличивается иногда въ 5 и 10 разъ, а потому соотвѣтственно этому увеличенію массы движущейся воды и ея скорости, увеличивается живая сила, а слѣдовательно и результаты дѣйствія воды.

Жидкая масса, при постоянныхъ измѣненіяхъ направленія теченія рѣки, ударяясь по-очередно, то объ одинъ, то о другой берегъ, постоянно размываетъ и измѣняетъ ихъ форму. Во время же разлива, когда объемъ воды и скорость теченія наибольшіе, вслѣдствіе *центробѣжной силы* ¹⁾ теченія въ извилинахъ, воды отрываютъ, какъ увидимъ ниже, значительныя части берега; это дѣйствіе воды на берега увеличивается, когда въ рѣкѣ бываетъ ледоходъ и образуются въ рѣкѣ ледяныя заторы. Такимъ образомъ рѣка своими извилинами подвигается все дальше и дальше отъ общаго направленія къ краямъ долины и ея извилины иногда принимаютъ совершенно кольцеобразную форму. Раз-

1) См приложение XIX.

мывая въ данной извилинѣ верхнюю и нижнюю кривизну береговъ *m* и *n*, фиг. 51, въ противоположныхъ направлєніяхъ, рѣка постоянно сѣ-
 ѹживаетъ перешеекъ соединяющій полуостровъ съ сосѣднею долиною, такъ что, наконецъ, вода прорываетъ этотъ перешеекъ, и вся масса воды устремляется по кратчайшему пути и болѣе крутому скату, обра-
 щая бывшую параболическую извилину въ полный эллипсисъ ¹⁾. Затѣмъ, какъ увидимъ ниже, вода во время половодій, отлагая на берегахъ зем-
 листыя части, мало по малу образуетъ естественную песчано-глинистую насыпь между старымъ и новымъ руслами рѣки; вслѣдствіе чего пре-
 кращается всякое сообщеніе между покинутою извилиною и новымъ те-
 ченіемъ рѣки. Эта извилина превращается въ резервуаръ стоячей воды, изрѣдка наполняемый большими разливами. Эти явленія иногда повто-
 ряются нѣсколько разъ въ однѣхъ и тѣхъ же рѣкахъ и происходятъ какъ въ большихъ такъ и въ малыхъ. Эти остатки кольцеобразныхъ старыхъ руселъ, старицы, старорѣчья, въ разныхъ степеняхъ ихъ заглу-
 шеній, или болѣе древніе ихъ остатки, полудунныя впадины, называемыя *заводами*, можно встрѣтить въ долинахъ большинства рѣкъ.

Черт. IV.
 фиг. 51.

Такъ, напримѣръ *ABCD* — представляетъ геологическую долину рѣки; *MN* — общее направленіе теченія рѣки по срединѣ долины; *efabgh* — настоящее русло рѣки съ ея извилинами или излучинами; *acdb* — недавнее теченіе въ извилинѣ, превратившейся въ старицу; *ab* — новый прорывъ русла, отдѣлившій старицу; *opqr* — древнія поки-
 нутыя извилины, или заводи.

Черт. V.
 фиг. 51.

Говоря объ излучинахъ, или извилинахъ Миссисипи, *Ляйелль* замѣчаетъ: „Рѣка эта течетъ по своей долинѣ извилинами, описывая большія кривыя линіи. Пройдя полкруга, она несется быстрымъ потокомъ діагонально, поперегъ прямаго направленія своего русла, къ другой подобной же кривизнѣ. Противъ каждой такой кривизны всегда находится песчаная отмель, соответствующая выпуклостью своей формы вогнутости, такъ называемой „излучины“. Рѣка, вслѣдствіе постояннаго размыванія этихъ излучинъ, возвращается на своемъ пути такъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ судно, проплывъ двадцать пять или тридцать миль, снова приближается на разстояніе мили къ тому мѣсту, изъ котораго оно выплыло. Когда воды сходятся такъ близко одна къ другой, то часто случается, при большихъ разливахъ, что онѣ прорываютъ узкую полосу раздѣляющей ихъ земли и превращаютъ часть ея въ островъ, устремляясь чрезъ такъ называемый „прорывъ“, отчего суда могутъ, пройдя полмили, достигнуть мѣста, до котораго прежде надо было проплыть имъ миль двадцать. Не успѣла рѣка проложить себѣ такой новый проходъ, какъ песчанья и илистыя отмели образуются въ двухъ точкахъ его соединенія со старой излучиной, которая скоро отдѣляется совершенно отъ главной рѣки сплошною илистою банкою, покрытою лѣсомъ. Прежняя излучина превращается тогда въ полукруглое озеро. Множество такихъ полудунныхъ озеръ, разбѣянныхъ по наносной долинѣ,

¹⁾ См. приложение XVII.

большую часть на западной и только в незначительном числе на восточной стороне Миссисипи, свидетельствует о значительных передвижениях этого громадного потока в прошлых вѣках¹⁾).

Рѣка По, принадлежащая къ числу самых энергически работающих в геологическом отношеніи рѣкъ, в нѣкоторых частях своего течения употребляет всего каких-нибудь тридцать лѣтъ на образование и разрушеніе своих извилинъ. Въ бывшем нашем имѣніи, в верховьях рѣки Москвы, на разстояніи менѣе одной версты, между сельцом Пески и деревней Андроновой, рѣка Москва образовала двѣ старицы; объ онѣ, на нашей памяти, лѣтъ 50 тому назадъ, еще имѣли теченіе, хотя главный потокъ шелъ уже новымъ прямымъ путемъ; но въ настоящее время онѣ совершенно заглушены и теченіе в нихъ бываетъ лишь во время весеннихъ разливовъ. Одна изъ этихъ старицъ, наибольшая, образовалась не болѣе 65 лѣтъ назадъ, когда образовался прорывъ по прямому направленію. Третья старица, между сельцами Пески и Пышково, имѣетъ болѣе старинное образованіе. Вообще в долину р. Москвы можно съ особенною ясностію наблюдать прежнія русла рѣки в многочисленныхъ заводяхъ, разбросанныхъ во многихъ мѣстахъ этой долины.

Вслѣдствіе этихъ перемѣщеній русла и размыва извилинъ, самая геологическая долина рѣки можетъ расширяться и измѣняться. Если бы даже масса воды в рѣкѣ оставалась одинаковою во все время года и во все вѣка, то и в такомъ случаѣ одного дѣйствія течения, ударяющагося по-очередно и безконечно, то объ одинъ, то о другой берегъ, было бы достаточно, чтобы видоизмѣнить постепенно, какъ извилины рѣки, такъ видъ и размѣры долины. При разливахъ же рѣкъ, какъ уже мы сказали, эти явленія могутъ усилиться до значительной степени. „Типическимъ явленіемъ, разнообразяющимъ видъ нашихъ аллювиальныхъ рѣчныхъ долинъ, говоритъ г. Докучаевъ, служатъ во множествѣ разбросанныя по нимъ старицы, слѣпыя вѣтви рѣкъ, заводи, продолговатые озера и болота. Эти явленія оказываются чрезвычайно распространенными относительно почти всехъ рѣкъ, о которыхъ я что либо читалъ или которыя я гдѣ-либо видѣлъ. Кромѣ множества примѣровъ, находящихся в статьяхъ академика *Бэра*, я могу здѣсь указать еще на слѣдующія рѣки, гдѣ присутствіе даннаго явленія констатировано другими учеными. Я разумѣю здѣсь рѣчныя долины Наровы, Дона, Днѣпра, Кедни (южн. часть Нижегород. губерніи), Медвѣдицы, Донца, Десны, Сожи, Волги, Прегеля, сѣв. Выга, Савсагани, Волчьей, Оки, Енисея, Пркута и проч. И это явленіе, эти старицы и озера в рѣчныхъ долинахъ, не есть результатъ какихъ-либо иныхъ силъ, иныхъ условій, чѣмъ тѣ, при которыхъ рѣки теперь живутъ... Что странствованія рѣкъ совершались в историческое время, совершаются и теперь в огромныхъ размѣрахъ... Вотъ еще одно изъ могущественныхъ средствъ, при помощи котораго рѣки могутъ и должны на нашихъ

1) Ляйелль. Основныя начала геологій. Москва. 1866 г. т. I. стр. 308 и 309.

глазахъ упирають свои долины, повидимому, до очевидной несоразмѣрности съ своимъ живымъ сѣченіемъ“¹⁾).

Есть еще причина, имѣющая вліяніе на перемѣщеніе рѣчныхъ водъ въ ту или другую сторону ихъ теченія, дѣйствующая хотя съ незначительною силою, но за то постоянно и неизмѣнно; причина эта—вращательное движеніе земли около своей оси. Воды рѣкъ, какъ и воды океана, подчинены, подобно воздушнымъ теченіямъ, дѣйствию этого вращенія. Воды рѣкъ, также какъ и воздушныя теченія, подъ вліяніемъ вращательнаго движенія земли, стремятся уклониться въ сторону и описать въ каждой точкѣ своего теченія, бѣльшую или меньшую дугу кривой линіи вокругъ планеты. Текучія воды, увлекаемая землею въ ея суточномъ движеніи, существенно отличаются въ этомъ отношеніи отъ твердыхъ тѣлъ, находящихся на земной поверхности; послѣднія, подобно выдающимся точкамъ самой поверхности, описываютъ правильнымъ образомъ свою суточную орбиту около земной оси со скоростью вращенія соотвѣтствующею географической широтѣ; тогда какъ жидкія частицы воды, скользяція по выпуклости земнаго шара, вслѣдствіе своей подвижности, послѣдовательно проходятъ разныя широты, скорость вращательнаго движенія на которыхъ различна, почему должно произойти измѣненіе и въ ихъ собственномъ движеніи.

Такъ какъ скорость точекъ на земной поверхности, вслѣдствіе вращательнаго движенія земли, постепенно возрастаетъ отъ полюсовъ, гдѣ она равна нулю, къ экватору, на которомъ она равняется 1470 футамъ въ секунду, то всякое тѣло движущееся по земной поверхности, по направленію отъ полюса къ экватору, должно отставать отъ постоянно возрастающей скорости вращенія на земной поверхности и уклоняться къ западу (такъ какъ направленіе вращательнаго движенія земли слѣдуетъ отъ запада къ востоку), который въ сѣверномъ полушаріи находится вправо, а въ южномъ влѣво отъ линіи, по которой движется тѣло. Наоборотъ, тѣло, движущееся отъ экватора къ одному изъ полюсовъ, опережаетъ, вслѣдствіе пріобрѣтенной имъ скорости, *уловное движеніе*²⁾ земнаго шара и уклоняется къ востоку, т.-е. вправо въ сѣверномъ полушаріи и влѣво въ южномъ.

Можно убѣдиться въ этомъ явленіи, заставивъ быстро вращаться около оси гладкій шаръ, по поверхности котораго скользила бы окрашенная жидкость. Законъ уклоненія, вслѣдствіе вращенія земли, проявляется въ движеніи пассатныхъ вѣтровъ и всѣхъ атмосферныхъ теченій; въ движеніи Гольфстрема и другихъ теченій океана, въ полетѣ бомбъ и въ движеніи поѣздовъ желѣзныхъ дорогъ³⁾).

1) В. Докучаевъ. Способъ образованія рѣчныхъ долинъ Европейской Россіи. С.-Петербургъ, 1878 г., стр. 203.

2) См. приложение XXI.

3) Аналитическое изслѣдованіе вліянія вращательнаго движенія земли на полетъ снарядовъ, разработано впервые Пуассономъ. Вычисленія показываютъ, что при полетѣ бомбы, когда стрѣляютъ по направленію на сѣверъ или на югъ, бомба, на разстояніи 2000 саженой своего полета, отклоняется вправо отъ даннаго направленія почти на 15

Этому закону подчинены, какъ воды большихъ, такъ и малыхъ рѣкъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда этотъ законъ не встрѣчаетъ препятствія въ рельефѣ почвы, въ колебаніяхъ земной поверхности и другихъ геологическихъ явленіяхъ, ему противодѣйствующихъ. Такъ что въ рѣкахъ сѣвернаго полушарія воды неизмѣнно уклоняются вправо отъ первоначальнаго направленія и всегда размываютъ болѣе правый берегъ, а въ южномъ наоборотъ, если только теченіе рѣкъ направляется съ юга на сѣверъ или съ сѣвера на югъ. По вычисленіямъ *Бабине*, дѣйствіе размывающей силы рѣки на правый берегъ въ сѣверномъ полушаріи, вслѣдствіе вращательнаго движенія земли, равняется $\frac{1}{100}$ части давленія, производимаго водою рѣки на ея русло. Поэтому понятно, что это дѣйствіе будетъ проявляться значительнѣе въ большихъ рѣкахъ, или гдѣ объемъ протекающей воды великъ, и будетъ мало ощутительно въ рѣчкахъ и верховьяхъ большихъ рѣкъ.

Этотъ законъ для уклоненія рѣкъ въ своемъ теченіи давно уже былъ указанъ многими географами, говоритъ *Реклю*; но окончательною разработкою этого вопроса, въ смыслѣ непосредственныхъ наблюденій, ученый міръ обязанъ нашему знаменитому академику *К. М. Бару*. Ближайшія наблюденія показали, что р. Евфратъ стремится перемѣститься всею своею массою въ русло рѣки Индіохъ, лежащей вправо отъ него; рѣка Гангъ покинула городъ Гуръ, среди джунглей, и передвинулась на 7 и 8 верстъ къ западу, т.-е. вправо. Индъ размылъ каменные холмы праваго берега и перемѣстилъ свою долину болѣе чѣмъ на 1.000 верстъ къ западу. Нилъ оставилъ свое прежнее русло въ Ливійской пустынѣ и придвинулся къ Аравійской горной цѣпи, т.-е. тоже вправо. Въ Европѣ Жиронда, Дуара, Эльба, размываютъ основаніе скалъ, составляющихъ ихъ правый берегъ. Висла углубляетъ восточный рукавъ своего устья въ ущербъ лѣвому или западному; Рейнъ въ Эльзасской равнинѣ постепенно удалялся отъ подошвы Вогезскихъ горъ и подвигался вправо, къ подножію Шварцвальда; тѣ же явленія замѣчаются въ Дунаѣ. Днѣпръ у Кіева постоянно размываетъ западный, или правый берегъ; вообще, поразительный примѣръ, говоритъ *Реклю*, нормальнаго перемѣщенія текучихъ водъ, представляютъ

фютовъ, только вслѣдствіе вращательнаго движенія земли. Объясняя уклоненіе отъ той же причины направленія теченія Гольфстрема, *Мори* говоритъ: „Обратите вниманіе, напримѣръ, на желѣзную дорогу, направленную отъ сѣвера къ югу; всѣ инженеры знаютъ, что когда по этой дорогѣ вагоны идутъ къ сѣверу, то въ нихъ есть наклонность соскочить съ рельсовъ къ востоку (т.-е. вправо; если поѣздъ направляется къ югу, то вагоны давятъ на рельсы болѣе къ западу, слѣдовательно на нашемъ полушаріи всегда вправо... Вагоны удерживаются рельсами и не уклоняются въ сторону; но ничто не мѣшаетъ морскимъ порослямъ и пловучему лѣсу въ Гольфстремѣ слѣдовать этой силѣ. Когда тѣла свободно движутся въ водѣ, то онѣ чувствительны къ малѣйшему толчку, двигающему ихъ въ боковое направленіе и тѣла безусловно повинуются ему. Изъ того же дневнаго вращенія выходитъ еще, что пловучій лѣсъ спускающійся внизъ по Миссисипи, выбрасывается на западный, или на правый берегъ. У Гольфстрема бываетъ наоборотъ; онъ течетъ къ сѣверу и все выбрасываетъ къ востоку... Въ своемъ направленіи къ сѣверу Гольфстремъ постоянно уклоняется все болѣе и болѣе къ востоку“.

обширные рѣки Европейской и Азіатской Россіи. Въ этихъ рѣкахъ соединены всѣ условія благоприятствующія постепенному размыву праваго берега: значительная длина теченія, огромная масса воды, большіе разливы съ весеннимъ ледоходомъ, увеличивающіе періодически размывающую силу теченія, и берега состоящіе большею частію изъ рыхлыхъ породъ. Отъ Казани до Астрахани, въ Волгѣ замѣтны тѣ же явленія. За два столѣтія до нашего времени главное устье Волги находилось на востокѣ отъ Астрахани; съ тѣхъ поръ великая рѣка послѣдовательно пролагала себѣ новыя русла, уклоняясь все далѣе вправо и нынѣ рѣка, по которому ходятъ суда, имѣетъ юго-западное направленіе. Выше дельты, Волга вездѣ перемѣстилась къ западу, т.-е. вправо, и противъ Чернаго Яра. Ахтуба, прежнее русло ея, отстоитъ въ настоящее время на 20 верстъ отъ главнаго потока. На всемъ протяженіи отъ Казани до Царицына, она преимущественно подмываетъ правый, степной берегъ, и отъ такъ называемой луговой стороны отодвигается въ степную, или нагорную. Въ Сибири всѣ рѣки, текуція съ юга на сѣверъ, перемѣщаются вправо еще гораздо быстрѣе. Очевидно, что отъ этихъ перемѣщеній измѣняется и расширяется самая геологическая долина рѣкъ. „Полагаютъ, говорить *Лэйсли*, что воды Миссисипи направляются къ восточной сторонѣ русла (т.-е. влѣво), потому что всѣ большія приточныя рѣки, впадающія въ нее съ запада, наполнили эту сторону великой долины своими дельтами, или покатыми массами глины и песку; такъ что противоположныя имъ крутояры подмываются, и Миссисипи, медленно, но безостановочно подвигается къ востоку... Ниже устья Огайо она часто оmyваетъ восточные крутояры, но никогда не соприкасается съ западными“. Вѣроятно существуютъ особыя геологическія причины, почему эта громадная рѣка подмываетъ лѣвый берегъ, а не правый; оба берега состоятъ изъ одинаковыхъ формацій, но западные отложе восточныхъ. Рона, при устьѣ, тоже отклоняется влѣво (на востокъ); *Реклю* приписываетъ это явленіе *мистралю* (сѣверо-западному вѣтру).

18. Скорость теченія воды въ рѣкахъ и величина уклонень въ некоторыхъ рѣкъ.—Каждая рѣка, на всемъ протяженіи своего теченія, представляетъ непрерывную жидкую струю, ни въ какой своей части не разрывающуюся (кромѣ рѣкъ, имѣющихъ на своемъ теченіи водопады); и такъ какъ вода почти не сжимаема, то нѣкоторые ученые предполагали, что скорость теченія рѣки зависитъ не только отъ величины паденія русла, но и отъ давления вѣса воды въ ея верховьяхъ, особенно если источники рѣкъ находятся на большой высотѣ. *Бмффонъ* прямо говоритъ: „что эта скорость зависитъ гораздо болѣе отъ количества и вѣса верхнихъ водъ, чѣмъ отъ величины уклона русла“; и далѣе: „такъ что въ большихъ рѣкахъ, если бы русло было горизонтально, вода рѣки продолжала бы свое теченіе и даже съ большой быстротой, не только вслѣдствіе приобрѣтенной скорости, но и вслѣдствіе дѣйствія вѣса верхнихъ водъ“. Но это было бы справедливо, если бы русло рѣки представляло замкнутую со всѣхъ сторонъ трубу; тогда

вѣсь верхнихъ водъ могъ бы съ нѣкоторой постепенностью передавать давленіе на всемъ протяженіи теченія, какъ напоръ въ водопроводахъ производитъ давленіе на всей сѣти водопроводныхъ трубъ. Но въ дѣйствительности поверхность воды въ рѣкахъ открыта и подвержена только атмосферному давленію, которое легко уступаетъ всякому давленію, исходящему внутри водяной массы и не препятствуетъ поверхности воды въ рѣкѣ приподниматься или опускаться вслѣдствіе измѣненія этихъ внутреннихъ давленій. Отъ этого всякое измѣненіе давленія внутри массы текущей воды, вслѣдствіе сопротивленія дна и стѣнокъ русла, будетъ отражаться на поверхности воды въ рѣкѣ и колебать ея уровень. А потому, хотя струя воды въ рѣкѣ и непрерывна въ своемъ теченіи, нельзя однако же предполагать, чтобы при установившемся постоянномъ теченіи происходило непосредственное, *гидростатическое давленіе* верхнихъ водъ на всемъ протяженіи теченія рѣки. Дѣйствительно, если при длинномъ теченіи рѣки на какую-либо среднюю часть ея теченія упадетъ разомъ значительное количество воды (какъ это бываетъ иногда при грозovýchъ ливняхъ), то это паденіе, увеличивъ объемъ воды въ этой части рѣки, возвыситъ ея уровень и на нѣкоторомъ протяженіи ниже увеличитъ скорость теченія. Но на значительномъ разстояніи ниже, очень часто не будетъ замѣтно никакой перемѣны въ уровнѣ рѣки и въ скорости ея теченія; ибо, какъ увидимъ далѣе, рѣки теряютъ въ пути значительное количество воды и далеко не всю воду, даваемую имъ источниками и притоками, доносятъ къ морю при своемъ устьѣ. А потому скорость теченія рѣки зависитъ только отъ уклона, или паденія русла рѣки, вслѣдствіе бѣльшого или меньшого дѣйствія тяжести въ этомъ мѣстѣ уклона, и вслѣдствіе заранѣе приобрѣтенной скорости отъ той же причины; и слѣдовательно не въ смыслѣ *гидростатическаго*, а въ смыслѣ *гидравлическаго давленія* должно понимать выраженіе, что рѣки, имѣющія источники на большихъ высотахъ, текутъ вообще быстрѣе.

Бюффонъ замѣчаетъ, что различныя препятствія въ рѣкѣ, каковы, напримѣръ, мосты, повороты и излучины въ руслѣ, вдающіяся въ русло отъ берега стрѣлки и косы, острова, уменьшаютъ очень мало общую скорость водянаго потока. Что, по его мнѣнію, производитъ значительное уменьшеніе въ скорости теченія, это пониженіе уровня воды въ рѣкѣ и напротивъ, увеличеніе объема воды протекающей въ рѣкѣ, увеличиваетъ скорость теченія болѣе, чѣмъ всякая другая причина.

Въ ст. 14, когда мы рассматривали движеніе воды въ каналахъ, мы замѣтили, что при скоростяхъ теченія свыше 3-хъ футовъ (или одного метра) сопротивленіе движенію пропорціонально просто квадрату скорости и второй членъ въ уравненіи движенія воды отпадаетъ. Тогда $v = 51 \cdot \sqrt{\frac{F \cdot h}{p \cdot l}}$ въ метрахъ или $v = 92,2 \sqrt{\frac{F \cdot h}{p \cdot l}}$ въ футахъ. При томъ же паденіи и слѣдовательно при той же величинѣ для $\frac{h}{l}$, но при другой площади живаго сѣченія F' и при другомъ периметрѣ прикосновенія p' , будемъ имѣть: $v' = 51 \cdot \sqrt{\frac{F' \cdot h}{p' \cdot l}}$ и слѣдовательно:

$v : v' = \sqrt{\frac{F}{p}} : \sqrt{\frac{F'}{p'}}$; а такъ какъ выраженіе $\frac{F}{p}$ называется среднимъ радіусомъ сѣченія, то полагая $\frac{F}{p} = r$ и $\frac{F'}{p'} = r'$, получимъ: $v : v' = \sqrt{r} : \sqrt{r'}$. То-есть, что скорости теченія пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ среднихъ радіусовъ сѣченій руслъ. Иными словами, чѣмъ бѣльшая масса воды удалена отъ стѣнокъ русла, тѣмъ скорость теченія быстрѣе, при всѣхъ другихъ одинаковыхъ условіяхъ. „Изъ многочисленныхъ изслѣдованій *Базена*, посредствомъ мѣрительной трубки *Дарси*, слѣдуетъ, говоритъ *Недзялковскій*¹⁾, что скорости (въ поперечномъ сѣченіи) въ закрытыхъ трубахъ распредѣляются съ самою наисовершенною симметриею относительно вертикальной плоскости, проходящей чрезъ ось трубы или же относительно плоскости горизонтальной, проходящей чрезъ эту ось. Если труба имѣетъ прямоугольное сѣченіе, то кривыя линіи, соединяющія струи, обладающія равными скоростями теченія, представляются сомкнутыми и симметрическими и тѣмъ ближе подходящими къ формѣ прямоугольника съ округленными углами и съ ребрами, параллельными стѣнкамъ трубы, чѣмъ къ ближайшимъ къ стѣнкамъ струямъ онѣ относятся (фиг. 53).

Черт. V.
фиг. 52.

Черт. V.
фиг. 53.

Черт. V.
фиг. 54.

Въ открытыхъ же каналахъ (какъ и въ рѣкахъ) съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, кривыя струй равной скорости наиболѣе близкихъ къ стѣнкамъ, представляютъ полупрямоугольники, которыхъ вертикальныя ребра пересѣкаютъ поверхность воды почти подъ прямыми углами; съ удаленіемъ же отъ стѣнокъ (фиг. 54) и слѣдовательно съ увеличеніемъ скоростей, кривыя эти все болѣе и болѣе стремятся сомкнуться въ верхнихъ своихъ частяхъ, встрѣчая поверхность воды все болѣе и болѣе подъ острыми углами; и уже при глубинѣ потока равной или большей $\frac{1}{3}$ ширины канала, кривыя, наиболѣе близкія къ серединѣ, или соотвѣтствующія наибольшей скорости, смыкаются совершенно, ограничивая такимъ образомъ жидкое центральное ядро *a* (стержень или стремнину теченія), котораго всѣ струи обладаютъ скоростію болѣею каждой изъ струй на поверхности. Это стремленіе кривыхъ сомкнуться тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ болѣе сопротивленіе стѣнокъ движенію и чѣмъ менѣе скорости. Подобныя же явленія происходятъ въ каждомъ изъ профилей каналовъ или рѣкъ и только форма этихъ кривыхъ обуславливается профилемъ.

Когда во время увеличенія объема воды въ рѣкѣ, при восхожденіи разлива, поверхность ея по серединѣ приподнимается и слѣдовательно бѣльшая масса воды удаляется отъ стѣнъ русла, то этимъ самымъ какъ бы еще увеличивается средній радіусъ живаго сѣченія и потому скорость средняго жидкаго ядра *a'* (фиг. 55) или стержня теченія, значительно увеличивается. „Такимъ образомъ, говоритъ *Реклю*, является какъ бы рѣка въ рѣкѣ, и эта быстрая волна стремнины рѣки быстро распредѣляя воду на болѣеи длинѣ теченія, ослабляетъ вели-

Черт. V.
фиг. 55.

1) Недзялковскій. Собраніе таблицъ и формулъ. С.-Петербургъ. 1867—1869 г., ч. I, стр. 481.

чину разлива. Только благодаря этой разности скоростей, увеличивающейся пропорционально высотѣ водѣ въ рѣкѣ, разливы ослабляются и даже совершенно прекращаются. Ибо когда огромныя массы воды, падающія въ видѣ ливней, или стекающія съ горъ, въ одно время низвергаются въ бассейнъ рѣки, то эти жидкія лавины безъ сомнѣнія произвели бы большія наводненія, если бы тотчасъ же не уносились теченіемъ и не распредѣлялись бы съ большей быстротой равномернѣе на большей длинѣ теченія рѣки“.

До восемнадцатаго вѣка, говоритъ *Обюиссонъ*, предполагали, что скорость теченія въ рѣкахъ, на разныхъ глубинахъ, слѣдовала тому же закону, какъ и при истеченіи чрезъ отверстіе въ стѣнкѣ резервуара, т.-е. что она возрастала пропорционально корню квадратному изъ высоты отъ поверхности воды до того слоя воды, скорость котораго разсматривалась. Иными словами, предполагали, что эта скорость увеличивалась съ глубиною и почти пропорционально квадратному корню изъ этой глубины. Дѣйствительно, мы находимъ такое заключеніе и у *Белидора* въ его извѣстномъ сочиненіи „Гидравлическая архитектура“ ¹⁾, хотя и не освершено ясно выраженнымъ. Но еще около 1730 года *Питто*, посредствомъ изобрѣтенной имъ гидрометрической трубки ²⁾, съ которой онъ производилъ опыты на р. Сенъ, нашелъ, что скорость воды, вмѣсто того чтобы увеличиваться съ глубиною рѣки, какъ прежде предполагали, напротивъ, уменьшается. Онъ напечаталъ объ этихъ наблюденіяхъ въ запискахъ Парижской Академіи Наукъ въ 1732 году. Послѣдующіе опыты и наблюденія вполне подтвердили это явленіе. Оказалось, что въ каждомъ живомъ сѣченіи русла рѣки, скорость воды увеличивается по мѣрѣ удаленія отъ стѣнокъ русла; такъ что самая наибольшая скорость оказывается всегда надъ самымъ глубокимъ мѣстомъ живаго сѣченія и притомъ въ мелкихъ рѣкахъ находится почти на самой поверхности, а въ глубокихъ тѣмъ глубже подъ поверхностью, чѣмъ болѣе ихъ глубина. Средняя же скорость на каждой вертикальной линіи живаго сѣченія оказывалось чаще немного ниже половины глубины; а именно около $\frac{3}{5}$ глубины ниже поверхности воды. Сначала, отъ наибольшей скорости, скорость теченія, по мѣрѣ углубленія, уменьшается слабо, потомъ значительнѣе и наконецъ убываетъ очень быстро по мѣрѣ приближенія къ дну рѣки, гдѣ однако она почти всегда еще болѣе половины скорости у поверхности. Такимъ образомъ *Дефонтенъ* опредѣлялъ скорости теченія на Рейнѣ, гдѣ глубина рѣки была 1,5 метра, и нашелъ на разныхъ глубинахъ означенныхъ (въ метрахъ) на вертикальной *ab*, величины скоростей означенныя на горизонтальныхъ линіяхъ. Соединяя концы линій, изображающихъ по масштабу величину скоростей, получимъ кривую линію *bc*, изображающую убываніе скоростей отъ поверхности воды до дна и которая близко подходитъ къ дугѣ параболы.

Черт. V
фиг. 56.

¹⁾ *Architecteure Hydraulique* par M. Belidor. Seconde partie. Tome second. Paris. 1753, p. 274—279.

²⁾ См. часть 3, гл. XVI, ст. 48.

Результаты изслѣдованій на р. Миссисипи и ея притокахъ, произведенныхъ съ 1850 по 1861 г. корпусомъ топографныхъ инженеровъ арміи Соединенныхъ Штатовъ (по *Гумфрейсу* и *Абботу*) показали, что скорости въ произвольной вертикальной плоскости, направленной по направленію теченія и на различныхъ глубинахъ, измѣняются пропорціонально абсциссамъ параболы, лежащей въ этой плоскости и ось которой параллельна поверхности воды. Что положеніе этой оси измѣняется съ глубиною рѣки, состояніемъ ея водъ, силою и направленіемъ вѣтра; въ тихую погоду ось эта лежитъ на разстояніи отъ поверхности воды: въ воды высокія на 0,35, меженныя на 0,30 и низкія на 0,15 глубины рѣки въ этомъ мѣстѣ. Что вѣтеръ низовой понижаетъ положеніе оси, а верховой повышаетъ это положеніе; что параметръ параболы скоростей измѣняется съ глубиною и среднею скоростью теченія рѣки и обратно пропорціоналенъ корню квадратному изъ этой скорости. Такъ что если рѣка пересѣчена вертикальною плоскостью *ABEF* вдоль ея теченія и проходитъ чрезъ кабую-либо вертикальную линію *AB* ея поперечнаго сѣченія, то на вертикальной линіи *AB* этой плоскости, скорости теченія рѣки на разныхъ глубинахъ выразятся параболою *ayDy'b*, у которой ось *CD* параллельна поверхности воды *Aa*; наибольшая скорость *V* въ этой плоскости выразится длиною линіи *CD*, или осью параболы; скорость *u* у dna длиною линіи *Bb*; скорости на глубинахъ *x* и *x'* — длинами линій *xu* и *x'y'*.

Черт. V.
фиг. 57.

Зависимость между скоростями теченія въ различныхъ точкахъ живаго сѣченія рѣки, лежащихъ на одной и той же глубинѣ, или плоскостяхъ горизонтальныхъ, выражается, при правильномъ или довольно симметричномъ видѣ сѣченія, параболическою же кривою *abc*, абсциссы которой *bf*, *de*, *d'e'*, изображающія величины скоростей, увеличиваются отъ береговъ къ срединѣ рѣки, и обратная величина параметра которой пропорціональна корню квадратному изъ средней скорости теченія рѣки въ сѣченіи *afc*. При неправильномъ, или несимметричномъ живомъ сѣченіи, эта кривая все еще параболическая *a'b'c'*, представляетъ двѣ не симметричныя вѣтви и ось ея приближается къ тому изъ береговъ, около котораго находится стремнина теченія.

Черт. V.
фиг. 58.

фиг. 59.

Отсюда слѣдуетъ, что скорости въ различныхъ точкахъ сѣченія измѣняются, какъ съ положеніемъ разсматриваемой вертикальной плоскости, такъ и горизонтальной, или съ глубиною рѣки, съ среднею скоростью для всего сѣченія v и съ положеніемъ оси кривой скоростей; а потому зависимость между среднею скоростью v и наибольшею скоростью V , для всего живаго сѣченія, не можетъ быть, по крайней мѣрѣ для очень большихъ рѣкъ, выражено постояннымъ отношеніемъ между ними. Такъ на Миссисипи и ея большихъ притокахъ, отношеніе это измѣняется отъ 0,72 до 0,86. Для р. Невы это отношеніе среднимъ образомъ принимаютъ въ 0,75 и для Сены въ 0,62. То-есть для Миссисипи и ея притоковъ $v = 0,72 V$ до $0,86 V$; для Невы $v = 0,75 V$ и для Сены $v = 0,62 V$.

Наблюденія на Миссисипи указали также значительное вліяніе

вѣтра на скорости теченія. Это вліяніе, на которое до тѣхъ поръ не обращали вниманія, вѣроятно и было причиною, что кривая скоростей принималась за различныя кривыя. Такъ при вѣтрѣ низовомъ, когда ось кривой опускается болѣе чѣмъ на $\frac{1}{3}$ глубины, кривая легко можетъ быть принята за эллипсисъ, а при верховомъ, когда ось кривой можетъ находиться выше поверхности воды, кривая близко подходитъ къ прямой; если же ось на самой поверхности, то при небольшой погрѣшности въ наблюденіяхъ, кривую можно принять за ломанную прямую ¹⁾. „Сильный вѣтеръ, дующій противъ теченія, говоритъ *Дебоог*, можетъ увеличить подъемъ воды во время разлива на $\frac{1}{4}$ высоты и сдѣлать этотъ подъемъ въ 5 метровъ вмѣсто 4-хъ“. Вообще распредѣленіе скоростей теченія, особенно въ большихъ потокахъ, представляетъ явленія весьма сложныя и измѣнчивыя, а потому и величина средней скорости для всего живаго сѣченія въ такихъ потокахъ не можетъ быть выражаема простыми и постоянными отношеніями къ наибольшей скорости. Такъ, въ донесеніи своемъ Императорской Академіи Наукъ, по поводу возбужденнаго *Вексомъ* и *Вѣнской Академіей* вопроса, объ уменьшеніи количества воды въ источникахъ и рѣкахъ, комиссія изъ академикомъ *Гельмерсена*, *Годоллина* и *Вильда* замѣчаетъ: „что средняя скорость можетъ быть теоретическимъ образомъ вычислена посредствомъ формулы слѣдующаго вида: $v = z \cdot r^x \cdot s^y$, въ которой v означаетъ искомую среднюю скорость; r —такъ называемый радіусъ профиля русла (т.-е. профиль, или площадь живаго сѣченія, раздѣленный на периметръ прикосновенія, или подводную часть линіи разрѣза русла), s —паденіе русла; z —численный коэффициентъ, зависящій отъ свойства русла и наконецъ показатели x и y — численныя же величины, имѣющія по различнымъ изслѣдователямъ, различныя значенія. Вслѣдствіе ненадежности сдѣланныхъ до сихъ поръ выводовъ величинъ x , y и z , а также по неприведенію еще въ точную извѣстность ихъ зависимости отъ высоты воды, отъ замерзанія рѣки и т. п., это вычисленіе представляется пока только очень приблизительнымъ, такъ что необходимо, если возможно, прибѣгнуть къ непосредственному опредѣленію скорости теченія даннаго профиля.

При непосредственныхъ измѣреніяхъ, средняя скорость теченія на какой-нибудь вертикальной линіи живаго сѣченія, будетъ равна суммѣ скоростей, найденныхъ на разныхъ глубинахъ этой вертикальной линіи посредствомъ наблюденій, раздѣленной на число наблюденій. Наблюденіе скоростей обыкновенно дѣлается углубляя гидрометрическій приборъ болѣе и болѣе на одинаковую постоянную величину; чѣмъ эта величина менѣе и слѣдовательно число наблюденій болѣе на данной глубинѣ, тѣмъ средняя скорость на какой-либо вертикальной линіи получится точнѣе.

Такимъ образомъ изъ вышеприведенныхъ наблюденій *Дефонтена* на Рейнѣ, гидрометрическій приборъ опускался каждый разъ глубже и

¹⁾ Недзьялковскій. Собраніе таблицъ и формулъ. Ч. 1. стр. 613—627.

глубже на 0,2 метра; изъ полученныхъ наблюдениемъ восьми скоростей, средняя скорость для вертикальной линіи, на которой дѣлались наблюдения, будетъ:

$$\frac{1,226 + 1,218 + 1,198 + 1,167 + 1,125 + 1,057 + 0,950 + 0,880}{8} = 1,1026 \text{ метровъ; и}$$

какъ наибольшая скорость $V = 1,326$ метровъ, то отношеніе

$$\frac{v}{V} = \frac{1,1026}{1,2260} = 0,8177; \text{ или } v = 0,82 \cdot V.$$

Но средняя скорость на какой-нибудь вертикальной линіи живаго сѣченія не есть еще средняя скорость для всей площади живаго сѣченія. Для получения этой средней скорости, нужно опредѣлить среднюю скорость для каждой вертикальной линіи $ab, cd, ef, gh, ik,$ и т. д. равно отстоящихъ одна отъ другой въ томъ же живомъ сѣченіи и сумму этихъ скоростей раздѣлить на число вертикальныхъ линій. Чѣмъ больше будетъ сдѣлано наблюдений на каждой вертикальной линіи и чѣмъ число равноотстоящихъ вертикальныхъ линій въ живомъ сѣченіи будетъ взято болѣе, тѣмъ выводъ для средней скорости всего сѣченія будетъ ближе къ дѣйствительной. Такъ какъ опредѣленіе средней скорости для всего живаго сѣченія, служитъ главнымъ образомъ для опредѣленія объема воды протекающей въ рѣкѣ чрезъ это сѣченіе въ единицу времени, то на практикѣ, для опредѣленія этого объема въ значительной величины рѣкахъ, обыкновенно поступаютъ слѣдующимъ образомъ: помощію лодки, въ данномъ сѣченіи дѣлаютъ вертикальные промѣры $aa', bb' \dots, dd' \dots ff'$ и т. д., по возможности въ равныхъ разстояніяхъ; наносятъ эти промѣры на бумагу по масштабу и вычисляютъ площади каждой трапеціи $aa'bb', cc'dd'$ и т. д. Затѣмъ въ срединѣ каждой трапеціи $oo, o'o'$ и т. д. опускаютъ гидрометръ (трубку Пито, мельницу Вольмана и т. п.) и измѣряютъ скорость течения на пяти, шести или болѣе глубинахъ на каждой вертикальной $oo, o'o'$ и т. д. и какъ выше было указано, получаютъ среднюю скорость течения для каждой отдѣльной трапеціи. Умножая площадь трапеціи на соответственную ей среднюю скорость, получится объемъ воды, протекающей въ секунду времени сквозь площадь этой трапеціи; сумма объемовъ протекающихъ чрезъ всѣ трапеціи, дастъ объемъ воды протекающей чрезъ все живое сѣченіе.

Черт. V.
Фиг. 60.

Черт. V.
Фиг. 61.

Въ небольшихъ рѣкахъ и каналахъ, въ особенности неглубокихъ, наибольшая скорость течения, въ тихую погоду, находится всегда на самой поверхности воды. Поэтому въ такихъ рѣкахъ обыкновенно опредѣляютъ по возможности точно эту наибольшую скорость, помощію поплавковъ, и по ней вычисляютъ среднюю скорость на основаніи многихъ сдѣланныхъ уже наблюдений, указывающихъ на величину отношенія между средней и наибольшей скоростями.

Дюбуа, въ своихъ опытахъ надъ малыми каналами, опредѣлилъ это отношеніе другимъ болѣе точнымъ, путемъ. Непосредственнымъ измѣреніемъ притекающей воды изъ канала въ бассейнъ, онъ опредѣлялъ объемъ воды протекающей въ каналъ съ большою точностію; потомъ

раздѣляя этотъ объемъ на живое сѣченіе канала, онъ съ точностію опредѣлялъ среднюю скорость для всего сѣченія. Наконецъ, съ большою тщательностію онъ опредѣлялъ наибольшую скорость на поверхности. Отношеніе скоростей v и V , т.-е. средней и наибольшей, измѣнялись при его опытахъ отъ 0,71 до 0,88 и даже въ двухъ опытахъ, которые не слѣдовало бы принимать въ расчетъ, говорить *д'Обюссонъ*, это отношеніе возвышалось до 0,95 и 0,96. *Дефонтенъ* на Рейнѣ нашелъ, что это отношеніе измѣнялось отъ 0,85 до 0,89; *Брюнингъ* изъ своихъ наблюденій, среднимъ числомъ, нашелъ для этого отношенія цифру 0,85; *Ксименесъ* (*Ximenes*), по опытамъ на р. Арно, цифру 0,83. А потому для небольшихъ рѣкъ и рѣчекъ, при наибольшей скорости V въ предѣлахъ отъ 1 до 5 футовъ, обыкновенно принимаютъ $v = 0,8 V$ и $V = 1,25 \cdot v$. Точнѣе же по *Прони* $v = \left(\frac{7,78 + V}{10,34 + V} \right) \cdot V$.

или при $V = 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10$ футовъ.

по *Прони* $\frac{v}{V} = 0,774 - 0,792 - 0,808 - 0,821 - 0,833 - 0,843 - 0,852 - 0,860 - 0,868 - 0,874$

по *Дюбуа* $\frac{v}{V} = 0,745 - 0,810 - 0,841 - 0,861 - 0,875 - 0,885 - 0,894 - 0,899 - 0,905 - 0,910$

Способы опредѣленія скоростей теченія и употребляемые для этого приборы и приспособленія, будутъ описаны нами въ третьей части настоящаго сочиненія.

Къ движенію воды въ рѣкахъ, можно прилагать вышеприведенную эмпирическую формулу, или уравненіе $g \cdot q = a' \frac{p}{F} (v^2 + bv)$, или

$q = \frac{h}{l} = \frac{H}{L} = \frac{a'}{a''} \cdot \frac{p}{F} (v^2 + bv)$, только тогда, когда рѣка на нѣкоторомъ протяженіи l , не менѣе 200 сажени, имѣетъ постоянный уклонъ q , одинаковое живое сѣченіе F и подводный периметръ p , а слѣдовательно и одинаковую среднюю скорость v во всѣхъ сѣченіяхъ F . Но такія условія встрѣчаются въ рѣкахъ чрезвычайно рѣдко. Этой формулѣ можно придать видъ: $q = \frac{h}{l} = \frac{p}{F} (\alpha \cdot v + \beta v^2)$ или

$q = \frac{h}{l} = \frac{p}{F} \cdot \frac{v^2}{2g} \left(\frac{\alpha_1}{v} + \beta_1 \right) = \xi \cdot \frac{p}{F} \cdot \frac{v^2}{2g}$ если сдѣлать $\frac{\alpha_1}{v} + \beta_1 = \xi$. Здѣсь α , β , α_1 , β_1 , и ξ суть численные коэффициенты, опредѣляемые опытами.

Величина ихъ по опытамъ:

Прони:	$\alpha = 0,0000444$	и $\beta = 0,0000943$;	$\alpha_1 = 0,002859$	и $\beta_1 = 0,006073$
Этельвейна:	$\alpha = 0,0000243$	" $\beta = 0,0001114$;	$\alpha_1 = 0,001565$	" $\beta_1 = 0,007174$
Вейсбахъ:	$\alpha = 0,0000221$	" $\beta = 0,0001150$;	$\alpha_1 = 0,001422$	" $\beta_1 = 0,007409$
Тадвини:	$\alpha = 0$	" $\beta = 0,000122$;	$\alpha_1 = 0$	" $\beta_1 = 0,007857$
Бресса:	$\alpha = 0$	" $\beta = 0,0001545$;	$\alpha_1 = 0$	" $\beta_1 = 0,00995$
Сень-Ренана	$\alpha = 0$	" $\beta = 0,00013617$	и показатель 2 мѣняется на 2,1 и.	

Что же касается до коэффициента ξ , то онъ показанъ въ слѣдующей таблицѣ:

Скорость воды v въ футахъ.	Коефициентъ сопротивленія ξ по			Скорость воды v въ футахъ.	Коефициентъ сопротивленія ξ по		
	Прони	Этель- вейну.	Вейсбаху.		Прони	Этель- вейну.	Вейсбаху.
0,3	0,01560	0,01239	0,01215	2,5	0,007217	0,007800	0,007978
0,4	0,01322	0,01109	0,01096	3	0,007026	0,007696	0,007883
0,5	0,01179	0,01030	0,01025	3,5	0,006890	0,007621	0,007815
0,6	0,01084	0,009782	0,009779	4	0,006788	0,007565	0,007764
0,7	0,01016	0,009410	0,009441	5	0,006645	0,007487	0,007693
0,8	0,009547	0,009130	0,009187	6	0,006549	0,007435	0,007646
0,9	0,009250	0,008913	0,008989	7	0,006481	0,007398	0,007612
1,0	0,008932	0,008739	0,008831	8	0,006430	0,007370	0,007587
1,5	0,007980	0,008217	0,008357	9	0,006391	0,007348	0,007567
2,0	0,007502	0,007957	0,008120	10	0,006359	0,007330	0,007551

Принимая, напимѣръ, коефициенты α и β по *Прони*, получимъ:
 $q \cdot \frac{p}{F} = q \cdot r = 0,0000444 \cdot v + 0,0000943 \cdot v^2$ и

$$v = \sqrt{0,055422 + 1060 \cdot q \cdot r} - 0,2354 \text{ или}$$

$$v = 103 \sqrt{q \cdot r} - 0,235 \text{ приблизительно.}$$

Если положить $\alpha = 0$ и принять среднюю величину $\beta = 0,0001382$, или $\beta_1 = 0,0088$, то

$$q \cdot r = 0,0001382 \cdot v^2 = 0,0088 \frac{v^2}{2g} \text{ и } v = 85 \sqrt{q \cdot r} = 85 \sqrt{\frac{q \cdot F}{p}}.$$

Средняя величина для отношенія $\frac{p}{F}$ обыкновенно принимается равною $\frac{2,8}{\sqrt{F}}$.

Въ этихъ уравненіяхъ, какъ мы уже видѣли, уклонъ, или паденіе, $q = \frac{h}{l} = \frac{H}{L}$; онъ равенъ $\frac{h}{l}$, когда разсматриваютъ его на протяженіи l , т.-е. той только части теченія рѣки, къ которой можетъ быть прилагасямо уравненіе движенія воды; и $q = \frac{H}{L}$, когда паденіе разсматривается на всей длинѣ теченія рѣки, не принимая въ расчетъ измѣненія уклона въ промежуточныхъ частяхъ теченія рѣки. Но когда говорить вообще о величинѣ паденія рѣкъ, то уклонъ рѣки у насъ обыкновенно выражаютъ числомъ футовъ на версту длины теченія рѣки. Такимъ образомъ вышеприведенные для рѣки По уклоны могутъ быть выражены:

Отъ истоковъ на Визо до Салюццо	173,3 ф. на версту или дробями:	$\frac{1}{23,2} = 0,0495$
- Салюццо до Турина	7,2 " " " " "	$\frac{1}{426,54} = 0,00205$
- Турина до Павія	2,6 " " " " "	$\frac{1}{1347,41} = 0,00074$

Отъ Пави до Пиаченцы	1,7 ф. на версту или дробями:	$\frac{1}{2031,25} = 0,00049$
„ Пиаченцы до Кремоны	1.9 „ „ „ „ „	$\frac{1}{1800} = 0,00056$
„ Кремоны до Мантуи	0,52 „ „ „ „ „	$\frac{1}{6762,71} = 0,00015$
„ Мантуи до Феррары	0,97 „ „ „ „ „	$\frac{1}{3595,9} = 0,00027$
и отъ Феррары до устья	0,2 „ „ „ „ „	$\frac{1}{17500} = 0,000057$

Тогда какъ общее ея паденіе на всё 625 верстъ теченія составляетъ 6400 футовъ, или 10,24 футовъ на версту.

Малыя рѣки и рѣчки большею частію имѣютъ паденіе значительнѣе сравнительно съ главной рѣкой, въ которую онѣ впадаютъ, такъ какъ обыкновенно сълоны бассейновъ въ верховьяхъ рѣкъ бываютъ круче. Въ горныхъ странахъ эта разность уклоновъ малыхъ и большихъ рѣкъ бываетъ значительнѣе, чѣмъ въ плоскихъ, какова Европейская Россія, но и у насъ эта разница всетаки значительна. Хотя изъ примѣра р. По видно, что уклонъ на всей длинѣ теченія нисколько не выражаетъ собою характера теченія въ промежуточныхъ частяхъ рѣки, такъ какъ величина уклоновъ непрерывно мѣняется съ измѣненіемъ характера мѣстности, въ которую вступаетъ теченіе рѣки, но однако общій уклонъ на всей длинѣ теченія всетаки характеризуетъ нѣкоторымъ образомъ рѣку относительно быстроты ея теченія.

Мы уже выше замѣчали, что средняя скорость теченія большинства рѣкъ составляетъ около 3-хъ футовъ въ секунду; но р. Рона, принадлежащая въ числу самыхъ быстрыхъ изъ большихъ рѣкъ въ Европѣ, между Лиономъ и Авиньономъ имѣетъ среднюю скорость теченія отъ 5 до 8 футъ въ секунду, а во время высокихъ водъ эта скорость доходитъ слишеюмъ до 13 футовъ въ секунду. Рейнъ около Страсбурга, имѣющій уклонъ въ 0,00061, или около 2,1 фут. на версту, въ мелководье течетъ со скоростью 5 фут.; въ среднемъ состояніи водъ — со скоростью 7 фут. и въ половодье — со скоростью 9,35 фут. Средняя же скорость его теченія между Базелемъ и Кельномъ составляетъ около 4,55 въ секунду.

Такимъ образомъ изъ рѣкъ, берущихъ начало на большихъ высотахъ:

р. По	имѣетъ на всемъ теченіи паденіе	10,24 фут. на версту;
„ Рона ¹⁾	„ „ „ „ „	7,5 „ „ „
„ Дунай	„ „ „ „ „	1,27 „ „ „
„ Волга	„ „ „ „ „	только 0,15 „ „ „

такъ какъ высота ея истоковъ находится только на 633 фут. выше уровня Каспійскаго моря.

Высота уровня Ладожскаго озера близъ истока р. Невы, выше уровня Финскаго залива въ его вершинѣ, въ лѣтнее спокойное время,

¹⁾ Вся длина теченія Роны составляетъ 806 вер.; ея источники находятся на высотѣ около 6000 ф. на С. Готардѣ, между Фуркой и Гримзелемъ.

на 59 фут. 10 дюйм., или на 59,8 фут., по нивелировкѣ Шуберта. Горизонтъ озеръ выше горизонта Ладожскаго озера: Онежскаго на 200 футовъ; Ильменя — на 48 фут., Сайма — на 200 фут. Длины теченія рѣкъ: Невы 60 верстъ, р. Свири—200 верстъ, р. Волхова—200 верстъ и р. Вуоксы, вытекающей изъ озера Сайма и впадающей въ Ладожское озеро 150 верстъ. А потому паденіе этихъ рѣкъ составляетъ: р. Невы около 1 фута на версту теченія; р. Свири 1 футъ, р. Вуоксы 1,33 фута и р. Волхова 0,24 фута.

Паденіе же малыхъ рѣкъ: р. Москвы 8 фут., р. Свѣчи 8,3 фут. (по нашимъ личнымъ измѣреніямъ), а по измѣреніямъ гг. Панаева и профессора Борисяка ¹⁾: р. Рогани 8 фут., р. Студенокъ 9 фут., р. Голая Долина 10 фут., р. Ковсюги 12 фут. и р. Камышной 6 фут. на версту ²⁾.

1) Докучаевъ. Образованіе рѣчныхъ долинъ.

2) Длина теченія отъ истоковъ до устья, по прямому направленію, величайшей изъ рѣкъ на земномъ шарѣ, Амазонки, составляетъ 5.000 верстъ, со всѣми же своими притоками она даетъ до 50.000 верстъ воднаго пути доступнаго паруснымъ и паровымъ судамъ: фрегаты могутъ подниматься по ней вверхъ на 4.000 верстъ. Она такъ широка, что въ нѣкихъ мѣстахъ теченія съ середины рѣки не видно обоеихъ береговъ; при своемъ устьѣ она имѣетъ 300 верстъ ширины. Глубина ея въ нѣкихъ мѣстахъ простирается до 50 саженой.

Глубина Миссисипи весьма измѣнчива; наибольшая, при высокостоящей водѣ простирается до 24 саженой. По словамъ *Форриса* средняя скорость теченія при поверхности немного болѣе 3,3 фута въ секунду, когда вода стоитъ на средней высотѣ. На пространствѣ 450 верстъ выше Новаго Орлеана, длина, измѣренная по извилинамъ рѣки, превосходитъ почти вдвое разстояніе по прямой линіи. На протяженіи первыхъ 15⁰ верстъ отъ устья, величина паденія равняется 1,19 дюймовъ на версту; на слѣдующихъ 150 верстахъ — 1,33 дюйма на версту, на слѣдующихъ 150 верстахъ — 1,58 дюйма на версту; на слѣдующія 150 верстъ — 1,70 дюймовъ и т. д. Изъ нашихъ большихъ рѣкъ самая быстрая это Ангара; она течетъ со скоростью почти 20 верстъ въ часъ или 19,44 ф. въ секунду, такъ какъ на 60 верстахъ, отъ истока изъ озера Байгала до Иркутска, имѣетъ болѣе 400 футовъ паденія, или 6,67 фут. на версту. Ширина ея на этомъ протяженіи около 2 верстъ. Въ озеро Байгаль впадаютъ до 200 рѣкъ и рѣчекъ, а изъ него вытекаетъ лишь одна Ангара.

ГЛАВА VI.

РАЗЛИЧНЫЯ ИЗМѢНЕНІЯ ПРОИСХОДЯЩІЯ ВЪ РѢКАХЪ.

19. Разливы рѣкъ. — Уровень воды въ рѣкахъ почти постоянно колеблется отъ измѣненія количества протекающей въ рѣкѣ воды. А измѣненіе количества, или объема, протекающей воды находится въ зависимости, какъ отъ количества выпадающаго дождя, такъ и отъ времени года. Въ шпротахъ средней Россіи половодье бываетъ главнымъ образомъ весною, во время таянія снѣговъ; но случаются лѣтнія и осеннія половодья, которыя по величинѣ иногда не уступаютъ весеннимъ половодьямъ, отъ грозovýchъ ливней, или продолжительныхъ, затяжныхъ дождей. Хотя очень рѣдко, но случаются половодья въ декабрѣ, вслѣдствіе сильныхъ оттепелей и дождей. Напримѣръ въ Смоленской губерніи бываютъ такъ называемыя Петровскіе паводки (половодье около Петрова дня или Казанской, т.-е. около 29 іюня и 8 іюля), случающіеся чаще около 1-го іюля и вообще между 25 іюня и 15 іюля; но эти паводки иногда и не бываютъ; чаще они не велики, но иногда не уступаютъ по величинѣ весеннимъ разливамъ. Въ концѣ іюля и въ первой половинѣ августа случаются паводки отъ грозovýchъ ливней; въ сентябрѣ и октябрѣ иногда отъ продолжительныхъ, затяжныхъ дождей.

Мелководье же бываетъ чаще отъ конца мая до конца іюня, частію въ іюлѣ, часто въ августѣ и затѣмъ зимою въ январѣ, февралѣ и началѣ марта. „На Уралѣ, говоритъ г. *Рожковъ*, зима продолжается ровно полгода и почвы, питающія водою болота и всѣ источники и потоки, не исключая иногда и русла главной рѣки, промерзаютъ совершенно, вслѣдствіе чего притокъ воды останавливается иногда на довольно продолжительное время и заводы поставлены въ необходимость пользоваться запасами воды скопленными осенью въ прудахъ“. Въ горныхъ странахъ, во время сильныхъ холодовъ, многіе ручьи промерзаютъ до самаго дна и по центральному руслу долины бѣгутъ иногда лишь тонкая струя воды. Въ средней Россіи хотя небольшія даже рѣчки не промерзаютъ совершенно и въ продолженіе всей зимы имѣютъ по тѣмъ мѣсяцъ теченіе, но однако объемъ протекающей въ нихъ воды въ зимніе мѣсяцы, осо-

бенно если январь и февраль мѣсяцы бываютъ очень морозные, значительно уменьшается.

Мы уже отчасти указывали вліяніе характера бассейна рѣки на ея разливы. Проницаемость или непроницаемость почвъ бассейна, большая или меньшая его лѣсистость, болѣе отлогіе или болѣе крутые его скаты, имѣютъ главное вліяніе на меньшую или большую высоту разлива и на большую или меньшую его продолжительность. Въ нашемъ климатѣ, вслѣдствіе промерзанія почвы почти на 2 арш. глубиною, бассейнъ рѣки дѣлается непроницаемымъ почти въ теченіе 5—6 мѣсяцевъ, хотя бы въ лѣтнее время онъ и былъ проницаемымъ. Затѣмъ всѣ атмосферные осадки, падающіе въ зимнее время, остаются на поверхности бассейна и скопляются на немъ въ видѣ снѣга до весенняго его таянія. Если зимою иногда случается оттепель и дождь, то снѣгъ только уплотняется и частію затѣмъ превращается въ ледъ, но влага всетаки не просачивается въ замерзшую почву. Только въ рѣдкихъ случаяхъ, когда безъ предварительныхъ морозовъ выпадаетъ довольно глубокій снѣгъ, онъ предохраняетъ землю отъ замерзанія, тогда почва всю зиму остается чаще совершенно талою и слѣдовательно можетъ быть проницаемою. Мы выше видѣли, что изъ годового количества атмосферныхъ осадковъ снѣгъ (обращенный въ воду) составляетъ $\frac{1}{4}$ часть. Но конечно эта пропорція мѣняется, такъ какъ бываютъ зимы многоснѣжныя и малоснѣжныя. Такимъ образомъ, если годовой слой атмосферныхъ осадковъ составляетъ для даннаго мѣста, напримѣръ, 20 дюймовъ, то изъ него $\frac{1}{4}$, или слой въ 5 дюймовъ толщиною воды, запасается въ видѣ снѣга на поверхности бассейна въ зимніе мѣсяцы. Поэтому величина разлива и быстрота или продолжительность его будутъ зависѣть отъ того, въ теченіе какого времени весь этотъ слой снѣга превратится въ воду. Иногда, при очень большомъ запасѣ снѣга, но когда таяніе его происходитъ постепенно, задерживаемое лѣспетостью бассейна, или утренниками, т.-е. небольшими ночными морозами, разливъ бываетъ не высокій, но продолжительный; но когда таяніе всей массы снѣга происходитъ быстро, какъ это напримѣръ случилось въ 1879 году въ юго-западныхъ уѣздахъ Смоленской губерніи, гдѣ весь зимній запасъ снѣга былъ превращенъ въ воду въ теченіе только трехъ дней, вслѣдствіе теплыхъ дождей, тогда разливъ бываетъ быстръ и чрезвычайно высокъ. Старожилы не помнили другаго столь большаго разлива, — какъ разливъ весною 1879 года.

Еще *Бюффонъ* замѣтилъ, что высота разлива, или подъема воды во время половодья, бываетъ обыкновенно больше въ верхнихъ частяхъ рѣки чѣмъ въ нижнихъ, ближайшихъ къ ея устью. Онъ ссылается въ этомъ отношеніи, между прочимъ, на замѣчаніе *Кастелли*, что высота береговыхъ плотинъ, удерживающихъ разливы р. По. идетъ уменьшаясь до самаго моря. Такъ что у Феррары, находящейся въ 50—60 миляхъ отъ моря, плотины имѣютъ до 20 футовъ высоты надъ ординаромъ р. По, тогда какъ ниже по теченію, за 10—12 миль отъ моря, высота плотинъ уже менѣе 12-ти футовъ, хотя регулированное русло рѣки

тамъ такой же ширины какъ и въ Феррарѣ (?) Онъ приписывалъ это явленіе тому, что по его мнѣнію, скорость теченія во время разлива увеличивается до самаго впаденія рѣки въ море ¹⁾).

Фактъ, замѣченный *Бюбфономъ*, подтверждается всѣми послѣдующими наблюденіями; т.-е. что во время разлива уровень воды поднимается значительно болѣе въ верховьяхъ рѣки, затѣмъ уменьшается въ среднемъ теченіи и убываетъ еще значительно по мѣрѣ приближенія теченія большой рѣки къ морю. Но причиной этому явленію самый разливъ, который, во-первыхъ, наполняетъ всѣ углубленія и болота въ геологической долинѣ, до которыхъ доходитъ разливъ рѣки, простирающійся иногда на значительныя разстоянія въ стороны; во многихъ мѣстахъ разлива, вода задерживается, застаивается и уже не продолжаетъ дальнѣйшаго теченія; во-вторыхъ значительное количество воды на пути разлива просачивается въ почву, теряется испареніемъ на большой поверхности разлива и поглощается прибрежными растеніями, особенно во время лѣтнихъ разливовъ, а также и во время весеннихъ въ странахъ съ болѣе теплымъ климатомъ. Напримѣръ, средній уровень разлива р. Нила постепенно понижается отъ Ассуана, гдѣ онъ достигаетъ 53—56 футовъ высоты, до Розеты и Даміеты, гдѣ онъ не превышаетъ 3,3 фута высоты. Р. Миссисипи представляетъ также замѣчательный примѣръ этого явленія: въ 1858 году эта испанская рѣка, начиная отъ устья Огайо, несла объемъ воды въ секунду 39.725 куб. метр., а въ то же время у Батонъ-Ружъ несла только 35.050 куб. метровъ, не смотря на то, что послѣ соединенія съ Огайо, она принимаетъ въ себя Арканзасъ, Иозу и другія громадныя, въ сравненіи съ Европейскими рѣки. Слѣдовательно объемъ воды въ 4.675 куб. метровъ въ секунду и превосходящій почти въ 19 разъ объемъ воды протекающей въ р. Сенъ, исчезаетъ въ пути ²⁾).

А большая высота разлива въ верховьяхъ рѣкъ ведетъ къ другому явленію, именно что большинство рѣкъ вскрывается отъ льда прежде въ верховьяхъ, а потомъ позже и позже внизъ по теченію. Высокій разливъ приподнимаетъ ледъ, нарушаетъ его связь съ берегами, ломаетъ и несетъ внизъ по теченію; двигающійся сверху ледъ, вмѣстѣ съ прибывающей водой, ломаютъ и приводятъ въ движеніе ледъ, лежащій ниже по теченію. Обратное явленіе происходитъ только въ рѣкахъ, имѣющихъ длинное теченіе и текущихъ съ сѣвера на югъ; здѣсь рѣка освобождается отъ льда сначала въ низовьяхъ, вслѣдствіе лишь климатическихъ условій. Такъ. Волга вскрывается отъ льда прежде въ Астрахани и Царицынѣ чѣмъ въ Казани или Нижнемъ Новгородѣ; Днѣпръ вскрывается прежде въ Кременчугѣ и Кіевѣ, чѣмъ въ Смоленскѣ. Въ Невѣ же ледоходъ всегда начинается прежде отъ Шлиссельбурга. Раннимъ лѣтомъ, говорятъ *Гартонъ*, Обь и ея притоки ломаютъ свои ледяныя

¹⁾ См. гл. XXIV ст. 73 3-й части.

²⁾ Рѣка Сена при средней ширинѣ въ 130 метровъ и при средней глубинѣ въ 1,5 метра, несетъ объемъ воды въ секунду около 130 куб. метровъ. Средній же объемъ протекающей въ ней воды, съ 1807 по 1836 годъ, въ Парижѣ составлялъ 249 куб. метровъ

узы... гораздо ранѣе того времени, когда при устьѣ массы льда приходятъ въ движеніе, съ верховьевъ рѣки стремятся сюда воды покрытыя льдинами и находятъ русло рѣки запертымъ; тогда онѣ поднимаются и разливаются въ ширь и даль по низкимъ берегамъ. Можно себѣ вообразить какъ медленно стекаютъ воды съ промерзшаго берега; хотя на Оби мало что можно испортить, но наводненіе, если вода необыкновенно высока, составляетъ источникъ скорби и безпокойства для бѣдныхъ береговыхъ жителей¹⁾). Наводненія же во время разливовъ р. По, протекающей по самой роскошной въ Европѣ Ломбардской долинѣ, или наводненія рѣки Луары, приносятъ убытки въ сотни милліоновъ рублей.

Ледоходъ, начинающійся съ верховья рѣки, иногда производитъ въ рѣкѣ *заторы* или *зажоры* (*зажѣры*), т.-е. скопленіе льда въ такой степени, что онъ образуетъ изъ себя какъ бы плотину и почти прерываетъ теченіе рѣки. Такъ напр. въ Прагѣ, на р. Молдавѣ, образовавшіеся ледяные заторы, угрожавшіе наводненіемъ, нѣсколько лѣтъ тому назадъ, разрушали пушечными выстрѣлами; на р. Вислѣ, выше Варшавы, прошедшею весною были посылаемы саперы для уничтоженія образовавшихся заторовъ взрывомъ динамита.

„Въ 1858 году, говоритъ г. *Андреевъ*, по вскрытіи Невы, сильнымъ сѣверо-восточнымъ вѣтромъ нагнало льду изъ Ладожскаго озера въ Неву такое количество, что онъ массою скопился у Красныхъ Сосенъ и сдѣлалъ сильнѣйшій заторъ, который образовалъ собою плотину и заградилъ теченіе рѣки. Вода около Шлиссельбурга, на истогахъ Невы, поднялась весьма высоко, — такого подъема не помнили и старожилы; ниже же мѣстности Красныхъ Сосенъ, вода упала до удивительно низкаго уровня. Жители, по осушенному ложу рѣки, находили много якорей, цѣпныхъ канатовъ и свободно вывезли на лопадняхъ желѣзо, утонувшее съ баркою около пороговъ въ 1824 году. Въ самыхъ же порогахъ, русло рѣки такъ ссузилось, что похоже было на весьма маленькую рѣчку. Къ сожалѣнію, не отъ кого было узнать о продолжительности такого явленія и о мѣрѣ паденія рѣки“²⁾). Около 1830-хъ годовъ, сильная оттепель и дожди въ декабрѣ мѣсяцѣ, подняли сильно воду въ р. Москвѣ, которая въ то время уже была покрыта льдомъ, и на ней начался ледоходъ, какъ во время весенняго разлива. Но затѣмъ быстро послѣдовали сильнѣйшіе морозы, которые захватили рѣку въ разливѣ съ ледоходомъ. Высота разлива упала совершенно менѣе чѣмъ въ два дня и по рѣкѣ образовалось множество ледяныхъ заторовъ. Лдины громоздились одна на другую во время быстрой убыли разлива, становились на ребро и смерзались между собою образуя мѣстами цѣлыя ледяныя горы. Въ такомъ видѣ ледъ оставался на рѣкѣ до самой весны³⁾).

1) Природа и человекъ на крайнемъ Сѣверѣ. Гартвига. Перев. съ нѣмец. Усова. Москва, 1866 г., изд. 2, стр. 132.

2) Ладожское озеро. А. П. Андреева, стр. 152.

3) Въ то время какъ мы пишемъ эти строки, въ № 41 газеты „Голосъ“ 10 февраля 1880 г. напечатана слѣдующая корреспонденція изъ Радома отъ 4 февраля: „Я уже сообщалъ вамъ, что на Вислѣ, вблизи Сандомира, не далеко отъ Австрійской границы, во

Въ средней Россіи большинство рѣкъ вскрывается весною около половины марта и тогда на большихъ и среднихъ рѣкахъ начинается ледоходъ; на малыхъ рѣчкахъ ледохода почти не бываетъ, такъ какъ небольшое количество льда, покрывающаго ихъ небольшія русла, въ самомъ началѣ разлива, во время его подъема, разбрасывается на берега, гдѣ ледъ, по кратковременности разлива малыхъ рѣчекъ обсыхаетъ и таетъ. Вскрытіе малыхъ рѣчекъ начинается иногда недѣлю раньше вскрытія рѣкъ средней величины, а большихъ рѣкъ — двумя и тремя недѣлями позже малыхъ. На большихъ рѣкахъ половодье продолжается нѣсколько недѣль, тогда какъ на малыхъ оно продолжается отъ одного до трехъ или шести дней, смотря по величинѣ рѣчки и главное въ зависимости отъ свойства бассейна. Въ бассейнахъ лѣсныхъ и странахъ плоскихъ, разливъ рѣкъ происходитъ постепенно, высота разлива невелика, но онъ бываетъ продолжителенъ; въ мѣстностяхъ же безлѣсныхъ, открытыхъ и волнистыхъ, гдѣ склоны бассейна круты, разливъ наступаетъ быстро но продолжается не долго; подъемъ воды, или высота разлива и скорость потока въ этого рода бассейнахъ бываютъ значительнѣе чѣмъ въ странахъ плоскихъ и въ особенности лѣсныхъ. Въ горныхъ странахъ, когда снѣга начинаютъ таять отъ дѣйствіи весен-

времени бывшихъ въ декабрѣ оттепелей образовался огромный заторъ во всю ширину рѣки, задержавшій течение. Рѣка выступила вслѣдствіе того изъ береговъ и затопила окрестности на огромное разстояніе. Наступившіе потомъ, послѣ оттепелей, сильные морозы, какъ бы закрѣпили образовавшійся заторъ, который можетъ причинить здѣсь большія несчастія⁴. Затѣмъ корреспонденція говоритъ, что по соглашенію съ Австрійскимъ правительствомъ отправлены съ нашей и Австрійской стороны спеціальныя команды саперъ-минеровъ и артиллеристовъ для уничтоженія затора.

Въ концѣ января прибыли саперы и тотчасъ же приступили къ работамъ вблизи деревни Камень-Медвѣскаго. На первый разъ заложили 7 минъ одна отъ другой на разстояніи десяти сажень, употребивъ на это 9 пудовъ пороку и сверхъ того динамитъ. Оказалось, что толщина льда во многихъ мѣстахъ была болѣе сажени, при глубинѣ рѣки болѣе 2-хъ сажень, на отмеляхъ рѣка промерзла до дна. Первый взрывъ хотя былъ очень удаченъ, но остался безъ всякихъ послѣдствій для уничтоженія затора; надъ каждою взорванной миною ледъ былъ сломанъ и взлетѣлъ на воздухъ на пространствѣ отъ 6 до 10 кв. сажень, но теченіе рѣки было такъ медленно, что взорванный ледъ упавъ обратно въ рѣку остался на мѣстѣ, а такъ какъ тогда стояли большіе морозы, то черезъ часъ послѣ взрыва ледъ снова образовалъ плотную массу.

Эти первые опыты показали, что при сильныхъ морозахъ взрывы для уничтоженія затора будутъ совершенно бесполезны, поэтому предполагается отложить работы до болѣе теплой погоды. По мнѣнію! извѣстныхъ спеціалистовъ взрывы могутъ быть полезны для уничтоженія затора въ такомъ только случаѣ, если морозы будутъ не выше 2° Р., а между тѣмъ теперь стоятъ у насъ морозы въ 14—20° и болѣе. Заторъ же принимаетъ все большіе и большіе размѣры, теперь онъ образовался на протяженіи около 7 верстъ.

Австрійскіе инженеры также повели было работы и съ своей стороны и для взрывовъ употребляли исключительно одинъ динамитъ и притомъ въ большомъ количествѣ, но и ихъ работы были совершенно бесполезны для дѣла, по той же самой причинѣ, какъ и у насъ, т.-е. вслѣдствіе сильнаго мороза. Въ то время какъ въ Сантшпирѣ морозъ не менѣе 15° Р. и Висла стоитъ подъ толстымъ ледянымъ покровомъ, та же самая Висла, не много ниже, верстъ на 200 южнѣе почти свободна отъ льда. По крайней мѣрѣ по словамъ Краковской газеты, у Кракова Висла почти не покрыта льдомъ⁴.

няго солнца и дождей, когда лавины снѣга спускаются и падаютъ съ горъ, потокъ усиливается изливаящимися въ него со всѣхъ сторонъ водами, быстро превращается въ огромную рѣку, скорость теченія которой доходитъ иногда, по словамъ *Сюреля*, до 46 футовъ въ секунду или до 50 верстъ въ часъ. Онъ широко разливается въ долинахъ и часто уноситъ съ собою деревья, камни, цѣлыя массы земли и иногда хижины. Въ ущельяхъ, напротивъ, не имѣя возможности увеличиваться въ ширину, онъ дѣлается болѣе глубокимъ, такъ что уровень его поднимается иногда на 60, 100 и даже 130 футовъ. Это явленіе можно видѣть въ узкихъ Альпійскихъ ущельяхъ, питаемыхъ снѣгами Монъ-Блана и Монъ-Розы. Сезія, Дора и многіе изъ ихъ притоковъ, до спуска въ долину, протекаютъ по мрачнымъ горнымъ ущельямъ съ большимъ уклономъ русла; здѣсь жидкая масса, глубина которой во время разливовъ превосходитъ въ десятеро и болѣе ширину, летитъ внизъ съ быстротою лавины.

Инженеръ *Белграндъ* (*Belgrand*) ¹⁾ изслѣдовавшій спеціально разливы рѣкъ во Франціи, даетъ слѣдующія указанія относительно явленій разливовъ: 1) Разливъ малыхъ быстрыхъ потоковъ съ непроницаемымъ бассейномъ обыкновенно очень высокъ; продолжительность разлива очень невелика, рѣдко больше одного или двухъ дней. Разливъ малыхъ, спокойныхъ потоковъ съ проницаемымъ бассейномъ вообще не высокъ, но очень продолжителенъ, всегда болѣе пятнадцати дней. Разливъ потока раздѣляется на двѣ части: за высокимъ и кратковременнымъ разливомъ, во время котораго стекаютъ быстрыя воды, слѣдуетъ разливъ болѣе продолжительный, во время котораго проходятъ болѣе спокойныя воды. Въ бассейнѣ слѣдуетъ различать главную рѣку и ея притоки; если бассейнъ непроницаемый и устанавливается продолжительный дождь, разливъ главной рѣки увеличивается при каждомъ притока разливомъ этого притока. Но если дождь не продолжается, то высокій разливъ каждаго притока, продолжающійся одинъ или два дня, приходитъ въ главную рѣку прежде ея высокаго разлива; онъ бываетъ въ теченіе не болѣе 48 часовъ и высокій разливъ главной рѣки можетъ еще и не придти въ то мѣсто, въ которомъ высокій разливъ притока уже совершенно прошелъ.

2) Въ долинѣ каждой рѣки съ непроницаемымъ бассейномъ есть мѣсто, въ которомъ разливы притоковъ увеличиваются. Это то мѣсто, пройдя которое разливы притоковъ успѣваютъ пройти прежде чѣмъ : приходитъ разливъ главной рѣки. Это мѣсто находится тѣмъ ниже по теченію рѣки, чѣмъ верхній бассейнъ рѣки гористѣе; скорость прохода воды увеличивается весьма быстро съ увеличеніемъ склона бассейна. Такимъ образомъ въ Бекъ-д'Алье (*Bec d'Allier*) разливъ Луары приходитъ только тогда, когда разливъ рѣки Алье уже прошелъ; благодаря этому естественному условію, разливы этихъ двухъ большихъ потоковъ не совмѣщаются.

3) Въ большой и быстрой рѣкѣ чрезвычайный разливъ можетъ

¹⁾ Генералъ — инспекторъ Путей Сообщенія и членъ Парижской Академіи Наукъ.

быть слѣдствіемъ особаго, случайнаго метеорологическаго явленія, дѣйствующаго на ограниченную часть бассейна рѣки. Луара представляетъ часто подобное явленіе: въ Сомюрѣ можетъ произойти разрушительное наводненіе отъ разлива притоковъ, впадающихъ въ нее ниже города Тура, тогда какъ въ Роаннѣ разливъ, въ то же время, можетъ быть весьма умѣренный.

4) Продолжительность разливовъ быстрыхъ рѣкъ увеличивается отъ истоковъ къ устью. Этотъ законъ вытекаетъ изъ того, что по близости истоковъ быстрый разливъ спадаетъ въ 24 или 48 часовъ, тогда какъ въ нижнихъ частяхъ бассейна разливы притоковъ приходятъ одинъ за другимъ и сливаясь вмѣстѣ образуютъ общій, непрерывный разливъ.

5) Въ проницаемомъ бассейнѣ спокойнаго потока, наибольшій разливъ этого главнаго потока, соединяется, при каждомъ притокаѣ, съ наибольшимъ разливомъ каждаго спокойнаго притока. Дѣйствительно, такъ какъ разливъ каждаго спокойнаго потока продолжается до 15 дней, то всѣ разливы сливаются между собою на всемъ протяженіи бассейна.

Такимъ образомъ въ проницаемыхъ бассейнахъ разливы всѣхъ потоковъ совпадаютъ, или сливаются между собою; но продолжительность этихъ разливовъ не увеличивается по мѣрѣ удаленія отъ верховьевъ къ устью бассейна, какъ это происходитъ въ непроницаемыхъ бассейнахъ.

Въ большихъ рѣкахъ рѣдко встрѣчается чтобы ихъ бассейнъ былъ весь проницаемый или непроницаемый; чаще же бываетъ, что нѣкоторые притоки главной рѣки текутъ въ бассейнахъ непроницаемыхъ, а другіе въ проницаемыхъ, равно какъ и сама главная рѣка. Въ такомъ случаѣ рѣка не можетъ быть отнесена, ни къ числу быстрыхъ, ни къ числу тихихъ, или спокойныхъ, и будетъ имѣть характеръ смѣшанный. Когда непроницаемыя почвы въ бассейнѣ значительно преобладаютъ надъ проницаемыми, то въ послѣднихъ можно не принимать во вниманіе разливовъ ихъ спокойныхъ водъ, которыя проходятъ тогда, когда разливы быстрыхъ потоковъ съ непроницаемыхъ бассейновъ уже прошли. Этому послѣднему характеру отвѣчаетъ р. Луара. Напротивъ, въ бассейнѣ р. Сены проницаемыя почвы преобладаютъ надъ непроницаемыми (въ отношеніи какъ 59.210 кв. километровъ къ 19.440 кв. километр.) въ пропорціи почти какъ 3 : 1; вслѣдствіе чего р. Сена представляетъ характеръ средній между быстрымъ и спокойнымъ потокомъ. А потому въ ней и подобныхъ ей рѣкахъ:

6) Разливы быстрыхъ притоковъ, при слияніи съ главной, болѣе спокойной рѣкой, приходятъ всегда первыми.

7) Въ случаѣ послѣдовательныхъ разливовъ, слѣдующихъ одинъ за другимъ чрезъ небольшіе промежутки времени, такъ какъ продолжительность разливовъ малыхъ быстрыхъ рѣкъ очень не велика, то одинъ разливъ обыкновенно уже всегда пройдетъ, когда приходитъ другой, такъ что они не совпадаютъ.

8) Въ большихъ, быстрыхъ рѣкахъ, совпаденіе быстрыхъ послѣдовательныхъ разливовъ бываетъ возможно, но случается рѣдко. Во всякомъ случаѣ эти совпаденія не происходятъ во время особенно боль-

шихъ, экстраординарныхъ разливовъ, которые зависятъ отъ исключительныхъ метеорологическихъ явленій, не повторяющихся часто и чрезъ малые промежутки времени.

9) Напротивъ, совпаденіе послѣдовательныхъ разливовъ всегда бываетъ въ спокойно текущихъ рѣкахъ. Эти разливы совпадаютъ въ теченіе одного или двухъ мѣсяцевъ и повышеніе воды возрастаетъ постоянно.

10) Экстраординарные разливы спокойно текущихъ рѣкъ происходятъ всегда только вслѣдствіе особенныхъ метеорологическихъ явленій.

11) Въ рѣкахъ смѣшаннаго характера, т.-е. съ притоками быстрыми и тихими, первый быстрый разливъ проходитъ одинъ, не совпадая съ другими; но быстрые послѣдовательные разливы могутъ совпасть съ предшествующими разливами тихихъ и спокойныхъ притоковъ. Такъ что наибольшій разливъ рѣки смѣшаннаго характера обыкновенно соответствуетъ быстрому разливу, приходящему вслѣдъ за рядомъ послѣдовательныхъ разливовъ.

Инженеръ *Дюпюи* (Dupuit) замѣчаетъ, что разливы рѣкъ происходятъ отъ различнаго соединенія разливовъ ихъ притоковъ: когда притоки многочисленны и находятся въ различныхъ метеорологическихъ условіяхъ, число соединеній, которыя они могутъ представить, весьма велико. Если для каждаго притока выразимъ измѣняющійся объемъ воды цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, то каждое изъ этихъ чиселъ можетъ соединиться съ однимъ или другимъ изъ шести чиселъ, составляющихъ переменное состояніе водъ другихъ притоковъ; что можетъ дать большее число различныхъ соединеній. Кто можетъ сказать, что до сихъ поръ всѣ возможныя соединенія уже случились? Кто въ особенности можетъ сказать, что соединеніе, могущее дать наивысшій разливъ, уже когда нибудь осуществилось?

Изъ предыдущаго мы можемъ видѣть, какъ различны бываютъ характеры рѣкъ относительно разливовъ и какое огромное вліяніе оказываетъ на разливы свойство бассейновъ главной рѣки и ея притоковъ. Такъ на примѣръ, р. Сена въ высотѣ своихъ разливовъ довольно постоянна; по свидѣтельству императора Юліана, 1500 лѣтъ тому назадъ, она имѣла у Парижа во всѣ времена года одинаковый уровень; но въ настоящее время разность ея уровней въ мелководье и половодье составляетъ уже около 33 футовъ.—Тѣмъ не менѣе высота ея разливовъ довольно постоянна; самые высокіе разливы р. Сены, отнесенные къ нулю шкалы Турнельскаго моста, составляли:

Въ февралѣ 1649 года—	7,66	метровъ	25 января 1651 года—	7,83	метра.
27 февраля 1658	„	8,81	„	января 1690	„ 7,55 -
— мартъ 1711	„	7,62	„	декабръ 1740	„ 7,90 -
— февралъ 1764	„	7,33	„	3 января 1802	„ 7,32 -

Тогда какъ непостоянство высотъ разливовъ р. Луары колеблется весьма много. Наводненія, происходяція иногда во время разливовъ этой рѣки, составляютъ настояція бѣдствія. Такъ, наводненіе 1846 года произвело убытку до 40 милліоновъ франковъ; а разливъ Луары въ 1856 году, разорилъ край, снесъ всѣ дороги и плотины и много домовъ,

уничтожилъ посѣвы и причинилъ убытку на 172 милліона франковъ. Разливы р. Роны въ послѣднее время сдѣлались также разрушительныѣ. Рѣчки Ду, Эріе и Ардешъ, притоки Роны, могутъ дать нѣкоторое понятіе о быстротѣ прибыли воды во время разлива, говоритъ *Реклю*. Эти рѣчки, которыя въ обыкновенное время спокойно текутъ по скалистому дну и несутъ въ Рону всѣ вмѣстѣ не болѣе 200 куб. метровъ воды, 10 сентября 1857 года принесли въ эту рѣку 14.000 куб. метровъ, т.-е. массу воды болѣе чѣмъ Гангъ и Евфратъ взятые вмѣстѣ изливаютъ въ море. Поднявшись на 15 и даже на 18 метровъ (около 70 футовъ, или 10 саж.) противъ своего обыкновеннаго уровня и затопивъ свои долины, эти рѣчки смыли посѣвы и въ одинъ день сорвали съ корня нѣсколько тысячъ деревьевъ, такъ что вся поверхность Роны, начиная отъ впаденія въ нее Эріе и Ду, была покрыта съ одного берега до другаго сплошною массою пловучаго лѣса, по которой можно было переходить черезъ рѣку.

До Орлеана, говоритъ инженеръ *Кранцъ*, всѣ притоки Луары и верхняя Луара имѣютъ въ верховьяхъ сильный уклонъ и потому воды ихъ текутъ съ большою скоростью и быстро притекаютъ въ главное русло рѣки. На 115.121 кв. километръ всей площади бассейна собственно Луары, считается около 45.000 кв. километр. непроницаемыхъ земель изъ гранита, порфира и другихъ кристаллическихъ, плутоническихъ породъ, сквозь которыя вода не проникаетъ глубоко и подъ которыми она не скопляется въ большихъ массахъ. Напротивъ, она здѣсь быстро стекаетъ по поверхности, вздуваетъ второстепенные притоки и скоро достигаетъ главной рѣки. А потому понятно, если случается такое метеорологическое явленіе, при которомъ въ два, три дня, на эту непроницаемую часть бассейна упадетъ слой дождя толщиною въ 0,1 метра (около 4 дюймовъ, что уже не разъ и бывало), то онъ принесетъ въ самое короткое время въ рѣчную долину отъ 3 до 4 милліардовъ кубическихъ метровъ воды, для стока которой уже недостаточно въ ея руслѣ тѣхъ подъемовъ уровня, которые бывають при обыкновенныхъ разливахъ. Къ счастью различныя притоки Луары, кромѣ особливыхъ случайностей, не находятся одновременно подъ вліяніемъ тѣхъ же метеорологическихъ условій. Въ этомъ отношеніи они раздѣляются на три весьма различныя группы: первая, состоящая изъ верхней Луары, Аліе и мелкихъ притоковъ выше Бель-д'Аліе, принимаетъ преимущественно воды, приносимыя южными вѣтрами; вторая группа, изъ рр. Шера, Индра, Виенны и Туэ, впадающихъ въ Луару между Туромъ и Сомюромъ, площадь бассейна которыхъ составляютъ не менѣе 600.000 кв. километр. и состоитъ на $\frac{3}{4}$ изъ почвъ проницаемыхъ, подвержена дѣйствию вѣтровъ западныхъ и сѣверо-западныхъ; третья группа, изъ рѣкъ Мэны (Maine) и Отыоны (Authion), не только не способствуетъ разливамъ Луары и не усиливаетъ разливы приходящіе съ высокихъ частей ея долины, а напротивъ, въ значительной степени умѣряетъ ихъ. Эта группа, въ періодъ восхожденія разлива, скопляетъ въ себѣ огромное количество воды, которое потомъ уже сливается въ Луару во время спада въ ней разлива.

Разливъ Луары 17 и 18 октября 1846 произошелъ въ слѣдствіе грозовыхъ дождей, которые продолжались въ Монбризонѣ съ вечера 15 до 6 часовъ утра 18 октября и которые дали слой воды въ 0,153 метра (около 6 дюйм.) высотой. Такое экстраординарное метеорологическое явленіе произвело страшное наводненіе. По измѣреніямъ инженера *Буланже* (Boulangé), воды Луары во время этого разлива поднялись до слѣдующей высоты выше самыхъ низкихъ ея водъ: въ Пертюизѣ, 17 октября, въ 6 час. вечера на 14,40 метровъ; въ Сень-Жюстѣ, 15 километровъ ниже по теченію, въ 8½ час. вечера на 7,54 метра; въ Ферѣ, 35 километровъ ниже Сень-Жюста, въ полночь съ 17 на 18 на 3,40 метровъ; въ Балбиньи, 10 километровъ ниже Фера, 18 въ 8½ час. утра на 11,37 метровъ; въ Роаннѣ, 40 километровъ ниже Балбиньи, 18—въ 6 час. утра на 7,42 метра.—При проходѣ воды чрезъ поперечную плотину Пине, высота воды была 19,79 метровъ; а при проходѣ чрезъ поперечную плотину при замкѣ Ропъ — 21,47 метровъ (70,42 фута, или слишкомъ 10 саженей). Разливъ продолжался въ Пертюизѣ только 24 часа, у плотины Пине 48 часовъ и въ Роаннѣ 90 часовъ.

Плотины Пине и Ропъ были проектированы инженеромъ *Матте*, въ 1711 году, съ цѣлю задержанія водъ во время разливовъ Луары въ верхнихъ ея частяхъ, чтобы уменьшить наводненія въ нижнихъ. Онѣ еще не были совершенно окончены, какъ уже забыли о ихъ назначеніи и часть матеріаловъ изъ плотины Пине была разобрана мѣстными жителями на свои постройки. Но въ 1869 г. плотина Пине была вполне восстановлена инженеромъ *Грефомъ* и въ тѣхъ частяхъ, которыя были возведены еще при Людовикѣ XIV.

Въ разливъ 1846 г. эти двѣ плотины, оставляющія водѣ проходъ только въ 20 метровъ шириною, тогда какъ въ естественномъ состояніи рѣка въ этихъ мѣстахъ разливалась въ ширину слишкомъ на 3000 метровъ, остановили естественное теченіе рѣки и образовали въ низкой части долины Форезъ огромный резервуаръ, въ которомъ скопились воды, не только во время возростанія разлива, но и въ періодъ его убыли. Скопленіе водъ въ этой части долины разрушило большое количество домовъ, но въ то же время на всемъ пространствѣ затопленія отложило довольно толстый слой плодороднаго ила; такъ что, въ концѣ концовъ, теперь признано, что между Ферскимъ мостомъ и плотиною Пине, наводненіе принесло больше пользы чѣмъ сдѣлало вреда. По измѣреніямъ и вычисленіямъ *Буланже*, во время этого наводненія объемъ воды задержанный плотиною Пине до Ферскаго моста, простирался до 131.000.000 куб. метра, а затопленная долина задержала въ себѣ до 108.000.000 куб. метровъ воды. Задержаніе этой массы воды совершилось въ 16½ часовъ, слѣдовательно среднимъ числомъ по 1823 куб. метра въ секунду. Но наибольшую задержку въ секунду, во время самаго сильнаго разлива, по мнѣнію *Буланже*, можно считать вдвое болѣе, т.е. въ 3600 куб. метровъ. По вычисленію же инженера *Вотге*, во время разлива Луара несла воды въ Роаннѣ 7300 куб. метровъ въ секунду; отсюда можно судить въ какой мѣрѣ плотины уменьшили

объемъ протекавшей воды и слѣдовательно какое вліяніе онѣ оказали на уменьшеніе подъема воды въ Роаннѣ во время разлива ¹⁾).

Инженеръ *Валлесъ* замѣчаетъ, что во время разливовъ рѣкъ, не объемъ воды, а скорость ея теченія представляетъ наибольшую опасность. Большой объемъ, или высокой подъемъ воды, дѣйствуетъ на воображеніе; но убытки будутъ тѣ же, большой или малый слой воды покроетъ засѣянные поля; въ томъ и другомъ случаѣ жатва потеряна. Но къ несчастью, во время сильныхъ наводненій воды не стекаютъ тихо, но несутся тѣмъ быстрѣе, чѣмъ подъемъ ихъ выше. Тамъ гдѣ проходятъ эти быстрыя теченія, онѣ не только покрываютъ поля, но смываютъ всю воздѣлываемую почву, вырываютъ деревья, опрокидываютъ дома, а мѣстами наносятъ камни и бесплодные пески. Такимъ образомъ все разрушительное дѣйствіе наводненій происходитъ отъ быстрого теченія; а потому средство уменьшить это вредное дѣйствіе заключается въ способахъ уменьшить скорость теченія. Поперечныя плотины и резервуары въ верховьяхъ рѣкъ могутъ произвести это уменьшеніе. Но однако большинство инженеровъ отдаютъ преимущество продольнымъ, береговымъ плотинамъ. Вообще же всѣ способы, употребляемые въ настоящее время для предупрежденія разрушительныхъ дѣйствій и убытковъ причиняемыхъ земледѣлію большими наводненіями отъ разливовъ рѣкъ, не удовлетворяютъ вполне своему назначенію; и не смотря на всѣ сдѣланные успѣхи въ инженерномъ искусствѣ, эта задача не можетъ считаться вполне разрѣшенною. До сихъ поръ были предложены и частію выполнены слѣдующія системы для предупрежденія наводненій отъ разлива рѣкъ: 1) образованіе резервуаровъ, имѣющихъ цѣлію отводъ и задержаніе разрушительной части разлива, которые умѣряли бы стокъ воды и дѣлали его постепеннѣе; 2) устройство поперечныхъ плотинъ, какъ водоспускныхъ, такъ и водосливныхъ, въ верховьяхъ рѣкъ съ тою же цѣлію; 3) устройство отводныхъ каналовъ и канавъ; 4) устройство продольныхъ береговыхъ плотинъ и мѣстами въ нихъ водосливныхъ спусковъ, для предохраненія плотинъ отъ прорыва въ случаѣ слишкомъ высокихъ водъ; 5) облѣсеніе и газонированіе горъ въ бассейнахъ рѣкъ; 6) страхованіе отъ наводненій и 7) недопущеніе закономъ построекъ въ опредѣленной чертѣ рѣчной долины, могущей подвергнуться наводненію вслѣдствіе разлива ²⁾).

Всѣ заключенія *Бельранда* относительно разливовъ, совершенно примѣнимы и къ разливамъ нашихъ рѣкъ въ лѣтнее время вслѣдствіе

¹⁾ Во время наводненія 1856 г., въ теченіе всего разлива протекли слѣдующіе объемы воды въ Луарѣ и ея главныхъ притокахъ: въ Луарѣ выше Бекъ-д'Аліе (т.-е. выше впаденія въ нее р. Аліе) 1.342.000 куб. метр., въ р. Аліе 1.205.000 куб. метр.; въ р. Шерѣ 519.000 к. м.; въ р. Индрѣ 95 000 к. м.; въ р. Виеннѣ 654.000 к. м.: а всего 3.815.900 куб. метровъ.

²⁾ Подробный разборъ этихъ различныхъ системъ и степень ихъ целесообразности находится, между прочимъ, въ сочиненіи „Manuel de l'ingenieur des ponts et chaussées“ par A. Debauxe. въ отдѣлѣ Des eaux comme moyen de transport Paris 1878 (Fascicule rivières, canaux, ports maritimes).

дождей. — Что же касается до весенних разливовъ, вслѣдствіе таянія снѣговъ, которые имѣютъ у насъ особенно большую высоту, то мы замѣтимъ здѣсь только, какъ уже сказали выше, что при весеннемъ разливѣ мы должны считать бассейны нашихъ рѣкъ непроницаемыми вслѣдствіе промерзанія земли. Подъ промерзаніемъ земли слѣдуетъ разумѣть собственно замерзаніе той влаги, которою пропитываются верхніе слои земли въ теченіе осени, если бываютъ продолжительные дожди. Но какъ уже мы сказали, бываютъ случаи когда земля вовсе не замерзаетъ, вслѣдствіе прикрытія ея толстымъ слоемъ снѣга до наступленія значительныхъ морозовъ. Равнымъ образомъ намъ случалось, хотя и рѣдко, наблюдать, что послѣ очень сухой осени, земля остается не промерзлою подъ снѣгомъ и въ зимнее время легко копается заступомъ и рассыпается въ сухой порошокъ, именно вслѣдствіе недостатка въ ней влаги съ осени. Въ нормальномъ же состояніи, земля, въ среднихъ губерніяхъ Россіи, промерзаетъ на глубину отъ 1½ до 2 аршинъ; при суровой зимѣ и раннихъ сильныхъ морозахъ до снѣга, она промерзаетъ глубже; при раннихъ же большихъ снѣгахъ, до морозовъ, и вообще при глубокихъ снѣгахъ и мягкихъ зимахъ, она промерзаетъ менѣе. Съ наступленіемъ таянія снѣга земля еще остается мерзлою и первая вода разлива идетъ снѣговая и свѣтлая. Если таяніе начинается при глубокихъ еще снѣгахъ, то не смотря на замерзшую еще землю, бассейнъ слѣдуетъ разсматривать какъ проницаемый, такъ какъ лежащая масса снѣга поглощаетъ значительное количество дождевой воды и значительно задерживаетъ ея стоки въ бассейнѣ. Снѣгъ наполняющій овраги и ложбины, пропитывается водою, въ нихъ образуются такъ называемые зажёры, но снѣгъ значительно задерживаетъ стокъ воды. Только по мѣрѣ таянія снѣга воды пріобрѣтаютъ болѣе и болѣе свободное теченіе и начинаютъ увеличивать высоту разлива. Если части бассейна покрыты лѣсами, то ихъ слѣдуетъ и въ это время считать проницаемыми, вслѣдствіе большого количества въ лѣсахъ снѣга и вообще его медленнаго тамъ таянія. По мѣрѣ открытія земли изъ подъ снѣга и вслѣдствіе непосредственнаго дѣйствія на нее солнечныхъ лучей, верхніе слои ея начинаютъ понемногу оттаивать и отдавать излишекъ заключающейся въ нихъ воды. Тогда начинается разливъ мутной, или земляной воды. Бываютъ случаи когда разливъ свѣтлой воды бываетъ выше разлива мутной воды и наоборотъ; то или другое случается, главнымъ образомъ, въ зависимости отъ времени упадающаго дождя. Если дождь выпадаетъ при началѣ таянія снѣга, тогда свѣтлый разливъ бываетъ выше; если же теплый дождь упадаетъ когда снѣга остается мало, или его уже почти нѣтъ на поляхъ, тогда онъ содѣйствуетъ быстрому оттаиванію земли и даетъ очень высокій мутный разливъ.

Для дополненія характеристики разливовъ рѣкъ, скажемъ нѣсколько словъ о знаменитыхъ издревле разливахъ р. Нила.

Геродотъ, первый посѣтившій Египетъ и сообщившій о немъ свѣдѣнія, сказалъ, что „Египетъ есть даръ Нила“ и это совершенно вѣрно. Вся плодородная часть Египта есть только узкая полоса земли по обѣ-

имъ сторонамъ рѣки и которая создана наносами самой рѣки. ¹⁾ Нужно видѣть долину Нила во время самыхъ низкихъ водъ, за мѣсяць до лѣтнаго солнцестоянiя, чтобы понять, что было бы съ этой долиной если бы вслѣдствiе какого либо переворота она была бы лишена питающей ея рѣки, говоритъ *Масперо*. ²⁾ Въ это время ширина теченiя Нила уменьшается на половину противъ обыкновенной его ширины, говоритъ *Осборнъ*; ³⁾ (между Каиромъ и Асуаномъ ширина Нила достигаетъ версты) его мутныя, илистыя, застоявшiяся воды едва движутся въ своемъ уменьшенномъ руслѣ; плоскiя мели или обрывистые слои черной грязи, выжженной солнцемъ, составляютъ въ это время его берега. Непосредственно же за этими берегами только безплодные пески, такъ какъ Хамсинъ, Камзинъ (*Khamsin*), или южный вѣтеръ, несущiй песокъ, который дуетъ непрерывно въ теченiе 40—50 дней, только что стихъ. — Стволы и вѣтви деревьевъ едва обрисовываются сквозь жгучую, ослабляющую и пыльную атмосферу; но глазъ еще трудно отдѣляетъ ихъ отъ песчаной пустыни, вслѣдствiе густо покрывающей ихъ пыли. Только посредствомъ усиленныхъ и трудныхъ поливовъ поддерживаютъ призракъ зелени въ садахъ наши. — Наконецъ — и это первый признакъ окончанiя ужаснаго для Египта времени года — начинается сѣверный вѣтеръ ⁴⁾, который усиливается и дуетъ каждый день доходя иногда до степени бури. Благодаря ему, листья древесныхъ группъ, покрывающихъ нижнiй Египетъ, скоро освобождаются отъ насѣвшей на нихъ пыли и принимаютъ свой зеленый цвѣтъ. Жгучее дѣйствiе солнца, которое достигаетъ въ это время высшей точки надъ горизонтомъ, умѣряется этимъ вѣтромъ, который господствуетъ въ теченiе этого мѣсяца и трехъ слѣдующихъ надъ всѣмъ Египтомъ.

Скоро происходитъ и измѣненiе въ рѣкѣ. По нилометру въ Каирѣ оказывается возвышенiе уровня на одинъ или на два дюйма; вода Нила теряетъ послѣднюю степень прозрачности и свѣжести, которую она имѣла еще наканунѣ. Она принимаетъ зеленоватый цвѣтъ, темной и клейкой, застоявшейся подъ тропиками воды, и никакой фильтръ не въ состоянiи до сихъ поръ отдѣлить изъ нея то вредное и вонючее вещество, которое производитъ въ водѣ это измѣненiе. Феноменъ *Зеленого Нила* происходитъ, какъ говорятъ, отъ обширныхъ стоячихъ водъ, которые ежегодный разливъ Нила оставляетъ въ обширныхъ песчаныхъ равнинахъ Дарфура и на югъ отъ Нубiи; застаиваясь шесть мѣсяцевъ или болѣе, подъ тропическимъ солнцемъ, эта вода захватывается новымъ разливомъ и входитъ въ русло рѣки. По счастью этотъ феноменъ рѣдко продолжается болѣе трехъ или четырехъ дней, такъ какъ не смотря на краткость его, несчастные, которые вынуждены въ это время утолять жажду водою Нила, испытываютъ нестерпимыя боли въ моче-

1) Ляйэлль. Основныя начала геологiи. т. I. стр. 303—305.

2) Maspero. Histoire ancienne des peuples de l'Orient. Deuxième édition. Paris 1876, p. 2—5.

3) Osburn. The monumental history of Egypt. t. I. p. 9—14.

4) Этотъ вѣтеръ производитъ сильные дожди въ верхней части бассейна Нила и его притоковъ.

вомъ пузырьѣ. Поэтому жители городовъ заблаговременно наполняютъ на этотъ случай свои резервуары и цистерны хорошею водою.

Съ этого времени вода быстро прибываетъ и дѣлается постепенно мутнѣе. Проходитъ однако еще 10 или 12 дней до самаго замѣчательнаго феномена при разливѣ Нила, появленіе котораго *Осборнъ* наблюдаетъ около Бенизуфа, города верхняго Египта. Вода начинаетъ краснѣть все болѣе и болѣе и наконецъ принимаетъ такой густой красный цвѣтъ, который можно только уподобить цвѣту крови, говоритъ *Осборнъ*; за это время вода опять возвышается на нѣсколько дюймовъ. Это явленіе разлива и называютъ *Краснымъ Ниломъ*. Во все время этого явленія густота окраски воды постоянно мѣняется. Въ нѣкоторые дни, въ которые разливъ повысится не болѣе какъ на одинъ или на два дюйма, воды рѣки дѣлаются полупрозрачными, но не теряютъ однако густаго краснаго цвѣта. Но въ водѣ Краснаго Нила нѣтъ никакой вредной примѣси, какъ это бываетъ въ водѣ Зеленаго Нила; и вода рѣки никогда не бываетъ такъ вкусна и освѣжительна, какъ въ этотъ моментъ наводненія.

Есть дни, говоритъ *Осборнъ*, въ которые разливъ возрастаетъ быстрѣе и когда количество переносимаго рѣкою ила, въ верхнемъ Египтѣ, превосходитъ количество переносимое всѣми мнѣ извѣстными рѣками. Даже во многихъ случаяхъ я могъ убѣдиться, говоритъ *Осборнъ*, что эта масса ила препятствуетъ движенію воды и замедляетъ скорость ея теченія. Зачерпнувъ воды въ стаканъ во время этого явленія и давъ водѣ немного отстояться, оказалось, говоритъ *Осборнъ*, что верхняя часть жидкости осталась совершенно непрозрачною и краснаго цвѣта, совершенно подобнаго цвѣту крови, тогда какъ осадокъ черной грязи наполнилъ около четверти стакана. Значительная часть этого ила осаждается прежде чѣмъ разливъ достигнетъ Средняго и Нижняго Египта, гдѣ, прибавляетъ *Осборнъ*, я никогда не видалъ Нила въ этомъ состояніи. Разливъ достигаетъ Мемфиса или Каира за нѣсколько дней до лѣтняго солнцестоянія. Разливъ приобретаетъ наибольшую высоту и затѣмъ начинаетъ сбывать около нашего осенняго равноденствія. Около же нашего зимняго солнцестоянія Нилъ снова входитъ въ свои берега и вода его принимаетъ свой обыкновенный свѣтло-голубой цвѣтъ.

Разливы Нила начинаются и оканчиваются ежегодно въ тѣ же сроки и съ небольшими колебаніями во времени ¹⁾. Какъ прибыль, такъ и убыль воды чаще идетъ съ большою постепенностью. Высота же разлива не всегда бываетъ одинакова и зависитъ отъ количества дождей, выпадающихъ въ верхнихъ бассейнахъ рѣки и производящихъ разливъ.

Изученіе характера разливовъ рѣки, на которой желаютъ устроить плотину, составляетъ одно изъ самыхъ необходимыхъ условій, если желаютъ, чтобы плотина отвѣчала своему назначенію и имѣла надлежащую прочность сопротивленія. Всякая плотина подвергается наибольшей

¹⁾ Въ началѣ іюня Нилъ начинаетъ медленно прибывать, между 15 и 20 іюля вздувается сильнѣе, а къ первой половинѣ октября (а не сентября, какъ думали прежде), наводненіе достигаетъ высшей степени. Вскорѣ затѣмъ вода начинаетъ убывать, сперва медленно и потомъ все быстрѣе и быстрѣе (Эберсъ).

опасности прорыва или разрушенія именно во время разлива рѣки; въ это время она можетъ подвергаться удару воды и льда, наибольшему давленію и наибольшему размыванію. Размѣры отверстія въ водоспускѣ должны быть таковы, чтобы онѣ допускали возможность свободнаго прохода водѣ во время самаго наибольшаго возможнаго разлива. А потому-то необходимо бываетъ знать, какъ великъ объемъ воды, протекающій въ рѣкѣ, во время наибольшихъ ея разливовъ, чтобы сообразовать съ этимъ объемомъ размѣры отверстія въ водоспускахъ, и не допустить воду разлива подниматься выше плотины или переливаться черезъ нее. Если мы не имѣемъ возможности почему-либо сдѣлать въ этомъ отношеніи мѣстныхъ наблюденій, изслѣдованій, измѣреній и вычисленій, что во всякомъ случаѣ крайне желательно и даже необходимо, то по крайней мѣрѣ должны ознакомиться съ этими цифрами, извѣстными для другихъ рѣкъ и сдѣлать хотя наиболѣе вѣроятное предположеніе относительно наибольшаго объема воды, протекающаго въ нашей рѣкѣ во время ея разлива.

Въ этомъ отношеніи *Реклю* приводитъ слѣдующую интересную таблицу для различныхъ большихъ рѣкъ, но къ сожалѣнію не указываетъ въ ней мѣстъ наблюденій; а потому приводимыя въ ней цифры могутъ значительно различаться съ указаніями другихъ авторовъ въ зависимости отъ различія мѣстъ наблюденія для той же рѣки.

Р ѣ К И:	Поверхность бассейна въ квадрат. верстахъ.	Колич. протекающей воды въ куб. ф.			НАБЛЮДАТЕЛИ:
		Въ мелко-водье.	Среднее.	Въ половодье.	
Амазонка	7.000.000	635.184	2 800.000	10.779.500	{Аве-Лаллеманъ, Спикъ и Марціусъ.
Миссисипи	3.496.000	306.000	627.840	1.260.000	Гомфризъ и Абботъ.
Меклангъ	900.000	—	1.183.000	2.880.000	Гарнье.
Гангъ	932.000	—	183.564	312.848	Реннель, Принсенъ.
Индъ	1.092.900	—	199.800	630.000	Тременипръ.
Нилъ	3.025.000	—	122.552	482.400	{Ломбардини (по Таль- боту среднее 104.688).
Дунай	800.000	72.000	330.480	1.800.000	Барлей.
По	69.382	6.696	61.920	185.616	Ломбардини.
Варъ	3.200	1.008	—	144.000	Вильневъ-Флейоскъ.
Рона	97.800	14.400	93.708	432.000	Сюррель.
Эбро	83.530	1.800	3.600	180.000	Меза.
Гаронна (безъ Дар- доны).	51.193	1.332	23.724	378.000	Баумгартенъ.
Лаура	116.500	900	18.000	360.000	„
Сена	43.270	3.240	18.000	100.800	„
Рейнъ	251.890	—	62.208	—	„
Аtrato	35.716	—	172.800	—	Келлетъ.
Брампутра	1500.000	—	396.000	—	Шлагинтвейтъ.
Годавери	62.000	—	17.208	—	Бердъ Смитъ.
Шать-Эль-Арабъ	688.800	—	196.000	—	„
Макта	7.500	72	—	28.800	Бурдинъ.
Тибръ	19.488	—	576	—	„
Темза	12.950	—	4.860	—	Бердморъ.
Севернъ	9.075	—	—	12 168	Бичи.
Готта-Эльфъ	40.000	—	18.768	—	Лилленстромъ.
Нева	—	—	116.300	—	„

Д'Обюиссонъ приводитъ слѣдующія цифры для колебанія объема протекающей воды въ Ронѣ и Рейнѣ: среднимъ числомъ Рона въ Лионѣ несетъ до 21.192 куб. фут. воды въ 1''; въ мелководье этотъ объемъ упадаетъ до 8.830 куб. футовъ; а 12 февраля 1815 года она во время разлива несла 203.796 куб. фут. Рейнъ противъ Страсбурга несетъ воды въ мелководье 13.421,6 фут., въ среднемъ состояннн 33.766 куб. фут. и въ половодье 165.474 куб. фут.; въ Нимвегенѣ же, передъ соединеніемъ съ Маассомъ, Рейнъ въ среднемъ состояннн уже несетъ 60.044 куб. фут. воды. Небольшая рѣка Ло (Lot), во Франціи, принадлежащая къ быстрымъ, мѣняетъ свой объемъ отъ 318 куб. фут. до 91.832 куб. футовъ, или почти въ 290 разъ ¹⁾. Къ крайнему сожалѣнію, несмотря на наши старанія, мы не могли найти цифръ, относящихся до объемовъ воды протекающихъ въ нашихъ рѣкахъ. Г. *Гаусманъ* говоритъ, что по неоднократно произведеннымъ измѣреніямъ, количество свободно протекающей массы воды въ нижней части р. Сестры (въ Сестрорѣцкѣ) оказалось: въ мелководье, въ сухое время года, 200 куб. фут. въ 1''; въ среднемъ состояннн около 400 куб. фут. и наибольшій весенній притокъ, въ половодье, до 4000 куб. футовъ. Слѣдовательно, отношеніе наименьшаго объема къ наибольшему какъ 1:20 и средняго къ наибольшему какъ 1:10. Наименьшая вода въ р. Сестрѣ бываетъ обыкновенно въ концѣ іюля и въ первыхъ числахъ августа. Такимъ образомъ изъ всѣхъ предыдущихъ цифръ мы можемъ вывести слѣдующія отношенія: 1) что на каждый кубическій футъ объема воды протекающаго въ рѣкѣ, при среднемъ ея состояннн, приходится квадратныхъ верстъ площади бассейна:

Въ Амазонкѣ	2,50 кв. вер.	Въ Лаурѣ	647 кв. вер.
„ Миссисипи	5,56 „ „	„ Сенѣ	2,40 „ „
„ Мекіангѣ	0,76 „ „	„ Рейнѣ	4,04 „ „
„ Гангѣ	5,08 „ „	„ Атрато	0,21 „ „
„ Индѣ	5,47 „ „	„ Брамапутрѣ	3,78 „ „
„ Нилѣ	24,68 „ „	„ Гадсевери	3,60 „ „
„ Дунаѣ	2,43 „ „	„ Шать-Эль-Арабѣ	3,51 „ „
„ По	1,12 „ „	„ Тибрѣ	33,83 „ „
„ Ронѣ	1,04 „ „	„ Темзѣ	2,66 „ „
„ Эбро	23,2 „ „	„ Готта-Эльфѣ	2,13 „ „
„ Гароннѣ	2,16 „ „		

Среднее число для всѣхъ этихъ рѣкъ составляетъ 6,51 кв. верстъ. Если же отбросимъ рѣзкія уклоненія для Мекіанга, Нила, Эбро, Атрато и Тибра, то для остальныхъ средняя цифра будетъ: 3,37 кв. верстъ. 2) Что же касается до отношенія объемовъ воды, протекающихъ въ рѣкѣ въ мелководье и въ среднемъ состояннн, къ объему протекающему въ половодье, то эти отношенія оказываются, для рѣкъ:

¹⁾ См. прил. XXII.

	Мелководья къ поло- водью.	Средняго объема къ половодью
Амазонки	1:16,97	1:3,85
Миссисипи	1: 4,12	1:2
Мекіангъ	—	1:2,42
Гангъ	—	1:2,25
Индъ	—	1:3,15
Нилъ	—	1:3,93
Дунай	1: 1,25	1:5,45
По	1:27,72	1:3
Варъ	1:142,85	—
Рона (по Реклю)	1:30	1:4,61
Рона въ Пюнь	1:23	1:9,61
Рейнъ противъ Страсбурга	1:12,32	1:4,90
Ло (Lot)	1:290	1: —
Сестра	1:20	1:10
Эбро	1:100	1:50
Гаронна (безъ Дарданы)	1:283,78	1:15,93
Лаура	1:400	1:20
Сена	1:31,11	1:5,60
Макта ¹⁾	1:400	1: —
Среднее отношеніе	1:120,458	1:9,17

Наши рѣки въ мелководье не уменьшаютъ настолько воды, какъ рѣки текуція въ жаркихъ и сухихъ климатахъ; вообще наши рѣки въ средней Россіи считаютъ въ лѣтнее время многоводіе чѣмъ рѣки западной Европы. У насъ значительно пересыхаютъ лѣтомъ рѣки только нашихъ юго-восточныхъ степей. Въ среднемъ же состояніи, наши рѣки, вслѣдствіе меньшаго количества упавшаго дождя, чѣмъ въ западной Европѣ, должны быть бѣднѣе водою чѣмъ рѣки западной Европы. А потому отношеніе наименьшаго объема къ наибольшему у насъ должно быть болѣе; отношеніе же средняго къ наибольшему, или такое же или нѣсколько менѣе чѣмъ въ рѣкахъ западной Европы. А потому при неизмѣннѣйшихъ непосредственныхъ наблюденій, мы должны допускать, что во время разливовъ, наибольшій объемъ воды *можетъ* превосходить наименьшій въ 100 разъ, а средній въ 10 разъ ²⁾.

Ширина разливовъ рѣкъ зависитъ отъ меньшей или большей глубины русла рѣки, которое не въ состояніи вмѣстить въ себѣ увеличившійся объемъ воды; отъ формы и ширины рѣчной долины и отъ измѣненія въ ней уклоновъ рѣки. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ уклонъ уменьшается, а слѣдовательно уменьшается и скорость теченія, разливы должны быть или выше или шире, такъ какъ должно увеличиться живое

¹⁾ Въ Оранской провинціи, въ Алжирѣ (французской), впадаетъ въ Средиземное море.

²⁾ По нашимъ измѣреніямъ въ р. Свѣчѣ объемъ воды въ периодъ разливовъ можетъ быть 30 до 60 разъ болѣе, чѣмъ въ обыкновенное лѣтнее время.

сбъченіе, чтобы въ то же время пропустить тотъ же объемъ воды. Г. Докучаевъ приводитъ, между прочимъ, слѣдующую таблицу, заимствованную имъ у профессора *Левиковскаго*, показывающую ширину разливовъ нѣкоторыхъ рѣкъ, хотя также безъ указанія, въ какой именно мѣстности наблюдалась ширина разливовъ каждой рѣки:

Рѣка:	Обыкновенная ширина рѣки.	Ширина рѣки въ разливѣ.	Отношеніе.
Лохвица	2 саж.	750 саж.	1:375
Слѣпородъ	5 "	1500 "	1:300
Хороль	13 "	875 "	1: 67
Удой	18 "	1166 "	1: 64
Ворскла	18 "	875 "	1: 47
Супой	18 "	708 "	1: 38
Сула	22 "	1875 "	1: 85
Орель	28 "	785 "	1: 28
Исѣль	30 "	1115 "	1: 37
Донъ	180 "	15.000 "	1: 83
Днѣпръ	425 "	3250 "	1: 7

20. Различныя дѣйствія воды во время разлива рѣкъ. —

Рѣки во время большихъ разливовъ производятъ разнообразныя явленія въ зависимости отъ увеличенія въ нихъ въ это время объема протекающей воды и скорости ея теченія, а въ высшихъ широтахъ и отъ плавущаго на нихъ весной льда. Быстрое теченіе большого объема воды оказываетъ разрушительное дѣйствіе на русла, особенно напихъ рѣкъ, вслѣдствіе ледохода и рыхлости вообще напихъ почвъ. Всѣ главныя измѣненія въ руслѣ рѣки и даже иногда въ ея геологической долины, совершаются именно во время особенно большихъ разливовъ.

Чтобы составить себѣ нѣкоторое, болѣе отчетливое представленіе о силѣ механическаго дѣйствія массы воды во время разлива, возьмемъ для примѣра хотя небольшую рѣчку Сестру, въ которой, благодаря г. *Гаусману*, мы знаемъ, что во время разлива протекаетъ въ каждую секунду объемъ воды въ 4000 кубич. футовъ, или 11,6 кубич. сажень. Такъ какъ кубическая сажень воды вѣситъ 593 пуда, то рѣка несетъ въ каждую секунду круглымъ числомъ около 7000 (6878,8) пудовъ воды. Такъ какъ скорость теченія воды во время разливовъ рѣкъ значительно увеличивается, и мы уже видѣли, что *Сюрель* наблюдалъ скорость, доходившую до 46 футовъ въ секунду, то допустивъ эту скорость только въ 20 футовъ, мы получимъ, что живая сила этой массы воды будетъ: $mv^2 = \frac{P}{g} v^2 = \frac{70000}{32} \cdot (20)^2 = 87500$; а механическая работа, обнаруживаемая этой живой силой при встрѣчѣ съ какимъ-либо препятствіемъ, будетъ $\frac{mv^2}{2} = \frac{87500}{2} = 43750$ пудофутамъ, или 2916 паровымъ лошадямъ въ секунду.

Такъ какъ вѣсъ въ 7000 пудовъ составляетъ, приблизительно, вѣсъ желѣзнодорожнаго поѣзда въ 10 вагоновъ, а скорость въ 20 футовъ

составляетъ скорость товарныхъ поѣздовъ многихъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ, а потому на всякое препятствіе, встрѣчаемое водою р. Сестры во время ея разлива, она оказываетъ такой же величины механическое дѣйствіе, какое оказала бы желѣзнодорожный поѣздъ въ 10 вагоновъ. Конечно мы говоримъ здѣсь только о величинѣ механическаго дѣйствія, а не о самомъ дѣйствіи на препятствіе, которое въ томъ и другомъ случаѣ можетъ выразиться въ результатахъ весьма различно.

При увеличеніи объема и скорости теченія, увеличивается размывающая сила воды; скорость теченія въ $\frac{1}{4}$ фута въ секунду на днѣ рѣки достаточна для того, чтобы увлечь тонкую глину; при скорости въ $\frac{1}{2}$ фута теченіе уноситъ мелкій песокъ; при скорости въ 1 футъ — мелкій гравій и при скорости въ 3 фута — камни величиною въ куриное яйцо. При увеличеніи скорости теченія и объема воды увеличивается центробѣжная сила и давленіе воды на берега въ вогнутыхъ частяхъ извилинъ рѣкъ. Эти извилины во время разливовъ увеличиваются и углубляются внутрь геологической долины рѣки, приближаясь болѣе и болѣе ко вторымъ берегамъ и иногда врѣзаясь въ края самой долины. При быстромъ теченіи, и слѣдовательно болѣе размывающей силѣ, рѣки во время большихъ разливовъ прорываютъ себѣ прямой путь по наибольшему скату и отдѣляютъ извилины, превращая ихъ въ старицы. Во время быстрого теченія воды, въ потокахъ образуются сильные горизонтальные и вертикальные водовороты, которые увеличиваютъ размывающее и разрушающее дѣйствіе воды. Рѣки во время разливовъ переносятъ огромное количество землистыхъ частицъ и даже камней, такъ какъ переносная сила воды во время разлива значительно увеличивается. „Относительно переносной силы водянаго потока насъ часто удивляетъ, говоритъ *Лайэлль*, легкость, съ которой небольшіе ручьи, текущіе по слабо наклоненному руслу, уносятъ съ собой крупный песокъ и гравій, ибо мы обыкновенно опредѣляемъ вѣсъ горныхъ породъ въ воздухѣ и не думаемъ о той сравнительной удобоподвижности, которую онѣ получаютъ погружаясь въ жидкость болѣе плотную. Удѣльный вѣсъ многихъ горныхъ породъ превосходить вѣсъ воды только вдвое и весьма рѣдко втрое; такъ что почти всѣ горные обломки, уносимые теченіемъ, теряютъ треть, а многіе изъ нихъ половину того, что мы обыкновенно называемъ ихъ вѣсомъ“. Каждый можетъ на себѣ испытать, и многіе вѣроятно испытывали, съ какою легкостью можно поднять тяжелый камень пока подниманіе его совершается въ водѣ, и тотъ же самый камень оказывается слишкомъ тяжелымъ, когда онъ вынутъ изъ воды. Поэтому во время разлива, при большой скорости теченія, рѣки переносятъ, не только большое количество землистыхъ веществъ, но иногда весьма большіе камни.

Рѣки, на которыхъ есть ледоходъ, производятъ на берега, особенно если грунтъ рыхлый, болѣе сильное размывающее и разрушающее дѣйствіе. Ледъ при быстромъ теченіи, особенно въ извилинахъ, парашаетъ и обрушаетъ крутые берега, срываетъ растущія на нихъ деревья а въ случаѣ большихъ заторовъ дѣйствуетъ сильно и на само русло и даже

заставляет иногда рѣку прорывать себѣ новое русло и измѣнять до нѣкоторой степени и направленіе теченія.

Вслѣдствіе большаго объема воды во время разлива и большей скорости теченія, отклоненіе теченія и подмываніе праваго берега въ сѣверномъ полушаріи, вслѣдствіе вращательнаго движенія земли, происходитъ сильнѣе и энергичнѣе чѣмъ въ нормальномъ состояніи рѣки. Приведемъ примѣры. Говоря о р. Мологѣ, г. *Докучаевъ* замѣчаетъ, что вода ея въ одну весну (т.-е. во время разлива) отхватываетъ до 15 и болѣе саженой берега; р. Шексна, 1869 года въ іюль мѣсяцѣ, въ одну ночь, по свидѣтельству г. *Крылова*, на 8-е число, между деревнями Большимъ и Малымъ Сырневымъ, врѣзалась въ берегъ саженой на 10 и образовала громадный обвалъ поля съ находившимся на немъ хлѣбомъ. Говоря о р. Шекснѣ, г. *Арсеневъ* замѣчаетъ: „много лѣтъ тому назадъ на мѣстѣ Прѣсти (часть Шексны съ обрывистыми берегами на протяженіи 7—10 верстѣ), не было вовсе рѣки, а проходилъ логъ въ родѣ поля; настоящая же рѣка Шексна дѣлала крутымъ поворотомъ влѣво большую *луку*, протекала мимо селеній Березова, Борка-Лутошкина, Столыпина и обогнувъ такимъ образомъ болѣе 30 верстѣ снова выбѣгала на прежнее свое направленіе, продолжая далѣе путь довольно прямыми плѣсами. Во время весеннихъ разливовъ, огромнымъ переваломъ воды чрезъ полѣй перерѣзавшій перешеекъ луки, Шекснинская вода прорыла себѣ новый путь, сокративъ рѣку верстѣ на 25, а старый заполоскала, заглушила до степени маленькой рѣчки; новая часть рѣки получила названіе Прѣсти, старая же, заброшенная природой, и оставшаяся въ боку — названіе глухой Шексны“.

Во время сильныхъ разливовъ рѣкъ, говоритъ *д'Обюссонъ*, вода производитъ весьма разрушительныя дѣйствія на сооружения, о которыхъ иногда нельзя составить себѣ понятія имѣя въ виду только дѣйствія воды при нормальномъ состояніи рѣки; такъ что по этимъ дѣйствіямъ никакъ нельзя заключить, что можетъ произвести вода во время такихъ наводненій, которыя едва случаются одинъ разъ въ столѣтіе. Я укажу, продолжаетъ онъ, на два примѣра достойныхъ вниманія, въ мѣстности у водопада Сабо на р. Тарнѣ (правый притокъ Гаронны) на милю вверхъ отъ Альби. Рѣка въ этомъ мѣстѣ какъ бы преграждена массою скаль, сквозь которыя, въ отдаленную эпоху и при обстоятельствахъ вѣроятно иныхъ отъ настоящаго ея состоянія, она пробила себѣ проходъ, подобный огромной трещинѣ, въ которой она падаетъ каскадомъ высотой въ 65,6 футовъ.

Скалы состоятъ изъ мягкаго слюдистаго или тальковаго сланца, заключающаго въ себѣ вкраплены кварца. Ихъ поверхность, находящаяся внѣ воды, вслѣдствіе дѣйствія атмосферы, постоянно разрушается; сланецъ превращается въ землистое состояніе, а вкраплены кварца освобождаются. Во время разлива или наводненій, нѣкоторые изъ кругляковъ кварца (т.-е. камней твердой, кремнистой породы) попадаютъ въ углубленія скаль. Когда наводненіе увеличивается и скорость теченія значительно возрастаетъ, часто образуются въ водѣ водовороты надъ выше-

указанными углублениями скаль: тогда вода подхватываетъ въ своемъ вращательномъ движеніи куски кремня или кварца, придаетъ имъ быстрое вращательное движеніе вокругъ вертикальной оси воронки водоворота и, дѣйствуя какъ сверломъ, пробуравливаетъ въ мягкой массѣ, размягченной еще вслѣдствіе затопленія ея водою, совершенно цилиндрическія углубленія съ гладкими стѣнками, имѣющія иногда до 6¹/₂ футовъ глубины; на днѣ нѣкоторыхъ изъ нихъ можно еще видѣть тѣ самые кремни, которые произвели это сверленіе. Этотъ фактъ, говоритъ *д'Обюссонъ*, указываетъ, какъ сильно должно быть на днѣ рѣкъ дѣйствіе водоворотовъ образующихся при большихъ наводненіяхъ, въ особенности когда потокъ несетъ камни; тогда они дѣлаются настоящими каменными водоворотами.

Это явленіе замѣчено и въ другихъ мѣстахъ; такъ г. *Траутшольдъ* говоритъ: „исполинскими горниками называются цилиндрическія вымоины горныхъ породъ въ руслахъ рѣкъ, въ порогахъ и водопадахъ; онѣ образуются вслѣдствіе водоворота, приводящаго въ круговое движеніе камни. Безпрерывное вращеніе камня на одномъ и томъ же мѣстѣ, производитъ мало-по-малу углубленіе въ подлежащей породѣ, соответствующее величинѣ и движенію вращающагося камня. Всѣмъ извѣстны исполинскіе горшки финляндскихъ водопадовъ, именно Иматры, и находящіеся на днѣ ихъ Иматрскіе камни, т.-е. округленные, вслѣдствіе тренія, обломки осадочныхъ горныхъ породъ“¹⁾.

Въ одно изъ наводненій р. Тарна, когда воды этой рѣки поднялись почти на 40 футовъ выше своего обыкновеннаго уровня, вода вытекала изъ расщелины скаль, преграждавшихъ ей путь у водопада Сабо, съ ужасающей скоростью: вправо и влево отъ этого главнаго потока ниже водопада образовались два противоположныя, восходящія теченія, устремлявшіяся вдоль прилегающихъ береговъ съ такою силою, что вода вырвала и опрокинула вверхъ по теченію главной рѣки большіе тополи, которые росли на одномъ изъ береговъ и которые я видѣлъ, говоритъ *д'Обюссонъ*, въ этомъ положеніи спустя нѣсколько дней послѣ наводненія.

Чтобы привести примѣры горизонтальныхъ водоворотовъ, которые образуются во время разлива при водосливныхъ плотинахъ, замѣтимъ, что на рѣкѣ Иль (*d'Isle*) во Франціи, давно существуетъ нѣсколько постоянныхъ каменныхъ плотинъ, которыя первоначально были устроены для дѣйствія заводовъ и фабрикъ, а потомъ были приспособлены для прохода судовъ посредствомъ соединительныхъ проходовъ, или спусковъ. Если эти каменные плотины, говоритъ инженеръ *Дебоузъ* (*Debauve*), было относительно легко устраивать въ скалистыхъ и неразмываемыхъ частяхъ рѣки и связывать ихъ съ берегами изъ твердыхъ породъ, то устройство ихъ представляло большія затрудненія тамъ, гдѣ берега и дно рѣки состояли изъ породъ размываемыхъ, каковы земл. песокъ и гравій. Тутъ эти плотины часто повреждались и даже разрушались во время разливовъ рѣки. Въ такихъ мѣстахъ, замѣчаетъ онъ, быть можетъ

1) Основы геологій. Траутшольдъ, часть первая, стр. 159. Москва 1872 г.

было бы лучше устройство легких и не дорогих плотинъ, требовавшихъ небольшихъ исправленій послѣ разлива. Въ началѣ текущаго столѣтія предприняли канализацію этой рѣки, которая сопровождалась большими неудачами. Въ 1824 году было много сорванныхъ плотинъ и разрушенныхъ плузовъ. Инженеръ *Жираръ де Годембергъ* (Girard de Gaudenberg) обследовалъ въ натурѣ дѣйствіе водъ на эти плотины, которое представлено на фиг. 62 и 63. Онъ указалъ, что плотины, имѣющія вертикальную стѣнку съ низовой стороны и верхнюю часть водослива обращенную склономъ противъ теченія, подвергаются сильному подмыванію и разрушенію во время разливовъ; что при устройствѣ внизу площадокъ (сливныхъ мостовъ) изъ гидравлическаго цемента, на которыя упадаетъ вода съ гребня плотины, эти площадки еще сопротивляются разрушенію, когда цементъ успѣваетъ совершенно окрѣпнуть до наступленія разлива; когда же эти площадки устраиваются изъ наброски сухаго камня, куски котораго менѣе 2,35 куб. фут., то они еще сопротивляются ординарнымъ водамъ, но уносятся разливными водами.

Черт. V.
фиг. 62.

Фиг. 62 представляетъ дѣйствіе воды при паденіи съ гребня плотины на р. Иль; стекающая струя приподнимается въ *A*; она отдѣляетъ внизу и вверху себя водовороты съ горизонтальными осями *B* и *C*. При паденіи воды съ высоты отъ 6 до 7 фут., точка *A* находится около 40 футовъ ниже по теченію отъ гребня плотины; и суда попадавшія въ *B* были съ силою отбрасываемы вверхъ по теченію къ вертикальной стѣнкѣ плотины и подвергались большой опасности. Камни, подхватываемые водоворотами, совершенно переворачивались и ихъ находили послѣ разлива округленными или цилиндрическими, вслѣдствіе обтиранія въ водоворотахъ; деревья и вѣтви, разъ попадавшія въ водовороты, уже не выходили изъ нихъ больше и своими періодическими, кругообразными движеніями, обозначали самую форму водоворотовъ. Нижній водоворотъ *C* быстро увеличивается въ силѣ и амплитудѣ съ высотой и слѣдовательно скоростью падающей массы воды. Кромѣ подмыва *D*, самая вертикальная стѣнка плотины подвергается разрушенію. Наклонные водоспуски, какъ на фиг. 63, волнують воду на далекое разстояніе отъ плотины, но водоворотъ *C* въ нихъ бываетъ лишь въ слабой степени и оттого подмывы въ нихъ слабѣе; но нужно чтобы наклонъ водоспуска былъ хорошо соображенъ для устраненія слишкомъ сильнаго удара стекающей массы воды на дно рѣки.

Черт. V.
фиг. 63.

Относительно переносной силы воды во время разливовъ, Лайэль приводитъ слѣдующіе примѣры: Въ 1829 году, во время ливней 3—4 августа въ Шотландіи, сильными разливами рѣкъ разрушено много селеній, каменныхъ мостовъ, домовъ и причинено много другихъ бѣдствій. На рѣкѣ Нэрѣ, обломокъ песчаника въ 14 футовъ длиною, въ 3 фут. шириной и въ 1 фут. толщиною и вѣсомъ около 175 пудовъ, былъ унесенъ водой на 600 фут. внизъ по теченію этой рѣки. Мостъ на р. Ди, близъ Баллстера, состоялъ изъ пяти арокъ, надъ которыми шелъ водопроводъ въ 260 фут. длиною. Рѣчное дно, на которомъ были

утверждены быки моста, состояло изъ округленныхъ гранитныхъ и гнейсовыхъ глыбъ. Самый мостъ былъ построенъ также изъ гранита и стоялъ безъ всякаго поврежденія въ теченіе 20 лѣтъ, но во время наводненія различныя части его были постепенно размыты и вся эта каменная постройка исчезла въ руслѣ рѣки. Небольшой ручеекъ, текущій по слабому склону съ восточной стороны Чевіотскихъ горъ, въ августѣ 1827 года, вслѣдствіе разлива, снесъ мостъ тогда строившійся и нѣкоторые изъ его арочныхъ камней, вѣсившіе отъ 30 до 45 пудовъ каждый, были увлечены на двѣ мили внизъ по теченію этого ручья. При этомъ же случаѣ, потокъ вырвалъ изъ устья мельничной каменной плотины большую глыбу зеленого порфира, вѣсившую около 120 пудовъ, и перенесъ ее на разстояніе четверти мили (англійская миля составляетъ $1\frac{1}{2}$ версты).

Въ горныхъ странахъ подобныя явленія случаются чаще и съ болѣе поразительной силой. Во время наводненія въ Баньерской долинѣ, въ Швейцаріи, въ 1818 году, вслѣдствіе снѣжнаго обвала упавшаго въ русло рѣки Дрансы, куски гранита огромной величины, которые безъ преувеличиванія можно было бы сравнить съ домами, говорить *Реклю*, были выворочены изъ древнѣйшаго аллювія и отнесены внизъ по теченію на четверть мили; одинъ изъ сдвинутыхъ такимъ образомъ обломковъ имѣлъ 60 шаговъ въ окружности. Скорость теченія доходила до 33-хъ футовъ въ секунду и въ пять разъ превышала скорость Рейна у Базеля. По вычисленію инженера *Эшера*, потокъ несъ до 300.000 куб. футовъ воды въ секунду.

Въ высокихъ широтахъ ледъ переноситъ на рѣкахъ большіе камни и иногда на большое разстояніе. Такъ какъ ледъ на рѣкахъ бываетъ до одного аршина и болѣе толщиною, то весною онъ поднимаетъ вмерзшіе въ него камни и уноситъ ихъ съ собою по теченію. По этому-то въ долинахъ многихъ рѣкъ встрѣчаются валуны значительныхъ размѣровъ перенесенные льдами; они указываютъ собою, или на прежнія русла рѣкъ, или на предѣлы бывшихъ наводненій, куда могъ заходить ледъ во время этихъ наводненій и отлагать вмерзшіе въ него камни. *Ларивьеръ* рассказываетъ, говоритъ *Лайэлль*, что во время пребыванія своего въ Мемелѣ, въ 1821 году, онъ видѣлъ при вскрытіи р. Нѣмана какъ льдина въ 30 футовъ длиною, плывшая по теченію, была выброшена на берегъ. Въ срединѣ ея находился вмерзшимъ кусокъ гранита около 3 футовъ въ діаметрѣ, по составу походившій на красный финляндскій гранитъ.

Вслѣдствіе того, что въ рѣкахъ текущихъ на сѣверъ ледъ вскрываясь въ верхнихъ частяхъ встрѣчаетъ части рѣки находящіяся еще подъ твердымъ ледянымъ покровомъ, и производитъ наводненія и заторы, происходятъ также особыя явленія и разрушительныя дѣйствія разлива. Заторъ, вслѣдствіе этихъ причинъ, случился 31 января 1840 г. на Вислѣ, около $1\frac{1}{2}$ мили выше Данцига, гдѣ рѣка, загромажденная льдомъ, была вынуждена избрать новый путь по своему правому берегу, такъ что въ короткое время проложила глубокое и широкое русло въ нѣсколько

миль длиною, по мѣстности покрытой песчаными холмами имѣвшими отъ 40 до 60 футовъ высоты. Въ Канадѣ, на р. Св. Лаврентія, отъ той же причины, огромныя льдины приплывающія съ верховьевъ выбрасываются на сплошной ледъ, покрывающій нижнюю часть теченія рѣки. Тогда начинается нагроможденіе приплывающихъ сверху льдинъ всплзающихъ одна на другую, говоритъ *Лайэлль*, пока образовавшаяся огромная груда льда, сплотившагося и смерзшагося отъ мороза, не тронется впередъ отъ силы спертой воды и вновь наплывающаго льда. Тогда она не только увлекаетъ съ собою валуны, но даже отрываетъ отъ утесовъ, окаймляющихъ рѣку, огромные куски выдающихся горныхъ породъ. Въ городахъ же сноситъ каменные мостовые бки и отрываетъ каменные набережныя, какъ это было съ мостомъ на р. Св. Мавркія (притока Св. Лаврентія) въ 1836 году близъ г. Труа-Ривьеръ, и съ набережной въ Монреалѣ, съ которой было снесено отъ 30 до 50 квадратныхъ футовъ камня.

Мы уже выше привели замѣчаніе г. *Штукенберга*, что на р. Ангарѣ ледъ образуется на днѣ рѣки и затѣмъ всплываетъ на поверхность воды. Относительно образованія льда на днѣ рѣки, или *грунтового льда*, какъ его называетъ *Лайэлль*, онъ говоритъ слѣдующее: принимая въ соображеніе кругообращеніе воды, вслѣдствіе измѣненія плотности отъ температуры, и происходящій отъ того законъ замерзанія воды съ поверхности, можно съ перваго взгляда подумать, что ледъ никогда не въ состояніи образоваться на днѣ рѣки; однако же на дѣлѣ это случается. Странное явленіе это подало поводъ ко многимъ объясненіямъ. *Араго* полагалъ, что механическое дѣйствіе проточной воды производитъ круговращеніе, отъ котораго вся масса воды смѣшивается и охлаждается одинаково и что вся она доводится такимъ образомъ до точки замерзанія. Ледъ же начинаетъ образовываться на днѣ по двумъ причинамъ: во-первыхъ потому, что тамъ скорость движенія воды меньше, а во-вторыхъ потому, что вода находится тамъ въ соприкосновеніи съ твердой горной породой и гравіемъ, имѣющими холодную поверхность. Какое бы объясненіе мы не приняли, говоритъ *Лайэлль*, несомнѣнно, что въ тѣхъ странахъ, гдѣ степень и продолжительность холода значительны, рѣки и потоки приобрѣтаютъ ббольшую переносную силу отъ образованія такъ называемаго грунтового льда. Даже въ Темзѣ, по словамъ г. *Плотта*, куски льда съ гравіемъ, примерзшимъ къ его нижней поверхности, поднимаются со дна рѣки въ зимнее время и плывутъ потомъ по поверхности. Въ сибирскихъ рѣкахъ, по описанію *Вейтца*, большіе камни точно такимъ же образомъ поднимаются льдомъ со дна рѣкъ и плаваютъ съ нимъ на поверхности ¹⁾.

Мы уже замѣтили, что вода во время разлива и въ особенности ледоходъ, часто срываетъ деревья растущія на берегахъ рѣки. Въ малыхъ рѣчкахъ эти деревья, упавая въ русло, но иногда еще держась корнями въ берегахъ, остаются въ руслѣ, замываются пломъ и засо-

1) Лайэлль. Основныя начала геологін. Часть I, стр. 254—256.

ряютъ дно, препятствуя свободному теченію воды. Поэтому въ небольшихъ рѣчкахъ расчистка ихъ русла отъ упавшихъ деревьевъ, или корягъ, можетъ иногда значительно увеличить притокъ воды. Въ большихъ же рѣкахъ и эти явленія происходятъ въ болѣе громадныхъ размѣрахъ. Въ статьѣ о разливахъ, мы привели примѣръ большого количества сорванного разливомъ р. Роны лѣса; но это явленіе ничтожно въ сравненіи съ подобными же явленіями на американскихъ рѣкахъ, каковы Амазонка и Миссисипи. Во время разливовъ Амазонки, по рѣкѣ плывутъ обыкновенно длинныя 'плоты сдѣланныхъ деревьевъ, говоритъ *Реклю*, скопляющихся огромными массами вокругъ мысовъ и вдоль береговъ. За этими деревьями, которыя то погружаются въ воду, то несутся по ея поверхности, тянется на большомъ пространствѣ трава *santa gina*, такъ что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ поверхность рѣки представляетъ какъ бы огромную луговую равнину. Эти плоты пловучаго лѣса, срываемаго разливами рѣки и задерживаемые на пути островами, отмелями и другими препятствіями, на Миссисипи и Красной рѣкѣ скопляются до того, что образуютъ естественные мосты поперекъ рѣки отъ одного берега до другаго. „Одно изъ величайшихъ скопленій такого рода, говоритъ *Ляйэлль*, называлось Атчафалайскимъ плотомъ: Атчафалая есть рукавъ Миссисипи, который въ прежнее время несомнѣнно былъ русломъ Красной рѣки, когда эта послѣдняя, независимо отъ Миссисипи, пролагала себѣ путь къ Мексиканскому заливу. Атчафалая находясь въ одной прямой линіи съ общимъ направленіемъ Миссисипи, захватываетъ значительную часть лѣса ежегодно приносимаго съ сѣвера; и пловучія деревья, скоплавшіяся въ теченіи 38 лѣтъ до 1816 года, образовали сплошной плотъ, имѣвшій не менѣе 15 верстъ въ длину, 660 футовъ въ ширину и 8 футовъ въ толщину. Вся эта масса поднималась и опускалась вмѣстѣ съ водою, но несмотря на это была покрыта зелеными кустарниками и деревьями, а осенью поверхность ея оживлялась множествомъ красивыхъ цвѣтовъ. Плотъ увеличивался до 1835 года, когда нѣкоторые изъ росшихъ на немъ деревья достигли высоты почти 60 футовъ. Въ этомъ году штатъ Луизіана принялъ мѣры къ уничтоженію всего плота, для открытія навигаціи, что и было съ большимъ трудомъ исполнено въ теченіе четырехъ лѣтъ“. „Еще до сихъ поръ одинъ изъ такихъ плотовъ, извѣстный у американцевъ подъ именемъ „Большаго плота“ (*great raft*), загромождаетъ русло Красной рѣки, говоритъ *Реклю*. Эта исполинская груда деревьевъ (по преимуществу кедровъ и сосенъ), подъ которой воды рѣки исчезаютъ точно подъ движущимся сводомъ, мало-по-малу поднимается вверхъ по теченію; ибо въ то время какъ деревья, ближайшія къ устью, отдѣляются, ежегодные разливы приносятъ новыя массы деревьевъ съ верховья. Такимъ образомъ этотъ плотъ, образовавшійся, какъ можно полагать, въ мѣстѣ слиянія Красной рѣки съ Миссисипи, постепенно удалился отъ устья на 630 верстъ, подвигаясь вверхъ по 2 и по 3 версты каждый годъ. Въ 1833 году федеральное правительство сдѣлало распоряженіе объ уничтоженіи этого пловучаго лѣса, тя-

нущагося въ то время на 200 версть, но пока дѣлая флотилія судовъ, приспособленная для этой операціи, занималась уборкою деревьевъ въ нижней части плота, верхній конецъ постоянно увеличивался новыми наносами. Наконецъ въ 1855 году, послѣ 22-хъ-лѣтней сизифовой работы, рѣшено было бросить это неблагоприятное дѣло и употребить остатки назначеннаго для него капитала на улучшение боковыхъ каналовъ. „Большой плотъ“, оставленный въ болотахъ, занимающихъ прежнее русло рѣки, постепенно превратится въ обширный торфяникъ, который, въ свою очередь, въ послѣдующія геологическія эпохи, сдѣлаются пластомъ каменнаго угля“.

Мы уже выше замѣчали, что рѣки во время разливовъ переносятъ много землястыхъ частицъ. Во многихъ нашихъ рѣкахъ вода во время разлива дѣлается мутною, желтоватою и полупрозрачною, вслѣдствіе присутствія въ ней землястыхъ частицъ въ взвѣшенномъ состояніи. Французскій инженеръ путей сообщенія *Горсъ* (*Gorsse*) опытами опредѣлилъ, что р. Рона въ самую малую воду несетъ 1 куб. метръ ила на 7000 куб. метровъ воды; при среднемъ стояніи уровня воды въ рѣкѣ 1 куб. метръ ила на 2000 куб. метровъ воды; а во время большихъ разливовъ 1 куб. метръ ила на 230 куб. метр. воды. По наблюденіямъ же гидрометрической комиссіи въ Лионѣ, подъ руководствомъ г. *Лорте* (*Lortet*), производимымъ ежедневно, въ 1844 году оказалось, что въ среднемъ выводѣ Рона несетъ 1 куб. метръ ила на каждые 1000 куб. метровъ воды. Рѣка Саона несетъ 1 метръ на 4000 метровъ воды, а Рейнъ, послѣ дождей, когда вода въ немъ дѣлается совершенно желтою, несетъ 1 пудъ илу на 12.500 пудовъ воды. Этотъ непрерывный переносъ веществъ, въ теченіе длиннаго періода времени, удлиняетъ теченіе рѣкъ, образуя при впаденіи ихъ въ море обширныя дельты; этими переносимыми веществами рѣки засыпаютъ озера, чрезъ которыя онѣ протекаютъ. Такъ поверхность дельты, отложенной переносами р. Миссисипи, считаютъ въ 14.000 квадратныхъ миль. Все пространство отъ Мемфиса до моря заполнено наносами р. Нила. Рѣка Рона засыпала верхній конецъ Женевскаго озера на 1½ мили въ теченіе только 800 лѣтъ. Средняя скорость наростанія дельты р. По въ Адриатическое море, между 1200 и 1600 годомъ, по сдѣланному вычисленію, равнялась 25 метрамъ въ годъ, или около 12 саженой, между тѣмъ какъ средняя годичная прибыль ея отъ 1600 до 1804 года равнялась 70 метрамъ, или около 33 саженой. Чтобы выяснитъ, какое громадное количество землястыхъ частицъ рѣки во время разливовъ сносятъ въ море, приведемъ вычисленіе *Лайэлла*, относительно р. Гангеса. Количество ила, содержащагося во взвѣшенномъ состояніи въ водахъ Гангеса и Брамапутры, говоритъ *Лайэлла*, превосходить, какъ и слѣдуетъ ожидать, количество ила переносимаго другими рѣками. Во-первыхъ потому, что притоки ихъ текутъ съ высочайшихъ горъ въ мѣрѣ и не очищаются ни въ какихъ озерахъ, какъ очищается Рейнъ въ Констанцскомъ озерѣ, или Рона въ Женевскомъ; во-вторыхъ потому, что все теченіе ихъ находится ближе къ экватору и потому количество вы-

падающаго дожда на ихъ бассейнъ чрезвычайно велико на южныхъ склонахъ первой горной цѣпи, поднимающейся съ равнинъ Индостана, а еще замѣчательнѣе количество его изливающееся иногда въ одинъ день.

Г. *Эверестъ* произвелъ въ 1831 и 1832 годахъ рядъ опытовъ надъ землянымъ веществомъ, которое сноситъ р. Гангесъ при Газенпурѣ, въ 500 миляхъ отъ моря. Онъ нашелъ, что въ этомъ мѣстѣ, въ 1831 году, количество воды, протекающей въ рѣкѣ въ секунду, равнялось:

во время дождей (въ 4 мѣсяца) . . .	494.208 куб. фут.
„ „ зимы (въ 5 мѣсяцевъ) . . .	71.200 „ „
„ „ жаркой погоды (въ 3 мѣсяца) . . .	36,330 „ „

такъ что въ круглыхъ числахъ, можно сказать, 500.000 куб. фут. въ секунду воды протекаетъ въ теченіе четырехъ мѣсяцевъ дождливаго времени года, отъ іюня до сентября, и менѣе 60.000 въ секунду въ теченіе остальныхъ восьми мѣсяцевъ.

Среднее количество твердаго вещества, взвѣшеннаго въ водѣ, въ дождливое время года равнялось по вѣсу $\frac{1}{428}$ части воды; но такъ какъ удѣльный вѣсъ сухаго ила вдвое болѣе противъ вѣса воды, то уносимое ею твердое вещество составляетъ $\frac{1}{856}$ часть по объему, или 577 кубическихъ футовъ въ секунду. Это даетъ общій итогъ твердаго вещества въ 6.082.041.600 куб. футовъ, переносимаго рѣкою въ теченіе 122-хъ дней дождливаго времени года. Содержаніе осадка въ водахъ въ остальные времена года, сравнительно говоря, незначительно: общій итогъ въ теченіе пяти зимнихъ мѣсяцевъ равняется только 247.881.600 куб. фут., а въ теченіе трехъ мѣсяцевъ жаркой погоды 38.154.240 куб. футамъ. Слѣдовательно итогъ годичнаго переноса равнялся 6.368.077.440 куб. футовъ.

Это количество ила, въ теченіе года, подняло бы поверхность квадрата, котораго бокъ въ $22\frac{1}{2}$ версты, на высоту одного фута. Чтобы дать нѣкоторое понятіе о громадности такого результата, говорить *Ляйалль*, мы допустимъ, что удѣльный вѣсъ высушеннаго ила равняется только половинѣ удѣльнаго вѣса гранита (хотя въ дѣйствительности онъ болѣе); въ такомъ случаѣ твердое вещество, переносимое Гангесомъ въ теченіе года, будетъ равняться 318.038.720 куб. футамъ гранита. Почти $12\frac{1}{2}$ куб. футовъ гранита вѣсятъ одну тонну (62 пуд.) и вычислено, что большая египетская пирамида (основаніе которой занимаетъ 4,07 десятинъ, или 9.768 кв. сажень, а высота ея почти 500 фут., или 71,43 саж.) если бы состояла изъ плотной гранитной массы, то вѣсила бы почти 600.000.000 тоннъ. По этому разсчету, масса ежегодно переносимаго рѣкою вещества равняется по вѣсу и по объему слишкомъ 42 большимъ египетскимъ пирамидамъ и въ теченіе только четырехъ дождливыхъ мѣсяцевъ — 40 пирамидамъ сплошнаго гранита.

Черт. V.
•илг. 64.

Одно изъ явленій, которое обнаруживаютъ рѣки во время разливовъ и вслѣдствіе переноса ими землястыхъ веществъ. Это возвышеніе

ими своихъ непосредственныхъ береговъ. Въ равнинахъ и широкихъ долинахъ, по которымъ текутъ большія рѣки, говоритъ *Бюффонз*, дно русла рѣки занимаетъ обыкновенно самую низшую часть долины; но часто поверхность воды въ рѣкѣ бываетъ выше равнинъ, прилегающихъ къ берегамъ рѣки. Часто можно замѣтить, что когда вода начинаетъ прибывать, то боковыя части долинъ затопляются на обширное пространство, между тѣмъ какъ самые непосредственные берега рѣки еще видны изъ воды и заливаются послѣдними, что доказываетъ, что они выше прилегающихъ долинъ. Такъ что по обѣимъ сторонамъ рѣки, начиная отъ береговъ на нѣкоторое разстоянiе въ стороны, есть скатъ отъ берега къ краямъ долины, отчего поверхность воды въ рѣкѣ во время разлива, когда она еще не вышла изъ береговъ, стоитъ выше этихъ частей долины, какъ видно изъ прилагаемой фигуры. Это возвышенiе непосредственныхъ береговъ рѣки происходитъ отъ осажде- нiя ила, который вода несетъ во время наводненiй. Переливаясь черезъ берега, вода имѣетъ около нихъ и надъ ними слабое теченiе, а потому и отлагаетъ на нихъ самые крупныя осадки изъ гравiя и песку, очищаясь, по мѣрѣ расширенiя въ долину, а равно отлагаетъ въ руслѣ и на берегахъ всѣ осадки, которые не переносятъ далѣе. Отъ этого непосредственные берега рѣки и возвышаются постепенно надъ близъ лежащей долиной.

фиг. 64.

Причина однообразнаго подъема рѣчныхъ береговъ надъ прилежащей наносной равниной заключается, говоритъ *Лайэль*, въ слѣдующемъ: когда воды, обремененныя осадкомъ, переливаются черезъ берега въ пору половодья, скорость ихъ теченiя задерживается травами, тростниками, кустарниками и онѣ тотчасъ же осаждаютъ обременяющiя ихъ болѣе крупныя и песчаныя части. Но мельчайшiя частицы ила уносятся далѣе, такъ что на разстоянiи почти двухъ миль (онъ говоритъ о Миссисипи) осаждается только плѣнка тонкой глины, образуя густую, маслянистую, черную почву, которая постепенно обволакиваетъ основанiе деревъ, растущихъ по окраинамъ болотъ. Нѣкоторые изъ раннихъ географовъ неправильно, говоритъ онъ, описывали Миссисипи, какъ рѣку, протекающую по вершинѣ длиннаго холма, или вала въ долинѣ. Въ дѣйствительности она течетъ въ руслѣ *асв* отъ 100 до 200 и болѣе футовъ глубиною; ея берега образуютъ длинныя полосы земл. параллельныя теченiю главнаго потока и болотамъ *de* и *gf*, лежащимъ по обѣимъ ея сторонамъ. Эти обширныя болота, обыкновенно покрытыя лѣсомъ, хотя и затопляются въ теченiе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, рѣдко лежатъ ниже 15-ти футовъ противъ верхняго уровня береговъ. Иногда и самые берега затопляются, но обыкновенно стоятъ надъ водою и имѣютъ до 3-хъ верствъ въ ширину. Они слѣдуютъ за всѣми извилинами великой рѣки, а близъ Новаго Орлеана приподняты искусственными плотинами, въ которыхъ рѣка иногда, съ прибылью воды, дѣлаетъ большiе прорывы и наводняетъ прилежащiя низменности и болота и даже не щадитъ низкихъ улицъ обширнаго города.

Черт. V.
фиг. 65.

Возвышенiе непосредственныхъ береговъ замѣчается, хотя и не въ

такой степени, и въ малыхъ рѣкахъ, такъ какъ процессъ отложенія мути во время разливовъ, совершается одинаково, какъ въ большихъ, такъ и малыхъ рѣкахъ. Наростаніе непосредственныхъ береговъ особенно замѣчается въ рѣкахъ, русла которыхъ заключены въ глубокихъ и широкихъ геологическихъ долинахъ, въ которыхъ во время половодья, вода заливааетъ иногда всю долину, состоящую у насъ чаще изъ лучшихъ, такъ называемыхъ заливныхъ луговъ. Поэтому наростаніе непосредственныхъ береговъ обнаруживается, не только тѣмъ, что они не покрываются еще водою, когда боковыя долины частію уже затоплены, но и тѣмъ, что заливные луга, засоряемые иногда отлагающимся пескомъ, дѣлаются современемъ хуже въ отношеніи качества растущихъ на нихъ травъ и наконецъ, иногда совершенно заболочиваются; вода послѣ спада въ рѣкѣ, задерживается на нихъ долго этими возвышенными берегами, препятствующими ей стекать обратно въ рѣку. Такъ что весенніе разливы, содѣйствовавшіе прежде въ нѣкоторыхъ рѣкахъ улучшенію этихъ луговъ, чрезъ постепенное поднятіе непосредственныхъ береговъ, дѣлаются причиною ихъ ухудшенія и даже совершеннаго превращенія въ болота.

Намъ случалось наблюдать это явленіе въ верхнихъ долинахъ рр. Москвы и Днѣпра; но оно особенно является рѣзкимъ въ широкой и глубокой части долины р. Мошны (праваго притока р. Сожи) въ томъ мѣстѣ, гдѣ ее пересѣкаетъ такъ называемая Софінская гать старой Кіевской большой дороги, верстахъ въ 20-ти отъ г. Смоленска. Возвышенные валы непосредственныхъ береговъ рѣчки явственно замѣтны на довольно большомъ протяженіи съ обѣихъ сторонъ, тогда какъ боковыя долины совершенно заболочены, несмотря на то, что въ наносной почвѣ рѣка прорыла себѣ глубокое русло и во время ординара поверхность воды въ рѣкѣ стоитъ сажени на $1\frac{1}{2}$ ниже заболоченныхъ боковыхъ долинъ равнины. Г. *Докунаевъ* замѣчаетъ, что весенняя, обыкновенно очень мутная вода, осаждаетъ массы ила на поемныхъ лугахъ, особенно въ мѣстностяхъ низкихъ и болотистыхъ и приводитъ замѣчаніе г. *Фенютина*, что илъ заволакиваетъ собою рукава, старыя русла и постепенно возвышаетъ луга. Не дальше какъ около 130 лѣтъ тому назадъ, говоритъ г. *Фенютинъ*, середина луга, находящагося противъ города Мологи, была покрыта озерами, въ которыхъ рыбныя ловли отдавались ратушею съ торговъ; въ настоящее же время тамъ остаются только одни признаки бывшихъ на лугу озеръ.

Отложеніе осадковъ на непосредственныхъ берегахъ, ведетъ къ подобному же отложенію ихъ при входахъ и выходахъ въ старорѣчьяхъ, или старицахъ; такъ что между новымъ русломъ рѣки и входомъ въ старицу, осадки поднимая дно, образуютъ какъ бы плотину, которая наконецъ прекращаетъ входъ воды въ старицу, направляя всю воду рѣки по новому руслу; въ старицѣ же чрезъ это прекращается всякое движеніе воды и она зарастаетъ и задушается.

Имѣя въ виду переносную силу проточной воды, зависящую главнымъ образомъ отъ скорости теченія, и ту большую массу земли,

песка, гравія и камней, которую несетъ рѣка во время разливовъ, возникаетъ вопросъ: какимъ образомъ рѣки, медленно текущія въ долинахъ и равнинахъ и орошающія, сравнительно говоря, ровную мѣстность, могутъ сплавлять огромное количество осадковъ вносимое въ нихъ еще ихъ многочисленными притоками, не возвышая постоянно своего русла и донося большую часть осадковъ до моря? Если бы онѣ не имѣли силы переносить всѣ эти осадки, то ихъ русла ежегодно засорялись бы и ихъ долины, лежащія въ болѣе низкихъ странахъ, и особенно равнины при подножии горныхъ цѣпей, безпрестанно усыпались бы обломками горныхъ породъ и бесплоднымъ пескомъ. Слѣдствіемъ чего было бы постоянное поднятіе руслъ, засыпка и поднятіе самыхъ рѣчныхъ долинъ. Но этому злу препятствуютъ общіе законы, управляющіе движеніемъ проточной воды, въ силу которыхъ, во-первыхъ, *рѣки вырываютъ русло при поднятіи ихъ верховья и выполняютъ, или приподнимаютъ русло, при опусканіи ихъ верховья*. Такъ какъ приподниманіе верховья увеличиваетъ скорость теченія, а опусканіе — уменьшаетъ эту скорость, то явленіе это очевидно. Во-вторыхъ, что *два равныя по объему воды рѣки, соединившись, не занимаютъ русла вдвое большаго по ширинѣ*; мало того, ширина главной рѣки, послѣ впаденія въ нее какого-либо притока, иногда остается безъ измѣненія, а иногда даже и уменьшается. Это явленіе давно объяснено итальянскими писателями, изучавшими сліяніе По и ея притоковъ въ Ломбардской долинѣ. Впаденіе меньшей рѣки часто увеличиваетъ скорость теченія главной рѣки въ той же пропорціи, въ какой увеличивается количество воды. Причина болѣе скорости зависитъ, во-первыхъ, отъ того, что послѣ сліянія двухъ рѣкъ, воды ихъ преодолеваютъ треніе не четырехъ, а только двухъ береговъ; во-вторыхъ потому, что главная масса рѣчной воды, послѣ сліянія, будучи болѣе удалена отъ стѣнъ русла, встрѣчаетъ во время теченія менѣе препятствій; и наконецъ потому, что болѣе количество воды, вслѣдствіе болѣаго давленія и движенія съ болѣею быстротою, глубже врывается въ рѣчное ложе. Вслѣдствіе этого закона, воды, вытекающія изъ внутреннихъ странъ, постоянно занимаютъ меньшее пространство по мѣрѣ приближенія своего къ морю, чѣмъ и предохраняются отъ постоянного занятія водою самыми драгоценными частями нашихъ материковъ, т.-е. роскошныя по своей почвѣ дельты и обширныя аллювіальныя долины. Такимъ образомъ Венеціанскій рукавъ рѣки По поглощаетъ рукава Ферранезе и Панара, нисколько не увеличиваясь въ своихъ размѣрахъ. Нѣтъ рѣки, говоритъ *Лийэлль*, которая представляла бы болѣе разительный примѣръ, объясняющій законъ, по которому увеличивающійся объемъ воды не причиняетъ пропорціональнаго увеличенія ея поверхности, и напротивъ иногда сопровождается даже суженіемъ русла, какъ р. Миссисипи. Она имѣетъ $\frac{3}{4}$ версты въ ширину при своемъ сліяніи съ Миссури; эта послѣдняя имѣетъ такую же ширину, однако же слившіяся воды, отъ мѣста своего соединенія до впаденія Огайо, имѣютъ среднюю ширину также почти въ $\frac{3}{4}$ версты. — Присоединеніе Огайо повидимому

тоже не увеличиваютъ, а скорѣе уменьшаютъ ширину главной рѣки. Рѣки Св. Франциска, Бѣлая, Арканзасъ и Красная, (которыя въ другихъ мѣстахъ считались бы за первоклассныя рѣки), точно также поглощаются главной рѣкой почти безъ всякаго видимаго увеличенія въ ея ширинѣ, хотя мѣстами она и расширяется до $2\frac{1}{4}$ или даже до 3 верстѣ. Достигнувъ Новаго Орлеана она имѣетъ опять нѣсколько меньше чѣмъ $\frac{3}{4}$ версты въ ширину.

21. Объ уменьшеніи водъ въ источникахъ и рѣкахъ и увеличеніи разливовъ.— Остается ли неизмѣннымъ общее количество воды, въ различныхъ ея состояніяхъ, на земной поверхности? вопросъ этотъ, возбуждавшій много разъ вниманіе ученыхъ, безъ сомнѣнія еще долгое время останется безъ отвѣта и будетъ вращаться лишь въ смыслѣ гипотезъ, такъ какъ безусловное его разрѣшеніе требуетъ очень продолжительныхъ, разнообразныхъ и чрезвычайно точныхъ наблюдений. Нѣкоторые полагаютъ, что такъ какъ во внутренности земли происходитъ постоянное поглощеніе воды при образованіи гидратовъ, т.-е. минераловъ, въ которыхъ вода химически соединяется съ другими веществами и уже удерживается въ этихъ соединеніяхъ, причеиъ поглощается большое количество воды, то это явленіе по необходимости обуславливаетъ уменьшеніе ея количества на земной поверхности.

Но допустивъ даже неизмѣнность общаго количества воды на земной поверхности, равнымъ образомъ, допустивъ, что въ тѣхъ же мѣстностяхъ упадетъ одинаковое количество дождя и снѣга, количество воды протекающей въ рѣкахъ или даваемой источниками, можетъ измѣняться въ зависимости отъ измѣненія свойствъ бассейна. Допустимъ напримѣръ, что бассейны рѣкъ какой либо мѣстности изъ совершенно проницаемыхъ сдѣлались бы совершенно непроницаемыми; очевидно, что при томъ же количествѣ дождя, подземные источники не получили бы изъ него для себя ничего, ключи перестали бы бить и уже не питали бы рѣки; часть воды съ открытыхъ и непроницаемыхъ бассейновъ испарилась бы вновь, а другая часть, съ большей или меньшей быстротой, въ зависимости отъ наклоновъ бассейна, спллась бы въ рѣки, произвела бы въ нихъ сильныя разливы и наводненія, а затѣмъ, по прекращеніи дождя, рѣки, не питаемыя болѣе источниками, понизили бы значительно уровень своихъ водъ до новаго дождя. При значительныхъ же ливняхъ, послѣдовали бы опять быстрые разливы и наводненія. Изъ предыдущихъ разсмотрѣній свойствъ бассейновъ, очевидно произошло бы то же самое, еслибы очень гѣсистый бассейнъ какой либо рѣки вдругъ обратился бы въ безгѣсный.

Въ цивилизованныхъ и густо населенныхъ странахъ вопросъ экономіи, или болѣе правильнаго и бережливаго распределенія водъ, принимаетъ все болѣе и болѣе важное значеніе. Интензивная культура требуетъ непрерывно большаго количества воды; разныя виды населенія требуютъ непрерывно большаго и лучшаго ея распределенія: дороговизна горючаго матеріала съ каждымъ днемъ увеличиваетъ значительнѣе силу естественныхъ и искусственныхъ водопадовъ: вѣдущее значеніе те-

ченія рѣкъ, представляя большія выгоды судоходству, промышленности и рыбозаведенію, въ извѣстной степени уменьшаетъ и вредное дѣйствіе разливовъ рѣкъ.—Хотя сравнивая объемъ водъ, утилизованный земледѣліемъ и промышленностію, съ объемомъ, который несутъ рѣки въ море безъ всякой работы и пользы, можно удивляться, какую ничтожную часть полезный объемъ составляетъ отъ цѣлаго; однако въ послѣднее время въ Европѣ начали опасаться за недостатокъ воды, такъ какъ многіе думаютъ, что вслѣдствіе различныхъ причинъ рѣки потеряли прежнее обиліе воды, что объемъ воды протекающей въ нихъ лѣтомъ идетъ постоянно уменьшаясь, тогда какъ разливы рѣкъ принимаютъ болѣе сильныя и опасныя размѣры. Уже издавна эти опасенія, возникавшія, какъ въ Европѣ, такъ и у насъ въ Россіи, связывали явленіе убыли воды въ рѣкахъ, въ нормальномъ ихъ состояніи, и увеличеніе силы разливовъ—съ истребленіемъ лѣсовъ. Въ 1837 году объ этомъ писалъ *Бернаузъ*, на основаніи наблюденій надъ водами рѣкъ Рейна, Эльбы, Везера и Одера. Затѣмъ появились труды *Беккереля*, доказавшіе всю важность лѣса въ климатическомъ и гидрографическомъ отношеніяхъ, но болѣе всего выдвинули этотъ вопросъ и привлекли къ нему общее вниманіе труды *Векса* и *Эбермайера*. *Вексъ*, въ своемъ сочиненіи, ¹⁾ указывая на уменьшеніе количества водъ въ нѣкоторыхъ Европейскихъ рѣкахъ, а именно: Эльбѣ, Дунаѣ, Рейнѣ, Вислѣ, Одерѣ и Мозелѣ, какъ на несомнѣнный фактъ, всего болѣе обратилъ вниманіе общественнаго мнѣнія на это явленіе и вызвалъ со стороны многихъ правительствъ и ученыхъ обществъ заботы о необходимости болѣе точнаго и подробнаго изслѣдованія этого явленія. Мы воспользуемся здѣсь прекрасной статьей г. *Вейнберга* ²⁾ для изложенія фактовъ, за являемыхъ *Вексомъ* по этому вопросу;—но предварительно замѣтимъ, что въ донесеніи Академіи Наукъ комиссіи (изъ членовъ Академіи гг. *Гельмерсена*, *Гадолина* и *Вильда*), одобренномъ въ засѣданіи Академіи 17 мая 1877 года, между прочимъ говорится: „Возбужденный г. *Вексомъ* и предложенный Вѣнскаго Академіею Наукъ общему вниманію вопросъ объ уменьшеніи количества воды въ источникахъ и рѣкахъ, при одновременномъ увеличеніи половодья, въ культурныхъ странахъ, требуетъ спеціальнаго изслѣдованія гидрографическихъ условій рѣчныхъ бассейновъ; а эти изслѣдованія, независимо отъ отвѣта на вышеозначенный вопросъ, имѣютъ вообще столь важное народно-экономическое значеніе, что на нихъ должно было бы быть обращено особенное вниманіе всѣхъ государствъ. Поэтому комиссія, назначенная физико-математическимъ отдѣленіемъ Академіи Наукъ по сему вопросу, признала необходимымъ, при составленіи инструкціи для изслѣдованій этого рода,

¹⁾ Ueber die Wasserabnahme in den Quellen, Flüssen und Strömen, bei gleichzeitiger Steigerung der Hochwässer in den Culturländern, von Gustav Wex, K. K. Ministerialrath und Oberleiter der Donau Regulirung bei Wien. Wien. 1873.

²⁾ Вопросъ объ уменьшеніи водъ въ источникахъ и рѣкахъ. Я. Вейнбергъ. „Русскій Вѣстникъ“ февраль, 1878 г.

имѣть въ виду, не исключительно помянутую спеціально цѣль, но и болѣе общее рѣшеніе задачи“.

Воспользовавшись собственными 40-лѣтними наблюденіями, а также изслѣдованіями надъ высотой уровня водъ Германскихъ рѣкъ и гидрографическими работами *Бергауза*, *Мааса*, *Галена* и др., говоритъ г. *Вейнбернз*, *Вексз* получаетъ слѣдующіе результаты.

Наблюденія надъ Эльбой въ Магдебургѣ, въ продолженіе 142 лѣтъ (съ 1727 по 1869 г.), даютъ за полстолѣтіе уменьшеніе низшаго уровня на 16, средняго же уровня на 17 дюймовъ. 46 лѣтъ наблюденій надъ Дунаемъ близъ Вѣны (1826—1871 г.) показываютъ уменьшеніе низшаго его уровня на 11, средняго же на 18 дюймовъ; а близъ Орсовы, 32-лѣтнія наблюденія показываютъ уменьшеніе низшаго уровня на 46 дюймовъ, а средняго на 55 дюймовъ.

Наблюденія надъ уровнемъ Рейна близъ Эммериха, въ теченіе 65 лѣтъ (1770—1835), показываютъ уменьшеніе низшаго уровня на 20 и средняго на 25 дюймовъ въ теченіе полувѣка. 53-лѣтнія наблюденія близъ Кельна, показываютъ уменьшеніе высшаго уровня водъ Рейна на 27 дюйм., средняго на 8 дюймовъ и низшаго на 14 дюймовъ. 56-лѣтнія наблюденія у Кракова, показываютъ уменьшеніе средняго уровня р. Вислы на 19 дюймовъ; а 63-лѣтнія наблюденія у Маріенведера, показываютъ уменьшеніе низшаго уровня Вислы на 44 дюйма и средняго на 26 дюйм. Наблюденія надъ высотой уровня Одера и Мозеля показываютъ такія же явленія, причемъ одновременно съ уменьшеніемъ количества водъ въ рѣкахъ въ обыкновенное время, замѣчается послѣдовательное увеличеніе половодья, вслѣдствіе чего эти рѣки все чаще и чаще выступаютъ изъ береговъ и вредъ отъ ихъ наводненій постоянно увеличивается.

Галенз и *Маасз* не рѣшаются положительно высказаться по вопросу объ уменьшеніи проточныхъ водъ, такъ какъ наблюденія надъ футштокомъ показываютъ лишь высоту уровня рѣки, а не количество протекающей въ рѣкѣ воды; хотя они и соглашаются съ дѣйствительнымъ уменьшеніемъ высоты уровня Эльбы и Рейна, но приписываютъ это явленіе регулированію русла этихъ рѣкъ, вслѣдствіе чего, мѣстами, эти русла искусственно углубились и притомъ же объемъ воды уровень ея долженъ былъ понизиться. Что во время половодья увеличивается живое сѣченіе и скорость воды, а потому объемъ протекающей въ это время можетъ вознаградить убыль въ высотѣ уровня замѣчаемую въ остальные времена года.

Вексз опровергаетъ эти возраженія слѣдующими доводами: 1) если въ верхнемъ теченіи Эльбы русло и было углублено, то взамѣнъ того, вслѣдствіе наносовъ, оно должно было подняться въ среднемъ и нижнемъ теченіи, а слѣдовательно тамъ долженъ былъ бы подняться и уровень воды, а между тѣмъ онъ понизился; 2) близъ Орсовы, недалеко отъ Желѣзныхъ воротъ, Дунай на протяженіе 16 миль прорывается сквозь горный кряжъ и въ продолженіи тысячелѣтій, вслѣдствіе твердости породъ, русло его здѣсь не измѣнилось, а именно въ этомъ мѣстѣ

32-лѣтнія наблюденія показываютъ наибольшее уменьшеніе уровня; 3) хотя объемъ воды протекающей въ половодье и великъ, но онъ не въ состояніи вознаградить убыль воды въ остальное время года. Половодье въ Германіи продолжается отъ 10 до 20 дней въ году; самый низкій уровень водъ продолжается 40—50 дней, а средній, или нормальный, продолжается около 300 дней; а потому при вычисленіи средней годичной высоты уровня водъ, нормальный уровень оказываетъ наибольшее вліяніе на результатъ.

Дѣйствительно, по вычисленіямъ произведеннымъ *Гребенау*, надъ количествомъ воды протекавшей въ продолженіи 28 лѣтъ чрезъ русло Рейна близъ Гермерсгейма, оказывается, что если взять въ соображеніе и половодье (т.-е. увеличеніе въ это время площади живаго сѣченія и скорости теченія) и на основаніи этого вычислить высоту среднего уровня, то окажется, что послѣдній лишь на 2,5 дюйма превосходитъ высоту выведенную изъ непосредственныхъ наблюденій надъ футштокомъ. Такой же почти результатъ получилъ и профессоръ *Герлахеръ* изъ вычисленія количества водъ Эльбы, ниже Боденбаха, въ продолженіи 12-мѣсячнаго періода. А если такъ, заключаетъ *Вексъ*, то наблюденія надъ высотой уровня Германскихъ рѣкъ могутъ весьма приблизительно указывать и на количество проточныхъ водъ; 4) наблюденія показываютъ также, что весьма высокое стояніе водъ Германскихъ рѣкъ во время половодій, теперь случается чаще чѣмъ въ прежнее время. Такъ, раздѣляя 54-лѣтній промежутокъ времени наблюденій надъ Рейномъ въ Кельнѣ на два 27-лѣтніе періода, увидимъ, что въ первый періодъ высота половодья на 1,6 дюйма ниже чѣмъ во второй періодъ. Незначительность этой величины *Бернаузъ* объясняетъ тѣмъ, что Рейнъ питается неистощимыми ледниками и регулируется Боденскимъ озеромъ. Наблюденія надъ Эльбой близъ Магдебурга (1728—1869) раздѣленные на три почти равные періода, показываютъ, что въ первый періодъ половодья по отдѣльнымъ годамъ мало отличались другъ отъ друга и лишь два раза достигали 17 футовъ выше ординара; во второй періодъ половодья 10 разъ достигаютъ высоты 17 и 17,7 футовъ, хотя въ то же время средній уровень понижается на 12 дюймовъ; въ третій періодъ высота половодья десять разъ достигаетъ 17 и 18 футовъ выше ординара, а средняя высота половодья на 3 дюйма выше этой высоты за второй періодъ.

Раздѣляя 63-лѣтнія наблюденія надъ высотой водъ Вислы на два равные періода, оказывается, что въ первый періодъ половодье пять разъ достигаетъ высоты свыше 20 футовъ, а во второй—девять разъ и притомъ все выше и выше. По изслѣдованіямъ *Векса*, высота половодья Дуная у Нусдорфа въ прошломъ столѣтіи достигала 8 футовъ, нынѣ же эта высота нерѣдко достигаетъ 16 футовъ выше ординара. У Орсовы же подъемъ половодья менѣе чѣмъ въ прежнее время. Чѣмъ значительнѣе бассейнъ рѣки и чѣмъ далѣе вверхъ по теченію производятся наблюденія, тѣмъ болѣе становится разница между уровнемъ воды и количествомъ ея за послѣднее время, сравнительно съ таковыми же

за прежніе годы; а это явленіе указываетъ на уменьшеніе воды въ источникахъ и всѣхъ притокахъ, питающихъ рѣку. Заключение это оправдывается тѣмъ, говоритъ *Вексъ*, что на многихъ фабрикахъ, дѣйствовавшихъ водою, вслѣдствіе уменьшенія ея, принуждены были ввести паровыя машины.

Вексъ полагаетъ, что уменьшеніе воды въ Германскихъ рѣкахъ не есть явленіе мѣстное, но по всѣмъ вѣроятностямъ происходитъ это уменьшеніе въ рѣкахъ воды и въ другихъ странахъ Европы и въ прочихъ частяхъ свѣта. Уменьшеніе воды въ ключахъ стало особенно замѣтно съ 1825 г. во Франціи въ Поату и въ департаментѣ нижней Шаранты; подобное же явленіе замѣчается въ Германіи, особенно съ 1852 г., когда многіе колодцы, прежде обильные водою, до того пересохли, что пришлось, или вовсе ихъ оставить, или же значительно углубить. Онъ указываетъ на пересыханіе ключей и оскудѣніе водопроводовъ въ Римѣ, Вѣнѣ и Константинополѣ; на истощеніе Версальскихъ водометовъ, на оскудѣніе водъ въ Вѣнскихъ окрестныхъ садахъ, каковы: Бельведеръ, Шварценбергъ, Лихтенштейнъ; знаменитые ключи Шенбруна болѣе не привлекаютъ публику и вовсе пересохли. — Уменьшенію проточной воды *Вексъ* приписываетъ безплодіе нѣкогда столь цвѣтущей Персіи и уменьшеніе плодородія Палестины, Испаніи и Сициліи. На нашихъ глазахъ, говоритъ онъ, возвышенность Карстъ въ Иллиріи, мало по малу обратилась въ пустыню, благодаря пересыханію рѣкъ лѣтомъ и страшнымъ наводненіямъ тѣхъ же рѣкъ весной, покрывающимъ поля песчаными и каменными наносами. Тогда какъ прорытіе артезіанскихъ колодцевъ въ Сахарѣ, не только доставило воду путешественникамъ, но образовало около нихъ оазисы изъ финиковыхъ пальмъ и другихъ тропическихъ растений. Со времени прорытія Суэзскаго канала и орошенія, вслѣдствіе этого, окрестныхъ полей посредствомъ многочисленныхъ проводныхъ каналовъ, растительность въ этихъ мѣстахъ и самый климатъ значительно улучшились.

Главною причиною уменьшенія водъ въ источникахъ и рѣкахъ и увеличенія разливовъ рѣкъ, *Вексъ* признаетъ *истребленіе лѣсовъ*. Вслѣдствіе этого истребленія онъ допускаетъ, отчасти, возможность уменьшенія и атмосферныхъ осадковъ. Затѣмъ, какъ второстепенныя причины, онъ полагаетъ: 1) осушеніе озеръ, прудовъ и болотъ; 2) увеличеніе обрабатываемыхъ полей и культурныхъ растений; 3) рубку лѣсовъ на возвышенностяхъ и скатахъ бассейновъ рѣкъ; 4) увеличивающееся народонаселеніе и количество домашнихъ животныхъ. Подробный разборъ этихъ условій можно найти въ указанной нами выше статьѣ г. *Вейнберга*. Такъ какъ, главнымъ образомъ, весь вопросъ сводится къ лѣсу, то мы приведемъ изъ этой статьи наиболѣе авторитетныя мнѣнія:

„Благодаря увеличившейся современной культурѣ почвы, беспощадно истребляющей лѣса, говоритъ *Дове*, Европа приготовляетъ себѣ все болѣе и болѣе неправильное распредѣленіе дождей, вслѣдствіе чего наши рѣки значительную часть года почти безводны, между тѣмъ какъ на короткое время онѣ наполняются такимъ громаднымъ количествомъ воды, которое онѣ не въ состояніи унести въ море.“ — Говоря

объ измѣненіи климата Сѣверной Америки, вслѣдствіе обезлѣсенія, *Дове* замѣчаетъ, что обезлѣсеніе остается безъ вліянія на *количество* атмосферныхъ осадковъ, но вліяетъ на *распределение* этихъ осадковъ въ теченіе года; противоположность между сухимъ и дождливымъ временемъ года становится рѣзче, подобно тому, какъ это замѣчается въ долинѣ Роны со времени Французской революціи, когда истребленіе лѣсовъ предоставлено было произволу каждаго. Г. *Вейнбергъ* приводитъ нѣсколько жалобъ меровъ того времени, во Франціи, на истребленіе лѣсовъ и какъ слѣдствіе этого истребленія—обмеленіе рѣкъ и измѣненіе климата.

Въ 1861 г. ученые, производившіе наблюденія надъ половодьями во Франціи (*Jeandel, Contégril и Bellaud*), представили свои заключенія Парижской Академіи Наукъ, въ которыхъ заявили, что насажденіе лѣсовъ есть дѣйствительнѣйшее средство противъ наводненій: „достаточно данное пространство, находящееся въ равныхъ иныхъ условіяхъ съ другимъ, ему сосѣднимъ, обезлѣситъ на *половину*, чтобы тотчасъ *увеличить вдвое* наводняющую способность.“—Въ той же Франціи замѣчено, что начиная съ 1600 по 1850 г. половодья Сены уменьшились постепенно съ 8,34 до 6,47 метровъ. Это объясняется тѣмъ, говоритъ г. *Вейнбергъ*, что именно бассейнъ Сены болѣе чѣмъ какой либо иной рѣчной бассейнъ Франціи, предохраняемъ былъ правительствомъ отъ значительныхъ и неправильныхъ лѣсныхъ порубокъ, съ цѣлью доставлять Парижу дешевое топливо.

Обезлѣсеніе не замедлило оказать гибельныя вліянія на увеличеніе половодій въ Швейцаріи, Италіи и въ особенности въ Австріи. Въ особенности въ послѣднее время, говоритъ г. *Вейнбергъ*, страдаютъ отъ наводненій Тироль, Штирія и Каринтія. Вспомнимъ при этомъ прошлогодні прорывы во многихъ мѣстахъ береговыхъ плотинъ въ Венгріи и послѣдовавшія затѣмъ страшныя наводненія, особенно въ Сегединѣ; наконецъ послѣднія наводненія въ Испаніи. По мнѣнію ученыхъ гидравликовъ, наводненія и слѣдующія затѣмъ обмелѣнія Австрійскихъ рѣкъ увеличиваются до такой степени, что нельзя болѣе полагаться на судоходство даже самаго Дуная, не смотря на значительныя суммы, потраченныя на регулированіе его фарватера. ¹⁾

Императорская С.-Петербургская Академія Наукъ, говоритъ г-нь *Вейнбергъ*, признаетъ, что бѣдствія, причиняемыя отъ наводненій Волги, Дона и Днѣпра, были бы значительно уменьшены, если бы лѣса наши были предохраняемы отъ истребленія. Въ бассейнахъ Днѣстра, Днѣпра, Буга, Дона и Западной Двины, гдѣ лѣсоистребленіе, благодаря желѣзнымъ дорогамъ и фабрикамъ, идетъ весьма быстро, бѣдствія отъ наводненія, вслѣдствіе разливовъ рѣкъ, особенно чувствительны. 1877 годъ былъ въ этомъ отношеніи одинъ изъ самыхъ бѣдственныхъ. Уже съ марта

¹⁾ По этому предмету можно найти болѣе подробныя изслѣдованія въ статьѣ г. Вейнберга „Лѣсъ и значеніе его въ природѣ“.—Русскій Вѣстникъ 1879 г. за январь-февраль и т. д.

мѣсяца газеты стали почти ежедневно приносить извѣстія о страшныхъ наводненіяхъ, о разрушенныхъ строеніяхъ, поврежденныхъ полотнахъ желѣзныхъ дорогъ. Западная Двина причинила въ Ригѣ громадныя убытки. Южный Бугъ разрушилъ совершенно 50 и значительно повредилъ 120 домовъ. Днѣстръ, въ Могилевѣ, разрушилъ 440 домовъ, причѣмъ погнбло много людей. Наводненіемъ Днѣпра въ одномъ Кіевѣ затоплено было болѣе 600 домовъ; но въ особенности пострадалъ Кременчугъ, весь затопленный въ началѣ апрѣля; вода доходила до 3-го этажа и много домовъ унесено или совершенно разрушено; пароходъ Днѣпровскаго общества плавалъ по улицамъ города.

По изслѣдованіямъ г. *Борисяка*, въ періодъ 1852—1856 года, разливы Дона постепенно увеличивались отъ быстрого таянія снѣговъ, вслѣдствіе истребленія лѣсовъ. Разливъ р. Гжати въ послѣднее время сталъ значительнѣе, но время продолженія его сократилось, такъ что суда до спада водъ не успѣваютъ пройти рѣку и часто становятся на мель, вслѣдствіе быстрого пониженія водъ. Почему пристани на рѣкѣ Гжати съ каждымъ десяткомъ лѣтъ спускаются все ниже къ устью.

Когда въ 1842 году *Мурчисонъ* совершилъ свое геологическое путешествіе по Россіи, говоритъ г. *Вейнбергъ*, покойный Государь Николай Павловичъ предложилъ ему вопросъ: „что всего болѣе въ Россіи привлекло его вниманіе и поразило его при обзорѣнн странъ?“ „Меня всего болѣе поразила, отвѣтилъ великій геологъ, та быстрота, съ которою истребляются лѣса по всему пространству Вашего государства. Я не могу не заявить о томъ Вашему Величеству и умоляю Васъ, во имя человѣчества, принять теперь же самыя энергическія мѣры къ прекращенію этого безразсуднаго расхищенія, грозящаго гибелью Вашему прекрасному отечеству“. Такъ выразился *Мурчисонъ*, говоритъ г. *Вейнбергъ*, тридцать пять лѣтъ тому назадъ, когда фабричная дѣятельность была гораздо менѣе и не было ни одной желѣзной дороги. Что сказалъ бы онъ теперь, если бы былъ свидѣтелемъ, съ какою быстротою истребляются наши лѣса, не только въ средней и южной Россіи, но и на сѣверѣ? ¹⁾ По изслѣдованіямъ *Дюма* ²⁾, оказывается тотъ несомнѣнный фактъ, что вслѣдствіе истребленія лѣсовъ и обезлѣсенія горныхъ склоновъ, наводненія стали болѣе частыми и болѣе пагубными, и что вслѣдствіе этой же причины, метеорологическіе факторы оказываютъ гораздо болѣе вредное дѣйствіе, чѣмъ обыкновенно полагаютъ.

1) Во всеподданнѣйшемъ докладѣ 6 октября 1836 г. графа Киселева заявлено Государю (до учрежденія еще Министерства Государственныхъ Имуществъ, послѣ обзорѣнн имъ губерній: Петербургской, Московской, Псковской и Курской).

„Лѣса казенныя и особенно поселянскіе, большею частію истреблены, какъ по злоупотребленіямъ лѣсныхъ чиновниковъ, такъ по не введенію правильнаго лѣсоводства и по недостатку стражи. Часть сія, въ нынѣшнемъ ея состояніи, требуетъ безотлагательныхъ и строгихъ мѣръ къ охраненію оставшихся лѣсовъ отъ совершеннаго истребленія“. Графъ П. Д. Киселевъ и его время. А. П. Заблоцкаго-Десятовскаго. т. II. стр. 22, Спб. 1882 г.

2) Etudes sur les inondations, causes et remèdes. Paris 1857. par Dumas. Это сочиненіе написано на тему Бордоской Академіи Наукъ по поводу удручительныхъ наводненій Луары въ 1856 г. (Вейнбергъ).

Изъ многочисленныхъ измѣреній, произведенныхъ на четырехъ площадяхъ бассейновъ Роны, Гаронны, Лоары и Сены, *Дюма* выводитъ слѣдующее заключеніе: количество воды, попадающее въ русло рѣки во время половодья и собственно причиняющее наводненіе, составляетъ лишь $\frac{1}{80}$ долю того количества воды, которая протекала бы чрезъ русло рѣки въ продолженіи цѣлаго года при нормальномъ ея уровнѣ, или же около $\frac{1}{640}$ доли количества дождевой воды, выпадающей на площадь бассейна рѣки въ теченіе цѣлаго года. Слѣдовательно, заключаетъ *Дюма*, наводняющее количество воды вовсе не такъ велико, по крайней мѣрѣ во Франціи, какъ обыкновенно полагаютъ, и можетъ быть отведено естественнымъ стокомъ, каналами, рвами, задерживающими резервуарами и поглощающими колодцами ¹⁾.

Эту истину, говоритъ г. *Вейнбергъ*, постигли китайцы еще задолго до Рождества Христова. Многія рѣки, берущія свое начало въ горныхъ ледникахъ, весною и во время проливныхъ дождей, издавна причиняли въ Китаѣ громадныя наводненія, наносившія неисчислимыя бѣдствія этой прекрасной странѣ. Но еще за 2300 лѣтъ до Р. Х. Китайское правительство обратило на это вниманіе и съ того времени начались громадныя, безпримѣрныя гидравлическія работы. Теченіе нѣкоторыхъ рѣкъ было измѣнено, выкопаны бассейны, изъ которыхъ нѣкоторыя имѣютъ площадь 38—78 квадратныхъ миль. Затѣмъ прорыто было 4000 каналовъ, имѣющихъ многія тысячи миль въ длину и образующихъ собою цѣлую сѣть. Для предотвращенія гибельныхъ наводненій, верхнее теченіе одной рѣки пришлось отклонить на востокъ, причемъ взорвана была часть горнаго хребта. Вънцомъ всѣхъ этихъ невѣроятныхъ гидравлическихъ работъ былъ Императорскій каналъ, простирающійся отъ сѣвера къ югу на протяженіи 250 (а по нѣкоторымъ показаніямъ на 450) географическихъ миль и имѣющій въ нѣкоторыхъ мѣстахъ ширину въ 1000 футовъ и глубину вездѣ въ 8 футовъ. Благодаря этимъ гигантскимъ успіямъ, въ Китаѣ прекратились наводненія и всеразрушающіе прежде потоки стали тихо разливаться по тысячѣ жилищамъ, разнося повсюду плодородіе и богатство“.

Чтобы убѣдиться до нѣкоторой степени, обнаруживаются ли въ нашихъ рѣкахъ явленія, замѣченныя *Вексомъ* въ рѣкахъ Германскихъ, мы обратились съ нѣсколькими вопросами къ старожиламъ въ верховьяхъ р. Москвы (верстахъ въ 25—30 отъ ея истоковъ) и получили отъ нихъ слѣдующіе отвѣты: 1) по отзывамъ, по преимуществу мельниковъ, количество воды, протекающей въ р. Москвѣ, въ этой мѣстности въ теченіе 50 лѣтъ уменьшилось въ обыкновенное лѣтнее время

¹⁾ Въ долинахъ, не позволяющихъ быстрого стока воды, *Дюма* рекомендуетъ устроить колодцы, діаметромъ въ 2 метра, простирающіеся до водопроницаемыхъ слоевъ. Подсбные колодцы, наполняемые камнями, щебнемъ и пескомъ, вбираютъ въ себя воду, которая мало-по-малу проникая далѣе, достигаетъ наконецъ источниковъ и ключей и вновь участвуетъ въ круговращеніи атмосферной влаги. *Мюло*, въблизи Парижа, устроилъ нѣсколько подобныхъ *поглощающихъ артезианскихъ колодцевъ*, имѣющихъ 81 метръ глубины и 0.15 метръ въ діаметрѣ и поглощающихъ 100 куб. метровъ воды въ часъ.

не менѣе какъ на $\frac{1}{3}$. Всѣ плёса стали почти вдвое мельче, а нѣкоторыя и уже; 2) весенніе разливы, въ сложности, не увеличились, а скорѣе даже уменьшились; но за то въ 1866 году осенью было сряду одинъ за другимъ 10 разливовъ и нѣкоторые довольно большіе, весною же 1879 года былъ такой высочій разливъ, какого никогда не было въ теченіе 50 лѣтъ. Замѣчаютъ, что лѣтомъ стало выпадать менѣе дождей; 3) продолжительность весеннихъ разливовъ въ теченіе 50 лѣтъ сдѣлалась много короче. Прежде разливы продолжались не менѣе какъ недѣли три, а теперь не болѣе 10 и 12 дней, а иногда случается, что чрезъ недѣлю послѣ начала разлива рѣку уже переѣзжаютъ въ бродъ; 4) количество идущаго весною по рѣкѣ льда сдѣлалось значительно меньше; теперь случается что и не замѣтятъ какъ онъ пройдетъ и уже вовсе не бываетъ такихъ ледяныхъ заторовъ, какіе бывали прежде; ледъ не заносится и не остается на лугахъ рѣчной долины, какъ было прежде; 5) двѣ рѣки, впадающія въ этомъ мѣстѣ въ р. Москву, Лупиновка (Оболонка тожь) и Бякововка, лѣтомъ уже почти не имѣютъ теченія, тогда какъ 50 лѣтъ тому назадъ на р. Бякововкѣ, въ деревнѣ Андроновѣ, была мугомольная мельница, которая работала и лѣтомъ. Такъ что на 30 верстахъ теченія р. Москвы, начиная отъ истоковъ, и на ея притокахъ на этомъ разстояніи, въ теченіе около 100 лѣтъ, уничтожилось 9 водяныхъ мельницъ вслѣдствіе недостатка воды; 6) въ теченіе 50 лѣтъ въ бассейнѣ р. Москвы, на этихъ 30-ти верстахъ ея теченія, вырублено до 6.000 десятинъ лѣса, изъ которыхъ 5.000 въ самыхъ истокахъ. Изъ болотъ, чрезъ которыя р. Москва проходитъ въ своихъ истокахъ, торфяное *Старковское*, горѣло лѣтъ 15 тому назадъ и послѣ этого значительно высохло; а *Дровчинское*, лѣтъ 40 тому назадъ, значительно осушено канавами и болѣе 25 лѣтъ какъ уже находится подъ покосами.

Сочиненіе *Векса* препровождено было Вѣнскою Академіею Наукъ разнымъ академіямъ и ученымъ обществамъ, съ просьбой дать свое заключеніе по возбужденнымъ имъ вопросамъ¹⁾. Коммиссія изъ 5 членовъ Вѣнской Академіи пришла къ слѣдующимъ заключеніямъ: 1) замѣченное пониженіе уровня водъ, за послѣдніе 10 лѣтъ, въ Дунаѣ, Эльбѣ, Рейнѣ и Одерѣ, должно быть приписываемо *уменьшенію количества проточной воды*. Согласно съ *Вексомъ*, коммиссія также признаетъ уменьшеніе воды въ ключахъ и источникахъ; 2) коммиссія полагаетъ, что мнѣніе касательно вліянія лѣсовъ на увеличеніе *количества выпадающей влаги*, преувеличено, ибо: а) количество наблюденій касательно этого еще немногочисленно и самыя наблюденія не привели къ окончательному результату; б) наблюденія надъ количествомъ ежегодно выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ, произведенныя въ Великобританіи и Ирландіи (1726—1866), Парижѣ (1688—1870) и въ Северо-Американскихъ Штатахъ, этого вліянія не показываютъ: 3) гѣмъ не ме-

¹⁾ Я. Вейнбергъ. „Вопросъ объ уменьшеніи водъ въ источникахъ и рѣкахъ“, Русскій Вѣстникъ, февраль 1878 г.

нѣе комиссія полагаетъ вліяніе лѣсовъ на количество и на ежегодное распредѣленіе осадковъ вѣроятнымъ, хотя непосредственныя наблюденія этого и не показали; 4) вліяніе лѣсовъ на уменьшеніе испаренія и задерживаніе влаги, комиссія, согласно съ *Вексомъ*, признаетъ имѣющимъ капитальное значеніе; 5) вліяніе истребленія лѣсовъ на половодья и наводненія признается комиссіей какъ фактъ несомнѣнный; 6) вполне соглашаясь съ *Вексомъ* относительно вліянія на уменьшеніе проточныхъ водъ истребленія лѣсовъ, осушенія озеръ и болотъ, обработки почвы и увеличенія народонаселенія и домашнихъ животныхъ, Вѣнская комиссія принимаетъ также и мнѣніе, высказанное *Зеemannомъ*, относительно громаднаго поглощенія воды на образованіе гидратовъ.

Австрійское общество инженеровъ и архитекторовъ назначило въ 1873 году изъ среды себя гидротехническую комиссію изъ 9-ти членовъ, для обсужденія сочиненія *Векса*, для провѣрки сообщенныхъ имъ данныхъ и для собранія новыхъ наблюденій касательно обмеленія Дуная, Рейна и Эльбы. Соглашаясь вообще съ мнѣніемъ *Векса*, комиссія, въ 1875 г., пришла къ слѣдующимъ главнымъ заключеніямъ: 1) нельзя не признать увеличенія половодій и наводненій, а равно и пониженія высоты уровня среднихъ и низкихъ водъ въ большей части рѣкъ и притоковъ цивилизованныхъ странъ; 2) причины вредныхъ измѣненій въ годовомъ распредѣленіи рѣчныхъ водъ слѣдуетъ искать въ осушеніи болотъ, спускѣ озеръ и прудовъ, *въ особенности же въ истребленіи лѣсовъ*. Но комиссія не признаетъ, что количество выпадающей въ году атмосферной влаги уменьшилось противъ прежняго.

Комиссія изъ 3-хъ членовъ Королевской Датской Академіи Наукъ, въ донесеніи 1875 г., выразила слѣдующее мнѣніе: она вполне соглашается съ доводами *Векса*, за исключеніемъ того, чтобы отъ истребленія лѣсовъ уменьшилось количество ежегодно выпадающей атмосферной влаги; уменьшеніе же воды въ источникахъ и рѣкахъ, вслѣдствіе означенной причины, комиссія признаетъ вполне. Несмотря на малое протяженіе и на морской климатъ Даніи, тамъ усматривается высыханіе, или же значительное обмеленіе тѣхъ рѣкъ, которыя при прежнемъ обиліи лѣсовъ были богаты водой. То же самое можно сказать и объ озерахъ окружающихъ Копенгагенъ: тѣ изъ нихъ, которыя и нынѣ окружены лѣсами, имѣютъ болѣе воды, чѣмъ тѣ, вокругъ которыхъ лѣса были вырублены и почва стала обрабатываться.

Комиссія Императорской С.-Петербургской Академіи Наукъ, изъ академикомъ *Гельмерсена*, *Гадолина* и *Вилда*, въ донесеніи своемъ 1876 года, вообще соглашается со взглядами, доводами и заключеніями *Векса*, въ особенности относительно вліянія истребленія лѣсовъ. Но признаетъ недостаточнымъ наблюденія надъ высотой уровня посредствомъ футштока; по ея мнѣнію, необходимо непосредственное измѣреніе объема протекающей воды, въ продолженіе значительнаго числа лѣтъ, чтобы судить о дѣйствительномъ его уменьшеніи. Если общее количество рѣчной воды и остается постояннымъ, то измѣненія, замѣчаемыя

въ высотѣ уровня въ разныя времена года, могутъ обусловливаться измѣненіемъ въ распредѣленіи воды въ рѣкѣ въ теченіе года. „Это мнѣніе принято у насъ по отношенію къ Волгѣ: полагаютъ, что масса воды въ ней не уменьшилась, но что съ истребленіемъ лѣсовъ по берегамъ ея, весеннія половодья въ ней усилились, а лѣтній уровень воды понизился“.

Кромѣ того, комиссія полагаетъ, что слѣдуетъ точнѣе, чѣмъ это сдѣлано въ сочиненіи *Бекса*, различать слѣдующіе два вопроса: 1) уменьшилось ли въ историческое время абсолютное количество протекающей по рѣкамъ воды? и 2) измѣнилось ли, болѣе или менѣе значительно, распредѣленіе по временамъ года количество рѣчной воды, независимо отъ перемѣнъ въ общемъ ея годовомъ количествѣ?

На первый вопросъ комиссія не считаетъ возможнымъ отвѣтить удовлетворительно по слѣдующимъ причинамъ: а) пространство занимаемое океанами и главныя теченія атмосферы остаются постоянными; б) если количество воды въ одной какой-либо рѣкѣ уменьшается, то въ другой рѣкѣ можетъ увеличиваться; в) измѣненія въ количествѣ испаряющейся воды ничтожны сравнительно съ количествомъ паровъ, приносимымъ вѣтрами; г) наблюденія надъ количествомъ ежегодно выпадающей атмосферной влаги, въ западной Европѣ, не показываютъ измѣненія этого количества ни въ одномъ изъ рѣчныхъ бассейновъ.

Что же касается втораго вопроса, то комиссія признаетъ, что на основаніи теоретическихъ соображеній, а равно и наблюденій произведенныхъ на лѣсныхъ станціяхъ, „лѣса и болота должны безспорно считаться регуляторами атмосферной влаги и количества стекающей по рѣкамъ воды, а потому истребленіе лѣсовъ и осушеніе болотъ, какъ это подтверждаетъ повидному и опытъ, должны производить болѣе неравномѣрное, противъ прежнихъ лѣтъ, распредѣленіе стекающихъ по обнаженной мѣстности въ продолженіе года рѣчныхъ водъ“.

КОНЕЦЪ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

ПРИЛОЖЕНІЯ.



ПРИЛОЖЕНІЯ КЪ ПЕРВОЙ ЧАСТИ.

ПРИЛОЖЕНІЕ I.

О передачѣ механической работы посредствомъ электричества.

Механическое значеніе, какъ искусственныхъ, такъ и естественныхъ водопадовъ, должно значительно увеличиться въ практическомъ отношеніи, не только вслѣдствіе постоянно возрастающей дороговизны топлива, но и вслѣдствіе недавно найденной возможности передавать ихъ механическую работу на значительное разстояніе посредствомъ электричества и электрическихъ проводниковъ.—Благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ и открытіямъ по части единства физическихъ силъ природы, электричество, какъ и теплота, представляютъ собою лишь особаго рода движеніе. Какъ теплота можетъ произвести движеніе и движеніе теплоту, или теплота превратиться въ механическую работу и эта послѣдняя въ теплоту, точно также механическая работа можетъ превратиться въ электричество и это послѣднее въ механическую работу.

Недавно паровая машина, работавшая въ 300 метрахъ разстоянія отъ поля, вспахала это поле, сначала превращеніемъ ея работы на мѣстѣ въ электричество, которое, проведенное проводниками на поле, было тамъ вновь превращаемо въ механическую работу, примененную къ паханію поля. Приборы системы *Кретъена* и *Феликса* (Chrétien et Félix) произвели этотъ опытъ паханія въ Сермезѣ (Sermaise), въ департаментѣ Марны во Франціи, въ началѣ мая 1879 г. *Кретъенъ* и *Феликсъ*, въ виду неудобствъ пароваго плуга и пароваго паханія, вздумали воспользоваться машинами *Грамма* (Gramme), чтобы посредствомъ ихъ передавать работу гидравлическихъ двигателей или постоянныхъ паровыхъ машинъ на далекое разстояніе. Эти двигатели своей работой возбуждаютъ сильныя машины *Грамма*, которые производятъ большое количество электричества; а это электричество, проведенное на 1000 и даже на 2000 метровъ (т.-е. около 2 верстѣ), посредствомъ металлическихъ проводниковъ, сообщаетъ движеніе другимъ машинамъ *Грамма*, поставленнымъ на приборы, приспособленные къ паханію. Машины *Грамма* могутъ дѣйствительно превращать движеніе въ электричество,

когда онѣ приведены въ движеніе какимъ либо двигателемъ, и преобразовать электричество въ движеніе, когда онѣ находятся въ сообщеніи съ какимъ либо источникомъ электричества. Потеря полезнаго дѣйствія, причиняемая этимъ двойнымъ преобразованиемъ (движенія въ электричество и электричества въ движеніе) измѣняется отъ 30 до 60% отъ первоначальной работы двигателя, смотря по разстоянію работающихъ аппаратовъ отъ двигателя и площади сѣченія проводниковъ. Въ практикѣ, при настоящемъ состояніи этого вопроса, на разстояніи около 5 верстъ отъ двигателя можно разсчитывать въ среднемъ выводѣ на 20% работы двигателя при проводникахъ съ площадью сѣченія въ 10 квадратн. миллиметровъ.

Два аппарата этого рода были установлены и испытаны въ Сермезѣ: подъемникъ для выгрузки свеклы съ судовъ (для сахарнаго завода) и двойной воротъ для паханія. Подъемникъ работалъ цѣлую зиму и далъ около 40% экономіи противъ ручной работы. Во время опытовъ паханія, сошники воротовъ проводили борозды въ 0,275 метр. ширины и въ 0,2 метра глубины. Воротъ въ два сошника вспахивалъ пространство около 20 квадрат. метр. въ минуту.

Описаніе устройства пахатныхъ воротовъ и ихъ рисунки можно видѣть въ № 21 Журн. „Revue industrielle“ 28 мая 1879 г.

ПРИЛОЖЕНІЕ II.

О движеніяхъ и силахъ.

Мы составляемъ себѣ понятіе о силѣ, при приведеніи въ движеніе тѣла, или нами самими, или другими двигателями. Опытъ постоянно указываетъ намъ, что всякому движенію тѣла предшествуетъ усиліе, произведенное нами, или другими на это тѣло; распространяя это понятіе, мы и говоримъ, что всякое движеніе производится силою, или причиною, сходною съ тою, посредствомъ которой мы сами заставляемъ двигаться тѣла.—Всѣ движенія, которыя мы наблюдаемъ, совершаются въ двухъ условіяхъ: однѣ происходятъ въ свободномъ пространствѣ (или кажущемся намъ такимъ) и не встрѣчаютъ при этомъ движеніи, по видимому, никакого сопротивленія, какъ напр. планетныя движенія или движенія снарядовъ, если бы онѣ совершались въ безвоздушномъ пространствѣ и т. п.; другія, напротивъ, совершаются не иначе, какъ преодолевая препятствія.

Первыя движенія чаще происходятъ отъ дѣйствія причины, продолжающейся очень короткое время; и тогда говорятъ, что онѣ произведены мгновенными силами. Но это выраженіе не точно, потому что

никакое конечное движеніе не можетъ образоваться въ одно мгновеніе, т.-е. въ теченіе времени равное нулю; оно всегда требуетъ опредѣленнаго времени, но которое можетъ быть только очень коротко. Но за неимѣніемъ лучшаго, это выраженіе допускается въ механикѣ, по которое нужно понимать съ вышеприведенной оговоркой. Въ разсматриваемомъ случаѣ, причина или сила, сообщивъ толчекъ или движеніе тѣлу, затѣмъ болѣе на него не дѣйствуетъ и тѣло, продолжая движеніе, сохраняетъ только результатъ первоначальнаго дѣйствія силы. Это сохраненіе движенія (какъ въ направленіи, такъ и въ величинѣ скорости) происходитъ вслѣдствіе *инерціи* матеріи.—Инерція не есть собственно сила; въ существѣ это есть неспособность матеріи измѣнить самой, безъ внѣшней причины, то состояніе, въ которомъ она находится. Если тѣло находится въ покоѣ, оно останется въ немъ вѣчно, если только какая нибудь внѣшняя причина, или сила, не нарушитъ этого состоянія; если же оно движется, то будетъ стремиться вѣчно сохранить это движеніе, если только опять какая либо внѣшняя причина, или сила, не остановитъ или не измѣнитъ этого движенія.

Но если хотятъ привести тѣло въ движеніе изъ состоянія покоя или остановить тѣло уже движущееся, то ощущаютъ нѣкоторое препятствіе со стороны тѣла, и такъ какъ нужно преодолѣть инерцію, чтобы измѣнить состояніе тѣла, то поэтому иногда и называютъ инерцію силою и собственно въ этомъ смыслѣ называютъ отчасти справедливо. Потому чтобы заставить двигаться тѣло изъ состоянія покоя, хотя оно ничѣмъ не удерживается, нужно употребить извѣстное усиліе или силу; и чѣмъ въ болѣе короткое время пожелаютъ придать тѣлу извѣстную скорость или чѣмъ тяжелѣе это тѣло, тѣмъ болѣе нужно употребить для этого усиліе. Но когда называютъ инерцію силою, то смѣшиваютъ понятіе между инерціей собственно и тѣмъ сопротивленіемъ, которое оказываетъ тѣло при измѣненіи его состоянія, *вслѣдствіе инерціи* и которое правильнѣе называть *реакціей* или *противодѣйствіемъ*. Такимъ образомъ сопротивленіе, или противодѣйствіе вслѣдствіе инерціи, происходитъ отъ того, что необходимо извѣстное усиліе со стороны двигателя, чтобы привести въ движеніе тѣло, находящееся въ покоѣ (или уменьшить или увеличить скорость тѣла находящагося въ движеніи, или привести его въ покой изъ состоянія движенія); и это усиліе продолжается до того времени, пока скорость тѣла приводимаго въ движеніе, сдѣлается равною скорости двигателя, или тѣла приводящаго въ движеніе. Достигнувъ этой скорости, оба тѣла будутъ двигаться вмѣстѣ, если онѣ не упругія; если же онѣ оба упругія, то движущее тѣло сообщивъ движеніе бывшему въ покоѣ, останется больше или меньше назади, смотря по степени ихъ упрукости, а приведенное въ движеніе будетъ удаляться отъ перваго. Это противодѣйствіе вслѣдствіе инерціи и есть причина, почему движущееся тѣло, встрѣчая неподвижное и сообщая ему движеніе, теряетъ само именно такое точно количество движенія какое сообщаетъ тѣлу, находившемуся въ покоѣ. Отсюда истекаетъ механическій законъ, выраженный *Ньютономъ*: что *всякому*

дѣйствию соотвѣтствуетъ противодѣйствию равное и прямо противоположное.

Мы уже выше замѣтили, что сообщеніе движенія, даже въ свободныхъ тѣлахъ, не совершается мгновенно; въ дѣйствительности оно совершается въ очень короткое время, но всегдѣ движеніе должно необходимо пройти чрезъ всѣ послѣдовательныя степени скорости, отъ нуля до наибольшаго предѣла, т.-е. до скорости тѣла, сообщающаго движеніе.

Движенія другаго рода заключаются въ томъ, что для ихъ осуществленія необходимо преодолѣвать извѣстныя сопротивленія. Напримѣръ, чтобы двигать повозку по неровной мѣстности, гдѣ сопротивленія отъ неровности пути должны быть преодолѣваемы безпрестанно, дѣйствіе короткаго (или мгновеннаго) усилія было бы скоро уничтожено и движеніе прекратилось бы; поэтому такого рода движеніе требуетъ дѣйствія непрерывающейся силы, или непрерывнаго усилія. Этого рода усиліе производить то, что обыкновенно называютъ *работой* и что въ научномъ смыслѣ распространяется на всякаго рода механическія дѣйствія, въ которыхъ сила заставляетъ тѣло проходить извѣстное пространство, преодолѣвая въ то же время на всемъ этомъ пространствѣ извѣстное сопротивленіе. Къ этого рода механической работѣ относятся, напр. струганіе дерева и металловъ, влеченіе повозки или вагона, влеченіе барки и друг. Въ первомъ примѣрѣ сила должна преодолѣвать частичную связь дерева и желѣза; во второмъ сопротивленіе неровностей пути или треніе колесъ о рельсы, въ послѣднемъ сопротивленіе частицъ воды, большую массу которыхъ нужно приводить въ движеніе и т. п.

Но сопротивленіе не всегда бываетъ такъ очевидно, какъ въ предыдущихъ примѣрахъ; иногда оно бываетъ невидимо, какъ напр. при подниманіи вверхъ груза; тогда преодолѣваютъ дѣйствіе силы тяжести, т.-е. невидимое сопротивленіе, но тѣмъ не менѣе весьма существенное. Чтобы поднять какой нибудь грузъ мы должны совершить работу, употребляемую на преодолѣніе дѣйствія тяжести. Мы до сихъ поръ не знаемъ, въ чемъ заключается эта сила, но она дѣйствуетъ такимъ образомъ, какъ если бы всѣ тѣла притягивались землею съ нѣкоторымъ усиліемъ, которое, при томъ же объемѣ тѣлъ, неодинаково для всѣхъ тѣлъ.

Такъ какъ работа, совершаемая при подниманіи груза, ощущаема каждымъ и на пространствѣ всей земной поверхности, то ее естественно избрали мѣрою для сравненія и измѣренія величины другихъ работъ. И какъ для подниманія на ту же высоту, напр. одного куб. фута свинца или воды, требуется неодинаковая работа, или усиліе, то отсюда явилось понятіе о *вѣсѣ* и *массѣ* тѣлъ. До *Галилея* предполагали, что дѣйствіе тяжести на каждое тѣло изъ различнаго вещества было различное и что слѣдовательно есть столько различныхъ дѣйствій тяжести, сколько существуетъ различныхъ веществъ имѣющихъ при томъ же объемѣ неодинаковый вѣсъ. И это мнѣніе казалось подтверждалось тѣмъ, что тѣла болѣе тяжелыя падали на землю скорѣе чѣмъ легкія. *Галилей* доказалъ противное и установилъ непосредственными опытами

законъ, что дѣйствіе тяжести, т.-е. скорость сообщаемая тѣламъ дѣйствіемъ тяжести въ теченіе опредѣленнаго времени, остается одна и та же для всѣхъ тѣлъ изъ разныхъ веществъ и что только *вѣсъ* этихъ тѣлъ различенъ въ зависимости отъ ихъ *массы*.

Чтобы составить себѣ ясную идею объ этого рода предметахъ, обратимся сначала къ способу измѣренія силъ, которыя, какъ замѣтили выше, неправильно называютъ мгновенными. Мы всегда можемъ представить себѣ двѣ силы этого рода, сообщающія въ весьма короткое время совершенно равныя скорости двумъ тѣламъ *A* и *B* во всемъ совершенно сходнымъ и равнымъ между собою; въ такомъ случаѣ и эти двѣ силы мы должны считать равными. Если же будетъ сила, которая дѣйствуя на одно изъ этихъ тѣлъ, сообщитъ ему, въ такой же короткій промежутокъ времени, скорость вдвое, втрое и т. д. большую, чѣмъ первая сила, то очевидно мы должны заключить, что эта сила вдвое, втрое и т. д. больше чѣмъ первая. Опытъ дѣйствительно постоянно подтверждаетъ это предположеніе; а потому-то въ механикѣ и допускается, какъ аксіома, что *силы пропорціональны сообщаемымъ ими скоростямъ*. — Теперь представимъ себѣ другой случай, предположимъ, что двойная, тройная и т. д. сила, по предыдущему опредѣленію, дѣйствуетъ на третье тѣло *C*, различное отъ *A* и сообщитъ ему скорость вдвое, втрое и т. д. меньшую противъ той, которую она могла бы сообщить тѣлу *A*; тогда мы скажемъ, что тѣло *C* заключаетъ въ себѣ больше матеріи, или вещества, или, что оно имѣетъ большую *массу* и что эта масса вдвое, втрое и т. д. больше чѣмъ масса тѣла *A*. *A* потому мы и говоримъ вообще, что тѣло имѣетъ массу вдвое, втрое и т. д. большую противъ массы другаго тѣла. когда первое, чтобы приобрести нѣкоторую скорость, требуетъ двойную, тройную и т. д. силу противъ той, которая необходима, чтобы сообщить такую же скорость другому тѣлу, вѣсъ котораго принимается за единицу сравненія.

Или, выражаясь техническимъ языкомъ, *силы должны быть пропорціональны массамъ*; а слѣдовательно вообще, величины силъ выражаются въ сложной пропорціи изъ массъ тѣлъ приводимыхъ въ движеніе и скоростей сообщаемыхъ этимъ тѣламъ, или изъ произведеній массы на скорость. Если массу тѣла назовемъ чрезъ *M*, а сообщенную ей силой скорость чрезъ *V*, то это произведеніе *M.V* въ механикѣ называютъ *количествомъ движенія* (Ньютонъ). Очевидно, что здѣсь мы разсматриваемъ, если и не мгновенно сообщаемыя тѣлу движенія, то по крайней мѣрѣ сообщаемыя въ весьма короткій промежутокъ времени и предполагаемъ, что сила, сообщивъ свое дѣйствіе тѣлу, тотчасъ же его оставляетъ и тѣло продолжаетъ свое дальнѣйшее движеніе только вслѣдствіе первоначально сообщеннаго ему дѣйствія силы и вслѣдствіе инерціи.

При дѣйствіи же тяжести происходитъ обратное явленіе; эта сила непрерывно дѣйствующая на тѣло; ея мгновенное дѣйствіе было бы очень слабое, но продолжаясь значительное время, въ концу этого времени она сообщитъ тѣлу извѣстную скорость и слѣдовательно измѣняется этою скоростью.

Вотъ эта-то скорость и есть одна и та же для всѣхъ тѣлъ, какъ бы ни было велико количество матеріи, заключающейся въ томъ же объемѣ, или иначе, какъ бы ни была велика масса тѣла.

Понятіе о массѣ тѣла для многихъ представляется понятіемъ довольно смутнымъ. На обыкновенномъ языкѣ масса тѣла выражаетъ количество заключающейся въ немъ матеріи; но какимъ образомъ опредѣлить или исчислить это количество? тѣмъ болѣе что намъ ничего неизвѣстно о сущности самой матеріи и о внутреннемъ состояніи тѣлъ. Поэтому, въ дѣйствительности, мы измѣряемъ массу тѣлъ только посредствомъ скорости приобретаемой этимъ тѣломъ, когда оно приводится въ движеніе силой опредѣленной величины. Чтобы придать тѣламъ, имѣющимъ разныя массы, *тождественныя скорости*, нужно употребить *силы пропорціональныя массама*; наоборотъ, если неравныя массы, подверженныя дѣйствию извѣстныхъ, но неравныхъ силъ, приобретаютъ равныя скорости, мы примемъ для мѣры отношеній массъ мѣру отношеній между силами. Такимъ образомъ мы всегда получимъ только отношенія между величинами массъ, но не абсолютную ихъ величину.

Въ практикѣ, дѣйствіе тяжести облегчаетъ намъ способъ находить эти отношенія. *Галилей* доказалъ, и впослѣдствіи опыты, произведенныя въ безвоздушномъ пространствѣ и помощію маятника, подтвердили, что дѣйствіе земнаго притяженія сообщаетъ всѣмъ тѣламъ одинаковую скорость. Мѣрою этой скорости будетъ скорость, приобретаемая свободно падающимъ тѣломъ въ теченіе первой секунды времени паденія. Эта скорость такова, что (по математической теоріи) тѣло продолжая двигаться съ этой скоростью, не будучи болѣе подвержено дѣйствию тяжести, прошло бы двойное пространство въ то же самое время. Эта скорость равна 32,18 фут. (9,80 метр.) по прошествіи первой секунды паденія. Называя эту скорость чрезъ g и массу тѣла чрезъ m , сила тяжести, дѣйствующая на тѣло котораго масса m , выразится количествомъ движенія $m \cdot g$, которое мы называемъ *вѣсомъ*. Обозначая вѣсъ тѣла, котораго масса m , чрезъ P , будетъ слѣдовательно $P = m \cdot g$; для какаго нибудь другаго тѣла, котораго масса m' и вѣсъ P' , будемъ имѣть $P' = m' \cdot g$ и слѣдовательно $P : P' = m : m'$. То есть мы можемъ *выражать отношенія между массама, отношеніями между вѣсами тѣлъ*. — Мы повторяемъ—отношенія между массама, а не абсолютныя ихъ величины, которыя намъ всегда будутъ неизвѣстны, потому что онѣ зависятъ отъ сущности силы тяжести и сущности матеріи, которыя намъ неизвѣстны. Но для практики знаніе отношеній достаточно.

На первый взглядъ казалось бы что вѣсъ выражается скоростью g ; но это не такъ; вѣсъ, какъ и всякія силы, выражается соответственнымъ количествомъ движенія (т.-е. произведеніемъ изъ массы на скорость), а потому-то въ практикѣ мы *силы и выражаемъ вѣсомъ*, какъ величины между собою соизмѣримыя. Прежде, чтобы отличить силу тяжести отъ силъ мгновенныхъ, называли ее *движущей силой*, а величину g *ускоряющей силой*; въ настоящее время, по преимуществу и болѣе

основательно, называютъ величину g *ускореніемъ*, такъ какъ она не есть сила. А потому *всѣ есть произведеніе массы на ускореніе сообщаемое въ секунду времени движущей силой*. Невозможно выразить неизвѣстную причину усилія (какъ дѣйствіе тяжести) иначе какъ посредствомъ результата его дѣйствія. Вѣсь даетъ намъ возможность указать еще на особый родъ силъ. Если тяжелое тѣло встрѣчаетъ препятствіе, которое не позволяетъ ему двигаться или падать, то тѣло производитъ *давленіе*. Эта сила совершенно отличная отъ той, которая производитъ движеніе; и въ дѣйствительности, пока она остается давленіемъ, она ни въ какомъ отношеніи не можетъ быть сравниваема съ движеніемъ. Если препятствіе устранится, то тѣло придетъ въ движеніе съ возрастающей скоростью, и если въ своемъ паденіи оно встрѣтитъ другое тѣло, оно можетъ и его привести въ движеніе, преодолѣть препятствіе и произвести работу. Оно можетъ напр. выбить медаль, преодолевая на извѣстномъ протяженіи въ глубину сопротивленіе отъ связи частицъ металла; или углубиться въ землю, преодолевая сопротивленіе частицъ земли на протяженіи большей или меньшей глубины.

Такимъ образомъ, мы составляемъ себѣ понятіе о двухъ явленіяхъ весьма различныхъ, но очень часто смѣшиваемыхъ подъ общимъ названіемъ *силъ*, не имѣющихъ между собою ничего общаго, т.-е. о *давленіяхъ* и *массахъ движущихся съ извѣстной скоростью*. Первое явленіе, которое мы указали на дѣйствіи тяжести, имѣетъ другія подобныя, какъ напр. давленіе газовъ, сжатыхъ въ закрытыхъ сосудахъ; давленіе производимое нагрѣваемыми тѣлами, парами, расширяемыми дѣйствіемъ теплоты и т. п. Эти давленія заключаютъ въ себѣ источники силы, которыя можно употреблять на произведеніе какой-либо полезной работы, давъ имъ возможность, въ извѣстныхъ условіяхъ, придти въ движеніе. Новѣйшіе физики еще не установили названій для обозначенія этихъ двухъ различныхъ родовъ силъ. Такъ напр., англичане, съ *Ренкинымъ* во главѣ, всякую дѣйствующую силу называютъ *энергіей*; и *пріостановленной энергіей* (*énergie potentielle*) означаютъ ту силу, которая производитъ давленіе, которая по устраненіи препятствія обращается въ *дѣйствительную энергію* (*énergie actuelle*) и можетъ произвести движеніе. Но не всѣ физики употребляютъ эти названія ¹⁾.

Когда на тѣло свободное въ пространствѣ подѣйствуетъ мгновенная сила (въ вышеизложенномъ смыслѣ) и сообщить ему движеніе, то это движеніе будетъ происходить по направленію дѣйствія силы, т.-е. по прямой линіи и разъ данная тѣлу скорость будетъ постоянно сохраняться во все время движенія; иными словами, это движеніе будетъ прямолинейное и *равномерное*, т.-е. тѣло въ равныя времена будетъ проходить равныя протяженія. Если же на тѣло будетъ дѣйствовать постоянная сила, какъ напр. земное притяженіе, то оно въ каждый послѣдующій моментъ времени будетъ сообщать тѣлу одинаковую скорость, вслѣдствіе чего скорость тѣла въ каждый моментъ времени бу-

1) P. A. Secchi. L'unité des forces physiques. 2-e édition. Paris. 1874. p. XXIV—XXXII.

доть увеличиваться, или возрастать на одинаковую величину, если тѣло падаетъ; и будетъ уменьшаться или убывать на одинаковую величину, если тѣло поднимается вертикально вверхъ отъ земной поверхности. Въ первомъ случаѣ тѣло будетъ двигаться *равномѣрно ускоренно*, а во второмъ *равномѣрно-замедленно*, или *равномѣрно-уогнительно*. При равномѣрномъ движеніи *скоростью* называютъ ту длину пути, которую тѣло проходитъ въ одну секунду времени; при другаго же рода движеніяхъ скоростью движенія тѣла въ какой-либо точкѣ его пути называютъ ту длину пути, которую тѣло прошло бы въ одну секунду, если бы оно съ этой скоростью двигалось равномѣрно въ теченіе секунды времени. А потому-то во всякомъ переменномъ движеніи скорость получится раздѣляя протяженіе пути, проходимое въ какой-нибудь малый промежутокъ времени на это время. Иными словами, при переменномъ движеніи мы опредѣляемъ среднюю скорость на данномъ маломъ протяженіи (или пути), или въ теченіе даннаго малаго времени. *Инерція*, или неспособность тѣла пзмѣнять свое состояніе безъ дѣйствія на него вѣшней причины, или силы, была признана, или по крайней мѣрѣ формулирована въ первый разъ *Декартомъ*, въ его сочиненіи *Des principes*, въ которомъ онъ принимаетъ ее за основаніе всей своей физической механики. Во времена *Кеплера* еще не имѣли никакой идеи объ этомъ свойствѣ физическихъ тѣлъ; и чтобы объяснить неизмѣнное движеніе планетъ, имъ приписывали способность давать самимъ себѣ толчекъ и называли такое движеніе *животнымъ движеніемъ*.

ПРИЛОЖЕНІЕ III.

Мѣра силъ.—Работа.—Живая сила.—Законъ живыхъ силъ.

Изъ основаній изложенныхъ во второмъ приложеніи, мы уже знаемъ что силы пропорціональны сообщаемымъ ими скоростямъ. Поэтому называя чрезъ F и F' двѣ силы, которыя дѣйствуя послѣдовательно на одно и то же тѣло сообщаютъ ему, или отнимаютъ у него, въ элементъ времени t , скорости v и v' , мы будемъ имѣть: $F:F' = v:v'$. Чтобы получить выраженіе и мѣру силы F , мы можемъ сравнить ее съ другой силой, которой дѣйствіе на то же тѣло извѣстно, какъ напр., съ силой тяжести. И такъ какъ мы уже знаемъ, что скорость сообщаемая тяжестью, или земнымъ притяженіемъ, всякому тѣлу въ элементъ времени t есть gt и означая вѣсъ этого тѣла чрезъ P (припоминая притомъ, что вѣсъ есть тоже сила) мы будемъ имѣть: $F:P = v:g.t$ откуда $F = \frac{P}{g} \cdot \frac{v}{t}$.

Такъ какъ уже было замѣчено нами (гл. I, п. 3), что дѣйствіе тяжести, строго говоря, неодинаково на различныхъ точкахъ земной поверхности, а слѣдовательно и неодинаковъ вѣсъ того же тѣла на разныхъ широтахъ между экваторомъ и полюсами, то называя чрезъ P и P' вѣсъ того же тѣла на разныхъ широтахъ, мы получимъ: $P:P' = g.t:g'.t = g:g'$. Откуда слѣдуетъ, что отношеніе $\frac{P}{g} = \frac{P'}{g'}$ постоянно для всѣхъ мѣстъ земнаго шара и что дѣйствительно подтверждается наблюденіями. Это постоянное отношеніе вѣса тѣла къ скорости, которую тяжесть сообщаетъ ему въ теченіе первой секунды своего дѣйствія, и называется *массою тѣла*, обозначаемою обыкновенно буквою M . А потому будемъ имѣть: $F = \frac{P}{g} \cdot \frac{v}{t} = M \cdot \frac{v}{t}$.

Изъ этого выраженія видно, что если вѣсъ тѣла или его масса извѣстны, то можно получить величину силы F , выраженную въ единицахъ вѣса, т.-е. въ пудахъ или фунтахъ, зная отношеніе $\frac{v}{t}$. Если это отношеніе постоянно, какъ ускореніе w или g , т.-е. при равномерномъ или равномерномъ замедленномъ движеніи, то и сила F должна быть постоянная. Но такъ какъ, чтобы сообщить тѣлу, котораго вѣсъ P , измѣненіе скорости v въ элементъ времени t , необходимо употребить усиліе $\frac{P \cdot v}{g \cdot t}$, то изъ этого слѣдуетъ, что для измѣненія скорости движенія, необходимо преодолѣть нѣкоторое сопротивленіе со стороны движущагося тѣла, величина котораго всегда равна и противоположна этому усилію. Это сопротивленіе измѣненію скорости движущагося тѣла происходитъ, какъ мы уже знаемъ, вслѣдствіе *инерціи* тѣла и составляетъ *реакцію* или *противодѣйствіе*, которое обнаруживается въ массѣ тѣла каждый разъ, какъ только происходитъ измѣненіе въ его движеніи. Такимъ образомъ выраженіе $\frac{P \cdot v}{gt}$ или $M \cdot \frac{v}{t}$, будетъ мѣрою, какъ движущей силы, стремящейся произвести измѣненіе въ движеніи тѣла, такъ и мѣрою того противодѣйствія, съ которымъ тѣло, вслѣдствіе инерціи, сопротивляется этому измѣненію. Формула $F = \frac{P}{g} \cdot \frac{v}{t} = M \cdot \frac{v}{t}$ показываетъ, что при данномъ вѣсѣ P тѣла, или массѣ его M , напряженіе силы F должно быть тѣмъ болѣе, чѣмъ измѣненіе въ движеніи происходитъ быстрѣе, т.-е. въ меньшій промежутокъ времени t , или чѣмъ отношеніе $\frac{v}{t}$ болѣе, т.-е. когда въ то же время t болѣе измѣнится скорость движенія. Этимъ и объясняется величина усилій и сопротивленій, когда, напр., тѣло изъ состоянія покоя хотятъ быстро привести въ движеніе или скоро остановить движущееся, и вообще при ударахъ твердыхъ тѣлъ. совершающихся въ чрезвычайно короткій промежутокъ времени, когда скорость быстро измѣняется или уничтожается. Какъ уже мы замѣтили (въ приложеніи II), если тѣло удерживается такими препятствіями. которыхъ приложенная къ нему сила преодолѣть не въ состояніи, тогда дѣйствіе силы выражается только *давленіемъ*, которому противодѣйствуетъ упругость молекулярныхъ силъ, и дѣйствіе силы не выражается

движеніемъ или какой-либо механической работой. Такъ напр., когда какое-либо тяжелое тѣло положимъ на столъ, то хотя на него и дѣйствуетъ сила тяжести, но тѣло не можетъ падать, или двигаться, такъ какъ столъ препятствуетъ этому движенію; человекъ, который только поддерживаетъ грузъ, лошадь, которая хотя и тянетъ возъ, но не въ силахъ стронуть его съ мѣста, по его тяжести несоизмѣрной съ ея силой, не производятъ никакого механическаго дѣйствія. Для того чтобы сила произвела механическое дѣйствіе, необходимо, чтобы она произвела движеніе; чтобы она произвела какую-либо работу—необходимо, чтобы она заставила точку своего приложенія пройти нѣкоторое пространство по направленію своего дѣйствія.

Черт. VI.
фиг. 66.

Если сила F будетъ постоянная и пространство, которое она заставитъ пройти точку приложенія, преодолевая на всемъ этомъ пространствѣ нѣкоторое сопротивленіе, будетъ E , то механическая работа этой силы, какъ уже мы знаемъ, выразится произведеніемъ FE . Графически эта работа можетъ быть выражена площадью прямоугольника $ABCD$, фиг. 66, въ которомъ проходимое пространство $E = CD$, а постоянная сила F , величина напряженія которой по какому-либо припятому масштабу будетъ выражена длиною линіи $AC = BD$ ¹⁾. Если же сила F будетъ переменная, то можно къ ея механической работѣ примѣнить такой же графическій способъ измѣренія, разсматривая эту силу, какъ постоянную въ теченіе очень малаго промежутка времени, въ продолженіе котораго она заставляеть точку приложенія пройти очень малое пространство e , фиг. 67. Соответствующая этому промежутку времени работа будетъ $F \cdot e$; и если $AB = E$, т.-е. всему пространству проходимому точкой приложенія въ извѣстное опредѣленное время, то площадь $ABCD$, фиг. 67, выразитъ механическую работу этой переменной силы. Величина этой площади, ограниченной прямой AB , перпендикулярами къ ней AC и BD и кривою линіею CD , можетъ быть вычислена каждый разъ по методу *Симпсона*, указанному въ приложеніи XXIV; динамометръ же *Морена*, устроенный имъ по мысли *Понселе*, прямо чертитъ прямую AB и кривую CD при дѣйствіи переменной силы. Такъ напр., если сила постоянная и величина ея равна 10 пуд., то по линіи AC , фиг. 66, мы отладываемъ по какому-нибудь масштабу 10 равныхъ частей; и если проходимое пространство CD равно 11 фут., то по линіи CD отладываемъ 11 частей; механическая работа силы на этомъ пространствѣ равна 110 пудофутамъ, которая и выразится числомъ квадратныхъ единицъ, заключающихся въ площади прямоугольника $ABCD$.

Черт. VI.
фиг. 67.

Равнымъ образомъ, предположимъ, что по принятому масштабу мы исчислили площадь $ABCD$, фиг. 67, и нашли въ ней 120 квадр. единицъ; если длина проходимаго пространства AB равна 10 футамъ,

¹⁾ Т.-е., что площадь прямоугольника $ABCD$ будетъ заключать въ себѣ столько квадратныхъ единицъ, принятыхъ произвольно за мѣру длины въ какомъ-либо масштабѣ, сколько пудофутовъ механической работы совершитъ сила F на протяженіи $CD = E$; причеъ если сила F выражена въ пудахъ и протяженіе E въ футахъ.

то раздѣляя 120 на 10 мы получимъ цифру 12, которая будетъ представлять собою среднюю величину напряженія силы F въ пудахъ во время совершенія ею механической работы на протяженіи AB равномъ 10 футамъ. Всякая сила предполагается дѣйствующею по прямому направленію; а потому дѣйствіе всякой силы предполагается извѣстнымъ, когда извѣстная величина ея напряженія, выраженная въ пудахъ (или въ какихъ-либо другихъ единицахъ вѣса), а направленіе въ пространствѣ указано направленіемъ прямой линіи.

Поэтому, когда дѣйствуетъ на тѣло одна сила, то тѣло движется всегда только по прямой линіи, а именно по направленію дѣйствія самой силы. Если же тѣло имѣетъ криволинейное движеніе, то это означаетъ, что на него одновременно дѣйствуютъ по крайней мѣрѣ двѣ или нѣсколько силъ и притомъ дѣйствуютъ въ различныхъ направленіяхъ. Мы уже видѣли, что движущая сила и противодѣйствіе обнаруживаемое инерціей массы M движущейся по прямому направленію съ перемѣнливой скоростью, выражается формулою $F = \frac{P}{g} \cdot \frac{v}{t} = M \cdot \frac{v}{t}$. Называя чрезъ e очень малое пространство проходимое массою M въ моментъ времени t , мы получимъ для механической работы силы F на этомъ пространствѣ выраженіе: $F \cdot e = M \cdot \frac{v}{t} \cdot e$. Если движеніе массы M ускоряется, то противодѣйствіе инерціи и работа ея будетъ направлена въ сторону противоположную работѣ движущей силы; наоборотъ, работа противодѣйствія инерціи дѣлается движущей работой, или обращается въ движущую силу, если движеніе массы M замедляется. Въ томъ и другомъ случаѣ эта работа всегда равна и прямо противоположна работѣ движущей силы, стремится ли она ускорить или замедлить движеніе.

Въ перемѣнномъ движеніи скорость $V = \frac{e}{t}$, а потому формула $F \cdot e = M \cdot \frac{v}{t} \cdot e$ приметъ видъ: $F \cdot e = M \cdot V \cdot v$. Это и будетъ величина элементарной механической работы силы F на протяженіи e , проходимомъ въ очень короткій промежутокъ времени t . Полная же механическая работа обнаруживаемая движущей силой, чтобы сообщить всѣмъ частицамъ тѣла, котораго вѣсъ P , или масса $\frac{P}{g} = M$, нѣкоторую общую скорость V , начиная отъ скорости $V = 0$, или отъ состоянія покоя, очевидно будетъ равна суммѣ всѣхъ подобныхъ элементарныхъ количествъ работы MVv .

Поэтому, если мы по линіи AB , фиг. 68, будемъ откладывать скорости V равныя AC , Ae , AB и отъ точекъ C , e , B восстановимъ перпендикуляры CC' , ee' , BB' , также равныя скоростямъ V въ этихъ точкахъ, то очевидно, что вслѣдствіе элементарнаго увеличенія скорости V , которое мы назвали чрезъ $v = ef$ ¹⁾, произведеніе $V \cdot v$ представится

Черт. VI.
нр. 68.

¹⁾ Такъ какъ v есть приращеніе или вообще измѣненіе въ скорости V въ какой-нибудь весьма малый элементъ времени t .

черезъ площадь элементарной трапеціи $efe'f'$ и что сумма всѣхъ подобныхъ произведеній отъ начала движенія, гдѣ $V=0$ до $V=AB=BB'$, выразится площадью треугольника ABB' равною $\frac{1}{2} AB \cdot BB' = \frac{1}{2} V^2$. Такъ что полная механическая работа обнаруживаемая движущей силой, или все равно, работа обнаруживаемая противоудѣйствіемъ вслѣдствіе инерціи массы M , если эту работу означимъ черезъ T , будетъ:

$$T = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \cdot V^2.$$

Произведеніе массы движущагося тѣла на квадратъ скорости его движенія въ данный моментъ времени, принято называть въ механикѣ *живою силою*; выраженіемъ, какъ уже мы сказали, совершенно условнымъ. Изъ предыдущей формулы видно, что работа обнаруживаемая силой, которая сообщаетъ или отнимаетъ у всѣхъ частицъ тѣла (масса котораго $M = \frac{P}{g}$); общую скорость V , равна половинѣ живой силы, соответствующей этой скорости.

Такимъ образомъ, чтобы тѣло, котораго масса M , изъ состоянія покоя привести въ движеніе до скорости V , движущая сила должна совершить механическую работу равною $\frac{MV^2}{2}$, т.-е. равною половинѣ его живой силы въ тотъ моментъ, когда оно пріобрѣтаетъ скорость движенія равною V . Равнымъ образомъ, чтобы движущееся тѣло, котораго масса M и скорость движенія V , привести въ состояніе покоя, необходимо совершить ту же самую механическую работу. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, сила должна преодолѣть противоудѣйствіе массы измѣненію ея состоянія вслѣдствіе инерціи. Такимъ образомъ движущееся тѣло можетъ образовать собою движущую силу и совершить механическую работу, величина которой будетъ равна половинѣ живой силы движущейся массы. Иными словами, извѣстное количество механической работы, совершаемой движущей силой, можетъ сообщить тѣлу извѣстное количество живой силы; и наоборотъ, движущаяся масса, обладая живою силою, можетъ произвести извѣстное количество механической работы; и отношеніе между этими двумя величинами выражается формулою $T = \frac{1}{2} MV^2$ 1).

Если тѣло придя въ точку C , фиг. 68, получаетъ скорость V' , то въ это время оно обладаетъ живою силою равною MV'^2 ; если въ это время движущая сила начнетъ дѣйствовать на тѣло и по прошествіи нѣкотораго времени измѣнитъ эту скорость въ V (когда напр., тѣло придетъ въ точку B), то въ этотъ моментъ его живая сила будетъ MV^2 . Очевидно, что въ этотъ промежутокъ времени движущая сила сообщила тѣлу только разницу, или излишекъ живой силы, который тѣло пріобрѣло въ концѣ движенія, сравнительно съ живою силою, которую тѣло имѣло въ тотъ моментъ, когда посторонняя движущая сила начала дѣйствовать на тѣло измѣняя его движеніе. А именно эта разность будетъ $MV^2 - MV'^2$, если сила произвела ускореніе въ движеніи, или $MV'^2 - MV^2$, если она произвела замедленіе. Соответствующую

1) См. приложение V.

щая этому измененію живой силы работа можетъ выразиться разностью площадей треугольниковъ ABV' и ACV' и будетъ въ первомъ случаѣ $\frac{1}{2}(MV^2 - MV'^2)$, а во второмъ $\frac{1}{2}((MV'^2 - MV^2))$. Такимъ образомъ вообще: *механическая работа силы, увеличивающей или уменьшающей скорость тѣла, двигающагося въ направленіи дѣйствія силы, равна половинѣ живой силы, которую она сообщаетъ этому тѣлу или отнимаетъ у него.*

Этотъ механическій выводъ извѣстенъ подъ названіемъ закона *живыхъ силъ* и обобщеніе этого закона служитъ основаніемъ всей практической механики.

Чтобы примѣнить законъ живыхъ силъ къ движенію какихъ бы то ни было машинъ, замѣтимъ, что силы дѣйствующія въ нихъ можно подраздѣлить на слѣдующія: 1) *движущія силы*, или *двигатели* (всѣ виды гидравлическихъ колесъ, крылья вѣтренныхъ мельницъ, животные двигатели, паровыя машины и т. п.), которыя производятъ, поддерживаютъ или ускоряютъ движеніе и которыхъ механическая работа, обозначаемая чрезъ $F.E$ всегда развивается въ направленіи желаемого движенія въ механизмѣ и слѣдовательно всегда должна быть сопровождаема положительнымъ знакомъ (+). Здѣсь чрезъ F обозначается *среднее напряженіе равнодѣйствующей* всѣхъ движущихъ силъ; 2) *полезныя сопротивленія*, которыя предполагается преодолѣть или уничтожить дѣйствіемъ механизма, чтобы получить желаемую полезную работу, и которые уничтожаютъ, замедляютъ или умѣряютъ движеніе, сообщаемое двигателемъ. Работа этихъ полезныхъ сопротивленій, которую означимъ чрезъ $Q.E'$, всегда развивается въ направленіи противоположномъ работѣ движущихъ силъ и должна быть изъ нея вычитаема, или сопровождается отрицательнымъ знакомъ (—); 3) *вредныя сопротивленія*, зависящія отъ физическихъ свойствъ тѣла, каковы тренія частей машинъ, сопротивленія воздуха, воды; сопротивленія почвы при движеніи по ней колесъ повозокъ и т. п., которыя бесполезно поглощаютъ часть работы двигателя, замедляютъ, умѣряютъ или останавливаютъ движеніе и которыхъ работа, обозначивъ ее чрезъ $R.E''$, всегда должна быть вычитаема изъ работы двигателя и слѣдовательно сопровождается отрицательнымъ знакомъ (—); 4) дѣйствіе тяжести, которое нужно разсматривать каждый разъ отдѣльно, смотря по тому, будетъ ли оно дѣйствовать какъ движущая сила и слѣдовательно помогать двигателю, или будетъ дѣйствовать какъ сопротивленіе. Обозначая работу силы тяжести $P.H$, ее нужно сопровождать знакомъ + или —, смотря по тому будетъ ли она содѣйствовать или противоудѣйствовать работѣ двигателя. Но когда тяжесть дѣйствуетъ постоянно какъ движущая сила, какъ напр., тяжесть воды въ гидравлическихъ колесахъ, или какъ движущая часовая гири и т. п., то ее должно разсматривать какъ движущую силу и слѣдовательно она войдетъ въ выраженіе $F.E$ работы двигателя. Наоборотъ, когда она дѣйствуетъ какъ полезное сопротивленіе, какъ напр., въ машинахъ, поднимающихъ изъ шахтъ руду, каменный уголь, воду и вообще какіе бы то ни было грузы, она должна быть присоединена къ полезнымъ сопротивленіямъ и войти въ выраженіе $Q.E'$. Вслѣдствіе

этого подраздѣленія силъ, дѣйствующихъ въ какой-либо машинѣ, законъ живыхъ силъ выразится уравненіемъ:

$$\frac{1}{2} M (V'^2 - V^2) = FE - QE' - RE' \pm P.H.$$

И такъ какъ цѣль каждой машины состоитъ въ преодолѣніи полезныхъ сопротивленій, или въ произведеніи извѣстной полезной работы, то очевидно, что должно стремиться при устройствѣ машины чтобы работа RE' вредныхъ сопротивленій была бы наименьшая, а работа полезныхъ сопротивленій QE' была бы наибольшая. Эта работа выразится уравненіемъ:

$$QE' = F.E - R.E' \pm P.H - \frac{1}{2} M (V'^2 - V^2),$$

которое называется *уравненіемъ живыхъ силъ*.

Если бы машина состояла только изъ вращающихся частей, какъ напр. обыкновенная мукомольная мельница, то это общее уравненіе живыхъ силъ выразилось бы такъ: $Q.E' = F.E - R.E' \pm P.H - \frac{1}{2} j (V'^2 - V^2)$, гдѣ j есть такъ называемый *моментъ инерціи* массы M , который зависитъ отъ формы вращающихся частей, значеніе и опредѣленіе котораго для насъ пока не необходимо.

ПРИЛОЖЕНІЕ IV.

Формулы движеній и законы паденія тѣлъ.

Такъ какъ въ равномерномъ движеніи тѣло проходитъ въ равныя времена равныя пространства, то слѣдовательно проходимыя пространства пропорціональны временамъ. Если тѣло движется равномерно со скоростью v , т.-е. въ одну секунду проходитъ длину пути равную v , то въ теченіе t секундъ времени, если оно пройдетъ длину пути равную e , то будетъ $v:e = 1'' : t''$, откуда $e = v.t$, $v = \frac{e}{t}$ и $t = \frac{e}{v}$.

При дѣйствіи мгновенной силы, тѣло не встрѣчающее никакого сопротивленія въ свободномъ пространствѣ, будетъ всегда двигаться равномерно. Но тѣло приведенное въ движеніе силою непрерывно на него дѣйствующею, можетъ также двигаться равномерно, если эта сила будетъ встрѣчать также непрерывно дѣйствующее сопротивленіе, съ которымъ она постоянно уравновѣшивается. При этомъ условіи движеніе тѣла будетъ продолжаться только вслѣдствіе инерціи и потому скорость движенія будетъ оставаться одна и та же.

Ускоренное движеніе произойдетъ тогда, когда сила болѣе сопротивленія и часть ея будетъ въ каждый моментъ времени увеличивать скорость движенія. Наоборотъ, замедленное движеніе будетъ тогда, когда сопротивленіе движенію будетъ болѣе движущей силы и въ каждый моментъ времени будетъ уменьшать скорость движенія. Когда въ обоихъ

случаяхъ величины движущихъ силъ и сопротивленій постоянны, тогда движеніе тѣла будетъ или равномѣрно ускореннымъ или равномѣрно замедленнымъ. То и другое движенія указываютъ, что *на тѣло дѣйствуетъ постоянная и одинаковой величины сила.*

Приращеніе скорости, отъ силы постоянно дѣйствующей на тѣло, по истеченіи каждой секунды называется *ускореніемъ*. Если назовемъ величину ускоренія чрезъ w , то тѣло, начавшее двигаться изъ состоянія покоя, т.-е. когда его скорость равна нулю, по прошествіи первой секунды будетъ имѣть скорость w , послѣ двухъ секундъ — $2w$, послѣ 3 секундъ — $3w$ и т. д., а слѣдовательно вообще послѣ t секундъ времени эта скорзсть $v = w \cdot t$. Если бы тѣло при началѣ дѣйствія на него постоянной силы не находилось въ покоѣ, а уже имѣло бы скорость a , тогда къ концу времени t его скорость очевидно была бы $v = a + w \cdot t$.

Чтобы опредѣлить пространство e , которое пройдетъ тѣло въ t секундъ, двигаясь равномѣрно ускоренно, сравнимъ это движеніе съ движеніемъ равномѣрнымъ. При равномѣрномъ движеніи, тѣло прошло бы тоже самое пространство e въ теченіе времени t , если бы его скорость была равна средней арифметической изъ скоростей, которыя тѣло имѣетъ въ началѣ и въ концѣ равномѣрно ускореннаго движенія. А потому если тѣло начало двигаться равномѣрно ускоренно изъ состоянія покоя, когда его скорость равна нулю, и въ концѣ времени t получило скорость v , то средняя скорость его движенія за это время будетъ $\frac{0+v}{2} = \frac{v}{2}$, а пройденное пространство $e = \frac{v}{2} \cdot t = \frac{v \cdot t}{2}$.

И такъ, протяженіе проходимое тѣломъ при равномѣрно ускоренномъ движеніи равно *половинѣ* того пространства, которое тѣло прошло бы со скоростью v при равномѣрномъ движеніи.

Такъ какъ при ускореніи w , скорость въ концѣ 1-й секунды равна w , то пространство, проходимое тѣломъ къ концу первой секунды будетъ $\frac{(0+w) \cdot 1}{2} = \frac{w}{2}$; по прошествіи двухъ секундъ, скорость тѣла будетъ $2w$, а пространство проходимое за это время $\frac{(0+2w)}{2} \cdot 2 = 4 \cdot \frac{w}{2}$; по прошествіи трехъ секундъ скорость равна $3w$, а проходимое пространство $\frac{(0+3w)}{2} \cdot 3 = 9 \cdot \frac{w}{2}$ и т. д., а слѣдовательно вообще для t секундъ, проходимое пространство будетъ: $e = \frac{(0+t \cdot w)}{2} \cdot t = t^2 \cdot \frac{w}{2} = \frac{w \cdot t^2}{2}$. Равнымъ образомъ, если въ формулу $e = \frac{w \cdot t^2}{2}$ поставимъ вмѣсто v равную ей величину $w \cdot t$, то также получимъ $e = \frac{w \cdot t^2}{2}$. Изъ равенства $v = w \cdot t$ будетъ $t = \frac{v}{w}$; поставивъ вмѣсто t его величину въ равенство $e = \frac{w \cdot t^2}{2}$, получимъ: $e = \frac{v}{w} \cdot \frac{v}{w} = \frac{v^2}{2w}$, откуда $v^2 = 2w \cdot e$ и $v = \sqrt{2w \cdot e}$.

Если теперь мы предположили бы что тѣло подвержено дѣйствію тяжести, ускореніе которой равно 32,18 ф. или 9,81 метр. и которое мы означаемъ буквою g , тогда $w = g$; и если протяженіе e проходимое тѣломъ, которое въ этомъ случаѣ будетъ высотой паденія, мы означимъ

черезъ h , то вышеприведенныя формулы примутъ видъ: $h = \frac{v.t}{2}$; $h = \frac{gt^2}{2}$; $h = \frac{v^2}{2g}$; $v^2 = 2gh$ и $v = \sqrt{2gh}$, т.-е. тѣ же самыя, которыя Галилей вывелъ изъ непосредственныхъ опытовъ надъ паденіемъ тѣлъ.

Если бы тѣло начало двигаться отъ поверхности земли вертикально вверхъ со скоростью v , то дѣйствіе тяжести дѣйствовало бы на тѣло въ направленіи обратномъ его движенію и замедленіе въ движеніи въ каждую секунду было бы также g ; а въ t секундъ замедленіе въ скорости было бы равно $g.t$. Если по прошествіи t секундъ тѣло остановится въ движеніи вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія скорости, то въ это мгновеніе будетъ $v = gt = 0$. Чтобы тѣло остановилось при замедленіи g , нужно чтобы оно поднялось на высоту $h = \frac{v.t}{2}$, т.-е. на ту же высоту, съ которой оно упадая, при ускореніи g , получаетъ скорость v .

Слѣдовательно тѣло при подниманіи вверхъ остановится, когда поднимется на высоту $h = \frac{v^2}{2g}$; а зная высоту на которую оно поднялось, мы узнаемъ первоначальную скорость съ которою оно начало подниматься, т.-е. $v = \sqrt{2gh}$.

Такъ напр., если тѣло брошено вверхъ со скоростью $4.9,81 = 39,24$ метра, то скорость его была-бы:

въ концѣ	первой	секунды	только	=	3.9,81	метр.
»	»	второй	»	=	2.9,81	»
»	»	третьей	»	=	1.9,81	»
»	»	четвертой	»	=	0	»

То-есть тѣло по прошествіи четырехъ секундъ остановилось бы, а затѣмъ падая обратно, по прошествіи четырехъ секундъ, достигло бы той же скорости 4.9,81 метровъ.

Поэтому тѣло, брошенное вертикально вверхъ, должно употребить столько же времени на поднятіе, сколько на паденіе. Напр. если тѣло, брошенное вверхъ употребило на поднятіе и обратное паденіе 10 секундъ, то изъ нихъ оно 5 секундъ употребило на поднятіе и 5 на паденіе, причеъ оно должно было достигнуть высоты, по формулѣ $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,81.5^2}{2} = 122,625$ метр.

Слѣдовательно тѣло брошенное вертикально вверхъ имѣетъ въ каждой точкѣ пути ту же скорость, которую оно имѣло бы, если бы пробѣжало по обратному направленію пространство отъ точки своего поднятія до точки, съ которой было брошено вверхъ.

Законы движенія можно выразить *графически*, т.-е. помощію чертежа. Изъ формулы $e = v.t$ для равномернаго движенія видно, что если мы изобразимъ время t длиной линіи AB , (т.-е. что эта линія будетъ заключать въ себѣ столько единицъ длины, сколько время t заключаетъ въ себѣ секундъ) а скорость v обозначимъ линіею BC , перпендикулярною къ AB , то площадь прямоугольника $ABCD$ можетъ

представить собою проходимое пространство e ; т.-е. она заключаетъ въ себѣ столько единицъ поверхности, сколько проходимое пространство e заключаетъ въ себѣ единицъ длины.

Для движенія равномерно ускореннаго, $e = \frac{wt^2}{2}$; для времени t' , $e' = \frac{wt'^2}{2}$; слѣдовательно $e:e' = t^2:t'^2$; т.-е. пространства проходимыя тѣломъ изъ состоянія покоя пропорціональны квадратамъ времени, употребленнымъ на ихъ прохожденіе. А изъ равенства $v = wt$, для времени t' будетъ $v' = w.t'$ и слѣдовательно $v:v' = t:t'$, т.-е. что при равномерно ускоренномъ движеніи скорости движенія пропорціональны временамъ.

Изобразимъ время t длиною линіи AB , фиг. 70, а скорость v въ концѣ этого времени длиною линіи BC перпендикулярною къ AB въ точкѣ B . Раздѣлимъ время AB на равныя очень малыя части $A\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\gamma$... и т. д. Приобрѣтенныя скорости по прошествіи временъ представленныхъ длинами $A\alpha$, $A\beta$, $A\gamma$... и т. д. будутъ даны длинами $a\alpha$, $b\beta$, $c\gamma$... и т. д., которыя пропорціональны этимъ временамъ. Предположимъ теперь, что въ теченіе каждаго подраздѣленія времени $A\alpha, \alpha\beta, \beta\gamma$... и т. д. скорость будетъ постоянная и равная той, которая въ дѣйствительности была бы только въ концѣ этого каждаго промежутка времени; слѣдовательно движенія въ эти промежутки будутъ равномерныя и пространства проходимыя во время этихъ различныхъ подраздѣленій времени будутъ выражаться площадями прямоугольниковъ Aa , $\beta b'$, $\gamma c'$... и т. д.; а пространство проходимое къ концу времени AB будетъ выражаться суммою этихъ прямоугольниковъ. Эта сумма разнится отъ площади прямоугольнаго треугольника ABC всѣми частями площади, которыя лежатъ выше гипотенузы AC .

Черт. VI.
фиг. 70.

Очевидно, что если бы время AB было раздѣлено на большее число, напр. двойное, равныхъ частей, сумма прямоугольниковъ разнилась бы менѣе отъ площади треугольника ABC : эта разность уменьшилась бы на все количество частей, которыя покрыты штрихами на фиг. 70. Такимъ образомъ также очевидно, что чѣмъ на большее число частей мы раздѣлили бы время AB , тѣмъ площадь прямоугольниковъ все менѣе разнилась бы отъ площади треугольника ABC . Наконецъ переходя къ предѣлу, когда время AB было бы раздѣлено на безконечное число безконечно малыхъ равныхъ частей, т.-е. когда скорость измѣнялась бы непрерывно, пространство проходимое въ теченіе времени AB точно выражалось бы площадью этого треугольника. Эта площадь измѣняется $\frac{1}{2} AB \times BC$; если же ускореніе движенія назовемъ чрезъ w , то $v = w.t$: и какъ $AB = t$ и $BC = v$, то слѣдовательно $e = \frac{1}{2} AB \cdot BC = \frac{1}{2} wt^2$. Если бы ускореніе происходило отъ дѣйствія тяжести, величина котораго g , то $e = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{gt^2}{2}$. Это доказательство дано еще Галилеемъ¹⁾.

Галилей непосредственными и прямыми опытами надъ тѣлами падающими съ высоты, или скатывающимися съ наклонной плоскости, вслѣд-

¹⁾ Traité de Physique par Daguin. Paris. 1868. Т. 1. p. 47 et 48.

ствіе дѣйствія тяжести, открылъ слѣдующіе законы: 1) всѣ тѣла въ пустотѣ (т.-е. въ безвоздушномъ пространствѣ) падаютъ съ одинаковой скоростью и потому для одного и того же мѣста на земной поверхности величина напряженія дѣйствія тяжести постоянна и неизмѣнна; 2) что пространства, или пути, проходимые тѣлами, падающими вертикально, или скатывающимися по наклоннымъ плоскостямъ, пропорціональны квадратамъ времени, употребляемымъ на прохожденія этихъ путей; т.-е. что для времени напр. въ 1, 2, 3, 4 и т. д. секунды, пройденныя пространства выразятся чрезъ 1, 4, 9, 16 и т. д. единицъ длины и 3) что скорости, приобретаемыя падающимъ тѣломъ или скатывающимся съ наклонной плоскости, пропорціональны временамъ паденія, или скатыванія; т.-е. съ увеличеніемъ времени вдвое, втрое, вчетверо и т. д. и скорости удвоятся, утроятся, учетверятся и т. д. Эти законы паденія тѣлъ, какъ уже замѣтили выше, совершенно точны только въ безвоздушномъ пространствѣ и при незначительныхъ притомъ высотахъ паденія; въ воздухѣ они измѣняются вслѣдствіе его сопротивленія движенію тѣлъ, которое увеличивается быстрѣе чѣмъ увеличеніе самой скорости; напряженіе же силы тяжести, при очень большихъ высотахъ также измѣняется; такъ какъ оно обратно пропорціонально квадратамъ разстоянія падающаго тѣла отъ центра земли. Но въ тѣхъ предѣлахъ высотъ, съ которыми обыкновенно имѣетъ дѣло инженеръ-механикъ, а равно при тѣхъ скоростяхъ движенія, которыя наичаще встрѣчаются въ двигателяхъ и механизмахъ, законы *Галлея* могутъ быть приложимы и въ воздухѣ съ совершенно достаточною для практики точностію.

Но напряженіе силы тяжести измѣняется также, не только въ зависимости отъ разстоянія падающаго тѣла отъ центра земли, но и отъ сжатія земли у полюсовъ и отъ центробѣжной силы вслѣдствіе вращенія земли около своей оси; вообще же измѣняется съ географическою широтою мѣста. Самыми точными наблюденіями и опытами доказано, что въ средней Россіи всякое тѣло, падающее изъ состоянія покоя вертикально, вслѣдствіе дѣйствія тяжести, проходитъ въ первую секунду высоту 16,1 футовъ и приобретаетъ въ концѣ этой первой секунды скорость паденія равную 32,2 фут. (конечно, разумѣя это паденіе въ безвоздушномъ пространствѣ). То есть, если бы въ концѣ первой секунды тяжесть вдругъ перестала бы дѣйствовать на тѣло, то оно стало бы двигаться равномерно, проходя въ каждую послѣдующую секунду высоту равную 32,2 футовъ.

Эту скорость, приобретаемую тѣломъ, — падающимъ вертикально изъ состоянія покоя, вслѣдствіе дѣйствія тяжести, въ концѣ первой секунды, называютъ *ускореніемъ* и обозначаютъ обыкновенно буквою g ; для средней Россіи $g = 32,2$ фут.

Если мы означимъ чрезъ v скорость, приобретаемую падающимъ тѣломъ по прошествіи t секундъ времени, то на основаніи 3-го закона *Галлея* будемъ имѣть пропорцію: $g : v = 1'' : t$; откуда $v = gt$. Такъ какъ тяжесть (въ указанныхъ выше условіяхъ) дѣйствуетъ постоянно и

съ одинаковымъ напряженіемъ, то тѣло во время паденія будетъ двигаться *равномѣрно-ускоренно* съ начальною скоростью равною нулю и конечною, по прошествіи t секундъ, скоростью $v = gt$. При этомъ замѣтимъ, что оно прошло бы то же самое пространство, или ту же высоту, если означимъ ее чрезъ h , если бы двигалось равномѣрно, въ продолженіе того же времени t со скоростью среднею между 0 и gt , которое будетъ $\frac{0+gt}{2} = \frac{gt}{2}$. И такъ какъ при равномѣрномъ движеніи, при которомъ тѣло въ равныя времена проходитъ равныя пространства, проходимое тѣломъ пространство, или высота, равна произведенію изъ скорости на время, то будетъ:

$$h = \frac{gt}{2} \cdot t = \frac{1}{2} gt^2.$$

Если въ формулѣ $h = \frac{1}{2} gt^2$ сдѣлать $t = 1$, напр. одной секундѣ, то получимъ $h = \frac{1}{2} g$ или $g = 2h$; т.-е. что скорость приобретаемая падающимъ тѣломъ въ концѣ первой единицы времени, или первой секунды, равна удвоенному пространству, проходимому тѣломъ въ это время; что, какъ видѣли выше, подтверждается непосредственными наблюденіями. Если сдѣлаемъ $t = 2$, т.-е. двумъ секундамъ, то $h = \frac{1}{2} g \cdot 4 = 2g$. То есть, если въ теченіе одной секунды тѣло упадетъ на высоту 16,1 фут., то въ теченіе двухъ секундъ оно уже упадетъ на высоту 64,4 фут.

Изъ формулъ: $v = gt$ и $h = \frac{1}{2} gt^2$ имѣемъ: $t = \frac{v}{g}$, $t^2 = \frac{v^2}{g^2}$, $h = \frac{1}{2} g \cdot \frac{v^2}{g^2} = \frac{v^2}{2g}$. Откуда $v^2 = 2gh$ и $v = \sqrt{2gh}$. То есть, что при паденіи тѣла въ пустотѣ, скорость приобретаемая тѣломъ въ данный моментъ, пропорціональна корню квадратному изъ высоты паденія; ибо $v : v' = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h} : \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h'}$ или $v : v' = \sqrt{h} : \sqrt{h'}$. Формулы $h = \frac{v^2}{2g}$ и $v = \sqrt{2gh}$ даютъ зависимость между высотой и скоростью паденія, такъ, что зная скорость которую приобрѣло падающее тѣло, изъ формулы $h = \frac{v^2}{2g}$ мы всегда опредѣлимъ, съ какою высотой тѣло упало, и наоборотъ, зная высоту h , съ которой тѣло падаетъ, изъ формулы $v = \sqrt{2gh}$ мы всегда опредѣлимъ скорость, которую приобретаетъ тѣло, падая съ этой высоты.

Тѣ же самыя формулы служатъ и при скатыванія тѣла съ наклонной плоскости, такъ какъ по опытамъ *Галилея* тѣ же самыя законы существуютъ въ этомъ случаѣ какъ и при свободномъ паденіи тѣлъ. Такъ что если означимъ длину наклонной плоскости чрезъ l и приобрѣтаемую тѣломъ скорость чрезъ w , то будемъ имѣть:

$$l = \frac{w^2}{2g} \text{ и } w = \sqrt{2gl}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ V.

Живая сила какъ источникъ механической работы.

Масса одаренная скоростью есть нѣчто бѣльшее, чѣмъ простое движеніе, говоритъ Секки; это — сила въ широкомъ значеніи слова. Если масса приведена въ движеніе, то она дѣлается способной развивать дѣйствіе равное израсходованной на него силѣ, т.-е. вызывать равносильное съ сообщеннымъ ей движеніе. Поэтому она можетъ преодолѣвать внѣшнее сопротивленіе и чрезъ то производить *настоящую работу*, въ механическомъ значеніи этого слова, т.-е. *преодолѣвать сопротивление на длинѣ проходимаго пути въ продолженіе опредѣленнаго времени*. Эта работа называется также *динамическимъ дѣйствіемъ* силы и измѣряется половиною произведенія изъ массы на квадратъ скорости, или что то же — *живою силою*, какъ это доказывается въ механикѣ. Тѣло приведенное въ движеніе, или извѣстное динамическое дѣйствіе (живая сила), говоритъ г. Понселе, можетъ въ свою очередь сдѣлаться причиною или источникомъ работы. Преодолѣнная инерція дѣлается способной возвращать сполна израсходованную на ея преодоленіе работу, подобно пружинѣ, которая до того времени была сжата. Однимъ словомъ, инерція, на подобіе пружины, служитъ для накопленія механической работы, преобразовывая ее въ живую силу, такъ что сила есть не что иное, какъ настоящій резервуаръ работы... Инерція служитъ для поглощенія работы движителей, превращаемой ею въ живую силу и возвращенія ея потомъ сполна. Когда эта живая сила будетъ потрачена на преодоленіе сопротивленій.

Этотъ переходъ работы (чрезъ преодоленіе инерціи) въ живую силу, и обратный переходъ — живой силы въ работу, всего яснѣе представляется въ механизмахъ, имѣющихъ такъ-называемыя *маховыя колеса*. Двигатель, производя работу, преодолеваетъ инерцію значительной массы маховаго колеса и придаетъ ему вращательное движеніе съ значительной скоростью; въ этомъ случаѣ работа двигателя превратилась въ живую силу быстро вращающейся массы маховаго колеса. Затѣмъ, если остановить работу двигателя, то пріобрѣтенная живая сила маховаго колеса будетъ приводить въ движеніе механизмы, возвращать работу, сообщенную ему двигателемъ и ихъ запасенной живой силы превращается въ механическую работу.

Такимъ образомъ, говоритъ Секки, работа и динамическое дѣйствіе, живая сила и масса двигающаяся съ извѣстной скоростью — выраженія однозначущія. Въ рациональной механикѣ, словомъ *живая сила* обозначается полное дѣйствіе всѣхъ импульсовъ (толчковъ), сообщенныхъ тѣлу въ продолженіе извѣстнаго времени, дѣйствіе — выражаемое массой помноженной на квадратъ скорости.

Отсюда является возможность переводить въ числахъ дѣйствіе одной силы на дѣйствіе другой, выражая каждое изъ нихъ соотвѣтствующимъ количествомъ механической работы, а также замѣнять одну работу другою, или, говоря проще, одно движеніе другимъ, ему равносильнымъ. Такъ напр., поступательное движеніе превращается въ вращательное или колебательное (вibraціонное), и работа человѣка, сообщившаго колоколу колебанія — въ волнообразное движеніе воздуха, производящее звукъ. Поэтому, называя силу движеніемъ, мы нисколько не рискуемъ быть обвиненными въ злоупотребленіи словами, или въ смѣшеніи причины съ дѣйствіемъ, такъ какъ понятія о силѣ и движеніи различаются между собою не столько по своему существу, сколько по особенностямъ отношеній.—Масса, поглотившая для перехода въ движеніе извѣстную работу, можетъ, въ свою очередь, сдѣлаться движущей силой и произвести ту же самую работу. Мы будемъ стараться, заканчиваетъ Секии, свести всѣ явленія къ простому обмѣну или сообщеніямъ движенія и смотрѣть на этотъ обмѣнъ какъ на первичный фактъ, находящій свою причину въ самой природѣ матеріи. ¹⁾

ПРИЛОЖЕНІЕ VI.

Солнце какъ источникъ механической работы

Невидимый паръ, поднимающійся съ суши и воды, восходитъ въ атмосферу потому, что въ этомъ разрѣженномъ состояніи онъ легче воздуха; въ верхнихъ, болѣе холодныхъ слояхъ атмосферы, онъ сгущается въ облака, которыя опять возвращаютъ его землѣ въ видѣ дождя, снѣга и града. Часть этой возвращенной землѣ влаги снова поглощается воздухомъ, часть поглощается растительной и животной жизнью, часть уносится рѣками въ моря и наконецъ вся остальная часть проникаетъ сквозь скважистыя почвы. Здѣсь опять часть влаги задерживается въ горныхъ породахъ, идя на образованіе гидратовъ, или водныхъ минеральныхъ соединеній, а часть опускается, пока достигнетъ непроницаемыхъ для воды слоевъ, на которыхъ она и скопляется, пока найдетъ себѣ истокъ въ видѣ ключей.

Горы принимаютъ на себя наибольшую часть воздушной влаги, и въ ихъ перемежающихся проницаемыхъ и непроницаемыхъ слояхъ образуется сложная система подземныхъ резервуаровъ, которые непрерывно переполняясь водою, образуютъ на различныхъ высотахъ посто-

¹⁾ Единство физическихъ силъ. А. Секии. Второе изд. Перевелъ съ французскаго . Павленковъ. С.-Петербургъ. 1880 г. стр. 10.

янные ключи, а эти въ свою очередь соединяясь въ ручьи и стекая по пологостямъ, служатъ источниками рѣкъ. Рѣки часто также берутъ свое начало въ озерахъ и обширныхъ торфяныхъ болотахъ (имѣющихъ свойство удерживать въ себѣ влагу), какъ напр. большія рѣки въ Россіи; но неизсякаемый источникъ могущественныхъ рѣкъ находится въ увѣчаныхъ снѣгомъ горныхъ вершинахъ, или *летчергахъ*.

„Глетчеръ существуетъ на счетъ горныхъ снѣговъ, говоритъ *Тиндаль*, тѣмъ или другимъ путемъ снѣгъ превращается въ ледъ. Точно также какъ и дождь, снѣгъ является изъ облаковъ; эти въ свою очередь, мы можемъ прослѣдить до ихъ первоначальнаго вещества, пара, который является результатомъ работы—солнечной теплоты. Безъ посредства солнечной теплоты не могло бы быть пара въ атмосферѣ, безъ пара немислимы облака, безъ облаковъ невозможенъ снѣгъ, безъ снѣга не было бы глетчеровъ. И такъ, какъ бы парадоксаленъ ни казался нашъ выводъ, а всетаки мы должны сказать, что ледяныя вершины Альпійскихъ горъ, имѣютъ своимъ началомъ солнечную теплоту“.

Изъ многихъ наблюдений извѣстно, что въ средней Россіи выпадаетъ ежегодно, среднимъ числомъ, атмосферныхъ осадковъ въ видѣ дождя, снѣга и града около 20 дюймовъ, или 1,67 фута (т.-е. слой воды въ эту толщину). Слѣдовательно на одну десятину поверхности выпадаетъ въ годъ воды $2400 \cdot 49 \cdot 1,67 = 196392$ кубич. футовъ, которыхъ вѣсъ составляетъ 333864 пудовъ. Средняя высота дождевыхъ облаковъ составляетъ около 4000 фут.; а потому 333864 пуд. воды, въ видѣ дождя, снѣга и града, упاداющіе съ высоты 4000 фут., потребовали отъ солнечной теплоты предварительной механической работы на ихъ поднятіе, въ количествѣ $333864 \times 4000 = 1.335.464.000$ пудофутовъ. И если принять годъ въ круглыхъ числахъ только въ 365 дней и предположить эту работу солнечной теплоты равномерно распределенною въ теченіе всего года, то только на одну десятину земной поверхности (для средней Россіи) теплота солнечныхъ лучей должна произвести въ каждую секунду $\frac{1.335.464.000}{31.536.000} = 42,3$ пудофут., или 2,82 паровыхъ лошадей механической работы, чтобы предварительно поднять этотъ вѣсъ воды на высоту дождевыхъ облаковъ.

Чтобы до нѣкоторой степени уяснить себѣ ближайшую связь между солнечной теплотой и производимой ею механической работой, мы здѣсь замѣтимъ только, что новѣйшіе физики пришли къ тому заключенію, что то ощущеніе, которое принято называть теплотою, есть только особый родъ движенія; что причина явленія, называемаго теплотою, заключается въ вибраціи, или колебаніи *молекулъ*, или мельчайшихъ частицъ тѣлъ, передаваемомъ не только отъ частицы частицѣ въ одномъ и томъ же тѣлѣ, но и отъ одного тѣла другому чрезъ посредство эфира, обружающаго мельчайшія частицы *молекулъ* и заполняющаго собою не только промежутки между этими частицами и самими тѣлами, но и между-планетныя пространства. Теорія волнообразнаго движенія эфира и механическая теорія теплоты приводятъ всѣ тепло-

родныя явленія къ одной общей причинѣ—движенію, и вполне объясняютъ всѣ эти явленія. Теплыми тѣлами будутъ тѣ, частицы которыхъ колеблются съ большею скоростью и это колебаніе частицъ, болѣе или менѣе быстрое, производитъ на насъ ощущеніе, которое мы называемъ тепломъ или холодомъ; нагрѣваніе же или охлажденіе, есть не что иное какъ приобрѣтеніе или потеря движенія. А такъ какъ всякая движущаяся частица матеріи обладаетъ живою силою, то и можетъ, какъ уже мы видѣли выше, произвести механическую работу равную половинѣ этой живой силы.

Монгольфьеръ, изобрѣтатель воздушнаго шара, былъ первый физикъ, признававшій тождественность между сущностью теплоты и движеніемъ, не только въ томъ смыслѣ, что теплота есть причина движенія или движеніе причина теплоты, но что теплота и движеніе суть только двѣ разныя формы, или два различныя явленія одной и той же причины; однимъ словомъ, что теплота можетъ переходить въ движеніе и движеніе въ теплоту.—Честь великаго открытія этого перехода принадлежитъ доктору *Мейеру*; *Мейеръ* и за нимъ *Джюль* вполне доказали и подтвердили этотъ переходъ и послѣдній, рядомъ опытовъ, опредѣлилъ то, что онъ назвалъ *механическимъ эквивалентомъ теплоты*, а именно количество механической работы, которую въ состояніи произвести единица теплоты, или наоборотъ, количество механической работы, необходимое для развитія единицы теплоты. *Джюль* нашелъ, что механической эквивалентъ теплоты равняется 1740 фунтофутамъ, или 43,5 пудофутамъ, или 2,23 паровымъ лошадямъ. То есть, что количество теплоты, необходимое для нагрѣванія одного фунта воды на одинъ градусъ Реомюра, въ состояніи развитъ механическую работу, способную поднять 43,5 пуда на высоту одного фута въ продолженіи одной секунды; или наоборотъ, что 43,5 пуда упавая въ продолженіе секунды съ высоты одного фута, могутъ развитъ теплоту, необходимую для нагрѣванія одного фунта воды на одинъ градусъ Реомюра. Механической эквивалентъ теплоты, соответствующій нагрѣванію одного фунта воды на одинъ градусъ Цельсія, составляетъ 1390 фунто-футы; а на одинъ градусъ Фаренгейта—772 фунто фута.

Но солнце не только составляетъ источникъ механической работы воды, вѣтра, пара, — но и живыхъ двигателей; однимъ словомъ, оно есть источникъ проявленія всякой физической силы на земной поверхности. Для подтвержденія этого положенія, мы позволимъ себѣ привести здѣсь краснорѣчивое изложеніе этой мысли *Тиндалемъ*¹⁾. „Земная атмосфера, говоритъ онъ, содержитъ въ себѣ углекислоту и на земной поверхности рождаются живыя растенія; первая составляетъ пищу для послѣднихъ. Растеніе какъ бы глотаетъ соединеніе кислорода и углерода (т.-е. углекислоту) и разлагая его, поглощаетъ углеродъ, а кислородъ оставляетъ свободнымъ. Главную роль въ этомъ процессѣ играетъ

¹⁾ Теплота, рассматриваемая какъ родъ движенія. Джона Тиндала. Перев. Шимкова. С.-Петербург. 1864 г. стр. 351—355.

солнце. Теплота, истрачиваясь на раздѣленіе атомовъ, превращается въ приостановленную (потенціальную) напряженность, которая при соединеніи разьединенныхъ атомовъ, вслѣдствіе силы притяженія, превращается снова въ теплоту. То же можно сказать и относительно свѣта, потому что разложеніе углекислоты въ растеніяхъ совершается только подъ вліяніемъ или на счетъ солнечнаго свѣта. Безъ вліянія солнца разложеніе углекислоты не могло бы происходить и солнечный свѣтъ поглощался бы въ количествѣ пропорціональномъ молекулярной дѣятельности. Такимъ образомъ образуются деревья, растетъ трава, цвѣтутъ цвѣты. Песокъ, вслѣдствіе вліянія на него солнечныхъ лучей, сначала нагревается, а потомъ выдѣляетъ теплоту, и выдѣляетъ ея именно столько, сколько имъ было поглощено; *тѣмъ же, согреваемъ солнечными лучами, выдѣляетъ мѣньшее количество теплоты, чѣмъ то, которое онъ получилъ*, потому что часть солнечныхъ лучей употребляется на образованіе самыхъ деревьевъ. Сожжемъ кусокъ дерева, или хлопчатой бумаги, и онѣ выдѣлятъ именно то количество теплоты, которое было поглощено ими при ихъ образованіи. Такъ что можно положительно сказать, что каждое дерево, растеніе и цвѣтокъ, своимъ существованіемъ обязаны солнцу.

Но въ растительной жизни заключается посредственный или непосредственный источникъ всей животной жизни. Растительныя вещества, вступая въ животный организмъ, снова соприкасаются съ кислородомъ и горятъ въ немъ. Въ этомъ именно и заключается источникъ всей животной силы. Силы, играющія главную роль, какъ здѣсь, такъ и въ неорганическомъ мірѣ, однѣ и тѣ же. Въ растеніяхъ, такъ сказать, часы заводятся, у животныхъ разводятся, въ растеніяхъ атомы раздѣляются, въ животныхъ — онѣ соединяются. И насколько вѣрно то, что сила, приводящая въ движеніе часовыя стрѣлки, происходитъ отъ руки которая ихъ заводитъ, настолько вѣрно и то, что всякая сила на землѣ происходитъ отъ солнца. За исключеніемъ вулканическихъ изверженій и прилива и отлива, всякое механическое дѣйствіе на земной поверхности, каждое проявленіе силы органической или неорганической, жизненной или физической, происходитъ вслѣдствіе вліянія солнца ¹⁾.

Моря сохраняются имъ въ жидкомъ состояніи, воздухъ въ газообразномъ и всѣ бури, волнующія обѣ эти стихіи, зависятъ отъ механической силы солнца. Она собираетъ ледники на горахъ и образуетъ рѣки; источникъ силы водопадовъ тоже солнце. Громъ и молнія суть также его видоизмѣненная сила. Всякій огонь, всякое пламя обязаны своимъ свѣтомъ и теплотою солнцу... Солнце производитъ, какъ мы уже замѣтили, растительный міръ, и посредствомъ его и животный. Полевая лилія, мурава луговъ, и всѣ животныя — все это его работа. Имъ образуется мускуль, производится кровь, формируется мозгъ... Оно рождаетъ лѣса и рубитъ ихъ; сила, производящая дерево и управляющая

¹⁾ Сущность всего сказаннаго здѣсь можно найти въ астрономическихъ очеркахъ Гершеля, изданныхъ въ 1833 году. Прилѣч. Гиндаля.

топоромъ—одна и та же; красивая трава и взмахъ косы суть произведенія одной и той же силы. Солнце выкапываетъ изъ нашихъ минъ золото, кусть желѣзо, кипятитъ воду, влечетъ поѣздъ по рельсамъ. — Нѣтъ молота, который бы подымался, колеса, которое бы вращалось безъ дѣйствія солнца... Его сила свободно устремляется въ пространство и достигая земли, превращается соотвѣтственно существующимъ условіямъ; одно и то же существо получаетъ миллионы формъ и подъ конецъ превращается въ свое первоначальное почти безформенное состояніе. Солнце достигаетъ до насъ и удаляется въ видѣ теплоты, и въ промежуткѣ между появленіемъ и удаленіемъ этой силы, проявляются всѣ разнообразныя силы земнаго шара, которыя составляютъ спеціальныя формы солнечной силы— формы, которыя она на время принимаетъ, идя отъ своего источника въ безконечность “... Всѣ громадныя силы земнаго шара— силы каменноугольныхъ копей, которыя запасло когда-то то же солнце, вѣтры и рѣки, наши флоты, арміи и пушки, продолжаетъ Тиндаль, всѣ они произведены частію солнечной силы, составляющей лишь $\frac{1}{2.300.000.000}$ всей силы солнца, такъ какъ земля получаетъ отъ него только эту ничтожную часть, и изъ которой только небольшая частица употребляется на наши механическія силы. ¹⁾).

ПРИЛОЖЕНІЕ VII.

Выборъ двигателя на уральскихъ горныхъ заводахъ.

Выборъ водянаго двигателя на всѣхъ уральскихъ заводахъ, начиная съ самаго ихъ учрежденія, по всей справедливости должно отнести къ числу самыхъ удачныхъ, говоритъ г. Рожковъ. Если бы въ началѣ учрежденія горнозаводской промышленности у насъ были введены паровыя машины, то и лѣса наши, столь необходимые для техническихъ производствъ, уже конечно были бы въ другомъ положеніи, чѣмъ въ какомъ они находятся теперь: вода, замѣнивъ царь, сохранила намъ лѣса. И въ настоящее время съ развитіемъ и распиреніемъ производительности заводовъ, ничего не остается дѣлать, какъ развивать этотъ дешевый двигатель и пользоваться имъ наивыгоднѣйшимъ образомъ при

¹⁾ По изслѣдованію физика Пулье каждый квадратный футъ поверхности земли получаетъ отъ солнца въ каждую секунду столько теплоты, что ею можно произвести механическую работу въ 94,6 фунтофутовъ. Теплота, получаемая ежегодно землею отъ солнца, могла бы растаять покрывающій всю землю слой льда толщиною въ 14 сажень. Каждый квадратный дюймъ солнца испускаетъ количество теплоты соотвѣтствующее работѣ 50 паровыхъ лошадей.

пособіи опыта и науки. Горн. Журн. 1863 г. янв. № 1. стр. 3. „Свѣдѣніе объ уральскихъ плотинахъ вообще, и въ особенности о мѣрахъ къ предохраненію ихъ отъ разрушенія во время разлива воды.“ — В. Рожкова.

ПРИЛОЖЕНІЕ VIII.

Арендная цѣна мукомольныхъ мельницъ.

Изъ собранныхъ нами свѣдѣній, въ нашей мѣстности мельницы арендуются за слѣдующую годовую плату:

Въ Смоленской губерніи:

Въ дер.	Липвахъ . . .	за 400 р.	Мельница на р. Хмарѣ.
„	„	„ 400 „	ручей, впадающ. въ р. Сожъ.
„	„	„ 400 „	на р. Свѣчѣ.
Въ сел.	Даньковѣ . . .	„ 450 „	тоже.
„	„	„ 500 „	тоже.
„	„	„ 300 „	тоже.
„	„	„ 650 „	на р. Лучесянѣ, прит. р. Хмары.
„	„	Прудкахъ (двѣ) по 400 „	на ручьяхъ прит. р. Хмары.
„	„	„ 250 „	„
Въ дер.	Проверженѣ . . .	„ 200 „	„
Въ сел.	Бѣсицевѣ . . .	„ 600 „	„

Всѣ вышеозначенныя мельницы устроены на два постава и нѣкоторыя еще съ круподерками и сукновальнями.

Въ Могилевской губерніи:

Въ м.	Хиславичи . . .	за 1200 р.	на р. Сожъ. Крупчатка.
„	„	„ 1500 „	4 постава. За устройство заплатили 4000 р. дали лѣсъ; на р. Мереѣ.
Въ дер.	Кисели	„ 900 „	на р. Мереѣ. За устройство става заплатили 2700 р. лѣсъ арендатора, 2 постава и сукновальня.
„	„	„ 600 „	на р. Мереѣ. 2 постава и вальня.
„	„	„ 600 „	на р. Зарубской 2 пост. и вальня. За ставъ заплатили 1600 р. и дали лѣсъ.
„	„	„ 1200 „	на р. Зарубской. 4 постава и вальня. За устройство только мельницы заплатили 900 р.
„	„	„ 900 „	на р. Зарубской. 2 постава.
„	„	„ 600 „	на р. Зарубской. 2 постава.
Въ м.	{Пилатовская и Средняя}	„ 1600 „	на р. Дубровенкѣ; по 4 постава.

Въ м.	Тылевицкая .	„	1000	„	на р. Дубровенкѣ. 3 пост. За устройство става заплатили 1200 р. и дали лѣсъ на 400 р.
„	„	Станиславская	„	120	„ на р. Дубровенкѣ. 1 поставъ.
„	„	Галашевская.	„	800	„ на р. Одрови. 4 постава.
„	„	Корзуновская	„	900	„ на р. Березовкѣ. 5 поставовъ.
„	„	Сайцына. . .	„	160	„ на р. Березовкѣ. 1 поставъ.
„	„	Богушевская.	„	1500	„ на р. Березовкѣ близъ Шклова, крупчатка 8 поставовъ.

Арендная плата за мельницы колеблется вмѣстѣ съ цѣною на хлѣбъ, но не въ такой степени на сколько понижается или повышается цѣна хлѣба. Арендная цѣна возрастаетъ почти пропорціонально числу поставовъ и значительно увеличивается при постоянномъ избыткѣ воды и близости населенныхъ мѣстъ и городовъ.

ПРИЛОЖЕНИЕ IX.

Испареніе съ свободной поверхности воды и изъ почвы.

Чтобы показать въ какой степени происходитъ испареніе съ свободной поверхности воды и изъ почвы, приведемъ слѣдующія наблюденія *Гаспарена* и *Мориса*.

По наблюденіямъ Мориса въ Женевѣ ¹⁾.

	Испареніе воды		выпало дожда	осталось въ почвѣ лождевой воды.							
	съ водной поверхности.	изъ почвы									
	м	л	л	и	м	е	т	р	о	в	ь.
Январь	4,5	5,6	53,5	+	47,9						
Февраль	5,0	27,3	111,7	+	84,4						
Мартъ	46,0	35,6	10,4	—	25,2						
Апрѣль	136,3	23,2	9,2	—	14,0						
Май	109,4	31,8	23,7	—	8,1						
Іюнь	116,2	66,1	97,2	+	31,1						
Іюль	147,5	58,2	79,2	+	21						
Августъ	219,7	47,4	42,9	—	4,5						
Сентябрь	163,5	33,4	40,8	+	7,4						
Октябрь	191,7	35,4	95,4	+	60						
Ноябрь	63,4	20,3	42,9	+	22,6						
Декабрь	7,0	17,9	46,7	+	28,8						
Въ годъ	1210,2	402,2	653,6		251,4						

¹⁾ Журналъ Сельское хозяйство и лѣсоводство. Декабря 1880 г. ст. Метеорологія и Земледѣлія, В. И. Ковалевскаго. С.-Петербург. стр. 472 и 473.

По наблюденіямъ Гаспарена въ Авиньонѣ:

Январь	57,2	12,3	46,1	+ 33,8
Февраль	88,2	56,0	52,7	— 3,3
Мартъ	159,0	77,0	41,4	— 35,6
Апрѣль	186,7	49,0	57,6	— 8,6
Май	227,7	68,0	61,5	— 6,5
Іюнь	297,3	85,0	47,1	— 37,9
Іюль	378,5	21,7	28,1	+ 6,4
Августъ	306,1	17,7	49,2	+ 31,5
Сентябрь	180,7	35,4	105,0	+ 69,6
Октябрь	181,2	76,0	101,5	+ 25,5
Ноябрь	103,3	45,2	85,6	— 37,4
Декабрь	115,4	36,0	49,3	+ 13,3
Въ годъ	2281,3	579,3	722,1	142,8

ПРИЛОЖЕНІЕ X.

Отношеніе дожда къ снѣгу.

Впрочемъ отношеніе распредѣленія атмосферныхъ осадковъ въ видѣ дожда и снѣга бываетъ весьма различно въ разные годы и въ различныхъ мѣстностяхъ.

Такъ изъ отчета директора Главной Физической Обсерваторіи въ С.-Петербургѣ, академика Купфера за 1862 годъ видно, что

1) въ С.-Петербургской Физической Обсерваторіи въ 1860 году:

Выпало дожда 11,166 дюйм. }
 Выпало снѣга 4,136 дюйм. } всего воды 15,302 дюйм.

(обращ. въ воду).

Слѣдовательно отношеніе дожда къ снѣгу, какъ 2,7 : 1.

2) въ Екатеринбургѣ въ томъ же 1860 году:

выпало дожда 11,087 дюйм. }
 выпало снѣга 1,349 дюйм. } всего воды 12,436 дюйм.

Отношеніе дожда къ снѣгу какъ 8,1 : 1.

3) Въ Барнауль въ 1860 году:

выпало дожда 4,594 дюйм. }
 выпало снѣга 1,014 дюйм. } всего воды 5,608 дюйм.

Отношеніе дожда къ снѣгу какъ 4,5 : 1.

4) Въ Нерчинскѣ въ 1860 году:

выпало дожда 5,918 дюйм. }
 выпало снѣга 1,050 дюйм. } всего воды 6,968 дюйм.

Отношеніе дожда къ снѣгу какъ 5,63 : 1. ¹⁾

¹⁾ Горн. Журн. 1864 г. Апрѣль № 4.

ПРИЛОЖЕНИЕ XI.

Образование запаса рабочей воды на Александровскомъ заводѣ въ Петрозаводскѣ.

Для образования запаса рабочей воды въ Александровскомъ пушечно-литейномъ заводѣ въ Петрозаводскѣ, весьма удачно воспользовались мѣстными условіями, говоритъ г. *Рожковъ* (Свѣдѣніе о рабочей водѣ для Александровскаго пушечно-литейнаго завода въ Петрозаводскѣ, Горн. Журн. 1864 г., за іюль № 7, стр. 111—115).

Отъ 18 до 24 верстъ отъ завода, вверхъ по теченію р. Лососинки, лежатъ три озера: Лососинское, Машъ-озеро и Гурбачъ на истокахъ изъ которыхъ, образующихъ рѣчку Лососинку, построены три запруды, поднимающія уровень воды въ озерахъ на высоту отъ 6 до 9 футовъ.

Эти естественныя озера служатъ запасными прудами для снабженія водою машиннаго дѣйствія завода и въ то же время регуляторами на случай разлива водъ весною отъ таянія снѣговъ. Вместимость этихъ озеръ, считая отъ уровня мертваго порога, въ трехъ запрудахъ такъ велика, что скопляемой въ нихъ воды достаетъ на полное дѣйствіе завода въ 10-ти мѣсячный заводскій годъ, при расходованіи ея по 100 куб. фут. въ каждую секунду. Воды скопляется въ озерахъ, при постоянномъ питаніи въ теченіе лѣта отъ побочныхъ ключей и рѣчекъ, до 7¹/₂ миллионовъ кубическихъ саженой.

Вода изъ всѣхъ трехъ запасныхъ озеръ идетъ къ заводу по р. Лососинкѣ, на которой построены двѣ водосливныя плотины: верхняя, называемая Лобановскою, въ ¹/₂ верстъ отъ завода, и нижняя у самаго завода. Къ первой запрудѣ примкнута деревянное русло, проведенное къ заводу по правому берегу рѣчки, на разстояніи 310 саженой, доставляющее воду въ количествѣ 35 куб. фут. въ секунду, на дѣйствіе трехъ наливныхъ колесъ. Остальная затѣмъ вода, въ количествѣ 65-ти куб. фут., переливается черезъ водосливъ заводской плотины и собирается въ нижнемъ бассейнѣ, откуда проводится къ пяти (частію средобойнымъ, частію пошвеннымъ) колесамъ. Въ помощь этой послѣдней водѣ идетъ часть воды верхняго русла, отработавшей на трехъ наливныхъ колесахъ, такъ какъ мѣстный уклонъ почвы позволяетъ ею пользоваться. Высота напора, отъ уровня верхняго пруда (Лобановской плотины) до уровня отводнаго русла, равняется 40 футамъ, а отъ уровня нижняго (заводскаго) пруда равняется 7 футамъ. Но вслѣдствіе потерь отъ наклоновъ приводныхъ руселъ, верхнія наливныя колеса дѣйствуютъ при полномъ напорѣ въ 24 фута, а нижнія при напорѣ въ 13 футовъ. Количество механической работы, даваемой всѣми 8 коле-

сами, простирается до 164 паровых лошадей. Впоследствии, какъ намъ сообщилъ генераль Фелькнеръ, была еще установлена турбина Швам-круга. Эта система образованія запаса рабочей воды существуетъ въ заводѣ съ 1806 г. Со времени увеличенія заводскаго производства, запасенной водяной силы оказывается недостаточно, вслѣдствіе чего въ одной изъ заводскихъ фабрикъ поставлена и дѣйствуетъ паровая машина. Въ этой заводской гидравлической системѣ замѣчены слѣдующіе недостатки: 1) изъ нижняго пруда, расположеннаго вблизи заводскихъ зданій, образуются подземныя теченія, которыя подмываютъ фундаменты заводскихъ строеній, въ особенности ближайшаго доменнаго цеха; 2) русло р. Лососинки, ниже Лобановской запруды до завода, зимою заносится снѣгомъ до такой степени, что вода на этомъ протяженіи нерѣдко обращается въ наледь, вслѣдствіе чего расчистка русла отъ льда требуетъ расходовъ и всегда сопровождается остановкою дѣйствія въ нѣкоторыхъ цехахъ.

Для устраненія этихъ неудобствъ, заводское начальство предприняло сдѣлать измѣненіе въ системѣ водянаго хозяйства, пользуясь тѣмъ, что существующія устройства пришли въ ветхость отъ долговременнаго дѣйствія и требовали безотлагательныхъ исправленій.

По новому плану (1864 г.) предполагено: нижній (заводскій) прудъ уничтожить и плотину срыть, а весь расходъ воды, въ количествѣ 100 куб. фут. принять изъ Лобановской запруды новымъ каналомъ (русломъ) и подвести къ самому заводу. Старое, нынѣ дѣйствующее русло, уничтожить. Новое открытое русло (сплотки) уже построено; оно сдѣлано шириною въ $6\frac{1}{2}$ фут., глубиною въ 3 фут. 1 дюйм.; длина же его въ 210 саж., или въ 1470 фут.; на всемъ этомъ протяженіи уклонъ руслу данъ въ 3 фута. Лобановскій прудъ очень умѣренной вмѣстимости, длина его 120 и ширина 45 саж.; верхній гребень его плотины поднимаетъ воду на 9 футовъ, остальные 31 фут. (весь напоръ въ 40 ф.) напора выигрываются отъ большаго паденія русла рѣки и малаго паденія приводнаго русла при значительной его длинѣ. Этимъ измѣненіемъ будетъ сдѣланъ запасъ механической работы воды болѣе чѣмъ въ 300 паровыхъ лошадей. Эта система, какъ видимъ, будетъ состоять изъ невысокой водосливной плотины въ соединеніи съ приводнымъ каналомъ въ 210 саж. длины.

Во время весенняго разлива замѣчено наблюденіями многихъ лѣтъ, что расходъ воды въ р. Лососинкѣ увеличивался отъ 9 до 17 разъ въ сравненіи съ нормальнымъ. Но конечно это увеличеніе не дѣйствительное, ибо верхнія озера поглощали и задерживали въ себѣ значительное количество разливныхъ водъ, и такимъ образомъ, служа регуляторами, значительно уменьшали величину разлива самой рѣки.

ПРИЛОЖЕНІЕ XII.

Параллелограммъ силъ. — Равнодѣйствующая. — Моменты силъ.

При всѣхъ механическихъ вычисленіяхъ величины силъ выражаются вѣсомъ во столько-то пудовъ и частей пуда, или во столько-то фунтовъ и частей фунта, смотря по тому, которую изъ этихъ величинъ принимаютъ за *единицу вѣса*. Если же рѣшеніе механическаго вопроса производится *графически*, т.-е. помощію чертежа, тогда величины силъ выражаются опредѣленною длиною прямой линіи, причѣмъ вмѣсто единицы вѣса принимается, по опредѣленному масштабу (произвольному, но одинаковому для всѣхъ силъ при рѣшеніи того же вопроса) *единица длины*. Направленіе же дѣйствія силы, какъ уже сказано выше, всегда выражается направлениемъ прямой линіи. Такъ напр., если на точку *A* какого-либо тѣла *M* дѣйствуютъ двѣ силы, одна по направленію *AB*, а другая по направленію *AC*, и если первая дѣйствуетъ съ напряженіемъ въ 6 пуд., а вторая — въ 4 пуд., то принявъ, что какая-нибудь длина *ab* будетъ соотвѣтствовать напряженію въ 1 пудъ, длина линіи *AB* равная 6 *ab*, выразитъ собою величину напряженія первой силы, а длина линіи *AC*, равная 4 *ab* — выразитъ напряженіе второй. Точка *A*, въ которой пересѣкаются направленія обѣихъ силъ, или въ которой онѣ приложены въ тѣлѣ *M*, называется *точкою приложенія силъ*; стрѣлки же на концахъ линій *AB* и *AC* указываютъ направленія, куда именно, т.-е. въ которую сторону, дѣйствуютъ силы. Въ настоящемъ случаѣ сила *AB* стремится влечь тѣло отъ *A* къ *B*, а сила *AC* отъ *A* къ *C*.

Черт. VI.
фиг. 71.

Представимъ себѣ, напр., что тѣло *M* изображаетъ собою лодку находящуюся на водѣ; очевидно, что вслѣдствіе одновременнаго дѣйствія на нее двухъ силъ, изъ которыхъ одна тянетъ ее по направленію отъ *A* къ *B* съ напряженіемъ въ 6 пудовъ, а другая отъ *A* къ *C* съ напряженіемъ въ 4 пуд., лодка не можетъ двигаться по обѣимъ направленіямъ, а будетъ двигаться по какому-нибудь среднему направленію *AD*. Въ механикѣ доказывается, что если мы изъ точки *B* проведемъ линію *BD* параллельную направленію силы *AB*, т.-е. образуемъ параллелограммъ *ABDC*, то направленіе діагонали этого параллелограмма *AD* представитъ собою то направленіе, по которому будетъ двигаться лодка: а длина этой діагонали, измѣренная длиною *ab*, выразитъ собою величину силы въ пудахъ, которая произведетъ то же напряженіе и то же дѣйствіе, какъ двѣ силы *AB* и *AC*. Поэтому сила *AC* называется *равнодѣйствующею* силъ *AB* и *AC*, а эти послѣднія называются *слагающими силами* равнодѣйствующей *AD*. Обратно, если бы намъ задана

была сила AD и мы пожелаем бы узнать какъ должны быть велики силы, дѣйствующія по направлениямъ AB и AC , чтобы произвести на тѣло M то же дѣйствіе, или произвести въ немъ то же движеніе, какое производитъ въ немъ одна сила AD , то подобнымъ же построениемъ параллелограмма $ABDC$ мы опредѣлили бы величину силъ AB и AC . Въ первомъ случаѣ изъ двухъ силъ мы *составляли* одну — ихъ равнодѣйствующую; а во второмъ — одну силу *разлагали* на двѣ *составляющія*, посредствомъ такъ называемаго *параллелограмма силъ*.

Черт. VI.

• фиг. 72.

Если бы двѣ силы были приложены къ тѣлу не въ одной точкѣ, какъ напр. силы $A'B'$ и $A''C'$, то продолживъ ихъ направленія до встрѣчи въ точкѣ A , помощію параллелограмма силъ $AB'DC'$ мы также опредѣлимъ ихъ равнодѣйствующую AD . Если бы на точку A дѣйствовали три силы Aa , Ab и Ac , то помощію параллелограмма $Aadb$ мы нашли бы равнодѣйствующую Ad для силъ Aa и Ab ; а потомъ помощію параллелограмма $Adec$ нашли бы равнодѣйствующую Ae для силъ Ad и Ac ; и тогда Ae будетъ равнодѣйствующею для всѣхъ трехъ силъ Aa , Ab и Ac . Точно такимъ же образомъ мы нашли бы равнодѣйствующую для большаго числа силъ.

• фиг. 74 и 75.

Если бы двѣ силы, дѣйствующія на какое-либо тѣло, имѣли направленіе параллельное, какъ напр. силы P и Q , приложенныя къ тѣлу M въ точкахъ A и B ; то ихъ равнодѣйствующая R будетъ имѣть параллельна и величина ея $R = P + Q$, точка же приложенія ея C найдется всегда изъ пропорціи: $P : Q = BC : AC$.

Если бы на тѣло дѣйствовало нѣсколько параллельныхъ силъ, то мы сначала найдемъ равнодѣйствующую для двухъ, потомъ равнодѣйствующую отъ этой послѣдней и третьей силы и т. д.

• фиг. 75.

Если двѣ параллельныя силы P и Q дѣйствуютъ на какое-либо тѣло, напр. на нестибаемый пруть или брусъ AB , то мы уже знаемъ, что ихъ равнодѣйствующая R имѣетъ также параллельна и равна ихъ суммѣ, а точка приложенія ея C найдется изъ пропорціи $P : Q = BC : AC$ и именно: $P + Q : Q = AC + BC : AC$ или $P + Q : Q = AB : AC$ откуда $AC = \frac{Q \cdot AB}{P + Q}$.

• фиг. 75.

Если равнодѣйствующую R , дѣйствующую по направленію CM , мы заставимъ дѣйствовать по направленію обратному, CN , то тогда силы P и Q будутъ уравновѣшены силою R , дѣйствующею по направленію CN и брусъ AB останется въ равновѣсіи. Равнымъ образомъ если въ точкѣ C мы подопремъ брусъ AB остриемъ неподвижнаго бруса O , то брусъ AB также останется въ равновѣсіи, пока сохраняется пропорція $P : Q = BC : AC$.

Въ этой пропорціи заключается теорія такъ называемаго *рычага*, а именно, если напр. сила P будетъ въ 10 разъ больше силы Q , то для равновѣсія бруса AB необходимо, чтобы *плечо рычага* AC , прилежащаго къ силѣ P , было въ 10 разъ меньше плеча рычага BC , прилежащаго къ силѣ Q .

Если бы эта пропорція между величинами силъ и плечами рыча-

говъ нарушилась, тогда равновѣсія не было бы и брусь AB пришелъ бы въ движеніе, вращаясь въ точкѣ C остраго ребра бруса O .

Если бы, при томъ же отношеніи между силами P и Q , подпорное остріе C подвинулось бы ближе къ B , то брусь сталъ бы вращаться въ сторону силы P и дѣйствіе силы P на вращеніе бруса около точки C увеличивалось бы съ увеличеніемъ разстоянія AC . Вообще стремленіе какой-либо силы P вращать или сгибать брусь AB около точки C , возрастаетъ, не только съ увеличеніемъ самой силы P , но и съ увеличеніемъ разстоянія точки ея приложенія A отъ точки опоры C , или съ увеличеніемъ плеча ея рычага AC . Поэтому вращательное дѣйствіе выражается произведеніемъ $P \cdot AC$. Такъ, если (фиг. 76) длина плеча рычага $AC = 1$, то вращательное дѣйствіе силы P равно $P \cdot 1$; если $AC = 2$, то вращательное дѣйствіе той же силы P равно $P \cdot 2$; если $AC = 3$, то оно будетъ $P \cdot 3$ и т. д. При той же длинѣ AC это вращательное дѣйствіе будетъ увеличиваться пропорціонально возрастанію силы P .

•пл. 76.

Если бы на брусь AB , кромѣ двухъ силъ P и Q , дѣйствовала бы третья имъ параллельная сила p , приложенная къ точкѣ D , то для равновѣсія бруса было бы необходимо, чтобы $P \cdot AC + p \cdot CD = Q \cdot BC$.

Черт. VI.

•пл. 77.

•пл. 78.

Если бы на брусь AB дѣйствовали двѣ силы P и Q не параллельныя, то помощію параллелограммовъ силъ разложимъ P на двѣ составляющихъ P' и p , а силу Q на Q' и q , изъ которыхъ P' и Q' перпендикулярныя къ брусу AB и слѣдовательно между собою параллельныя, а p и q по направленію бруса AB . Изъ нихъ силы p и q стремятся только растянуть брусь AB , но не оказываютъ вліянія на вращеніе его около точки C ; будутъ же стремиться вращать брусь въ противоположныя стороны только силы P' и Q' . Для того, чтобы было равновѣсіе и брусь не вращался бы, необходимо, чтобы $P' : Q' = BC : AC$ или чтобы $P' \cdot AC = Q' \cdot BC$.

Но по теоремѣ о параллелограммѣ силъ, линія $AH = P'$, линія $AK = P$; точно также линія $BI = Q'$ и линія $BL = Q$. Опустивъ изъ точки C перпендикуляры CD и CF на направленія силъ P и Q , мы найдемъ, что треугольникъ AHK будетъ подобенъ треугольнику ACD , и треугольникъ BIL подобенъ треугольнику BCF . Отсюда имѣемъ: $\frac{P'}{P} = \frac{AH}{AK}$ и $\frac{Q'}{Q} = \frac{BI}{BL}$ и слѣдовательно $P' = \frac{AH}{AK} \cdot P$ и $Q' = \frac{BI}{BL} \cdot Q$. Изъ подобныхъ же треугольниковъ имѣемъ: $AH : AK = CD : AC$ или $\frac{AH}{AK} = \frac{CD}{AC}$, а также: $BI : BL = CF : BF$ или $\frac{BI}{BL} = \frac{CF}{BC}$. А слѣдовательно $P' = \frac{CD}{AC} \cdot P$ и $Q' = \frac{CF}{BC} \cdot Q$. А такъ какъ $P' \cdot AC = Q' \cdot BC$, то будетъ $P \cdot \frac{CD}{AC} \cdot AC = Q \cdot \frac{CF}{BC} \cdot BC$ или $P \cdot CD = Q \cdot CF$ откуда $P : Q = CF : CD$.

Произведеніе изъ силы P на перпендикуляръ DC , опущенный изъ точки опоры на направленіе этой силы, называется *моментомъ силы*, или *статическимъ моментомъ*; а потому говорятъ, что силы P и Q (фиг. 78), будутъ въ состояніи равновѣсія, т.-е. не произведутъ вращенія около точки C , если ихъ *моменты* равны.

Черт. VI. Если бы на брусъ AB дѣйствовали бы нѣсколько силъ по разнымъ направленіямъ, напр. силы P и p и силы Q и q , то для того, чтобы было равновѣсіе и брусъ AB не вращался бы около точки опоры C , (фиг. 79), необходимо чтобы сумма моментовъ силъ дѣйствующихъ съ одной стороны точки опоры, была равна суммѣ моментовъ силъ дѣйствующихъ съ другой стороны этой точки C ; т.-е. чтобы

$$P \cdot CD + p \cdot Cd = Q \cdot CE + q \cdot Ce.$$

Черт. 80. Такъ напр. въ обыкновенномъ вѣрты, (фиг. 80), чтобы было равновѣсіе и вѣрты не вращался бы, необходимо чтобы моменты силъ дѣйствующихъ на вѣрты были между собою равны, т.-е. чтобы

$$P \cdot CD = Q \cdot CF.$$

ПРИЛОЖЕНІЕ XIII.

Центръ тяжести.

Если на тѣло дѣйствуютъ нѣсколько параллельныхъ силъ, то путемъ сложения ихъ по двѣ можно найти равнодѣйствующую всѣхъ силъ. Точка приложенія этой равнодѣйствующей опредѣляется, какъ сказали выше, изъ взаимнаго отношенія соединяемыхъ силъ и ихъ разстояній. Мы можемъ себѣ представить, что въ каждомъ вѣсомомъ тѣлѣ на каждую изъ матеріальныхъ частицъ его дѣйствуетъ вертикальная сила тяжести. Поэтому всѣхъ матеріальныхъ частицъ представится въ видѣ параллельныхъ силъ дѣйствующихъ по одному направленію и по предыдущему ясно, что равнодѣйствующая всѣхъ этихъ силъ равна ихъ суммѣ, т.-е. равна вѣсу всего тѣла.

Точка приложенія этой равнодѣйствующей, въ которой, слѣдовательно, нужно вообразить всю матерію даннаго тѣла сосредоточенною, называется *центромъ тяжести тѣла*.

Центръ тяжести для одного и того же тѣла остается постояннымъ; если подпереть тѣло въ этой точкѣ, то оно во всякомъ положеніи будетъ въ равновѣсіи; ибо тогда можно себѣ представить, что всѣ частицы тѣла не вѣсомы, и что одна сила, равная всему вѣсу тѣла, дѣйствуетъ на центръ тяжести по обратному направленію.

Поэтому говорятъ, что *центръ тяжести тѣла есть точка, въ которой можно вообразить соединеннымъ дѣйствіе вѣса всего тѣла*. Если тѣло привѣшено свободно; то центръ тяжести лежитъ всегда на вертикальной линіи подъ точкою привѣса, или на продолженіи нити, посредствомъ которой тѣло привѣшено.

Поэтому центр тяжести правильных фигуръ, круга, квадрата, прямоугольника, параллелограмма, правильныхъ многоугольниковъ, эллипсиса и т. п., лежитъ всегда въ центрѣ фигуры. Центръ тяжести всякаго треугольника лежитъ на прямой соединяющей его вершину съ серединой противоположащей стороны и на разстояніи $\frac{1}{3}$ длины AD отъ стороны BC , или на $\frac{2}{3}$ длины AD отъ вершины A . Черт. VI.
фиг. 81.

Центръ тяжести трапеціи $ABCD$ (фиг. 82) найдется, раздѣливъ ее линією BC на два треугольника, которыхъ центры тяжести будутъ въ точкахъ o и o' , которыя соединяемъ линією oo' ; пересѣченіе этой линіи съ линією EF , раздѣляющей параллельныя стороны трапеціи AB и CD пополамъ, дастъ въ точкѣ o'' центръ тяжести трапеціи. фиг. 82.

Графически, центръ тяжести o всякой трапеціи $abcd$ (фиг. 83) найдется, если продолжимъ верхнее основаніе bc и сдѣлаемъ $ce = ad$, а затѣмъ продолжимъ нижнее основаніе ad въ обратную сторону и сдѣлаемъ $af = bc$. Соединивъ точки e и f прямою ef и раздѣливъ пополамъ верхнее и нижнее основаніе въ точкахъ m и n , проведемъ линію mn ; точка o пересѣченія линій mn и ef будетъ центромъ тяжести трапеціи $abcd$. фиг. 83.

Центръ тяжести какого-либо четырехугольника $ABCD$ (фиг. 84) найдемъ, если діагональю BC раздѣлимъ его сначала на два треугольника CAB и CDB и найдемъ ихъ центры тяжести o и o' , которые соединимъ прямою oo' ; потомъ діагональю AD раздѣлимъ его на два треугольника ABC и ACD и ихъ центры тяжести o'' и o''' соединимъ также прямою линією $o''o'''$; пересѣченіе линій oo' и $o''o'''$ дастъ точку o^{IV} , которая будетъ центромъ тяжести для всего четырехугольника $ABCD$. фиг. 84.

Такимъ же образомъ найдется центръ тяжести всякаго неправильнаго многоугольника разбивая его на треугольники.

Въ правильныхъ тѣлахъ, какъ напр. въ шарѣ, кубѣ, эллипсоидѣ и т. д. центръ тяжести лежитъ всегда въ геометрическомъ центрѣ, если тѣла эти однородны, что при опредѣленіи центра тяжести всегда и предполагается.

Центръ тяжести всякой призмы и всякаго цилиндра лежитъ на срединѣ прямой соединяющей центры тяжести ихъ основаній.

Въ пирамидѣ и конусѣ центръ тяжести лежитъ на прямой, соединяющей вершину съ центромъ тяжести основанія и на разстояніи $\frac{3}{4}$ длины этой прямой отъ вершины или $\frac{1}{4}$ длины ея отъ основанія.

ПРИЛОЖЕНИЕ XIV.

Трение.

Когда одно тѣло движется по другому, находясь съ нимъ въ соприкосновеніи, то проявляется сопротивленіе движению отъ тренія, вслѣдствіе неровностей поверхностей соприкасающихся тѣлъ. Трение бываетъ двоякаго рода: *трение скольженія* и *трения катящагося тѣла* (безъ скольженія); трение *перваго рода* происходитъ когда тѣло своею поверхностью скользитъ, соприкасаясь, по поверхности другаго тѣла; трение *втораго рода* происходитъ когда круглое тѣло, напр. колесо экипажа, вагона, катокъ, катится по мостовой, рельсу, поверхности земли, безъ скольженія. Трение перваго рода представляетъ сопротивленіе движению болѣе, чѣмъ трение втораго рода.

Для обоихъ родовъ тренія опыты указываютъ на слѣдующія явленія: 1) трение бываетъ тѣмъ меньше, чѣмъ тверже и глаже трущаяся поверхность; оно значительно уменьшается отъ смазыванія ихъ саломъ, мыломъ, масломъ, графитомъ и т. п. Для большихъ давленій жидкая смазка не годится и если трущаяся поверхности круглы, то трение отъ смазки мало уменьшается. Чѣмъ меньше давленіе, тѣмъ мягче и жиже должна быть смазка.

2) Трение въ началѣ движенія гораздо значительнѣе чѣмъ впоследствии; по *Куломбу*, при движеніи дуба по дубу, трение въ началѣ движенія превосходитъ въ 4,3 раза трение при дальнѣйшемъ движеніи; для металловъ оба тренія почти равны, въ особенности если поверхности не смазаны. Но какъ увеличенное трение въ началѣ движенія происходитъ лишь нѣсколько мгновеній, то въ практикѣ оно не принимается во вниманіе.

3) Трение прямо пропорціонально давленію трущагося тѣла. Отношеніе тренія къ давленію для одного и того же случая и при другихъ одинаковыхъ обстоятельствахъ постоянно, но въ разныхъ случаяхъ оно зависитъ отъ свойства трущихся тѣлъ и отъ смазки. Это отношеніе называется *коэффициентомъ тренія* ¹⁾.

Если R выражаетъ величину тренія (или правильнѣе величину силы сопротивленія движению вслѣдствіе тренія) P —величину давленія и f —коэффициентъ тренія, то $f = \frac{R}{P}$, и $R = f \cdot P$.

Коэффициентъ тренія для разныхъ случаевъ и условій опредѣляется опытами; величину его можно найти въ прилагаемыхъ таблицахъ. По-

¹⁾ Исключеніе составляетъ при движеніи по льду, при которомъ трение значительно уменьшается съ увеличеніемъ давленія. Такъ изъ опытовъ *Ренин*, коэффициентъ тренія равенъ:

при движеніи льда по льду	}	при давленіи въ 1,5 фунта	$f = \frac{1}{8} = 0,125$.
		" " " 144 "	$f = \frac{1}{56} = 0,0178$.
при движеніи желѣза по льду	}	при давленіи въ 1,5 фунта	$f = \frac{1}{24} = 0,0416$.
		" " " 144 "	$f = \frac{1}{70} = 0,0143$.

этому, чтобы найти величину трения двухъ тѣлъ, достаточно знать давленіе одного тѣла (движущагося) на другое; это давленіе нужно умножить на коэффициентъ тренія, чтобы получить силу сопротивленія движенію вслѣдствіе тренія, или, какъ выражаются сокращенно, получить величину силы тренія, или просто величину тренія. Напримѣръ, если одно тѣло производитъ давленіе на другое въ 100 фунт. и треніе между ними равно 10 фунтамъ, то коэффициентъ тренія равенъ $\frac{10}{100} = 0,1$. Но если бы коэффициентъ тренія былъ 0,2, то треніе было бы равно $100 \cdot 0,2 = 20$ фунт.

4) Треніе не зависитъ отъ величины соприкасающихся поверхностей. Но тѣла тѣмъ скорѣе стираются и портятся, чѣмъ меньше, при равныхъ прочихъ обстоятельствахъ, величина трущейся поверхности. Если напр., при давленіи P вся площадь соприкосновенія равна 50 квадр. дюйм. и давленіе равномерно распредѣляется по всей площади, то на одинъ квадратн. дюймъ приходилось бы давленіе $\frac{P}{50}$, а для поверхности напр. въ 10 квадр. дюйм. давленіе на каждый квадратный дюймъ было бы $\frac{P}{10}$, слѣдовательно въ 5 разъ больше. Въ обонхъ случаяхъ величина тренія одинакова, но во второмъ случаѣ поверхность гораздо скорѣе стирается нежели въ первомъ.

5) Величина тренія не зависитъ отъ скорости движенія трущихся тѣлъ, т.-е. треніе будетъ одинаково, скользятъ-ли медленно или быстро одно тѣло по другому; но во второмъ случаѣ треніе поглощаетъ больше работы двигателя. Такъ какъ работа силы тренія равна величинѣ этой силы умноженной на скорость движущагося тѣла, то работа поглощаемая треніемъ пропорціональна скорости движенія.

Напр. сани вѣсомъ въ 610 фунт. двигаются по горизонтальной дорогѣ со скоростью 6,56 фут. въ секунду, спрашивается, какъ велико треніе и работа поглощаемая имъ, если принять коэффициентъ тренія $f = 0,35$? Давленіе саней на дорогу $P = 610$ фунт.; сила тренія $R = f \cdot P = 610 \cdot 0,35 = 215,5$ фунтовъ; работа тренія въ секунду будетъ: $215,5 \cdot 6,56 = 1413,68$ фун.-фут. $= 2,35$ паровыхъ лошадей.

6) Треніе между однородными тѣлами нѣсколько больше, нежели между разнородными, при одинаковыхъ прочихъ обстоятельствахъ.

Напр. треніе дерева по чугуну меньше чѣмъ дерева по дереву: треніе чугуна по чугуну болѣе, чѣмъ бронзы по чугуну и т. п.

7) Если тѣло лежитъ на наклонной плоскости въ такомъ состояніи, что малѣйшее увеличеніе наклоненія заставитъ его скользить внизъ. то уголъ α , образуемый наклонной плоскостью съ горизонтомъ. называется *угломъ тренія*. Тангенсъ этого угла всегда равенъ коэффициенту тренія, т.-е. $\operatorname{tg} \alpha = f$.

Дѣйствительно, если вѣсъ тѣла лежащаго на наклонной плоскости означимъ чрезъ P и помощію параллелограмма силъ разложимъ вѣсъ P на двѣ силы: P' параллельную плоскости AB и силу P'' перпендикулярную къ ней, то такъ какъ уголъ $\operatorname{mop} = \alpha$, то будетъ $P' = P \cdot \operatorname{Sin} \alpha$ и $P'' = P \operatorname{Cos} \alpha$. Изъ нихъ сила P' стремится двигать тѣло внизъ по плос-

кости, а сила P'' производя давление на плоскость, производитъ треніе, препятствующее движенію тѣла; эта сила тренія $= P'' \cdot f = f \cdot P \cos \alpha$. Въ случаѣ равновѣсія должно быть $P \sin \alpha = f \cdot P \cos \alpha$; слѣдовательно $f = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$.

Такъ напр., если $f = 0,14$, то по таблицѣ тригонометрическихъ линій $\alpha = 8^\circ$, потому что $\operatorname{tg} 8^\circ = 0,14$; и на оборотъ, при $\alpha = 8^\circ$, $f = 0,14$.

По опытамаъ *Ронделе*, довольно тонко обтесанные камни начинаютъ скользить другъ по другу только при наклоненіи плоскости отъ 28° до 36° . Такъ какъ $\operatorname{tg} 28^\circ = 0,5317$ а $\operatorname{tg} 36^\circ = 0,7265$, то этимъ угламъ соотвѣтствуютъ коэффициенты тренія $f = 0,53$ и $f = 0,73$.

Во всѣхъ постройкахъ, въ особенности же въ тѣхъ, которыя должны выдерживать значительное горизонтальное давленіе, необходимо, чтобы коэффициентъ тренія имѣлъ какъ можно бѣльшую величину; треніемъ поддерживается равновѣсіе плотинъ, мостовъ, сводовъ, подпоръ, каменныхъ одеждъ и т. п.

Величина коэффициентовъ тренія: f .

Гладкотесаный гранитъ по грубо обтесанному такому же камню.	0,66
Тѣ же камни но съ растворомъ въ швахъ	0,49
Известнякъ по известняку гладкопритесанные	0,58
Тѣ же " " грубо притесанные	0,78
Песчаникъ по песчанику гладкіе и сухіе.	0,71
Смазанные растворомъ.	0,66
Бутовой камень по глинистому сухому грунту	0,51
То же по глинистому сырому смоченному водою грунту	0,34
Сухая плотноутрамбованная глина по такой же глини	0,60
Кирпичъ по известковому камню. отъ 0,60 до	0,65

Чаще среднюю величину для этого рода матеріаловъ принимаютъ:

$$f = \frac{2}{3} = 0,67.$$

Таблица коэффициентовъ скользящаго (обыкновеннаго) тренія во время движенія (по Губеру).

НАЗВАНІЕ ТРУЩАХСЯ ТѢЛЪ		Сухое.	Смоченное водою.	Деревянымъ масломъ.	Жиромъ.	Свинымъ саломъ съ графитомъ.	Сухимъ мыломъ.
Дерево по дереву	наименьш. велч.	0,20	—	—	0,06	—	0,14
	средняя	0,36	0,25	—	0,07	—	0,15
	наибольшая	0,48	—	—	0,08	—	0,16

НАЗВАНИЕ ТРУЩИХСЯ ТѢЛЪ.		Сухос.	Смоченное водою.	Деревяннымъ мас- ломъ.	Жиромъ.	Свинный салоюсъ съ графитомъ.	Сухимъ мыломъ.
Металль по металлу	{ наименьш. велич.	0,15	—	0,06	0,07	0,06	—
	{ средняя	0,18	0,31	0,07	0,09	0,08	0,20
	{ наибольшая	0,24	—	0,08	0,11	0,09	—
Дерево по металлу	{ наименьш. велич.	0,20	—	0,05	0,06	—	—
	{ средняя	0,42	0,24	0,06	0,08	0,08	0,20
	{ наибольшая	0,62	—	0,08	0,10	—	—
Пеньковыя веревки	{ по дереву	0,45	0,33	—	—	—	—
	{ по желѣзу	—	—	0,15	0,19	—	—
Выдѣланная кожа плаш- мя по дереву и металлу	{ сухая	0,54	0,36	0,16	0,20	—	—
	{ жирная	—	0,25	—	—	—	—
Выдѣланная кожа поло- женная ребромъ въ поршневой забивкѣ	{ сухая	0,34	0,31	0,14	0,14	—	—
	{ жирная	—	0,24	—	—	—	—
Обработанные камни для строений	{ наименьш. велич.	0,53	—	—	—	—	—
	{ наибольшая	0,73	—	—	—	—	—

Таблица коэффициентов трения шиповъ или осей въ состояніи движенія (по Губеру)¹⁾.

НАЗВАНІЯ ТРУЩИХСЯ ТѢЛЪ.	Сухія или нежирныя	Жирныя или смоченныя водою	Смазан. масломъ, жиромъ или свинымъ саломъ.		Смазаны весьма мягкой и оупценною эфирною смазкою.	Смазаны свинымъ саломъ и графитомъ.
			При обыкновенномъ содерж.	При хорошемъ содержаніи		
Бронза по бронзѣ (колокольная мѣдь) . . .	—	—	0,097	—	—	—
Чугунъ по бронзѣ	—	—	—	0,049	—	—
Ковкое желѣзо по бронзѣ	0,251	0,189	0,075	0,054	0,090	0,111
Чугунъ по чугуну	—	0,137	0,075	0,054	—	—
Ковкое желѣзо по чугуну	—	—	0,075	0,054	—	—
Баккаутовое дерево по чугуну	—	—	0,116	—	—	—
Баккаутъ по баккауту	—	—	—	0,070	—	—
Чугунъ по баккауту	0,885	—	0,100	0,092	—	0,109
Ковкое желѣзо по баккауту	0,188	—	0,125	—	—	—

ПРИЛОЖЕНІЕ XV.

Оси координатъ.—Тригонометрическія линіи.

Черт. VII.
фиг. 94.

Если мы представимъ себѣ двѣ прямыя линіи, неопредѣленной длины Ax и Ay , пересѣкающіяся подъ прямымъ угломъ въ точкѣ A , то такія линіи называются обыкновенно *осями координатъ*. Въ нихъ точка A называется *началомъ координатъ*, линія Ax обыкновенно называется *осью абсциссъ*, а линія Ay — *осью ординатъ*. Оси координатъ даютъ возможность съ точностію опредѣлять положеніе точекъ на плоскости относительно этихъ осей, а слѣдовательно и относительно одна другой. Такъ напр., зная разстояніе точки O отъ оси Ax , равное aO , и отъ оси Ay , равное Aa , мы знаемъ положеніе этой точки O на плоскости. Въ этомъ случаѣ линія Aa называется *абсциссою* точки O , а линія Ao , равная линіи Ab , называется *ординатою* точки O ; обѣ же эти линіи вмѣстѣ, опредѣляющія положеніе точки O , называются *координатами* точки O . Поэтому, зная *координаты* точки, т.-е. *абсциссу* и *ординату*, мы знаемъ положеніе точки.

Абсциссы, слѣдовательно, считаются и откладываются по оси абсциссъ а ординаты по оси ординатъ. Всѣ величины абсциссъ, считаемыя

¹⁾ Губеръ. Механика, перев. съ нѣмецкаго Зброжека. С.-Петербург. 1878.

вправо отъ оси yy' , или отъ начала координатъ A , сопровождаются положительнымъ знакомъ (+); всѣ же абсциссы считаемыя, или отлагаемыя влѣво отъ оси yy' , или отъ начала координатъ A , сопровождаются отрицательнымъ знакомъ (—). Равнымъ образомъ всѣ величины ординатъ, считаемыя или откладываемыя вверхъ отъ оси xx' сопровождаются положительнымъ знакомъ (+); а всѣ ординаты, считаемыя или откладываемыя внизъ отъ оси xx' , сопровождаются отрицательнымъ знакомъ (—). Величину абсциссы обыкновенно обозначаютъ буквою x , а величину ординаты буквою y .

Такимъ образомъ координаты точки O будутъ $+x=Aa$ и $+y=aO$; координаты точки O' будутъ $-x=Ac$ и $+y=cO'$; координаты точки O'' будутъ $-x=Ad$ и $-y=dO''$; координаты точки O''' будутъ $+x=Ae$ и $-y=eO'''$. Если бы для какойнибудь точки было $x=0$, то это значить, что точка находится на оси ординатъ; если бы для другой точки было $y=0$, то это значить, что точка лежитъ на самой оси абсциссъ. Если бы было въ то же время $x=0$ и $y=0$, то это значить что точка лежитъ въ самомъ началѣ координатъ, т.-е. въ точкѣ A .

Такъ какъ положеніе всякой прямой линіи опредѣляется какиминибудь двумя ея точками, то достаточно знать величины координатъ этихъ двухъ точекъ чтобы знать положеніе прямой линіи.

Точно также, зная напр. координаты центра круга и координаты какойнибудь одной точки на его окружности, можно опредѣлить положеніе круга относительно осей координатъ и т. д.

Опишемъ изъ точки A , какъ центра, кругъ, радіусъ котораго равенъ r . Слѣдовательно центръ этого круга будетъ находиться въ началѣ координатъ. Проведя какуюнибудь линію AB и изъ точки B опустивъ перпендикуляръ BD на линію Ax , линія BD будетъ *ордината* точки B , а линія AD —*абсцисса* точки B ; линія $AB=r$, т.-е. радіусу круга; величину угла BAC означимъ чрезъ α градусовъ.

Черт. VII.
фиг. 95 и 96.

Въ тригонометріи называютъ: 1) *синусомъ* угла α отношеніе между ординатою BD и радіусомъ r и пишутъ:

$\text{Sin}\alpha = \frac{BD}{r}$, откуда $BD=r \cdot \text{Sin}\alpha$. 2) *Косинусомъ* угла α — отношеніе между абсциссою и радіусомъ r и пишутъ:

$\text{Cos}\alpha = \frac{AD}{r}$, откуда $AD=r \cdot \text{Cos}\alpha$. 3) *Тангенсомъ* угла α — отношеніе ординаты къ абсциссѣ этого угла и пишутъ:

$\text{tg}\alpha = \frac{BD}{AD} = \frac{r \cdot \text{Sin}\alpha}{r \cdot \text{Cos}\alpha} = \frac{\text{Sin}\alpha}{\text{Cos}\alpha}$. 4) *Котангенсомъ* угла α — отношеніе абсциссы къ ординатѣ этого угла и пишутъ:

$\text{Cotg}\alpha = \frac{AD}{BD} = \frac{r \cdot \text{Cos}\alpha}{r \cdot \text{Sin}\alpha} = \frac{\text{Cos}\alpha}{\text{Sin}\alpha}$. Когда уголъ α будетъ тупой,

тогда Cos , tg и Cotg этого угла будутъ отрицательные. Такъ какъ всѣ эти отношенія остаются постоянными какъ бы ни былъ великъ или малъ радіусъ r , ибо всѣ треугольники ABD , $AB'D'$, $AB''D''$ и т. д. подобны между собою, то обыкновенно при всѣхъ вычисленіяхъ этихъ отношеній радіусъ r принимаютъ за единицу. То-есть, если въ вычисленіяхъ за единицу мѣры длины принимаютъ напр. футъ, то предпола-

фиг. 96.

гаютъ r равнымъ одному футу; если метръ — то $r=1$ метру; если сажень или аршинъ, то $r=1$ сажени или 1 аршину и т. д.

Такъ какъ $BD:AD = EC:AC$ или $\frac{BD}{AD} = \frac{EC}{AC}$, то $tg\alpha = \frac{EC}{r}$; и такъ какъ $AD:BD = Fg:AF$ (гдѣ Fg параллельна AC), то $Cotg\alpha = Fg$.

Такимъ образомъ имѣемъ: $r \cdot Sin\alpha = BD$; $r \cdot Cos\alpha = AD$; $r \cdot tg\alpha = EC$ и $r \cdot Cotg\alpha = Fg$.

Но такъ какъ всегда предполагается $r=1$, то $Sin\alpha = BD$; $Cos\alpha = AD$; $tg\alpha = EC$ и $Cotg\alpha = Fg$.

(Обрѣзность круга обыкновенно дѣлать на 360 частей, называемыхъ *градусами*; каждый градусъ на 60 частей, называемыхъ *минутами*; и каждую минуту на 60 частей, называемыхъ *секундами*).

Если счетъ угловъ (или все равно, соотвѣтственныхъ имъ дугъ круга, которыми измѣряются углы) мы будемъ начинать отъ линіи Ax , гдѣ слѣдовательно $\alpha=0^0$, то уголъ $CAF=90^0$. Поэтому, если $\alpha=0^0$, то $Sin\alpha = 0$; $Cos\alpha = r = 1$; $tg\alpha = 0$; а $Cotg\alpha = \infty$, т.-е. принимаетъ безконечно большую величину.

Если $\alpha = 45^0$, то $Sin\alpha = Cos\alpha$ и $tg\alpha = Cotg\alpha$. Если $\alpha = 90^0$, то $Sin\alpha = r = 1$, $Cos\alpha = 0$, $Cotg\alpha = 0$; а $tg\alpha = \infty$. — При $\alpha=180^0$ $Sin\alpha = 0$; $Cos\alpha = -1$; $tg\alpha = 0$ и $Cotg\alpha = -\infty$. — При $\alpha = 270^0$ будетъ: $Sin\alpha = -1$; $Cos\alpha = 0$; $tg\alpha = -\infty$ и $Cotg\alpha = 0$; при $\alpha=360^0$ будетъ: $Sin\alpha = 0$; $Cos\alpha = +1$; $tg\alpha = 0$ и $Cotg\alpha = +\infty$.

Въ тригонометріи выводятся слѣдующія формулы для взаимныхъ отношеній между *тригонометрическими линіями*, т.-е. между Синусомъ, Косинусомъ, Тангенсомъ и Котангенсомъ:

$$Sin\alpha = \sqrt{1 - cos^2\alpha}; Cos\alpha = \sqrt{1 - sin^2\alpha}; tg\alpha = \frac{Sin\alpha}{Cos\alpha}; Cotg\alpha = \frac{Cos\alpha}{Sin\alpha};$$

$$tg\alpha = \frac{1}{Cotg\alpha}; Cotg\alpha = \frac{1}{tg\alpha}.$$

$$Sin\alpha = \frac{tg\alpha}{\sqrt{1+tg^2\alpha}}; Cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\alpha}}.$$

$$Sin(\alpha \pm \beta) = Sin\alpha \cdot Cos\beta \pm Cos\alpha \cdot Sin\beta; Cos(\alpha \pm \beta) = Cos\alpha \cdot Cos\beta \mp Sin\alpha \cdot Sin\beta.$$

$$Sin 2\alpha = 2 Sin\alpha \cdot Cos\alpha; Cos 2\alpha = 1 - 2 Sin^2\alpha.$$

$$tg 2\alpha = \frac{2tg\alpha}{1-tg^2\alpha}; Cotg 2\alpha = \frac{Cotg^2\alpha - 1}{2 Cotg\alpha}.$$

Если уголъ α острый, то будетъ $Sin\alpha = Cos(90^0 - \alpha)$; $tg\alpha = Cotg(90^0 - \alpha)$; напр. $Sin 40^0 = Cos 50^0$; $tg 70^0 = Cotg 20^0$.

Когда же уголъ α тупой, т.-е. больше 90^0 , то будетъ: $Sin\alpha = Sin(180^0 - \alpha)$; $tg\alpha = -tg(180^0 - \alpha)$; $Cos\alpha = -Cos(180^0 - \alpha)$; $Cotg\alpha = -Cotg(180^0 - \alpha)$, напримѣръ:

$$Sin 112^0 = Sin 68^0; tg 112^0 = -tg 68^0.$$

Въ каждомъ треугольникѣ имѣются три стороны и три угла; означимъ углы буквами A , B и C , а стороны чрезъ a , b , c .

Рѣшеніе прямоугольнаго треугольника: Когда даны двѣ части прямоугольнаго треугольника, изъ которыхъ по крайней мѣрѣ одна должна быть сторона, то остальные части, помощію тригонометрическихъ линій, найдутся по слѣдующей таблицѣ, если означимъ чрезъ a , b и c сто-

роны треугольника, а чрезъ A, B и C противолежащiе имъ, соотвѣтственно, углы, причеиъ уголь C будетъ прямой.

Данныя.	Искомья.	Р ѣ ш е н i е.
a и b	AB и c	$tg A = \frac{a}{b}; tg B = \frac{b}{a}; c = \sqrt{a^2 + b^2}$
a и c	AB и b	$sin A = \frac{a}{c}; Cos B = \frac{a}{c}; b = \sqrt{c^2 - a^2}$
a и A	b и c	$b = a. Cotg A; c = \frac{a}{sin A}$
b и A	a и c	$a = b. tg A; c = \frac{b}{Cos A}$
c и A	a и b	$a = c. sin A; b = c. Cos A.$

Рѣшенiе косоугольнаго треугольника. Когда даны три части косоугольнаго треугольника, изъ коихъ по крайней мѣрѣ одна сторона, то прочiя части найдутся по слѣдующимъ формуламъ: если означимъ чрезъ a, b и c стороны, а чрезъ A, B и C противолежащiе имъ углы, а полусумму сторонъ чрезъ $s = \frac{a+b+c}{2}$.

Черт. VII.
Фиг. 97.

Данныя.	Искомья.	Р ѣ ш е н i е.
$a, b, c.$	$A, B, C.$	$s = \frac{a+b+c}{2}; sin \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{b.c}}$ $Cos A = \frac{b^2+c^2-a^2}{2.b.c}; Cos \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{s(s-a)}{b.c}}$
$a, b, C.$	$c, A, B.$	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab. Cos C.$ $Cotg A = \frac{b-a. Cos C}{a. sin C}; Cotg B = \frac{a-b. Cos C}{b. sin C}.$
$a, c, C.$	$b, A, B.$	$sin A = \frac{a. sin C}{c}; B = 180^\circ - A - C.$ $b = \frac{c. sin B}{sin C}.$
$a, B, C.$	$b, c, A.$	$b = \frac{a. sin B}{sin A}; c = \frac{a. sin C}{sin A}.$ $A = 180^\circ - B - C.$
$a, B, A.$	$b, c, C.$	$b = \frac{a. sin B}{sin A}; c = \frac{a. sin C}{sin A};$ $c = 180^\circ - A - B.$

Въ слѣдующей таблицѣ показаны величины тригонометрическихъ линій, для которыхъ радиусъ принятъ за единицу мѣры. Причемъ величины угловъ означены только въ градусахъ, безъ дѣленія ихъ на минуты и секунды. Отъ 0° до 45° служитъ верхнее оглавленіе названія линій, а отъ 45° до 90° служитъ нижнее оглавленіе названія линій.

Таблица тригонометрическихъ линій (ихъ величинъ).

Градусы.	Синусъ.	Косинусъ.	Тангенсъ.	Котангенсъ.	Градусы.
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,2899	89
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,6363	88
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,0811	87
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,3007	86
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,4301	85
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,5144	84
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,1443	83
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,1154	82
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,3138	81
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,6713	80
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,1446	79
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,7046	78
13	0,2250	0,9744	0,2309	4,3315	77
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,0108	76
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,7321	75
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,4874	74
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,2709	73
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,0777	72
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,9042	71
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,7475	70
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,6051	69
22	0,3746	0,9271	0,4040	2,4751	68
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,3559	67
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,2460	66

Градусы.	Синусъ.	Косинусъ.	Тангенсъ.	Котангенсъ.	Градусы.
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,1445	65
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,0530	64
27	0,4540	0,8910	0,5095	1,9626	63
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,8807	62
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,8040	61
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,7321	60
31	0,5150	0,8572	0,6009	1,6443	59
32	0,5299	0,8480	0,6249	1,6003	58
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,5399	57
34	0,5592	0,8290	0,6745	1,4826	56
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,4281	55
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,3764	54
37	0,6018	0,7986	0,7536	1,3270	53
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,2799	52
39	0,6293	0,7771	0,8098	1,2349	51
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,1918	50
41	0,6560	0,7547	0,8693	1,1504	49
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,1106	48
43	0,6820	0,7314	0,9325	1,0724	47
44	0,6947	0,7193	0,9657	1,0355	46
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	45
Градусы.	Косинусъ.	Синусъ.	Котангенсъ.	Тангенсъ.	Градусы.

Приведемъ примѣръ для рѣшенія прямоугольнаго треугольника: длина канала 142 сажени; паденіе на этой длинѣ 8,5 сажени, спрашивается, какъ великъ уголъ наклона дна?

Здѣсь $c=142$ саж.; $a=8,5$ саж.; слѣдовательно

$$\sin A = \frac{a}{c} = \frac{8,5}{142} = 0,0598.$$

Въ таблицѣ находимъ ближайшія цифры:

$$\sin 3^\circ = 0,0523 \text{ и } \sin 4^\circ = 0,0698 \text{ и такъ приблизительно:}$$

$$0,0598 = \sin 3^\circ 30' \text{ или } A = 3\frac{1}{2}^\circ.$$

При употребленіи логариемовъ этотъ уголъ вычисляется точнѣе:
 $\log. 8,5 = 0,9294189$; $\log. 142 = 2,1522883$; $\log. \sin A = 8,7771306 - 10$
 и $A = 3^\circ 25' 51,3''$.

Приведемъ также примѣръ для рѣшенія косоугольнаго треугольника:
 пусть $a = 74$ саж., $b = 49$ саж., $c = 83$ саж., по этимъ даннымъ сторо-
 намъ требуется опредѣлить величину одного изъ его угловъ, напр.
 уголъ A ?

По формулѣ $\sin \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{b \cdot c}}$ получимъ:

$$s = \frac{74 + 49 + 83}{2} = 103; \quad s - b = 54; \quad s - c = 20 \text{ слѣдовательно:}$$

$$\sin \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{54 \cdot 20}{49 \cdot 83}} = \sqrt{0,26555 \dots} = 0,5153.$$

Въ таблицѣ находимъ ближайшее число: $\sin 30^\circ = 0,5150$, а по-
 тому приблизительно $\frac{1}{2} A = 31^\circ$ и $A = 62^\circ$.

Помощію таблицъ логариемовъ результатъ получится точнѣе:

$\log. (s-b) = 1,7323938$	$\log. b = 1,6901961$
$\log. (s-c) = 1,3010300$	$\log. c = 1,9190781$
$\log. (s-b)(s-c) = 3,0334238$	$\log. b \cdot c = 3,6092742$
$\log. \frac{(s-b)(s-c)}{b \cdot c} = 16,4241496 - 20.$	
$\log. \sin \frac{1}{2} A = 9,7120748 - 10$	
$\frac{1}{2} A = 31^\circ 1' 7''$	
$A = 62^\circ 2' 14''.$	

ПРИЛОЖЕНІЕ XVI.

Треніе частицъ воды.

Обыкновенно этому сопротивленію придаютъ свойства тренія, го-
 ворять г. *Рожковъ*, но должно замѣтить, что треніе текучей воды о
 стѣны русла надобно понимать нѣсколько иначе, чѣмъ треніе твердыхъ
 тѣлъ. Въ случаѣ текучей воды, треніе вовсе не зависитъ отъ величины
 давленія, а напротивъ зависитъ отъ величины соприкасающейся по-
 верхности; слѣдовательно, тутъ оказываются явленія, или свойства,
 обратныя тѣмъ, какія имѣютъ мѣсто при треніи твердыхъ тѣлъ. Въ
 подобномъ же обратномъ значеніи надобно понимать и то, что треніе
 текучей воды не зависитъ отъ рода матеріала, лишь бы поверхность
 стѣнокъ (русла, канала, трубы) была выровнена одинаково; но состоя-
 ніе поверхности имѣетъ вліяніе: чѣмъ она грубѣе или шероховатѣе
 обдѣлана, тѣмъ сопротивленіе болѣе. Вѣроятную причину сопротивле-
 нія движенію текучей воды въ руслахъ, каналахъ, трубахъ и рѣкахъ,

надобно искать во взаимномъ частичномъ сцѣпленіи и въ прилипаніи воды къ постороннимъ тѣламъ (измѣненіе въ постройкѣ заводскихъ водопроводныхъ руслъ. В. Рожковъ. Горн. Журн. 1864 г., июль, № 7).

ПРИЛОЖЕНІЕ XVII.

Кривыя линіи 2-го порядка, или кривыя коническихъ сѣченій.

Если линія DC , пересѣкающая линію AB въ точкѣ O и составляя неизмѣнный уголъ α , будетъ вращаться около линіи AB , то она опишетъ такъ называемую *коническую поверхность* $EOCDOF$. Такъ какъ уголъ α можетъ измѣняться отъ 0° до 90° , то очевидно, что при такомъ вращеніи одной прямой линіи около другой, можетъ произойти столько различныхъ коническихъ поверхностей, сколько можетъ быть различныхъ величинъ для угла α въ означенныхъ предѣлахъ. 1) Если какую-нибудь коническую поверхность мы будемъ пересѣкать плоскостью *перпендикулярною* къ линіи AB , то при всѣхъ таковыхъ пересѣченіяхъ получится *окружность круга*; 2) если коническую поверхность пересѣчемъ плоскостью не перпендикулярною къ AB , причѣмъ если эта плоскость пересѣчетъ только одну полу конической поверхности, не пересѣкая другой полу, то отъ всякаго такого сѣченія получится кривая линія, называемая *эллипсомъ*, какъ напр. сомкнутая кривая ab ; 3) если же эта плоскость пересѣкаетъ обѣ полу конуса, то получится кривая линія, какъ напр. $cdegfh$, состоящая изъ двухъ несомкнутыхъ вѣтвей, называемая *гиперболою*, и 4) если пересѣчемъ коническую поверхность плоскостью параллельною линіи CD , въ какомъ бы то ни было ея положеніи во время вращенія около линіи AB , то получимъ несомкнутую кривую линію, какъ напр. ikl , называемую *параболою*.

Всѣ эти четыре кривыя линіи, т.-е. кругъ, эллипсисъ, гипербола и парабола называются *линіями коническихъ сѣченій*, какъ получаемыя чрезъ сѣченіе конической поверхности плоскостью; а также *кривыми линіями 2-го порядка*, такъ какъ всѣ онѣ выражаются уравненіями 2-й степени.

Всѣ эти кривыя линіи симметричны относительно прямой, которая называется *осью*; причѣмъ кругъ симметриченъ относительно *каждаго* діаметра; а эллипсисъ относительно *большой* и *малой* осей; ось *гиперболы* есть линія xu и ось *параболы*—линія kz . Въ эллипсисѣ AB *большая* ось, DE —*малая* ось, O —центръ; F и F' фокусы; сумма разстояній каждой точки C эллипсиса до фокусовъ, т.-е. $FC + F'C$ постоянная, или одна и та же.

Разстояніе между фокусами FF' называется *эксцентриситетомъ*. Если $FF' = 0$, то эллипсисъ обращается въ кругъ; если разстояніе FF'

Черт. VII
фиг. 101.

Черт. VIII
фиг. 102.

безконечно большое, то эллипсисъ обращается въ параболу. Въ каждой точкѣ C эллипсиса углы съ касательной въ этой точкѣ FCm и $F'Cn$ равны между собой.

Всѣ планеты, въ своемъ движеніи вокругъ солнца, описываютъ эллипсисы, причѣмъ центръ солнца находится въ одномъ изъ фокусовъ. Линіи FC и $F'C$ называются *радіусами векторами*. Кометы описываютъ вокругъ солнца кривыя, кажущіяся параболами, въ фокусѣ которыхъ находится солнце; но эти кривыя суть только очень удлинненные эллипсисы, т.-е. у которыхъ эксцентриситетъ очень великъ.

Черт. VIII.
анг. 103.

Парабола имѣетъ также ось AB и фокусъ F ; она сомкнута въ вершинѣ A , но открыта въ противоположную сторону; ея вѣтви, симметричны относительно оси AB , постоянно расходятся, удаляясь отъ оси AB и продолжаются до безконечности.

Отложивъ линію $Ag=AF$ и проведя gx перпендикулярно AB , каждая точка c, c', D параболы будетъ равно отстоять отъ точки F , или фокуса, и отъ линіи xy ; т.-е. $CF=Cx$; $c'F=c'x'$; $DF=Dy$ и т. д.

Если продолжимъ линію Dy , параллельную AB , до y' , то если mt есть касательная къ параболѣ въ точкѣ D , то всегда уголъ FDm равенъ углу nDy' . А такъ какъ уголъ $nDy' = \text{углу } mDy$, то чтобы провести касательную къ параболѣ въ точкѣ D , слѣдуетъ только уголъ FDy раздѣлить пополамъ.

Черт. VIII.
анг. 104.

Если изъ вершины A параболы проведемъ перпендикуляръ Ay къ оси Ax и изъ какой-нибудь точки C параболы проведемъ Co перпендикулярно къ Ay и Cm перпендикулярно къ Ax ; затѣмъ проведемъ линію mo и изъ точки o перпендикулярно къ ней линію OB , то эта линія встрѣтитъ ось Ax въ точкѣ B . Сдѣлавъ такое же построение для другой какой-нибудь точки C' , линія $o'B$ перпендикулярная къ no' встрѣтитъ ось Ax также въ точкѣ B ; то же самое будетъ для всѣхъ точекъ параболы. Постоянное разстояніе AB , на которомъ всѣ подобныя перпендикуляры встрѣчаютъ ось Ax отъ вершины параболы, называется *параметромъ*; а отложивъ $\frac{1}{4} AB$ отъ A до F , получимъ фокусъ параболы F .

Если примемъ точку A (фиг. 104) за начало координатъ, линію Ax за ось абсциссъ и линію Ay за ось ординатъ, а величину параметра AB означимъ чрезъ p , то для точки C параболы, ея абсцисса будетъ $Am=x$ и ея ордината $Cm=Ao=y$. И такъ какъ уголъ Bot есть прямой, то Ao будетъ средняя пропорціональная между AB и Am ; и слѣдовательно $p:y=y:x$, откуда $y^2=px$. То же самое получится и для всякой другой точки C и т. д.

А потому $y^2=px$ есть уравненіе параболы, выраженное въ параметрѣ. Слѣдовательно *въ параболѣ абсциссы относятся между собою какъ квадраты соответствующихъ ординатъ*. Пбо если координаты точки C будутъ x' и y' , то также будетъ: $y'^2=px'$ и слѣдовательно $x:y^2=y'^2$.

анг. 105.

Если какое-нибудь тѣло, подъ вліяніемъ мгновенной силы, движется изъ точки A по какому-нибудь направленію Ay и если въ то же время

на него дѣйствуетъ сила тяжести, то тѣло опишетъ кривую AMB ; если скорость движенія тѣла, а слѣдовательно и сопротивленіе воздуха будутъ не велики, то кривая линия AMB будетъ *парабола*.

Предположимъ что тѣло вслѣдствіе мгновенной силы движется отъ A къ y со скоростью v ; мы уже знаемъ, что это движеніе равномерное и слѣдовательно скорость v постоянная. Если бы никакая другая сила не дѣйствовала на тѣло, то по прошествіи какого-нибудь времени t тѣло пришло бы въ N и было бы $AN = v.t$. Точно также если бы въ точкѣ A на тѣло дѣйствовала бы только одна сила тяжести, то въ теченіе того же времени t оно упало бы напр. въ точку P и было бы $AP = \frac{gt^2}{2}$. Составивъ параллелограммъ $APMN$, мы уже знаемъ, что въ дѣйствительности тѣло, подверженное одновременно дѣйствию двухъ силъ, въ теченіе того же времени t придетъ въ точку M , описавъ кривую линію AM . При чемъ AP будетъ абсцисса этой точки M а MP , параллельная оси Ay , будетъ ея ордината; означивъ ихъ чрезъ x и y будетъ $x = \frac{gt^2}{2}$ и $y = vt$ или $t = \frac{y}{v}$. Поставивъ это выраженіе для t въ выраженіе $x = \frac{gt^2}{2}$, получимъ $x = \frac{gy^2}{2v^2}$ или: $y^2 = \frac{2v^2x}{g}$. Но какъ мы знаемъ, что $2gh = v^2$ и слѣдовательно $h = \frac{v^2}{2g}$, то будетъ $y^2 = 4h.x$. А это и есть уравненіе параболы, въ которой $4h$ есть параметръ.

Такимъ образомъ всякое тѣло брошенное съ какою-либо начальною скоростью описываетъ параболу, которой параметръ въ четыре раза больше высоты, соответствующей начальной скорости. Если бы тѣло двигалось поперекъ наклонной плоскости, то по той же причинѣ оно описало бы параболу, если бы не было тренія между тѣломъ и плоскостью. А потому-то вода во всѣхъ водопадахъ описываетъ параболу; вытекающая изъ отверстія, при постоянномъ горизонтѣ воды въ сосудѣ—описываетъ также параболу; воды рѣки, двигающіяся поперекъ наклонныхъ мѣстностей, также стремятся описать параболу. Такъ какъ на земной поверхности, при дѣйствіи какой-либо одной силы на тѣло, это тѣло всегда подвержено въ то же время и дѣйствию тяжести, то слѣдовательно на тѣло дѣйствуютъ уже двѣ силы; и если только онѣ дѣйствуютъ не въ одинаковомъ направленіи, то тѣло описываетъ параболу. А потому-то параболы и играютъ такую видную роль во многихъ явленіяхъ природы на землѣ.

Гипербола имѣетъ двѣ отдѣльныя части, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ двухъ вѣтвей, какъ и параболы. Но вѣтви гиперболы расходятся гораздо быстрѣе. Такъ что въ самой сомкнутой гиперболѣ, имѣющей общую вершину и общую ось съ параболой, вѣтви гиперболы на нѣкоторомъ разстояніи всегда выйдутъ изъ вѣтвей параболы и пересѣкутъ эти послѣднія.

Гипербола имѣетъ двѣ оси— xx' и yy' , относительно которыхъ вѣтви ея симметричны; она имѣетъ центръ O , два фокуса F и F' и двѣ вершины A и B . Въ эллипсисѣ, какъ мы видѣли, сумма радиусовъ векторовъ есть величина постоянная; въ гиперболѣ же *разность ради-*

усовъ векторовъ. $MF - MF'$, есть всегда величина постоянная. Два радиуса FM и $F'M$ составляютъ съ кривой равные углы, какъ и въ эллипсисѣ, но здѣсь кривая BM всегда находится между ними и не покрываетъ ихъ, какъ въ эллипсисѣ. Кромѣ того, въ гиперболѣ существуютъ всегда двѣ прямыя линіи zz' и $z''z'''$, составляющіе равные углы съ большою осью xx' , къ которымъ вѣтви кривой постоянно приближаются, по мѣрѣ удаленія отъ вершины, но никогда не достигаютъ, или достигаютъ только на бесконечно большомъ разстояніи. Эти линіи zz' и $z''z'''$ называются *асимптотами* кривой линіи.

Чтобы провести асимптоты, изъ точки A , какъ центра, радиусомъ равнымъ oF нужно засѣчь линію yy' въ точкахъ c и D , провести линіи AC и AD , а затѣмъ чрезъ центръ o имъ параллельныя $z''z'''$ и zz' , которыя и будутъ асимптоты.

Всѣ эти линіи, ¹⁾ алгебраически, выражаются уравненіями 2-й степени, почему и называются *линіями 2-го порядка*. Кривыя же линіи, выражаемыя уравненіями 3, 4, 5-й и т. д. степеней, называются *кривыми линіями высшихъ порядковъ*. Только прямая линія выражается уравненіемъ первой степени и одна принадлежитъ къ *1-му порядку*.

ПРИЛОЖЕНІЕ XVIII.

Секундный маятникъ.

Черт. VI.
анг. 70.

Маятникомъ называютъ всякое тѣло привѣшенное на неподвижной оси непроходящей чрезъ центръ тяжести этого тѣла, и около которой оно можетъ колебаться.

Если вообразимъ, что тяжелое тѣло A подвѣшено посредствомъ невѣсомой нити AO въ точкѣ O , то получимъ маятникъ *простой*, или *математическій*.

Очевидно, что если мы употребимъ свинцовый шарикъ, подвѣшенный на очень тонкой нити, которая въ состояніи выдержать его грузъ, причемъ нить не удлинняется отъ груза шарика, то получимъ маятникъ весьма близко подходящій къ простому.

Если шарикъ A приведемъ въ точку B и дадимъ ему свободу, то онъ опять спустится до точки A , а затѣмъ поднимется до точки C , въ которой скорость его обратится въ нуль; изъ точки C онъ начнетъ двигаться къ точкѣ A и опять дойдетъ до точки B и т. д. И если бы не было никакого сопротивленія его движенію, то онъ постоянно продолжалъ бы колебаться, дѣлая тѣ же самыя розмахи. Но если это

¹⁾ Т.-е. кругъ, эллипсисъ, парабола и гипербола.

пропорціонально уменшається; и если n и n' числа колебаній двухъ маятниковъ въ тотъ же промежутокъ времени, то $n:n' = t':t$ и слѣдовательно $n:n' = \sqrt{l'}:\sqrt{l}$ или $l:l' = n'^2:n^2$.

То есть числа колебаній обратно пропорціональны временамъ ихъ, или корнямъ квадратнымъ изъ длины маятниковъ, или же длины маятниковъ обратно пропорціональны квадратамъ чиселъ колебаній. Изъ этого слѣдуетъ, что если маятникъ совершить въ какой нибудь промежутокъ времени, напр. въ секундѣ, одно колебаніе, то маятникъ длиннѣе его въ 4, 9, 16, ... разъ, потребуеть для одного колебанія 2, 3, 4, ... секунды, и слѣдовательно будетъ колебаться въ 2, 3, 4, ... раза медленнѣе, т.-е. совершить въ то же время въ 2, 3, 4, ... 'раза меньше колебаній.

Изъ формулы $l = \frac{g}{\pi^2}$, зная величину ускоренія g для какого нибудь мѣста, мы получимъ длину l простаго секунднаго маятника для этого мѣста. Напр. если $g = 32,2$ фут., то $l = \frac{32,2}{(3,142)^2} = \frac{32,2}{9,87} = 3,262$ фут. = 39,144 дюймовъ.

ПРИЛОЖЕНІЕ XIX.

Центробѣжная сила.

Мы уже знаемъ, что если какая нибудь мгновенная сила сообщила тѣлу, котораго масса M , движеніе, то это движеніе, вслѣдствіе инерціи, будетъ равномерное и совершается по прямой линіи, по направленію дѣйствія первоначальной силы, сообщившей движеніе. Во время этого движенія всякая другая сила, которая стремилась бы измѣнить это движеніе, т.-е. уменьшить или увеличить скорость движенія или измѣнить направленіе этого движенія, встрѣтить, вслѣдствіе инерціи, со стороны массы M движущагося тѣла противодѣйствіе равное и прямо противоположное дѣйствію этой силы.

Въ приложеніи III мы разсмотрѣли свойства этого противодѣйствія относительно измѣненія скорости; теперь разсмотримъ величину этого противодѣйствія при измѣненіи направленія движущагося тѣла.

Представимъ себѣ что тѣло, котораго масса M и вѣсъ P , движется равномерно по прямой линіи Ab , вслѣдствіе дѣйствія мгновенной силы сообщившей ему это движеніе. Представимъ себѣ также, что когда это тѣло пришло въ точку A , то на него подѣйствовала другая сила, непрерывная, направленная отъ A въ O . Такъ какъ эта сила уже не дозволить тѣлу продолжать движеніе по направленію Ab и будетъ стремиться двигать его по направленію Aa и слѣдовательно измѣнить направленіе его движенія, то въ то же мгновеніе, вслѣдствіе инерціи,

масса тѣла обнаружить противодѣйствіе равное и противоположное направленію непрерывной силы, начавшей дѣйствовать на тѣло въ точкѣ A по направленію отъ A къ O . Эта послѣдняя, непрерывно дѣйствующая сила, направленная отъ A къ O , называется *центростремительною силою*, а равная и противоположная ей, направленная отъ A къ d и развившаяся вслѣдствіе инерціи отъ измѣненія направленія движущагося тѣла, называется *центробѣжною силою*.

Если бы тѣло двигалось изъ A только вслѣдствіе дѣйствія первоначальной мгновенной силы, или правильнѣе, вслѣдствіе сохраненія движенія по причинѣ инерціи, то по прошествіи нѣкотораго очень малаго промежутка времени оно прошло бы въ точку b . Равнымъ образомъ, если бы въ точкѣ A оно находилось въ покоѣ и на него подѣйствовала бы только одна непрерывная сила по направленію отъ A къ O , то въ тотъ же промежутокъ времени оно пришло бы изъ A въ a . Но такъ какъ въ тотъ же промежутокъ времени оно должно совершать оба движенія одновременно, то придетъ въ нѣкоторую точку C и на пространствѣ отъ A до C опишетъ кривую линію. Если промежутокъ времени, въ который мы разсматриваемъ это движеніе, будетъ очень малъ, то эту кривую, безъ большой погрѣшности, мы можемъ принять за прямую линію, которая и будетъ діагональ Ac параллелограмма $Abca$ какъ равнодѣйствующая обѣихъ силъ или обѣихъ движеній.

Если V есть скорость, съ которой тѣло движется по кривому пути, а w —ускореніе сообщаемое непрерывною центростремительною (а слѣдовательно и ей равною, но только противоположною центробѣжною) силою, то тѣло изъ A должно пробѣжать въ секунду путь $AC = V$; а подъ вліяніемъ центростремительной постоянной, или непрерывно дѣйствующей силы, производящей ускореніе w , оно должно пробѣжать путь $Aa = \frac{w}{2}$. То же самое примѣняется и къ другимъ промежуткамъ времени; и если такой промежутокъ безконечно малъ, то путь $Ac = V$ можетъ быть принятъ за прямолинейный.

И если направленіе центростремительной силы постоянно проходитъ чрезъ точку O , то описавъ радіусомъ $AO = r$ кругъ, будемъ имѣть: $Aa : ac = ac : AB$ или $\frac{w}{2} : V = V : 2r$, откуда $w = \frac{V^2}{r}$.

Если мы величину центростремительной силы, а слѣдовательно и равной ей центробѣжной силы, означимъ чрезъ N и чрезъ g ускореніе отъ дѣйствія тяжести, то такъ какъ силы пропорціональны ускореніямъ, будетъ:

$$N : P = w : g \text{ откуда } w = \frac{N.g}{P}.$$

А потому $\frac{N.g}{P} = \frac{V^2}{r}$; а слѣдовательно величина центростремительной или центробѣжной силы будетъ: $N = \frac{P.V^2}{r.g}$.

Такимъ образомъ мы видимъ, что центробѣжная сила возрастаетъ вмѣстѣ съ вѣсомъ тѣла, затѣмъ увеличивается пропорціонально квадрату скорости его движенія по кривой линіи и наконецъ, при другихъ рав-

ныхъ обстоятельствахъ, обратно пропорціональна радіусу кривизны, или радіусу круга, если кривая движенія есть кругъ.

Если напр., камень привязанный къ нити мы будемъ быстро вращать, то вслѣдствіе стремленія двигаться по касательной къ кругу вращенія, или сохранять направленіе движенія, инерція развиваетъ центробѣжную силу, которая натягиваетъ нить. — И если бы въ тотъ моментъ, когда камень вращаясь по кругу (фиг. 92) придетъ въ точку *A*, мы перерѣзали бы нить и слѣдовательно уничтожили бы центростремительную силу, то въ тотъ же моментъ уничтожилась бы и центробѣжная сила и камень началъ бы двигаться по касательной *Ab*.

Маховыя колеса и большіе мельничные жернова иногда разрываются вслѣдствіе центробѣжной силы, которая значительно возрастаетъ при большей скорости вращенія.

Масса воды, движущаяся въ рѣкахъ, входя въ излучину рѣки должна измѣнять направленіе движенія вслѣдствіе кривизны русла; вслѣдствіе чего въ ней развивается центробѣжная сила, которая производитъ давленіе на вогнутый берегъ и способствуетъ его сильнѣйшему размыванію.

ПРИЛОЖЕНІЕ XX.

Законы.

Ст. 438, т. X, ч. I. Къ обязанностямъ по водянымъ сообщеніямъ прибрежныхъ владѣльцевъ относятся, между прочими, слѣдующія: 1) на рѣкахъ судоходныхъ не строить мельницъ, плотинъ и заколовъ или другихъ перегородокъ, отъ которыхъ рѣки засоряются и къ судовому ходу дѣлаются неудобными.

Ст. 442. Владѣлецъ земель и покосовъ, въ верху рѣки лежащихъ, имѣетъ право требовать: 1) чтобы сосѣдъ запрудами не поднималъ рѣчной воды и опую не подтоплялъ его луговъ и пашней и не останавливалъ дѣйствія его мельницъ; 2) чтобы хозяинъ противоположнаго берега рѣки не примыкалъ плотины къ его берегу безъ его согласія.

Ст. 575, т. XII, ч. I. (по прод. 1871 г.) п. 3. На ручьяхъ и протокахъ, изъ которыхъ снабжаются водою станціи желѣзныхъ дорогъ, воспрещается выше сихъ станцій задерживать или отводить теченіе таковыхъ ручьевъ и протоковъ.

Ст. 685, т. X, ч. I. Когда вредъ и убытки суть необходимое послѣдствіе какаго либо устроеннаго отвѣтчикомъ заведенія, мельницы, шлюза, плотины, заставы и т. п. и оно продолжаетъ причинять кому либо вредъ или убытокъ, или же угрожаетъ новыми убытками или вре-

домъ,—то отвѣтчикъ обязанъ уничтожить устроенное имъ и буде не исполнить сего въ назначенный срокъ, то сіе исполняется полиціею на его счетъ.

„Само собою разумѣется, что всѣ вододѣйствующія заведенія должны быть приведены въ такое положеніе, чтобы бичевая тяга, ходъ судовъ, гонка плотовъ и сплавъ дровъ, не могли встрѣчать ни малѣйшаго препятствія. На семъ основаніи содержаніе той части естественнаго бичевника, которая прилегаетъ къ упомянутымъ заведеніямъ, съ мостами и переправами, на пространствѣ бичевника находящимися, относится къ обязанности и иждивенію владѣльцевъ упомянутыхъ прибрежныхъ вододѣйствующихъ заведеній (прим. къ ст. 363 т. XII, ч. 1).

Прилож. къ ст. 147, XII т., ч. II, о благоустройствѣ въ казачьихъ селеніяхъ. „При устройствѣ мельницъ опредѣляется... до какой степени можетъ быть поднята вода съ тѣмъ, что за поднятіе воды выше опредѣленной мѣры и за могуцій произойти отъ того подтопъ вверху рѣки лежащихъ луговъ, пашень и другихъ угодій владѣлецъ отвѣтствуетъ за всѣ убытки. Для указанія наибольшаго возвышенія воды предписывается замѣчать сію высоту на одномъ или двухъ столбахъ, въ удобномъ мѣстѣ поставленныхъ, и на самой плотинѣ“.

Ст. 109. XII т. ч. II уст. о гор. и сел. хоз. „По постройкѣ мельницы, до открытія дѣйствій ея, производится свидѣтельство до какой высоты можетъ быть поднята и содержима вода, безъ причиненія подтопа другимъ состоящимъ вверху мельницамъ и землямъ смежныхъ владѣльцевъ. Высоту, такимъ образомъ опредѣленную, замѣчать на одномъ или двухъ столбахъ и проч.“

Ст. 102 мѣстнаго положенія о крестьянахъ въ губ. великороссійскихъ, новороссійскихъ и бѣлорусскихъ. „Кромѣ безпрепятственнаго употребленія воды для домашнихъ, хозяйственныхъ и промышленныхъ надобностей, крестьяне могутъ пользоваться водами, находящимися въ границахъ ихъ земельного надѣла; для устройства запрудъ и водоемовъ, для проведенія воды въ свои усадьбы“.

Сборникъ законовъ Царства Польскаго, разд. IV (кн. II). ст. 64С. „Имѣнія ниже лежація обязаны по отношенію къ имѣніямъ, лежащимъ выше, принимать воды, какія съ нихъ стекаютъ естественно и безъ всякаго участія въ томъ человѣческихъ рукъ. Собственникъ ниже лежащаго участка не можетъ дѣлать плотинъ, которыя помѣшали бы такому стоку. Собственникъ выше лежащаго участка не можетъ предпринимать ничего такого, что отягчало бы сервитутъ лежащей на низшемъ имѣніи“.

ПРИЛОЖЕНИЕ XXI.

Угловое движение — Угловая скорость.

Черт. VIII.
анг. 107.

Если въ вращающемся тѣлѣ вообразимъ прямую линію CD проходящую чрезъ ось вращенія C , напр. радіусъ колеса или радіусъ земнаго шара, то при вращеніи эта прямая опишетъ въ нѣкоторое время уголъ ECD , который смотря по скорости движенія, можетъ быть больше или меньше. Таеъ уголъ, который дѣлаетъ радіусъ земли въ часъ $= \frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$. Движеніе въ вращающемся тѣлѣ линіи CD проходящей чрезъ ось вращенія называется *угловымъ движеніемъ*; уголъ, который описываетъ радіусъ CD въ одну секунду, выраженный въ градусахъ, или въ величинѣ дуги измѣряющей уголъ, называется *угловою скоростью*. Очевидно, что при вращеніи тѣла всѣ его точки имѣютъ одну и ту же угловую скорость, тогда какъ *линейная скорость* точки зависитъ отъ разстоянія ея отъ оси вращенія. Въ тотъ же промежутокъ времени, при вращательномъ движеніи, точка A проходитъ пространство AB , а точка D —пространство DE ; т.-е. въ первомъ случаѣ дугу круга AB , которой радіусъ AC , а во-второмъ дугу круга DE , которой радіусъ CD . Если вращающееся тѣло дѣлаетъ n оборотовъ въ минуту, то называя радіусъ CD чрезъ r , окружность описываемая точкою D будетъ $2\pi r$ и слѣдовательно въ одну минуту точка D пройдетъ протяженіе $2\pi r \cdot n$, а въ одну секунду, протяженіе $\frac{2\pi r \cdot n}{60}$, которое будетъ *круговая* или *линейная скорость* вращенія точки D ; т.-е. *линейная скорость вращенія точки увеличивается пропорціонально разстоянію ея отъ оси вращенія*.

ПРИЛОЖЕНИЕ XXII.

О величинѣ разливовъ.

Наблюденія показываютъ, что вообще предѣлы, въ которыхъ измѣняется количество прибылой воды въ сравненіи съ нормальнымъ притокомъ, оказывается гораздо болѣе для рѣкъ среднихъ и малыхъ чѣмъ для большихъ. Для послѣднихъ предѣлы эти постояннѣе и гораздо умѣреннѣе. Таеъ напр. по другимъ наблюденіямъ, Рейнъ увеличивается въ расходѣ своемъ въ $12\frac{3}{4}$ разъ противъ нормальнаго теченія, колеблясь въ предѣлахъ отъ 11 до 14 разъ. Рѣка Рузъ (въ Рейнской Пруссіи, одна изъ притоковъ Рейна не далеко отъ его устья) которая при нор-

мальномъ теченіи несетъ 300 к. фут. воды въ секунду, увеличиваетъ этотъ объемъ въ 136 разъ (а въ 1808 году въ 200 разъ). Рѣка Маасъ— отъ 18 до 22,6 разъ; Саона въ 30 разъ; Мозель въ 98 разъ; Гаронна (близъ Тулузы) въ 158,4 разъ; Торнъ въ 266,6 разъ; Луара въ 312,4 разъ; Аллье въ 375 разъ.

ПРИЛОЖЕНІЕ XXIII

Устойчивость тѣлъ.

Устойчивость тѣла находящагося на горизонтальной плоскости тѣмъ больше: 1) чѣмъ больше вѣсъ тѣла при другихъ равныхъ условіяхъ; 2) чѣмъ больше разстояніе вертикальной линіи, проходящей чрезъ его центръ тяжести отъ периметра основанія, слѣдовательно чѣмъ больше основаніе тѣла и 3) чѣмъ ближе лежитъ центръ тяжести тѣла къ плоскости опоры.

Дѣйствительно, если какое нибудь призматическое тѣло (напр. часть каменной стѣны), котораго сѣченіе вертикальной плоскостью представляется прямоугольникомъ $ACDB$, стоитъ на горизонтальной плоскости MN и вдоль верхняго края CD дѣйствуетъ горизонтальная сила P , которая стремится вращать эту призму на нижнемъ ребрѣ B ; то предположивъ что вѣсъ всей призмы будетъ Q и центръ ея тяжести въ O ,—для равновѣсія, чтобы не было вращенія, необходимо чтобы моменты силъ P и Q были равны между собою. Означая ширину призмы $AB = b$ и высоту ея $BD = a$, должно быть $P \cdot a = Q \cdot \frac{b}{2}$ откуда $P = Q \cdot \frac{b}{2a}$.

Черт. VI.
анг. 85

Слѣдовательно, чтобы заставить призму вращаться около ребра B , усиліе P должно быть тѣмъ больше, чѣмъ больше Q , т.-е. вѣсъ призмы; это усиліе должно быть также тѣмъ больше чѣмъ больше b , т.-е. чѣмъ шире основаніе, или чѣмъ больше разстояніе вертикальной линіи проходящей чрезъ центръ тяжести отъ ребра вращенія; наконецъ это усиліе должно быть тѣмъ больше чѣмъ меньше величина a , т.-е. высота призмы и слѣдовательно высота ея центра тяжести надъ плоскостью основанія.

Чѣмъ ближе будетъ находиться центръ тяжести O призмы къ плоскости основанія MN , тѣмъ положеніе призмы будетъ устойчивѣе, что можно наглядно видѣть изъ фиг. 86. Здѣсь призма A , въ которой вертикальная проходящая чрезъ центръ тяжести и вмѣстѣ чрезъ ребро B вращенія, находится въ положеніи неустойчиваго равновѣсія: малѣйшее виѣшнее усиліе нарушаетъ равновѣсіе и заставляеть призму A вращаться около ребра B . Призма B , въ которой вертикальная про-

Черт. VII.
анг. 99.

ходящая через центр тяжести вышла из основанія за ребро R , не имѣетъ никакой устойчивости и будетъ вращаться безъ всякаго посторонняго усилія. Въ призмѣ C , у которой основаніе широко и центр тяжести расположенъ ближе къ плоскости основанія, вертикальная линия проходящая через центр тяжести, чтобы выйти из основанія за ребро R будетъ уже требовать значительнаго внѣшняго усилія и потому призма C будетъ устойчивѣе чѣмъ призма B и C ; а изъ этихъ двухъ призма A будетъ устойчивѣе чѣмъ призма B .

Черт. VI.

фиг. 87.

Если на призматическую стѣну $ABCD$ дѣйствуетъ какая нибудь сила P , стремящаяся вращать эту стѣну около ребра B , и если O центр тяжести стѣны и Q ея вѣсъ, то посредствомъ параллелограмма $mnrq$ мы найдемъ величину и направленіе равнодѣйствующей R отъ составляющихъ P и Q . До тѣхъ поръ пока направленіе nq этой равнодѣйствующей пересѣкаетъ плоскость основанія внутри линіи EB (фиг. 87) не выходя за ребро B внѣ основанія стѣны—стѣна признается устойчивой, такъ какъ дѣйствіе равнодѣйствующей R стремится нажимать стѣну на основаніе и моментъ этой силы $R \cdot Bv$, направленъ въ обратную сторону противъ момента силы $P \cdot BD$ и превышаетъ его. Если же направленіе равнодѣйствующей nq пересѣкаетъ плоскость основанія MN внѣ основанія стѣны AB и за ребромъ B , фиг. 88, тогда положеніе стѣны $ABCD$ считается неустойчивымъ, такъ какъ моментъ силы $R \cdot Bv$ стремится и можетъ вращать стѣну около ребра B .

фиг. 88.

фиг. 89.

Если мы возьмемъ прямоугольную четырехгранную призму, напр. параллелепедальную стѣну (фиг. 89) и пусть будетъ: ширина ея $AB = b$, высота $BC = h$, а длина $BD = l$; вѣсъ куб. единицы ея $= \pi$; то полный вѣсъ стѣны Q будетъ $Q = b \cdot h \cdot l \cdot \pi$.—Горизонтальное разстояніе Er центра тяжести O отъ ребра BD (точно также и отъ ребра AF) будетъ $= \frac{1}{2} AB = \frac{b}{2}$, а потому устойчивость параллелепеда по отношенію къ каждому изъ реберъ BD и AF будетъ $= b \cdot h \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{b}{2} = = \frac{1}{2} b^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi$. Слѣдовательно *устойчивость увеличивается главнымъ образомъ съ увеличеніемъ ширины, а именно увеличивается пропорціо-нально квадрату этой ширины.*

фиг. 90.

Для прямоугольной трехгранной призмы (фиг. 90) вѣсъ $Q = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot l \cdot \pi$; и такъ какъ горизонтальное разстояніе центра тяжести треугольника $ABC = \frac{2}{3} b$ отъ ребра AF и $\frac{1}{3} b$ отъ ребра BD (какъ это видно на фиг. 90) то устойчивость призмы относительно ребра AF будетъ $= = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{2}{3} b = \frac{1}{3} b^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi$; а относительно ребра $BD = = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{1}{3} b = \frac{1}{6} b^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi$.

Черт. VII.

фиг. 91.

Если бы трехгранная призма (фиг. 90) имѣла ту же высоту и длину какъ и четырехгранная (фиг. 89), но двойную ширину протявъ последней, тогда ихъ объемы и вѣсы были бы равны между собою, но для такой трехгранной призмы устойчивость ея относительно ребра AF была бы равна $= \frac{1}{3} (2b)^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi = \frac{4}{3} b^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi$, а для четырехгранной эта устойчивость $\frac{1}{2} b^2 \cdot h \cdot l \cdot \pi$.—Сравненіе этихъ двухъ формулъ показываетъ значительное вліяніе откосовъ на устойчивость стѣны. Эти

устойчивости относятся между собою какъ $1/2 : 4/3$ или какъ $3/6 : 8/6$ или какъ 3 : 8.

Для стѣнъ возведенныхъ съ откосами и имѣющихъ видъ изображенный на фиг. 91, нужно вычислить вѣсь Q' трехгранной призмы $AEGFHI$, и вѣсь Q четырехгранной призмы $ABDGDNJK$ и тогда для ребра EF устойчивость стѣны этой формы будетъ:
 $Q' \cdot \frac{2}{3} AE + Q (AE + \frac{1}{2} AB)$.

ПРИЛОЖЕНИЕ XXIV

Опредѣленіе площади живаго сѣченія по правилу Симпсона.

Опредѣленіе площади ограниченной двумя параллельными прямыми и двумя какими нибудь кривыми линиями основывается на площади трапеціи; точно также какъ и площади ограниченной съ одной стороны прямою линіею, а съ другой какою либо кривою, какъ видно на фиг. 100. Для этого подобныя площади разбиваются параллельными линіями на части, въ которыхъ кривыя линіи могутъ быть приняты за прямая, а самыя части за площади трапецій. Причемъ очевидно, что чѣмъ на большее число частей мы раздѣлимъ данную площадь, тѣмъ точнѣе вычислимъ ея величину.—Но для сокращенія подобныхъ вычисленій обыкновенно прибѣгаютъ къ такъ называемой теоремѣ *Симпсона*. Чтобы показать ходъ вычисленія по этой теоремѣ, выяснилъ его примѣромъ.

Черт. VII.
 фиг. 100.

Требуется найти площадь $ABCD$.

Правило 1. Слѣдуетъ провести линію MN перпендикулярно къ сторонамъ AC и BD и раздѣлить ее между линіями AC и BD на *четное число* равныхъ частей, напр. на 6 частей.

Правило 2. Изъ точекъ дѣленія возстановить перпендикуляры z^0 , z^1 , z^2 z^6 , которыхъ длина пусть будетъ: $z^0 = 12$; $z^1 = 13$; $z^2 = 13,4$; $z^3 = 12,2$; $z^4 = 11,2$; $z^5 = 10$ и $z^6 = 9$ футамъ.

Правило 3. Взять сумму перваго и послѣдняго перпендикуляра т.-е. $z^0 + z^6 = 12 + 9 = 21$ ф.

Правило 4. Взять сумму *нечетныхъ* перпендикуляровъ, т.-е.: $z^1 + z^3 + z^5$ и умножить ее на 4; т.-е. $13 + 12,2 + 10 = 35,2$ и $35,2 \cdot 4 = 140,8$ фут.

Правило 5. Взять сумму *четныхъ* перпендикуляровъ, т.-е. $z^2 + z^4$ и умножить ее на 2; или $13,4 + 11,2 = 24,6$ и $24,6 \cdot 2 = 49,2$ фут.

Правило 6. Всѣ эти три произведенія сложить вмѣстѣ и умножить на $1/3$ разстояніе между точками дѣленія. Это новое произведеніе выразитъ искомую площадь приблизительно.

Если напр. линия $MN=12$ футамъ и раздѣлена на 6 равныхъ частей, то каждая часть имѣетъ въ себѣ 2 фута.
 $21 + 140,8 + 49,2 = 211$; $\frac{1}{3}$ отъ 2 = $\frac{2}{3}$ и $\frac{2}{3} \cdot 211 = 140,6$ кв. фут.
 будетъ величина искомой площади.

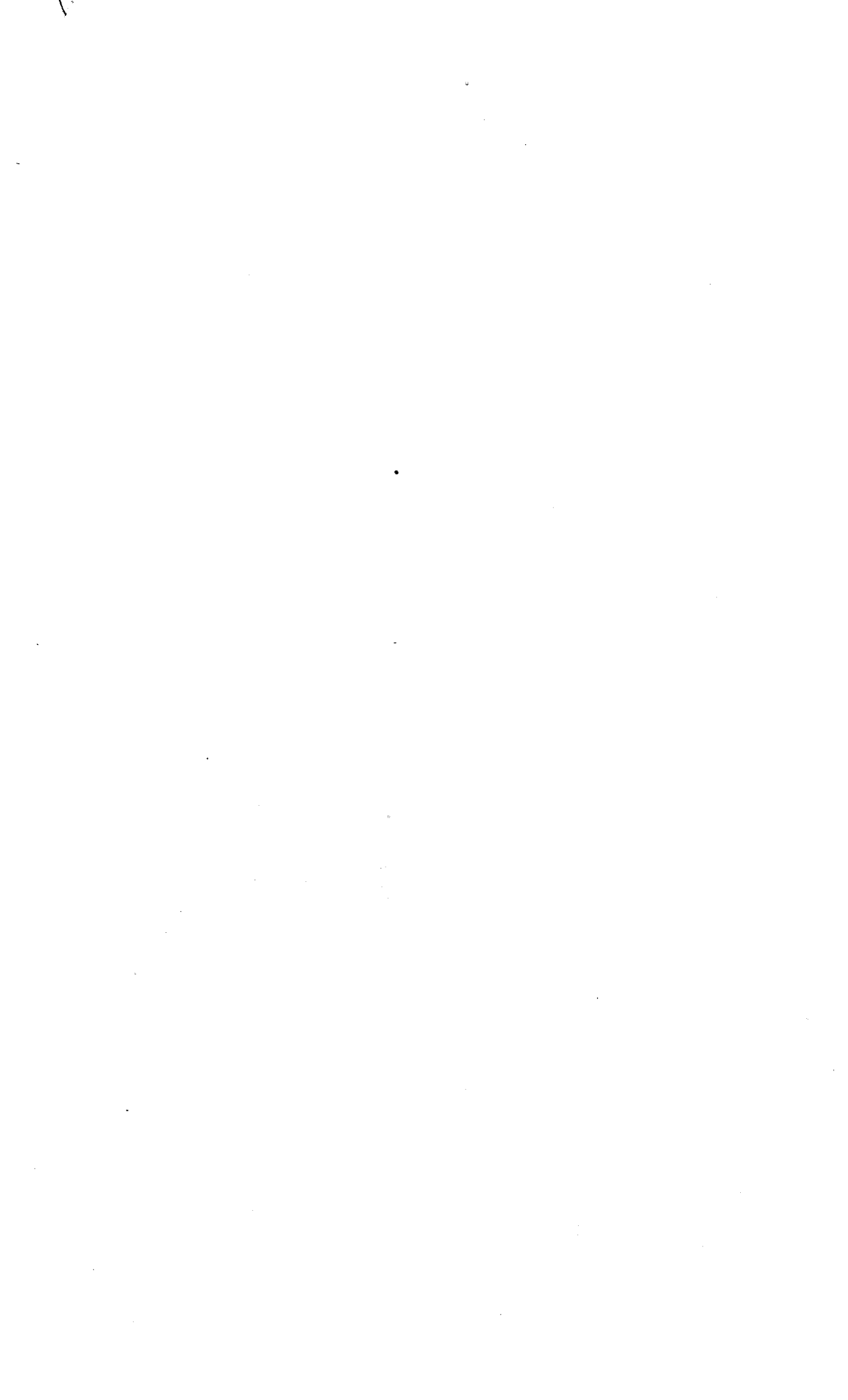
Если площадь ограничена только одною кривою, то ходъ вычисления остается тотъ же самый, за исключеніемъ правила 3, ибо тогда крайніе перпендикуляры z^0 и z^6 равны нулю, а слѣдовательно и сумма ихъ $z^0 + z^6 = 0$.

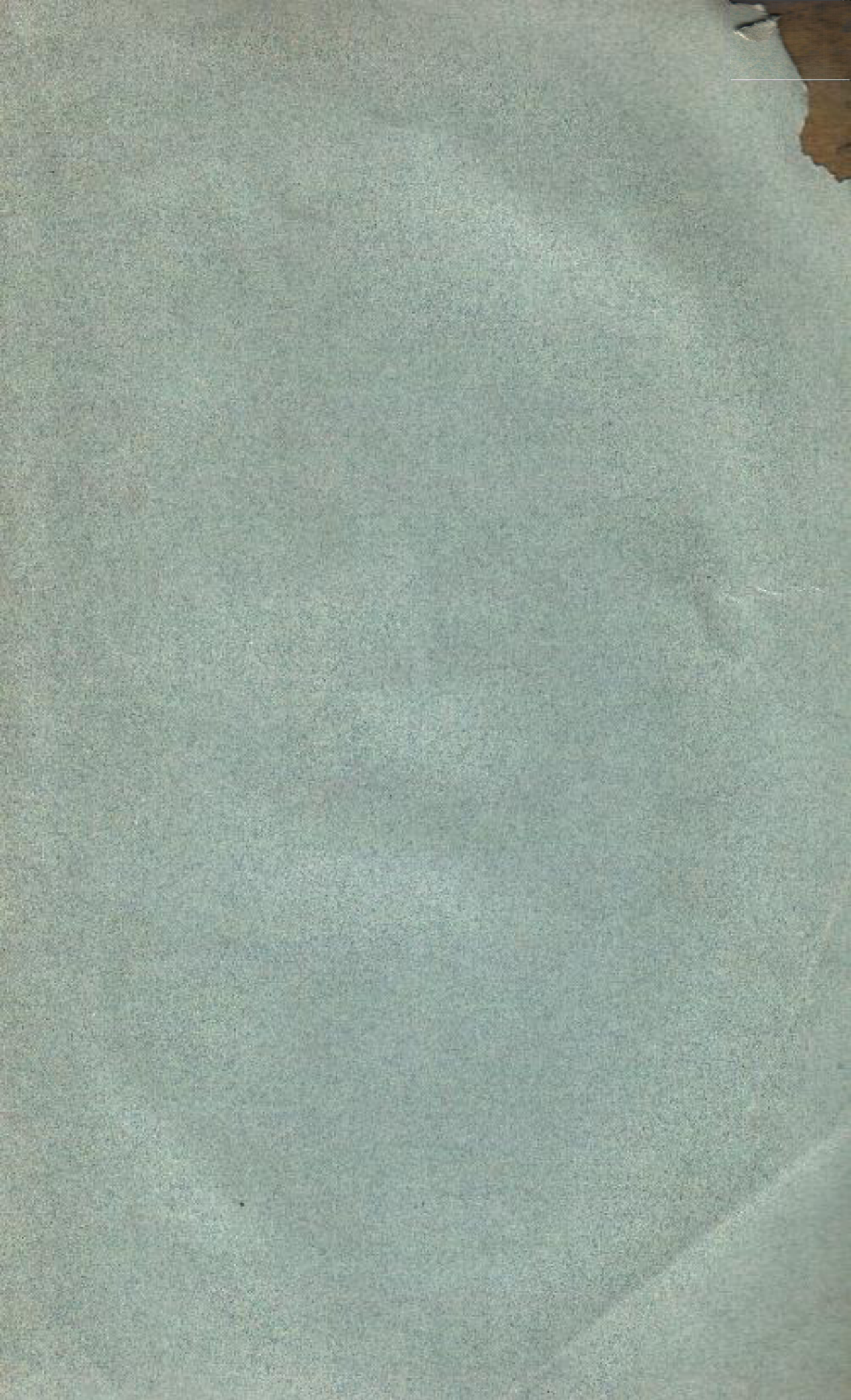
Называя чрезъ a величину дѣленія линіи MN на четное число частей n , общая формула для вычисления такой площади будетъ:

$$\frac{1}{3} a [z_0 + z_n + 4(z_1 + z_3 + z_5 + \dots z_{n-1}) + 2(z_2 + z_4 + z_6 + \dots z_{n-2})].$$

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ ВЪ 1-й ЧАСТИ.

<i>напечатано:</i>	<i>должно читать:</i>	<i>строк.</i>	<i>строка сверху — снизу:</i>		
сочиненіе	сочиненія	x	—	—	2
пріемниковъ	пріемниковь	xvi	—	4	—
плотины,	плотины	2	—	7	—
наводками	наводкамн	3	—	—	14
простаюиртсѧ	простираютсѧ	5	—	17	—
пріемники	пріемники	81	—	4	—
теченіѧ.	теченіѧ.	81	—	5	—
механизмомъ,	механизмомъ.	81	—	6	—
достаточно,	достаточно	96	—	—	1
сопротивленія	сопркосновенія	104	—	13	—
трубкаѧ	трубаѧ	113	—	9	—
по длинѣ AD	на длинѣ AD	115	—	—	1
коверхности	поверхности	115	—	—	6
и и ныя	и ныя	117	—	10	—
$v = \sqrt{64,36 \cdot h}$	$v = \sqrt{64,36 \cdot h}$	120	—	3	—
притекающей	протекающей	128	—	—	1
$ab = 10 + 2,2 = 14$ ф.	$ab = 10 + 2 \cdot 2 = 14$ ф.	140	—	—	14
вертикально,	вертикально	145	—	23	—
приводимаго	приводнаго	146	—	22	—
берега,	берега	191	—	—	21
направленіе руслу	направленію русла	192	—	—	7
Черт. VI	Черт. IV	193	—	—	13
Черт. IV	Черт. V	203	—	2	—
сдѣлаются	сдѣлается	243	—	10	—
протекающей	протекающей	250	—	—	11
выраженнаѧ	выражена	271	—	6	—
отъ точекъ	изъ точекъ	271	—	—	4
и ихъ	и изъ	280	—	—	8
сохраняла	сохранила	285	—	—	4
AB и AB	AB и AC	291	—	—	3
AC	AD	291	—	—	3
z''' z'''	z'' z'''	310	—	5	—
Черт. VI фиг. 70	Черт. VII фиг. 93	310	—	—	16
прошло бы	пришло бы	313	—	11	—
большей	большой	314	—	13	—
надѣла;	надѣла,	315	—	—	9
тяжежести	тяжести	317	—	—	7
Черт. VII фиг. 99	Черт. VII фиг. 86	317	—	—	6
Черт. VI	Черт. VII	318	—	9	—





Цѣна за три части, съ атласомъ чертежей, 10 рублей.

Складъ изданія у автора, Мойка и уголь Демидова переулка, д. № 62², кв. 3.