

РУКОВОДСТВО

КЪ

ИЗСЛѢДОВАНІЮ ВОДЫ,

ОЦѢНКА ЕЯ ПРИГОДНОСТИ И СПОСОБЫ ЕЯ ОЧИЩЕНІЯ.

ХИМИКОВЪ, ВРАЧЕЙ, ФАРМАЦЕВТОВЪ

И

СТУДЕНТОВЪ.

В. А. ГЕМИЛЯНА

бывш. профессора Харьковскаго Технологическаго Института.



Съ 77 рисунками въ текстѣ.

*Министръ Акціонернаго
Товарищества
Моргуновъ*

ВАРШАВА.

Типографія Акціонернаго Общества С Оргельбранда Сыновей, Гожая № 41.

1906

Дозволено Цензурою.
Варшава, 27 ентября 1905 года.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Исслѣдованіе состава природныхъ водъ весьма важно для промышленности и для гигиены. Во многихъ производствахъ вода есть одинъ изъ исходныхъ матеріаловъ и составъ ея отражается на качествѣ выработаннаго продукта. Отъ состава воды зависитъ пригодность ея для питанія паровыхъ котловъ и знаніе этого состава необходимо для примѣненія средствъ противъ вредной и даже опасной котельной накипи. Исслѣдованіе состава питьевой воды имѣетъ огромное значеніе въ санитарномъ отношеніи при современныхъ требованіяхъ общественной гигиены.

Анализъ воды составляетъ поэтому одну изъ важныхъ и часто повторяющихся задачъ въ химическихъ лабораторіяхъ и недостатокъ полнаго и систематическаго руководства къ такому анализу уже давно ощущается особенно въ русской технической литературѣ. Даже западно-европейская литература обладаетъ очень немногими хорошими руководствами по этому вопросу и многочисленныя работы ученыхъ, касающіяся изслѣдованія воды, разсѣяны по спеціальнымъ журналамъ и поэтому трудно доступны лицамъ, нуждающимся въ ихъ практическомъ примѣненіи. Классическое руководство: „Die chemische und microscopisch — bacteriologische Untersuchung des Wassers von Dr. F. Tiemann und Dr. A. Gärtner“ слишкомъ объемисто, мало доступно по цѣнѣ и не удовлетворяетъ потребности химиковъ-практиковъ. Сочиненіе: „Dr. Ohlmüller, die Untersuchung des Wassers“ и русскій переводъ его В. А. Волжина—недостаточно полны. Русское руководство: „А. Я. Щербакова: „Качественный и количественный анализъ водъ, употр. для питья, 1877 г.“ — устарѣло и уже не имѣется въ продажѣ. Отдѣльныя краткія указанія въ общихъ руководствахъ по химическому и техническому анализу не достаточны для практическаго примѣненія.

Основываясь на продолжительныхъ личныхъ моихъ работахъ по анализу воды, я рѣшился издать руководство, могущее служить надежнымъ пособіемъ при лабораторной работѣ, въ которомъ техники, врачи, фармацевты и студенты нашли бы всѣ необходимыя имъ указанія по вопросамъ, касающимся изслѣдованія воды. Не вдаваясь въ подробное описаніе многочисленныхъ предлагаемыхъ разными изслѣдователями способовъ, я остановился на подробномъ описаніи приемовъ изслѣдованія, наиболѣе удобно примѣнимыхъ на практикѣ, дающихъ легче всего вѣрные результаты и многократно проверенныхъ мною лично и моими учениками въ завѣдываемыхъ мною химико-техническихъ лабораторіяхъ.

Въ предлагаемомъ сочиненіи, въ первой части изложены практическіе приемы физическаго и химическаго изслѣдованія природныхъ обыкновенныхъ и минеральныхъ водъ.

Во второй части описаны важнѣйшіе способы микроскопическаго и бактериологическаго ихъ изслѣдованія, съ указаніемъ способовъ открытія въ водахъ патогенныхъ микроорганизмовъ.

Въ третьей части приведены соображенія, на основаніи которыхъ можно составить по даннымъ анализа оцѣнку пригодности изслѣдованной воды для различныхъ цѣлей.

Четвертая часть посвящена описанію основанія способовъ, примѣняемыхъ на практикѣ къ очищенію и улучшенію свойствъ воды. Не входя здѣсь въ подробное описаніе конструкціи многочисленныхъ приборовъ, очищающихъ воду, я ограничился приведеніемъ принципа ихъ устройства и дѣйствія и изложеніемъ наиболѣе употребляемыхъ въ практикѣ способовъ химическаго очищенія воды, служащей для питья и для питанія паровыхъ котловъ.

Прилагаемые рисунки и нѣкоторые таблицы и примѣры заимствованы изъ сочиненій: Tiemann-Gärtner'a, Н. Бунге: „Химическая технологія воды“ и другихъ.

В. А. Гемиліанъ,

бывшій профессоръ Харьковскаго
Технологическаго Института.

ВВЕДЕНИЕ.

Значеніе воды въ природѣ.

Значеніе воды въ экономіи природы громадно. Принимая дѣятельное участіе почти во всемъ, кругомъ насъ происходящемъ, вода представляетъ собою одинъ изъ важнѣйшихъ, могучихъ дѣятелей природы. Протекая по земной поверхности, просачиваясь въ почву, вода встрѣчаетъ на своемъ пути каменистыя, неорганизованныя составныя части земли, дѣйствуетъ на нихъ разрушительно, переводя ихъ отчасти въ растворъ, изъ котораго при соответствующихъ условіяхъ вновь отлагаются твердые осадки, образуются новыя каменистыя вещества. Организованныя природныя тѣла царствъ животнаго и растительнаго немислимы безъ присутствія воды, входящей въ составъ каждой животной и растительной клѣточки и обуславливающей возможность ея жизненной дѣятельности. Вода есть, такимъ образомъ, необходимое условіе жизни и выделяемое при жизни организмовъ количество ее, должно быть постоянно вновь доставляемо этимъ организмамъ, какъ необходимое питательное вещество.

Участвуя въ разнообразныхъ природныхъ явленіяхъ, вода совершаетъ непрерывный круговоротъ подъ вліяніемъ силы солнечной теплоты. Испаряясь съ поверхности морей, озеръ, рѣкъ, ручьевъ и изъ влажной почвы въ атмосферу, вода собирается въ видѣ облаковъ въ болѣе холодныхъ воздушныхъ слояхъ и изъ нихъ при накопленіи и болѣе сильномъ охлажденіи обратно осаждается на землю, въ видѣ росы, инея, дождя, снѣга и пр., такъ называемыхъ атмосферныхъ осадковъ. Упавшая на почву вода, частью вновь испаряется, частью или стекаетъ по земной поверхности по направленію къ низшему уровню, или впитывается почвою, смотря по физическимъ свойствамъ почвы, по большей или меньшей ея водопроницаемости. Проникшая въ рыхлую почву вода опускается въ ней до встрѣчи съ плотными непроницаемыми слоями земли, гдѣ она образуетъ ско-

плёнія такъ называемой грунтовой воды; эта послѣдняя стекаетъ по плотнымъ почвеннымъ слоямъ и образуетъ ручьи, рѣки и озера, или пробивается вновь на поверхность земли, въ видѣ ключей и источниковъ.

На пути этого сложнаго круговорота вода растворяетъ различные вещества, съ которыми приходитъ въ соприкосновеніе, и уноситъ съ собою различные мелкія, нерастворимыя въ ней вещества, въ видѣ взвѣшенной въ ней болѣе или менѣе значительной мути. Такимъ образомъ, природная вода никогда не бываетъ абсолютно чиста; она не есть то химически чистое соединеніе водорода съ кислородомъ, которое въ химіи называется водою, и представляетъ собою растворъ различныхъ веществъ, болѣе или менѣе крѣпкій, въ которомъ плаваютъ различные весьма мелкія нерастворимыя частички. Составъ и количество веществъ растворенныхъ и плавающихъ въ природной водѣ зависятъ отъ природы той среды, съ которой вода приходила въ соприкосновеніе на своемъ пути; они бываютъ весьма разнообразны и отъ нихъ зависятъ то, что въ практикѣ называютъ большею или меньшею степенью чистоты, или загрязненности воды, обуславливающихъ пригодность или непригодность ея къ употребленію въ пищу или для другихъ потребностей.

Составъ природной воды.

Растворенныя и плавающія въ водѣ вещества попадаютъ въ воду изъ атмосферы, во время прохода черезъ нее атмосферныхъ осадковъ и изъ почвы, во время протеканія по ней упавшей на земную поверхность воды.

Окружающая землю атмосфера, кромѣ главныхъ составныхъ частей: кислорода и азота ¹⁾, содержитъ водяной паръ, углекислоту, слѣды амміачныхъ солей кислотъ азотной и азотистой, въ особенности послѣ грозы, перекись водорода ²⁾ и также частички мелкой земной пыли, содержащей минеральныя и органическія вещества и иногда микроорганизмы, поднятыя вѣтромъ. Всѣ эти составныя части увлекаются водою падающихъ атмосферныхъ осадковъ и потому содержатся въ большихъ или меньшихъ количествахъ, напр. въ

¹⁾ Также аргона.

²⁾ Шене

дождевой водѣ. Верхніе слои земной поверхности въ главно́й ихъ массѣ состоятъ изъ довольно ограниченаго числа соединеній немногихъ элементовъ. Въ составъ этихъ слоевъ входятъ главнымъ образомъ: кремнекислота, ея соли металловъ алюминія, желѣза, кальція, магнія, калия и натрія, углекислыя соли кальція, магнія и желѣза, окись желѣза, сѣрно кислыя, фосфорнокислыя, азотнокислыя соли и хлористыя соединенія кальція, магнія, калия и натрія. Изъ этихъ соединеній кремнекислота и ея соли и углекислыя соли кальція и магнія значительно преобладаютъ надъ другими. Въ чистой водѣ эти главные составныя части земной поверхности вовсе, или почти вовсе нерастворимы; но вода, содержащая растворенную углекислоту, способна растворять углекислыя соли кальція и магнія, а при долгомъ дѣйствіи можетъ медленно разлагать соли кремнекислоты, силикаты, причемъ въ растворъ переходятъ соли металловъ щелочей, калия и натрія и нѣкоторое количество кремнекислоты. Изъ другихъ важнѣйшихъ составныхъ частей земной поверхности вода растворяетъ соли щелочныхъ металловъ, хлористыя соединенія и азотнокислыя соли кальція и магнія; сѣрномagneзную соль, а также, хотя гораздо труднѣе, сѣрнокальціевую соль.

Образующіяся подъ вліяніемъ воды, насыщенной углекислотою, изъ силикатовъ нерастворимыя глинистыя соединенія кремнекислоты съ окисью алюминія, будучи весьма мелкими порошковатыми веществами, взмучиваются проточной водой, уносятся ею иногда на весьма далекія разстоянія и обуславливаютъ большую или меньшую мутность природной воды. Възвѣшенные въ водѣ эти вещества мутятъ иногда только весьма медленно оседаютъ при продолжительномъ покойномъ состояніи воды. Присутствіе такой мелкой муты, часто не задерживаемой даже плотными бумажными фильтрами, иногда сообщаетъ водѣ слабую зеленоватую или желтоватую окраску, наблюдаемую нерѣдко въ ключевой и рѣчной водѣ.

Количество органическихъ веществъ, встрѣчаемыхъ водою на пути о время круговорота ничтожно мало сравнительно съ массою минеральныхъ веществъ, такъ какъ содержащіеся въ верхнемъ слое почвы органическія соединенія при достаточномъ доступѣ къ нимъ воздуха скоро разрушаются, претерпѣвая процессы тлѣнія и гніенія и превращаясь при этомъ большею частью въ простѣйшія минеральныя соединенія углерода и азота. Остающіяся послѣ такихъ процессовъ трудно окисляемые остатки органическихъ веществъ, называемые общимъ именемъ гуминовыхъ веществъ, только въ небольшомъ количествѣ растворимы въ водѣ; часть ихъ можетъ быть такъ

же унесена проточной водою и войти въ составъ плавающей въ водѣ мути.

Изъ вышесказаннаго слѣдуетъ, что при нормальныхъ условіяхъ только небольшое число растворенныхъ веществъ можетъ содержаться въ природныхъ водахъ, а именно: кислородъ, азотъ, углекислота, перекись водорода, сѣрнокислыя, азотнокислыя, азотистокислыя, фосфорнокислыя соли и хлористыя соединенія алюминія, калия, магнія; углекислыя соли кальція, магнія и желѣза, кремнекислота, глиноземъ и органическія гуминовыя вещества. Изъ всѣхъ этихъ веществъ кислородъ, азотъ, углекислота, соли кальція и хлористый натрій содержатся во всѣхъ безъ исключенія природныхъ водахъ.

Количества, въ которыхъ эти вещества входятъ въ составъ разныхъ природныхъ водъ, могутъ измѣняться въ весьма широкихъ предѣлахъ, въ зависимости отъ качественного и количественнаго состава той среды, черезъ которую вода совершала свой путь, скорости ея движенія и другихъ условій; но во всякомъ случаѣ при нормальныхъ условіяхъ эти количества весьма незначительны и природныя воды суть только весьма разбавленные растворы, что легко объясняется огромною массою вращающейся въ природѣ воды, сравнительною трудностью и медленностью растворенія въ ней главныхъ составныхъ частей атмосферы и почвы и ограниченностью времени, въ теченіи котораго природная вода остается на мѣстѣ въ прямомъ соприкосновеніи съ окружающей ее средою.

Огромное число химическихъ анализовъ разныхъ природныхъ водъ, наѣлющееся въ литературѣ, доказываетъ на сколько различенъ можетъ быть количественный составъ этихъ водъ. Изъ совокупности этихъ анализовъ можно сдѣлать общій выводъ, что въ водахъ, неподвергшихся случайному загрязненію извнѣ попавшими въ нихъ примѣсями, содержаніе важнѣйшихъ растворенныхъ въ нихъ веществъ должно быть на 1 литръ = 1000 куб. сантиметровъ:

1.) твердыхъ минеральныхъ и органическихъ веществъ, составляющихъ сухой остатокъ послѣ выпариванія,—не болѣе 500 миллиграммовъ.

2.) окисей щелочноземельныхъ металловъ кальція и магнія — не болѣе 200 миллигр.

3.) хлора — не болѣе 35 миллигр.

4.) ангидрида сѣрной кислоты (SO_3)—не болѣе 100 миллигр.

5.) ангидрида азотной кислоты (N_2O_5)—не болѣе 15 миллигр.

6.) амміака и азотистой кислоты—лишь едва замѣтные слѣды.

7.) органическихъ веществъ, способныхъ легко окисляться растворомъ марганцевокалиевой соли, не болѣе количества требующаго

для окисленія 10 миллигр. марганцевокалиевой соли (KMnO_4), или 2,5 миллигр. кислорода.

Должно замѣтить однако, что нерѣдко пригодная вода, даже и не загрязненная внѣшними примѣсями, по составу уклоняется отъ вышеприведеннаго нормальнаго состава, что въ этихъ случаяхъ объясняется особенностями почвенныхъ слоевъ, по которымъ ей пришлось протекать. Какъ бы то нибыло, общее содержаніе твердыхъ веществъ въ природныхъ водахъ всегда составляетъ лишь сотыя доли процента ихъ вѣса и только въ исключительныхъ случаяхъ достигаетъ одной десятой доли процента. Исключенія изъ этого составляютъ: морская вода и вода минеральныхъ источниковъ, въ которыхъ накоплены растворимыя составныя части земной поверхности.

Содержаніе твердыхъ веществъ въ морской водѣ достигаетъ 3—4 процентовъ, причемъ между ними преобладаетъ повареная соль; нѣкоторыя минеральныя воды содержатъ еще гораздо большее количество растворенныхъ солей.

Что касается нерастворимыхъ веществъ, образующихъ мутность природныхъ водъ, то составъ ихъ можетъ быть весьма разнообразенъ, такъ какъ всѣ вещества, находящіяся на земной поверхности могутъ входить въ составъ водяной мути, если онѣ достаточно мелки. Изъ минеральныхъ составныхъ частей мути обыкновенно преобладаютъ мельчайшіе порошки силикатовъ, глины и нерастворимыя кальціевыя и магниевыя соли. Органическія составныя части водяной мути еще разнообразнѣе; кромѣ мелкихъ обломковъ животныхъ и растительныхъ организмовъ и продуктовъ выдѣленія ихъ жизнедѣятельности, въ водяной мути часто содержатся цѣльные, живые организмы и ихъ зародыши. О значеніи этихъ организованныхъ составныхъ частей водяной мути будетъ подробнѣе говорено при описаніи способовъ микроскопическаго и бактериологическаго изслѣдованія природныхъ водъ.

Природныя воды на земной поверхности, особенно въ мѣстахъ населенныхъ, вблизи сельскохозяйственныхъ и промышленныхъ учрежденій, всегда подвергаются большому или меньшему загрязненію; въ нихъ попадаютъ растворимыя и нерастворимыя вещества разнообразнаго состава. Къ счастью, такому непрерывному загрязненію природныхъ водъ противодѣйствуютъ процессы ихъ постояннаго естественнаго очищенія, препятствующіе чрезмѣрному накопленію въ водахъ нечистотъ. Болѣе или менѣе сильно загрязненная вода или просачивается въ почву, или стекаетъ къ болѣе низкому

уровню; на обоихъ этихъ путяхъ загрязненная вода подвергается очищенію.

Почва, которая сама, какъ было сказано, доставляетъ чистой водѣ растворяющіяся и взвѣшенные въ ней примѣси, съ другой стороны очищаетъ загрязненные воды при достаточно продолжительномъ съ ними прикосновеніи, причемъ удаляются не только муть, но отчасти и растворенныя въ водѣ вещества. При такомъ очищеніи совершаются какъ химическія реакціи, такъ, и физическіе процессы, зависящіе отъ химическаго состава почвы и отъ ея физическаго строенія — отъ ея пористости.

Вещества, находившіяся въ растворѣ въ природныхъ водахъ, вступаютъ въ химическое взаимодействіе съ составными частями почвы. Кремнeshелочныя соли, поступившія въ растворъ изъ вывѣтрившихся природныхъ, нерастворимыхъ силикатовъ, встрѣчая растворимыя кальціевыя соли, отлагаютъ нерастворимую кремневокальціевую соль, или прямо поглощаются известковыми слоями почвы, образуя нерастворимыя двойные щелочнокальціевыя силикаты. Подобнымъ же образомъ растворенныя соли фосфорной кислоты даютъ нерастворимыя фосфорнокислыя соли и потому энергично задерживаются почвой. Растворенныя соли тяжелыхъ металловъ, желѣза, марганца, цинка, подъ вліяніемъ почвенныхъ слоевъ, содержащихъ углекальціевую соль осаждаютъ углекислыя соли и водныя окиси тяжелыхъ металловъ и т. д. Всѣ подобные процессы понижаютъ содержаніе въ водѣ растворенныхъ веществъ.

Одновременно, однако, идутъ и процессы растворенія составныхъ частей почвы, такъ что не всегда содержаніе растворенныхъ въ водѣ минеральныхъ веществъ уменьшается при прониканіи сквозь почву; при известномъ составѣ послѣдней можетъ произойти и увеличеніе содержанія ихъ.

Пропитываемая природною водою почва дѣйствуетъ на послѣднюю также физически. Влѣдствіе пористости, почва играетъ роль фильтра, задерживая взвѣшенную въ водѣ муть. Но, кромѣ того, опытъ показываетъ, что почва способна задерживать и такія растворенныя въ водѣ вещества, которыя не даютъ съ ея составными частями нерастворимыхъ осадковъ,—явленіе еще не вполне научно разъясненное. При этомъ найдено, что способность почвы поглощать и задерживать растворенныя въ водѣ вещества далеко не одинакова по отношенію къ разнымъ веществамъ, такъ напр., богатая гумусомъ почва быстро поглощаетъ калиевыя и амміачныя соли, а азотнокислыя, сѣрнокислыя соли и хлористыя соединенія другихъ металловъ—гораздо медленнѣе. Кромѣ того, слѣдуетъ замѣтить, что природная вода, по-

ка она еще находится въ верхнихъ слояхъ почвы, отдаетъ часть растворенныхъ въ ней веществъ произрастающимъ на почвѣ растительнымъ организмамъ, которые потребляютъ эти вещества для своего питания.

Но и другіе процессы измѣненія состава природной воды совершаются подъ вліяніемъ почвы. При содѣйствіи содержащагося въ рыхлой почвѣ воздуха и жизнедѣятельности разнообразныхъ микроорганизмовъ идутъ процессы тлѣнія и гніенія органическихъ растворенныхъ веществъ, превращающіе ихъ отчасти въ простѣйшія соединения углерода и азота, или, какъ говорятъ, минерализующіе ихъ.

Такъ изъ органическихъ азотъ содержащихъ веществъ, кромѣ углекислоты, образуются амміакъ и кислоты азотная и азотистая; эти три соединения азота могутъ при соотвѣтствующихъ условіяхъ взаимно превращаться другъ въ друга: амміакъ и азотистая кислота могутъ переходить въ азотную кислоту, а азотная кислота подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ видовъ броженія можетъ обратно образовать азотистую кислоту и амміакъ. Всѣ эти три простѣйшія азотистыя соединения отчасти могутъ поглощаться почвою и такимъ образомъ удаляться изъ воды.

Образующаяся при минерализаціи органическихъ веществъ углекислота, вмѣстѣ съ углекислотою поглощенною изъ воздуха, способствуетъ растворенію углекальціевой и углемангнѣевой соли, содержащихся въ почвѣ, переводя эти соли въ непрочныя кислыя углекислыя соли, растворимыя въ водѣ. Получающійся при этомъ растворъ обратно осаждаетъ нерастворимые карбонаты кальція и магнія, если онъ встрѣчаетъ бѣдные углекислотой воздушные слои, въ которые испаряется углекислота, удерживавшая ихъ въ растворѣ. Насыщенная углекислотой и лишенная кислорода вода, получившаяся при процессѣ минерализаціи органическихъ веществъ, въ глубокихъ слояхъ почвы растворяетъ также, при отсутствіи воздуха, углежелѣзистую соль; изъ такого раствора желѣзо осаждается обратно, въ видѣ водной окиси желѣза, желтобурого цвѣта, если растворъ попадаетъ въ атмосферу, бѣдную углекислотой и богатую кислородомъ. Такимъ образомъ, характеръ измѣненія состава природной воды въ почвѣ обуславливается также составомъ газовъ, содержащихся въ почвѣ, способностью почвы пропускать воздухъ и значить пористостью ея.

Изъ вышеизложеннаго слѣдуетъ, что составъ почвенныхъ водъ зависитъ отъ цѣлаго ряда различныхъ условій; но вообще слѣдуетъ замѣтить, что въ большинствѣ случаевъ протеканіе воды по глубокимъ почвеннымъ слоямъ влечетъ за собою большее или меньшее

очищеніе ея, удаленіе изъ раствора части, веществъ, перешедшихъ въ растворъ изъ атмосферы и изъ верхнихъ поверхностныхъ слоевъ земли. Поэтому обыкновенно природныя воды, добытыя изъ значительной глубины, и значитъ, прошедшія черезъ значительныя толщи почвы, чище водъ, собранныхъ на земной поверхности, или изъ верхнихъ почвенныхъ слоевъ. Въ водахъ глубокихъ источниковъ обыкновенно нѣтъ или очень мало взвѣшенной мути, нѣтъ продуктовъ прямого распада остатковъ животныхъ и растительныхъ и нѣтъ органическихъ легко измѣняющихся веществъ.

И та часть воды, которая, не впитавшись почвою, стекаетъ по трудно проникаемымъ слоямъ ея, въ видѣ открытыхъ потоковъ, не остается безъ измѣненія въ своемъ составѣ. Извѣстно, что сильно загрязненныя воды, промѣн общегитія, сельскохозяйственныя и промышленныя воды, попавъ въ ручьи и рѣки, черезъ нѣкоторое время очищаются въ нихъ. Муть такихъ грязныхъ водъ оседаетъ и скорость такого оседація зависитъ отъ степени измельченія взвѣшенныхъ веществъ, отъ ихъ удѣльнаго вѣса и отъ скорости уносящаго ихъ потока. Бикарбонаты кальція, магнія и желѣза, теряя углекислоту, осаждаютъ весьма мелкіе осадки нерастворимыхъ карбонатовъ, которыя увлекаютъ съ собою въ осадокъ различныя взвѣшенныя, а также растворенныя вещества. Процессы гніенія, тлѣнія органическихъ веществъ, а потому ихъ минерализація, совершаются и здѣсь, какъ въ почвѣ, хотя не столь быстро. Наконецъ, растительные организмы, живущіе въ проточныхъ водахъ забираютъ въ пищу различныя растворенныя вещества, способствуя процессу очищенія.

Самоочищеніе загрязненныхъ природныхъ водъ въ почвѣ и въ открытыхъ потокахъ совершается однако медленно и ни въ какомъ случаѣ не въ состояніи доходить до конца и давать химически чистую воду. Поэтому, нельзя ожидать, чтобы грязная вода вполне очистилась, просочившись черезъ незначительную толщ почвы, или протекиши небольшое разстояніе, вмѣстѣ съ рѣчной водой. Загрязненная вода можетъ вновь сдѣлаться пригодною для употребленія лишь послѣ продолжительныхъ процессовъ естественнаго самоочищенія, пройдя длинный путь въ почвѣ, или въ открытомъ потокѣ.

Составъ природныхъ водъ различнаго происхожденія.

Атмосферная вода. Изъ всѣхъ природныхъ водъ, вода упавшая изъ лишенной пыли или бѣдной пылью атмосферы, собранная въ чистый сосудъ,—самая чистая. Ея составъ зависитъ только отъ состава слоевъ воздуха, черезъ который она упала. Вода атмосферныхъ осадковъ всегда насыщена кислородомъ и азотомъ, содержитъ также углекислоту, слѣды перекиси водорода, амміакъ, азотную кислоту и иногда небольшія количества азотистой кислоты. Содержаніе амміака колеблется между 0,2 и 5 миллигр., а содержаніе азотной кислоты между 1 и 10 миллигр. на 1 литръ. Содержаніе азотной кислоты возрастаетъ лѣтомъ, содержаніе амміака, напротивъ, бываетъ значительнѣе зимою. Содержаніе твердыхъ веществъ въ атмосферной водѣ, если атмосфера не была слишкомъ загрязненной пылью, составляетъ не болѣе нѣсколькихъ миллиграммовъ на 1 литръ; большая часть этого количества — вещества органическія; изъ минеральныхъ веществъ преобладаютъ сернокислыя соли и хлористыя соединенія натрія и кальція. Содержаніе поваренной соли въ атмосферной водѣ обыкновенно колеблется между 2 и 20 миллигр. на 1 литръ.

Вода ключей и колодцевъ. По степени чистоты вслѣдъ за атмосферными водами надо поставить воды, получающіяся прямо изъ атмосферныхъ осадковъ, упавшихъ въ незагрязненныхъ, напр. гористыхъ мѣстностяхъ на тонкіе слои богатой гумусомъ почвы, просочившіяся сквозь нихъ и затѣмъ собравшіяся на плотномъ каменистомъ, трудно измѣняемомъ почвенномъ слое, по которому онѣ стекаютъ и появляются на земной поверхности, въ видѣ естественныхъ ключей, или искусственно устроенныхъ колодцевъ. Въ такихъ водахъ содержится, какъ въ метеорныхъ водахъ, лишь нѣсколько сантиграммовъ растворенныхъ твердыхъ веществъ, большею частью углекальціевая соль и хлористый натрій. Такія воды отличаются обыкновенно отъ атмосферныхъ тѣмъ, что онѣ не содержатъ никакой мути и не содержатъ почти вовсе азотной кислоты и амміака.

Нѣсколько большее количество растворенныхъ солей находится въ водахъ ключей и колодцевъ, прошедшихъ сквозь глубокіе, но чистые слои почвы, особенно, если слои эти богаты известковыми соединеніями; содержаніе ихъ въ водахъ ключей и колодцевъ можетъ

и безъ внѣшняго загрязненія увеличится до 5 дециграммовъ на литръ.

На стр. 10. указано до какихъ предѣловъ можетъ возрасти содержаніе важнѣйшихъ составныхъ частей природныхъ водъ безъ участія внѣшняго случайнаго ихъ загрязненія. Въ дѣйствительности въ водахъ ключей и колодцевъ обыкновенно содержаніе растворенныхъ веществъ гораздо менѣ приведенныхъ на стр. 10. предѣльныхъ количествъ и достигаетъ ихъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда вода на пути въ почвѣ встрѣчала слои, содержащіе значительныя количества растворяемыхъ веществъ.

Для показанія на сколько можетъ измѣняться составъ ключевой воды въ зависимости отъ состава геологической формаціи, изъ которой происходитъ эта вода, въ слѣдующей таблицѣ приведены результаты анализовъ ключевой воды изъ разныхъ формацій, произведенныхъ Рейхардтомъ ¹⁾.

¹⁾ Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Seite 33. u. 34.

Въ 1 литрѣ воды содержалось миллиграммовъ:

Ключевая вода изъ формаци:		Сухого остатка	Азотной кислоты (N, O ₃)	Хлора (Cl)	Серной кислоты (SO ₃)	Извести (Ca O)	Магнези (Mg O)	Количество KMn O ₄ , тре- буемое для окисленія орг. веществъ
гранита	a	24,4	—	3,3	3,9	9,7	2,5	3,1
	b	7,0	—	1,3	3,4	30,8	9,1	0,8
	c	210,0	—	слѣды	10,3	44,8	21,0	0,9
мелафира		160,0	—	8,4	17,1	61,6	22,5	3,8
базальта		150,0	—	слѣды	3,4	31,6	28,0	0,4
глинистаго пор- фира		25,0	—	—	3,4	5,6	1,8	1,6
глинистаго сланца	a	120,0	—	2,5	24,0	50,4	7,3	—
	b	60,0	—	8,8	1,7	2,8	3,6	3,5
	c	70,0	слѣды	2,0	5,0	5,6	1,8	3,4
	d	180,0	слѣды	10,6	10,0	44,0	10,8	4,2
пестраго песчанника	a	225,0	9,8	4,2	8,8	73,0	48,0	2,8
	b	300,0	4,0	3,2	3,4	95,2	7,2	1,8
	c	190,0	слѣды	8,9	27,5	39,2	28,0	0,8
	d	90,0	—	7,5	—	10,0	3,5	0,8
раковистаго из- вестняка		325,0	0,2	3,7	13,7	129,0	29,0	1,4
доломитоваго из- вестняка		418,0	2,3	слѣды	34,0	140,0	65,0	1,1
гипса		2365,0	слѣды	16,1	1108,3	766,0	122,5	слѣды

Для сравненія, приводимъ результаты анализа двухъ образцовъ воды, взятыхъ изъ двухъ близкихъ другъ къ другу колодцевъ въ аллювiальной почвѣ, на различной глубинѣ, произведенныхъ Бишофомъ.

Въ одномъ литрѣ воды содержится миллиграммовъ:

	Сушого остатка	Азотной кислоты	Хлора	Серной кислоты (SO ₃)	Амміака	Извести (Ca O)	Магнезии (Mg O)	Количество КМп О ₄ , требуемое для окисленія органическихъ веществъ
Въ колодезь съ глубиною уровня воды въ 87 метровъ	330,0	—	7,3	—	едва замѣтны слѣды	150,1	10,3	4,7
Въ колодезь съ глубиною уровня воды въ 31 метръ	127,6	—	5,3	13,5	едва замѣтны слѣды	54,0	1,8	1,8

Какъ видно, ключевая и колодезная вода, происходящая изъ одной и той же формаціи, можетъ имѣть весьма различный количественный составъ, что и понятно изъ того, что количественный составъ одной и той-же формаціи не одинаковъ въ разныхъ мѣстностяхъ и что количество переходящихъ въ растворъ веществъ зависитъ не отъ одного только состава протекаемаго водою слоя почвы.

Вода ручьевъ, рѣкъ и озеръ. Содержаніе растворенныхъ веществъ въ этихъ водахъ зависитъ отъ состава ключевыхъ водъ, въ нихъ стекающихъ, и отъ явленій описаннаго выше процесса естественнаго самоочищенія въ открытыхъ потокахъ.

Понятно, что на открытую поверхность ручьевъ, рѣкъ и озеръ легко заносится вѣтромъ пыль и что быстро текущія воды взмучиваютъ мелкія частички ручьевого или рѣчнаго дна, чѣмъ и объясняется большая или меньшая мутность проточныхъ водъ. Такъ какъ при открытой поверхности, какъ было сказано выше, часть углекислоты, удерживающей въ растворѣ углекислыя соли кальція, магнія и желѣза, выдѣляется въ атмосферу, причемъ изъ раствора осаждаются нерастворимыя карбонаты; то въ большинствѣ случаевъ въ проточныхъ водахъ содержится лишь небольшое количество растворенныхъ кальціевыхъ и магнезіальныхъ солей, почему эти воды и называются въ общежитіи водами мягкими. Для примѣра, приводимъ составъ водъ нѣкоторыхъ рѣкъ и озеръ:

Въ 1 литрѣ содержалось миллиграммовъ.

ВЪ ВОДѢ ИЗЪ:	Анализъ производитель								
	Сушого остатка	Хлора	Азотной кислоты	Амміака	Сѣрной кислоты (SO ₃)	Извести (Са О)	Магnezіи (Mg О)	Количество (KMn O ₄), потребное для окис- ленія орган. вѣщ.	
Рейна, близъ Кельна	250,0	2,5	стѣдм	—	19,6	74,9	20,5	10,2	Фоль. 1870.
Эльбы, близъ Магдебурга	260,0	38,3	1,4	—	48,0	56,0	16,0	6,1	Рейхардтъ. 1870.
Одера, близъ Бреславля	135,0	7,0	1,2	0,06	14,0	29,0	8,0	15,4	Полекъ.
Дунай, близъ Регенсбурга	247,0	21,5	2,3	—	—	84,9	—	8,0	Еммерихъ и Брунновъ.
Шпрее, выше Кепеника	191,4	21,3	—	0,11	стѣдм	53,6	—	27,7	Тимантъ. 1883.
Висла, въ Варшавѣ	172,0	6,5	2,1	—	13,2	79,6	12,4	9,2	Ремитантъ. 1885.
Днѣпра, ниже пороговъ	234,0	10,3	—	—	3,1	89,4	9,5	48,0	Гильемишъ.
Невы, близъ Петербурга	55,0	2,6	—	—	2,4	6,0	2,1	23,0	Траппъ. 1848.
Женевакаго озера	152,8	6,7	—	—	36,0	50,4	17,1	6,0	Тиндтъ.
Пейгуса	135,9	3,9	0,4	0,1	0,5	37,9	7,3	—	Шмидтъ. 1870.

Вода морская. Вода морей содержитъ значительное количество растворенныхъ веществъ, въ среднемъ 3 — 4 процента и между этими веществами преобладаетъ поваренная соль. Впрочемъ, только на значительныхъ глубинахъ и въ дали отъ берега содержаніе растворенныхъ солей достигаетъ 4⁰/₀, вблизи берега морская вода разбавляется водою впадающихъ въ море рѣкъ и потому менѣе богата солями. Для питья морская вода непригодна и можетъ стать годною лишь послѣ перегонки ея; что иногда и практикуется на корабляхъ при дальнихъ морскихъ плаваніяхъ.

Воды минеральныхъ источниковъ. Нѣкоторые природные ключи доставляютъ воду, богатую по содержанію растворенныхъ солей и газовъ, употребляемую какъ цѣлебное средство, подъ именемъ „минеральной“ воды. Смотря по составу, классифицируютъ природныя минеральныя воды на нѣсколько группъ; а именно: на воды углекислыя, щелочныя, щелочноземельныя, соляныя, горькія, желѣзныя, сѣрные и дѣлятъ далѣе эти группы на подраздѣленія.

Интересующіеся найдутъ сопоставленіе анализовъ различныхъ природныхъ водъ въ слѣдующихъ сочиненіяхъ:

1) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers
4. Auflage.

2) G. Wolfhügel, Wasserversorgung.

3) F. Fischer, chemische Technologie d. Wassers.

6th Report of the Rivers Pollution Comission.

5) Бунге, химическая технологія воды

Составъ природныхъ минеральныхъ водъ приведенъ въ слѣдующихъ сочиненіяхъ:

Husemann. Mineralwässer.

Goldberg. Die natürlichen und künstlichen Mineralwässer.

Raspe. Heilquellenanalysen.

Измѣненіе состава природныхъ водъ.

Разнообразныя условія, отъ которыхъ зависитъ составъ природныхъ водъ, подвержены многочисленнымъ измѣненіямъ. Въ зависимости отъ силы и направленія вѣтра, атмосфера можетъ быть болѣе или менѣе пыльною и соотвѣтственно этому падающая черезъ нее вода увлечетъ большее или меньшее количество взвѣшенныхъ въ ней веществъ. Далѣе, при наступленіи теплаго времени года,

вода будет встрѣчать въ почвѣ породы разрыхленны дѣйствіемъ морозовъ и потому болѣе доступныя выщелачиванію; на оборотъ, процессы тлѣнія и гніенія, происходящіе энергично въ теплое время, могутъ замедлиться или вовсе прекратиться при наступленіи холодовъ, обильные атмосферные осадки могутъ разбавить почвенныя и проточныя воды и также взмутить ихъ. Очевидно поэтому, что вода, взятая изъ одного и того же источника въ разное время, не будетъ имѣть постоянного состава; содержаніе въ ней растворенныхъ и взвѣшенныхъ веществъ будетъ въ теченіи времени измѣняться. Въ особенности значительно измѣненіе въ составѣ водъ въ мѣстахъ гористыхъ, гдѣ смѣшеніе водъ разныхъ источниковъ происходитъ быстро, и въ составѣ водъ, взятыхъ изъ верхнихъ почвенныхъ слоевъ. Воды, происходящія изъ глубокихъ слоевъ почвы, обыкновенно характеризуются большимъ постоянствомъ состава въ различное время.

Чтобы показать, насколько можетъ измѣняться составъ природныхъ водъ, взятыхъ изъ одного источника въ разное время, приводимъ результаты анализовъ, произведенныхъ Рейхардтомъ надъ водами, взятыми втеченіи одного года по двѣнадцать разъ изъ трехъ источниковъ; для этихъ анализовъ были избраны: 1) вода изъ ключа, вытекающаго изъ известковой формаціи, близъ города Іена, 2) вода изъ сильно загрязненнаго колодца, въ городѣ Іенѣ и 3) вода изъ рѣки Саале. При повторныхъ анализахъ было найдено, что въ разное время года:

Одинъ литръ воды содержитъ миллиграммовъ:

		Ключевая вода	Колодез- ная вода	Рѣчная вода
Сухого остатка	{ отъ	290,0	1600,0	80,0
	{ до	470,0	2410,0	312,0
Азотной кислоты	{ отъ	1,1	64,8	1,1
	{ до	5,4	117,7	6,5
Хлора	{ отъ	5,2	82,8	5,7
	{ до	11,5	177,4	21,7
Сѣрной кислоты	{ отъ	10,3	288,8	6,9
	{ до	27,2	731,0	63,5
Извести и магнезін	{ отъ	135,9	452,0	23,0
	{ до	184,9	604,2	116,9
Количество КМп О ₄ , требу- емое для окисленія орга- ническихъ веществъ.	{ отъ	0,3	3,6	1,9
	{ до	2,5	12,6	8,2

Таковы измѣненія, могущія произойти въ составѣ водъ, вслѣдствіи измѣненія естественныхъ условій, помимо вліянія дѣятельности человѣка. Еще гораздо значительнѣе измѣненія состава природныхъ водъ, обусловливаемые человѣческой жизнью и наблюдаемыя въ мѣстностяхъ населенныхъ, вблизи сельскохозяйственныхъ или промышленныхъ учреждений. Здѣсь составныя части мочи, испражнений, кухоннаго и промышленнаго отброса могутъ попасть въ воду и сильно загрязнить ее. Въ различныхъ изверженіяхъ и отбросахъ содержится огромное количество разнообразныхъ соединений. Кромѣ минеральныхъ солей натрія, калия, кальція, магнія и аммонія, отъ кислотъ сѣрной, фосфорной, азотной, кремневой, отбросы человѣческой жизни содержатъ разнообразныя органическія соединения: углеводы, жиры, органическія кислоты, азотъ содержащія основанія и кислоты, бѣлковыя вещества и также организованные остатки пищи животнаго и растительнаго происхожденія. Большинство органическихъ составныхъ частей этихъ отбросовъ, попавъ въ почву или воду, подвергается сложнымъ процессамъ гніенія при участіи кислорода воздуха и, часто, жизнедѣятельности особыхъ организмовъ и дѣйствія неорганизованныхъ ферментовъ. Продукты такого гніенія весьма разнообразны и различны, смотря по условіямъ, при которыхъ совершается гнилостный процессъ; многіе изъ нихъ еще не вполне изучены. Первоначальные сложные продукты распада при продолженіи процессовъ гніенія все болѣе упрощаются въ составѣ, пока не перейдутъ окончательно въ простѣйшія соединения азота и углерода: углекислоту, амміакъ и кислоты азотную и азотистую. При такомъ гніеніи, кромѣ того, образуется нерѣдко водородъ, болотный газъ (метанъ) и сѣроводородъ. Всѣ эти вещества, происходящія изъ отбросовъ человѣческой жизни, могутъ болѣе или менѣе загрязнить природныя воды.

Весьма важнымъ является рѣшеніе вопроса, насколько предполагаемая къ употребленію вода подверглась загрязненію отбросами и продуктами ихъ гнилостнаго разложенія. Обнаружить эти продукты прямо въ водѣ болѣею частью невозможно, вслѣдствіи ихъ огромнаго разнообразія, незначительныхъ количествъ, въ которыхъ они обыкновенно въ водѣ находятся и легкой ихъ измѣняемости; но существуетъ рядъ признаковъ, по которымъ можно съ нѣкоторою увѣренностью сдѣлать, загрязнена ли и насколько отбросами данная вода.

Содержащая гнилостные продукты вода, если она не профильтрована черезъ значительный слой почвы, содержитъ остатки организованныхъ веществъ и микроорганизмы; въ ней содержится зна-

чительное количество растворенных органических, особенно азотистых веществ; въ ней много солей извести и магнезiи, удерживаемыхъ въ растворѣ углекислотою, образовавшеюся во время гніенія; она содержитъ амміакъ, если онъ не успѣлъ еще поглотиться почвою, а также много солей азотной кислоты. Нерѣдко также въ гнилостныхъ водахъ находятся азотистая кислота и сѣроводородъ, если въ нихъ гнилостные процессы еще продолжаются и эти продукты гніенія еще не успѣли вполне окислиться. Затѣмъ, обильное содержаніе сѣрнокислыхъ, фосфорнокислыхъ солей и хлористыхъ соединений натрія и калия есть также указаніе на загрязненіе воды отбросами человѣческой жизни; хотя эти соединения могутъ также содержаться въ незагрязненныхъ водахъ, если онѣ происходятъ изъ почвы, богатой растворимыми натріевыми и калиевыми солями чисто минеральнаго происхожденія.

Для показанія на сколько значительно можетъ быть загрязненіе природныхъ водъ въ густо населенныхъ мѣстностяхъ, приводимъ анализы двухъ колодезныхъ водъ, взятыхъ изъ неглубокихъ колодцевъ въ городѣ Пестѣ ¹⁾ и въ Варшавѣ ²⁾.

Въ 1 литрѣ воды содержалось миллиграммовъ:

	Колодець въ городѣ Пестѣ	Колодець въ Варшавѣ, на Гржибовѣ
Сухого остатка	5845,0	3868,0
Хлора	777,0	849,4
Азотной кислоты	1350,0	256,1
Азотистой кислоты	5,1	замѣтные количества
Амміака	130,0	—
Количество $KMnO_4$, требуемое на окисленіе органическихъ веществъ	176,0	44,5

¹⁾ Fodor. Boden und Wasser. S. 286.

²⁾ В. Гемиліанъ.

Промышленная дѣятельность человека также въ значительной мѣрѣ способствуетъ загрязненію природныхъ водъ; различные заводы и фабрики, наряду съ клоаками, доставляютъ въ почву, а затѣмъ и въ почвенныя и проточныя воды различныя нечистоты. Такъ съ шерстомойныхъ, красильныхъ, бѣлильныхъ, ситцепечатныхъ фабрикъ спускаются промочи, содержащія: мыло, клей, кровь, коровій пометъ, краски, потравы и пр., заводы бумажные, крахмальные, сахарные, клееварные, кожевенные, винокуренные, пивоваренные и пр., загрязняютъ почву массою сточныхъ водъ, содержащихъ органическія легко гнѣющія вещества. Хотя эти загрязненія природныхъ водъ, встрѣчая массу воды не загрязненной, значительно разбавляются ею и очищаются при проходѣ черезъ почву и въ открытыхъ потокахъ, вслѣдствіе выше описанныхъ процессовъ самоочищенія; тѣмъ не менѣе, накопленіе разныхъ примѣсей въ водахъ заселенныхъ мѣстностей можетъ сдѣлаться весьма значительнымъ, такъ что вода перестанетъ быть пригодной для нѣкоторыхъ примѣненій.

Ч А С Т Ь I.

Физическое и химическое изслѣдованіе
природныхъ водъ.

Вода, которою пользуются для различныхъ цѣлей, по свойствамъ своимъ и по составу должна удовлетворять нѣкоторымъ требованіямъ. Исключая тѣ случаи, когда водою пользуются, какъ однимъ изъ путей сообщенія или какъ движущею силою, отъ воды для другихъ потребностей требуется извѣстная степень чистоты, отсутствіе ея загрязненія. Такъ вода, содержащая чрезмѣрное количество растворенныхъ и взвѣшенныхъ веществъ не пригодна для питья и можетъ быть прямо вредною для здоровья; вода мутная—не годится и для мытья; вода содержащая много известковыхъ и магнезіальныхъ солей—не годна для паровыхъ котловъ, такъ какъ образуетъ въ нихъ накипь. Чтобы узнать, насколько данная вода пригодна для извѣстной цѣли, необходимо узнать составъ воды, что и достигается ея изслѣдованіемъ. Полное изслѣдованіе природной воды состоитъ изъ опредѣленія ея физическихъ свойствъ: температуры, цвѣта, запаха, вкуса и степени прозрачности; изъ ея качественного и количественного анализа и изъ изслѣдованія плавающей въ водѣ мути, при помощи микроскопа и бактериологическихъ наблюденій. Совокупность всѣхъ результатовъ, полученныхъ при изслѣдованіи, даетъ возможность судить о степени загрязненія изслѣдованной воды и объ ея пригодности для различныхъ примѣненій. Иногда, впрочемъ, нѣтъ надобности производить полного изслѣдованія и достаточно уже нѣкоторыхъ простѣйшихъ наблюденій, чтобы убѣдиться въ непригодности воды къ предполагаемому употребленію.

I.

Взятіе пробы воды для изслѣдованія.

Такъ какъ количество нѣкоторыхъ веществъ, содержащихся въ природныхъ водахъ, весьма незначительно и при изслѣдованіи малыя измѣненія этихъ количествъ значительно вліяютъ на сужде-

ніе о свойствахъ изслѣдуемой воды; то необходимо при забираіи пробы воды соблюдать величайшія предосторожности и заботиться о томъ, чтобы никакія случайныя примѣси не попали извнѣ въ собираемую пробу.

Собирать воду должно въ тщательно очищенные ополаскиваніемъ соляной кислотой и затѣмъ дистиллированной водой стеклянки, съ хорошо пришлифованными стеклянными пробками. Если таковыхъ не имѣется подъ руками; то стеклянки или бутылки должно запирать хорошими, новыми, деревянными пробками, предварительно вымоченными продолжительнымъ лежаніемъ въ чистой водѣ. Полезно въ этомъ случаѣ деревянныя пробки, послѣ ихъ просушиванія, пропитывать парафиномъ.

Удобнѣе всего, собирать воду, погружая стеклянку осторожно въ воду и избѣгая попаданія въ стеклянку пыли съ открытой водяной поверхности и мути—со дна водовмѣстителя. Набравъ стеклянку до половины водою, слѣдуетъ ее ополоснуть и вылить содержимое; такое ополаскиваніе слѣдуетъ повторить три или четыре раза и затѣмъ уже набрать въ стеклянку до самого горлышка пробу воды.

Если воду приходится брать для изслѣдованія изъ колодца, снабженнаго насосомъ, то необходимо откачать сначала въ теченіи по крайней мѣрѣ 10 минутъ значительное количество воды и уже затѣмъ приступить къ собиранію пробы. Такъ точно, при взятіи пробы изъ водопроводныхъ крановъ, необходимо предварительно выпустить изъ трубъ значительное количество воды, чтобы въ стлянку не попала вода, застоявшаяся въ ближайшей водопроводной трубѣ.

Если приходится брать воду изъ глубокихъ колодцевъ, или изъ рѣкъ и озеръ съ значительной глубины и притомъ, имѣется въ виду опредѣлить также количество растворенныхъ въ водѣ газовъ, кислорода и углекислоты, то прибѣгаютъ къ особымъ для этой цѣли приспособленіямъ. Предназначенная для пробы стеклянка запирается чистую каучуковою пробкою съ двумя отверстіями. Черезъ одно изъ нихъ проходитъ почти до дна стеклянки стеклянная трубка, оканчивающаяся надъ пробкою тонкимъ отверстіемъ. Въ другое отверстіе пробки вставляется короткая стеклянная трубка, оканчивающаяся, какъ разъ подъ пробкою, а внѣ стеклянки соединенная съ длинною каучуковою трубкою съ краномъ или зажимомъ. Къ горлу стеклянки привязанъ крѣпкій шнурокъ, служащій для опусканія прибора въ воду, а ко дну стеклянки прикрѣпленъ грузъ, чтобы пустая стеклянка потонула въ водѣ. Для взятія пробы воды этимъ приборомъ съ нѣкоторой глубины, его опускаютъ при закрытой каучуковой трубкѣ въ воду на желаемую глубину и тогда открываютъ кранъ или за-

жимъ на каучуковой трубкѣ; при этомъ вода вливается въ стеклянку черезъ тонкое отверстіе стеклянной трубки и вытѣсняется собою воздухъ; затѣмъ откачиваютъ небольшимъ насосомъ нѣкоторое количество воды изъ каучуковой трубки, чтобы быть увѣреннымъ въ томъ, что вода съ желаемой глубины хорошо ополоснетъ стеклянку и вполне наполнить ее. Послѣ этого, наполненный водою приборъ вытаскиваютъ за шнурокъ изъ воды. Если вытаскиваніе прибора изъ воды произвести довольно быстро, то нечего опасаться, что въ стеклянку успѣетъ проникнуть, вслѣдствіи диффузіи, вода изъ верхнихъ слоевъ водовмѣстилища въ замѣтныхъ количествахъ. Подобные же, но болѣе сложные приборы были предложены Бунзеномъ, Ленсіусомъ и Гейротомъ для забираиія водяныхъ пробъ со значительной глубины.

Стеклянки, наполненные водою до верху, тотчасъ же запираютъ пробками, ополоснутыми тою же водою и пробки обвязываютъ чистою, смоченною водою пергаментною бумагой.

Если имѣютъ въ виду бактериологическое изслѣдованіе воды, или опредѣленіе растворенныхъ въ водѣ газовъ, то при забираиіи воды должно соблюдать особыя предосторожности и употреблять для этого особыя приборы, какъ о томъ будетъ сказано въ своемъ мѣстѣ.

Количество воды, которое необходимо, зависитъ отъ полноты предполагаемаго ея изслѣдованія: для изслѣдованій подробныхъ— необходимо собрать воды не менѣе двухъ литровъ, лучше, три литра; для изслѣдованій сокращенныхъ достаточно количество около одного литра.

При собираніи пробы воды для изслѣдованія, необходимо обратить вниманіе и записать тѣ условія мѣстности, въ которыхъ находится изучаемое водовмѣстилище. Необходимо замѣтить, что окружаетъ его: имѣются-ли по сосѣдству заселенные мѣстности, сельскохозяйственныя или промышленныя учрежденія, нѣтъ ли по близости выгребныхъ ямъ, отхожихъ мѣстъ, складовъ нечистотъ, изъ которыхъ жидкости могутъ проникать въ изслѣдуемое вмѣстилище и загрязнять въ немъ воду. Важно узнать каковъ составъ и каковы свойства почвы, окружающей источникъ: не пропитана ли она гнилостными отбросами, или растворимыми веществами. Если берутъ воду изъ колодца, то необходимо замѣтить глубину его до дна и глубину уровня стоящей въ немъ воды; если изслѣдуется вода ручья или рѣки, то надо обратить вниманіе на скорость движенія проточной воды, въ обоихъ случаяхъ слѣдуетъ замѣтить состояніе стѣпокъ окружающихъ водовмѣстилище и ихъ составъ. Весьма важно также обратить вниманіе на временныя метеорологическія условія, на силу и на-

правленіе господствующихъ вѣтровъ, отъ которыхъ зависитъ скорость испаренія воды въ открытыхъ потокахъ, и на обиліе атмосферныхъ осадковъ, могущихъ измѣнить значительно составъ почвенныхъ водъ; понятно, что массами упавшая въ видѣ дождя атмосферная вода, или продолжительныя засухи должны повліять на качественный и особенно на количественный составъ, какъ почвенныхъ, такъ и проточныхъ водъ.

Собранная для изслѣдованія вода должна быть сохраняема до изслѣдованія въ закупоренныхъ стеклянкахъ въ возможно холодныхъ помѣщеніяхъ, въ отсутствіи прямого солнечнаго свѣта. Желательно произвести по крайней мѣрѣ нѣкоторые опредѣленія возможно скоро послѣ собиранія пробы; такъ какъ при долгомъ храненіи могутъ произойти нѣкоторые измѣненія въ составѣ воды; напримѣръ, амміакъ и азотистая кислота могутъ отчасти окислиться подѣ влияніемъ кислорода и при участіи содержащихся въ водѣ микроорганизмовъ въ кислоту азотную. Впрочемъ подобныя измѣненія состава происходятъ весьма медленно въ холодныхъ и затемненныхъ помѣщеніяхъ и замѣчаются лишь при изслѣдованіи сильно загрязненныхъ водъ.

II.

Опредѣленіе физическихъ свойствъ воды.

Часто уже немногихъ наблюдений во время взятія пробы бываетъ достаточно, чтобы составить сужденіе о непригодности воды къ употребленію. Вода мутная, окрашенная, съ особымъ запахомъ, дурного вкуса, должна считаться прямо негодною для питья. Определеніе большей части физическихъ свойствъ, отъ которыхъ зависитъ отчасти большая или меньшая доброкачественность воды, удобнѣ всего производить прямо на мѣстѣ взятія пробы; такъ какъ многія физическія свойства воды подлежатъ быстрому измѣненію. Наблюдаемыя на мѣстѣ взятія пробы физическія свойства воды весьма важны, такъ какъ онѣ послужатъ указаніями на какія составныя части слѣдуетъ обратить особое вниманіе при химическомъ и микроскопическомъ изслѣдованіи въ лабораторіи.

Изъ физическихъ свойствъ природныхъ водъ подлежатъ наблюденію нижеслѣдующія:

ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ.

Температура воды опредѣляется спомощью провѣреннаго ртутнаго термометра, раздѣленнаго на $\frac{1}{10}$ градуса, погружая его въ изслѣдуемую воду. Вода набирается для этого въ большой сосудъ, напр. ведро или стеклянную бутылъ, тотчасъ же въ нее вставляется термометръ и по истеченіи 10 минутъ записывается установившаяся температура. И здѣсь посуду необходимо нѣсколько разъ ополоснуть забираемою водою, а при изслѣдованіи водъ, доставляемыхъ насосами или трубами, откачать или спустить предварительно значительное количество воды, до тѣхъ поръ, пока не станетъ стекать вода, съ постоянною температурою.

При опредѣленіи температуры воды необходимо записать одновременную температуру окружающаго воздуха.

ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОДЫ.

Абсолютно прозрачная вода едва ли встрѣчается гдѣ либо въ природѣ, но часто количество плавающей въ водѣ мути такъ ничтожно мало, что можетъ быть замѣчено лишь при употребленіи сильныхъ увеличительныхъ стеколъ и при разсматриваніи слоя воды весьма значительной толщины. Такую воду, которая въ слоѣ 30—40 сантиметровъ не показываетъ видимой глазу мутности, принято называть водою прозрачною. Для составленія сужденія о степени прозрачности обыкновенно сравниваютъ испытуемую воду съ дистиллированной водою; объ жидкости для этого наливаютъ въ два равные, стеклянные прозрачные цилиндра съ плоскимъ дномъ въ 30 сантиметровъ высоты, поставленные рядомъ на листъ бѣлой бумаги и сравниваютъ степени прозрачности, при разсматриваніи слоя сверху. Условно, наблюдаемая мутность обозначается словами: мутность замѣтная, слабая, весьма слабая и едва замѣтная. Въ водѣ, замѣтно мутной, необходимо опредѣлить въ послѣдствіи въ лабораторіи количество плавающей въ водѣ мути и ея природу, какъ то будетъ описано ниже.

Ц В Ъ Т Ъ В О Д Ы.

Природныя воды бываютъ весьма часто слабо окрашены въ различные оттѣнки желтаго, желтобураго или зеленоватаго цвѣта и окрашиваніе это особенно ясно замѣтно при разсматриваніи воды въ толстомъ слоѣ. Окрашиваніе это обусловливается содержаніемъ иногда весьма малыхъ количествъ растворенныхъ веществъ, съ трудомъ обнаруживаемыхъ анализомъ. По изслѣдованіямъ Витштейна ¹⁾ въ толстыхъ слояхъ оттѣнокъ природныхъ водъ тѣмъ ближе къ бурому, чѣмъ эти воды мягче и тѣмъ ближе къ синему, чѣмъ онѣ жестче.

Для опредѣленія степени окрашиванія, цвѣтъ природныхъ водъ сравниваютъ обыкновенно съ цвѣтомъ равнаго слоя дистиллированной воды. Для этого профильтрованную черезъ бумагу испытуемую воду и воду дистиллированную наливаютъ въ два равные цилиндра съ плоскимъ дномъ изъ возможно безцвѣтнаго стекла, ставятъ оба цилиндра на листъ бѣлой бумаги и сравниваютъ окрашенности обѣихъ жидкостей, разсматривая ихъ сверху при толщинѣ слоя въ около 20 сантиметровъ. Было бы неправильнымъ употреблять при такомъ сравненіи цвѣта болѣе, какъ то предлагаютъ нѣкоторые изслѣдователи, толстые слои жидкостей, такъ какъ при толщинѣ слоя

¹⁾ Jahresbericht d. Chemie. 1861, 103.

значительномъ, напр., въ 1 метръ, и дистиллированной вода не безцвѣтна, а кажется окрашенной въ замѣтный голубой цвѣтъ ¹⁾).

ЗАПАХЪ ВОДЫ.

Для обнаруженія запаха, свойственнаго нѣкоторымъ загрязненнымъ водамъ, полезно испытывать ихъ въ слегка нагрѣтомъ видѣ. Для этого около 200 куб. сант. испытуемой воды наливаютъ въ широкогорлую стеклянку или колбу, подогреваютъ до 40—50° и, взбалтывая, испытываютъ запахъ. Если при такомъ испытаніи обнаружится запахъ сѣроводорода и желательнo узнать, нѣтъ ли въ водѣ, кромѣ того, гнилостнаго запаха, то къ водѣ прибавляютъ немного раствора сѣрномѣдной соли, которая задерживаетъ сѣроводородъ и даетъ возможность различить и другія могущія содержаться въ водѣ вещества.

Обнаруженіе запаха весьма значительно; при помощи его не требуется особыхъ примѣсь, которыя не открываются даже чувствительными методами химическаго анализа. Напр., слѣды газовъ, могущіе попасть въ воду изъ бывающаго лежащихъ на поверхности естественныхъ газовыхъ трубъ, легко обнаруживаются запахомъ и въ водѣ только могутъ быть открыты другими способами.

ВКУСЪ ВОДЫ.

При испытаніи вкуса, необходимо брать воду не холоднѣе, чѣмъ въ 15—20° Ц.; такъ какъ въ холодной водѣ труднѣе замѣтить слабые оттѣнки вкуса. Только чистая вода, богатая содержаніемъ углекислоты, имѣетъ кислый, свѣжій вкусъ.

УДѢЛЬНЫИ ВѢСЪ ВОДЫ.

Только чистая вода имеетъ много растворенныхъ твердыхъ веществъ, значителенъ ея удѣльный вѣсъ отъ дистиллированной воды и потому только напр., для минеральныхъ водъ опредѣленіе удѣльнаго вѣса имѣетъ значеніе. Удѣльный вѣсъ минеральныхъ водъ опредѣляется въ лабораторіи удобнѣе всего при помощи пикнометра, или вѣзъма чувствительнаго ареометра, по способамъ, употребляемымъ вообще для опредѣленія удѣльныхъ вѣсовъ жидкостей.

¹⁾ Bunsen. Jahresbericht d. Chemie. 1847—48. 1236.

III.

Определение химического состава воды.

Только въ рѣдкихъ случаяхъ требуется полный химическій анализъ воды, т. е. опредѣленіе ея содержанія въ растворѣ въ ничтожно малыхъ количествахъ веществъ, для которыхъ анализа достаточно, въ предѣлахъ, въ которыхъ находится ея частотное содержаніе. Если же требуется очень высокая чистота и, следовательно, пригодность для питья, то ея количество

Полный химическій анализъ, который требуется при анализѣ минеральныхъ водъ, предназначенныхъ для лечебныхъ цѣлей, есть сложная и хлопотливая лабораторная задача, требующая много времени и труда. Напротивъ, содѣланный химическій анализъ обыкновенно совершенно достаточный для общей воды, предназначенныхъ къ питью, или къ техническимъ цѣлямъ, можетъ быть произведенъ довольно скоро, если имѣются наготовѣ необходимые реактивы и приспособленія. При химическомъ анализѣ воды для питья или для техническихъ примененій обыкновенно производятъ опредѣленія слѣдующихъ ея составныхъ частей:

- 1) Реакція воды.
- 2) Содержаніе веществъ, являющихся въ водѣ
- 3) „ „ растворенныхъ.
- 4) „ „ органическихъ.
- 5) „ хлора.
- 6) „ серной кислоты.
- 7) „ углекислоты.
- 8) „ азотной кислоты.
- 9) „ азотистой кислоты.
- 10) „ амміака.
- 11) „ кремнезема.

- 12) Содержаніе глинозема.
- 13) „ известн.
- 14) „ магnezіа.
- 15) „ жесткости.
- 16) „ желѣза.
- 17) „ окисей калия и натрія.
- 18) „ фосфорной кислоты.

Кромѣ того, иногда опредѣляется: содержаніе въ водѣ растворенныхъ 19) сѣроводорода и 20) кислорода, а также, могущіе попасть въ воду 21) соли тяжелыхъ металловъ: свинца, мѣди, цинка и мышьяка.

Нередко довольствуются при химическомъ анализѣ воды, съ цѣлью быстрой оценки ея пригодности, опредѣленіемъ: содержанія растворенныхъ веществъ, органическихъ веществъ, хлора и качественными реакціями на кислоты азотную, азотистую и на амміакъ.

Въ нижеслѣдующемъ описаны наиболѣе удобные способы открытія и опредѣленія важнѣйшихъ составныхъ частей воды, перечисленныхъ выше.

1. РЕАКЦІЯ ВОДЫ.

Реакція воды испытывается, или на мѣстѣ взятія воды, или въ лабораторіи, помощью чувствительныхъ лакмусовыхъ бумажекъ. Такія бумажки, красныя и синія, оставляютъ лежать въ водѣ въ теченіи 10 минутъ и наблюдаютъ измѣненіе ихъ цвѣта. Въ большинствѣ природныхъ водъ, крайняя лакмусовая бумажка болѣе или менѣе быстро снѣдетъ, указывая такимъ образомъ ихъ щелочную реакцію. Только нѣкоторые, насыщенные углекислотою воды, свѣже зачерпнутыя, обнаруживаютъ слабо кислую реакцію, окрашивая синюю лакмусовую бумажку въ вишневый цвѣтъ. Эти воды, послѣ кипяченія, выделяя растворенную углекислоту, пріобрѣтаютъ болѣею частью слабо щелочную реакцію, влѣдствіе образующихся въ нихъ при кипяченіи среднихъ углекислыхъ солей щелочныхъ металловъ.

2. ОПРЕДѢЛЕНІЕ РАСТВОРЕННЫХЪ ВЪ ВОДѢ ВЕЩЕСТВЪ.

Въ водахъ замѣтно мутныхъ производится количественное опредѣленіе взвѣшенныхъ веществъ. Для этого равномерно взболтанную мутную воду наливаютъ въ измѣрительную колбу, емкостью въ 2000 куб. сант. до черты, закрываютъ колбу пробкою и даютъ стоять въ теченіи нѣсколькихъ дней въ прохладномъ мѣстѣ, причемъ вода проясняется и муть оседаетъ на дно, или на стѣнки колбы. Затѣмъ жидкость фильтруютъ черезъ бумажную фильтру., предварительно про-

мытую соляной кислотой и дистиллированной водой, высушенную при 110° Ц. и взвѣшенную. На фильтр сначала наливаютъ прозрачную воду, собирая фильтратъ въ чистую сухую стѣянку, а затѣмъ переводятъ на фильтр и осадокъ, оттирая его отъ стѣенокъ колбы помощью каучуковой трубочки, посаженной на соответственно изогнутую стеклянную палочку. Последніе слѣды осадка переводятся на фильтр, споласкивая ихъ дистиллированной водой. Затѣмъ фильтр съ промытымъ дистиллированной водой осадкомъ высушиваютъ въ теченіи 2—3 часовъ при 110° Ц. и, послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Промывные воды собираютъ, конечно, отдѣльно отъ главнаго фильтрата, если имѣютъ въ виду употребить его для дальнѣйшихъ изслѣдованій.

Если желаютъ опредѣлить, какая часть плавающей въ водѣ мутн представляетъ собою вещества минеральныя, то сухой осадокъ послѣ его взвѣшивания пересыпаютъ въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, сжигаютъ свернутыи въ трубочку фильтр въ спираль изъ платиновой проволоки, прибавляютъ полученную золу къ содержимому тигля и затѣмъ открытый тигль накалываютъ до полного сгоранія органическихъ веществъ. Чтобы образовавшіеся при прокалываніи окиси кальція и магнія превратить обратно въ углекислыя соли, осадокъ въ тиглѣ смачиваютъ растворомъ углекислѣйшей соли, испаряютъ воду осторожнымъ нагреваніемъ, подъ конецъ слабо накалываютъ и тигль, послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Если изъ полученнаго вѣса вычесть вѣсъ тигля и заранѣе извѣстный вѣсъ пепла фильтра, то полученная разность укажетъ количество минеральныхъ веществъ, содержащихся въ видѣ мутн въ двухъ литрахъ испытуемой воды; разность между общимъ количествомъ плававшихъ въ водѣ веществъ и количествомъ минеральныхъ составныхъ частей дастъ количество органическихъ составныхъ частей мутн.

Исполненіе вышеописаннаго опредѣленія количества плавающей въ водѣ мутн, въ сущности простое, довольно хлопотливо и требуетъ довольно продолжительной работы. Поэтому это опредѣленіе часто опускается при анализѣ природныхъ водъ, причемъ довольствуются обозначеніемъ степени мутности воды на глазъ.

Какъ бы то ни было, замѣтно мутныя природныя воды всегда нужно профильтровать черезъ чистый сухой бумажный фильтр и употреблять для опредѣленія растворенныхъ въ водѣ веществъ прозрачный, лишенный мутн фильтратъ.

3. ОПРЕДѢЛЕНІЕ КОЛИЧЕСТВА РАСТВОРЕННЫХЪ ВЪ ВОДѢ ВЕЩЕСТВЪ.

Общее содержаніе въ водѣ растворенныхъ твердыхъ веществъ получило названіе сухого или плотнаго остатка.

Для опредѣленія сухого остатка отмѣренное количество испытуемой воды, лишенной мути долгимъ отстаиваньемъ или фильтрованіемъ, испаряетъ до суха, остатокъ высушиваютъ и взвѣшиваютъ.

Для производства этого опредѣленія берутъ обыкновенно 500 куб. сант. воды ¹⁾, отмѣриваютъ это количество въ измѣрительной колбѣ и испаряютъ воду до суха въ тщательно очищенной, прокаленной и ватѣмъ взвѣшенной платиновой чашкѣ, вмѣщающей заразъ не менѣе 100 куб. сант. За неимѣніемъ платиновой чашки, можно употребить также чистыя чашки изъ никкеля, фарфора или стекла, что впрочемъ, менѣе удобно. Чашки нагрѣваютъ лучше всего на водяной банѣ, или въ началѣ испаренія, на металлической сѣткѣ, нагрѣваемой небольшимъ газовымъ или спиртовымъ пламенемъ. Сначала чашка наливается водою только до половины и когда прекратится выдѣленіе газовыхъ пузырьковъ, подливаютъ испаряемую воду изъ измѣрительной колбы по стеклянной палочкѣ, касающейся внутренней стѣнки чашки. Горлышко колбы полезно смазать слегка вазелиномъ. Когда первоначальное, обильное выдѣленіе газовыхъ пузырьковъ прекратится, можно подливать большія количества воды, наполняя чашку почти до краевъ, такъ какъ далѣе уже испареніе идетъ спокойно и незамѣчается разбрызгиванія горячей жидкости при постепенномъ подливаніи холодной воды. Подъ конецъ, колба ополаскивается 2—3 раза дистиллированной водою и промой также сливается въ чашку. Безопаснѣе вести все испареніе на водяной банѣ, а подъ конецъ, когда жидкость въ чашкѣ сильно сгустится, это необходимо, чтобы не наступило разбрызгиваніе. Необходимо заботиться, чтобы во время испаренія въ чашку не попало пыли, для чего, полезно укрѣплять надъ чашкою широкую опрокинутую стеклянную воронку или наклонно поставленную стеклянную пластинку. По окончаніи испаренія, чашка съ осадкомъ высушивается въ сушильномъ шкафу при 110° Ц. въ теченіи 2—3 часовъ, охлаждается въ эксикаторѣ и взвѣшивается. Послѣ взвѣшиванія, необходимо еще разъ посушить чашку съ осадкомъ въ теченіи одного часа и взвѣсить вновь, чтобы убѣдиться въ томъ, что вѣсъ ея уже не измѣняется при дальнѣйшемъ высушиваніи при этой температурѣ.

¹⁾ При изслѣдованіи водъ, сильно загрязненныхъ, богатыхъ содержаніемъ растворенныхъ веществъ, можно брать и меньшія ихъ количества: 300 — 200 куб. сант.

Многіе изслѣдователи предлагаютъ вести высушиваніе чашки съ сухимъ остаткомъ при температурахъ высшихъ, чѣмъ 110° Ц.; напр., при 140° , и даже при 180° , ¹⁾ основываясь на томъ, что при 110° остатокъ еще не выдѣляетъ всей содержащейся въ немъ воды, такъ какъ нѣкоторыя соли кальція и магнія удерживаютъ кристаллизационную воду весьма энергично и теряютъ ее только при температурахъ высшихъ, чѣмъ 110° ; такъ точно и нѣкоторыя органическія вещества въ остаткѣ могутъ при 110° еще содержать нѣкоторое количество гигроскопической воды. Однако, едва ли основательно примѣненіе высокой температуры для высушиванія плотнаго остатка, такъ какъ оно не достигаетъ намѣченной цѣли—опредѣленія въ точности количества всѣхъ твердыхъ растворенныхъ въ водѣ веществъ въ совершенно безводномъ состояніи. Съ одной стороны, нѣкоторыя соли, напр., хлористый кальцій и магній и при 140° , и даже при 180° , удерживаютъ еще замѣтныя количества кристаллизационной воды, съ другой стороны, при повышенной температурѣ изъ плотнаго остатка можетъ улетѣть часть летучихъ органическихъ веществъ, а другая часть ихъ разложиться, измѣниться въ вѣсѣ; такъ что вѣсъ плотнаго остатка, высушеннаго при 180° , не будетъ представлять собою дѣйствительнаго вѣса всѣхъ безводныхъ веществъ, находившихся въ испытуемой водѣ. Такъ какъ, поэтому, опредѣленіе точнаго вѣса всѣхъ растворенныхъ въ водѣ твердыхъ безводныхъ веществъ недостижимо ни при какой температурѣ; то для сужденія о величинѣ плотнаго остатка испытуемой воды, можно довольствоваться высушиваніемъ его при 110° Ц., придерживаясь этого при всѣхъ изслѣдованіяхъ водъ и помня, что получаемый результатъ есть величина условная, не выражающая собою истиннаго вѣса растворенныхъ въ водѣ безводныхъ твердыхъ веществъ.

Содержаніе высушеннаго при 110° Ц.; сухого остатка выражается въ миллиграммахъ, приходящихся на 1 литръ воды.

4. ОПРЕДѢЛЕНІЕ СОДЕРЖАНІЯ ОРГАНИЧЕСКИХЪ ВЕЩЕСТВЪ.

Уже наружный видъ высушеннаго при 110° Ц. плотнаго остатка даетъ возможность судить о большемъ или меньшемъ содержаніи въ немъ органическихъ веществъ. Воды, сравнительно чистыя, даютъ плотный остатокъ почти совершенно бѣлый, съ замѣтнымъ кристаллическимъ сложеніемъ; воды, богатыя органическими примѣсями, даютъ плотный остатокъ желтоватаго или желтобурого цвѣта. Желтоватая окраска плотнаго остатка можетъ, впрочемъ, зависеть отъ содержанія нѣкоторыхъ соединений желѣза.

¹⁾ Фрезениусъ.

а) ПОТЕРЯ ПРИ ПРОКАЛИВАНІИ.

Если высушенный при 110° Ц. плотный остатокъ подвергнуть прокаливанию и затѣмъ, послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣсить вновь, то всегда наблюдается большая или меньшая убыль его вѣса. Эту убыль въ вѣсѣ принято называть потерю при прокаливании. Для опредѣленія этой величины, чашку, содержащую плотный остатокъ, послѣ взвѣшиванія ея, подвергаютъ продолжительному накаливанию на газовой или спиртовой лампѣ, пока побурѣвшій сначала остатокъ не приметъ вновь бѣлаго цвѣта. Затѣмъ даютъ чашкѣ охладиться, смачиваютъ содержимое растворомъ углекислой соли, чтобы перевести образовавшуюся окись кальция въ углекальціевую соль, осторожно испаряютъ воду, вновь слабо накачиваютъ для удаленія избытка прибавленной амміачной соли, охлаждаютъ въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ. Разность между вѣсомъ высушеннаго при 110° плотнаго остатка и вѣсомъ остатка прокаленного составляетъ потерю при прокаливании.

Во время прокаливанія плотнаго остатка, онъ претерпѣваетъ многочисленныя измѣненія въ составѣ. Содержавшаяся еще въ немъ кристаллизационная и гигроскопическая вода удаляются, органическія вещества сгораютъ, соли органическихъ кислотъ превращаются въ углекислыя соли, азотнокислыя соли въ азотистокислыя соли, а также отчасти сѣрнокислыя соли, особенно подъ вліяніемъ органическихъ веществъ, разлагаются. При сильномъ и продолжительномъ прокаливании можетъ также улетучиться значительная часть содержавшихся въ плотномъ остаткѣ хлористыхъ соединений калия и натрія.

Такимъ образомъ, потеря при прокаливании плотнаго остатка обуславливается цѣломъ рядомъ сложныхъ химическихъ превращеній и вовсе не выражаетъ, какъ то иногда высказывали прежде, содержаніе въ плотномъ остаткѣ органическихъ веществъ. Тѣмъ не менѣе, потеря при прокаливании плотнаго остатка часто опредѣляется при анализѣ природныхъ водъ, такъ какъ величина ея можетъ служить приблизительнымъ указаніемъ на большую или меньшую степень загрязненія водъ органическими веществами, азотнокислыми солями, хлористыми соединениями и вообще веществами, не содержащимися въ значительномъ количествѣ въ чистыхъ природныхъ водахъ.

Прокаливаніе плотнаго остатка, не представляя собою, такимъ образомъ, точнаго способа опредѣленія органическихъ веществъ, составляетъ хорошую качественную реакцію на ихъ присутствіе въ большихъ или меньшихъ количествахъ. Бѣлый остатокъ водъ чистыхъ при прокаливании мало измѣняется въ цвѣтѣ, только слегка сѣрѣ-

еть; плотный остатокъ водъ, богатыхъ органическими примѣсями, при прокаливаніи бурѣтъ, или даже совершенно чернѣтъ и затѣмъ, только при долгомъ накаливаніи, вновь приобрѣтаетъ свѣтло-сѣрый цвѣтъ, причѣмъ нерѣдко чувствуется запахъ обугливаемыхъ органическихъ веществъ.

6) ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНІЕ ОРГАНИЧЕСКИХЪ ВЕЩЕСТВЪ.

Точныхъ способовъ для опредѣленія всего количества содержащихся въ водѣ органическихъ веществъ не существуетъ, что и легко понятно изъ самой сущности дѣла. Какъ уже было указано, химическій составъ, а, слѣдовательно, и свойства органическихъ соединений, могущихъ содержаться въ водѣ, весьма разнообразны и потому не существуетъ реакцій, общихъ для всѣхъ ихъ, одинаково протекающихъ; нельзя найти способа выдѣлить всѣ вмѣстѣ органическія вещества, въ водѣ содержащіяся и опредѣлить ихъ количество. Тѣмъ не менѣе, было потрачено много труда, чтобы найти такой общій способъ опредѣленія органическихъ веществъ

Предлагали опредѣлить сначала точно вѣсъ плотнаго остатка, высушеннаго при 180° , затѣмъ опредѣлить въ немъ содержаніе всѣхъ минеральныхъ составныхъ частей и разность между вѣсомъ плотнаго остатка и суммою всѣхъ минеральныхъ его составныхъ частей, считать за вещества органическія. Такой способъ весьма сложенъ, такъ какъ требуетъ полнаго химическаго анализа плотнаго остатка и, кромѣ того, неточенъ, такъ какъ при полученіи высушеннаго плотнаго остатка часть органическихъ веществъ улетаетъ, часть измѣняется и въ остаткѣ всегда еще сохраняется нѣкоторое неизвѣстное количество кристаллизационной воды. Подобное непрямое опредѣленіе по разности, кромѣ того, будетъ неточнымъ, потому что на немъ отразятся всѣ неизбѣжныя погрѣшности анализа минеральныхъ составныхъ частей.

Вольфъ, Дегенеръ и Герцфельдъ ¹⁾ предлагали опредѣлить, по крайней мѣрѣ, содержаніе нелетучихъ органическихъ веществъ слѣдующимъ способомъ:

Они сгущаютъ испытуемую воду до незначительнаго объема, подкисляютъ сѣрною кислотою, чтобы выдѣлить углекислоту изъ содержащихся въ водѣ углекислыхъ солей и обрабатываютъ жидкость смѣсью двухромовокаліевой соли и крѣпкой сѣрною кислотой въ особомъ приборѣ. Образующаяся, вслѣдствіи окисленія изъ углерода

¹⁾ Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie. 1882. S. 64.

органическихъ соединеній, углекислота улавливается въ кали—аппаратѣ и взвѣшивается и изъ нея вѣса вычисляется вѣсъ углерода, содержавагося въ нелетучихъ органическихъ составныхъ частяхъ воды. Сложный способъ этотъ также не приводитъ къ цѣли, такъ какъ процентное содержаніе углерода въ различныхъ органическихъ соединеніяхъ, могущихъ содержаться въ водѣ, весьма разнообразно и изъ него поэтому нельзя вычислить количества этихъ соединеній.

Тоже самое можно сказать о способахъ Дитмара и Робинсона ¹⁾ и Франкланда и Армстронга ²⁾, по которымъ опредѣляется содержаніе углерода и азота въ плотномъ остаткѣ отъ испаренія воды методами органическаго анализа. По этимъ способамъ, также сложнымъ и хлопотливымъ, можно узнать только содержаніе углерода, или азота въ нелетучихъ органическихъ соединеніяхъ воды, но не количество этихъ самыхъ соединеній.

в) ОКИСЛЯЕМОСТЬ ВОДЫ.

За неимѣніемъ точнаго способа для опредѣленія количества органическихъ веществъ, содержащихся въ водѣ, приходится для составленія сужденія объ этомъ количествѣ воспользоваться примѣненіемъ реакціи общей вѣсьмъ органическимъ соединеніямъ. Такою реакціе является дѣйствіе на органическія соединенія веществъ окисляющихъ, подъ вліяніемъ которыхъ онѣ вѣсь болѣе или менѣе легко и полно окисляются, расходуя на это опредѣленное количество кислорода. Вѣсь органическія составныя части природныхъ водъ окисляются при дѣйствіи на нихъ марганцевокалиевой соли, возстановляя эту соль и потому обезцвѣчивая красный ея растворъ. Если опредѣлить, что весьма легко сдѣлать, количество марганцевокалиевой соли, необходимое для того, чтобы при извѣстныхъ, всегда соблюдаемыхъ условіяхъ произошло окисленіе органическихъ соединеній, содержащихся въ опредѣленномъ объемѣ испытуемой воды, то получится число, могущее служить мѣрою для сужденія о количествѣ органическихъ веществъ въ испытуемой водѣ.

Мѣра эта, называемая окисляемостью воды конечно условная и не выражаетъ собою истиннаго количества органическихъ соединеній въ водѣ, такъ какъ различныя соединенія эти окисляются при одинаковыхъ условіяхъ опыта не одинаково полно и легко и употребляютъ для окисленія на одно и тоже количество свое раз-

¹⁾ Chem. News. 1887. 26.

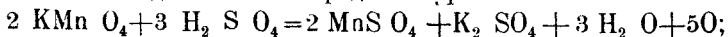
²⁾ Journ. chem. Soc. VI, 77. Zeitschr. f. analyt. Chem. VIII, 488.

личные количества марганцевокалиевой соли. Опредѣляя окисляемость воды, узнають только насколько способно при условіяхъ опыта расходовать кислородъ для окисленія то количество органическихъ веществъ, которое содержится въ испытуемой водѣ и получаютъ возможность сравнивать въ этомъ отношеніи различныя воды между собою.

Количество марганцевокалиевой соли, потребное для окисленія органическихъ соединений, зависитъ отъ условій, при которыхъ производится опытъ и для полученія сравнимыхъ между собою результатовъ необходимо въ точности соблюдать всегда однѣ и тѣ же условія. Различные изслѣдователи предлагали различные приемы опредѣленія окисляемости водъ.

Такъ Тиди ¹⁾ предлагалъ дѣйствовать на подкисленную сѣрною кислотою воду растворомъ марганцевокалиевой соли при обыкновенной температурѣ, въ теченіи 2—3 часовъ. Шульце кипятитъ воду съ марганцевокалиевою солью послѣ прибавленія къ ней раствора ѣдкаго натра, значить при щелочной реакціи, въ теченіи 10 минутъ, затѣмъ подкисляетъ горячую жидкость сѣрною кислотой; Флекъ ²⁾ употребляетъ, какъ окислитель, вмѣсто марганцевокалиевой соли, щелочной растворъ азотносеребряной соли въ сѣрноватистонатріевой соли. Различные эти приемы даютъ различныя величины окисляемости для одной и той же воды. Далѣе описанъ подробно способъ Кубеля, улучшенный Тиманомъ, въ томъ видѣ, какъ онъ чаще всего примѣняется въ лабораторіяхъ при опредѣленіи окисляемости природныхъ водъ.

Способъ Кубеля—Тимана основывается на опредѣленіи количества марганцевокалиевой соли, необходимаго для окисленія органическихъ веществъ въ водѣ при непродолжительномъ кипяченіи въ присутствіи избытка сѣрной кислоты. Марганцевокалиевая соль, KMnO_4 , въ присутствіи веществъ, способныхъ окисляться, и сѣрной кислоты при кипяченіи выдѣляетъ кислородъ по уравненію:



такъ что каждая двѣ частицы ея, т. е. 315, 6 гр., даютъ 5 атомовъ, т. е. 80 гр. кислорода. Количество израсходованной марганцевокалиевой соли измѣряется помощью раствора чистой щавелевой кислоты известной крѣпости.

ПРИГОТОВЛЕНІЕ РАСТВОРОВЪ.

а). **Растворъ марганцевокалиевой соли.** Отвѣшиваютъ 0,32 — 0,33

¹⁾ Journ. chem. Soc. 1879, 66.

²⁾ Journ. f. prakt. Chem. IV 361.

гр. чистой кристаллической, предварительно истертой въ порошокъ, марганцевокаліевой соли и растворяютъ въ 1 литръ дистиллированной воды.

б). **Растворъ щавелевой кислоты.** Щавелевая кислота для предположенной цѣли должна быть совершенно чиста. Продажную, возможно чистую кислоту перекристаллизовываютъ 2—3 раза изъ горячей соляной кислоты и затѣмъ 2 раза изъ дистиллированной воды. Кристаллизацию ведутъ, помѣшивая жидкость, чтобы получить мелкіе кристаллы. Подъ конецъ, кристаллы отдѣляютъ отъ маточнаго раствора, тщательно прожимаютъ между листами пропускной бумаги и сохраняютъ до употребленія въ баночкѣ съ хорошо притертой стекляннѣйшей пробкой. Для приготовления раствора отвѣшиваютъ на часовомъ стеклышкѣ точно 0,63 гр. чистой невывѣтрившейся щавелевой кислоты, $C_2 H_2 O_4 + 2 H_2 O$, и растворяютъ ихъ въ 1 литръ дистиллированной воды.

в). **Растворъ сѣрной кислоты.** Химически чистую крѣпкую сѣрную кислоту, уд. в. 1,83, смѣшиваютъ съ тройнымъ объемомъ дистиллированной воды. Разбавленную сѣрную кислоту сохраняютъ въ стлянкѣ съ притертой стекляннѣйшей пробкой.

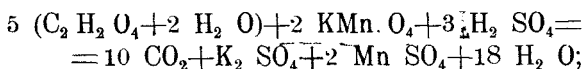
УСТАНОВЛЕНИЕ ТИТРА.

Такъ какъ самые чистые сорта продажной марганцевокаліевой соли всегда содержатъ примѣси и при приготовленіи раствора трудно совершенно избѣгнуть попаданія пыли и вообще веществъ способныхъ окисляться, то необходимо опредѣлить прямымъ опытомъ дѣйствительное содержаніе въ готовомъ растворѣ неизмѣненной марганцевокаліевой соли, $KMnO_4$, т. е. опредѣлить его титръ.

Для этого вышеупомянутыми растворами марганцевокаліевой соли и щавелевой кислоты наполняютъ двѣ бюретки, снабженныя стеклянными кранами и раздѣленныя на $\frac{1}{10}$ куб. сант. Въ тщательно очищенную колбу, емкостью въ 300 куб. сант. съ широкимъ горломъ, наливаютъ 100 куб. сант. дистиллированной воды и, прибавляють 5 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты и изъ бюретки 8—9 куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли; колбу ставятъ на мѣдную сѣтку, нагрѣваемую газовой горѣлкой, и кипятятъ въ теченіи ровно 5 минутъ, считая съ того момента, когда появится первый замѣтный пузырекъ пара въ нагрѣваемой жидкости. Время кипяченія наблюдается по часамъ съ секунднѣйшей стрѣлкой.

Послѣ пятиминутнаго кипяченія снимаютъ колбу съ сѣтки и къ горячей жидкости прибавляютъ изъ бюретки ровно 10 куб. сант. титрованного раствора щавелевой кислоты, причемъ красная жидкость

совершенно обезцвѣчивается. Затѣмъ тотчасъ же изъ бюретки съ марганцевокаліевой солью постепенно и подъ конецъ по каплямъ къ жидкости, при взбалтываніи, приливаютъ растворъ марганцевокаліевой соли до тѣхъ поръ, пока падающая въ нее капля окраситъ всю жидкость въ слабый розовый цвѣтъ, не исчезающій при взбалтываніи. Опытъ повторяютъ еще разъ, причемъ должно израсходоваться тоже число куб. сант., какъ и въ первый разъ; могущая получиться отъ неточности работы разность между двумя наблюденіями не должна превышать $\frac{1}{10}$ куб. сант. Изъ результатовъ опыта легко вычислить титръ раствора марганцевокаліевой соли. Кристаллическая щавелевая кислота имѣетъ составъ: $C_2 H_2 O_4 + 2 H_2 O$; она окисляется марганцевокаліевой солью въ присутствіи сѣрной кислоты по уравненію:



такъ что 630 ея граммовъ расходуютъ при окисленіи 315, 6 граммовъ марганцевокаліевой соли, или 80 граммовъ кислорода. Слѣдовательно, потраченное на окисленіе 10 кубичес. сантиметровъ раствора щавелевой кислоты число куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли, x , содержитъ 3,16 миллиграммовъ чистаго соединенія $KMn O_4$, или 0,8 миллигр. способнаго окислять кислорода; такъ какъ оно можетъ окислить 6,3 миллиграмма кристаллической щавелевой кислоты, $C_2 H_2 O_4 + 2 H_2 O$, содержащихся въ 10 куб. сант. взятаго раствора.

ПРОИЗВОДСТВО ОПЫТА.

Сейчасъ же по установленіи титра въ ту же широкогорлую колбу, сливъ ея содержимое и не ополаскивая колбу, отмѣриваютъ пипеткою, или лучше, чтобы избѣгнуть возможности загрязненія слюною, измѣрительною колбочкою, 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, прибавляютъ къ ней 5 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты и изъ бюретки 8—10 куб. сант. титрованного раствора марганцевокаліевой соли, колбу ставятъ на сѣтку и кипятятъ, совершенно какъ при опредѣленіи титра въ теченіи ровно 5 минутъ, считая время съ момента появленія перваго видимаго пузыря пара. Если во время кипѣнія произойдетъ обезцвѣчиваніе красной жидкости, то необходимо добавить изъ бюретки нѣсколько куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли, такъ чтобы подъ конецъ кипяченія жидкость была окрашена въ красный цвѣтъ.

Послѣ пятиминутнаго кипяченія къ горячей жидкости приливаютъ изъ бюретки ровно 10 куб. сант. титрованного раствора ща-

велевой кислоты и затѣмъ тотчасъ дотитровываютъ обезцвѣтившуюся жидкость растворомъ марганцевокаліевой соли, до появленія не исчезающаго при взбалтываніи розоваго окрашиванія. И это опредѣленіе необходимо повторить, чтобы убѣдиться въ постоянствѣ получаемыхъ результатовъ.

Изъ полученныхъ результатовъ опыта окисляемость изслѣдуемой воды вычисляется слѣдующимъ образомъ: Если y есть общее число куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли (среднее по крайней мѣрѣ изъ двухъ близко между собою согласныхъ наблюденій), израсходованное на окисленіе воды, то $y-x$ куб. сант. потрачены на окисленіе органическихъ веществъ, содержащихся въ 100 куб. сант. воды; въ этомъ количествѣ раствора содержится:

$$\frac{(y-x) \times 316}{x} \text{ миллигр. KMnO}_4,$$

$$\text{или } \frac{(y-x) \times 98}{x} \text{ миллиграммовъ дѣйствовавшаго кислорода.}$$

Окисляемость изслѣдуемой воды, вычисленная на 1 литръ, составляетъ слѣдовательно:

$$\frac{y-x}{x} \times 316 \text{ миллигр. KMnO}_4,$$

$$\text{или } \frac{y-x}{x} \times 98 \text{ миллигр. дѣйствовавшаго кислорода}$$

Примѣръ: На окисленіе 10 куб. сант. раствора щавелевой кислоты, содержавшаго ровно 0,63 граммовъ $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ на 1 литръ, пошло:

1. опытъ—9,95 }
2. опытъ—9,85 } куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли;
въ среднемъ 9,90 куб. сант.

На окисленіе 100 куб. сант. воды и 10 куб. сант. раствора щавелевой кислоты пошло всего:

1. опытъ—16,6 }
2. опытъ—16,6 } куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли;
въ среднемъ 16,6 куб. сант.

Окисляемость изслѣдуемой воды составляетъ:

$$\frac{(16,6-9,9) \times 316}{9,9} = 21,4 \text{ миллигр. KMnO}_4,$$

$$\text{или } \frac{(16,6 - 9,9) \times 8}{9,9} = 5,4 \text{ миллигр. О.}$$

на одинъ литръ.

Примѣчанія:

1). При опредѣленіи окисляемости природныхъ водъ необходимо соблюдать величайшую чистоплотность и заботиться, чтобы въ употребляемые приборы и реактивы не попало какихъ либо веществъ, способныхъ возстановлять марганцевокалиевую соль. Употребляемая дистиллированная вода, должна быть свѣжа и тщательно приготовлена. Для большей увѣренности въ ея чистотѣ, лучше всего ее особо приготовить перегонкою изъ стеклянной реторты слабого раствора марганцевокалиевой соли, подкисленного сѣрной кислотой и сохранять въ хорошо закрытыхъ стеклянкахъ.

2). Титрованные растворы щавелевой кислоты и марганцевокалиевой соли довольно легко измѣняются; особенно скоро измѣняетъ крѣпость разбавленный растворъ щавелевой кислоты, вслѣдствіи развитія въ немъ плѣсени. Растворы эти поэтому надо готовить непосредственно передъ установленіемъ титра и употребленіемъ на опредѣленіе окисляемости. На короткое время, если это неизбежно, полезно сохранять растворы въ стеклянкахъ изъ темнаго стекла, или обклеенныхъ снаружи черною бумагою, такъ какъ подъ вліяніемъ прямого свѣта значительно ускоряется разложене слабыхъ растворовъ щавелевой кислоты¹⁾.

3). Нѣкоторыя вещества, способныя также легко окисляться и могущія находиться въ природныхъ водахъ, могутъ повліять на величину опредѣленной окисляемости. Такъ дѣйствуютъ азотистая кислота, соли закиси желѣза, перекись водорода и также значительныя количества амміачныхъ солей. Азотистая кислота, встрѣчаемая въ нѣкоторыхъ загрязненныхъ водахъ, окисляется марганцевокалиевой солью уже на холоду, причемъ каждая вѣсовая ея часть расходуетъ 1,66 частей KMnO_4 . Поэтому на каждый миллиграммъ азотистой кислоты (N_2O_3), опредѣленной по способамъ ниже приведеннымъ, изъ величины найденной окисляемости воды слѣдуетъ вычитать 1,66 миллиграммовъ KMnO_4 , или 0,41 миллигр. кислорода. Соли закиси желѣза, также повышающія окисляемость, только рѣдко встрѣчаются

¹⁾ Разбавленные растворы щавелевой кислоты хорошо сохраняются даже долгое время въ присутствіи веществъ, препятствующихъ развитію микроорганизмовъ. По моимъ наблюденіямъ прибавка къ титрованному раствору щавелевой кислоты нѣсколькихъ капель чистаго хлороформа позволяетъ сохранять растворъ безъ измѣненія его титра въ теченіи многихъ мѣсяцевъ.

въ водѣ въ замѣтныхъ количествахъ; притомъ онѣ, легко окисляясь въ водную окись желѣза, выделяются въ осадокъ весьма скоро, особенно если вода сохраняется въ стеклянкахъ, содержащихъ и воздухъ, и по временамъ взбалтывается. Точно также и слѣды перекиси водорода, встрѣчаемые въ нѣкоторыхъ природныхъ водахъ, ничтожно малы и скоро совершенно исчезаютъ. Что касается вліянія на величину окисляемости амміачныхъ солей, то оно замѣтно лишь при значительныхъ ихъ количествахъ, весьма рѣдко встрѣчаемыхъ въ практикѣ. Содержаніе же амміачныхъ солей въ количествахъ не превышающихъ 10 миллигр. на 1 литръ, по изслѣдованіямъ Прейсе и Тимана,¹⁾ не отражается на величину наблюдаемой окисляемости.

4). Нѣкоторые изслѣдователи предлагаютъ при опредѣленіи окисляемости, съ цѣлью болѣе полного дѣйствія, продолжать кипяченіе въ теченіи 10 минутъ и даже дольше, причемъ получается величина окисляемости нѣсколько большая, чѣмъ при пятиминутномъ кипяченіи. Такое предложеніе не можетъ считаться основательнымъ. Уже было указано, что окисляемость воды есть величина непостоянная, зависящая отъ условій опыта и измѣняющаяся при измѣненіи этихъ условій; она будетъ дѣйствительно возрастать, если увеличивать время дѣйствія окислителя, причемъ и при значительно увеличенномъ времени дѣйствія всетаки не всѣ органическія составныя части воды успѣютъ окислиться вполне: наиболѣе прочныя изъ нихъ могутъ окисляться въ разбавленныхъ растворахъ весьма медленно. Между тѣмъ, продолжительное кипяченіе, не говоря уже о потери времени, замѣтнымъ особенно, если приходится одновременно изслѣдовать значительное число образцовъ воды, влечетъ за собою необходимость добавлять къ кипящей жидкости дистиллированную воду по мѣрѣ ея испаренія, чтобы избѣгнуть слишкомъ значительнаго сгущенія раствора. Эта добавка дистиллированной воды, которую невозможно производить всегда одинаково равномерно, нарушаетъ правильность хода окисленія и дѣлаетъ отдѣльные опыты неравными между собою, такъ какъ условія ихъ будутъ измѣнчивы. Такимъ образомъ пятиминутное кипяченіе, во время котораго нѣтъ надобности добавлять дистиллированной воды и нарушать рѣзко концентрацію и температуру кипящей жидкости, можно считать вполне достаточнымъ, если только помнить, что окисляемость не выражаетъ собою истиннаго содержанія всѣхъ органическихъ соединений въ водѣ, а только сравнительную способность ихъ окисляться, при извѣстныхъ всегда постоянныхъ условіяхъ опыта.

¹⁾ Ber. d. deutsch.chem. Gesell. XII. 1906.

5). Иногда окисляемость воды выражаютъ въ миллиграммахъ кристаллической щавелевой кислоты, $C_2 H_2 O_4 + 2 H_2O$ эквивалентныхъ окислившимся органическимъ веществамъ воды. Въ этомъ случаѣ окисляемость 1 литра изслѣдованной воды выразится черезъ:

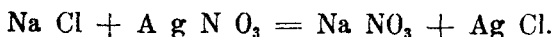
$$\frac{(y-x) \times 63}{x} \text{ миллигр.}$$

Между окисляемостями воды, выражаемыми этими тремя величинами, существуетъ весьма простое отношеніе, если пренебречь малыми дробными величинами; а именно, если p есть окисляемость воды, выраженная въ миллиграммахъ потребляемаго на 1 литръ воды кислорода, то, приблизительно:

$$\begin{array}{ccccccc} 4 p & \text{— есть окисляемость въ миллиграммахъ} & KMnO_4 & & & & \\ \text{и } 8 p & \text{„} & \text{„} & & \text{„} & & C_2 H_2 O_4 + 2 H_2 O. \end{array}$$

5. ОПРЕДѢЛЕНИЕ ХЛОРА.

Въ природныхъ водахъ хлоръ содержится въ видѣ растворимыхъ хлористыхъ металловъ, по большей части въ видѣ хлористаго натрія. Открытіе и опредѣленіе хлора основывается на реакціи обѣннаго разложенія между растворимыми хлористыми соединеніями и азотносеребряной солью, приче́мъ образуется бѣлый творожистый осадокъ хлористаго серебра, нерастворимый въ азотной кислотѣ, напри́мѣръ:



КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

Около 20 куб. сант. испытуемой воды подкисляютъ нѣсколькими каплями чистой азотной кислоты и прибавляютъ нѣсколько капель 10% раствора азотносеребряной соли. Образованіе опализаціи жидкости, бѣлой мути или замѣтнаго бѣлаго творожистаго осадка указываетъ на присутствіе въ водѣ большихъ или меньшихъ количествъ хлора. Подкисленіе воды азотной кислотой необходимо, чтобы не осѣло углекислое и фосфорнокислое серебро, также не растворимыя въ водѣ, но легко растворимыя въ азотной кислотѣ.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

Количество хлора, содержащагося въ водѣ, можетъ быть точно опредѣлено вѣсовымъ путемъ или титрованіемъ.

ВѢСОВОЙ СПОСОБЪ.

200 куб. сант. профильтрованной воды, точно отмѣренные пипеткою или измѣрительною колбочкою, помѣщаютъ въ стаканъ, пол-

кисляють азотною кислотою, нагрѣвають до начала замѣтнаго испаренія на водяной банѣ и осаждаютъ растворомъ азотносеребряной соли; жидкость продолжают нагрѣвать и помѣшиваютъ стеклянной палочкой, пока бѣлый осадокъ свернется и соберется на дно стакана. Если качественная проба указала на весьма малое содержаніе хлора, то для количественнаго опредѣленія надо взять больше испытуемой воды: 500 или даже 1000 куб. сант.

Въ такомъ случаѣ отмѣренное количество воды предварительно сгущаютъ испареніемъ въ фарфоровой чашкѣ до объема въ приблизительно 150 куб. сант., осторожно подкисляютъ азотной кислотой, профильтровываютъ въ стаканъ и смываютъ чашку и фильтръ дистиллированной водою. Затѣмъ осаждаютъ хлоръ азотносеребряной солью, какъ сказано выше.

Отстоявшуюся совершенно жидкость фильтруютъ черезъ фильтръ, вѣсъ пепла котораго извѣстенъ; осадокъ хлористаго серебра смываютъ изъ стакана на фильтръ и промываютъ горячей дистиллированной водою, пока стекающій фильтратъ перестанетъ показывать кислую реакцію на лакмусовую бумажку. Воронку съ фильтромъ и осадкомъ высушиваютъ въ сушильномъ шкафу, вынимаютъ фильтръ съ осадкомъ изъ воронки и осадокъ высыпаютъ на чистое сухое часовое стеклышко. Затѣмъ фильтръ свертываютъ въ трубочку, сжигаютъ въ спирали изъ платиновой проволоки и золу фильтра высыпаютъ въ предварительно прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль. Къ золѣ въ тиглѣ прибавляютъ 2—3 капли азотной кислоты, чтобы растворить металлическое серебро, возстановившееся изъ хлористаго, и 2 капли соляной кислоты, чтобы опять перевести его въ хлористое, прогоняютъ избытокъ прибавленныхъ кислотъ на водяной банѣ, высыпаютъ въ тигль хлористое серебро съ часового стеклышка, осторожно накаливаютъ тигль, пока осадокъ въ немъ начнетъ плавиться, охлаждаютъ тигль въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ. Изъ полученнаго вѣса хлористаго серебра содержаніе хлора во взятомъ для опыта объемѣ испытуемой воды вычисляется, помножая этотъ вѣсъ на число 0,2474.

Примѣръ: Изъ 800 куб. сант. воды, обработанныхъ, какъ сказано выше, получилось 0,1136 гр. чистаго хлористаго серебра, что составляетъ:

$$113,6 \times 0,2474 = 28,1 \text{ миллигр. хлора.}$$

Слѣдовательно, 1 литръ испытуемой воды содержитъ:

$$\frac{28,1 \times 10}{8} = 35,1 \text{ миллигр. хлора.}$$

ОБЪЕМНЫЕ СПОСОБЫ.

Весьма точный вѣсовой способъ опредѣленія хлора, описанный выше, требуетъ для исполненія довольно значительнаго времени. Если предстоитъ произвести цѣлый рядъ анализовъ воды, его съ выгодой можно замѣнить весьма быстро исполнимыми опредѣленіями по способамъ объемнымъ, предложеннымъ Моромъ или Фольгардомъ, изъ которыхъ первый особенно часто употребляется въ лабораторіи.

1. СПОСОБЪ МОРА.

Способъ Мора основывается на осажденіи хлора титрованнымъ растворомъ азотносеребряной соли изъ жидкости, къ которой прибавлено небольшое количество хромовокаліевой соли. При этомъ прибавляемый растворъ азотносеребряной соли образуетъ въ жидкости осадокъ хлористаго серебра чисто бѣлаго цвѣта, до тѣхъ поръ, пока осадится весь содержащійся въ растворѣ хлоръ. Прибавляемая потомъ въ избыткѣ капля серебрянаго раствора вызываетъ образованіе кирпично-краснаго цвѣта осадка хромовосеребряной соли, $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$, который окрашиваетъ весь бѣлый осадокъ въ слабо красноватобурый цвѣтъ. Если измѣрить объемъ титрованнаго раствора серебряной соли, израсходованный до полученія красноватаго осадка, не бѣлѣющаго при взбалтываніи жидкости, то легко узнать количество хлора, содержавшагося въ испытуемомъ растворѣ.

ПРИГОТОВЛЕНІЕ РАСТВОРОВЪ.

1). **Растворъ азотносеребряной соли.** 8,5 гр. чистой кристаллической азотносеребряной соли (ляписа) растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды. Растворъ сохраняютъ въ стеклянкѣ изъ темнаго стекла, закрытой пришлифованной стеклянной пробкой.

2). **Растворъ чистаго хлористаго натрія.** Возможно чистую поваренную соль нѣсколько разъ перекристаллизовываютъ изъ дистиллированной воды, высушиваютъ и прокалываютъ до начинающагося плавленія въ фарфоровомъ тиглѣ. Отъ такой чистой, прокаленной и охлажденной въ эксикаторѣ соли, отвѣшиваютъ точно 2,92 грам. и растворяютъ ихъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды.

1 куб. сант. полученнаго раствора содержитъ ровно 1,77 миллigr. хлора ($\frac{1}{20}$ атомнаго вѣса).

3). **Растворъ хромовокаліевой соли.** 10 гр. чистой желтой средней хромовокаліевой соли, $\text{K}_2 \text{CrO}_4$, не содержащей хлора, растворяютъ въ 100 куб. сант. дистиллированной воды.

УСТАНОВЛЕНИЕ ТИТРА.

Дѣйствительное содержаніе серебра въ приготовленномъ растворѣ азотносеребряной соли узнается помощью титрованного раствора хлористаго натрія, такъ какъ продажная азотносеребряная соль часто содержитъ незначительныя примѣси влаги и другихъ солей и потому прямымъ взвѣшиваніемъ ея нельзя приготовить раствора съ точно извѣстнымъ содержаніемъ серебра.

Опредѣленіе титра серебрянаго раствора производится слѣдующимъ образомъ:

Растворы серебряный и хлористаго натрія наливаютъ въ бюретки, раздѣленные на $\frac{1}{10}$ куб. сант.; бюретка съ серебрянымъ растворомъ должна имѣть стеклянный кранъ. Въ коническую колбу Эрленмейера, емкости около 300 куб. сант., наливаютъ около 50 куб. сант. дистиллированной воды, прибавляютъ изъ бюретки 20 куб. сант. раствора хлористаго натрія и 3—4 капли раствора хромовокалиевой соли и постепенно приливаютъ изъ бюретки растворъ азотносеребряной соли, постоянно взбалтывая жидкость, пока бѣлый осадокъ выделяющагося хлористаго серебра приметъ отъ одной вновь прибавленной капли ясно замѣтный красноватый цвѣтъ, не пропадающій при взбалтываніи. Израсходованное число куб. сант. серебрянаго раствора записывается и опытъ повторяется еще разъ, чтобы получить увѣренность въ точности наблюденія. Серебряный растворъ въ началѣ можно прибавлять быстро, по нѣсколько куб. сант. заразъ, а подъ конецъ, когда красное окрашиваніе осадка станетъ исчезать только медленно при взбалтываніи,—по каплямъ. Взявъ среднее изъ двухъ наблюденій, которыя не должны различаться болѣе чѣмъ на 0,1 куб. сант., вычисляютъ титръ серебрянаго раствора; т. е. число миллигр. хлора, которымъ соотвѣтствуетъ 1 куб. сант. его.

Примѣръ: Если на 20 куб. сант. раствора хлористаго натрія до полученія неисчезающаго краснаго окрашиванія осадка израсходовано:

въ 1. опытѣ — 20,3	} въ среднемъ 20,35 куб. сант.
во 2. опытѣ — 20,4	

то 20,35 куб. сант. его содержатъ количество азотносеребряной соли соотвѣтствующее:

$$1,77 \times 20 = 35,4 \text{ миллигр. хлора,}$$

а, слѣдовательно, 1 куб. сант. серебрянаго раствора

$$\text{соотвѣтствуетъ } \frac{35,4}{20,25} = 1,74 \text{ миллигр. хлора.}$$

ПРОИЗВОДСТВО ОПЫТА.

Смотря по качественной пробѣ, берутъ 50 или 100 куб. сант. испытуемой воды. Если содержаніе хлора очень мало (менѣе 10 миллиграммовъ на 1 литръ) то, какъ и при вѣсовомъ способѣ, надо предварительно сгустить въ фарфоровой чашкѣ 500 или 1000 куб. сант. воды до объема въ около 100 куб. сант.

Титрованіе ведутъ въ колбѣ Эрленмейера серебрянымъ растворомъ въ присутствіи 3—4 капель раствора хромовокалиевой соли, совершенно какъ при опредѣленіи титра. Если пришлось воду сгущать предварительно въ чашкѣ, то испаривъ жидкость въ чашкѣ до объема въ приблизительно 50 куб. сант., ее переливаютъ въ колбу Эрленмейера, а чашку ополаскиваютъ нѣсколько разъ кипящею дистиллированной водой, сливая промой въ ту же колбу, не фильтруя и не заботясь о томъ, чтобы перевести въ колбу весь осадокъ, выдѣлившійся во время сгущенія воды и обыкновенно довольно плотно приставшій къ стѣнкамъ чашки.

Примѣръ: 500 куб. сант. были сгущены въ чашкѣ до объема 50 куб. сант., жидкость перелита въ колбу Эрленмейера, прибавлено 4 капли раствора хромовокалиевой соли и титровано растворомъ азотносеребряной соли титра 1,74, причемъ его израсходовано 5,6 куб. сант. до полученія исчезающаго краснаго окрашиванія.

Взятые 500 куб. сант. содержатъ, значить:

$$1,74 \times 5,6 = 9,744 \text{ миллигр. хлора,}$$

1 литръ испытуемой воды содержитъ:

$$9,744 \times 2 = 19,5 \text{ миллигр. хлора.}$$

Примѣчаніе: Такъ какъ красный осадокъ хромовосеребряной соли, образованіе котораго служитъ указаніемъ конца титрованія, легко растворимъ въ кислотахъ, то реакція титруемой жидкости и прибавляемыхъ реактивовъ должна быть непремѣнно средняя. Серебряный растворъ не долженъ содержать свободной кислоты, а средняя хромовокалиевая соль не должна содержать двухромовой соли. Присутствіе въ водѣ значительнаго количества легко окисляемыхъ органическихъ веществъ также дѣлаетъ способъ Мора не вполне точнымъ, такъ какъ органическія вещества могутъ отчасти возстановлять азотносеребряную соль, выдѣляя изъ нея металлическое серебро.

б) СПОСОБЪ ФОЛЬГАРДТА ¹⁾.

Опредѣленіе хлора въ водѣ по способу Фольгардта производятъ слѣдующимъ образомъ: Къ отмѣренному объему воды (50 или

¹⁾ Liebig's Annalen. СХС, 24.

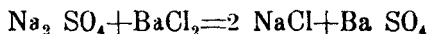
100 куб. сант.) прибавляют изъ бюретки избытокъ титрованного раствора азотносеребряной соли, смотря по содержанію хлора, 3, 5, или 10 куб. сант., взбалтываютъ, чтобы осадокъ хлористаго серебра свернулся, приливаютъ нѣсколько капель насыщеннаго воднаго раствора желѣзнокаліевыхъ квасцевъ и нѣсколько капель азотной кислоты. Затѣмъ титруютъ жидкость при постоянномъ взбалтываніи растворомъ роданистаго аммонія, $\text{NH}_4 \text{ CNS}$, извѣстной крѣпости, до полученія буроватокраснаго, не исчезающаго окрашиванія. Такимъ образомъ узнаютъ, какой избытокъ азотносеребряной соли былъ прибавленъ, и, слѣдовательно, сколько ее пошло на осажденіе хлора. Способъ Фольгардта по точности получаемыхъ результатовъ не уступаетъ вышеописанному способу Мора; но нѣсколько сложнее его, такъ какъ требуетъ постоянного употребленія двухъ титрованныхъ растворовъ. Подробное описаніе этого способа находится въ сочиненіи Тимана и Гертнера ¹⁾.

6. ОПРЕДѢЛЕНІЕ СѢРНОЙ КИСЛОТЫ.

Сѣрная кислота, содержащаяся въ природныхъ водахъ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей, открывается и опредѣляется въ видѣ сѣрнобаріевой соли, BaSO_4 , нерастворимой въ водѣ и въ кислотахъ.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

Около 20 куб. сант. испытуемой воды подкисляютъ нѣсколькими каплями чистой соляной кислоты и прибавляютъ растворъ хлористаго барія. Образующаяся муть или бѣлый осадокъ обнаруживаютъ присутствіе въ водѣ большихъ, или меньшихъ количествъ растворенныхъ сѣрнокислыхъ солей, напр.:



Подкисленіе жидкости сольной кислотой необходимо, чтобы не осѣли углекислый и фосфорнокислый барій, нерастворимые въ водѣ но растворимые въ соляной кислотѣ.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

Сѣрная кислота опредѣляется всегда точнымъ и легко исполнимымъ вѣсовымъ способомъ, въ видѣ сѣрнобаріевой соли.

300 куб. сант. профильтрованной воды подкисляютъ въ стаканѣ чистой соляной кислотой; жидкость нагреваютъ на сѣткѣ до начала

¹⁾ Die Untersuchung des Wassers, 4. Auflage.

кипѣнія и затѣмъ приливаютъ къ ней изъ колбочки или пробирки кипящій растворъ хлористаго барія, содержащій 5 частей соли на 100 частей воды, въ небольшомъ избыткѣ до тѣхъ поръ, пока приливаемый растворъ хлористаго барія перестанетъ образовывать осадокъ. Необходимо удостовѣриться въ полномъ осажденіи, для чего палочкой вынимаютъ изъ стакана каплю прозрачной надъ осадкомъ стоящей жидкости, помѣщаютъ эту каплю на часовое стеклышко и прибавляютъ къ ней каплю разбавленной сѣрной кислоты; если уже прибавленъ избытокъ хлористаго барія, то при этомъ получится бѣлый осадокъ. Значительнаго избытка хлористаго барія слѣдуетъ избѣгать. По окончаніи осажденія продолжаютъ осторожно нагревать жидкость, лучше всего на водяной банѣ, въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа. Затѣмъ даютъ осадку совершенно отстояться по крайней мѣрѣ въ теченіи 3 — 4 часовъ и фильтруютъ черезъ небольшой фильтръ, діаметра въ 7 сантим. изъ плотной фильтровальной бумаги. Сначала, смазавъ края стакана вазелиномъ, сливаютъ на фильтръ по палочкѣ прозрачную жидкость, а затѣмъ переводятъ на фильтръ, помощью бородки пера или палочки съ кускомъ надѣтаго на нее каучука, осадокъ, споласкивая его со стѣнокъ стакана и затѣмъ промывая на фильтрѣ изъ промывалки кипящею дистиллированной водою, до тѣхъ поръ, пока капля раствора азотносеребряной соли не перестанетъ образовывать въ стекающей съ фильтра жидкости бѣлую муть хлористаго серебра. Осадокъ послѣ высушиванія въ сушильномъ шкафу пересыпаютъ въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, отдѣляя его возможно совершенно отъ фильтра, фильтръ сжигаютъ въ платиновой спирали, полученную золу прибавляютъ къ осадку и тигль сильно прокаливаютъ въ теченіи 10 минутъ въ пламени бунзеновской горѣлки, помѣстивъ его открытымъ на треугольникъ въ наклонномъ положеніи, такъ чтобы во время накаливанія воздухъ свободно притекалъ къ прокаливаемому осадку. Послѣ охлажденія въ эксикаторѣ взвѣшиваютъ тигль съ осадкомъ и находятъ вѣсъ полученной сѣрнобаріевой соли, вычитая изъ общаго вѣса вѣсъ тигля и золы фильтра. Помножая вѣсъ сѣрнобаріевой соли на число 0,3434 узнаютъ, сколько сѣрнаго ангидрида, SO_2 , содержалось во взятомъ объемѣ испытуемой воды.

Примѣръ: 300 куб. сантим. воды послѣ вышеописанной обработки дали 0.2290 гр. Ba SO_4 , что соответствуетъ:

$$0,2290 \times 0,3434 = 0,07864 \text{ гр. } \text{SO}_2.$$

1 литръ испытуемой воды содержитъ, слѣдовательно:

$$0,07864 \times \frac{10}{3} = 262,1 \text{ миллигр. сѣрнаго ангидрида, } \text{SO}_2.$$

Прѣчанія: 1). Если при качественной пробѣ получилась только слабая муть, то берутъ для опыта большее количество воды: 500 или даже 1000 куб. сант., сгущаютъ ихъ предварительнымъ испареніемъ въ стаканѣ послѣ подкисленія соляной кислотой до объема приблизительно въ 300 куб. сант., постепенно подливая воду въ стаканъ и затѣмъ уже приступаютъ къ осажденію хлористымъ баріемъ.

2). При количественномъ опредѣленіи сѣрной кислоты необходимо строго придерживаться вышеприведенному: осажденіе вести въ кипящей жидкости, давать осадку вполне отстояться и промывать осадокъ кипящей водой, иначе сѣрнобаріевая соль получится въ видѣ чрезвычайно мелкаго аморфнаго осадка, который во время фильтрованія легко можетъ пройти черезъ фильтръ, въ видѣ мути.

3). Для ускоренія анализа, можно также по окончаніи промыванія вынуть фильтръ съ осадкомъ изъ воронки, вложить его еще мокрымъ въ предварительно взвѣшенный платиновый тигль и, наложивъ крышку, осторожнымъ нагреваніемъ сначала испарить воду и обуглить бумагу фильтра, затѣмъ уже приступить къ накаливанію открытаго тигля въ теченіи 15 минутъ. Сравнительные опыты показали, что при незначительномъ количествѣ осадка сѣрнобаріевой соли и этотъ приемъ даетъ, сокращая время работы, вполне точные результаты.

4). Несмотря на простоту исполненія вѣсового способа опредѣленія сѣрной кислоты, предлагали, для сокращенія времени при совместномъ анализѣ многихъ образцовъ воды, замѣнить этотъ способъ скоро производимыми приемами титрованнаго анализа. Такъ Вильденштейнъ ¹⁾ предлагаетъ осаждать сѣрную кислоту избыткомъ титрованнаго раствора хлористаго барія, измѣрять избытокъ прибавленнаго хлористаго барія титрованнымъ растворомъ средней хромовокаліевой соли и наконецъ опредѣлять избытокъ этой послѣдней соли колориметрически. Способъ Вильденштейна довольно сложенъ, не очень точенъ и, какъ и другіе предложенные съ тою же цѣлью способы, не распространился въ практикѣ.

7. ОПРЕДѢЛЕНІЕ УГЛЕКИСЛОТЫ.

Природныя воды содержатъ углекислоту въ трехъ различныхъ состояніяхъ: во 1-хъ, углекислота содержится свободная, просто растворенная въ водѣ, во 2-хъ, связанная съ основаніями, съ окисями кальція, магнія, калия, натрія, желѣза, въ видѣ ихъ среднихъ угле-

¹⁾ Zeitschrift f. analyt. Chem. I. 323.

кислыхъ солей, въ 3-хъ, полусвободная соединенная съ средними углекислыми солями кальція и магнія, образуя ихъ непрочныя двууглекислыя соли, легко растворимыя въ водѣ. Эта полусвободная углекислота легко выдѣляется при нагреваніи воды, причемъ образуется осадокъ нерастворимыхъ среднихъ углекислыхъ солей кальція, магнія и также желѣза.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

Присутствіе въ водѣ углекислоты во всѣхъ ея 3-хъ видахъ узнается по бѣлому осадку средней углекальціевой соли, Ca CO_3 , образующемуся при прибавленіи къ водѣ прозрачной известковой воды (раствора водной окиси кальція въ дистиллированной водѣ).

Углекислота связанная обнаруживается по шипѣнію происходящему при смачиваніи плотнаго остатка отъ испаренія воды соляной кислотой.

Для обнаруженія въ водѣ свободной углекислоты прибавляютъ къ испытуемой водѣ нѣсколько капель однопроцентнаго раствора розоловой кислоты въ 80% спиртѣ: въ отсутствіи свободной углекислоты жидкость окрасится въ красный цвѣтъ отъ дѣйствія среднихъ и кислыхъ углекислыхъ солей, а въ присутствіи свободной углекислоты жидкость окрасится лишь въ свѣтложелтый цвѣтъ, такъ какъ свободная углекислота уничтожаетъ красное окрашиваніе, происходящее отъ дѣйствія углекислыхъ солей. Реакціей этой, впрочемъ, могутъ быть обнаружены лишь значительныя количества свободной углекислоты.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

1. Опредѣленіе всей углекислоты.

Все количество углекислоты, содержащейся въ испытуемой водѣ, опредѣляется, осаждавая ее изъ раствора въ видѣ нерастворимой углекальціевой соли, разлагая эту соль соляной кислотой, улавливая выдѣляющуюся углекислоту въ калиаппаратѣ и взвѣшивая ее.

Чтобы осадить углекислоту свободную и связанную съ окисями кальція, магнія и желѣза, къ водѣ прибавляютъ избытокъ водной окиси кальція, а чтобы осадить углекислоту, соединенную съ окисями калия и натрія прибавляютъ, кромѣ того, хлористаго кальція.

ПРОИЗВОДСТВО ОПЫТА.

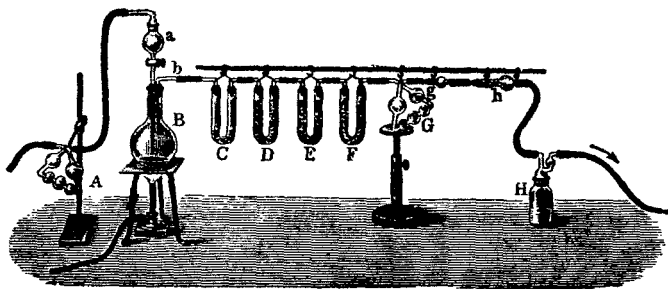
Въ колбу емкости нѣсколько болшей 300 куб. сант., на горлѣ которой имѣется сдѣланная алмазомъ черта, обозначающая объемъ

ровно въ 300 куб. сант., насыпаютъ 0,5—3 гр., смотря по содержанію въ водѣ углекислоты, гидрата окиси кальція (гашеной извести и опредѣляютъ вѣсъ колбы съ содержимымъ. Затѣмъ въ колбу наливаютъ помощью сифона изслѣдуемую воду, по возможности охлажденную, почти до верху и взвѣшиваніемъ опредѣляютъ взятое ея количество. Въ колбу прибавляютъ 1 куб. сант. крѣпкаго раствора нейтральнаго хлористаго кальція, закрываютъ колбу каучуковою пробкою, сильно взбалтываютъ и нагреваютъ въ теченіи получаса на водяной банѣ, чтобы перевести выдѣлившуюся аморфную углекальціевую соль въ кристаллическое состояніе; такъ какъ въ этой формѣ соль легче оседаетъ. Во время нагреванія колбы необходимо слегка приподнять пробку, чтобы дать выйти воздуху, сжатому расширеніемъ содержимаго колбы.

Во избѣжаніи возможной потери углекислоты, весьма желательно произвести наполненіе тарированной колбы, содержащей гидратъ окиси кальція, изслѣдуемой водою на самомъ мѣстѣ взятія пробы воды для анализа.

Когда углекальціевая соль вполне оседетъ, сливаютъ отстоявшуюся прозрачную жидкость черезъ небольшой бумажный фильтр, по возможности быстрѣе и не взбалтывая осадка, послѣ чего фильтр съ частичками осадка, не промывая его, вынимается изъ воронки и вкладывается обратно въ колбу, соединяемую потомъ съ аппаратомъ, служащимъ для выдѣленія углекислоты изъ углекальціевой соли и для улавливанія ея въ калиаппаратъ. Употребляемый для этой цѣли аппаратъ имѣетъ слѣдующее устройство (Фиг. 1):

Колба, содержащая известковый осадокъ и бумажный фильтр, закрыта каучуковою пробкой съ двумя отверстіями.



Фиг. 1.

Въ одно изъ нихъ вставлена шарообразная воронка съ краномъ а, соединенная каучуковою трубкою съ калиаппаратомъ А, содержа-

щимъ 30-ти процентный растворъ ѣдкаго кали; въ другое — изогнутая трубка *b*, сообщаемая съ поглощающимъ приборомъ. Этотъ приборъ состоитъ: 1) изъ U-образной трубки *C*, содержащей небольшое количество обезвоженного пористаго хлористаго кальція; она служитъ для задержанія большей части водяныхъ паровъ выделяющихся во время опыта изъ колбы *B*. 2) изъ трубокъ *D* и *F*, наполненныхъ до верху обезвоженныхъ пористымъ хлористымъ кальціемъ, служащимъ для окончательнаго высушиванія газа; 3) изъ трубки *E*, наполненной кусочками пемзы, пропитанной насыщеннымъ растворомъ мѣднаго купороса и затѣмъ высушенными, служащими для задержанія слѣдовъ хлористаго водорода; 4) изъ предварительно взвѣшеннаго кали-аппарата *G*, съ 30-ти процентнымъ растворомъ ѣдкаго кали; 5) изъ трубочки *g* съ кусочками ѣдкаго кали, взвѣшиваемой вмѣстѣ съ кали-аппаратомъ; 6) изъ предохранительной трубочки *h*, содержащей въ передней половинѣ кусочка ѣдкаго кали, а въ задней — пористый хлористый кальцій, служащей для предохраненія кали-аппарата отъ возможности проникновенія въ него извнѣ углекислоты и влаги и 7) изъ небольшой промывалки *H* съ крѣпкой сѣрной кислотой, соединенной каучуками съ одной стороны съ поглощательнымъ приборомъ, а съ другой стороны — съ аспираторомъ или съ водяно-воздушнымъ насосомъ, при помощи которыхъ можетъ быть просасываемъ воздухъ черезъ весь приборъ.

Всѣ части прибора взаимно плотно соединяются толстостѣнными каучуковыми трубочками, а въ воронку *a* наливается разбавленная соляная кислота (1 объемъ соляной кислоты уд. в. 1,10 и 1 объемъ воды). Убѣдившись, что всѣ смычки держатъ, открываютъ понемногу кранъ на шаровой воронкѣ и такимъ образомъ вливаютъ въ колбу *B* соляную кислоту. Когда вся кислота прилита и выдѣленіе углекислоты замедлится, нагрѣваютъ колбу *B* горѣлкою въ теченіи 5 минутъ почти до кипѣнія и затѣмъ просасываютъ въ теченіи еще десяти минутъ медленную струю воздуха черезъ приборъ, при помощи аспиратора или водяно-воздушнаго насоса. По окончаніи опыта, приборъ разбираютъ и калиаппаратъ *G*, вмѣстѣ съ трубочкою *g*, взвѣшиваютъ. Привѣсъ этихъ поглощательныхъ приборовъ представляетъ собою все количество углекислоты, CO_2 , содержавшейся въ употребленномъ количествѣ изслѣдуемой воды. Такъ какъ, однако, углекальціевая соль нѣсколько растворима въ слабыхъ растворахъ гидрата окиси кальція, то результатъ получается нѣсколько меньшимъ по сравненію съ дѣйствительнымъ содержаніемъ углекислоты, а именно на 10—15 миллигр. на 1 литръ воды.

Употребляемый при этомъ способѣ гидратъ окиси кальція всегда содержитъ нѣкоторое количество углекальціевой соли. Поэтому

необходимо предварительно опредѣлить содержаніе CO_2 въ средней пробѣ употребляемаго для опыта препарата, сохраняемаго въ хорошо закрытой стеклянкѣ, брать его въ отвѣшанномъ количествѣ и вводить въ полученный результатъ анализа соотвѣтственную поправку.

Обезвоженный пористый хлористый кальцій, служащій для высушиванія газа, можетъ содержать основную хлорокись кальція, способную поглощать CO_2 ; поэтому передъ опытомъ пропускають черезъ U образныя трубки сушильнаго прибора струю углекислаго газа и затѣмъ вытѣсняютъ его струею чистаго и сухого воздуха.

Примѣръ: 295 гр. воды дали съ 0,7565 гр. гидрата окиси кальція, содержащаго 0, 3% CO_2 , осадокъ, изъ котораго было выдѣлено соляной кислотой и поглощено въ калиаппаратѣ 0,1235 гр. CO_2 .

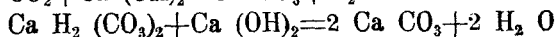
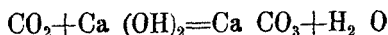
Взятый въ опытъ гидратъ окиси кальція содержитъ:

$\frac{0,7565}{100} \times 0,3 = 0,0023$ гр. CO_2 ; слѣдовательно, изъ 295 гр. воды получено 0,1212 гр. CO_2 , а въ 1 литрѣ воды содержится $\frac{0,1212}{295} \times 1000 = 0,015 = 0,4258$ гр. = 425, 8 миллигр. CO_2 .

2. Опредѣленіе свободной и полусвободной углекислоты.

Опредѣленіе количества свободной и полусвободной углекислоты производится обыкновенно по методу Петтенкофера, основанному на осажденіи углекислоты, находящейся въ водѣ въ состояніи свободномъ и въ видѣ растворимыхъ бикарбонатовъ кальція и магнія, измѣреннымъ избыточнымъ количествомъ раствора водной окиси кальція и на измѣреніи избытка этого раствора титрованнымъ растворомъ щавелевой кислоты.

Если къ природной водѣ, содержащей свободную углекислоту и растворенные бикарбонаты кальція и магнія, $\text{Ca H}_2 (\text{CO}_3)_2$ и $\text{Mg H}_2 (\text{CO}_3)_2$, прибавить воднаго раствора гидрата окиси кальція, то образуется осадокъ среднихъ углекальціевой и углемагніевой солей:



причемъ оседаетъ вся содержавшаяся въ водѣ углекислота. При этомъ каждая частица углекислоты свободной и полусвободной переводитъ въ осадокъ нерастворимой средней углекальціевой соли, $\text{Ca} \text{CO}_3$, частицу гидрата окиси кальція, $\text{Ca} (\text{OH})_2$, прибавленнаго въ видѣ раствора къ испытуемой водѣ; такъ что каждая 74 вѣсовыхъ части

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (частичный вѣсъ), перешедшія изъ прибавленнаго раствора гидрата окиси кальція въ осадокъ, соотвѣтствуютъ 44 вѣсовымъ частямъ CO_2 . Если изслѣдуемая вода содержитъ углекислыя соли кація или натрія, или вообще соли щелочныхъ металловъ, кислоты, которыхъ даютъ съ кальціемъ нерастворимыя соединенія, то необходимо эти соли разложить прибавленіемъ раствора хлористаго кальція.

Кромѣ того, такъ какъ средняя углемагніевая соль осаждается лишь медленно и несовершенно, то къ жидкости прибавляютъ растворъ нашатыря; тогда углемагніевая соль совершенно не осаждается, а вмѣсто нее осаждаеть эквивалентное ей количество углекалціевой соли, причемъ щелочность жидкости не измѣняется.

Для исполненія описываемаго способа необходимы слѣдующіе растворы:

1). **Растворъ гидрата окиси кальція** готовится настанваніемъ въ дистиллированной водѣ чистой обожженной извести, приготовленной прокаливаніемъ мрамора и нѣсколько разъ промытой дистиллированной водой. Полученная такимъ образомъ чистая известковая вода быстро отфильтровывается черезъ слоенный бумажный фильтр и сохраняется въ хорошо закупоренной стеклянкѣ.

2). **Титрованный растворъ чистой щавелевой кислоты**, одинъ куб. сант. котораго эквивалентенъ одному миллигр. CO_2 . Растворъ готовится раствореніемъ 2, 864 гр. чистой кристаллической щавелевой кислоты, $\text{C}_2 \text{H}_2 \text{O}_4 + 2 \text{H}_2 \text{O}$, въ одномъ литрѣ дистиллированной воды.

3). **Растворъ смѣси хлористаго кальція и нашатыря**, содержащій въ 100 куб. сант. 12 гр. кристаллическаго хлористаго кальція, $\text{Ca Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$, и 5 гр. нашатыря. Растворъ этотъ долженъ имѣть нейтральную реакцію.

4). **Чувствительная настойна ланмуса**. Она готовится слѣдующимъ образомъ: истолченные въ порошокъ куски продажнаго лакмуса повторно извлекаются горячей дистиллированной водой, полученный темносиній растворъ профильтровываютъ, подкисляютъ уксусной кислотой и выпариваютъ на водяной банѣ до густоты сиропа. Къ этому густому экстракту прибавляютъ избытокъ 90% спирта, размѣшиваютъ и отфильтровываютъ выдѣлившійся осадокъ чувствительнаго пигмента. Осадокъ этотъ промываютъ спиртомъ, растворяютъ при нагрѣваніи въ дистиллированной водѣ и растворъ фильтруютъ. Большую часть полученнаго синяго раствора подкисляютъ осторожно сильно разбавленной сѣрной кислотой, до появленія виннокраснаго цвѣта и восстанавливаютъ синій цвѣтъ жидкости осторожнымъ прибавленіемъ неподкисленной ея части. Полученную такимъ образомъ

чувствительную лакмусовую настойку сохраняютъ въ стеклянкахъ, не плотно замкнутыхъ хлопчатобумажною пробкою.

ПРОИЗВОДСТВО ОПРЕДѢЛЕНІЯ

100 куб. сант. испытуемой воды переносятъ пипеткою въ тщательно очищенную и высушенную колбу, вмѣщающую нѣсколько болѣе 150 куб. сант., прибавляютъ ровно 5 куб. сант. раствора смѣси хлористаго кальція и нашатыря (пипеткою) и изъ бюретки ровно 45 куб. сант. раствора гидрата окиси кальція. Колба затыкается каучуковою пробкою, сильно взбалтывается и оставляется стоять по крайней мѣрѣ 12 часовъ при обыкновенной температурѣ. За это время выдѣлившійся осадокъ углекальціевой соли становится кристаллическимъ и отстаивается на днѣ. По окончаніи отстаиванія выбираютъ пипеткою 50 куб. сант. ($\frac{1}{3}$) совершенно прозрачной жидкости изъ колбы, не взбалтывая осадка, переносятъ ихъ въ чистый стаканъ, прибавляютъ къ нимъ нѣсколько капель чувствительной лакмусовой настойки и титруютъ изъ бюретки вышеупомянутымъ растворомъ щавелевой кислоты до перехода синяго цвѣта жидкости въ красный цвѣтъ. Опытъ повторяютъ съ новыми 50 куб. сант., взятыми изъ колбы жидкости и принимаютъ въ расчетъ среднее изъ этихъ двухъ опредѣленій. Непосредственно передъ титрованіемъ испытуемой жидкости устанавливаютъ по крайней мѣрѣ двумя опытами отношеніе между растворами гидрата окиси кальція и щавелевой кислоты, титруя 45 куб. сант. перваго раствора щавелевой кислотой въ присутствіи лакмуса. Если помножить на 3 число израсходованныхъ куб. сант. раствора щавелевой кислоты и произведеніе это вычесть изъ числа куб. сант. щавелевой кислоты необходимыхъ для нейтрализованія 45 куб. сант. употребленнаго раствора гидрата окиси кальція, то полученная разность выразитъ прямо число сантиграммовъ свободной и полусвободной углекислоты, содержащееся въ одномъ литрѣ испытуемой воды.

Примѣръ: Смѣсь изъ 100 куб. сант. испыдуемой воды, 5 куб. сант. раствора хлористаго кальція и нашатыря и 45 куб. сант. раствора гидрата окиси кальція послѣ взбалтыванія отстаивалось 12 часовъ. 50 куб. сант. отстоявшейся прозрачной жидкости потребовали при титрованіи, въ среднемъ изъ двухъ опытовъ, 6,7 куб. сант. раствора щавелевой кислоты, содержащаго $2,864 \text{ гр. } \text{C}_2 \text{ H}_2 \text{ O}_4 + 2\text{H}_2 \text{ O}$ въ 1 литрѣ.

На нейтрализацію 45 куб. сант. употребленнаго раствора гидрата окиси кальція требовалось 44,4 куб. сант. раствора щавелевой кислоты.

По этому 100 куб. сант. изслѣдуемой воды содержать:
 $44,4 - 6,7 \times 3 = 24,3$ миллигр. } свободной и полусвободной углекислоты.
 а 1 литръ — 243 миллигр. }

3. Опредѣленіе свободной углекислоты.

Если изъ общаго количества углекислоты, найденнаго въ изслѣдуемой водѣ, вычесть количество углекислоты, опредѣленное по Петтенкоферу, то полученная разность дастъ количество связанной углекислоты. Такъ какъ количество полусвободной углекислоты обыкновенно равно количеству связанной углекислоты, если только, какъ это обыкновенно бываетъ, въ водѣ нѣтъ углекислыхъ солей калия или натрія, то разность между количествами углекислоты, опредѣленной по методу Петтенкофера и углекислоты связанной представляетъ собою количество углекислоты свободной.

Примѣръ: Въ вышеприведенныхъ примѣрахъ было найдено въ одномъ литрѣ воды:

Углекислоты всего 425,8 миллигр.; углекислоты свободной и полусвободной 243,0 миллигр.

Слѣдовательно, связанной углекислоты содержится:

$425,8 - 243,0 = 182,8$ миллигр.; а углекислоты свободной: $243,0 - 182,8 = 60,2$ миллигр.

8. ОПРЕДѢЛЕНІЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ.

Качественное открытіе и количественное опредѣленіе азотной кислоты, часто содержащейся въ природныхъ водахъ въ видѣ ея солей, затрудняется тѣмъ, что азотистая кислота, иногда сопровождающая азотную, даетъ также большинство реакцій, характерныхъ для послѣдней.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ

Присутствіе въ водѣ солей азотной кислоты легко можетъ быть обнаружено нѣсколькими цвѣтными реакціями, основанными на окисляющемъ дѣйствіи этой кислоты. Наиболее удобны для этой цѣли слѣдующія реакціи:

1). **Реакція съ дифениламиномъ.** 1—2 куб. сант. испытуемой воды наливаютъ въ маленькую фарфоровую чашку, прибавляютъ нѣсколько кристалликовъ дифениламина (лучше всего помощью волосяной кисточки) и быстро приливаютъ приблизительно 2—3 куб. сант. чистой крѣпкой сѣрной кислоты; жидкость въ чашечкѣ сильно разогрѣвается и, въ случаѣ присутствія солей азотной кислоты, окрашивается болѣе или менѣе скоро и сильно въ синій цвѣтъ. Реакція эта весьма чувствительна и позволяетъ при нѣкоторомъ навыкѣ судить

о приблизительномъ содержаніи азотной кислоты въ испытуемой водѣ. При содержаніи 10 миллиграммовъ азотной кислоты на 1 литръ воды получается тотчасъ же густое синее окрашиваніе, при содержаніи 5 миллиграммовъ синее окрашиваніе появляется только черезъ нѣсколько минутъ. Та же самая реакція можетъ быть вызвана и азотистой кислотой.

2) **Реакція съ бруциномъ.** Нѣсколько капель испытуемой воды наливаютъ въ фарфоровую чашечку, прибавляютъ нѣсколько кристалловъ бруцина и затѣмъ осторожно по стѣнкамъ чашки приливаютъ нѣсколько капель чистой крѣпкой сѣрной кислоты. При этомъ, въ случаѣ присутствія въ водѣ азотной кислоты, кристаллы бруцина окрашиваются на время въ красный цвѣтъ. И эта реакція можетъ быть вызвана также солями азотистой кислоты.

Если испытуемая вода содержитъ завѣдомо азотистую кислоту, то необходимо послѣднюю предварительно разрушить нагреваніемъ слабо подкисленной сѣрною кислотой пробы воды, къ которой было прибавлено нѣсколько кристалловъ мочевины, разрушающей азотистую кислоту:

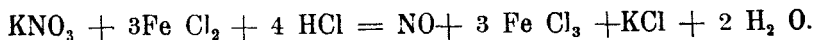


КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

Азотная кислота не даетъ нерастворимыхъ солей, въ видѣ которыхъ ее можно бы было выдѣлить въ осадокъ и поэтому для ея количественнаго опредѣленія пользуются измѣреніемъ количества могущихъ изъ нея образоваться нѣкоторыхъ соединений, или реакціями окисленія ею вызываемыми. Изъ многочисленныхъ способовъ, отчасти довольно сложныхъ, предложенныхъ для этого опредѣленія, ниже описаны способы Шульце-Тимана и Марксъ-Тромсдорфа, чаще другихъ употребляемые.

1. СПОСОБЪ ШУЛЬЦЕ-ТИМАНА.

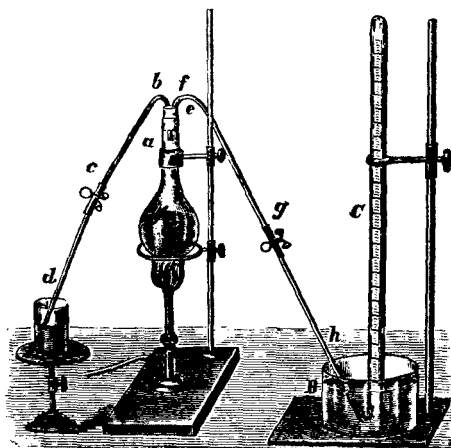
По этому способу нагреваютъ сильно сгущенную выпариваніемъ изслѣдуемую воду съ крѣпкимъ растворомъ хлористаго желѣза и съ избыткомъ соляной кислоты, причемъ азотная кислота превращается въ окись азота, NO, по уравненію:



Образующуюся газообразную окись азота улавливаютъ въ градуированную трубку надъ вывареннымъ растворомъ ѣдкаго натра и по найденному ея объему вычисляютъ количество азотной кислоты.

ПРОИЗВОДСТВО ОПЫТА.

100—500 куб. сант. изслѣдуемой воды, смотря по содержанію въ ней азотной кислоты, найденному при качественномъ испытаніи, выпариваютъ въ фарфоровой чашкѣ до приблизительно 50 куб. сант. и жидкость переливаютъ по стеклянной палочкѣ въ круглодонную колбу А, (Фиг. 2)



Фиг. 2.

емкости около 150 куб. сант. Чашку нѣсколько разъ ополаскиваютъ небольшимъ количествомъ горячей дистиллированной воды и промой также вливаютъ въ колбу, не заботясь о полномъ переведеніи въ эту колбу осадка, выдѣлившагося при испареніи воды и иногда весьма плотно приставаго къ стѣнкамъ фарфоровой чашки; такъ какъ въ этомъ осадкѣ не можетъ содержаться азотной кислоты.

Колба закрывается каучуковою пробкою съ двумя отверстіями, черезъ которыя проходятъ двѣ изогнутыя трубки *abc* и *efg*. Трубка *sba* оттянута при *a* въ довольно тонкое (около 1 миллиметра) отверстіе и оканчивается на 2 сант. ниже пробки; трубка *sfg* оканчивается у самой нижней поверхности пробки. Обѣ трубки соединяются при *c* и *g* узкими каучуковыми трубочками со стеклянными трубками *cd* и *gh*; на каучуковыхъ трубочкахъ надѣты зажимы *c* и *g*.

На изогнутый нижній конецъ *gh* надѣтъ кусокъ каучуковой трубки, чтобы предохранить трубку *gh* отъ разбитія. Въ есть стеклян-

ная ванна, содержащая свѣже прокипяченный и затѣмъ охлажденный 10% растворъ ѣдкаго натра; С есть запаянная сверху стеклянная измѣрительная трубка, раздѣленная на $\frac{1}{10}$ куб. сант. и также наполненная свѣже прокипяченнымъ растворомъ ѣдкаго натра.

Жидкость въ колбѣ А затѣмъ, при открытыхъ зажимахъ с и g, кипятятъ и выпариваютъ помощью подставленной подъ колбу горѣлки и черезъ нѣкоторое время вводятъ конецъ трубки e f g h въ растворъ ѣдкаго натра такъ чтобы пузыри пара проходили черезъ растворъ; черезъ нѣсколько минутъ закрываютъ зажимъ g, причемъ растворъ ѣдкаго натра втягивается, какъ въ пустоту, въ трубку gh и вполне ее заполняетъ. Далѣе паръ кипящей въ А жидкости уходитъ черезъ трубку abcd. Выпариваніе продолжаютъ, пока въ колбѣ останется лишь около 10 куб. сант. жидкости; тогда погружаютъ конецъ трубки cd въ стаканчикъ, содержащій насыщенный водный растворъ хлористаго желѣза, Fe Cl_2 , и, пропустивъ черезъ этотъ растворъ еще нѣсколько пузырьковъ водянаго пара, закрываютъ зажимъ с и тотчасъ удаляютъ горѣлку изъ подъ колбы А. Затѣмъ подводятъ отверстіе трубки gh подъ измѣрительную трубку С.

Подождавъ нѣсколько минутъ, пока колба А нѣсколько остынетъ и вслѣдствіи этого въ ней образуется разрѣженное пространство, заставляющее сжаться каучуковыя трубки с и g, постепенно отворяютъ зажимъ с, причемъ растворъ хлористаго желѣза переливается изъ стаканчика въ колбу А. Этого раствора вливаютъ въ колбу А около 10 куб. сант., что легко узнать, такъ какъ на стаканчикъ съ растворомъ нанесены снаружи двѣ мѣтки, между которыми вмѣщается 10 куб. сант. жидкости.

Закрывъ зажимъ с, конецъ трубки cd переносятъ въ другой такой же стаканчикъ, содержащій крѣпкую соляную кислоту, осторожно вновь отворяя зажимъ с, впускаютъ въ колбу А 10—15 куб. сант. соляной кислоты; подъ колбу тотчасъ подставляютъ горѣлку и ожидаютъ когда вслѣдствіи увеличенія давленія вновь расправятся сжатые каучуки с и g. Тогда осторожно отворяютъ зажимъ g, причемъ пары начинаютъ переходить по трубкѣ e f g h въ трубку С; водяной паръ и хлористый водородъ поглощаются ѣдкимъ натромъ, а окись азота собирается въ трубкѣ С. Кипяченіе и перегонку продолжаютъ, пока объемъ газа въ трубкѣ С перестанетъ увеличиваться и выделяемые пузырьки пара будутъ вполне поглощаться, проходя черезъ щелочной растворъ. Тогда вынимаютъ быстро трубку gh изъ жидкости и прекращаютъ кипяченіе, отодвинувъ горѣлку. Трубку С съ окисью азота и оставшимся въ ней растворомъ запираютъ подъ жидкостью пальцемъ и переносятъ въ стеклянный высокій цилиндръ.

наполненный холодною водою въ 15—18° Целзія, въ которую вся трубка погружается. По истеченіи 15—20 минутъ опредѣляютъ термометромъ температуру воды въ цилиндрѣ, отсчитываютъ высоту барометра и измѣряютъ объемъ собравшейся въ трубкѣ С окиси азота, для чего трубку поднимаютъ на столько, чтобы уровень жидкости въ ней и въ цилиндрѣ стояли на одной высотѣ. Отчитанный объемъ окиси азота приводится къ 0° и 760 миллиметрамъ барометрическаго давленія, по формулѣ:

$$V^0 = \frac{V^t \times (B - f) \times 273}{760 \times (273 + t)},$$

гдѣ V^0 —объемъ ея, приведенный къ 0°, къ 760 миллиметрамъ давленія, и къ сухому состоянію, V^t —отчитанный объемъ, B —барометрическое давленіе въ миллиметрахъ ртутнаго столба, t —температура воды въ цилиндрѣ въ градусахъ Цельзія и f —упругость водянаго пара при температурѣ t^0 въ миллиметрахъ ртутнаго столба.

Упругость водянаго пара, f , соотвѣтствующая обыкновенно наблюдаемымъ температурамъ, даетъ слѣдующая таблица:

Температура= t	Упругость= f	Температура= t	Упругость= f
10° Ц . . .	9,2 миллиметра	17° Ц . . .	14,4 миллиметра
11° „ . . .	9,8 „	18° „ . . .	15,3 „
12° „ . . .	10,5 „	19° „ . . .	16,3 „
13° „ . . .	11,2 „	20° „ . . .	17,4 „
14° „ . . .	11,9 „	21° „ . . .	18,5 „
15° „ . . .	12,7 „	22° „ . . .	19,7 „
16° „ . . .	13,5 „	23° „ . . .	20,9 „

1 куб. сант. сухой окиси азота при 0° и 760 миллим. давленія вѣсить 0,0013436 граммовъ. Такъ какъ каждая частица ангидрида азотной кислоты, $N_2 O_5$, даетъ 2 частицы окиси азота, NO; т. е. 108 вѣсовыхъ частей $N_2 O_5$ даютъ 60 вѣсовыхъ частей NO; то помножая исправленный объемъ V^0 на 0,002414, получаютъ вѣсъ ангидрида азотной кислоты, $N_2 O_5$, содержавшагося во взятомъ для опыта количествѣ испытуемой воды.

Примѣръ: 200 куб. сант. воды дали 8,6 куб. сант. окиси азота, измѣренной при 16°,5 и 755 миллим. барометрическаго давленія; поэтому:

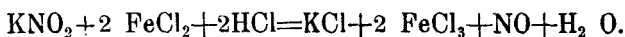
$$V^0 = \frac{8,6 \times (755 - 14) \times 273}{760 \times (273 + 16,5)} = 7,97 \text{ куб. сант.},$$

что соотвѣтствуетъ $7,97 \times 0,002414 = 0,01924$ гр. $N_2 O_5$.

Слѣдовательно, 1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ $19,24 \times 5 = 96,2$ миллигр. антидриа азотной кислоты, $N_2 O_5$.

Примѣчанія: 1). Послѣдніе слѣды окиси азота выдѣляются довольно медленно при кипяченіи жидкости, особенно если объемъ ея значителенъ. Поэтому должно избѣгать слишкомъ большого объема жидкости и вводить реактивы въ количествѣ не болѣе выше указанныхъ. Кромѣ того, полезно для полнаго выдѣленія окиси азота передъ окончаніемъ опыта на время закрыть зажимъ *g*, отнять горѣлку, дать колбѣ *A* нѣсколько остынуть и вновь, разогрѣвъ ее горѣлкой, еще нѣсколько минутъ продолжать перегонку, открывъ вновь зажимъ *g*; причемъ обыкновенно въ трубку *C* переходитъ еще нѣсколько пузырьковъ окиси азота, выдѣлившись изъ жидкости, вслѣдствіи уменьшенія надъ нею давленія во время сгущенія пара въ колбѣ.

2). Если испытуемая вода содержитъ также и соли азотистой кислоты, то и онѣ выдѣляются съ хлористымъ желѣзомъ и соляной кислотой окисъ азота:



Въ этомъ случаѣ изъ найденнаго количества $N_2 O_5$ необходимо вычесть количество эквивалентное найденному содержанію $N_2 O_5$; т. е. на 1 миллиграммъ $N_2 O_5$ —1,4 миллигр.

2. СПОСОБЪ МАРКСЪ-ТРОМСДОРФА.

Способъ этотъ основывается на окисленіи синяго индиготина, $C_{16} H_{10} N_2 O_2$, азотною кислотой въ присутствіи большого количества крѣпкой сѣрной кислоты въ вещество желтаго цвѣта, и з а т и м ъ, $C_{16} H_{10} N_2 O_4$, въ горячей жидкости. Реакція эта происходитъ правильно только при соблюденіи возможно постоянныхъ условій температуры и степени разбавленности употребляемыхъ растворовъ.

Для этого способа необходимы слѣдующіе реактивы:

1). **Растворъ индиготина.** Къ 60 граммамъ дымящейся сѣрной кислоты присыпаютъ при постоянномъ помѣшиваніи 10 граммовъ чистаго, мелко истертаго индиготина, по возможности избѣгая сильнаго разогрѣванія. Чашку закрываютъ стекломъ и даютъ постоять въ теченіи часа, затѣмъ, полученную густую темносиню массу вливаютъ въ 1 литръ дистиллированной воды, размѣшиваютъ, фильтруютъ и разбавляютъ еще дистиллированной водой, пока получится жидкость, начинающая просвѣчивать при толщинѣ слоя въ 12—15 миллим.

2). **Растворъ азотнокаліевой соли.** 1.871 граммовъ чистой высушенной каліевой селитры растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной

воды. 1 куб. сант. этого раствора содержитъ 1 миллигр. ангидрида азотной кислоты, $N_2 O_5$.

3). **Крѣпкая сѣрная кислота**, уд. в. 1,83, не содержащая азотной кислоты, или окисловъ азота.

ПРОИЗВОДСТВО ОПРЕДѢЛЕНІЯ.

25 куб. сант. изслѣдуемой воды смѣшиваютъ быстро съ 50 куб. сант. чистой крѣпкой сѣрной кислоты, причемъ жидкость разогрѣвается почти до кипѣнія; и тотчасъ же приливаютъ изъ бюретки растворъ индиготина, постоянно взбалтывая, пока жидкость не окрасится въ синеватозеленый цвѣтъ. Опытъ повторяютъ второй разъ, приливая сначала изъ бюретки сразу количество раствора индиготина израсходованное въ первомъ опытѣ и затѣмъ, дотитровывая до синеватозеленаго цвѣта, причемъ обыкновенно приходится израсходовать нѣсколько больше индиготиноваго раствора, чѣмъ въ первый разъ. Совершенно такимъ же образомъ устанавливаютъ титръ раствора индиготина по раствору азотнокаліевой соли, содержащему 1 миллигр. $N_2 O_5$ въ 1 куб. сант. Желательно, чтобы на 1 миллигр. $N_2 O_5$ требовалось отъ 6 до 8 куб. сант. раствора индиготина. При установленіи титра растворъ азотнокаліевой соли разбавляютъ дестиллированной водой такъ, чтобы онъ содержалъ въ 25 куб. сант. приблизительно столько же азотной кислоты, какъ изслѣдуемая вода. Если изслѣдуемая вода содержитъ болѣе 3—4 миллиграммовъ $N_2 O_5$ въ 25 куб. сант., то ее предварительно разбавляютъ дестиллированной водою и при вычисленіи принимаютъ въ расчетъ это разбавленіе. Вообще необходимо, чтобы установленіе титра раствора индиготина и производство опредѣленія количества $N_2 O_5$ въ изслѣдуемой водѣ были произведены при одинаковыхъ условіяхъ температуры, степени разбавленія и при одинаковыхъ избыткахъ сѣрной кислоты.

Присутствіе въ водѣ замѣтнаго количества легкоокисляемыхъ органическихъ веществъ можетъ сдѣлать невѣрными получаемые результаты, такъ какъ азотная кислота будетъ разрушаться не только индиготиномъ, но и этими органическими веществами. Поэтому необходимо для устраненія этой ошибки, особенно при анализѣ водъ, сильно загрязненныхъ, предварительно окислить содержащіеся въ нихъ органическія вещества. Удобнѣе всего для этой цѣли производить опредѣленіе азотной кислоты въ той жидкости, которая получается послѣ опредѣленія окисляемости изслѣдуемой воды. При этомъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Опредѣливъ въ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды окисляемость при помощи марганцевокаліевой соли, какъ выше было описано, жидкость,

послѣ ея охлажденія, переливають въ колбочку емкости въ 150 куб. сант., ополаскиваютъ колбу ее содержавшую дистиллированной водой, сливая туда-же промой и доливаютъ дистиллированной водой до черты. Жидкость взбалтываютъ и берутъ изъ нея пипеткою 25 куб. сант. для опредѣленія азотной кислоты. Если помножить число израсходованныхъ куб. сант. раствора индиготина на 6 и полученное произведеніе раздѣлить на число куб. сант. этого раствора, расходуемое на разложене 1 миллиграмма $N_2 O_3$, то получается число миллигр. ангидрида азотной кислоты, содержащихся въ 100 куб. сант. изслѣдованной воды.

Примѣръ: При опредѣленіи титра было найдено, что на разложене 1 миллигр. $N_2 O_3$ расходуется 8 куб. сант. раствора индиготина.

Въ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды была опредѣлена окисляемость и полученная послѣ этого жидкость была разбавлена дистиллированной водой до 150 куб. сант.

При титрованіи на 25 куб. сант. этой разбавленной жидкости потребовалось 12,6 куб. сант. раствора индиготина для полученія синева-тозеленаго окрашиванія; слѣдовательно 100 куб. сант. изслѣдуемой воды содержать:

$$\frac{12,6 \times 6}{8} = 9,45 \text{ миллигр.,}$$

а 1 литръ — 94,5 миллигр. $N_2 O_3$.

Примѣчанія: 1). Способъ Марксъ-Тромедорфа, не отличающійся большою точностью, проще всѣхъ другихъ и не требуетъ примѣненія сложныхъ приборовъ и наблюденій барометра; онъ особенно пригоденъ, когда требуются анализы нѣсколькихъ образцовъ воды одновременно и не нуждаются въ особенной точности результатовъ.

2). При одновременномъ присутствіи въ водѣ солей азотистой кислоты, также дѣйствующихъ на растворъ индиготина, необходимо воду сначала подвергнуть окисленію марганцевокалиевой солью, какъ выше описано, а затѣмъ изъ полученныхъ результатовъ вычесть количество $N_2 O_3$ эквивалентное найденному особо количеству $N_2 O_3$.

3). Для приготовленія индиговаго раствора можно также употребить растворъ имѣющагося въ продажѣ индигокармина (дисульфопиндиговой кислоты, $C_{16} H_8 (HSO_3)_2 N_2 O_2$, разбавляя его дистиллированной водой до полученія синей жидкости, просвѣчивающей въ слояхъ толщиной въ 12—15 миллим.

Кромѣ вышеописанныхъ способовъ, предлагалось для опредѣленія азотной кислоты еще нѣсколько другихъ, отчасти довольно сложныхъ и не представляющихъ собою какихъ либо преимуществъ. Такъ

Дунге ¹⁾ производить превращение азотной кислоты в окись азота взбалтыванием сгущенной пробы воды с сѣрною кислотой и металлической ртутью в азотомерѣ.

По способамъ Ульча ²⁾ возстановляютъ дѣйствіемъ порошкового металлическаго желѣза и сѣрной кислоты азотную кислоту в амміакъ, выдѣляютъ послѣдній щелочью, отгоняютъ, улавливаютъ в отмѣренный объемъ титрованной сѣрной кислоты и опредѣляютъ количество образовавшагося амміака титрованиемъ или колориметрически, или опредѣляютъ объемъ водорода необходимаго для возстановленія азотной кислоты в амміакъ в особомъ довольно сложномъ приборѣ.

9. ОПРЕДѢЛЕНІЕ АЗОТИСТОЙ КИСЛОТЫ.

Азотистая кислота встрѣчается по большей части в весьма малыхъ количествахъ в природныхъ водахъ сильно загрязненныхъ, вытекающихъ изъ почвъ, пропитанныхъ гніющими органическими веществами. Присутствіе даже минимальнаго количества азотистой кислоты можетъ быть легко обнаружено нѣсколькими весьма чувствительными реакціями.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

1) **Реакція іодно-цинковаго крахмального клейстера.** Этотъ реактивъ готовится слѣдующимъ образомъ: 4 грамма лучшаго крахмала растираютъ съ водою в фарфоровой чашечкѣ в молочную жидкость и ее вливаютъ мало-по-малу в кипящій растворъ 20 гр. хлористаго цинка в 200 куб. сант. дистиллированной воды. Смѣсь продолжаютъ непрерывно нагрѣвать, добавляя испаряющуюся воду, пока большая часть крахмала растворится (2—3 часа). По охлажденіи къ жидкости прибавляютъ 2 гр. іодистаго цинка, разбавляютъ до 1 литра, даютъ отстояться и сливаютъ осторожно почти прозрачный растворъ в стеклянку съ притертою стеклянною пробкою. Если прибавить 1—2 куб. сант. этого реактива къ водѣ, содержащей азотистую кислоту, подкисленной разбавленной сѣрною кислотой (1:3) то получается тотчасъ же или черезъ нѣсколько минутъ болѣе или менѣе густое синее окрашиваніе, зависящее отъ того, что азотистая кислота выдѣляетъ изъ іодистаго цинка свободный іодъ, который образуетъ съ крахмаломъ соединеніе синяго цвѣта. Реакція эта в высшей степени чувствительна и позволяетъ открыть даже

¹⁾ Ann. Chem. Pharm. 62.233.

²⁾ Zeitschrift für analyt. Chem. 30. 175. и 31.392.

0,1 миллигр. $N_2 O_3$ въ 1 литръ испытуемой воды; при содержаніи въ водѣ 0,4 миллигр. $N_2 O_3$ на 1 литръ, синее окрашиваніе послѣ 25 — 30 минутъ стоянія столь густо, что слои жидкости толщиной въ 16—18 сант. совершенно не прозрачны. Къ сожаленію, эта столь чувствительная реакція не характерна для азотистой кислоты, такъ какъ можетъ быть вызвана и другими составными частями нѣкоторыхъ природныхъ водъ; такъ напримѣръ, соли желѣза, перекись водорода и, повидимому, нѣкоторые органическія соединенія, встрѣчающіяся въ водахъ, могутъ вызывать ее. Даже прямой солнечный свѣтъ вызываетъ синее окрашиваніе разбавленнаго и подкисленнаго сѣрной кислотой іодно-цинковаго крахмальнаго раствора.

2). **Реакція съ метафенилендіаминомъ.** Если прибавить къ водѣ, содержащей азотистую кислоту, безцвѣтный растворъ метафенилендіамина, подкисленный разбавленной сѣрной кислотой, то получается желтое, или бурожелтое окрашиваніе. Реактивъ получаютъ, растворяя 0,5 гр. метафенилендіамина, $C_6 H_4 (N H_2)_2$, въ 100 куб. сант. дистиллированной воды и подкисляя разбавленной сѣрной кислотой до яснокислой реакціи; если получаемая жидкость будетъ окрашена, то ее обезцвѣчиваютъ кипяченіемъ съ прокаленнымъ животнымъ углемъ. И эта реакція весьма чувствительна и основывается на образованіи бурого цвѣта азопигмента, триамидоазобензола, для образованія, котораго, необходима азотистая кислота.

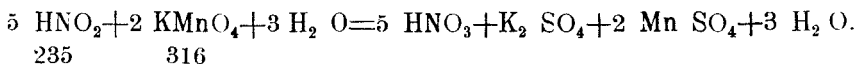
3). **Реакція съ сульфаниловой кислотой и α -нафтиламиномъ.** Необходимый реактивъ готовится, растворяя въ 300 куб. сант. 30% уксусной кислоты уд. в. 1,041 при нагреваніи 1 гр. сульфаниловой кислоты, $C_6 H_4 NH_2 HSO_3$, и 0.2 гр. кристаллическаго α -нафтиламина, $C_{10} H_7 NH_2$. Его сохраняютъ въ стеклянкахъ съ притертою стеклянной пробкой. Для открытія азотистой кислоты вливаютъ около 50 куб. сант. изслѣдуемой воды въ стеклянный цилиндръ съ пришлифованной пробкой, прибавляютъ 2—3 куб. сант. реактива, запираютъ цилиндръ пробкою, взбалтываютъ и оставляютъ стоять 15—20 минутъ. Даже 0,01 миллигр. $N_2 O_3$ на 1 литръ воды обнаруживается при этомъ появляющимся черезъ нѣсколько минутъ розовымъ окрашиваніемъ. Отъ 0,1 миллигр. на 1 литръ воды проба тотчасъ же окрашивается въ ярко красный цвѣтъ. Эта въ высшей степени чувствительная реакція, открытая Гриссомъ и затѣмъ изученная Илосваемъ и Лунге, также основывается на образованіи весьма яркаго краснаго азопигмента, для полученія котораго, необходима азотистая кислота. Реакція эта въ тоже время характерна для азотистой кислоты, такъ какъ никакія другія вещества, встрѣчающіяся въ природныхъ водахъ, не способны ее вызвать

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНИЕ.

Если содержаніе азотистой кислоты въ природныхъ водахъ значительно, болѣе 2 миллигр. въ 1 литрѣ, то оно опредѣляется лучше всего по способу Фельдгауса-Кубеля. Для опредѣленія же весьма малыхъ количествъ $N_2 O_3$ употребляются колориметрическіе способы.

1). СПОСОБЪ ФЕЛЬДГАУСА—КУБЕЛЯ.

Способъ этотъ основывается на легкомъ и полномъ окисленіи уже на холоду азотистой кислоты въ азотную при помощи титрованного раствора марганцевокаліевой соли въ присутствіи разбавленной сѣрной кислоты:

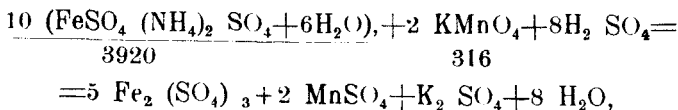


5 частицъ HNO_2 (235) соотвѣтствуютъ 2,5 частицамъ $N_2 O_3$ (190) и окисляются 2 частицами KMnO_4 (316); слѣдовательно, 1 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора марганцевокаліевой соли, содержащій 0,316 миллигр. KMnO_4 , соотвѣтствуютъ 0,19 миллигр. $N_2 O_3$.

Для производства опредѣленія необходимы слѣдующіе растворы:

1). **Растворъ марганцевокаліевой соли**, содержащій около 316 миллигр. KMnO_4 въ 1 литрѣ ($\frac{1}{100}$ нормальный). Берутъ растворъ, служащій также для опредѣленія окисляемости воды, получаемый раствореніемъ 0,32—0,33 гр. чистой марганцевокаліевой соли въ 1 литрѣ дистиллированной воды.

2). **Растворъ двойной сѣрножелезистоаммиачной соли**, $\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ (соли Мора). 3,92 гр. этой соли свѣже перекристаллизованной и отжатой между пропускной бумагой растворяютъ въ 1 литрѣ прокипяченной и затѣмъ охлажденной дистиллированной воды; 1 куб. сан. полученнаго раствора эквивалентенъ 0,19 миллигр. $N_2 O_3$; такъ какъ соль эта окисляется марганцевокаліевой солью по уравненію:



и, слѣдовательно, расходуетъ на каждые 3,92 миллигр. содержащіяся въ 1 куб. сант. ея раствора, 0,316 миллигр. KMnO_4 способныхъ, какъ указано выше, окислять 0,19 миллигр. $N_2 O_3$ въ азотную кислоту.

3). **Разбавленная сѣрная кислота** (1:3) Химически чистую сѣрную кислоту уд. в. 1,83 смѣшиваютъ съ тройнымъ объемомъ дистиллированной воды.

ПРОИЗВОДСТВО ОПРЕДѢЛЕНІЯ.

Къ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды приливають изъ бюретки избытокъ (5, 10, 15, 20 куб. сант., смотря по содержанію азотистой кислоты) $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора марганцевокаліевой соли и затѣмъ 5 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты, затѣмъ тотчасъ же изъ другой бюретки растворъ соли Мора до полного обезцвѣчиванія и наконецъ, дотитровываютъ до слабо-розоваго окрашиванія жидкости марганцевокаліевой солью. Вслѣдъ за этимъ тотчасъ же устанавливаютъ отношеніе между обоими растворами, для чего въ колбу вновь приливають влитое раньше количество раствора соли Мора и титруютъ до розоваго окрашиванія марганцевокаліевой солью. Если изъ израсходованнаго количества раствора марганцевокаліевой соли вычесть количество его, идущее на окисленіе взятаго въ опытъ количества раствора соли Мора и разность помножить на 0,19; то получится число миллигр. $N_2 O_3$, содержащихся въ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды.

Примѣръ: Къ 100 куб. сант. испытуемой воды прибавлено 10 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора марганцевокаліевой соли, 5 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты и затѣмъ 10 куб. сант. раствора соли Мора, содержащаго 3,92 гр. этой соли въ 1 литрѣ, послѣ этого потребовалось еще 3,6 куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли для полученія свѣтлорозоваго окрашиванія жидкости. 10 куб. сант. раствора соли Мора требовали 9,9 куб. сант. того же раствора марганцевокаліевой соли.

$$10 - 3,6 = 6,4 \text{ куб. сант.}; 6,4 - 9,9 = -3,5 \text{ куб. сант.}$$

Слѣдовательно, 100 куб. сант. изслѣдуемой воды содержатъ:

$$3,7 \times 0,19 = 0,703 \text{ миллигр., а 1 литръ} - 7,03 \text{ миллигр. } N_2 O_3.$$

Примѣчаніе: При производствѣ опредѣленія необходимо, чтобы температура титруемой жидкости лежала въ предѣлахъ $15^\circ - 25^\circ$ Цельсія. При болѣе низкой температурѣ окисленіе азотистой кислоты идетъ слишкомъ медленно, а выше 25° Цельсія можно опасаться, что и органическія вещества, содержащіяся въ водѣ, будутъ окисляться марганцевокаліевой солью.

2. КОЛОРИМЕТРИЧЕСКІЕ СПОСОБЫ.

Колориметрическіе способы количественнаго анализа, весьма удобные при опредѣленіи малыхъ количествъ нѣкоторыхъ веществъ, основываются на примѣненіи нѣкоторыхъ цвѣтныхъ реакцій и на

сравненіи густоты окрашиванія, вызываемаго извѣстнымъ реактивомъ въ испытуемомъ растворѣ и въ жидкости, содержащей извѣстное количество опредѣляемаго вещества при одинаковыхъ условіяхъ опыта.

Для колориметрическаго опредѣленія азотистой кислоты необходимо растворъ азотистощелочной соли, содержащій извѣстное количество $N_2 O_3$. Для полученія такого раствора удобнѣе всего исходить изъ вѣса чистой сухой азотистосеребряной соли, $AgNO_2$. Соль эта готовится, прибавляя къ раствору 10 гр. продажной чистой азотистокалиевой соли въ 50 куб. сант. дистиллированной воды, крѣпкій водный растворъ 20 гр. азотосеребряной соли отжимается на сосалкѣ отъ жидкости, промывается нѣсколько разъ холодной водой и перекристаллизовывается изъ кипящей дистиллированной воды. Полученные игольчатые кристаллы чистой азотистосеребряной соли отжимаются между пропускной бумагой и высушиваются въ эксикаторѣ. 0,406 гр. этой чистой азотистосеребряной соли растворяютъ въ литровой колбѣ въ горячей дистиллированной водѣ, къ раствору прибавляютъ около 1 гр. поваренной соли, взбалтываютъ и разбавляютъ дистиллированной водой до черты. Послѣ взбалтыванія и отстаиванья отъ осадка хлористаго серебра берутъ 100 куб. сант. полученнаго раствора и разбавляютъ ихъ дистиллированной водой до 1 литра. 1 куб. сант. полученнаго такимъ образомъ раствора содержитъ ровно 0,01 мил. $N_2 O_3$.

Колориметрическое опредѣленіе можно производить, работая съ постоянными, или съ переменными объемами сравниваемыхъ жидкостей.

1. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ВЪ ПОСТОЯННЫХЪ ОБЪЕМАХЪ.

Для производства этого опредѣленія требуются пять одинаковаго размѣра цилиндровъ изъ безцвѣтнаго стекла, снабженныхъ мѣтками, обозначающими объемъ въ 100 куб. сант., высота этихъ цилиндровъ до мѣтки должна составлять 18—20 сант. Въ одинъ изъ этихъ цилиндровъ наливаютъ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, а въ остальные четыре послѣдовательно изъ бюретки 1, 2, 3 и 4 куб. сант. раствора азотистонатріевой соли, содержащаго въ 1 куб. сант. 0,01 миллигр. $N_2 O_3$, и недостающее до 100 куб. сант., количество дистиллированной воды. Во всѣхъ цилиндрахъ жидкости тщательно перемѣшиваются чистыми стеклянными палочками и ко всѣмъ пяти пробамъ быстро прибавляютъ одинаковое количество реактива, вызывающаго окрашиваніе съ азотистой кислотой, вновь тща-

тельно размѣшиваютъ и затѣмъ наблюдаютъ, въ которомъ изъ цилиндровъ получится окрашиваніе одинаково скоро и одинаково густое, какъ въ цилиндрѣ съ изслѣдуемой водой. Для наблюденія удобнѣе всего поставить всѣ цилиндры рядомъ на листъ бѣлой бумаги и смотрѣть на жидкость сверху сквозь весь ея слой. Первый опытъ обыкновенно укажетъ лишь, въ которомъ изъ четырехъ пробныхъ цилиндровъ содержится количество N_2O_3 , ближе всего подходящее къ содержанію ея въ изслѣдуемой водѣ. Опытъ повторяютъ, измѣняя количество N_2O_3 , прибавляемое въ пробные цилиндры къ дистиллированной водѣ, согласно съ результатами перваго опыта, пока не получатъ въ одномъ изъ пробныхъ цилиндровъ окрашиванія одинаково густаго и одинаково скоро появляющагося, какъ и въ изслѣдуемой водѣ. Если при первомъ опытѣ окажется, что изслѣдуемая вода тотчасъ же даетъ слишкомъ густое окрашиваніе и, слѣдовательно, содержитъ много N_2O_3 , то необходимо предварительно такую воду разбавить въ опредѣленномъ отношеніи чистой дистиллированной водою, такъ чтобы окрашиваніе появлялось лишь по истеченіи нѣсколькихъ минутъ и не было бы слишкомъ густымъ, отвѣчающимъ содержанію не болѣе 0,4 миллигр. N_2O_3 въ 100 куб. сант. Для этого въ первый цилиндръ, вмѣсто 100 куб. сант., вливаютъ лишь 5, 10, 20, 25 или 50 куб. сант. испытуемой воды и разбавляютъ ихъ до 100 куб. сант. дистиллированной воды, а при расчетѣ принимаютъ въ соображеніе примѣненную степень разбавленія.

Для производства опредѣленія по описываемому способу могутъ быть примѣнны всѣ реактивы, указанные при описаніи качественного открытія азотистой кислоты.

Тромсдорфъ употребляетъ для этой цѣли растворъ іодноцинковаго крахмальнаго клейстера по 3 куб. сант. на каждую пробу, предварительно подкисливъ каждую пробу 1 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты. Прейссе и Тиманъ берутъ для этого по 3 куб. сант. раствора метафенилендіамина и сравниваютъ густоту желто-бураго окрашиванія по истеченіи 10 минутъ. По Лунге для тойже цѣли удобнѣе всего брать по 2 куб. сант. раствора сульфаниловой кислоты и α нафтиламина, при употребленіи котораго могутъ быть опредѣлены даже ничтожно малыя количества азотистой кислоты, до 0,01 миллигр. на 1 литръ воды.

Примѣчаніе: При колориметрическомъ опредѣленіи азотистой кислоты необходимо тщательно испытать на чистоту употребляемые реактивы и дистиллированную воду, а также сравнивать густоту окрашиванія жидкостей послѣ одинаковаго времени ихъ стоянія, такъ какъ густота окрашиванія увеличивается при стояніи. Необходимо

поэтому при повторныхъ опытахъ каждый разъ вновь готовить пробу съ изслѣдуемой водой одновременно съ пробами для сравненія.

Примѣръ: 25 куб. сант. изслѣдуемой воды были разбавлены дистиллированной водой до 100 куб. сант. и дали тоже окрашиваніе, какъ 100 куб. сант. дистиллированной воды, содержащей 2.8 куб. сант. раствора азотистонатріевой соли, содержащаго 0,01 миллигр. $N_2 O_3$ въ 1 куб. сант.

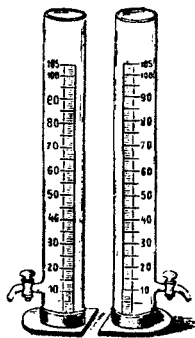
100 куб. сант. изслѣдуемой воды содержатъ поэтому:

$$2,8 \times 0,01 \times 4 = 0,112 \text{ миллигр.},$$

а 1 литръ 1,12 миллигр. $N_2 O_3$.

2. ОПРЕДѢЛЕНИЕ ВЪ ПЕРЕМѢННЫХЪ ОБЪЕМАХЪ

При колориметрическихъ опредѣленіяхъ въ постоянныхъ объемахъ бываетъ необходимымъ повторять нѣсколько разъ опытъ, повторно приготавливая сравнительные растворы, что требуетъ довольно много времени и труда: Вслѣдствіи этого, Генеръ предложилъ производить эти колориметрическія опредѣленія въ переменныхъ объемахъ сравниваемыхъ растворовъ. Для этой цѣли употребляютъ два одинаковыхъ діаметра и высоты цилиндра изъ безцвѣтнаго стекла, градуированные на кубическіе сантиметры, снабженные внизу близъ дна стеклянными кранами и вставляемые въ металлическія подставки (Фиг. 3).



Фиг. 3.

Нанесенныя на цилиндрахъ дѣленія идутъ снизу вверхъ до 100 куб. сант., причемъ высота обоихъ цилиндровъ отъ ихъ дна до соответствующихъ мѣтокъ совершенно одинакова. При производствѣ опредѣленія въ одинъ изъ цилиндровъ наливаютъ изслѣдуемую воду до мѣтки, показывающей 100 куб. сант. Въ другой цилиндръ вливаютъ изъ бюретки приблизительно соответствующее содержанію $N_2 O_3$, количество раствора азотистонатріевой соли, содержащаго 0,01 миллигр. $N_2 O_3$ въ 1 куб. сант. и доливаютъ дистиллированной воды до объема въ 100 куб. сант. Затѣмъ въ оба цилиндра одновременно приливаютъ равные объемы вызывающаго окрашиваніе реактива, размѣшиваютъ жидкости стеклянными палочками и оставляютъ стоять на нѣсколько минутъ. По истеченіи 15—20 минутъ вынимаютъ оба цилиндра изъ

металлическихъ подставокъ и, держа ихъ рядомъ въ лѣвой рукѣ, сравниваютъ густоту окрашиванія въ нихъ жидкостей при разсматриваніи сверху сквозъ весь слой жидкостей по направленію къ подложенному листу бѣлой бумаги. Отвѣрняя затѣмъ правой рукой стеклянный кранъ, выпускаютъ постепенно жидкость въ подставленный стаканчикъ изъ того цилиндра, въ которомъ окрашиваніе гуще, до тѣхъ поръ пока, вслѣдствіи уменьшенія толщины слоя, окрашиваніе жидкостей въ обоихъ цилиндрахъ будетъ казаться одинаковымъ. Достигнувъ этого, отсчитываютъ объемъ жидкости оставшейся въ цилиндрѣ съ болѣе густо окрашеннымъ растворомъ и узнаютъ такимъ образомъ въ какомъ объемѣ изслѣдованной воды содержится взятое въ опытъ количество $N_2 O_3$.

Примѣръ: Къ 100 куб. сант. испытуемой воды, влитой въ одинъ изъ цилиндровъ Генера было прибавлено 2 куб. сант. уксуснокислаго раствора сульфаниловой кислоты и α нафтиламина. Во второй цилиндръ Генера влито 2,5 куб. сант. раствора, содержащаго 0,01 миллигр. $N_2 O_3$ въ 1 куб. сант., долито до 100 куб. сант. дистиллированной воды и затѣмъ также прибавлено 2 куб. сант. реактива. Въ обоихъ цилиндрахъ жидкости перемѣшаны и оставлены стоять 15 минутъ. По истеченіи этого времени оказалось, что для полученія одинаковой густоты розоваго окрашиванія, надо изъ перваго цилиндра отлить жидкости до объема 64,5 куб. сант.

Въ 64,5 куб. сант. жидкости въ первомъ цилиндрѣ содержится слѣдовательно, $2,5 \times 0,01 = 0,025$ миллигр. $N_2 O_3$, а въ первоначально содержавшихся въ этомъ цилиндрѣ 102 куб. сант., соотвѣствующихъ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, $\frac{102 \times 0,025}{64,5} = 0,395$ миллигр.

Слѣдовательно, въ 1 литрѣ воды содержится 3,95 миллигр. $N_2 O_3$.

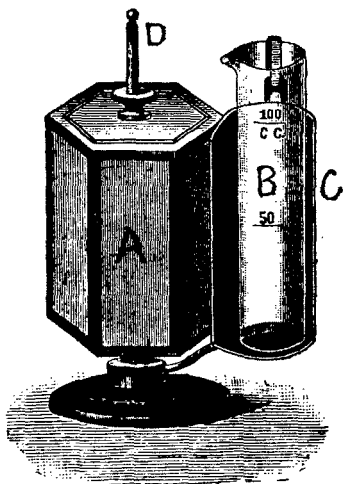
Примѣчанія: 1). Колориметрическіе методы примѣнны только къ водамъ безцвѣтнымъ, не имѣющимъ замѣтной окраски. Природныя воды сильно окрашенныя должны быть предварительно обезцвѣчены. Для этого къ нимъ прибавляютъ на каждые 200 куб. сант. 3 куб. сант. раствора соды (1:3) и 0,5 кубическихъ сантиметра раствора ѣдкаго натра (1:2). Образующійся осадокъ углекислыхъ солей кальція и магнія обыкновенно увлекаетъ съ собою красящія вещества, такъ что отстоявшаяся отъ него вода получается безцвѣтною. Если изслѣдуемая вода мягкая и содержитъ лишь немного известковыхъ и магнезійныхъ солей, то къ ней передъ прибавкою соды и ѣдкаго натра прибавляютъ нѣсколько капель раствора квасцевъ (1:10).

2). Для удобнаго сравненія окрасокъ можно примѣнять различныхъ системъ колориметры. Въ этихъ оптическихъ приборахъ

лучи свѣта, прошедшіе черезъ жидкости въ двухъ цилиндрахъ, помощью призмы направляются каждый отдѣльно на половину стекляннаго кружка и сообщаютъ ей соотвѣтствующую окраску, наблюдаемую черезъ оптический окуляръ. При одинаковой окраскѣ жидкостей въ обоихъ цилиндрахъ получается и одинаковая окраска обоихъ половинъ видимаго поля зрѣнія.

3). Для полученія возможно скоро хотя и не особенно точныхъ результатовъ, Кенигъ предложилъ особый упрощенный колориметръ, позволяющій обходиться безъ приготовленія типическихъ растворовъ для сравненія. Для этой цѣли Кенигъ воспроизвелъ въ краскахъ оттѣнки синяго цвѣта, которые даетъ іодноцинковокрахмальныи клейстеръ въ водахъ съ различнымъ извѣстнымъ содержаніемъ $N_2 O_3$.

Помощью литографіи были приготовлены полосы окрашенной бумаги и укрѣплены по сторонамъ шестигранной призмы А, могущей вращаться вокругъ вертикальной оси D (Фиг. 4).



Фиг. 4.

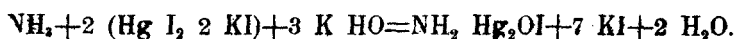
Стеклянный цилиндръ В, содержащій изслѣдуемую окрашенную жидкость, помѣщается на особой подставкѣ С. сбоку призмы; въ него вливается 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, 1 куб. сант. разбавленной сѣрной кислоты и 3 куб. сант. іодноцинковокрахмального раствора. Бумажныи цвѣтныи полосы имѣютъ ширину, равную діаметру цилиндра и тѣже высоту, что и слой жидкости. За содержаніе $N_2 O_3$ въ водѣ принимается число, поставленное на бумажной полосѣ, ближайшій по своей окраскѣ къ оттѣнку жидкости въ цилиндрѣ.

Подобныи же упрощенныи колориметры были изготовлены Кенигомъ также для колориметрическихъ опредѣленій амміака и желѣза въ природныи водахъ (см. ниже).

10. ОПРЕДѢЛЕНІЕ АММІАКА.

Амміакъ, представляющій собой одинъ изъ обыденныхъ продуктовъ гниlostнаго разложенія азотъ содержащихъ органическихъ веществъ, содержится въ природныи водахъ всегда лишь въ весьма не-

значительномъ количествѣ, чаще всего въ доляхъ миллигр. на 1 литръ этихъ водъ. Для его открытія и опредѣленія пользуются обыкновенно цвѣтною реакціею, вызываемою такъ называемымъ реактивомъ Несслера, представляющимъ собою растворъ двойной іодистой соли ртути и калия въ избыткѣ раствора ѣдкаго кали. Реактивъ этотъ производитъ въ растворѣ амміака и его солей желтое или желтовато-красное окрашиваніе, или такого же цвѣта осадокъ. Реакція эта зависитъ отъ образованія особаго окрашеннаго амиднаго производнаго ртути, образующагося по уравненію:



Это амидное соединеніе въ болѣе значительномъ количествѣ образуетъ осадокъ, а въ весьма маломъ количествѣ лишь окрашиваніе содержащей его жидкости. Если жидкость, въ которой производится эта реакція содержитъ также вещества, могущія давать съ ѣдкимъ кали осадокъ, то осадокъ этотъ увлекаетъ съ собою окрашенное амидное соединеніе ртути, такъ что, не смотря на присутствіе небольшого количества амміака въ жидкости, она можетъ остаться не окрашенною. Такъ какъ природныя воды всегда содержатъ известковыя и магнезіальныя соли, дающія со щелочами осадки, то испытаніе этихъ водъ на амміакъ реактивомъ Несслера можетъ быть произведено лишь послѣ удаленія известковыхъ и магнезіальныхъ солей изъ раствора осажденіемъ ихъ смѣсью соды съ ѣдкою щелочью.

Для открытія, а также для опредѣленія количества амміака въ природныхъ водахъ необходимы слѣдующіе реактивы:

1). **Растворъ соды и ѣдкаго натра.** 340 гр. чистой кристаллической соды, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$, и 170 гр. чистаго ѣдкаго натра растворяютъ въ 500 куб. сант. дистиллированной воды, сильно кипятятъ въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа для удаленія слѣдовъ амміака, разбавляютъ дистиллированную водою до 1 литра и сохраняютъ въ стеклянкѣ, хорошо закупоренной каучуковою пробкой.

2). **Реактивъ Несслера.** 50 гр. іодистаго калия растворяютъ въ 50 куб. сант. горячей дистиллированной воды и къ раствору приливаютъ насыщенный горячій водный растворъ сулемы (около 20 — 25 гр.) до тѣхъ поръ, пока красный осадокъ іодной ртути перестанетъ при взбалтываніи растворяться. Затѣмъ приливаютъ растворъ 150 гр. чистаго ѣдкаго кали въ 300 куб. сант. дистиллированной воды, разбавляютъ водою до 1 литра, прибавляютъ еще около 5 куб. сант. раствора сулемы, даютъ устояться осадку и сливаютъ прозрачную жид-

кость въ плотно закупориваемую каучуковою пробкою стеклянку. Образующійся при храненіи раствора небольшой осадокъ не препятствуетъ употребленію реактива, который лучше всего берется прямо изъ стеклянки помощью пипетки, избѣгая взбалтыванія жидкости.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

Къ 100—150 куб. сант. изслѣдуемой воды, влитой въ хорошо запираемую пробкою стеклянку прибавляють 3 куб. сант. раствора соды и ѣдкаго натра, взбалтываютъ и даютъ стеклянкѣ стоять нѣсколько часовъ, пока отстоится осадокъ щелочноземельныхъ карбонатовъ. Отстоявшуюся прозрачную жидкость сливають въ узкій стеклянный цилиндръ или пробирку такъ, чтобы она образовала слой по крайней мѣрѣ въ 15 сант., прибавляють 1 куб. сант. реактива Несслера и взбалтываютъ. Если получается желтое или красножелтое окрашиваніе, особенно хорошо замѣтное при разсматриваніи жидкости сверху, сквозь весь ея слой, или если появится красноватаго цвѣта осадокъ, то изслѣдуемая вода содержитъ амміакъ.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

Подобно азотистой кислотѣ, количественное опредѣленіе содержанія амміака въ природныхъ водахъ удобнѣе всего производится колориметрически. Для опредѣленія амміака въ водахъ замѣтно окрашенныхъ, или содержащихъ болѣе значительныя его количества, примѣняются также болѣе сложные способы перегонки или вѣсовые.

1. КОЛОРИМЕТРИЧЕСКІЙ СПОСОБЪ.

Способъ этотъ, разработанный Франкландомъ и Армстронгомъ, основывается на сравненіи густоты окрашиванія, вызываемаго реактивомъ Несслера въ изслѣдуемой водѣ и въ жидкостяхъ, содержащихъ извѣстное количество амміака, при одинаковыхъ условіяхъ. И здѣсь, какъ при качественномъ испытаніи, необходимо предварительно удалить изъ воды известковыя и магнезіальныя соли, осаждающія ихъ растворомъ соды и ѣдкаго натра.

Для производства колориметрическаго сравненія необходимо имѣть растворъ, содержащій извѣстное количество амміака, въ видѣ амміачной соли.

Для приготовления этого раствора 8,147 гр. чистого взогнаннаго и сухаго хлористаго аммонія, $\text{NH}_4 \text{Cl}$, растворяют въ 1 литръ дистиллированной воды, причемъ получается жидкость, 1 куб. сант. которой содержитъ 1 миллигр. амміака, NH_3 . 50 куб. сант. этого сравнительно крѣпкаго раствора разбавляютъ далѣе до 1 литра дистиллированной водой, причемъ получается жидкость, содержащая въ 1 куб. сантиметръ 0,05 миллигр. NH_3 .

Реакція съ реактивомъ Несслера примѣнима только для колориметрическихъ опредѣленій весьма слабыхъ растворовъ амміака, дающихъ только окрашиваніе, и при томъ не слишкомъ густое, но отнюдь не осадокъ. Она годится только для жидкостей, содержащихъ въ 100 куб. сант. не болѣе 0,1 миллигр. NH_3 . Если изслѣдуемая природная вода содержитъ амміакъ въ количествахъ большихъ этого предѣла, то ее необходимо предварительно разбавить дистиллированной водою до вышеприведеннаго предѣльнаго содержанія NH_3 , и при расчетѣ принять во вниманіе степень сдѣланнаго разбавленія.

Самое колориметрическое опредѣленіе можетъ быть произведено, какъ и азотистой кислоты, при постоянныхъ или при переменныхъ объемахъ сравниваемыхъ окрашенныхъ жидкостей.

Прежде всего изслѣдуемая вода освобождается отъ содержащихся въ ней солей кальція и магнія. Для этой цѣли 300 куб. сант. испытуемой воды вливаютъ въ узкій высокій цилиндръ съ пришлифованной пробкой, приливаютъ 3 куб. сант. раствора соды и ѣдкаго натра, закрываютъ цилиндръ пробкою, взбалтываютъ и даютъ осадку устояться въ теченіи покрайней мѣрѣ 12 часовъ. При этомъ осадокъ углекислыхъ солей, сначала объемистый и аморфный, становится кристаллическимъ и плотно садится на дно цилиндра. Чтобы сѣли на дно также клочья осадка, приставаго къ стѣнкамъ, цилиндръ встряхиваютъ по временамъ и вновь даютъ жидкости устояться. Совершенно отстоявшаяся щелочная жидкость затѣмъ осторожно сливается съ осадка въ колориметрической цилиндръ.

При работѣ съ постоянными объемами употребляютъ, какъ и при опредѣленіи азотистой кислоты, пять равныхъ между собою стеклянныхъ цилиндровъ, вмѣщающихъ до нанесенныхъ на нихъ мѣтокъ 100 куб. сант. Въ первый изъ этихъ цилиндровъ наливаютъ отстоявшуюся отъ осадка карбонатовъ воду, въ остальные четыре — изъ бюретки послѣдовательно 0,2, 0,5, 1 и 2 куб. сант. раствора нашатыря, содержащаго 0,05 миллигр. NH_3 въ 1 куб. сант. и доливаютъ дистиллированной водою до 100 куб. сант. Жидкости въ пробныхъ цилиндрахъ перемѣшиваютъ стеклянными палочками и въ каждый изъ пяти цилиндровъ приливаютъ пипеткою по 1 куб. сант. реактива

Несслера, вновь перемѣшиваютъ и сравниваютъ полученныя окрашиванія, поставивъ всѣ цилиндры рядомъ на бѣлую бумагу и разсматривая жидкости сверху, сквозь весь ихъ слой. Опытъ повторяютъ, измѣняя количества вливаемого въ пробные цилиндры раствора нашатыря, пока получаютъ въ одномъ изъ нихъ ту же густоту желтовато-краснаго цвѣта, какъ и въ цилиндрѣ съ изслѣдуемой водой. Сравненіе должно производить по истеченіи нѣсколькихъ минутъ (10—15) послѣ приготовленія пробы; здѣсь нѣтъ надобности повторно готовить пробу съ испытуемой водой и особенно спѣшить при приготовленіи отдѣльныхъ пробъ, такъ какъ разъ появившееся окрашивание отъ реактива Несслера не измѣняется замѣтно даже въ теченіи нѣсколькихъ часовъ.

При работѣ съ переменными объемами сравненіе ведутъ въ цилиндрахъ Генера, причемъ одинъ изъ нихъ содержитъ отстоявшуюся отъ осадка карбонатовъ воду, окрашенную отъ 1 куб. сант. реактива Несслера, а другой 100 куб. сант. дистиллированной воды, содержащей извѣстное количество титрованнаго раствора нашатыря и также 1 куб. сант. реактива Несслера. Одинаковость оттѣнка наблюдаемаго въ обоихъ цилиндрахъ окрашиванія достигается спусканіемъ черезъ кранъ части жидкости изъ того цилиндра, въ которомъ окрашиваніе гуще и, слѣдовательно, измѣненіемъ толщины слоевъ сравниваемыхъ окрашенныхъ жидкостей.

И въ настоящемъ случаѣ сравненіе оттѣнковъ можетъ быть удобно произведено помощью оптическихъ колориметровъ — а быстрое, хотя и менѣе точное опредѣленіе исполнено помощью упрощеннаго колориметра Кенига (см. фиг. 4), обклееннаго соотвѣтственно окрашенными бумажными полосами.

Примѣры: 1). 10 куб. сант. испытуемой воды, освобожденной отъ извести и магнезій и отстоявшейся отъ осадка карбонатовъ, были разбавлены дистиллированной водою до 100 куб. сант. и смѣшаны съ 1 куб. сант. реактива Несслера; получилась жидкость того же оттѣнка желто-краснаго цвѣта, какъ растворъ 0,9 куб. сант. раствора нашатыря, содержащаго въ 1 куб. сант. 0,05 миллигр. NH_3 , въ 100 куб. сант. дистиллированной воды, смѣшанный также съ 1 куб. сант. реактива Несслера.

10 куб. сант. изслѣдуемой воды содержатъ слѣдовательно:

$$0,9 \times 0,05 = 0,045 \text{ миллигр. } \text{NH}_3,$$

$$\text{а 1 литръ } 0,045 \times 100 = 4,5 \text{ миллигр. } \text{NH}_3.$$

2). 50 куб. сант. отстоявшейся отъ карбонатовъ извести и магнезій испытуемой воды разбавлены въ Генеровскомъ цилиндрѣ дистил-

лированной водой до 100 куб. сант. и смѣшаны съ 1 куб. сант. реактива Нессира. Во второмъ цилиндрѣ Генера, содержащемъ 2 куб. сант. раствора нашатыря, необходимо спустить жидкость до объема въ 63 куб. сант., чтобы получился одинаковый отгѣнокъ въ обоихъ цилиндрахъ.

Во второмъ цилиндрѣ въ 101 куб. сант. жидкости содержалось $0,05 \times 2 = 0,1$ миллигр. NH_3 , слѣдовательно, въ 63 куб. сант. $\frac{0,1 \times 63}{101} = 0,62$ миллигр.

Слѣдовательно, 50 куб. сант. испыдуемой воды содержатъ 0,62 миллигр. NH_3 ,

а 1 литръ $0,62 \times 20 = 1,24$ миллигр.

2). ОПРЕДѢЛЕНИЕ ПОСЛѢ ОТГОНКИ АММІАКА.

Въ природныхъ водахъ, сильно загрязненныхъ, содержащихъ сравнительно значительное количество амміака, и особенно въ водахъ, окрашенныхъ и не обезцвѣчиваемыхъ дѣйствіемъ раствора соды и ѣдкаго натра, опредѣленіе амміака производится послѣ отгонки его изъ жидкости, смѣшанной съ растворомъ соды.

Для этого, по Милле, 10 куб. сант. испыдуемой воды помещаютъ въ стеклянную реторту, соединенную оттянутымъ горломъ съ холодильникомъ. Либлѣ прибавляютъ 3 куб. сант. 10% раствора соды и закрывъ тубусъ реторты припильфованной стеклянной пробкой, отгоняютъ весьма осторожно около 300 куб. сант. жидкости. Дистиллатъ собираютъ послѣдовательно въ трехъ колориметрическихъ цилиндрахъ, по 100 куб. сант. въ каждомъ. Почти все количество содержащагося въ водѣ амміака собирается въ первомъ цилиндрѣ, во второмъ амміака находится весьма немного, а въ третьемъ или вовсе нѣтъ его, или только едва замѣтные слѣды. Въ первыхъ двухъ цилиндрахъ амміакъ опредѣляется затѣмъ колориметрически, какъ выше описано.

При болѣе значительномъ содержаніи амміака (свыше 5 миллигр. на 1 литръ воды) перегоняющіеся амміакъ улавливаютъ въ отмѣренный объемъ титрованной $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты 20—30 куб. сант. и по окончаніи отгонки опредѣляютъ титрованіемъ $\frac{1}{10}$ нормальнымъ растворомъ ѣдкаго натра въ присутствіи лакмусовой тинктуры количество соляной кислоты, не насыщенное амміакомъ. Каждые 3,65 миллигр. HCl , содержащіеся въ 1 куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты, насыщенные амміакомъ, соотвѣтствуютъ 1,7 миллигр. NH_3 , содержащимся во взятомъ для опыта объемѣ испыдуемой воды.

Вмѣсто тигрованія, опредѣленіе амміака можетъ быть произведено и вѣсовымъ способомъ. Для этого получаемый при отгонкѣ амміакъ улавливаютъ въ разбавленную соляную кислоту, налитую въ колбу, въ которую проведена трубка холодильника. Полученная послѣ отгонки по крайней мѣрѣ 200 куб. сант. кислая жидкость переливается въ фарфоровую чашку, смѣшивается съ избыткомъ хлорной платины и выпаривается почти до суха на водяной банѣ, къ остатку прибавляютъ 90% спирта и отфильтровываютъ выдѣлившійся желтый осадокъ нашатырной платины, $PtCl_4 \cdot 2 NH_4Cl$, собирая его на небольшой фильтръ съ извѣстнымъ вѣсомъ золы. Осадокъ промываютъ спиртомъ, переносятъ, вмѣстѣ съ фильтромъ, въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, сжигаютъ фильтръ, прокаливаютъ подъ конецъ сильно тигль, охлаждаютъ его въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ. Вычитая изъ полученнаго вѣса вѣсъ тигля и золы фильтра, получаютъ вѣсъ металлической платины, образовавшейся изъ нашатырной платины. Помножая этотъ вѣсъ на 0,175, получаютъ вѣсъ амміака, содержавшагося во взятомъ въ опытъ объемѣ изслѣдуемой воды.

По предложенію Ванклина и Шампана, весьма удобно соединить съ описаннымъ методомъ отгонки амміака опредѣленіе такъ называемаго албуминоиднаго амміака, е. амміака, который можетъ быть полученъ при дѣйствіи на азотъ—содержащія органическія вещества, находящіяся въ изслѣдуемой водѣ, щелочнаго раствора марганцевокаліевой соли. Для этого, послѣ отгонки изъ реторты 200 куб. сант. жидкости, въ которыхъ содержится весь такъ называемый свободный амміакъ, останавливаютъ на время перегонку, вливаютъ въ реторту къ оставшимся въ ней 300 куб. сант. жидкости 50 куб. сант. раствора, содержащаго въ 1 литрѣ 8 граммъ марганцевокаліевой соли и 150 граммъ ѣдкаго кали, и вновь отгоняютъ послѣдовательно три порціи жидкости по 50 куб. сант. каждая, улавливая ихъ въ колориметрическіе цилиндры. Въ первыхъ двухъ содержится весь албуминоидный амміакъ воды, количество котораго и опредѣляется колориметрически.

Примѣръ: 500 куб. сант. изслѣдуемой воды были влиты въ реторту, прибавлено 3 куб. сант. 10% раствора соды и отогнано 200 куб. сант. Въ этомъ отгонѣ найдено колориметрически 0,09 миллигр. NH_3 . Къ остатку въ ретортѣ прибавлено 50 куб. сант. щелочнаго раствора марганцевокаліевой соли и вновь отогнано 150 куб. сант. Въ первыхъ двухъ порціяхъ этого второго отгона найдено колориметрически 0,11 миллигр. амміака.

Слѣдовательно, 1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ:

$$\begin{array}{l} 0,09 \times 2 = 0,18 \text{ миллигр. свободного и} \\ 0,11 \times 2 = 0,22 \text{ миллигр. албуминоиднаго} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0,09 \times 2 = 0,18 \text{ миллигр. свободного и} \\ 0,11 \times 2 = 0,22 \text{ миллигр. албуминоиднаго} \end{array}} \right\} \text{амміака}$$

Примѣчаніе: Необходимо особенно тщательно слѣдить за полной чистотой приборовъ и реактивовъ, служащихъ для опредѣленія амміака. Лабораторный воздухъ всегда содержитъ амміакъ и летучія амміачныя соли всегда находятся на поверхности лабораторныхъ принадлежностей, напр. на фильтровальной бумагѣ. Поэтому лучше вообще не фильтровать, а отстаивать жидкости. Употребляемые реактивы и дистиллированную воду слѣдуетъ повторно испытывать на содержаніе амміака и, въ случаѣ его нахождения, очищать ихъ продолжительнымъ кипяченіемъ въ открытыхъ сосудахъ и затѣмъ охлажденіемъ въ хорошо закрытыхъ стеклянкахъ. Предосторожности эти необходимы, ввиду весьма незначительнаго количества амміака, которое содержится въ природныхъ водахъ и важности этихъ опредѣленій для оцѣнки водъ.

11—14. ОПРЕДѢЛЕНІЕ КРЕМНЕЗЕМА, ГЛИНОЗЕМА, ИЗВЕСТИ И МАГНЕЗІИ.

Едва ли существуетъ природная вода, совершенно не содержащая кремнезема, глинозема и солей извести и магнезіи. Изъ этихъ соединений состоитъ большая часть плотнаго остатка, получаемаго при выпариваніи до суха природныхъ водъ. Качественное обнаруживаніе этихъ соединений не является необходимостью, но можетъ быть произведено на основаніи нижеописываемыхъ реакцій, примѣняемыхъ для количественнаго анализа.

Кремнеземъ, глиноземъ, известь и магнезія количественно опредѣляются послѣдовательно въ одной и той же порціи испытуемой воды; удобнѣе всего, подвергая систематическому анализу завѣшенный и прокаленный для разрушенія органическихъ веществъ плотный остатокъ.

11. ОПРЕДѢЛЕНІЕ КРЕМНЕЗЕМА.

Плотный остатокъ, полученный послѣ выпариванія его и прокаливанія, содержащійся въ платиновой чашкѣ, смачивается дистиллированной водой и обрабатывается чистой разбавленной соляной кис-

лотой, причемъ онъ большею частью переходитъ въ растворъ. Полученный растворъ выпаривается на водяной банѣ до суха, чтобы перевести кремневую кислоту въ нерастворимую форму; совершенно сухой остатокъ смачиваютъ крѣпкой соляной кислотой, даютъ постоять 10 минутъ, обливаютъ 50—80 куб. сант. дистиллированной воды и отфильтровываютъ кремневую кислоту черезъ маленькую фильтру съ извѣстнымъ вѣсомъ зола. Осадокъ промываютъ кипящей дистиллированной водой, пока въ каплѣ стекающаго фильтрата перестанетъ образоваться муть отъ раствора азотносеребрянной соли. Еще мокрый фильтръ съ промытымъ осадкомъ вбрасываютъ въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, осторожно высушиваютъ содержимое маленькимъ пламенемъ Бунзеновской горѣлки; испепеляютъ фильтръ и подъ конецъ сильно прокаливаютъ косо поставленный въ треугольникъ тигль, снявъ его крышку, пока осадокъ сдѣлается совершенно бѣлымъ. По охлажденіи въ эксикаторѣ, тигль взвѣшиваютъ и, вычитая изъ полученнаго вѣса вѣсъ тигля и зола фильтра, находятъ содержаніе кремнезема, Si O_2 , во взятомъ для опыта количествѣ воды.

Примѣръ: При обработкѣ сухого остатка изъ 500 куб. сант. испытуемой воды, какъ выше описано, получено 8,4 миллигр. кремневаго ангидрида.

Слѣдовательно, въ 1 литрѣ испыдуемой воды содержится 16,8 мил. Si O_2 .

12. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ГЛИНОЗЕМА.

Къ фильтрату отъ осадка кремневой кислоты прибавляютъ нѣсколько кристалликовъ хлорноватокаліевой соли, для окисленія могущихъ еще содержаться въ растворѣ органическихъ веществъ и для превращенія солей закиси желѣза въ соли окиси, жидкость нагреваютъ до кипу, прибавляютъ избытокъ амміака и еще кипятятъ нѣсколько минутъ.

Полученный незначительный осадокъ гидратовъ окисей алюминія и желѣза отфильтровываютъ черезъ небольшой фильтръ (діаметра 7 сант.), промываютъ кипящей дистиллированной водой, пока стекающій промой перестанетъ давать муть съ растворомъ азотносеребрянной соли, переносятъ вмѣстѣ съ фильтромъ въ прокаленный взвѣшенный платиновый тигль, высушиваютъ на маломъ пламени, прокаливаютъ до полнаго испепеленія фильтра и по, охлажденіи тигля въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Вычитая изъ привѣса тигля, вѣсъ зола фильтра, получаютъ вѣсъ глинозема и окиси желѣза ($\text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3$);

содержащихся во взятомъ въ опытъ объемѣ изслѣдуемой воды. Если изъ найденнаго такимъ образомъ вѣса вычесть вѣсъ окиси желѣза, $\text{Fe}_2 \text{O}_3$, опредѣленный нижеуказаннымъ способомъ то получится содержаніе глинозема, Al_2O_3 , въ изслѣдуемой водѣ.

Примѣръ: Изъ фильтрата отъ кремнекислоты, полученнаго изъ 500 куб. сант. изслѣдуемой воды, получилось 2,7 миллигр. окисей алюминія и желѣза. Опредѣленіе желѣза показало, что 1 литръ воды содержитъ 0,32 миллигр. металлическаго желѣза, что соотвѣтствуетъ $\frac{0,32 \times 160}{112} = 0,46$ миллигр. $\text{Fe}_2 \text{O}_3$.

Слѣдовательно, въ 1 литръ изслѣдуемой воды содержится:

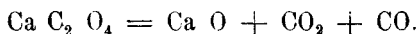
$$2,7 \times 2 - 0,46 = 4,94 \text{ миллигр. } \text{Al}_2 \text{O}_3.$$

13. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ИЗВЕСТИ.

а). Вѣсовой способъ.

Собранный въ стаканъ фильтратъ отъ осадка гидратовъ окисей алюминія и желѣза нагреваютъ почти до кипѣнія и прибавляютъ насыщенный горячій растворъ шавелевоамміачной соли, $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2 \text{O}_4$, въ избытокъ, пока дальнѣйшее прибавленіе этого реактива не даетъ болѣе осадка. Жидкости даютъ устояться въ теченіи нѣсколькихъ часовъ и отфильтровываютъ осадокъ шавелекальціевой соли, $\text{CaC}_2 \text{O}_4$, смывая его со стѣнокъ стакана и промывая кипящей дистиллированной водой при помощи стеклянной палочки съ надѣтымъ на нее отрѣзкомъ каучуковой трубочки. Осадокъ, вмѣстѣ съ фильтромъ, переносятъ еще влажнымъ въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, высушиваютъ на маленькомъ пламени Бунзеновской горѣлки, испекająть фильтръ и сильно прокаливаютъ подъ конецъ на паяльномъ столѣ, или помощью горѣлки Теклу.

По охлажденіи въ эксикаторѣ, тигль взвѣшиваютъ, вторично прокаливаютъ 10 минутъ и вновь по охлажденіи взвѣшиваютъ, чтобы убѣдиться въ полнотѣ разложенія шавелевокальціевой соли, которая при достаточно высокой температурѣ и достаточно продолжительномъ прокалываніи разлагается по уравненію:



Полученный привѣсъ тигля за вычетомъ зола фильтра даетъ вѣсъ окиси кальція, CaO , содержащейся во взятомъ въ опытъ количествѣ воды.

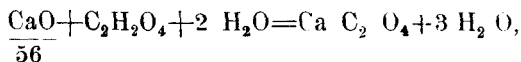
Примѣръ: Полученная, какъ выше описано, щавелевокальціевая соль изъ 500 куб. сант. изслѣдуемой воды дала послѣ прокаливанія до постояннаго вѣса 83,5 миллигр. СаО; слѣдовательно, въ 1 литрѣ изслѣдуемой воды содержится: $83,5 \times 2 = 167,0$ миллигр. извести, СаО.

б) Объемный способъ.

Для ускоренія работы, особенно при одновременномъ анализѣ нѣсколькихъ образцовъ природныхъ водъ, Моръ предложилъ производить опредѣленіе извести титрованіемъ. Предложенный для этого быстро исполнимый способъ основанъ на осажденіи изъ изслѣдуемой воды извести измѣреннымъ объемомъ титрованного раствора щавелевой кислоты и на титрованіи избытка этой кислоты, не вошедшаго въ соединеніе съ кальціемъ, растворомъ марганцевокальціевой соли.

Для этой цѣли 100 куб. сант. изслѣдуемой воды вливаютъ въ колбу, вмѣщающую до черты на ея горлѣ 300 куб. сант., прибавляютъ 25 куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормального раствора щавелевой кислоты (содержащаго 6,3 гр. $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ въ 1 литрѣ) и затѣмъ по каплямъ амміака до ясно щелочной реакціи. Жидкость нагреваютъ до кипѣнія и, послѣ охлажденія, дополняютъ колбу до черты на ея горлѣ дистиллированной водой. Колбу закрываютъ пробкою, содержимое ея взбалтываютъ и отфильтровываютъ въ подставленный сухой стаканъ черезъ сухой слоеный фильтр. Изъ прозрачнаго филтратата берутъ пипеткою 200 куб. сант., переливаютъ ихъ въ колбу въ 500 куб. сант., прибавляютъ 15 куб. сант. крѣпкой сѣрной кислоты и жидкость нагреваютъ до 60—70° Цельсія. Къ горячей жидкости затѣмъ приливаютъ изъ бюретки титрованный растворъ марганцевокальціевой соли, содержащій 3,3 гр. KMnO_4 въ 1 литрѣ, отношеніе котораго къ $\frac{1}{10}$ нормальному раствору щавелевой кислоты заранее установлено. Титруютъ до появленія розоваго окрашиванія всей жидкости, не исчезающаго при взбалтываніи. Изъ израсходованнаго количества раствора марганцевокальціевой соли вычисляется количество извести, содержавшееся въ изслѣдуемой водѣ.

1 куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормального раствора щавелевой кислоты, содержащій 6,3 миллигр. $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, осаждается по уравненію:



и соотвѣтствуетъ $\frac{56 \times 6,3}{126} = 2,8$ миллигр. СаО

Примѣръ: 25 куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальнаго раствора щавелевой кислоты требовали для окисленія въ присутствіи стѣрной кислоты 26,6 куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли; слѣдовательно, 1 куб. сант. послѣдняго раствора окисляетъ $\frac{25}{26,6} = 0,94$ куб. сант. раствора щавелевой кислоты и соотвѣтствуетъ $0,94 \times 2,8 = 2,632$ миллигр. СаО.

100 куб. сант. изслѣдуемой воды были смѣшаны съ 25 куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальнаго раствора щавелевой кислоты и съ амміакомъ и жидкость разбавлена дистиллированной водой до объема въ 300 куб. сант. 200 куб. сант., прозрачнаго филътрата потребовали при титрованіи 12,1 куб. сант. раствора марганцевокаліевой соли; слѣдовательно, на всѣ 300 куб. сант. этого филътрата, или на 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, пошло бы его $12,1 \times 1,5 = 18,15$ куб. сант.

Значитъ, на осажденіе извести изъ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды пошло $25 - 18,15 \times 0,94 = 7,94$ куб. сант. раствора щавелевой кислоты, что соотвѣтствуетъ $7,94 \times 2,8 = 22,23$ миллигр. Са О.

Слѣдовательно, 1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ:

$$22,23 \times 10 = 222,3 \text{ миллигр. извести, Са О.}$$

14. ОПРЕДѢЛЕНІЕ МАГНЕЗІИ.

Магnezія опредѣляется всегда вѣсовымъ способомъ, осаждая ее изъ филътрата отъ щавелевокальціевой соли въ видѣ двойной фосфорно-магніевоамміачной соли, $Mg NH_4 PO_4 + 6 H_2O$. Такъ какъ филътратъ отъ осадка щавелевокальціевой соли получается, вслѣдствіи накопленія въ немъ промывныхъ водъ, довольно объемистымъ и разбавленнымъ, а двойная фосфорно-магніевоамміачная соль нѣсколько растворима въ разбавленныхъ соляныхъ растворахъ, то филътратъ этотъ передъ осажденіемъ обыкновенно сгущаютъ выпариваніемъ до объема въ 150—200 куб. сант. Затѣмъ, послѣ охлажденія, къ нему прибавляютъ 80—100 куб. сант. 10% раствора амміака и по каплямъ 3—5 куб. сант. 10% раствора фосфорнонатріевой соли, $Na_2 HPO_4$. Жидкость тщательно перемѣшиваютъ и оставляютъ стоять при обыкновенной температурѣ по крайней мѣрѣ 12 часовъ. Выдѣлившійся кристаллическій осадокъ двойной магніево-амміачной соли отфилътровываютъ черезъ небольшой филътръ (7 сант.), собирая остатки его со стѣнокъ стакана стеклянной палочкой съ надѣтымъ на концѣ кускомъ каучуковой трубки, промываютъ возможно малымъ количествомъ воднаго раствора амміака (1 объемъ 10% амміака и 3

объема дистиллированной воды), пока стекающая съ воронки жидкость, подкисленная азотной кислотой, перестанет давать муть съ раствором азотносеребряной соли. Осадокъ, вмѣстѣ съ фильтромъ, вкладываютъ еще мокрымъ въ прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль, сначала высушиваютъ на маломъ пламени горѣлки, а затѣмъ сильно прокаливаютъ при доступѣ воздуха въ косопоставленномъ тиглѣ, снявъ его крышку, пока онъ не приметъ бѣлый, или сѣровато бѣлый цвѣтъ, на что требуется по крайней мѣрѣ $\frac{1}{2}$ часа сильнаго прокаливанія. Охлажденный въ эксикаторѣ тигль взвѣшиваютъ и его привѣсъ безъ вѣса золы фильтра даетъ количество пиррофосфорномагнѣевой соли, $Mg_2 P_2 O_7$, полученной изъ взятаго въ опытъ объема изслѣдуемой воды, помножая, которое на 0,3603, узнаютъ содержаніе въ водѣ магnezіи, MgO .

Примѣръ: Полученный, какъ указано выше, изъ 500 куб. сант. изслѣдуемой воды осадокъ далъ послѣ прокаливанія до постояннаго вѣса 46,5 миллигр. пиррофосфорномагнѣевой соли, $Mg_2 P_2 O_7$. Слѣдовательно, 1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ:

$$46,5 \times 0,3603 \times 2 = 26.75 \text{ миллигр. магnezіи, } MgO.$$

15. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ЖЕСТКОСТИ.

Подъ названіемъ жесткости воды подразумѣвается содержаніе въ ней известковыхъ и магnezіальныхъ солей. Чтобы выразить однимъ числомъ это свойство природныхъ водъ, принято считать за единицу известковыя соли, а магnezіальныя выразать эквивалентнымъ имъ количествомъ соединеній кальція и слагать ихъ съ дѣйствительно находящимися въ водѣ кальціевыми соединеніями. Степень жесткости выражаютъ обыкновенно градусами и притомъ различными въ разныхъ странахъ. Въ Германіи число градусовъ жесткости водъ выражаетъ число сантиграммовъ окисловъ кальція и магнія, а во Франціи число сантиграммовъ углекислыхъ солей кальція и магнія, соотвѣствующихъ кальцію и магнію, содержащимся въ 1 литрѣ воды, въ видѣ различныхъ соединеній, причемъ дѣйствительно содержащіяся соли магнія считаются замѣненными эквивалентнымъ количествомъ солей кальція. При расчетѣ слѣдуетъ принимать, что:

40 вѣсовыхъ частей MgO , эквивалентны 56 част. $CaCO_3$,
а 84 вѣсовыя части $Mg CO_3$ эквивалентны 100 част. $CaCO_3$,

и, слѣдовательно, необходимо содержаніе MgO умножить на $\frac{56}{40}=1,4$, а содержаніе $Mg CO_3$ на $\frac{100}{84} = 1,19$, чтобы найти эквивалентныя содержанія CaO и $Ca CO_3$.

Кромѣ того, слѣдуетъ помнить, что 1 нѣмецкій градусъ жесткости $= \frac{100}{56} = 1,79$ градусамъ французскимъ и, наоборотъ, одинъ французскій градусъ $= \frac{56}{100} = 0,56$ градусамъ нѣмецкимъ ¹⁾.

Примѣръ: Количественный анализъ показалъ, что 1 литръ воды содержитъ 102,3 миллигр. CaO и 32,3 миллигр. MgO .

Жесткость изслѣдованной воды составитъ:

$$10.23 + 3.23 \times 1.4 = 14^{\circ}, 75 \text{ нѣмецкихъ } ^1).$$

$$\text{или } 14.75 \times 1.79 = 25^{\circ}, 40 \text{ французскихъ.}$$

Въ природныхъ водахъ кальцій и магній содержатся въ видѣ солей азотнокислыхъ, сѣрнокислыхъ, двууглекислыхъ и въ видѣ хлористыхъ соединений и вся совокупность этихъ солей обусловливаетъ то, что подразумѣвается подъ понятіемъ жесткости или, какъ говорятъ о общей жесткости воды. Если кипятить въ теченіи нѣкотораго времени природную воду, то улетучивается свободная и полусвободная углекислота, двууглекислыя соли переходятъ въ углекислыя и въ большей части своей выдѣляются въ осадокъ. Незначительная часть углекальціевой соли, вмѣстѣ съ азотнокислыми, сѣрнокислыми солями и хлористыми соединеніями кальція и магнія, остаются въ растворѣ и послѣ долгаго кипяченія ²⁾. Часть кальціевыхъ и магніевыхъ солей, осаждающаяся при кипяченіи, составляетъ такъ называемую временную или устранимую жесткость; а часть ихъ, остающаяся послѣ кипяченія въ растворѣ, составляетъ постоянную жесткость воды.

Общая жесткость воды опредѣляется вышеприведеннымъ расчетомъ количественнаго анализа.

¹⁾ Въ Англіи градусами жесткости обозначаютъ число грановъ (1 гранъ $= 0, 648$ граммовъ) углекальціевой соли, $Ca CO_3$, содержащейся въ 1 галлонѣ (4,543 литра) воды; 1 англійскій градусъ $= 0,80$ нѣмецкихъ и $= 1,43$ французскихъ.

²⁾ По опытамъ Гофмана въ водѣ остается послѣ кипяченія въ растворѣ около 34 миллигр. углекальціевой соли на 1 литръ.

Для опредѣленія постоянной жесткости поступаютъ слѣдующимъ образомъ. 500 куб. сант. изслѣдуемой воды вливаютъ въ колбу Эрленмейера, вмѣщающую около 1000 куб. сант., и кипятятъ въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа, повремениамъ доливая прокипяченной дистиллированной водою въ пополненіе воды испаряющейся при кипяченіи. По истеченіи $\frac{1}{2}$ часового кипяченія еще горячую жидкость фильтруютъ черезъ фильтръ (11 сант.) и ополаскиваютъ осадокъ, приставшій къ стѣнкамъ колбы и собранный на фильтрѣ прокипяченной дистиллированной водою. Фильтратъ и промывныя воды, собранныя въ стаканѣ, сгущаютъ выпариваніемъ приблизительно до объема въ 200 куб. сант. и въ жидкости опредѣляютъ послѣдовательно CaO и MgO , осаждая первую щавелевоаммоніевой солью, а вторую изъ фильтра отъ CaC_2O_4 — фосфорнонатріевой солью и амміакомъ, какъ описано выше (стр. 89.91).

Прибавляя къ удвоенному числу найденныхъ сантигр. CaO удвоенное число найденныхъ сантигр. MgO , умноженное на 1,4, находятъ постоянную жесткость испытуемой воды, выраженную въ нѣмецкихъ градусахъ. Вычитая изъ общей жесткости эту постоянную жесткость, находятъ жесткость устранимую кипяченіемъ.

Примѣръ: Изъ фильтрата полученнаго послѣ кипяченія 500 куб. сант. изслѣдуемой воды получено 57,2 миллигр. CaO и 12,3 миллигр. MgO . Общая жесткость этой воды составляла 23,°53 нѣмецкихъ.

Постоянная жесткость этой воды составляетъ:

$$5,72 \times 2 + 1,23 \times 2 \times 1,4 = 14,°88 \text{ нѣмецкихъ.}$$

Устранимая жесткость этой воды составляетъ:

$$23,56 - 14,88 = 8,68 \text{ нѣмецкихъ.}$$

ОПРЕДѢЛЕНІЕ ЖЕСТКОСТИ МЫЛЬНОЙ ПРОБОЙ.

Опредѣленіе жесткости водъ на основаніи результатовъ количественнаго вѣсоваго анализа точно, но сопряжено съ значительною тратою времени, особенно, если приходится производить одновременно изслѣдованіе значительнаго числа различныхъ образцовъ воды. Въ виду этого, уже въ 1841 г. Кларкъ разработалъ удобный методъ опредѣленія жесткости водъ, основанный на примѣненіи мыльнаго раствора опредѣленной крѣпости. Растворъ обыкновеннаго калиеваго мыла, представляющаго собою смѣсь калиевыхъ солей нѣсколькихъ

жирныхъ кислотъ, прибавленный къ чистой водѣ сообщаетъ ей свойство образовывать при взбалтываніи пѣну, долго держащуюся на поверхности жидкости. Если въ водѣ содержатся растворенныя соли щелочноземельныхъ металловъ кальція, магнія, барія или стронція; то эти соли препятствуютъ образованію при взбалтываніи стойкой пѣны, такъ какъ онѣ образуютъ съ мыломъ, вслѣдствіи обмѣннаго разложенія, растворимыя калиевыя соли и нерастворимыя щелочноземельныя соли жирныхъ кислотъ и такимъ образомъ разлагаютъ калиевое мыло. Количество мыльного раствора, которое можно прибавить къ водѣ раньше, чѣмъ получится способность жидкости образовывать при взбалтываніи стойкую пѣну, зависитъ отъ количества растворенныхъ въ водѣ солей щелочноземельныхъ металловъ и, слѣдовательно, отъ жесткости воды.

Для опредѣленія жесткости по описываемому способу необходимы слѣдующіе растворы:

1) **Мыльный растворъ.** Мыльный растворъ готовится изъ чистаго калиеваго мыла, приготовляемаго изъ такъ называемаго свинцоваго пластыря, представляющаго собою свинцовую соль жирныхъ кислотъ. 150 граммовъ продажнаго свинцоваго пластыря расплавляютъ въ фарфоровой чашкѣ на водяной банѣ и смѣшиваютъ съ 40 граммами чистой углекалиевой соли (поташа) въ однородную массу. По охлажденіи массу извлекаютъ абсолютнымъ алкоголемъ; спиртовой растворъ отфильтровываютъ отъ нерастворимаго остатка углесвинцовой соли, отгоняютъ изъ него спиртъ и оставшееся мыло высушиваютъ на водяной банѣ. 20 граммъ полученнаго такимъ образомъ калиеваго мыла растворяютъ въ 1 литрѣ 56% (по объему) алкоголя.

2) **Растворъ хлористаго барія.** 0,523 грамма перекристаллизованнаго и высушеннаго лежаніемъ на воздухѣ хлористаго барія, $BaCl_2 + H_2O$, растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды. 100 куб. сант. этого раствора эквивалентны 12 миллигр. окиси кальція, CaO .

Установка титра мыльного раствора производится слѣдующимъ образомъ: въ стеклянный цилиндръ, діаметра около 4 сант., вмѣщающій около 200 куб. сант. и закрываемый хорошо пришлифованной пробкой, вливаютъ 100 куб. сант. титрованнаго раствора хлористаго барія и къ нему приливаютъ изъ бюретки мыльный растворъ сначала большими порціями, затѣмъ по 0,5 куб. сант. и, наконецъ, по каплямъ, послѣ каждой прибавки цилиндръ встряхиваютъ, пока не появится на поверхности жидкости мелкопузыристая пѣна, держащаяся въ теченіи пяти минутъ.

Изъ израсходованнаго числа куб. сант. вычисляютъ какъ надо разбавить употребленный мыльный растворъ, чтобы на образованіе неизчезающей пѣны требовалось его 45 куб. сант. Если, напримѣръ, окажется, что для полученія пѣны надо прилить 19 куб. сант.; то каждые 100 куб. сант. такого раствора должны быть смѣшаны съ $\frac{(45-19) \times 100}{19} = 137,8$ куб. сант. 56% алкоголя.

Разбавивъ согласно съ этимъ мыльный растворъ помощью градуированнаго цилиндра, получаютъ нормальный растворъ мыла, 45 куб. сант. котораго соотвѣтствуютъ 12° нѣмецкимъ жесткости.

При опредѣленіи общей жесткости природной воды, 100 куб. сант. ея вливаютъ въ тотъ же цилиндръ съ притертою пробкою и титруютъ нормальнымъ растворомъ мыла, совершенно какъ при установкѣ титра. Если изслѣдуемая вода имѣетъ жесткость больше 12°, то ее разбавляютъ предварительно дистиллированной водой, взявъ испытуемой воды 10, 20, 30 и т. д. куб. сант. и разбавляя ихъ до объема въ 100 куб. сант., обозначенныхъ чертою на цилиндрѣ употребляемомъ при опытѣ, такъ чтобы не расходовать ни въ какомъ случаѣ болѣе 45 куб. сант. мыльнаго раствора.

Такъ какъ градусы жесткости не вполне пропорціональны количеству расходуемаго мыльнаго раствора, то Файстъ и Кнаусъ составили на основаніи опытовъ нижеслѣдующую таблицу для перевода числа куб. сант. нормальнаго мыльнаго раствора въ градусы жесткости.

Нѣмецкіе градусы Число куб. сант. мыльнаго раствора.

0,5 3,4

1,0 5,4

1,5 7,4

2,0 9,4

Разность на 1 куб. сант. мыльнаго раствора равна 0,625

2,5 11,3

3,0 13,2

3,5 15,1

4,0 17,0

4,5 18,9

5,0 20,8

Разность на 1 куб. сант. мыльнаго раствора равна 0,26.

5,5 22,6

6,0 24,4

6,5 26,2

7,0 28,0

7,5	29,8
-----	------

8,0	31,6
-----	------

Разность на 1 куб. сант. мыльного раствора равна 0,°277.

8,5	33,3
-----	------

9,0	35,0
-----	------

9,5	36,7
-----	------

10,0	38,4
------	------

10,5	40,1
------	------

11,0	41,8
------	------

Разность на 1 куб. сант. мыльного раствора равна 0,°294.

11,5	43,4
------	------

12,0	45,0.
------	-------

Разность на 1 куб. сант. мыльного раствора равна 0,°31.

Примѣръ: 20 куб. сант. испытуемой воды были разбавлены до 100 куб. сант. дистиллированной водой и потребовали 36,2 куб. сант. нормального раствора мыла.

Общая жесткость испытуемой воды есть:

$$36,7 - 0,5 = 36,2 \text{ куб. сант.}; (9,5 - 0,5 \times 0,294) \times 5 = 9,35 \times 5 = 46,75.$$

Примѣчаніе: Если испытуемая вода содержитъ значительное количество магнезіальныхъ солей, то нерѣдко образуется на поверхности жидкости пузыристая пленка, такъ называемая ложная пѣна, гораздо раньше, чѣмъ всѣ щелочноземельныя соли вступили въ соединеніе съ мыльнымъ растворомъ. Эта ложная пѣна исчезаетъ при дальнѣйшемъ прибавленіи мыльного раствора, между тѣмъ какъ пѣна, характеризующая дѣйствительный конецъ титрованія, не исчезаетъ отъ дальнѣйшаго прибавленія мыльного раствора, а становится, напротивъ, еще большею и болѣе стойкою.

Помощью нормального мыльного раствора можетъ быть опредѣляема также и постоянная жесткость водъ.

Для этой цѣли 300 куб. сант. испытуемой воды вливаютъ въ колбу, вмѣщающую 500 куб. сант. и кипятятъ въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа, по временамъ добавляя дистиллированной водой, взаимнѣ воды испаряющейся. По охлажденіи, прокипяченную жидкость переливаютъ въ колбу, вмѣщающую до черты на ея горлѣ 300 куб. сант., ополаскиваютъ колбу, въ которой велось кипяченіе, дистиллированной водой, прибавляя промой къ главной массѣ воды и подъ конецъ доводя объемъ жидкости вновь до 300 куб. сант. Послѣ перемѣшиванія, жидкость процеживаютъ черезъ сухой фильтръ въ сухой стаканъ,

берутъ изъ него пипеткою 100 куб. сант. и опредѣляютъ, какъ описано выше, нормальнымъ мыльнымъ растворомъ оставшуюся въ жидкости постоянную, жесткость. Вычитая изъ найденной общей жесткости жесткость постоянную, получаютъ жесткость устранимую.

Примѣръ: 50 куб. сант. воды, общая жесткость которой найдена $=46,75$, взятые изъ этой воды послѣ ея кипяченія въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа, были разбавлены дистиллированной водой до 100 куб. сант. и потребовали тогда 41,0 куб. сант. нормального мыльного раствора.

Постоянная жесткость изслѣдуемой воды есть:

$$41,8 - 0,8 = 41,0; (11,0 - 0,8 \times 0,294) \times 2 = 21,952, \\ \text{а устранимая} = 46,75 - 21,52 = 25,23.$$

Чтобы сдѣлать болѣе правильнымъ разложеніе мыльного раствора и ненужнымъ употребленіе особой таблицы, были предложены видоизмѣненія описаннаго способа Кларка. Вильсонъ до титрованія предлагаетъ прибавлять къ 100 куб. сант. воды 4 куб. сант. насыщеннаго раствора угленатріевой соли и беретъ нормальный растворъ мыла болѣе крѣпкимъ, а именно такой, 36 куб. сант. котораго соотвѣтствуютъ 12 нѣмецкимъ градусамъ жесткости.

Бутронъ и Буде употребляютъ еще болѣе крѣпкій растворъ мыла, берутъ для опыта меньшій объемъ испытуемой воды (40 куб. сант.) и титруютъ помощью специально устроенной бюретки, прямо указывающей градусы жесткости и названной ими гидротиметромъ.

Все методы опредѣленія жесткости помощью мыльного раствора не отличаются точностью и требуютъ навыка и сноровки. На полученные результаты оказываютъ вліяніе соединенія желѣза, а также органическія вещества, содержащіеся въ водахъ. Въ водахъ сильно загрязненныхъ, а также въ водахъ, богатыхъ магnezіальными солями, трудно съ точностью уловить моментъ полученія стойкой пѣны. Способы эти предпочитаютъ въсовому количественному анализу, если требуется слѣдующее изслѣдованіе одновременно нѣсколькихъ образцовъ воды и притомъ если достаточно приблизительной оцѣнки степени ихъ жесткости.

16. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ЖЕЛѢЗА.

Въ природныхъ водахъ содержатся обыкновенно лишь ничтожные слѣды желѣза, въ видѣ солей закиси этого металла отъ кислотъ сѣркой и угольной. Вода съ болѣе значительнымъ содержаніемъ желѣза встрѣчается лишь рѣдко.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТИЕ.

Около 500 куб. сант. испытуемой воды кипятят въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа, причемъ обыкновенно все желѣзо переходитъ въ осадокъ, вмѣстѣ съ устранимой жесткостью воды, въ видѣ гидрата желѣзной окиси. Осадокъ отфильтровываютъ черезъ небольшой промытый соляной кислотой фильтръ, растворяютъ въ разбавленной соляной кислотѣ и прибавляютъ къ полученному раствору растворъ роданистаго калия, или желтой кровавой соли. Наблюдаемое при этомъ въ первомъ случаѣ—красное, а во второмъ—синее окрашиваніе указывать на присутствіе желѣза. Нѣкоторыя природныя воды, имѣющія кислую реакцію, иногда содержатъ желѣзо въ видѣ сѣрнистой соли его закиси и не выдѣляютъ его при кипяченіи. Въ такомъ случаѣ сгущаютъ выпариваніемъ около $\frac{1}{2}$ литра воды, прибавивъ къ ней соляной кислоты и нѣсколько кристалликовъ бертолетовой соли и испытываютъ сгущенную кислую жидкость растворами роданистаго калия, или желтой кровавой соли.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

При незначительности обыкновеннаго содержанія желѣза въ природныхъ водахъ, количественное опредѣленіе его удобнѣе всего производится колориметрически

Для колориметрическаго сравненія употребляютъ растворъ 0,998 граммовъ свѣже перекристаллизованныхъ фіолетовыхъ желѣзныхъ квасцевъ, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$, отжатыхъ между листами пропускной бумаги въ 1 литрѣ дистиллированной воды, подкисленной нѣсколькими каплями сѣрной кислоты. 1 куб. сант. этого раствора содержитъ 0,1 миллигр. металлическаго желѣза.

При анализѣ, 200—500 куб. сант. испыдуемой воды, смотря по результатамъ качественной пробы, подкисляютъ 1 куб. сант. чистой крѣпкой соляной кислоты, прибавляютъ нѣсколько кристалловъ бертолетовой соли и жидкость выпариваютъ въ фарфоровой чашкѣ до объема въ приблизительно 50 куб. сант. Кислую жидкость переливаютъ въ колориметрическій цилиндръ, разбавляютъ ея дистиллированной водой до объема въ 100 куб. сант. и вызываютъ въ ней окрашиваніе прибавленіемъ 1 куб. сант. раствора желтой кровавой соли (1 часть $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3\text{H}_2\text{O} : 200$ ч. воды) или роданистаго калия (1 часть $\text{KCNS} : 10$ част. воды).

Полученное окрашиваніе сравниваютъ колориметрически съ такимъ же окрашиваніемъ въ пробныхъ цилиндрахъ, содержащихъ деес-

тиллированную воду и определенное количество вышеуказанного раствора желѣзныхъ квасцевъ, совершенно такъ, какъ это было описано при опредѣленіи азотистой кислоты и амміака (стр. 76), работая, или съ постоянными объемами жидкостей, или съ переменными объемами, въ цилиндрахъ Генера. И при этомъ опредѣленіи весьма удобно примѣненіе оптическихъ колориметровъ, а также упрощеннаго колориметра Кеннга съ соотвѣтственно окрашенными бумажными полосами (стр. 80).

Опытъ показалъ, что колориметрическія опредѣленія желѣза производятся удобно, если вода содержитъ не менѣе 1 миллигр. и не болѣе 5 миллигр. Fe на 1 литръ; поэтому природныя воды съ меньшимъ, чѣмъ 1 миллигр., содержаніемъ желѣза предварительно сгущаютъ выпариваніемъ, а воды съ большимъ, чѣмъ 5 миллигр. Fe на 1 литръ разбавляютъ дистиллированной водой.

Примѣры: 1). 400 куб. сант. изслѣдуемой воды были подкислены 1 куб. сант. крѣпкой соляной кислоты и, по прибавленіи нѣсколькихъ кристалловъ KClO_3 , выпарены до 50 куб. сант. Полученная жидкость была разбавлена до объема въ 100 куб. сант. При предварительномъ испытаніи оказалось, что 10 куб. сант. полученной послѣ этого жидкости даютъ съ роданистымъ калиемъ окрашиваніе болѣе густое, чѣмъ 10 куб. сант. титрованного раствора желѣзныхъ квасцевъ.

Поэтому 50 куб. сант. жидкости были влиты въ колориметрическій цилиндръ, разбавлены въ немъ дистиллированной водой до 100 куб. сант. и смѣшаны съ 1 куб. сант. раствора роданистаго калия. При сравненіи полученнаго окрашиванія съ нѣсколькими пробами въ контрольныхъ цилиндрахъ оказалось, что оно одинаково съ окрашиваніемъ пробы, содержащей 0,32 миллигр. Fe въ 100 куб. сант.

Въ $\frac{400}{2} = 200$ куб. сант. изслѣдуемой воды содержится, слѣдовательно, 0,32, а въ 1 литрѣ $0,32 \times 5 = 1,6$ миллигр. Fe.

2). 200 куб. сант. изслѣдуемой воды, послѣ прибавленія 1 куб. сант. крѣпкой соляной кислоты и нѣсколькихъ кристалликовъ KClO_3 , были выпарены приблизительно до объема въ 50 куб. сант., жидкость влита въ цилиндръ Генера и разбавлена въ немъ дистиллированной водой до 100 куб. сант. Во второй цилиндръ Генера было влито 5 куб. сант. титрованного раствора желѣзныхъ квасцевъ, $\frac{1}{2}$ куб. сант. соляной кислоты и дистиллированной воды до объема 100 куб. сант. Послѣ прибавленія въ оба цилиндра по 1 куб. сант. раствора желтой кровяной соли и перемѣшиванія оказалось, что одинаковый оттѣнокъ снѣгаго цвѣта получается, когда жидкость изъ второго ци-

линдра съ растворомъ желѣзныхъ квасцевъ спущена до объема въ 70 куб. сант.

Въ 101 куб. сант. пробной жидкости содержалось 0,5 миллигр. Fe, слѣдовательно въ 70 куб. сант. ея $\frac{0,5 \times 70}{101} = 0,347$ миллиграм.

Слѣдовательно, 200 куб. сант. испытуемой воды содержатъ тѣже 0,347 миллигр., а 1 литръ $0,347 \times 5 = 1,74$ миллигр. Fe.

Примѣчанія: 1). При болѣе значительномъ содержаніи желѣза въ водѣ, можно для его колориметрическаго опредѣленія воспользо-ваться прокаленнымъ и взвѣшеннымъ осадкомъ, полученнымъ при систематическомъ анализѣ и состоящимъ изъ окисловъ алюминія и желѣза (страница 88). Для этого въ платиновый тигль, содержащій этотъ осадокъ, послѣ его взвѣшиванія, наливаютъ смѣсь равныхъ объемовъ крѣпкой сѣрной кислоты и дистиллированной воды, осторожно нагреваютъ до полного растворенія осадка, полученный растворъ споласкиваютъ въ измѣрительную колбочку и разбавляютъ дистиллированной водой до опредѣленнаго объема. Полученная жидкость служитъ для колориметрическаго опредѣленія желѣза.

2). Изъ найденнаго по выше описанному содержанію металлическаго желѣза, содержаніе въ водѣ закиси или окиси желѣза, FeO или Fe₂ O₃, находится, помножая число опредѣленныхъ миллигр. Fe на $\frac{3}{7}$ или на $\frac{10}{7}$.

17 ~~ОПРЕДѢЛЕНІЕ~~ ЩЕЛОЧЕЙ.

Большія или меньшія количества натріевыхъ и калиевыхъ солей содержатся во всѣхъ природныхъ водахъ и въ особомъ качественомъ и въ открытіи нѣтъ надобности. Для количественнаго ихъ опредѣленія примѣняется всегда методъ вѣсоваго анализа.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ СУММЫ ХЛОРИСТЫХЪ КАЛІЯ И НАТРІЯ.

1000 куб. сант. испытуемой воды выпариваютъ въ большой платиновой чашкѣ, постепенно подливая воду, до объема въ приблизительно 150 куб. сант. и затѣмъ прибавляютъ въ чашку 20 куб. сант. насыщенной баритовой воды, нагреваютъ для уплотненія образовавшагося осадка гидратовъ и карбонатовъ кальція, магнія, алюминія и желѣза, а также баріевыхъ солей кремневой, сѣрной и фосфорной кислотъ и все содержимое платиновой чашки переливаютъ

въ измѣрительную колбу, вмѣщающую до черты на ея горлѣ 250 куб. сант. Чашку ополаскиваютъ дистиллированной водой, сливая промой въ ту же колбу.

По охлажденіи, содержимое колбы доливаютъ до черты перемѣшиваютъ и фильтруютъ черезъ сухой плоенный фильтръ въ сухой стаканъ. Изъ фильтрата берутъ пипеткою 200 кубическихъ сантиметровъ, помѣщаютъ въ вымытую большую платиновую чашку, нагреваютъ чашку на водяной банѣ и прибавляютъ крѣпкій растворъ чистой углеаммоніевой соли (1:4), пока онъ образуетъ осадокъ углекислыхъ солей барія и кальція. Послѣ нагреванія, имѣющаго цѣлю уплотнить осадокъ, содержимое платиновой чашки вторично переливаютъ въ измѣрительную колбу въ 250 кубическ. сант., ополаскиваютъ чашку дистиллированной водой, прибавляютъ нѣсколько капель раствора щавелевоаммоніевой соли для полного осажденія еще растворенныхъ солей кальція и барія и, послѣ охлажденія, доводятъ объемъ жидкости дистиллированной водой до 250 куб. сант. Послѣ перемѣшиванія, содержимое колбы фильтруютъ черезъ сухой фильтръ въ сухой стаканъ, изъ прозрачнаго фильтрата переносятъ пипеткой 200 куб. сант. въ тщательно очищенную платиновую чашку и выпариваютъ жидкость до суха на водяной банѣ. Послѣ высушиванія чашки въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа при 110° Ц. въ сушильномъ шкафу ее осторожно прокалываютъ, для удаленія летучихъ амміачныхъ солей, причемъ соляной остатокъ въ чашкѣ обыкновенно становится сѣрымъ, вслѣдствіи обугливанія органическихъ веществъ. По охлажденіи, содержимое чашки выщелачиваютъ небольшимъ количествомъ кипящей дистиллированной воды и полученный растворъ фильтруютъ черезъ малый фильтръ (5 сант. въ діаметрѣ) въ предварительно прокаленную и взвѣшенную небольшую платиновую чашку (4—6 сант. въ діаметрѣ). Большая чашка и фильтръ промывается горячей водой, собирая промой въ ту же малую чашку. Жидкость въ малой платиновой чашкѣ осторожно (во избѣжаніи разбрызгиванія) подкисляютъ разбавленной соляной кислотой, для перевода части углекислыхъ щелочныхъ солей въ хлористыя, выпариваютъ на водяной банѣ до суха и чашку осторожно прокалываютъ, до начала плавленія находящихся въ ней хлористыхъ соединеній калия и натрія. По охлажденіи въ эксикаторѣ, чашку взвѣшиваютъ. При описываемомъ способѣ избѣгается продолжительное промываніе осадковъ дистиллированной водой и накопленіе большихъ объемовъ подлежащихъ выпариванію фильтратовъ, что значительно сокращаетъ время, потребное для исполненія анализа. При расчетѣ необходимо принять во вниманіе, что взвѣшиванію подлежатъ хлористыя соеди-

ненія калия и натрія, полученныя не изъ всѣхъ 1000 куб. сант. изслѣдуемой воды, а только изъ $\frac{4}{5} \times \frac{4}{5} = \frac{16}{25}$ части этого количества;
т. е. изъ $\frac{1000 \times 16}{25} = 640$ куб. сант.

Примѣръ: Изъ 1000 куб. сант. изслѣдуемой воды по вышеописанному способу получено 23,2 смѣси хлористыхъ калия и натрія.

1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ слѣдовательно:

$23,2 \times \frac{25}{16} = 36,2$ миллигр. хлористыхъ щелочныхъ металловъ (KCl+NaCl).

а) ОПРЕДѢЛЕНІЕ ОКИСИ КАЛІЯ.

Хлористыя соединенія, полученныя въ малой платиновой чашкѣ, послѣ взвѣшиванія, растворяютъ въ небольшомъ количествѣ дистиллированной воды, прибавляютъ въ чашку избытокъ (около 5 куб. сант.) раствора хлорной платины (1:10) для превращеній хлористыхъ соединеній въ хлороплатинаты: K_2PtCl_6 и $Na_2PtCl_6 + 6H_2O$, и жидкость выпариваютъ до густоты сиропа, но не досуха, на водяной банѣ. По охлажденіи, въ чашку вливаютъ смѣсь 80 объемовъ 90% алкоголя и 20 объемовъ обыкновеннаго эфира, въ которой хлороплатинаты натрія, еще содержащій кристаллизационную воду, легко растворяются, а хлороплатинаты калия нерастворимы. Выдѣлившійся желтый кристаллическій осадокъ послѣдняго отфильтровываютъ на маленькій фильтръ (5 сант. діаметра); чашку и фильтръ промываютъ тою же смѣсью спирта съ эфиромъ, пока жидкость, стекающая съ воронки, будетъ совершенно безцвѣтной; даютъ осадку и чашкѣ высохнуть, поставивъ ихъ на нѣсколько минутъ въ теплый сушильный шкафъ, и растворяютъ осадокъ хлороплатината калия на фильтрѣ въ кипящей дистиллированной водѣ, собирая стекающій желтый растворъ въ ту же небольшую платиновую чашку, въ которой можетъ остаться еще часть приставшаго къ стѣнкамъ ея осадка.

Затѣмъ содержимое чашки выпаривается на водяной банѣ досуха, чашка высушивается при 110° въ теченіи 1 часа, охлаждается въ эксикаторѣ и взвѣшивается. Помножая вѣсъ полученнаго хлороплатината калия на 0,307, находятъ соответствующій вѣсъ хлористаго калия, KCl; а помножая вѣсъ хлороплатината калия на 0,194, находятъ вѣсъ соответствующей ему окиси калия, K_2O .

При производствѣ описываемаго опредѣленія необходимо употреблять хлорную платину въ нѣкоторомъ избыткѣ, чтобы и весь хлористый натрій могъ бы перейти въ хлороплатинаты; необходимо также не доводить досуха растворъ, послѣ прибавки хлорной пла-

тины, ибо хлористый натрій, NaCl , и хлороплатинатъ натрія, потерявшій кристаллизационную воду, весьма трудно растворимы въ смѣси спирта съ эфиромъ и не могутъ быть вполне отдѣлены отъ хлороплатината калия.

Примѣръ: При обработкѣ смѣси хлористаго калия и натрія, полученной изъ 1000 куб. сант. изслѣдуемой воды, было получено 11,5 миллигр. хлороплатината калия.

1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ, слѣдовательно:

$$11,5 \times \frac{25}{16} \times 0,307 = 5,5 \text{ миллигр. хлористаго калия, } \text{KCl},$$

$$\text{или } 11,5 \times \frac{25}{16} \times 0,194 = 3,5 \text{ миллигр. окиси калия, } \text{K}_2\text{O}.$$

6). ОПРЕДѢЛЕНІЕ ОКИСИ НАТРІЯ.

Если изъ общаго содержанія хлористыхъ соединеній щелочныхъ металловъ вычесть найденное по вышеописанному способу содержаніе хлористаго калия, то получается содержаніе хлористаго натрія, NaCl , въ изслѣдуемой водѣ, а помножая его количество на 0,53, находится содержаніе окиси натрія, Na_2O .

примѣръ: Въ вышеприведенныхъ двухъ примѣрахъ было найдено въ 1 литрѣ изслѣдуемой воды:

$$36,2 \text{ миллигр. } \text{KCl} + \text{NaCl}$$

$$\text{и } 5,5 \text{ миллигр. } \text{KCl};$$

Слѣдовательно, 1 литръ этой воды содержитъ:

$$36,2 - 5,5 = 30,7 \text{ миллигр. } \text{NaCl},$$

$$\text{или } 30,7 \times 0,53 = 16,3 \text{ миллигр. } \text{Na}_2\text{O}.$$

Примѣчанія: 1). Необходимо употреблять лишь вполне чистые, свободные отъ щелочныхъ солей реактивы, провѣренныя на ихъ чистоту. Въ виду того, что лучшіе сорта продажнаго ѣдкаго барита всегда содержатъ примѣсь большаго или меньшаго количества натріевыхъ и даже калиевыхъ соединеній, необходима поправка полученныхъ результатовъ. Для этой цѣли заготавливаютъ запасъ насыщеннаго раствора ѣдкаго барита въ дистиллированной водѣ и, взявъ 50 куб. сант. этого раствора, опредѣляютъ въ нихъ вышеописаннымъ методомъ содержаніе NaCl и KCl , примѣняя тѣже реактивы, которые служатъ при анализѣ природныхъ водъ.

Употребляя затѣмъ при анализѣ природныхъ водъ отмѣренные объемы баритоваго раствора, вводятъ въ получаемый результатъ анализа соответствующую поправку.

2). Во избѣжаніи употребленія весьма дорогой хлорной платины, опредѣленіе калія можетъ быть произведено косвеннымъ способомъ. Для этого, взвѣсивъ общее количество хлористыхъ соединений калія и натрія, смѣсь этихъ солей растворяютъ въ дистиллированной водѣ и въ полученномъ растворѣ опредѣляютъ титрованіемъ по способамъ Мора или Фольгарта (стр. 50) содержаніе хлора.

Изъ общаго количества хлористыхъ металловъ, *a*, и изъ общаго количества содержащагося въ нихъ хлора можно вычислить содержаніе хлористыхъ натрія и калія въ отдѣльности слѣдующимъ образомъ:

Такъ какъ 74,5 вѣсовыхъ частей KCl
состоятъ изъ 39,0 K и 35,5 Cl;
а 58,5 NaCl изъ 23,0 Na и 35,5 Cl;

то, обозначивъ черезъ *x* содержаніе въ водѣ KCl, а черезъ *y* содержаніе въ ней NaCl, найдемъ, что въ *x* миллигр. KCl содержится $\frac{35,5}{74,5}x$, а въ *y* миллигр. NaCl $\frac{35,5}{58,5}y$ миллигр. хлора. Если *b* есть число миллигр. содержащихся въ этой смѣси хлора; то должны имѣть мѣсто слѣдующія два уравненія:

$$\begin{aligned} x + y &= a \\ \text{и } \frac{35,5}{74,5}x + \frac{35,5}{58,5}y &= b, \end{aligned}$$

откуда:

$$\begin{aligned} x &= 4,67a - 7,69b, \\ \text{и } y &= 7,69b - 3,67a. \end{aligned}$$

Примѣръ: Въ изслѣдуемой водѣ было найдено въ 1 литрѣ 34,0 миллигр. KCl + NaCl и въ этихъ соединеніяхъ 20,2 миллигр. хлора. На основаніи вышеприведеннаго, 1 литръ воды содержитъ:

$$\begin{aligned} 34,0 \times 4,67 - 7,69 \times 20,2 &= 3,1 \text{ миллигр. KCl,} \\ \text{и } 7,69 \times 20,2 - 3,67 \times 34,0 &= 30,0 \text{ миллигр. NaCl.} \end{aligned}$$

18. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ.

Фосфорная кислота содержится обыкновенно только въ видѣ слѣдовъ въ природныхъ водахъ, что легко объясняется нераствори-

мостью, или трудною растворимостью ея известковыхъ и желѣзныхъ солей, всегда содержащихся въ почвѣ, по которой природныя воды протекають. Нѣсколько большія количества фосфорной кислоты встрѣчаются въ водахъ, загрязненныхъ стоками съ фабрикъ, напр. сахарныхъ, и изъ клоакъ.

Для качественного открытія и количественнаго опредѣленія пользуются обыкновенно такъ называемымъ молибденовымъ растворомъ. Растворъ этотъ готовятъ слѣдующимъ образомъ: 40 граммъ продажной кристаллической молибденовоаммоніевой соли растворяють въ 160 кубическихъ сантиметрахъ 10% раствора амміака и 240 кубичес. сантим. дистиллированной воды и полученный растворъ вливають въ 600 куб. сантим. 27,5% азотной кислоты, при постоянномъ помѣшиваніи. Жидкости даютъ постоять нѣсколько дней и сливають прозрачный растворъ съ выдѣлившагося незначительнаго осадка. Если прибавить этотъ реактивъ въ избытокъ къ какому нибудь раствору, содержащему фосфорнокислыя соли, то образуется желтаго цвѣта осадокъ сложнаго состава: $2(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + 36\text{MoO}_3$, нерастворимый въ азотной кислотѣ и растворимый въ амміакѣ. Образование этого осадка ускоряется нагреваніемъ жидкости до 60° Ц, и замедляется, или даже совсѣмъ устраняется, отъ присутствія большаго количества соляной кислоты и нѣкоторыхъ органическихъ веществъ.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ.

Около 100 куб. сантим. изслѣдуемой воды сильно подкисляють азотной кислотой и выпаривають досуха въ фарфоровой чашкѣ. Остатокъ высушиваютъ при 110° Ц. въ сушильномъ шкафу; по охлажденіи обрабатываютъ разбавленной азотной кислотой и отфильтровываютъ отъ выдѣлившейся кремневой кислоты. Прозрачный кислый фильтратъ вливають въ избытокъ (20 куб. сантим.) молибденоваго раствора и смѣсь нагревають до 60° Ц. Присутствіе фосфорной кислоты обнаруживается образованіемъ желтаго цвѣта осадка.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

1, или лучше, 2 литра изслѣдуемой воды сильно подкисляють азотной кислотой и выпаривають до суха въ фарфоровой чашкѣ. Для удаленія кремнекислоты и хлористыхъ соединеній и для разрушенія органическихъ веществъ сухой остатокъ два или три раза смачива-

ють крѣпкой азотной кислотой (уд. в. 1,4) и каждый разъ выпариваютъ до суха. Въ послѣдній разъ остатокъ обрабатываютъ разбавленной азотной кислотой и растворъ отфильтровываютъ въ стаканъ, содержащій 40 куб. сант. молибденоваго раствора, промывая чашку и фильтр небольшимъ количествомъ горячей дистиллированной воды. Въ стаканъ прибавляютъ еще около 12 граммъ кристалловъ азотноаммоніевой соли, перемѣшиваютъ и оставляютъ стоять по крайней мѣрѣ 12 часовъ при обыкновенной температурѣ. По истеченіи этого времени отцѣживаютъ желтый осадокъ черезъ маленькій фильтръ (7 сант. діам.) и промываютъ 1% растворомъ азотной кислоты, до тѣхъ поръ, пока нѣсколько капель промоя, выпаренныя на крышкѣ платиноваго тигля и слабо прокаленныя не будутъ давать никакого остатка. Желтый осадокъ, приставшій къ стѣнкамъ стакана и на фильтръ растворяютъ въ горячемъ водномъ растворѣ амміака и полученный растворъ собираютъ въ прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль. Жидкость въ тиглѣ выпариваютъ на водяной банѣ до суха и тигль осторожно нагрѣваютъ на маломъ пламени газовой горѣлки, до прекращенія выдѣленія изъ него паровъ, дающихъ налетъ на стеклѣ, помѣщаемомъ надъ тиглемъ.

По охлажденіи въ эксикаторѣ, тигль взвѣшиваютъ и изъ найденнаго вѣса сухаго желтаго осадка, принимая въ немъ содержаніе 3,8% фосфорнаго ангидрида (P_2O_5), вычисляютъ содержаніе этого соединенія въ изслѣдованной водѣ.

Примѣръ: Осадокъ, полученный при обработкѣ 2000 куб. сант. изслѣдуемой воды вѣсилъ 18,2 миллигр. 1 литръ изслѣдуемой воды содержитъ, слѣдовательно:

$$\frac{18,2 \times 3,8}{2 \times 100} = 0,346 \text{ миллигр. } P_2O_5.$$

19. ОПРЕДѢЛЕНІЕ СѢРОВОДОРОДА.

Сѣроводородъ встрѣчается въ природныхъ водахъ связанный и свободный. Связанный со щелочными и щелочноземельными металлами, онъ находится иногда въ водахъ, загрязненныхъ стоками изъ фабрикъ и клоакъ, въ которыхъ онъ образуется, вслѣдствіи восстановления сѣрнокислыхъ солей, разлагающимися органическими веществами. Свободный сѣроводородъ находится иногда въ водахъ, попадая въ нихъ, какъ одинъ изъ продуктовъ гниlostнаго разложенія содержащихъ сѣру органическихъ веществъ. Присутствіе свобод-

наго сѣроводорода легко обнаруживается по характерному его запаху, напоминающему запахъ тухлыхъ яицъ.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТИЕ.

Для открытія присутствія, какъ свободнаго, такъ и связаннаго сѣроводорода изъ испытуемой воды сначала удаляютъ содержащіеся въ ней щелочноземельныя соли. Для этого около 300 куб. сант. испытуемой воды помѣщаютъ въ высокій цилиндръ съ притертой стеклянной пробкой, прибавляютъ 2 куб. сант. смѣси растворовъ соды и ѣдкаго натра (употребляемой также для открытія и опредѣленія амміака (стр. 81), взбалтываютъ и даютъ жидкости нѣсколько часовъ устояться. Прозрачную отстоявшуюся жидкость переливаютъ въ высокую пробирку и прибавляютъ къ ней около 3 кубич. сант. щелочнаго раствора окиси свинца, причемъ присутствіе сѣроводорода обнаруживается бурнымъ окрашиваніемъ или чернымъ осадкомъ, зависящимъ отъ образованія чернаго цвѣта сѣрнистаго свинца, PbS .

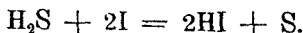
Щелочной растворъ окиси свинца готовится, прибавляя къ 10% раствору уксусносвинцовой соли растворъ ѣдкаго натра до растворенія образующагося сначала осадка.

Присутствіе сѣроводорода можетъ быть также обнаружено, прибавляя къ испытуемой водѣ, лишенной, какъ описано выше, щелочноземельныхъ солей, нѣсколько капель раствора нитропруссиднатрія, $Na_2 Fe (CN)_6 NO$, по происходящему при этомъ пурпурово-фіолетовому окрашиванію.

Присутствіе минимальныхъ слѣдовъ сѣроводорода въ природныхъ водахъ можетъ быть также обнаружено, помѣщая въ эти воды на продолжительное время чистую пластинку изъ металлическаго серебра, по бурому появляющемуся на ея поверхности окрашиванію.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ.

Изъ нѣсколькихъ предложенныхъ способовъ, наиболѣе удобенъ способъ, предложенный Дюпаскье и подробно разработанный Фрезениусомъ. Способъ этотъ основывается на прямомъ титрованіи сѣроводорода $1/100$ нормальнымъ растворомъ іода, на основаніи реакціи:



Для исполненія такого опредѣленія необходимы слѣдующіе растворы:

1). $\frac{1}{100}$ **Нормальный растворъ іода.** 1,27 граммъ очищеннаго возгонкой и высушеннаго въ эксикаторѣ надъ сѣрной кислотой іода всыпаютъ въ литровую колбу, растворяютъ въ 20 куб. сант. воды послѣ прибавленія 2 граммовъ чистаго іодистаго калия и разбавляютъ растворъ до объема въ 1000 куб. сант. дистиллированной водой. 1 куб. сант. этого раствора содержитъ 1,27 миллигр. свободнаго іода и соответствуетъ по вышеприведенному уравненію 0,17 миллигр. H_2S .

2). **Крахмальный клейстеръ.** 4 грамма пшеничнаго крахмала растираютъ въ ступкѣ съ небольшимъ количествомъ воды и полученную молокообразную жидкость вливаютъ при помѣшиваніи въ 200 куб. сант. кипящей дистиллированной воды.

ПРОИЗВОДСТВО ОПРЕДѢЛЕНІЯ.

Къ 200—500 куб. сант. изслѣдуемой воды прибавляютъ нѣсколько капель соляной кислоты и крахмального клейстера и титруютъ $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ іода до появленія не исчезающаго при взбалтываніи синяго окрашиванія жидкости. Первое опредѣленіе даетъ только приблизительные результаты, такъ какъ нѣкоторая часть сѣроводорода можетъ успѣть улетучиться, или окислиться во время титрованія. Поэтому, во второмъ опытѣ въ чистую колбу наливаютъ сначала изъ бюретки потраченное въ первомъ опытѣ количество $\frac{1}{100}$ нормальнаго іоднаго раствора и нѣсколько капель крахмального клейстера, затѣмъ приливаютъ сразу тоже количество изслѣдуемой воды подкисленной соляной кислотой, какъ было взято въ первомъ опытѣ, быстро смѣшиваютъ жидкости и дотитровываютъ до постояннаго синяго окрашиванія іоднымъ растворомъ. Кромѣ того, отдѣльнымъ опытомъ опредѣляютъ сколько надо прилить $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора іода къ подкисленной дистиллированной водѣ, содержащей крахмальный клейстеръ и взятой въ такомъ же количествѣ, какъ испытуемая вода, для полученія постояннаго синяго окрашиванія одинаковаго оттѣнка. Это количество вводятъ какъ поправку при опытѣ.

Примѣръ: 250 куб. сант. содержащей сѣроводородъ воды потребовали въ первомъ опытѣ 18,2 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго іоднаго раствора, а во второмъ опытѣ 19,1 куб. сант. его. Для полученія такого же синяго окрашиванія въ 250 куб. сант. подкисленной и содержащей крахмальный клейстеръ дистиллированной воды требовалось 0,4 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго іоднаго раствора.

Для реакціи съ сѣроводородомъ въ 250 куб. сант. испытуемой воды требуется, слѣдовательно, $19,1 - 0,4 = 18,7$ куб. сант. нормаль-

наго іоднаго раствора, что соотвѣтствуетъ $18,7 \times 0,17 = 3,18$ миллигр. H_2S .

Примѣчаніе: Такъ какъ незначительное количество сѣроводорода въ природныхъ водахъ, даже въ короткое время ихъ сохраненія, уменьшается и даже совершенно исчезаетъ, вслѣдствіи улетучиванія, или окисленія въ сѣрную кислоту, то для полученія вѣрныхъ результатовъ, необходимо производить количественное опредѣленіе его въ водѣ на мѣстѣ взятія пробы воды, тотчасъ же въ свѣже собранной пробѣ.

20. ОПРЕДѢЛЕНІЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА.

Природныя воды, взятые изъ открытыхъ водовмѣстилищъ, со свободнымъ доступомъ къ ихъ поверхности атмосфернаго воздуха, въ большинствѣ случаевъ насыщены воздухомъ и потому содержаніе въ нихъ раствореннаго кислорода соотвѣтствуетъ растворимости этого газа, зависящей отъ температуры и дѣйствующаго въ окружающей атмосферѣ партіальнаго давленія кислорода.

Растворимость воздуха и кислорода въ водѣ при разныхъ температурахъ и давленіяхъ много разъ опредѣлялась, особенно Бунзеномъ, ¹⁾ Прейссе и Тиманомъ, ²⁾ Винклеромъ ³⁾ и другими, причемъ получались, если и не тождественные, то близко сходные результаты. По Прейссе и Тиману, напр., 1 литръ воды, насыщенной воздухомъ при 760 миллим. давленія и 12° Целзія, содержитъ растворенными 6,66 куб. сант. кислорода и 13,01 куб. сант. азота, въ суммѣ 19,67 куб. сант. этихъ газовъ (измѣренныхъ при 0° и 760 миллим. давленія). Количество это возрастаетъ при пониженіи температуры и при увеличеніи давленія. Если какимъ либо образомъ устраненъ доступъ атмосфернаго воздуха къ водѣ, или уменьшено партіальное давленіе кислорода въ окружающей воду атмосферѣ и въ самой водѣ происходятъ химическіе процессы, напр., тлѣніе и окисленіе, расходующіе кислородъ; то содержаніе оставшагося въ водѣ раствореннымъ кислорода можетъ быть уменьшено. Поэтому вода, взятая со значительной глубины, вода вытекающая изъ почвы, богатой гніющими органическими веществами, вода взятая изъ колодцевъ, въ атмосферу которыхъ выдѣляется много углекислоты или другихъ газовъ, уменьшающихъ, партіальное давленіе кислорода, можетъ быть бѣдна содержаніемъ въ ней раствореннаго кислорода.

¹⁾ Bunsen. Gasometrische Methoden. 2. Auflage.

²⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 12.1768,

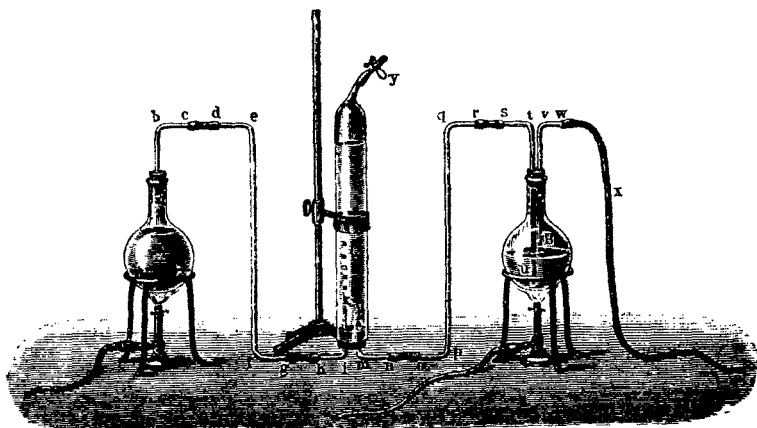
³⁾ Ber. d. deutsch. chem. Ges. 21.2843; 22, 1764.

Определение содержания раствореннаго кислорода может поэтому дать нѣкоторый критерій о химическихъ процессахъ, совершающихся въ массѣ изслѣдуемой воды и въ почвахъ, по которымъ она протекаетъ. Для правильности дѣлаемыхъ заключеній, необходимо во время взятія пробы воды, для опредѣленія въ ней раствореннаго кислорода, устранить доступъ къ водѣ воздуха, собирая воду изъ слоевъ возможно глубокихъ, прямо въ сосуды, въ которыхъ будетъ производиться опредѣленіе при помощи приспособленій, описанныхъ на стр. 30.

Для производства опредѣленія раствореннаго въ водѣ кислорода примѣняются способы газволюменометрическіе и способы, основанные на титрованіи.

ГАЗВОЛЮМЕНОМЕТРИЧЕСКІЙ СПОСОБЪ.

Прежде всего необходимо выдѣлить и собрать всѣ газы, растворенные въ извѣстномъ объемѣ изслѣдуемой воды. Для этой цѣли весьма удобенъ слѣдующій приборъ, предложенный Прейссе и Тиманомъ (Фиг. 5).



Фиг. 5.

Двѣ колбы, А и В, вмѣщающія каждая около 1 литра, поставлены на желѣзные треножки и сообщаются системами трубокъ съ газовымъ приѣмникомъ С. Приѣмникъ этотъ, зажатый въ кольцо шта-

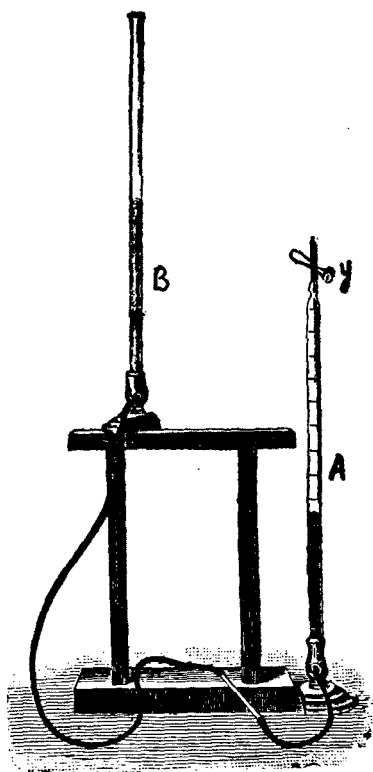
тива, имѣть діаметръ 35 миллим. и высоту 300 миллим., на верху онъ оканчивается изогнутой трубкой, съ надѣтой на нее каучуковой трубкой съ зажимомъ у; внизу онъ закрытъ каучуковой пробкой съ двумя отверстіями, черезъ которыя входятъ трубки, идущія отъ колбъ А и В.

Трубка ghi входитъ на 80 миллим. въ пріемникъ, трубка mпо оканчивается около самой поверхности пробки. Колба В закрыта каучуковой пробкой съ двумя отверстіями; черезъ одно изъ нихъ роходитъ трубка st почти до дна колбы, черезъ другое трубка v w оканчивающаяся подъ самою пробкою и соединенная съ длинною каучуковою трубкою х. Между трубками с и d имѣется каучуковая смычка, могущая быть закрытою помощью зажима. Передъ опытомъ наливаютъ въ колбу В 5 процентный растворъ ѣдкаго натра, больше половины ея емкости и, отнявъ у с трубку bc, при открытыхъ зажимахъ d и у, наполняютъ тѣмъ же растворомъ пріемникъ С и трубку def, вдвывая воздухъ черезъ трубку х, послѣ чего запираютъ зажимы d и у.

Колбу А наполняютъ до верху дистиллированной водою, вдавливаютъ пробку такъ, чтобы наполнилась и трубка abc и надѣваютъ на с каучукъ cd. Затѣмъ начинаютъ кипятить жидкости въ колбахъ А и В, открывъ зажимъ d и поставивъ подъ колбы зажженные горѣлки, причемъ воздухъ растворенный въ дистиллированной водѣ и въ растворѣ ѣдкаго натра, содержащемся въ пріемникѣ С выдѣляется и собирается въ верхней части С; его выпускаютъ по временамъ, открывая у и вдвывая воздухъ черезъ х. Когда прекратится выдѣленіе пузырьковъ постоянного газа въ С, прекращаютъ кипяченіе колбы А, закрываютъ зажимъ d, и удаляютъ колбу А, продолжая слабо кипятить растворъ въ колбѣ В. Подготовивъ такимъ образомъ приборъ, присоединяютъ къ нему у с колбу, содержащую извѣстный объемъ изслѣдуемой воды, наполняющей ее совершенно, также и трубку, проходящую черезъ запирающую ее пробку, причемъ необходимо слѣдить, чтобы въ мѣстѣ соединенія не осталось замѣтнаго газового пузырька. Открывъ зажимъ d, начинаютъ кипятить изслѣдуемую воду, причемъ содержащіеся въ ней растворенные газы: кислородъ, азотъ и углекислота, переходятъ въ газовый пріемникъ С, вмѣстѣ съ паромъ воды. Послѣ получасоваго кипяченія можно быть увѣреннымъ, что все газы выдѣлились и изъ нихъ кислородъ и азотъ собрались въ пріемникѣ, а углекислота поглотилась въ растворѣ ѣдкаго натра. Тогда прекращаютъ кипяченіе и, закрывъ зажимъ d, разбираютъ приборъ.

Чтобы измѣрить объемъ полученной смѣси азота и кислорода, собранный изъ извѣстнаго объема изслѣдуемой воды и опредѣлить

въ этой смѣси содержаніе кислорода, удобнѣе всего воспользоваться газовыми бюреткою и пипеткою съ фосфоромъ Гемпеля ¹⁾. Для этой цѣли соединяють помощью изогнутой толстостѣнной стеклянной трубочки, наполненной водой, каучукъ на концѣ приѣмника С съ измѣрительной трубкой А газовой бюретки, также наполненной водой (Фиг. 6), открываютъ зажимъ у и, опустивъ трубку В, переводятъ га-



Фиг. 6.

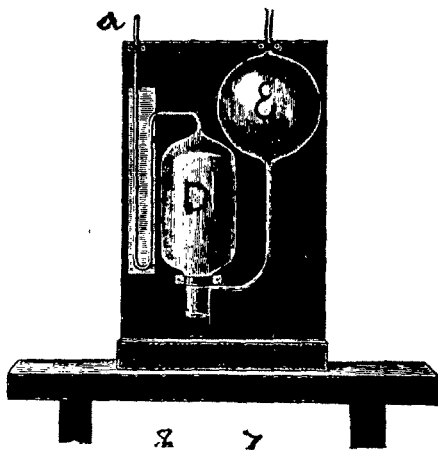
зовую смѣсь изъ приѣмника С въ измѣрительную трубку бюретки. Послѣ переведенія газа, измѣряють его объемъ въ градуированной трубкѣ А, поставивъ въ одинъ уровень поверхности воды въ А и В, и отчитываютъ барометрическое давленіе и окружающую температуру воздуха. Изъ бюретки А переводятъ затѣмъ газовую смѣсь въ сосудъ D пипетки, (Фиг. 7), содержащій тонкія палочки желтаго фосфора подъ водой. Для этого соединяють конецъ измѣрительной трубки бюретки каучукомъ съ трубкою а пипетки, открываютъ зажимъ у и, подымая трубку В, перепускають газъ изъ А въ D. Давъ постоять прибору въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа, причемъ происходитъ поглощеніе кислорода фосфоромъ, переводятъ обратно въ трубку А бюретки оставшійся непоглощеннымъ азотъ и

измѣряють его объемъ. Необходимо повторить перепусканіе газа изъ бюретки въ пипетку съ фосфоромъ и обратно нѣсколько разъ, пока

¹⁾ W. Hempel. Neue Methoden zur Analyse der Gase. 1880.

оставшійся объемъ азота, перестанетъ уменьшаться. Вычитая изъ общаго объема полученной газовой смѣси объемъ азота узнають объемъ кислорода, содержавшагося во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды. Измѣренныя объемы газовой смѣси и азота необходимо перечислить на состояніе сухости и перевести къ давленію въ 760 миллим. и къ температурѣ въ 0° при помощи формулы:

$$V^z = \frac{V (B - f) \cdot 273}{760 (273 + t)},$$



Фиг. 7.

гдѣ V^z есть исправленный объемъ газа, V —наблюдаемый его объемъ, B —барометрическое давленіе въ миллиметрахъ ртутнаго столба, t —температура окружающаго воздуха въ градусахъ Цельсія и f —упругость водянаго пара, соотвѣтствующая температурѣ t (стр. 68).

Примѣръ: Изъ 1250 куб. сант. изслѣдуемой воды было получено всего 24,5 куб. сант. смѣси азота и кислорода, измѣренныхъ при 755 миллим. атмосфернаго давленія и 18° Ц; послѣ поглощенія кислорода фосфоромъ, изъ нихъ осталось 19,2 куб. сант. азота, измѣренныхъ при 752 миллим. и 20° Ц.

Исправленные объемы будутъ:

$$\frac{24,5 \times (755 - 15,4) \times 273}{760 \times (273 + 18)} = 22,36 \text{ куб. сант. азота и кислорода}$$

$$\text{и } \frac{19,2 \times (752 - 17,4) \times 273}{760 \times (273 + 20)} = 17,29 \text{ куб. сант. азота.}$$

Слѣдовательно, взятые въ опытъ 1250 куб. сант. воды содержатъ 22, 36—17, 29=5,07 куб. сант.,

а 1 литръ $5,07:1,250=4,06$ куб. сант. сухого кислорода, измѣреннаго при 0° и 760 миллим. давленія,

и $17,29:1,250=13,83$ куб. сант. сухого азота, измѣреннаго при тѣхъ же условіяхъ.

Примѣчаніе: Измѣреніе газоваго объема и опредѣленіе въ немъ содержанія кислорода можетъ быть произведено также въ эвдиометрѣ надъ ртутью или водою, по методамъ описываемыхъ въ сочиненіяхъ о газовомъ анализѣ ¹⁾).

ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПОМОЩЬЮ ТИТРОВАНІЯ.

Вышеописанный газволюменотрический способъ даетъ весьма точные результаты, но требуетъ употребленія довольно сложныхъ приборовъ и продолжительной работы. Поэтому было предложено нѣсколько болѣе простыхъ способовъ опредѣленія содержанія кислорода въ природныхъ водахъ, основанныхъ на легко исполнимыхъ приемахъ титрованія. Во всѣхъ этихъ способахъ въ опредѣленный объемъ изслѣдуемой природной воды вводятъ опредѣленное избыточное количество какого либо соединенія, способнаго легко окисляться и поглощать растворенный кислородъ и затѣмъ опредѣляютъ титрованіемъ избытокъ невошедшаго въ реакцію окисленія соединенія. Для этой цѣли Моръ ²⁾ беретъ соль закиси желѣза, въ присутствіи избытка щелочи и избытокъ закиси, не перешедшій въ окись, титруетъ марганцевокалиевой солью. Винклеръ ³⁾ беретъ соль закиси марганца, Шютценбергеръ и Рислеръ ⁴⁾ — растворъ бѣлаго индиго и образовавшееся синее индиго обращаютъ обратно въ бѣлое индиго титрованнымъ растворомъ гидросѣрнистонатріевой соли. Изъ ряда предложенныхъ способовъ наиболѣе удобенъ способъ Винклера.

СПОСОБЪ ВИНКЛЕРА.

Способъ этотъ основывается на слѣдующемъ: Въ извѣстномъ объемѣ изслѣдуемой воды растворяютъ избытокъ хлористаго марган-

¹⁾ Bunsen. Gasometrische Methoden.

Cl. Winkler. Analyse der Industrie-Gase.

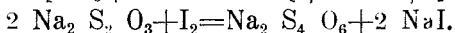
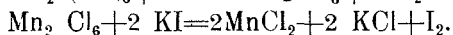
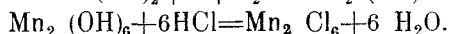
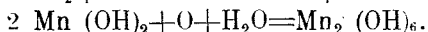
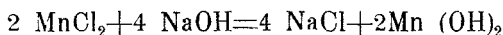
W. Hempel. Neue Methoden zur Analyse der Gase.

²⁾ Mohr. Lehrburch, der chem. analyt. Titriermethoden. 6. Auflage.

³⁾ Ber. der deutsch. chemisch. Ges. 21, 2843 u. 22, 1764.

⁴⁾ Ber. der deutsch. chemisch. Ges. 12, 1768.

да и ѣдкаго натра; выдѣлившаяся при этомъ закись марганца окисляется въ окись на счетъ раствореннаго въ водѣ кислорода. Окись марганца въ присутствіи іодистаго калия при подкисленіи соляной кислотой выдѣляетъ іодъ въ количествѣ эквивалентномъ содержащемуся въ водѣ кислороду и количество іода опредѣляется титрованнымъ растворомъ сѣрноватистонатріевой соли, въ присутствіи крахмального клейстера. Перечисленные реакціи происходят по слѣдующимъ уравненіямъ:



Для исполненія опредѣленія необходимы слѣдующіе растворы:

1). **Растворъ хлористаго марганца.** 80 гр. чистаго кристаллическаго хлористаго марганца, $\text{MnCl}_2 + 4 \text{ H}_2 \text{O}$, не содержащаго желѣза, растворяютъ въ 100 куб. сант. дистиллированной воды.

2). **Растворъ ѣдкаго натра и іодистаго калия.** 10 гр. чистаго іодистаго калия растворяютъ въ 100 куб. сант. 33% раствора чистаго ѣдкаго натра.

3). **Титрованный $\frac{1}{100}$ нормальный растворъ сѣрноватистонатріевой соли.** 2,48 гр. свѣженерекристаллизованной сѣрноватистонатріевой соли, $\text{Na}_2 \text{ S}_2 \text{ O}_3 + 5 \text{ H}_2\text{O}$, растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды. Титръ этого раствора устанавливается и провѣряется передъ опытомъ по $\frac{1}{100}$ нормальному раствору іода, содержащему 1,27 миллигр. I въ 1 куб. сант. (стр. 109).

4). **Чистая крѣпкая соляная кислота** уд. в. 1,19.

5). **Крахмальный клейстеръ** (стр. 102).

Опытъ производить въ толстостѣнныхъ стеклянкахъ, вмѣщающихъ около 300 куб. сант., запираемыхъ тщательно пришлифованною стеклянною пробкою. Емкость такой стеклянки заранѣе опредѣляется, взвѣсивая ее пустую, а затѣмъ наполненную совершенно дистиллированной водой. Въ такую стеклянку набираютъ вплоть до пробки подлежащую испытанію воды, такъ чтобы устранивъ доступъ къ ней воздуха, съ указанными на стр. 30. предосторожностями. Снявъ пробку, выпускаютъ на дно стеклянки помощью длинной и тонкой пипетки сначала 1 куб. сант. раствора ѣдкаго натра и іодистаго калия и затѣмъ 1 кубич. сант. раствора хлористаго марганца, тотчасъ же вставляютъ плотно пробку, такъ чтобы не оставить подъ нею воздушнаго пузырька, взбалтываютъ содержимое стеклянки и даютъ устояться въ теченіи нѣсколькихъ часовъ клочковатому осадку гидра-

товъ окисловъ марганца. Послѣ отстаиванья вынимаютъ пробку и вводятъ въ стеклянку на дно ея пипеткою 5 куб. сант. крѣпкой соляной кислоты. Стеклянку тотчасъ же запираютъ вновь пробкою и взбалтываютъ, причемъ осадокъ марганцевыхъ окисловъ растворяется, а жидкость отъ выдѣлившагося іода окрашивается въ желтый цвѣтъ. Жидкость переливаютъ въ стаканъ, ополаскиваютъ стеклянку дистиллированной водой, прибавляютъ въ стаканъ 2—3 куб. сант. крахмального клейстера и титруютъ до обезцвѣчиванія синей жидкости $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ сѣрноватистонатріевой соли.

Такъ какъ по вышеприведеннымъ уравненіямъ каждыя 2 I (2×127) выдѣленнаго іода соотвѣтствуютъ O (16), то каждый куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора іода, содержащій 1,27 миллигр. и, слѣдовательно, каждый куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора сѣрноватистонатріевой соли соотвѣтствуетъ $\frac{16 \times 1,27}{2 \times 127} = 0,08$ миллигр. раствореннаго во взятой для опыта водѣ кислорода, или 0,05595 куб. сант. его, измѣреннымъ при 0° и 760 миллим. давленія ¹⁾. Если въ опытъ было взято A куб. сант. изслѣдуемой воды, а при титрованіи выдѣленнаго іода пошло n куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора сѣрноватистонатріевой соли, то A — 2 куб. сант. ²⁾ изслѣдуемой воды содержатъ $n \times 0,05595$ куб. сант. раствореннаго кислорода, измѣреннаго при 0° и 760 миллим. давленія.

Примѣръ: Въ стеклянку, вмѣщающую вплоть до пробки 275 куб. сант., наполненную совершенно испытуемою водой, введено по 1 куб. сант. растворовъ ѣдкаго натра и іодистаго калия и хлористаго марганца. Послѣ отстаиванья и прибавленія 5 куб. сант. крѣпкой соляной кислоты пошло на титрованіе выдѣлившагося іода 28,8 куб. сант. раствора сѣрноватистонатріевой соли, каждый куб. сант. котораго соотвѣтствовалъ 0,9 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора іода.

Истраченные при титрованіи 28,2 куб. сант. сѣрноватистонатріевой соли соотвѣтствуютъ $28,2 \times 0,9 \times 0,05595 = 1,42$ куб. сант. кислорода, содержащимся въ 275—2=273 куб. сант. испытуемой воды.

1 литръ изслѣдованной воды содержитъ, слѣдовательно:

$\frac{1,42 \times 1000}{273} = 5,20$ куб. сант. кислорода, измѣреннаго при 0° и 760 миллим. давленія.

¹⁾ Такъ какъ 1000 куб. сант. сухого кислорода вѣсятъ при 0° и 760 миллим. давленія 1,42967 гр.

²⁾ Потому что 2 куб. сант. изслѣдуемой воды были вытѣснены изъ стеклянки съ испытуемою водой прибавленными реактивами.

Примѣчаніе: Если испытуемая вода содержитъ азотистую кислоту, желѣзныя соли, органическія вещества, или вообще вещества, могущія также дѣйствовать какъ нибудь на прибавляемые реактивы, то можно ввести въ получаемый результатъ слѣдующимъ образомъ поправку:

1 куб. сант. раствора хлористаго марганца прибавляютъ къ $\frac{1}{2}$ литра дистиллированной воды, къ жидкости прибавляютъ 1 куб. сант. 33% раствора ѣдкаго натра, сильно взбалтываютъ и отфильтровываютъ бурый осадокъ образовавшейся водной окиси марганца, $Mn_2(OH)_6$, на маленькій фильтръ.

Осадокъ этотъ растворяютъ въ холодной крѣпкой соляной кислотѣ и полученный растворъ разбавляютъ вновь дистиллированной водой до $\frac{1}{2}$ литра. Отъ полученнаго раствора берутъ въ 2 стакана по 100 куб. сант.; въ одинъ изъ стакановъ приливаютъ 100 куб. сант. дистиллированной воды, — въ другой — 100 куб. сант. воды, въ которой должно быть произведено опредѣленіе кислорода. Черезъ нѣсколько минутъ прибавляютъ въ оба стакана по нѣсколько кристалловъ іодистаго калия и, прибавивъ крахмального клейстера, титруютъ свободный іодъ, выдѣлившійся въ обоихъ стаканахъ, $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ сѣрноватистонатріевой соли. Разность между количествами израсходованнаго $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора сѣрноватистонатріевой соли при титрованіи содержаимаго обоихъ стакановъ укажетъ сколько нужно прибавить къ количеству этого раствора, употребленному при опредѣленіи кислорода.

Примѣръ: При опредѣленіи кислорода въ 273 куб. сант. воды, содержащей много азотистой кислоты и органическихъ веществъ, потрачено по способу Винклера 12,6 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора сѣрноватистонатріевой соли.

Для нахожденія поправки на вліяніе примѣсей по 100 кубическ. сант. приготовленнаго какъ сказано выше раствора гидрата окиси марганца были смѣшаны въ одномъ стаканѣ со 100 куб. сант. дистиллированной воды, а въ другомъ со 100 куб. сант. испытуемой воды, черезъ нѣсколько минутъ въ оба стакана прибавленъ іодистый калий и крахмальный клейстеръ и произведено титрованіе $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ сѣрноватистонатріевой соли, причемъ на 1. стаканъ пошло этого раствора 6,9 куб. сант., а на 2.—только 5,2 куб. сант. Постороннія примѣси изъ 100 куб. сант. испытуемой воды расходуютъ, слѣдовательно, дѣйствующій хлоръ, отвѣчающій $6,9 - 5,2 = 1,7$ куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора сѣрноватистонатріевой соли.

Поэтому къ израсходованнымъ при опредѣленіи кислорода въ 273 куб. сант. воды 12,6 куб. сант. этого раствора надо прибавить

$1,7 \times 2,73 = 4,6$ куб. сант. и считать, что на опредѣленіе кислорода въ 273 куб. сант. испытуемой воды пошло $12,6 + 4,6 = 17,2$ куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормального раствора сѣрноватистонатріевой соли. Если титръ этого раствора будетъ такой же, какъ въ предыдущемъ примѣрѣ, то 1 литръ изслѣдованной воды содержать:

$$\frac{17,2 \times 0,9 \times 0,05595 \times 1000}{273} = 3,17 \text{ куб. сант. раствореннаго кислорода,}$$

измѣреннаго при 0° и 760 миллим.

21 ОПРЕДѢЛЕНІЕ СВИНЦА, МѢДИ, ЦИНКА И МЫШЬЯКА.

Природныя воды не содержатъ вышепоименованныхъ элементовъ; но незначительныя количества ихъ могутъ попасть въ воду изъ водопроводныхъ трубъ, а также въ видѣ стоковъ. Въ большинствѣ случаевъ въ загрязненной такимъ образомъ водѣ содержатся лишь слѣды одного изъ перечисленныхъ элементовъ.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ СВИНЦА, МѢДИ И ЦИНКА.

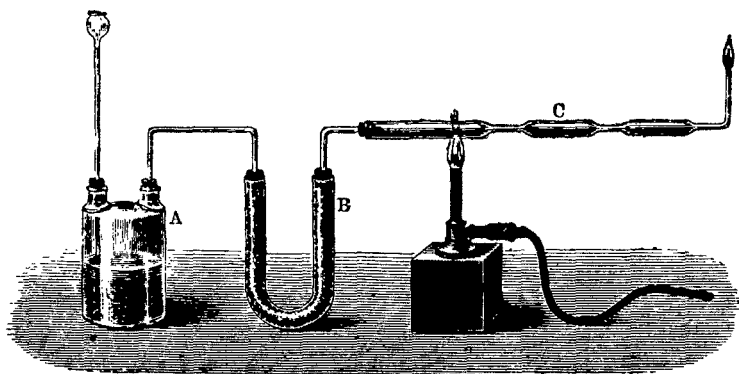
Около литра испытуемой воды подкисляютъ до яснокислой реакціи соляной кислотой и выпариваютъ до объема въ 200 куб. сант. Черезъ полученную кислую жидкость пропускаютъ струю сѣрководорода до полного ея насыщенія, причемъ свинецъ и мѣдь выдѣляются, въ видѣ чернаго цвѣта осадковъ PbS и CuS ; выдѣлившійся осадокъ отфильтровываютъ черезъ маленькій фильтръ, переносятъ въ фарфоровую чашечку, и нагреваютъ съ небольшимъ количествомъ крѣпкой азотной кислоты, причемъ онъ растворяется. Отфильтровать отъ выдѣлившейся сѣры, прозрачную жидкость выпариваютъ для удаленія избытка азотной кислоты, остатокъ растворяютъ въ горячей дистиллированной водѣ и къ раствору прибавляютъ разбавленной сѣрной кислоты и спирта, причемъ осаждается свинецъ, въ видѣ бѣлаго кристаллическаго осадка сѣрносвинцовой соли, $PbSO_4$, черняющаго при обливаніи его растворомъ сѣрнистаго аммонія.

Къ фильтрату отъ сѣрносвинцовой соли прибавляютъ избытокъ амміака; синее окрашиваніе жидкости указываетъ на присутствіе мѣди. Или же къ этому фильтрату прибавляютъ растворъ желтой кровяной соли,—въ присутствіи мѣди получается краснобурый осадокъ желѣзистоціанистой мѣди, $Cu_2 Fe (CN)_6$. Для открытія цинка, фильтратъ отъ осадковъ сѣрнистыхъ соединений свинца и мѣди, или

кислая жидкость, въ которой сѣроводородъ не далъ осадка, смѣшивается съ растворомъ уксуснонатріевой соли, чтобы нейтрализовать свободную соляную кислоту и замѣнить ее уксусной кислотой, и вновь насыщается сѣроводородомъ. Образующійся бѣлый осадокъ есть сѣрнистый цинкъ, ZnS . Осадокъ этотъ растворимъ въ соляной кислотѣ.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТІЕ МЫШЬЯКА.

Даже минимальное количество мышьяка можетъ быть открыто помощью аппарата Марша, изображеннаго на фиг. 8.



Фиг. 8.

А, есть двугорлая стеклянка, служащая для получения водороднаго газа. В,—трубка, наполненная пористымъ хлористымъ кальціемъ для осушенія водорода. С — трубка изъ тугоплавкаго стекла съ нѣсколькими суженіями по длинѣ и съ изогнутымъ къверху и оттянутымъ въ тонкое отверстіе концемъ а. Въ стеклянкѣ В помѣщаются куски чистаго зерненаго цинка и разбавленная (1:3) чистая сѣрная кислота; для ускоренія выдѣленія водорода полезно влить въ стеклянку нѣсколько капель раствора хлорной платины. Когда можно считать, что весь воздухъ вытѣсненъ водородомъ изъ прибора (черезъ 20—30 минутъ), накаливаютъ пламенемъ подставленной горѣлки часть тугоплавкой трубки, непосредственно передъ первымъ ея суженіемъ. Если въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа накаливанія въ суженіи за мѣстомъ накаливанія не появится никакого налета, то можно счи-

татъ, что выдѣляющійся изъ стеклянки А водородный газъ чистъ и не содержитъ мышьяка. Тогда приливаютъ черезъ воронку около 30 куб. сант. испытуемой воды порціями, приблизительно по 5 куб. сант. Присутствіе въ водѣ мышьяковистыхъ соединеній обнаруживается появленіемъ чернаго зеркально-блестящаго налета въ трубкѣ С, за мѣстомъ накалыванія ея. Если зажечь водородъ, выходящій изъ отверстія а, и въ пламя его внести холодную фарфоровую крышку отъ тигля, то на ней появляется блестящее черное пятно, легко растворимое въ растворѣ хлорноватистонатріевой соли.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ СВИНЦА, МѢДИ И ЦИНКА.

Такъ какъ выше поименованные металлы всегда находятся въ загрязненной ими водѣ лишь въ весьма незначительныхъ количествахъ, то необходимо брать для ихъ опредѣленія значительное количество испытуемой воды: отъ 1—5 литровъ.

О П Р Е Д Ѣ Л Е Н І Е С В И Н Ц А.

Отмѣренное количество воды подкисляютъ азотной кислотой и выпариваютъ до объема въ 100—150 куб. сант. Къ полученной кислотой жидкости прибавляютъ уксуснонатріевой соли, чтобы насытить свободную кислоту и замѣнить ее уксусной и насыщаютъ жидкость сѣроводородомъ. Выдѣлившійся черный осадокъ сѣрнистаго свинца собираютъ на маленькій фильтръ, промываютъ горячей дистиллированной водой, высушиваютъ, вмѣстѣ съ фильтромъ, переносятъ въ фарфоровый тигль Розе, испепеляютъ фильтръ и, прибавивъ въ тигль чистой толченой сѣры, прокалываютъ осадокъ въ струѣ водороднаго газа. Взвѣсивъ охлажденный въ эксикаторѣ тигль и вычитая изъ полученнаго вѣса, вѣсъ тигля и золы фильтра, находятъ вѣсъ полученнаго сѣрнистаго свинца, PbS. Помножая этотъ вѣсъ на 0,866, узнаютъ вѣсъ металлическаго свинца, содержащагося во взятомъ объемѣ изслѣдуемой воды.

Если количество полученнаго сѣрнистаго свинца слишкомъ мало для точнаго взвѣшиванія, то осадокъ PbS растворяютъ на фильтрѣ въ нѣсколькихъ капляхъ горячей азотной кислоты, выпариваютъ полученный растворъ въ маленькой фарфоровой чашкѣ, растворяютъ остатокъ въ дистиллированной водѣ и, прибавивъ къ раствору, перелитому въ высокій стеклянный цилиндръ, фдкаго натра и сѣроводородной воды, опредѣляютъ количество свинца колориметрически,

сравнивая полученное чернобурое окрашивание съ окрашиваніемъ дестиллированной воды, содержащей известное небольшое количество свинца, прибавленное къ этой водѣ, въ видѣ раствора азотносвинцевой соли, $Pb(NO_3)_2$, содержащаго, 1,0 миллигр. Pb въ 1 куб. сант. (0,16 гр. на 1 литръ) и также смѣшанной съ фѣдкимъ натромъ и сѣководороднымъ растворомъ.

О П Р Е Д Ъ Л Е Н І Е М Ъ Д И.

Отмѣренный объемъ изслѣдуемой воды подкисляютъ соляной кислотой, выпариваютъ до объема въ 100—150 куб. сант. и осаждаютъ мѣдь, въ видѣ сѣрнистой мѣди, CuS , сѣрнистымъ водородомъ. Черный осадокъ промываютъ на маленькомъ фильтрѣ сѣководородной водой, высушиваютъ, переносятъ въ фарфоровый тигль Розе, испепеляютъ фильтръ и, прибавивъ порошка чистой сѣры, прокаливаютъ въ струѣ водорода. Послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ тигль и изъ привѣса его, вычитая золу фильтра, узнаютъ вѣсъ Cu_2S . Помножая этотъ вѣсъ на 0,798, узнаютъ вѣсъ металлической мѣди, содержащейся во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

Весьма малое количество мѣди можетъ быть также опредѣлено колориметрически, растворяя осадокъ CuS въ азотной кислотѣ, прибавляя полученный растворъ дестиллированной водой въ колориметрическомъ цилиндрѣ до 100 куб. сант. и прибавляя къ жидкости растворъ желтой кровяной соли. Получаемое краснобурое окрашивание сравнивается съ такимъ же окрашиваніемъ дестиллированной воды, къ которой былъ прибавленъ въ известномъ количествѣ растворъ мѣдной соли, содержащій 0,5 миллигр. Cu въ 1 куб. сант. Такой растворъ получаютъ, растворяя 1,976 гр. чистаго мѣднаго купороса, $(CuSO_4 + 5H_2O)$, въ 1 литръ дестиллированной воды.

О П Р Е Д Ъ Л Е Н І Е Ц И Н К А.

Отмѣренный объемъ воды подкисляютъ соляной кислотой, выпариваютъ до объема въ 100—150 куб. сант., къ кислой жидкости прибавляютъ уксусонатріевой соли и осаждаютъ цинкъ сѣководородомъ, въ видѣ бѣлаго сѣрнистаго цинка, ZnS .

Осадокъ собираютъ на фильтръ, промываютъ сѣководородной водой, высушиваютъ и прокаливаютъ съ порошкомъ сѣры въ тиглѣ Розе въ струѣ водороднаго газа. Вѣсъ найденнаго сѣрнистаго цин-

ка помножаютъ на 0,67, чтобы получить вѣсъ металлическаго цинка, содержащагося во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

Колориметрически весьма малое количество цинка можно опредѣлить, растворивъ осадокъ, ZnS , въ соляной кислотѣ, удаливъ выпариваніемъ избытокъ соляной кислоты, разбавивъ остатокъ дистиллированной водой до 100 куб. сант. и прибавивъ къ полученной жидкости растворъ желтой кровяной соли, дающей въ разбавленныхъ растворахъ соли цинка бѣлую муть. Густоту этой мути сравниваютъ съ мутью, полученной при одинаковыхъ условіяхъ въ растворахъ, содержащихъ извѣстное малое количество цинка. Для колориметрическаго сравненія употребляютъ растворъ 4,415 гр. цинковаго купороса ($ZnSO_4 + 7H_2O$) въ 1 литрѣ дистиллированной воды, содержащій 1 миллигр. Zn въ 1 куб. сант.

Примѣчаніе: Въ рѣдкихъ случаяхъ нахожденія въ изслѣдуемой загрязненной водѣ одновременно двухъ или трехъ названныхъ металловъ, количественное опредѣленіе ихъ производится вѣсовымъ способомъ, послѣдовательно выдѣляя Pb , Cu и Zn изъ сгущенной выпариваніемъ, подкисленной азотной кислотой воды, какъ это подробно излагается въ руководствахъ къ количественному анализу ¹⁾.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДѢЛЕНІЕ МЫШЬЯКА.

1—5 литровъ изслѣдуемой воды, содержащей на основаніи качественного испытанія мышьякъ, помѣщаютъ въ большую фарфоровую чашку, выпариваютъ до объема въ 300 куб. сант., прибавляютъ 50 куб. сант. 10% соляной кислоты и, продолжая выпаривать, постепенно нѣсколько порцій бертолетовой соли, (около 10 гр.), пока жидкость сдѣлается совершенно прозрачною и безцвѣтною, вслѣдствіи полнаго окисленія органическихъ веществъ. Подъ конецъ жидкость выпариваютъ досуха, остатокъ растворяютъ въ горячей дистиллированной водѣ, растворъ переливаютъ въ колбу Эрленмейера, подкисляютъ соляной кислотой, нагреваютъ почти до кипѣнія и пропускаютъ черезъ него по крайней мѣрѣ въ теченіи 1 часа сѣроводородъ. Насыщенной имъ жидкости даютъ постоять въ закупоренной колбѣ по крайней мѣрѣ въ теченіи 12-ти часовъ. Затѣмъ выдѣлившійся осадокъ отфильтровываютъ на маленькій фильтръ, промываютъ его сѣроводородной водой, растворяютъ въ тепломъ растворѣ сѣрнистаго аммонія, растворъ собираютъ въ фарфоровую чашку и выпариваютъ

досуха. Сухой остатокъ нѣсколько разъ обливають и выпариваютъ съ крѣпкою азотной кислотой, растворяютъ подъ конецъ въ нѣсколькихъ капляхъ раствора ѣдкаго натра, переносятъ растворъ въ фарфоровый тигль, прибавляютъ туда же 1 гр. смѣси изъ 2 частей соды и 1 части азотнатріевой соли, высушиваютъ содержимое тигля на водянной банѣ и осторожно сплавляютъ на маломъ пламени горѣлки.

По охлажденіи содержимое тигля выщелачиваютъ горячей дестиллированной водой и растворъ отфильтровываютъ въ стаканъ. Последняя обработка имѣетъ цѣлью отдѣлить могущія присутствовать соединенія сурьмы, которыя останутся нерастворимыми, въ видѣ пиросурьямонатріевой соли. Къ собранному въ стаканѣ раствору прибавляютъ 10 куб. сант. магнезіальной смѣси ¹⁾ и двойной, противъ объема жидкости, объемъ 10% амміака, перемѣшиваютъ и оставляютъ стоять на сутки. Выдѣлившійся кристаллическій осадокъ двойной мышьяковамагніевоамміачной соли, $Mg\ NH_4\ AsO_4$, отфильтровываютъ на маленькій фильтръ (5 сант. въ діаметрѣ) промываютъ смѣсью 1 объема 10% амміака и 3 объемовъ дестиллированной воды, высушиваютъ, перекладываютъ въ прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль, прибавляютъ туда же золу отдѣльно сожженнаго фильтра, прокаливаютъ и, по охлажденіи въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Изъ найденнаго вѣса пиромышьяковамагніевой соли, $Mg_2\ As_2\ O_7$, получается, умножая его на 0,743, вѣсъ мышьяковаго ангидрида, As_2O_5 , содержавагося во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

¹⁾ Магнезіальная смѣсь, служащая также для опредѣленія фосфорной кислоты, готовится, растворя 60 гр. хлористаго магнія и 150 гр. нашатыря въ 400 куб. сант. дестиллированной воды, прибавляя 250 куб. сант. 10% амміака и разбавляя жидкость до 1 литра. Растворъ фильтруютъ, если онъ помутится послѣ стоянія.

IV.

Изслѣдованіе минеральныхъ водъ.

При химическомъ анализѣ минеральныхъ водъ приходится опредѣлять тѣже составныя части, какъ въ обыкновенныхъ природныхъ водахъ; т. е. кислоты: хлористоводородную, серную, азотную, азотистую, фосфорную, угольную, кремневую; металлы: калий, натрій, кальцій, магній, алюминій, желѣзо; органическія вещества; растворенные газы: углекислоту, кислородъ и сероводородъ. Но кромѣ того, въ минеральныхъ водахъ часто содержатся также соли кислотъ бромистоиодисто и фтористо-водородныхъ, мышьяковистой, мышьяковой, борной, серноватистой, титановой и металлы: литій, цезій, рубидій, барій, стронцій, марганецъ, никкель, кобальтъ, цинкъ, свинецъ и мѣдь.

Нѣкоторые изъ этихъ составныхъ частей считаются весьма существенными для лекарственныхъ примѣненій минеральныхъ водъ и при анализѣ должны быть опредѣляемы. Нѣкоторые изъ этихъ составныхъ частей содержатся въ минеральныхъ водахъ въ ничтожно маломъ количествѣ и для ихъ опредѣленія нужно переработать весьма значительное количество воды и потратить много времени и труда. Чаще всего довольствуются при количественномъ анализѣ минеральныхъ водъ опредѣленіемъ соединений встрѣчающихся и въ обыкновенныхъ природныхъ водахъ, а изъ болѣе рѣдкихъ составныхъ частей опредѣляютъ содержаніе: брома, іода, литія, марганца, барія, стронція и мышьяка.

Въ нижеслѣдующемъ описанъ ходъ количественнаго анализа минеральныхъ водъ, принимая въ соображеніе важнѣйшія ихъ составныя части. Подробности объ опредѣленіи болѣе рѣдкихъ соединений, встрѣчаемыхъ въ видѣ незначительныхъ слѣдовъ, могутъ быть найдены въ специальныхъ по этому предмету руководствахъ ¹⁾.

¹⁾ Fresenius, Quantitative chem. Analyse. 6. Auflage. S. 184 u. ff.

Взятіе пробы, предназначенной къ анализу минеральной воды совершается, какъ это было описано для обыкновенной природной воды. У источника наполняютъ нѣсколько тщательно очищенныхъ бутылей, а также одинъ или два баллона отъ сѣрной кислоты (по 30—50 литровъ) и хорошо затыкаютъ ихъ чистыми деревянными или каучуковыми пробками. Надо стараться не взмутить воду при взятіи ее изъ источника и, если возможно, прямо профильтровать ее черезъ большіе фильтры въ бутылки и баллоны. Для опредѣленій растворенныхъ газовъ и общаго содержанія углекислоты, вода прямо у источника наполняется въ соотвѣтственно подготовленные сосуды (стр. 30 и 59). Температура, степень мутности, окрашенность, запахъ, вкусъ и реакція воды удобнѣе всего опредѣляются во время взятія пробы у источника. Здѣсь же лучше всего произвести количественное опредѣленіе закиси желѣза въ желѣзистыхъ водахъ и сѣководорода въ водахъ сѣрнистыхъ.

Закись желѣза, Fe O. Отмѣриваютъ 500 куб. сант. воды въ чистую колбу, поставленную на листъ бѣлой бумаги, подкисляютъ разбавленною сѣрной кислотой и титруютъ $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ марганцевокалиевой соли, титръ котораго заранѣе установленъ по $\frac{1}{100}$ нормальному раствору щавелевой кислоты, до появленія въ жидкости свѣтло розоваго окрашиванія, не исчезающаго при взбалтываніи. 1 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора щавелевой кислоты соотвѣтствуетъ 0,72 миллигр. закиси желѣза, FeO, или 0,56 миллигр. металлическаго желѣза.

Сѣководородъ опредѣляется у источника по способу Дюпаскье-Фрезениуса (стр. 108).

ХОДЪ АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ ВЪ ЛАБОРАТОРИИ.

Исходный объемъ воды, употребляемый для отдѣльныхъ опредѣленій, зависитъ отъ большаго или меньшаго содержанія опредѣляемыхъ веществъ и устанавливается на основаніи предварительнаго качественного испытанія. Въ большинствѣ случаевъ употребляются методы, уже выше описанные съ нѣкоторыми измѣненіями, вызываемыми присутствіемъ въ водахъ веществъ, не встрѣчаемыхъ въ обыкновенныхъ природныхъ водахъ. Вообще, анализъ минеральныхъ водъ ведется слѣдующимъ образомъ:

1. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПЛОТНАГО ОСТАТКА.

Берутъ отъ 300 до 500 куб. сант., смотря по степени минера-

лизаціи, и поступають, какъ описано на стр. 38. Во взвѣшенномъ плотномъ остаткѣ опредѣляютъ потерю при прокаливаніи.

2. ОПРЕДѢЛЕНІЕ КРЕМНЕКИСЛОТЫ, ЖЕЛѢЗА, АЛЛЮМИНІЯ, МАРГАНЦА, КАЛЦІЯ И МАГНІЯ

Кремнекислота. Нѣсколько литровъ (3—5) изслѣдуемой воды, подкисленной соляной кислотой, выпариваютъ до суха въ платиновой чашкѣ и въ остаткѣ опредѣляютъ кремнекислоту, какъ описано на стр. 87. Послѣ взвѣшиванія, въ платиновый тигль нѣсколько разъ наливаютъ чистую разбавленную фтористоводородную кислоту и выпариваютъ досуха на водяной банѣ; по удаленіи всей SiO_2 въ видѣ фтористаго кремнія, Si F_4 , въ тиглѣ обыкновенно остается небольшой остатокъ, состоящій изъ сѣрнобаріевой соли и титановой кислоты. Его прокачиваютъ, взвѣшиваютъ и вѣсъ его вычитаютъ изъ найденнаго раньше вѣса кремнекислоты.

Желѣзо. Фильтратъ отъ кремнекислоты подкисляютъ нѣсколькими каплями азотной кислоты, нагреваютъ до кипѣнія, смѣшиваютъ съ избыткомъ амміака и вновь нагреваютъ на водяной банѣ, до почти полнаго удаленія избытка амміака. Выдѣлившійся осадокъ состоитъ изъ гидратовъ окисей желѣза, аллюминія, части марганца, а также изъ фосфорной кислоты. Этотъ осадокъ собираютъ на маленькій фильтръ, промываютъ кипящей дистиллированной водой и растворяютъ въ соляной кислотѣ. Полученный растворъ разбавляютъ до 200 куб. сант. и къ нему по немногу прибавляютъ разбавленный растворъ углеаммоніевой соли (1:10), пока образующійся осадокъ перестанетъ растворяться при взбалтываніи. Слабо помутившуюся и не просвѣтляющуюся при стояніи жидкость нагреваютъ до кипѣнія, отфильтровываютъ осѣвшій клочковатый осадокъ и промываютъ его кипящей дистиллированной водой. Къ фильтрату прибавляютъ амміаку и, въ случаѣ полученія еще нѣкотораго небольшого осадка гидрата окиси желѣза, отфильтровываютъ его и присоединяютъ къ главной порціи осадка, а фильтромъ прибавляютъ къ жидкости, собранной при фильтрованіи перваго осадка, образовавшагося отъ амміака и содержащей марганецъ и щелочноземельныя соли. Собранный осадокъ, состоящій изъ гидратовъ окисей аллюминія и желѣза и ихъ фосфорнокислыхъ солей, растворяютъ въ соляной кислотѣ, къ раствору прибавляютъ нѣсколько кристалловъ чистой лимонной кислоты, амміаку до щелочной реакціи и сѣрнистаго аммонія, причемъ осаждается только сѣрнистое желѣзо, FeS , а аллюминій и фосфорная кислота остаются въ растворѣ. Осажденіе производятъ въ маленькой колбѣ, которую дополняютъ дистиллиро-

ванной водой до верху, закупоривают каучуковой пробкой и оставляют несколько часов отстаиваться. Когда совершенно отстоится черный осадок, FeS , его отфильтровывают на маленький фильтр, промывают возможно быстро слабым раствором сернистаго аммонія, и растворяют въ соляной кислотѣ; растворъ окисляютъ, прибавивъ нѣсколько капель крѣпкой азотной кислоты и, вскипятивъ, осаждаютъ амміакомъ. Выдѣлившійся осадокъ чистаго гидрата окиси желѣза собираютъ на фильтръ, промываютъ кипящей дистиллированной водой, прокаливаютъ въ платиновомъ тиглѣ и по охлажденіи взвѣшиваютъ чистую окись желѣза, Fe_2O_3 .

Алюминій. Содержащій глиноземъ и фосфорную кислоту, а также сернистый аммоній и лимонную кислоту фильтратъ отъ сернистаго желѣза выпариваютъ почти до суха въ платиновой чашкѣ, въ чашку прибавляютъ растворъ чистой соды и селитры, вновь выпариваютъ до суха и соляную массу сплавляютъ, для разрушенія лимонной кислоты. По охлажденіи, сплавъ растворяютъ въ горячей дистиллированной водѣ, отфильтровываютъ частички угля, къ прозрачному раствору прибавляютъ фосфорнонатріевой соли и избытокъ амміака. Жидкость нагреваютъ до удаленія избытка амміака и отфильтровываютъ выдѣлившійся осадокъ фосфорноалюминіевой соли. Этотъ осадокъ собираютъ на маленький фильтръ, промываютъ кипящей дистиллированной водой и, вмѣстѣ съ фильтромъ, прокаливаютъ въ платиновомъ тиглѣ. Помножая вѣсъ полученной фосфорноалюминіевой соли, AlPO_4 , на 0,418, находятъ вѣсъ окиси алюминія, Al_2O_3 , содержащейся во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

Марганецъ. Фильтраты, полученные послѣ двукратнаго осажденія окисей желѣза и алюминія и фосфорной кислоты, содержащіе весь марганецъ изслѣдуемой воды, подкисляютъ соляной кислотой, выпариваютъ до небольшого объема и переливаютъ въ колбочку, вмѣщающую 200—250 куб. сант. Здѣсь къ жидкости прибавляютъ амміаку и сернистаго аммонія, доливаютъ колбочку до верху дистиллированной водой, закрываютъ ее каучуковой пробкой, взбалтываютъ и даютъ стоять въ теченіи 24 часовъ.

Выдѣлившійся тѣлеснаго цвѣта осадокъ сернистаго марганца, MnS , отфильтровываютъ на маленький фильтръ, промываютъ разбавленнымъ растворомъ сернистаго аммонія, высушиваютъ и переносятъ въ прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль Розе. Испепеливъ на маленькомъ пламенѣ фильтръ, въ тигль прибавляютъ порошка чистой серы и осадокъ прокаливаютъ въ струѣ водорода. По охлажденіи въ эксикаторѣ, тигль взвѣшиваютъ и, вычитая изъ его привѣса

вѣсь зола фильтра, находятъ вѣсь сѣрнистаго марганца, MnS , а помножая этотъ вѣсь на 0,632 — вѣсь марганца, содержавагося во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

Нальцій и магній могутъ быть опредѣлены въ фильтратѣ отъ сѣрнистаго марганца, разрушивъ содержащійся въ немъ избытокъ сѣрнистаго аммонія соляной кислотой и отфильтровавъ отъ выдѣлившейся сѣры. Но гораздо удобнѣе, взять для этой цѣли отдѣльную пробу изслѣдуемой воды (300—500 куб. сант.), осадить изъ нея амміакомъ кремнеземъ и гидраты окисей алюминія и желѣза и въ фильтратѣ отъ осадка ихъ опредѣлить послѣдовательно известъ и магнезію, какъ это описано на стр. 89. Если изслѣдуемая минеральная вода содержитъ вѣсомое количество окисей барія и стронція, то это количество слѣдуетъ вычесть изъ найденнаго вѣса извести.

3. ОПРЕДѢЛЕНІЕ БАРІЯ, СТРОНЦІЯ, ЛИТІЯ, БРОМА И ІОДА.

Содержаніе этихъ соединений обыкновенно такъ ничтожно мало, что для ихъ количественнаго опредѣленія необходимо употреблять весьма значительные объемы изслѣдуемой воды: содержимое одного или двухъ баллоновъ. По указаніямъ Фрезеніуса, берутъ 50 литровъ воды и выпариваютъ ихъ въ мѣдномъ луженомъ котлѣ до объема приблизительно въ 4 литра. Если вода имѣетъ кислую реакцію, или становится кислую при выпариваніи, то необходимо прибавить чистой соды, до ясно щелочной реакціи. Послѣ сгущенія, въ котлѣ получается жидкость съ плавающимъ въ ней довольно обильнымъ осадкомъ; ее фильтруютъ и осадокъ тщательно промываютъ горячей дистиллированной водой.

Барій и стронцій. Собранный на фильтр осадокъ состоитъ изъ углекислыхъ солей щелочноземельныхъ металловъ и изъ гидратовъ окисловъ алюминія, желѣза и иногда тяжелыхъ металловъ. Осадокъ этотъ смываютъ струей воды изъ промывалки съ фильтра въ небольшую фарфоровую чашку, обливаютъ соляной кислотой, прибавляютъ нѣсколько капель сѣрной кислоты и выпариваютъ на водяной банѣ до суха. Сухой остатокъ извлекаютъ горячей дистиллированной водой, подкисленной соляной кислотой, причемъ остается нерастворенной кремневая кислота, весь барій, въ видѣ сѣрнobarіевой соли, сѣрносвинцевая соль, часть сѣрностронціевой и сѣрнокальціевой солей. Нерастворимое собираютъ на фильтр, вкладываютъ вмѣстѣ съ фильтромъ въ платиновый тигль, высушиваютъ и испепеляютъ фильтр и содержимое тигля нѣсколько разъ об-

ливаютъ и выпариваютъ съ фтористоводородной кислотой, для удаленія кремневой кислоты. Оставшіяся въ тиглѣ сѣрнокислыя соли сплавляютъ съ содой, сплавъ послѣ охлажденія выщелачиваютъ горячей водой и отфильтровываютъ образовавшіяся углекислыя соли. Осадокъ этихъ солей растворяютъ въ разбавленной соляной кислотѣ и насыщаютъ растворъ сѣроводородомъ для осажденія свинца. Отдѣливъ осадокъ сѣрнистаго свинца фильтрованіемъ, сгущаютъ выпариваніемъ фильтратъ, прибавляютъ къ нему нѣсколько сѣрной кислоты и спирта и собираютъ выдѣлившіяся сѣрнокислыя щелочноземельныя соли на маленькомъ фильтрѣ.

Кислый фильтратъ отъ кремнекислоты и сѣрнокислаго барія содержитъ известъ, магнезію и отчасти окись стронція и слѣды окиси барія. Черезъ него пропускаютъ, нагрѣвъ его до 60° Ц., струю сѣроводорода. чтобы осадить тяжелые металлы (мышьякъ, сурьму, олово, мѣдь и др.), фильтруютъ, изъ фильтрата выдѣляютъ марганецъ, желѣзо и аллюминій амміакомъ и сѣрнистымъ аммоніемъ, вновь фильтруютъ, фильтратъ для разрушенія сѣрнистаго аммонія подкисляютъ соляной кислотой и нагрѣваютъ, отфильтровываютъ выдѣлившуюся сѣру и изъ нагрѣтаго фильтрата осаждаютъ углеаммоніевой солью и амміакомъ углекислыя соли щелочноземельныхъ металловъ. Полученный осадокъ промываютъ на фильтрѣ дистиллированной водой и растворяютъ въ разбавленной азотной кислотѣ. Полученный растворъ испаряютъ досуха въ маленькой колбѣ, остатокъ высушиваютъ въ шкафу при 140° и извлекаютъ азотнокальціевую соль смѣсью безводнаго спирта съ эфиромъ. Нерастворенной остается азотностронціевая соль, содержащая еще примѣсь слѣдовъ барія и кальція. Промытая смѣсью спирта съ эфиромъ азотнокислыя соли растворяютъ въ дистиллированной водѣ, къ раствору прибавляютъ сѣрной кислоты и выпариваютъ почти до суха въ платиновой чашкѣ. Полученный остатокъ соединяютъ съ ранѣе полученной смѣсью сѣрнокислыхъ солей барія, стронція и части кальція. Для раздѣленія смѣси сѣрнокислыхъ солей барія, стронція и части кальція, смѣсь эту промываютъ на фильтрѣ растворомъ сѣрноаммоніевой соли (1:4), довольно легко растворяющимъ сѣрнокальціевую соль и нерастворяющимъ сѣрнокислыхъ солей барія и стронція, до тѣхъ поръ, пока въ стекающей съ фильтра жидкости щавелевоаммоніевая соль перестанетъ образовывать осадокъ. Затѣмъ запираютъ конецъ воронки каучуковой трубкой съ зажимомъ и на осадокъ въ фильтрѣ наливаютъ насыщенный растворъ углеаммоніевой соли.

Фильтръ съ осадкомъ и растворомъ углеаммоніевой соли оставляютъ на сутки въ тепломъ мѣстѣ, причемъ сѣрностронціевая соль

превращается въ углестронціевую, а сѣрнобаріевая соль остается неизмѣненной. По истеченіи этого времени, открывъ зажимъ, спускаютъ растворъ, промываютъ осадокъ горячей дистиллированной водой и обрабатываютъ его разбавленной соляной кислотой. Промывъ остающуюся на фильтрѣ сѣрнобаріевую соль кипящей дистиллированной водой, ее, вмѣстѣ съ фильтромъ, переносятъ въ прокаленный и взвѣшенный платиновый тигль, высушиваютъ и испепеляютъ фильтръ, прокаливаютъ и, послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Помножая найденный вѣсъ сѣрнобаріевой соли, BaSO_4 , на 0,588, находятъ вѣсъ барія содержавшагося во взятомъ въ опытъ объемѣ изслѣдуемой воды.

Изъ фильтрата отъ BaSO_4 осаждаютъ стронцій сѣрной кислотой въ видѣ SrSO_4 , къ жидкости прибавляютъ спирта и осадокъ на фильтрѣ промываютъ спиртомъ. Послѣ прокаливанія въ платиновомъ тиглѣ, охлажденія въ эксикаторѣ и взвѣшиванія, изъ найденнаго вѣса SrSO_4 находятъ вѣсъ стронція, умноженіемъ этого вѣса на 0,4763.

Іодъ, бромъ и литій содержатся въ жидкости, отфильтрованной отъ осадка, выдѣливавшагося при выпариваніи воды. Жидкость эту выпариваютъ далѣе въ большой фарфоровой чашкѣ до полученія въ остаткѣ сырой кристаллической массы. Массу эту растираютъ съ 96% спиртомъ, отцѣживаютъ спиртовую вытяжку и остатокъ еще два раза извлекаютъ теплымъ спиртомъ. Къ полученнымъ спиртовымъ вытяжкамъ прибавляютъ нѣсколько капель раствора ѣдкаго кали и отгоняютъ изъ нихъ спиртъ. Сухой остатокъ послѣ отгонки спирта смачиваютъ дистиллированной водой и опять нѣсколько разъ извлекаютъ горячимъ спиртомъ. Изъ спиртовыхъ вытяжекъ, по прибавленіи къ нимъ нѣсколькихъ капель ѣдкаго кали, опять отгоняютъ спиртъ и остатокъ отъ отгонки въ третій разъ извлекаютъ спиртомъ. Подъ конецъ получается растворъ, содержащій весь бромъ и весь іодъ и только незначительное количество хлора. Растворъ этотъ по прибавленіи къ нему еще разъ двухъ капель раствора ѣдкаго кали выпариваютъ до суха въ платиновой чашкѣ, къ остатку прибавляютъ нѣсколько кристалловъ селитры, высушиваютъ и осторожно прокаливаютъ соляную массу для разрушенія органическихъ веществъ. По охлажденіи прокаленную массу растворяютъ въ небольшомъ количествѣ горячей дистиллированной воды и безцвѣтный растворъ профильтровываютъ отъ углистыхъ частичекъ въ стеклянный цилиндръ, вмѣщающій около 200 куб. сант. и запираемый тщательно притертой стеклянной пробкой.

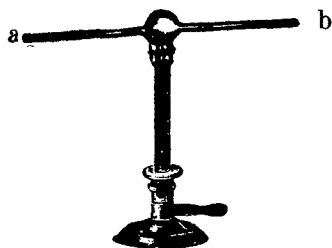
Іодъ. Собранный въ цилиндръ растворъ разбавляютъ дестиллированной водой до приблизительно 40 куб. сант., прибавляютъ 10 куб. сант. чистаго сѣроуглерода и 2—3 куб. сант. крѣпкой сѣрной кислоты, насыщенной парами азотистой кислоты, причемъ весь іодъ выдѣляется въ свободномъ состояніи. Цилиндръ запираютъ пробкой и взбалтываютъ, причемъ іодъ растворяется въ сѣрнистомъ углеродѣ и образуетъ растворъ розово-фіолетоваго цвѣта. Водянистую жидкость сливаютъ съ фіолетоваго слоя сѣроуглерода въ колбу, промываютъ растворъ іода дестиллированной водой нѣсколько разъ, пока промывная вода перестанетъ быть кислую, промыв сливаютъ въ ту же колбу. Къ кислой промывной жидкости въ колбѣ прибавляютъ еще 10 куб. сант. чистаго сѣроводорода и 1 куб. сант. раствора азотистой кислотѣ, взбалтываютъ, водянистую жидкость сливаютъ во вторую колбу, а сѣроуглеродный растворъ, содержащій еще немного іода, прибавляютъ къ главной порціи, промывъ его нѣсколько разъ водой. Извлеченіе сѣроуглеродомъ продолжаютъ, пока онъ перестанетъ окрашиваться отъ іода въ фіолетовый цвѣтъ. Соединенные вмѣстѣ растворы іода въ сѣроуглеродѣ подъ конецъ выливаютъ на смоченный водою бумажный фильтръ и промываютъ на фильтрѣ дестиллированной водой, пока стекающая водянистая жидкость перестанетъ показывать кислую реакцію; тогда протыкаютъ стеклянною палочкою бумажный фильтръ и собираютъ стекающій сѣроуглеродный растворъ іода въ поставленную чистую колбу, и въ ней титруютъ іодъ $\frac{1}{100}$ нормальнымъ растворомъ сѣрноватистонатріевой соли, титръ которой установленъ по $\frac{1}{100}$ нормальному раствору іода, содержащему 1,27 миллигр. I въ 1 куб. сант. (стр. 109), до обезцвѣчиванія сѣроуглероднаго раствора. Передъ титрованіемъ прибавляютъ въ цилиндръ, содержащій сѣроуглеродный растворъ іода, 15 куб. сант. раствора 1 гр. двуугленатріевой соли въ 1 литрѣ дестиллированной воды. Во время титрованія необходимо каждый разъ послѣ прибавки раствора сѣрноватистонатріевой соли изъ бюретки, запирать цилиндръ пробкою и жидкость сильно взбалтывать.

Примѣръ: Содержимое баллона, вмѣщающаго 45,6 литровъ было обработано какъ выше указано и на полученный растворъ іода въ сѣроуглеродѣ пошло 48,5 куб. сант. раствора сѣрноватистонатріевой соли, 1 куб. сант. котораго соотвѣтствовалъ 0,8 куб. сант. $\frac{1}{100}$ нормальнаго раствора іода.

Потраченные 48,5 куб. сант. раствора сѣрноватистонатріевой соли соотвѣтствуютъ $48,5 \times 0,8 \times 1,27 = 49,27$ миллигр. іода, содержащимся въ 45,6 литрахъ воды. 1 литръ исследованной воды содержитъ, слѣдовательно, $\frac{49,27}{45,6} = 1,08$ миллигр. I.

Бромъ. Въ водяныхъ растворахъ, полученныхъ при извлеченіи іода сѣроуглеродомъ, содержится весь бромъ и также нѣкоторое количество хлора. Эти собранныя вмѣстѣ воды подкисляютъ азотной кислотой и осаждаютъ избыткомъ раствора азотносеребряной соли (1:10) при нагреваніи на водяной банѣ. Выдѣлившійся творожистый осадокъ хлоробромистаго серебра, послѣ его полного отстаиванія, собираютъ на маленькій фильтръ, промываютъ кипящею дистиллированной водой, высушиваютъ и переносятъ съ фильтра бородкою пера въ прокаленный и взвѣшенный фарфоровый тигль.

Галоидное серебро сплавляютъ и тигль, содержащій его, послѣ охлажденія въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Послѣ взвѣшиванія отдѣляютъ платиновымъ шпателемъ большую часть сплавленного галоиднаго серебра отъ тигля и помѣщаютъ въ прокаленную и взвѣшенную стеклянную трубку, а в (фиг. 9), сдѣланную изъ тугоплавкаго



Фиг. 9.

каліеваго стекла и имѣющую шарообразное раздутіе с по срединѣ. Трубку съ галоиднымъ серебромъ въ ея шарикѣ взвѣшиваютъ вновь и соединяютъ съ приборомъ, развивающимъ чистый и сухой хлоръ. Галоидное серебро расплавляютъ пламенемъ подставленной горѣлки и черезъ трубку въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа пропускаютъ медленную струю хлора, по временамъ по-

ворочивая и встряхивая трубку. Черезъ $\frac{1}{2}$ часа прекращаютъ опытъ, выдуваютъ хлоръ изъ трубки и трубку, охлажденную въ эксикаторѣ взвѣшиваютъ. Прокаливаніе въ струѣ хлора и взвѣшиваніе повторяютъ нѣсколько разъ, пока два послѣдовательныя взвѣшиванія не дадутъ одинаковыхъ результатовъ. При накаливаніи хлоръ вытѣсняетъ бромъ и все бромистое серебро превращается въ хлористое. Такъ какъ при этомъ:

107,4
80

107,4
35,5

187,4 Ag Br даютъ 142,9 AgCl; т. е. уменьшаются въ вѣсъ на 44,5, то, обозначивъ найденную въ опытѣ убыль вѣса черезъ a , а количество бромистаго серебра въ осадкѣ черезъ x , находимъ изъ пропорціи:

$$a : x = 44,5 : 187,4,$$

$$x = \frac{187,4 \cdot a}{44,5}$$

Помножая количество бромистаго серебра на 0,425, получимъ количество брома, содержавшагося въ осадкѣ обработанномъ хлоромъ, и зная сколько такого осадка было всего получено изъ взятаго объема изслѣдуемой воды, найдемъ сколько въ этомъ объемѣ, а слѣдовательно, и въ 1 литрѣ содержится брома.

Примѣръ: Осадокъ хлоробромистаго серебра, полученный по вышесказанному изъ 45,6 литровъ вѣсилъ всего 267,2 миллигр. Отъ этого осадка въ шариковую трубку было помѣщено 232,5 миллигр., которые потеряли въ вѣсѣ при прокаливаніи въ струѣ хлора 42,2 миллигр.

Содержаніе брома въ 232,5 миллигр. осадка будетъ:

$$\frac{178,4 \times 42,2}{44,5} \times 0,425 = 75,5 \text{ миллигр.},$$

а во всѣхъ 45,6 литрахъ воды:

$$\frac{75,5 \times 267,2}{232,5} = 82,5 \text{ миллигр.}$$

и, слѣдовательно, въ 1 литрѣ изслѣдуемой воды $\frac{82,5}{45,6} = 1,81$ миллигр. брома.

Литій. Соляные остатки отъ извлеченія спиртомъ продукта выпариванія минеральной воды смѣшиваютъ съ жидкостью, полученною послѣ осажденія хлора и брома азотосеребряною солью, предварительно осадивъ изъ нея серебро соляной кислотой и отфильтровавъ хлористое серебро. Все вмѣстѣ растворяютъ нагрѣваніемъ, сильно подкисляютъ соляной кислотой, профильтровываютъ и выпариваютъ почти до суха въ фарфоровой чашкѣ. Оставшуюся массу нѣсколько разъ извлекаютъ кипящимъ спиртомъ, пока спектральное изслѣдованіе ¹⁾

¹⁾ Для этой цѣли вполне достаточенъ недорогой стоющій карманный спектроскопъ Браунинга (à vision directe). При испытаніи, концемъ чистой, прокаленной платиновой проволоки, слегка смоченнымъ, захватываютъ крупинку изслѣдуемой соляной массы, вводятъ ее въ неопытное пламя горѣлки Бунзена и рассматриваютъ окрасившееся пламя черезъ спектроскопъ. Малѣйшіе слѣды соединеній литія обнаруживаются появленіемъ характерной красной спектральной линіи. Подробности см. Fresenius. Qualit. Analyse. S. 36.

соляного остатка покажетъ отсутствіе въ немъ литія. Изъ отфильтрованныхъ спиртовыхъ растворовъ отгоняють спиртъ, къ остатку отъ перегонки прибавляютъ нѣсколько капель соляной кислоты и вновь извлекають его безводнымъ спиртомъ нѣсколько разъ, пока въ растворъ еще переходятъ литіевыя соединенія. Отогнавъ спиртъ, остатокъ отъ перегонки извлекають нѣсколько разъ смѣсью равныхъ объемовъ спирта и эфира и, наконецъ, отогнавъ въ третій разъ спиртъ и эфиръ, соляной остатокъ въ колбѣ растворяють въ дистиллированной водѣ, растворъ переливають въ чашку, подкисляютъ соляной кислотой и выпаривають до суха. Сухой остатокъ растворяють въ дистиллированной водѣ, прибавляютъ небольшое количество известковаго молока, для выдѣленія магnezіи, и кипятятъ. Отфильтровавъ и промывъ осадокъ гидрата окиси магнія, къ фильтрату прибавляютъ амміаку и щавелевоаммоніевой соли и отфильтровываютъ щавелевокальціевую соль. Фильтратъ выпаривають до суха и остатокъ прокалываютъ для удаленія амміачныхъ солей. Прокаленный остатокъ растворяють въ дистиллированной водѣ, къ раствору прибавляютъ фосфорнонатріевой соли, нѣсколько капель раствора ѣдкаго натра и равный объему жидкости объемъ 10% раствора амміака. Послѣ 12 часовъ стоянія на холоду, отфильтровываютъ на маленькій фильтръ, предварительно высушенный, выдѣлившійся осадокъ фосфорнолитіевой соли, $\text{Li}_3 \text{PO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$, и промываютъ его 5% растворомъ амміака. Фильтръ съ осадкомъ высушиваютъ при 110° въ сушильномъ шкафу и, по охлажденіи въ эксикаторѣ, взвѣшиваютъ. Вычитая изъ полученнаго вѣса, вѣсъ сушеннаго фильтра, находятъ вѣсъ безводной фосфорнолитіевой соли, $\text{Li}_3 \text{PO}_4$, а помножая его на 0,181, вѣсъ литія, содержавшагося во взятомъ для опыта объемѣ изслѣдуемой воды.

Въ виду нѣкоторой растворимости фосфорнолитіевой соли, амміачныя промывныя воды необходимо выпарить до суха и остатокъ отъ выпариванія обработать небольшимъ объемомъ 5% раствора амміака, причемъ обыкновенно получается еще небольшое количество осадка фосфорнолитіевой соли, которую присоединяють къ главной ея порціи. При отдѣленіи магнія и кальція необходимо испытывать отдѣляемые осадки на содержаніе литія, изслѣдуя ихъ помощью спектроскопа, во избѣжаніи могущихъ произойти потерь.

4. ОПРЕДѢЛЕНІЕ КАЛІЯ, НАТРІЯ И АММОНІА.

Калій и натрій опредѣляются въ отдѣльной порціи воды (1—2 литра), какъ описано на стр. 101. Если вода содержитъ литій; то

опредѣленное по вышеизложенному количество его вычитаютъ изъ найденнаго содержанія натрія. Амміакъ опредѣляется въ отдѣльной порціи воды колориметрически, по способамъ, описаннымъ на (стр. 82).

5. ОПРЕДѢЛЕНИЕ ХЛОРА.

Въ водахъ, содержащихъ также бромъ и іодъ, осаждаютъ въ подкисленной азотной кислотой пробѣ совмѣстно всѣ галоиды азотно-серебряной солью (стр. 50) и опредѣляютъ вѣсъ полученнаго галоиднаго серебра. Вычитая изъ этого вѣса, вѣса бромистаго и іодистаго серебра, отвѣчающіе содержаніямъ въ водѣ брома и іода, опредѣленнымъ какъ указано выше, находятъ вѣсъ хлористаго серебра и соответствующее ему содержаніе хлора во взятомъ для опыта объемѣ испытуемой воды.

6. ОПРЕДѢЛЕНИЕ СѢРНОЙ КИСЛОТЫ, СѢРОВОДОРОДА, СѢР-НОВАТИСТОЙ И АЗОТИСТОЙ КИСЛОТЫ, УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ, ФОСФОРНОЙ И МЫШЬЯКОВОЙ КИСЛОТЫ.

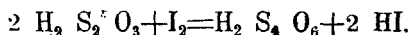
Вышеперечисленныя составныя части опредѣляются въ отдѣльныхъ порціяхъ минеральной воды по способамъ, приведеннымъ при описаніи способовъ анализа обыкновенныхъ природныхъ водъ.

Для опредѣленія сѣр н о й к и с л о т ы въ минеральныхъ водахъ, содержащихъ также сѣроводородъ, необходимо въ отдѣльной пробѣ воды тотчасъ же у источника удалить этотъ сѣроводородъ, прибавляя къ измѣренному объему воды, измѣренный же объемъ 10% раствора азотнокадміевой соли, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, причемъ весь сѣроводородъ выдѣляется изъ воды въ видѣ желтаго осадка сѣрнистаго кадмія, CdS . Профильтровавъ затѣмъ въ лабораторіи жидкость, въ опредѣленномъ объемѣ прозрачнаго фильтрата опредѣляютъ сѣрную кислоту, какъ описано на (стр. 55).

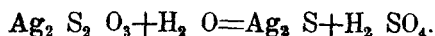
Сѣроводородъ, въ виду его легкой окисляемости, опредѣляется обыкновенно у источника, титрованіемъ растворомъ іода, по способу Дюпаскье-Фрезениуса, какъ о томъ уже было выше сказано. Если желаютъ знать отдѣльно содержаніе свободнаго, раствореннаго въ водѣ сѣроводорода и количество его, соединенное съ металлами, то въ одной пробѣ воды, подкисленной соляной кислотой, опредѣляютъ общее содержаніе сѣроводорода титрованіемъ іоднымъ растворомъ; а изъ другой пробы изгоняютъ сначала свободный растворенный сѣрово-

родъ, пропуская черезъ жидкость въ теченіи 2—3 часовъ струю промытаго въ растворѣ йдекаго кали водорода, пока исчезнетъ запахъ сѣроводорода, и въ жидкости затѣмъ опредѣляютъ связанный сѣроводородъ, подкисливъ ее соляной кислотой и затѣмъ титруя іоднымъ растворомъ. Разность между количествомъ общимъ и связаннымъ дастъ количество свободного сѣроводорода, раствореннаго въ водѣ.

Сѣрноватистая кислота, $\text{H}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$, часто встрѣчающаяся вмѣстѣ съ сѣроводородомъ, въ видѣ щелочныхъ ея солей, въ сѣрнистыхъ минеральныхъ водахъ, титруется іоднымъ растворомъ, вмѣстѣ съ сѣроводородомъ:



Для опредѣленія въ отдѣльности сѣрноватистой кислоты, изъ отмѣреннаго объема изслѣдуемой воды осаждаютъ предварительно весь сѣрородородъ растворомъ азотнокадміевой соли. Берутъ отмѣренный объемъ прозрачнаго фильтрата и прибавляютъ избытокъ азотносеребряной соли, причемъ весь хлоръ осаждается въ видѣ хлористаго серебра, Ag Cl , а сѣрноватистая кислота въ видѣ соли $\text{Ag}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$, которая скоро на холоду, а при нагрѣваніи — тотчасъ же, превращается въ сѣрнистое серебро, $\text{Ag}_2 \text{S}$:



Осадокъ собираютъ на фильтръ, промываютъ дистиллированной водой и обрабатываютъ на фильтрѣ 10% растворомъ амміака, растворяющимъ хлористое серебро. Послѣ тщательнаго промыванія растворяютъ оставшееся на фильтрѣ сѣрнистое серебро въ азотной кислотѣ и изъ полученнаго раствора осаждаютъ серебро въ видѣ хлористаго серебра, AgCl , соляной кислотой. Осадокъ высушивается, расплавляется въ фарфоровомъ тиглѣ и взвѣшивается. Помножая вѣсъ хлористаго серебра на 0,3345, находятъ вѣсъ безводной сѣрноватистой кислоты ($\text{S}_2 \text{O}_3$), изъ которой оно образовалось. Если въ минеральной водѣ, содержащей одновременно сѣроводородъ и сѣрноватистую кислоту, оба эти соединенія были опредѣлены совмѣстно титрованіемъ растворомъ іода, то для нахождения содержанія самаго сѣроводорода нужно изъ количества его, вычисленнаго на основаніи результата титрованія, вычесть количество содержащейся въ томъ же объемѣ воды сѣрноватистой кислоты, умноженное на число 0,354, ибо $\text{S}_2 \text{O}_3$ (96) относительно іоднаго раствора эквивалентно H_2S (34); т. е. каждая вѣсовая часть $\text{S}_2 \text{O}_3$ эквивалентна $\frac{34}{96} = 0,354$ част. $\text{H}_2 \text{S}$.

Кислоты азотная, азотистая и фосфорная опредѣляются въ отдѣльныхъ порціяхъ минеральной воды по способамъ, описаннымъ на (стр. 64, 72 и 105).

Содержаніе въ минеральной водѣ **углекислоты** опредѣляется по способамъ, описаннымъ на стр. 57. Содержаніе въ водѣ свободной углекислоты выражаютъ обыкновенно въ куб. сант. растворенной CO_2 . Такъ какъ 1 литръ CO_2 , измѣренный при 0° и 760 миллим. давленія, вѣситъ 1,9707 гр. и, слѣдовательно, 1 миллигр. CO_2 , занимаетъ объемъ въ 0,5076 куб. сант., то для полученія числа куб. сант. CO_2 , растворенныхъ въ 1 литрѣ воды, надо число найденныхъ въ 1 литрѣ ея миллигр. помножить на 0,5076.

Для опредѣленія **мышьяковой кислоты** берутъ по крайней мѣрѣ 20 литровъ воды, сгущаютъ ихъ, выдѣляютъ мышьякъ, сначала въ видѣ сѣрнистаго мышьяка, а затѣмъ переводятъ его въ пиросульфатомышьяковомышьяковую соль, какъ описано на стр. 123.

Минеральные воды вытекаютъ обыкновенно изъ глуболежащихъ почвенныхъ слоевъ и содержатъ весьма мало органическихъ веществъ, болѣею частью трудно окисляемыхъ; въ нихъ найдены слѣды гуминовыхъ кислотъ, кислоты муравейная, уксусная, пропионовая, масляная, а также экстрактивные и смолистыя вещества. До сихъ поръ не выработано точнаго способа выдѣленія и опредѣленія этихъ примѣсей, присутствіе которыхъ не считается практически важнымъ.

Растворенные въ минеральныхъ водахъ газы: кислородъ, азотъ и углеводороды могутъ быть опредѣлены газволюменометрически по описанному выше (стр. 111) способу Прейссе и Тимана. Болѣе точныя опредѣленія растворенныхъ въ минеральныхъ водахъ газовъ описаны въ руководствѣ Бунзена ¹⁾.

¹⁾ Gasometrische Methoden: 2. Aufl.

V.

Сопоставленіе, расчетъ и повѣрка результатовъ химическаго анализа водъ.

Результаты химическаго анализа до настоящаго времени различно выражаются разными изслѣдователями. Определенныя анализомъ составныя части относятся къ 10.000 къ 100.000 вѣсовыхъ частей, или къ 1 литру воды. Каждый изъ этихъ способовъ имѣетъ свои преимущества и недостатки; но несомнѣнно наиболѣе просто и наглядно выражать результаты анализа именно въ тѣхъ единицахъ, которыя на дѣлѣ опредѣляются при анализахъ, въ лабораторіи, т. е. въ миллигр. и относить ихъ къ общепринятой единицѣ объема, т. е. къ 1 литру. Безъ большой погрѣшности можно при этомъ ограничиться приведеніемъ только цѣлыхъ чиселъ миллигр., а не сложными дробными величинами. Дробями миллигр. достаточно выражать только содержаніе веществъ, находящихся въ водѣ лишь въ весьма малыхъ количествахъ, какъ напр. амміака, азотистой кислоты и рѣдкихъ составныхъ частей минеральныхъ водъ.

Нетрудно, впрочемъ, перевести выраженіе результатовъ по одному приему въ выраженіе ихъ по другому. Такъ напр., изъ чиселъ, выражающихъ содержаніе вѣсовыхъ частей какого либо соединенія въ 100.000 вѣсовыхъ частяхъ воды, содержаніе этого соединенія въ миллигр. на 1 литръ найдется переставляя въ числахъ перваго способа запятую на одинъ знакъ вправо. Если по первому способу, которому придерживаются въ извѣстномъ руководствѣ къ анализу водъ Тимана-Гертнера, ¹⁾ говорится, что въ 100.000 вѣсовыхъ

¹⁾ Tieman—Gärtner's Handbuch, der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Vierte Auflage. 1895.

частяхъ воды содержится напр. 76,52 частей плотнаго остатка, то это значитъ, что 1 литръ этой воды содержитъ 765,2 миллигр. плотнаго остатка.

При анализахъ водъ обыкновенно металлы приводятъ въ видѣ ихъ окисловъ, кислородныя кислоты — въ видѣ ихъ ангидридовъ, хлоръ (бромъ и іодъ)—въ видѣ элементовъ. Сѣроводородъ, амміакъ и тяжелые металлы: свинецъ, мѣдь, цинкъ, показываются какъ таковыя.

Для составленія болѣе яснаго представленія объ изслѣдованной водѣ, принято группировать въ опредѣленные соли найденныя анализовъ вещества и стараться установить вѣроятный составъ воды. Слѣдуетъ замѣтить, что такая группировка обуславливается главнымъ образомъ установившимся обычаемъ, отчасти произвольна и, во всякомъ случаѣ, не основывается на точно установленныхъ научныхъ данныхъ. Должно признать, что дѣйствительное распределение и взаимная связь отдѣльныхъ составныхъ частей, входящихъ въ составъ столь разбавленныхъ растворовъ, какъ природныя воды, остаются до сихъ поръ неизвѣстными. Современныя изслѣдованія въ области физической химіи указываютъ, что въ весьма разбавленныхъ растворахъ всѣ электролиты, т. е. основанія, кислоты и соли, не существуютъ какъ таковыя, и содержатся диссоціированными на электроположительные и электроотрицательные іоны.

Вслѣдствіи этого, предлагаютъ совершенно отказаться отъ группировки составныхъ частей водъ въ опредѣленные соли и приводить, въ видѣ результата анализа воды, только содержаніе въ ней іонъ: (K, Na, Ca.....) и (SO_4 , NO_3 , PO_4 , Cl.....). Къ этому предложенію Тана ¹⁾ присоединяется особая коммиссія англійскихъ химиковъ, Деваръ, Е. и Ф. Франкландъ, Перси, Одлингъ и Круксъ ²⁾.

Тѣмъ же менѣе расчетъ вѣроятнаго состава природныхъ, особенно минеральныхъ водъ производится и нынѣ на слѣдующихъ основаніяхъ: Хлоръ связываютъ сначала съ натріемъ, затѣмъ съ калиемъ и наконецъ съ кальціемъ. Если хлора недостаточно для насыщенія щелочныхъ металловъ, то избытокъ ихъ связываютъ съ сѣрной кислотой, а избытокъ этой послѣдней считаютъ связаннымъ съ кальціемъ и магниемъ. Кальцій и магній, не насыщенные сѣрной кислотой, рассчитываютъ какъ углекислыя соли. Если хлора и сѣрной кислоты не хватаетъ для насыщенія найденныхъ щелочныхъ метал-

¹⁾ Chemisch. Centralbl. 1891. Bd. I. S. 950.

²⁾ Chemisch. Centralbl. 1889. Bd. II. S. 992.

ловъ, то ихъ излишекъ также приводятъ въ видѣ углекислыхъ солей. Кремневой кислоты, желѣза и алюминія въ природныхъ водахъ обыкновенно такъ мало, что ими при расчетѣ пренебрегаютъ и приводятъ ихъ количества въ томъ видѣ, какъ они опредѣляются при анализѣ, т. е. въ видѣ кремневого ангидрида, SiO_2 , и окисловъ, Fe_2O_3 и Al_2O_3 . Тоже самое относится къ кислотѣ азотистой, къ металламъ Pb, Cu и Zn.

Азотную кислоту считаютъ обыкновенно связанной съ амміакомъ, а ея излишекъ съ кальціемъ или магниемъ. Въ водахъ, сильно загрязненныхъ, часть азотной кислоты вѣроятно связана съ органическими основаніями.

При расчетѣ вѣроятнаго состава водъ вполне достаточно пользоваться округленными атомными и молекулярными вѣсами, а также коэффициентами, приведенными въ нижеслѣдующихъ таблицахъ.

ТАБЛИЦА I.

Округленные атомные вѣса.

Название	Знакъ	Атомный вѣсъ	Название	Знакъ	Атомный вѣсъ
Азотъ	N	14	Мѣдь	Cu	63
Алюминій	Al	27	Натрій	Na	23
Барій	Ba	137	Олово	Sn	119
Бромъ	Br	80	Платина	Pt	194
Боръ	B	11	Ртуть	Hg	200
Водородъ	H	1	Свинець	Pb	207
Желѣзо	Fe	56	Серебро	Ag	108
Иодъ	I	127	Стронцій	Sr	88
Калій	K	39	Сѣра	S	32
Кальцій	Ca	40	Титанъ	Ti	48
Кислородъ	O	16	Углеродъ	C	12
Кремній	Si	28	Фосфоръ	P	31
Магній	Mg	24	Фторъ	Fl	19
Марганецъ	Mn	55	Хлоръ	Cl	35,5
Молибденъ	Mo	96	Хромъ	Cr	52
Мышьякъ	As	75	Цинкъ	Zn	65

Т А Б Л И Ц А II.

Округленные молекулярныя вѣса.

$\text{CO}_2 = 44$	$\text{KCl} = 74,5$	$\text{Ca Cl}_2 = 111$
$\text{SO}_2 = 80$	$\text{K}_2\text{O} = 94$	$\text{CaSO}_4 = 136$
$\text{N}_2\text{O}_5 = 108$	$\text{K}_2\text{SO}_4 = 174$	$\text{CaCO}_3 = 100$
$\text{N}_2\text{O}_3 = 76$	$\text{K}_2\text{CO}_3 = 138$	$\text{Ca(NO}_3)_2 = 164$
$\text{Si O}_2 = 60$	$\text{KNO}_3 = 101$	$\text{MgCl}_2 = 95$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 102$	$\text{NaCl} = 58,5$	$\text{MgSO}_4 = 120$
$\text{CaO} = 56$	$\text{Na}_2\text{O} = 62$	$\text{MgCO}_3 = 84$
$\text{MgO} = 40$	$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142$	$\text{Mg(NO}_3)_2 = 148$
$\text{NH}_3 = 17$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 106$	$\text{KMnO}_4 = 158$
$\text{H}_2\text{S} = 34$	$\text{NaNO}_3 = 85$	$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 80$
	$\text{FeO} = 72$	
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160$	

Т А Б Л И Ц А III.

Округленные эквиваленты.

1 часть	эквивалентна	1 часть	эквивалентна	1 часть	эквивалентна
KCl	0,48 Cl	N ₂ O ₅	1,92 KNO ₃	CaSO ₄	0,59 SO ₃
"	0,63 K ₂ O	"	1,57 NaNO ₃	"	0,41 CaO
"	1,17 K ₂ SO ₄	"	1,52 Ca(NO ₃) ₂	"	0,7 Na ₂ CO ₃
"	0,99 K ₂ CO ₃	"	1,37 Mg(NO ₃) ₂	"	0,74 CaCO ₃
"	1,37 KNO ₃	"	1,48 NH ₄ NO ₃	CaCO ₃	0,44 CO ₂
K ₂ O	1,59 KCl	CaO	2,43 CaSO ₄	"	0,56 CaO
NaCl	0,61 Cl	"	1,79 CaCO ₃	"	1,11 CaCl ₂
"	0,53 Na ₂ O	"	2,93 Ca(NO ₃) ₂	Ca(NO ₃) ₂	0,66 N ₂ O ₅
"	1,21 Na ₂ SO ₄	"	1,9 Na ₂ CO ₃	"	0,34 CaO
"	0,91 Na ₂ CO ₃	"	0,79 CO ₂	"	0,65 Na ₂ CO
"	1,14 Na NO ₃	MgO	3,0 MgSO ₄	"	0,61 CaCO ₃
Na ₂ O	1,89 NaCl	"	2,1 MgCO ₃	MgSO ₄	0,67 SO ₃
Cl	2,1 KCl	"	3,6 Mg(NO ₃) ₂	"	0,33 MgO
"	1,65 NaCl	"	2,65 Na ₂ CO ₃	"	0,88 Na ₂ CO ₃
"	1,56 CaCl ₂	"	1,4 CaO	"	0,46 CaO
SO ₃	2,18 K ₂ SO ₄	"	1,11 CO ₂	"	0,83 CaCO ₃
"	1,78 Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	0,46 SO ₃	MgCO ₃	0,52 CO ₂
"	1,7 CaSO ₄	K ₂ CO ₃	0,32 CO ₂	"	0,48 MgO
"	1,5 MgSO ₄	KNO ₃	0,53 N ₂ O ₅	"	0,67 CaO
CO ₂	3,14 K ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₄	0,56 SO ₃	Mg(NO ₃) ₂	0,73 N ₂ O ₅
"	2,41 Na ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃	0,42 CO ₂	"	0,27 MgO
"	2,27 CaCO ₃	Na NO ₃	0,64 N ₂ O ₅	"	0,72 Na ₂ CO ₃
"	2,8 MgCO ₃	NH ₃	4,71 NH ₄ NO ₃	"	0,38 CaO
"	1,27 CaO	NH ₄ NO ₃	0,67 N ₂ O ₅	"	0,68 CaCO ₃

Въ видѣ примѣровъ, приводимъ результаты анализовъ четырехъ водъ ¹⁾ и расчетъ на ихъ основаніи вѣроятнаго состава этихъ водъ.

Миллиграммы на 1 литръ воды.				
	Вода № 1.	Вода № 2.	Вода № 3.	Вода № 4.
Плотный остатокъ .	1810	207	765	364
Потеря при прокаливании.	200	52	113	72
Окись калия, K_2O . .	140,5	2,5	51,0	10,7
Окись натрия, Na_2O .	177	233	46,8	27,7
Известь, CaO . . .	432	64	226	119
Магнезія, MgO . . .	35	—	15	—
Амміакъ, NH_3 . . .	4,4	0,04	—	1,8
Глиноземъ и окись желѣза, $Al_2O_3 + Fe_2O_3$	6	3	—	4
Кремнеземъ, SiO_2 , .	37	13	8	12
Хлоръ, Cl . . .	208	25	54	32
Сѣрная кислота, SO_3 .	431	—	262	32
Азотная кислота, N_2O_5	104	—	56	—
Азотист. кислота, N_2O_3	—	слѣды	слѣды	—
Свободная и полусвободная углекислота, CO_2	243	48	111	87
Окисляемость въ миллигр. $KMnO_4$. . .	30,3	14,3	14,8	19,6
Жесткость въ нѣмецкихъ гр., по Кларку				
общая . .	46°,75	6°,17	25°,12	11°,56
постоянная	21°,52	1°,90	15°,00	3°,24
устраненная . . .	25°,23	4°,27	10°,12	8°,32

¹⁾ Анализы заимствованы изъ сочиненія Тимана—Гертнера.

На основаніи вышеприведенныхъ правилъ расчетъ показываетъ слѣдующій вѣроятный составъ анализируемыхъ водъ:

Миллиграммы на 1 литръ воды:

	Вода № 1.	Вода № 2.	Вода № 3.	Вода № 4.
Хлорист. натрій, NaCl	334,50	41,25	88,45	52,35
Угленатріевая соль, Na ₂ CO ₃	—	2,50	—	—
Хлористый калий, KCl.	8,30	—	—	—
Сѣрнокалиевая соль, K ₂ SO ₄	254,67	—	14,87	19,90
Углекалиевая соль, K ₂ CO ₃	—	3,67	—	—
Азотноаммоніевая соль, Ca (NO ₃) ₂ . .	20,72	—	—	—
Сѣрнокальціевая соль, CaSO ₄	535,89	—	371,21	38,85
Азотнокальціевая соль, Ca (NO ₃) ₂ . .	136,98	—	85,12	—
Углекальціевая соль, CaCO ₃	296,72	114,56	80,30	184,50
Углемагніевая соль, MgCO ₃	73,5	—	31,50	—
Глиноземъ и окись же- лѣза, Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	6	3	—	4
Кремневая кислота, SiO ₂	37	13	8	12
Сумма	1701,28	177,98	759,45	311,60

Расчетъ вѣроятнаго состава былъ произведенъ слѣдующимъ образомъ:

Вода № 1. Весь натрій принять связаннымъ съ хлоромъ въ видѣ NaCl . $177 \text{ Na}_2 \text{ O}$ соотвѣтствуютъ: $177 \times 1,89 = 334,5 \text{ NaCl}$, которыя содержатъ: $334,5 \times 0,61 = 204,05 \text{ Cl}$. Остальной хлоръ: $208 - 204,05 = 3,95 \text{ Cl}$ соединенъ съ K , что даетъ: $3,95 \times 2,1 = 8,30 \text{ KCl}$; Найденные при анализѣ $140,5 \text{ K}_2 \text{ O}$ отвѣчаютъ: $140,5 \times 1,59 = 223,40 \text{ KCl}$; изъ нихъ $223,4 - 8,30 = 215,10$ содержатся въ видѣ $\text{K}_2 \text{ SO}_4$, что даетъ: $215,10 \times 1,17 = 251,67 \text{ K}_2 \text{ SO}_4$, содержащихъ: $251,67 \times 0,46 = 115,77 \text{ SO}_3$. Остальное изъ найденнаго количества SO_3 : $431 - 115,77 = 315,23 \text{ SO}_3$ содержится въ водѣ въ видѣ CaSO_4 , что составляетъ: $315,23 \times 1,7 = 535,89 \text{ CaSO}_4$ содержащихъ $535,89 \times 0,41 = 219,72 \text{ CaO}$. Остатокъ: $432 - 219,72 = 212,28 \text{ CaO}$ связаны съ CO_2 и съ частью $\text{N}_2 \text{ O}_5$. Найденные $4,4 \text{ NH}_3$ соотвѣтствуютъ $4,4 \times 4,71 = 20,72 \text{ NH}_4 \text{ NO}_3$, содержащимъ $20,72 \times 0,67 = 13,88 \text{ N}_2 \text{ O}_5$. Остатокъ: $104 - 13,88 = 90,12 \text{ N}_2 \text{ O}_5$ предполагается связаннымъ съ CaO , что даетъ: $90,12 \times 1,52 = 136,98 \text{ Ca} (\text{NO}_2)_2$, въ которыхъ содержится $136,98 \times 0,34 = 46,57 \text{ CaO}$.

Остальные: $212,28 - 46,57 = 165,71 \text{ CaO}$ содержатся въ водѣ въ видѣ углекальціевой соли, что составляетъ: $165,71 \times 1,79 = 296,72 \text{ CaCO}_3$. Весь магній слѣдуетъ представить въ видѣ MgCO_3 , что составить: $35 \times 2,1 = 73,5 \text{ MgCO}_3$.

Вода № 2. Найденные $23,3 \text{ Na}_2 \text{ O}$ соотвѣтствуютъ: $23,3 \times 1,89 = 44,0 \text{ NaCl}$, содержащимъ: $44,0 \times 0,61 = 26,84 \text{ Cl}$, а анализъ далъ только 25 Cl , соотвѣтствующихъ: $25 \times 1,65 = 41,25 \text{ NaCl}$. Остальные: $44,0 - 41,25 = 2,75 \text{ NaCl}$ и весь калий могутъ содержаться въ водѣ только въ видѣ углекислыхъ солей, такъ какъ сѣрной кислоты въ водѣ не найдено. $2,75 \text{ NaCl}$ соотвѣтствуютъ: $2,75 \times 0,91 = 2,50 \text{ Na}_2 \text{ CO}_3$, а $2,5 \text{ K}_2 \text{ O} - 3,67 \text{ K}_2 \text{ CO}_3$. Найденные 64 CaO содержатся въ видѣ: $64 \times 1,79 = 114,56 \text{ CaCO}_3$. Амміакъ и азотистую кислоту можно не вводить въ расчетъ.

Вода № 3. Найденные при анализѣ $46,8 \text{ Na}_2 \text{ O}$ соотвѣтствуютъ: $46,8 \times 1,89 = 88,45 \text{ NaCl}$, содержащимъ: $88,45 \times 0,61 = 53,95 \text{ Cl}$, которыя и опредѣлены въ водѣ. Весь калий содержится въ видѣ $\text{K}_2 \text{ SO}_4$, что соотвѣтствуетъ: $51 \times 1,59 \times 1,17 = 94,87 \text{ K}_2 \text{ SO}_4$, содержащимъ $94,87 \times 0,46 = 43,64 \text{ SO}_3$. Остальные: $262 - 43,64 = 218,36 \text{ SO}_3$ связаны съ CaO и даютъ: $218,36 \times 1,7 = 371,21 \text{ CaSO}_4$, съ содержаніемъ: $371,21 \times 0,41 = 152,20 \text{ CaO}$. Остающіяся: $226 - 152,20 = 73,80 \text{ CaO}$ связаны съ $\text{N}_2 \text{ O}_5$ и съ CO_2 .

$56 \text{ N}_2 \text{ O}_5$ образуютъ: $56 \times 1,51 = 85,13 \text{ Ca} (\text{NO}_3)_2$ и связываютъ: $85,13 \times 0,34 = 28,94 \text{ CaO}$. Свободныя: $73,80 - 28,94 = 44,86 \text{ CaO}$ даютъ:

$44,86 \times 1,79 = 80,30$ CaCO_3 . 15 MgO содержатся въ видѣ $15 \times 2,1 = 31,5$ MgCO_3 .

Вода № 4. 27,7 Na_2O соотвѣтствуютъ: $27,7 \times 1,89 = 52,35$ NaCl , содержащимъ $52,35 \times 0,61 = 31,93$ Cl , почти сколько найдено въ анализѣ. 10,7 K_2O соотвѣтствуютъ: $10,7 \times 1,59 \times 1,17 = 19,90$ K_2SO_4 , содержащимъ $19,90 \times 0,46 = 9,15$ SO_3 . Остающіяся: $23 - 9,15 = 22,85$ SO_3 соединены съ CaO , что даетъ, $22,85 \times 1,7 = 38,85$ CaSO_4 , съ содержаніемъ: $38,85 \times 0,41 = 15,93$ CaO . Остальныя: $119 - 15,93 = 103,07$ CaO содержатся въ видѣ: $103,07 \times 1,97 = 184,50$ CaCO_3 . Содержаніе амміака можно не принимать въ расчетъ.

Вышеприведенныя сопоставленія приводятъ къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1). Плотный остатокъ, вычисленный изъ рассчитаннаго на основаніи результатовъ анализа состава получается всегда нѣсколько меньшимъ плотнаго остатка, найденнаго прямымъ опытомъ и разность между вычисленнымъ и найденнымъ плотными остатками обыкновенно тѣмъ значительнѣе, чѣмъ болѣе загрязнена изслѣдуемая вода, что явствуетъ изъ слѣдующаго сличенія:

		Вода № 1.	Вода № 2.	Вода № 3.	Вода № 4.
Плотный остатокъ {	Вычисленный	1701	178	759	312
	Найденный	1810	207	765	364
Разность		109	29	6	52

Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что въ расчетъ не приняты органическія составныя части воды, входящія въ составъ плотнаго остатка, опредѣляемаго прямымъ взвѣшиваніемъ. Увеличенъ еще взвѣшиваемый плотный остатокъ потому, что нѣкоторые его составляющія соли (напр. гипсъ) лишь не вполне теряютъ кристаллизационную воду при высушиваніи.

2). Общая жесткость водъ, опредѣленная мыльною пробой по способу Кларка, замѣтно отличается отъ общей жесткости, вычис-

ленной на основаніи результатовъ химическаго анализа, изъ содержанія въ водахъ извести и магнезіи.

		Вода № 1.	Вода № 2.	Вода № 3.	Вода № 4.
Общая жестк. въ нѣмецкихъ градусахъ	Вычисленная	48,1	6,4	24,7	11,9
	Найден. мыльной трубой.	46,8	6,2	25,1	11,6
Разность . . .		1 ^о ,3	0 ^о ,2	0 ^о ,4	0 ^о ,3

Разница особенно значительна въ водахъ, содержащихъ много магнезіальныхъ солей и много органическихъ примѣсей.

3). Постоянная жесткость, опредѣленная мыльной пробой, еще значительно отличается отъ постоянной жесткости, вычисленной на основаніи содержанія въ водахъ щелочноземельныхъ солей сѣрной азотной и хлористоводородной кислотъ ¹⁾.

		Вода № 1.	Вода № 2.	Вода № 3.	Вода № 4.
Постоян. жестк. въ нѣмецкихъ градусахъ.	Вычисленная	28,5	2,0	20,2	3,5
	Найден. мыльной пробой	21,5	1,9	15,0	3,2
Разность . . .		7 ^о ,0	0 ^о ,1	5 ^о ,2	0 ^о ,3

¹⁾. При вычисленіи, къ содержанію окисловъ кальція и магнезіи, находящихся въ видѣ солей сѣрной и азотной кислотъ, прибавлено 2^о, такъ какъ по опытамъ около 35 миллигр. СаСО₃ на 1 литръ, соотвѣтствующіе 2 нѣмецкимъ градусамъ, не выдѣляются изъ воды, даже при долгомъ кипяченіи.

Можно предполагать, что часть азотной кислоты въ загрязненныхъ водахъ связана съ органическими основаніями, а не только съ амміакомъ и съ известью, какъ предположено въ произведенныхъ выше расчетахъ.

Вслѣдствіи вышеизложеннаго, слѣдуетъ признать за наиболѣе правильное нахожденіе какъ общей, такъ и особенно постоянной жесткости водъ путемъ прямого химическаго опредѣленія извести и магнезій въ изслѣдуемыхъ водахъ, до и послѣ ихъ кипяченія. Мыльные же пробы должны считаться только приблизительными, пригодными для скорой сравнительной оцѣнки изслѣдуемыхъ водъ.

При расчетѣ вѣроятнаго состава минеральныхъ водъ исходятъ обыкновенно изъ нѣскольکو иныхъ положеній, соединяя наиболѣе сильныя основанія съ наиболѣе сильными кислотами и образуя соли въ порядкѣ ихъ уменьшающейся растворимости. Обыкновенно поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Сѣрную кислоту связываютъ сначала съ баріемъ, стронціемъ и затѣмъ съ кальціемъ, избытокъ ея съ магнеіемъ, калиемъ и наконецъ — натріемъ. Бромъ и іодъ связываютъ съ магнеіемъ, а за отсутствіемъ магнеія, съ натріемъ.

Амміакъ, литій, калий и натрій связываютъ съ хлоромъ; избытокъ хлора соединяютъ съ кальціемъ и магнеіемъ. Желѣзо, марганецъ и излишки кальція и магнеія расчитываютъ какъ двууглекислыя соли. Въ щелочныхъ водахъ, избытокъ калия и натрія связываютъ съ углекислотой. Азотную кислоту связываютъ съ натріемъ или съ кальціемъ; фосфорную кислоту—съ глиноземомъ или съ известью. Глиноземъ соединяютъ съ кремнеземомъ, или приводятъ глиноземъ и кремнеземъ отдѣльно. Мышьяковую и борную кислоты расчитываютъ въ видѣ кальціевыхъ или натріевыхъ солей. Связанный сѣроводородъ расчитываютъ въ видѣ сѣрнистыхъ натрія или кальція; свободный сѣроводородъ и свободную углекислоту приводятъ въ куб. сант., или въ миллигр. на 1 литръ воды. Всѣ соли приводятъ въ видѣ безводныхъ солей.

Для возможности сравненія разныхъ анализовъ и состава водъ разныхъ минеральныхъ источниковъ, необходимо недовольствоваться приведеніемъ расчета вѣроятнаго состава, а приводить также непосредственные результаты химическаго анализа, съ указаніемъ примененныхъ методовъ изслѣдованія.



Ч А С Т Ь II.

Микроскопическое и бактериологическое
изслѣдованіе водъ.

Микроскопическое изслѣдованіе водъ принято практикой лишь недавно, гораздо позднѣе уже давно хорошо разработанныхъ методовъ химическаго анализа. Значеніе микроскопическаго изслѣдованія выяснилось вполнѣ, когда было признано, что причиною многихъ заболѣваній являются организмы, находящіеся въ питьевой водѣ. Бактеріологическіе методы изслѣдованія, дающіе возможность открывать въ питьевой водѣ возбудителей болѣзней, выступаютъ все болѣе на первомъ планѣ, какъ средства для оцѣнки степени пригодности или вредности природныхъ водъ.

Прямое примѣненіе микроскопа къ изслѣдованію осѣвшихъ изъ воды твердыхъ веществъ даетъ возможность обнаружить въ нихъ присутствіе нерастворимыхъ минеральныхъ веществъ, организованныхъ растительныхъ и животныхъ остатковъ, а также организмовъ растительнаго и животнаго царствъ.

1. НЕОРГАНИЧЕСКІЯ ВЕЩЕСТВА.

При разсмотрѣніи подъ микроскопомъ отстоя, отложившагося при спокойномъ стояніи природной воды, онъ оказывается обыкновенно состоящимъ большею частью изъ веществъ минеральнаго происхожденія. Въ этомъ отстоѣ, помѣщенномъ на предметное стеклышко подъ микроскопомъ, при увеличеніи въ 500 разъ (линейно) изъ неорганическихъ веществъ чаще всего наблюдается:

1. Осколки кварца, въ видѣ неправильной формы часто сильно блестящихъ кусочковъ съ острыми краями, нерастворимыхъ, ни въ кислотѣ, ни въ щелочѣ.

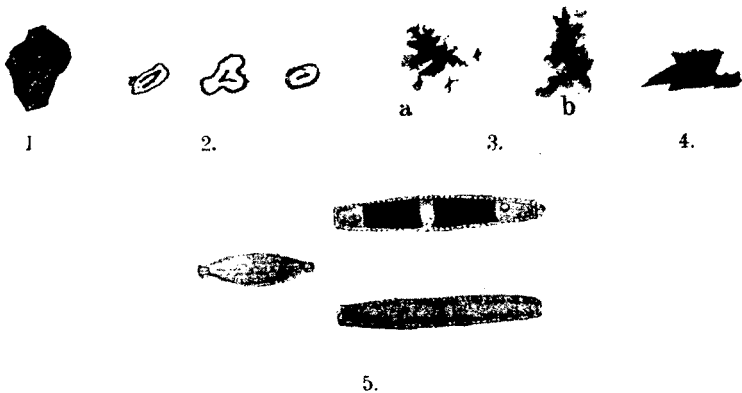
2. Глина и мергель, въ видѣ округленныхъ желтоватыхъ, также неизмѣняемыхъ, зеренъ. Отъ нихъ угловатая, или также округленная зерна углекислой извести отличаются тѣмъ, что онѣ растворяются въ кислотѣ, выдѣляя пузырьки углекислаго газа.

3. Желѣзные соединенія: а) ржавчина и б) сѣрнистое желѣзо, въ видѣ аморфныхъ бурыхъ, чернобурыхъ, или черныхъ вѣтвистыхъ массъ.

4. Осколки древеснаго угля, въ видѣ непрозрачныхъ, чернаго цвѣта кусковъ съ острыми краями.

5. Кремнеземистые панцири діатомовыхъ съ характернымъ весьма нѣжнымъ строеніемъ.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



Если оставить испаряться на предметномъ стеклышкѣ каплю природной воды, то можно микроскопомъ обнаружить растворенныя въ водѣ соли, по характерной формѣ выдѣлившихся кристалловъ. Этимъ способомъ часто удается обнаружить въ водахъ присутствіе углекислѣйшѣй соли, сѣрнокальціевой соли, селитры и т. д. ¹⁾

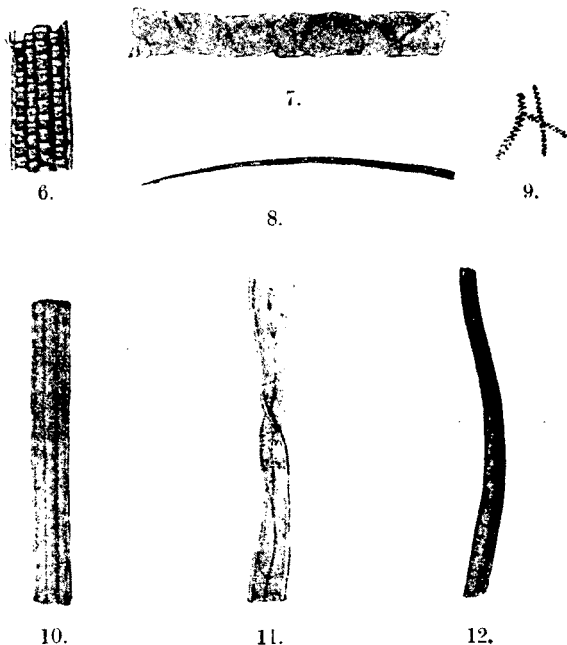
2. ОРГАНИЗОВАННЫЕ ОСТАТКИ.

Остатки организмовъ обнаруживаются легче всего, изслѣдуя подъ микроскопомъ илистый слой, накопившійся на днѣ въ водовмѣстилищахъ природныхъ водъ. Наиболѣе часто въ этомъ илѣ удается открыть присутствіе наиболѣе прочныхъ составныхъ частей организмовъ, а именно:

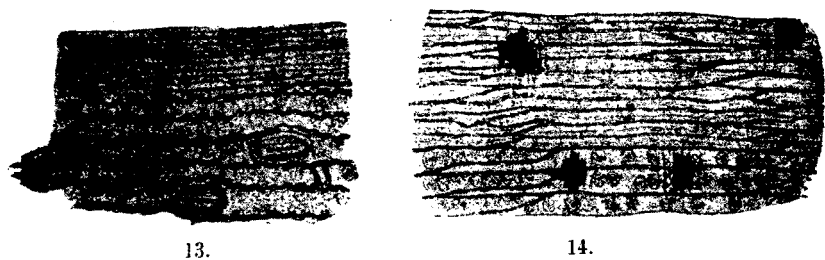
¹⁾ Reichardt. Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 1880.

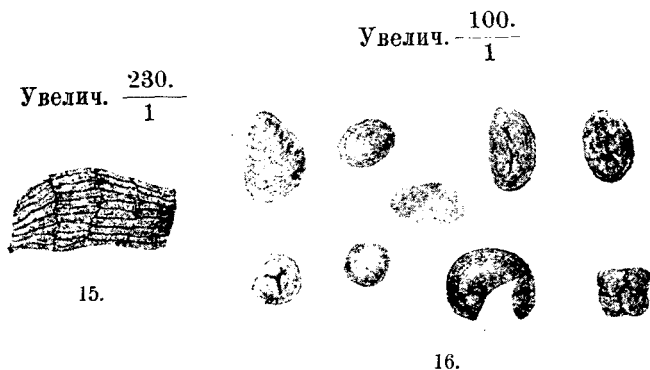
Хитиновые оболочки и иглы мелких животных, крылья, ножки, волоски, 6., насекомых, шерстяные волокна, 7., растительные волоски 8., спиральные растительные сосуды от капусты, 9., льняные волокна, 10., хлопчатобумажные волокна, 11, волокна шелка, 12., обрывки соломы, 13., растительную кожицу, 14., осколки дерева хвойного, 15., крахмальные зерна, 16., и т. п.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



Увелич. $\frac{230.}{1}$





Болѣе важное значеніе принадлежитъ организованнымъ остаткамъ изъ домашняго хозяйства человѣка; такъ какъ ихъ присутствіе служитъ указаніемъ загрязненія воды стоками изъ кухонь, отхожихъ мѣстъ, выгребныхъ ямъ, конюшенъ, прачешныхъ, и т. д. Вода, въ отстоѣ которой найдены такіе остатки, должна считаться загрязненною и негодною ни для питья, ни для другого домашняго употребленія.

Изъ присутствія растительныхъ остатковъ въ открытыхъ водовмѣстилищахъ еще нельзя заключить о загрязненіи ихъ отбросами человѣческой жизни. Напротивъ, нахожденіе въ закрытыхъ колодцахъ, бывшихъ прежде завѣдомо чистыми, крахмальныхъ зеренъ, или частей растеній, употребляемыхъ въ пищу, должно считаться признакомъ произшедшаго загрязненія колодца отбросами домашняго обихода.

Нахожденіе въ илѣ изъ природныхъ водовмѣстилищъ остатковъ пищи животнаго происхожденія должно считаться доказательствомъ загрязненія человѣческими отбросами, по всей вѣроятности экскрементами человѣка. Присутствіе частичекъ мяса обнаруживается легко микроскопомъ, такъ какъ животные мускулы хорошо сохраняютъ характерный для нихъ видъ пучковъ съ острыми краями, съ ясно замѣтными поперечными полосами, 17. и 18.

Если эти мускулы прошли кишечникъ человѣка и, слѣдовательно, попали въ воды въ видѣ экскрементовъ, то они долго сохраняютъ желтый цвѣтъ, вызванный желчными пигментами. На загрязненіе водъ экскрементами человѣка безошибочно указываетъ также нахожденіе въ отстоѣ яичекъ и эмбрионовъ различныхъ глистовъ, парази-

Увелич $\frac{500.}{1}$



17.

Увелич. $\frac{100.}{1}$



18.

тирующихъ часто въ человѣческомъ кишечникѣ, а также присутствіе бактерий, называемой *Bacterium coli commune*, содержащейся всегда въ человѣческихъ испражненіяхъ.

3. ЖИВЫЕ НИСШІЕ ОРГАНИЗМЫ.

Фауна и флора природныхъ водъ характеризуются богатствомъ и огромнымъ разнообразіемъ. Изученію нисшихъ организмовъ, населяющихъ различныя природныя воды, посвятили и посвящаютъ свой трудъ выдающіеся ученые всѣхъ странъ, изложившіе добытые результаты въ цѣломъ рядѣ обширныхъ сочиненій ¹⁾.

Несмотря на большой потраченный трудъ и многочисленность уже произведенныхъ изслѣдованій, многое въ вопросахъ о нисшихъ организмахъ природныхъ водъ остается еще невыясненнымъ, требуетъ продолжительныхъ дальнѣйшихъ наблюденій и разъясненій. Самая классификація нисшихъ организмовъ у разныхъ авторовъ весьма различна, подчасъ противурѣчива и указываетъ на необходимость новыхъ работъ въ этой области естествознанія.

¹⁾ L. Eyferth. Die einfachsten Lebensformen des Thier-und Pflanzenreiches, Naturgeschichte der mikroskopischen Süßwasserbewohner. Kirchner und Blochmann. Die mikroskopische Pflanzen-und Thierwelt des Süßwassers. Macdonald. A guide to the mikroskopical examination of drinking water.

O. Zacharias. Die Thier—und Pflanzenwelt des Süßwassers.

Въ нижеслѣдующемъ приводятся важнѣйшія свѣденія о нисшихъ организмахъ природныхъ водъ въ порядкѣ, принятомъ въ сочиненіи Тимана—Гертнера, ¹⁾ согласно съ классификаціей, принимаемой знаменитыми пслѣдователями нисшихъ организмовъ Ф. Кономъ и Р. Кохомъ.

А. МИКРОСКОПИЧЕСКІЯ ВОДЯНЫЯ РАСТЕНІЯ.

1. БАКТЕРІИ.

Общимъ именемъ бактерій называютъ мельчайшіе изъ извѣстныхъ живыхъ организмовъ, играющіе огромную роль въ экономіи природы, такъ какъ они вызываютъ процессы гніенія и броженія, болѣзненные явленія человѣка и животныхъ, образованіе и разрушеніе многихъ соединений, всюду встрѣчающихся. Строеніе тѣла этихъ микроорганизмовъ большею частью весьма простое: они состоятъ изъ протоплазмы, покрытой болѣе или менѣе замѣтной оболочкой; нѣкоторые изъ нихъ содержатъ внутри болѣе или менѣе уплотненное ядро. Способность размножаться у этихъ микроорганизмовъ огромна и состоитъ въ томъ, что при благопріятныхъ условіяхъ тѣло ихъ, увеличившись до опредѣленныхъ размѣровъ, дѣлится на части, изъ которыхъ каждая служитъ вновь родоначальникомъ новаго потомства. Образовавшіеся послѣ дѣленія новыя бактеріи иногда совершенно отдѣляются другъ отъ друга, иногда же остаются другъ съ другомъ связанными, образуя кучки, нити, цѣпочки и спирали. Такія группы образовавшихся продуктовъ дѣленія, взаимно связанныя слизистымъ веществомъ, образуютъ такъ называемую зооглею. Нѣкоторыя бактеріи обладаютъ способностью къ передвиженію, другія, особенно зооглеи, неподвижны. Характеръ и продолжительность движеній бактерій весьма разнообразны у разныхъ видовъ и въ разныя времена ихъ существованія. Большинство бактерій весьма непрочны и скоро гибнутъ при неблагопріятныхъ для нихъ условіяхъ. Нѣкоторыя изъ нихъ, однако, могутъ превращаться въ болѣе прочныя формы, способныя переносить, не погибая, высушиваніе, значительное измѣненіе температуры и даже дѣйствіе нѣкоторыхъ химическихъ реактивовъ, обыкновенно разрушающихъ жизнь обыкновенныхъ формъ бактерій. Эти такъ называемыя прочныя споры (*Dauersporen*) образуются въ видѣ округлой формы болѣе плотныхъ, силь-

¹⁾ Tiemann-Gärtner. Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Vierte Auflage.

по лучепреломляющихъ зеренъ, внутри клѣточки бактеріи. Иногда отдѣльныя особи, входяція въ составъ группы бактерій, превращаются цѣликомъ въ одну или въ нѣсколько такихъ прочныхъ споръ, остающихся живыми, когда погибають остальные бактеріи, входяція въ составъ группы. Прочныя споры по видимому обладаютъ болѣе толстой и болѣе прочной оболочкой, покрывающей внутренности бактеріи.

Между бактеріями различаютъ слѣдующіе виды:

1). **Микрококки**, 19, представляютъ собою мельчайшія зернушки, сохраняющія всю жизнь круглую или округленную форму. Они размножаются въ одномъ или въ нѣсколькихъ направ-

Увелич. $\frac{500}{1}$ леніяхъ и въ зависимости отъ этого распадаются на нѣсколько группъ. Если размноженіе совершается всегда въ одной плоскости, то образуются цѣпочныя кокки, или такъ называемыя стрептококки; если размноженіе происходитъ въ разныхъ плоскостяхъ, то получаютъ кучечныя кокки, или аскококки.



19.

Стрептококки растутъ медленно и не разжижаютъ желатину; къ нимъ принадлежатъ: *Streptokokkus pyogenes*, возбудители рожистыхъ воспаленій, *Leukonostok mesenteroides*, встрѣчающійся массами въ сточныхъ водахъ сахарныхъ фабрикъ; его мелкія зернышки, соединенныя въ цѣпочки, обыкновенно окружены довольно плотною слизистою массою.

Кучечныя кокки отдѣльно, или въ видѣ зооглей, встрѣчаются чаще въ водахъ, образуя иногда довольно плотныя комочки. Смотря по формѣ отдѣльныхъ особей, различаютъ кокки круглыя, куда относятъ разные виды, встрѣчающіеся въ гноѣ, въ воздухѣ и въ водѣ, кокки овальныя, куда принадлежитъ довольно ярко окрашенный *Mikrokokkus prodigiosus*.

Къ числу кучечныхъ кокковъ относятъ такъ называемыя меристы, происходяція черезъ размноженіе особей въ двухъ взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ, такъ что каждая особь дѣлится сразу не на двѣ, а на четыре особи. Представителемъ такихъ меристъ можетъ служить *Mikrokokkus tetragenus*, встрѣчающійся въ легочныхъ изверженіяхъ. Особую группу кокковъ образуютъ такъ называемыя сарцины, происходяція черезъ дѣленіе особей по тремъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, такъ что каждая особь даетъ при дѣленіи сразу восемь особей, расположенныхъ другъ на другѣ въ болѣе или менѣе кубическую форму, напоминающую перевязанный веревкою товарный тюкъ. Такія сарцины

находить при нѣкоторыхъ паталогическихъ процессахъ въ желудкѣ чловѣка.

2). Второй видъ составляютъ **бактеріи въ тѣсномъ смыслѣ слова**. Особи этого вида имѣютъ длину вдвое большую, чѣмъ ширину и не ограниченный параллельными линиями контуръ. Обыкновенно особи лежатъ отдѣльно, или по нѣсколько вмѣстѣ, но не образуютъ сплоченныхъ нитей. Къ этому виду относятъ *Bacterium termo*, встрѣчающійся во всѣхъ гніющихъ жидкостяхъ, бактеріи, находимыя при дифтеритѣ голубей, и т. д. Нѣкоторые ученые отрицаютъ существованіе бактерій въ тѣсномъ смыслѣ слова, какъ особаго вида, и относятъ причисляемые къ нимъ разновидности, или къ микрококкамъ или къ слѣдующей группѣ бациллъ.

3). **Бациллы** суть микроорганизмы, длина которыхъ превышаетъ ширину и контуры которыхъ ограничены параллельными линиями. Бациллы лежатъ, или отдѣльно, или по нѣсколько рядомъ, образуя болѣе или менѣе длинныя, какъ бы членистыя нити. Между бациллами различаютъ бациллы, не образующія прочныхъ споръ, куда относятъ бактеріи мышиною септиками, сапа, тифа, фіолетовый и красный бациллъ, встрѣчаемыя въ водѣ и др., и бациллы, образующія внутри ихъ прочныя споры, куда относятъ бациллы карбункула, 20. *Bacillus subtilis*, нѣкоторые воздушные и водяные микробы, и др.

4). **Спириллы** суть бактеріи, имѣющія болѣе или менѣе изогнутую форму. Тѣ изъ нихъ, которыя имѣютъ форму вытянутаго винта называются вибрионами. Настоящія спириллы, съ формою крутаго винта, обладаютъ обыкновенно быстрымъ движеніемъ; представителемъ ихъ можно считать *Spirillum undula*, 21. Разновидностью спириллъ считаютъ такъ называемыхъ *Spirochaetae*, изогнутыя спирали которыхъ отличаются гибкостью и часто быстрымъ движеніемъ, какъ напр. *Spirochaeta plicatilis*, попадающаяся довольно часто въ загрязненныхъ водахъ. Къ виду *Spirochaetae* относятся также запятообразныя бациллы, представителемъ которыхъ является запятообразный бациллъ азіатской холеры, открытый и изученный Кохомъ, 22.

Большинство ботаниковъ относятъ къ бактеріямъ, несмотря на нѣкоторыя ихъ отличія, также и организмы, называвшіеся прежде водяными грибами, изъ которыхъ слѣдующіе встрѣчаются довольно часто въ природныхъ водахъ:

1). **Beggiatoa**, 23. Этотъ организмъ состоитъ изъ длинныхъ нитей, содержащихъ внутри отдѣльныя зернышки сѣры, и находится въ водахъ, богатыхъ органическими и сѣрнистыми соединеніями, какъ

напр., въ нѣкоторыхъ фабричныхъ стокахъ и въ сѣрнистыхъ минеральныхъ водахъ. *Beggiatoa alba* произрастаетъ на мертвыхъ растительныхъ и животныхъ организмахъ, иногда покрывая ихъ какъ бы густымъ ковромъ. Въ низу нити обыкновенно тоньше и ясно членисты, къ верху членистость менѣе замѣтна, но зато содержится большое количество зернушекъ сѣры. Нити *Beggiatoa* весьма гибки и обыкновенно находятся въ колебательномъ движеніи. Иногда концы нитей отрываются и плаваютъ отдѣльными кучками. Толщина нитей колеблется между 1 и 5 микронами. Красиво окрашенный видъ, *Beggiatoa rosea persicina*, иногда покрываетъ дно водовмѣстилищъ, въ видѣ красиваго краснаго налета.

2). **Leptotrix**. Этотъ организмъ образуетъ длинныя, тонкія, нити, обыкновенно желтаго или желтобурого цвѣта, зависящаго отъ отложившейся внутри ихъ водной окиси желѣза. Нити имѣютъ весьма неясно развитую членистость. Нѣкоторые ботаники не считаютъ *Leptotrix* за самостоятельный видъ и думаютъ, что это лишь не вполне развившаяся *Crenotrix* или *Cladotrix*.

3). **Crenotrix**, 24., находится часто въ глубокихъ колодцахъ, во рвахъ, озерахъ, рѣкахъ, дренажныхъ трубахъ, иногда въ огромныхъ массахъ, сообщая всей водѣ мутность и дѣлая ее негодною къ употребленію. *Crenotrix* развивается лишь въ водахъ, содержащихъ замѣтное количество желѣза. Пучки ея, состоящіе изъ ясно членистыхъ нитей желтобурого цвѣта замѣтны и невооруженному глазу. Болѣе старыя нити становятся болѣе толстыми и распадаются на отдѣльные членики, изъ которыхъ выдѣляются многочисленныя споры, вновь разрастающіяся въ тонкія нити. Споры и старыя нити иногда покрыты слизистымъ веществомъ.

4). **Cladotrix**, 25., наиболѣе распространена въ стоячихъ и текущихъ водахъ и иногда одна, или вмѣстѣ съ *Crenotrix*, образуетъ огромныя илистыя массы въ каналахъ, бассейнахъ, фабричныхъ стокахъ и рвахъ. *Cladotrix* состоитъ изъ весьма тонкихъ, обыкновенно свѣтложелтаго цвѣта нитей, съ неясно замѣтною членистостью. Отдѣльные членики охватываются общею оболочкою, изъ которой они при ростѣ выдвигаются, распадаясь на многочисленныя споры. Иногда споры развиваются еще внутри оболочки и тамъ же вновь прорастаютъ въ тонкія вѣтвистыя нити. *Cladotrix* очень похожа на *Crenotrix*, но нити ея болѣе тонки и даютъ легко развѣтвленія. Она также содержитъ въ своей массѣ желѣзо.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



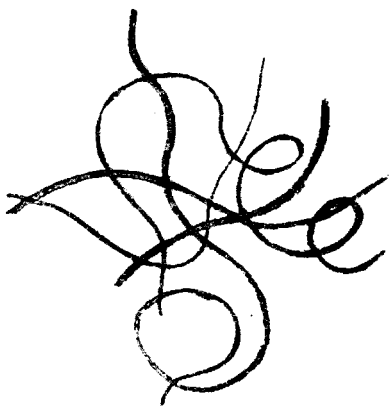
20.



21.



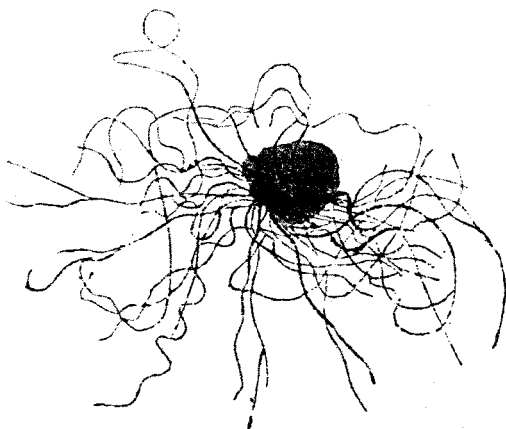
22.



23.



24.



25.

Близко къ батеріямъ стоятъ дрожжевые грибки, **Blastomycetes**. Они состоятъ изъ отдѣльныхъ круглыхъ или овальныхъ клѣтокъ, размножающихся почкованіемъ. Представителями ихъ слѣдуетъ считать пивныя и винныя дрожжи, *Sacharomycetes cerevisiae* и *ellipsoides*, встрѣаемыя въ сточныхъ водахъ пивоваренныхъ и винокуренныхъ заводовъ. Встрѣаются и дрожжевые организмы окрашенные въ черный, розовый и другіе цвѣта.

2. П Л Ъ С Е Н И.

Многочисленные плѣсневые грибки могутъ находиться въ природныхъ водахъ, но большинство изъ нихъ въ водахъ плохо разрастаются и скоро гибнутъ. Изъ наиболѣе часто встрѣаемыхъ должно упомянуть слѣдующіе:

Mucor, 26. образуетъ налетъ, изъ котораго поднимаются длинныя гифы, несущіе шарообразныя спорангіи съ покрытыми тонкою оболочкою спорами.

Aspergillus, 27. имѣетъ колбообразно раздутые гифы съ сидящими на нихъ радіально базидіями.

Penicillium, 28. несетъ вѣтвистыя гифы, на концѣ которыхъ сидятъ кистеобразно цѣпочки изъ споръ.

Нахожденіе большаго количества плѣсневыхъ грибовъ въ колодезной водѣ дѣлаетъ вѣроятнымъ присутствіе на днѣ колодца гніющихъ органическихъ массъ, на которыхъ плѣсени особенно хорошо вегетируютъ и размножаются.

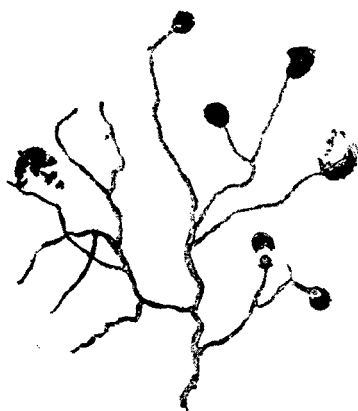
Поппадаютъ въ водахъ еще изъ грибовъ:

Oidium lactis, съ короткими толстыми гифами и спорами въ четкообразной формѣ. Грибокъ этотъ находится въ кисломъ молокѣ и въ испражненіяхъ дѣтей, питающихся молокомъ.

Selenosporium aquaeductuum, 29. встрѣчается массами въ трубахъ водопроводовъ, близъ мельницъ и турбинъ и часто сильно засоряетъ ихъ. Споры его веретенообразныя или серповидныя и имѣютъ поперечныя перегородки. На воздухѣ онъ превращается въ слизистую, слегка красноватую массу, изъ которой выходятъ развѣтвленные несущія споры нити.

Leptomitius lacteus, 30. попадаетъ иногда массами въ сточныхъ водахъ пивоварень и сахарныхъ фабрикъ.

Увелич. $\frac{100.}{1}$



26.

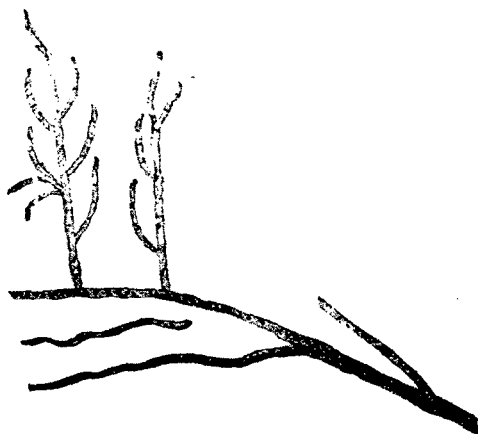


27.



28.

Увелич. $\frac{150.}{1}$



29.



30.

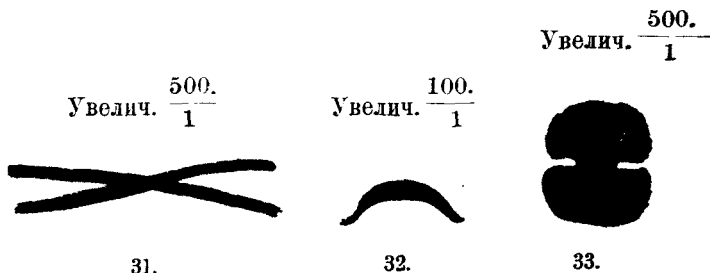
СОДЕРЖАЩІЯ ХЛОРОФИЛЛЪ ВОДЯНЫЯ РАСТЕНІЯ.

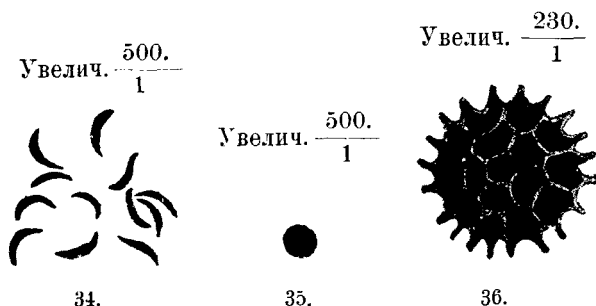
Хлорофиллоносныхъ растений встрѣчается множество въ природныхъ водахъ; будучи сами по себѣ безвредными, онѣ портятъ воду, если приходятъ массами въ состояніе гнилостнаго разложенія. Ближе всего къ бродильнымъ грибкамъ стоятъ бродильныя водоросли, окрашенныя въ свѣтлозеленый или синезеленый цвѣтъ, размножающіяся дѣленіемъ. Между ними характерны такъ называемыя **осцилляріи**, 31. представляющія собою вьющіяся свѣтлозеленыя, неразвѣтвленныя нити, массовое гніеніе которыхъ сопровождается особымъ гнилостнымъ запахомъ.

Сюда же относятся разнообразныя **Diatomeae**, 5. Эти организмы заключены въ кремнеземистую оболочку, обыкновенно состоящую изъ двухъ отдѣльных скорлупокъ; внутри ихъ находится содержащая зерна хлорофилла и другихъ пигментовъ протоплазма. Организмы эти часто способны къ самостоятельному движенію; они лежатъ парно, или группами и размножаются образованіемъ новыхъ скорлупокъ внутри матерной клѣточки, или помощью споръ.

Conjugatae суть водоросли, образующія нити или отдѣльныя клѣтки, размножающіяся копуляціей или дѣленіемъ. Между ними различаютъ **Zygnemaceae** — нити, состоящія изъ цилиндрическихъ члениковъ съ полоsoобразнымъ расположеніемъ хлорофилльных зеренъ и **Desmidiaceae**, состоящія изъ треугольных или четырехугольных клѣтокъ, снабженныхъ зѣбцами и острьями.

Изъ **Conjugatae** чаще всего встрѣчаются: **Closterium**, 32 и **Cosmarium**, 33; болѣе крупныя водоросли: **Siphophyceae**, **Confervoideae**, **Characeae** и **Florideae** встрѣчаются рѣже. Весьма красивы мелкія водоросли **Protokokkoideae**, встрѣчающіяся въ видѣ отдѣльных особей, или цѣлыми группами. Между ними особенно красивы: **Scenedesmus**, 34. **Protokokkus**, 35. **Pediastrum**, 36.





Б. МИКРОСКОПИЧЕСКІЯ ВОДЯНЫЯ ЖИВОТНЫЯ.

Фауна природныхъ водъ весьма разнообразна и измѣняется въ зависимости отъ временъ года, температуры и другихъ условій, такъ что въ одномъ и томъ же водовмѣстилищѣ можно обнаружить различные организмы въ разные времена.

Встрѣчающіяся чаще всего въ водахъ нисшія животныя можно распредѣлить въ слѣдующія пять группъ:

1). **Rhizopodae**—**корненожки**. Онѣ представляютъ собою комочки однородной протоплазмы, содержащей внутри зѣрнышки, ядра, вакуоли, хлорофиллы зерна, пищевыя вещества, и пр. Протоплазма обладаетъ способностью повидимому самопроизвольно выпускать въ разныхъ мѣстахъ отростки и вновь втягивать ихъ. Нѣкоторыя изъ корненожекъ образуютъ въ разныхъ мѣстахъ своей поверхности болѣе плотную оболочку, или приклеиваютъ къ себѣ твердые обломки панцирей діатомей; всегда остаются однако отверстія, черезъ которыя выступаютъ различнаго вида отростки, такъ называемыя псевдоподіи. Наиболѣе важный видъ корненожекъ составляютъ амѣбы (*Amoebae*), находимыя въ илѣ колодезь, а отчасти и свободно въ колодезныхъ водахъ. Представителемъ ихъ можетъ служить *Amoeba princeps*, 37., встрѣчаемая въ водахъ, богатыхъ органическими и организованными примѣсями. *Diffugia* содержитъ на своей поверхности обломки діатомовыхъ скорлупъ, зѣрнышки кварца и пр., *Arcella*—несетъ пару щитоподобныхъ покрывашекъ. Сюда же относятся такъ называемыя солнечныя животныя, напр. *Actinophrysol*, 38.

2). **Infusoriae**—**наливочныя животныя**, состоятъ всегда изъ ясно замѣтной наружной оболочки, к у т и к у л ы, членистаго наружного слоя, паренхимы и внутренняго содержимаго—прозрачной, зернистой про-

топлазмы. Въ паренхимѣ находятся всегда одно или нѣсколько ядеръ и, по крайней мѣрѣ, одинъ сжимаемый пузырекъ. Инфузоріи при извѣстныхъ условіяхъ могутъ покрываться прочной оболочкой и образовать прочныя споры. Въ зависимости отъ числа и вида придаточныхъ органовъ—рѣсничекъ, инфузоріи раздѣляются на слѣдующіе виды:

Flagellatae снабжены особыми органами—рѣсничками, способствующими ихъ движенію и поглощенію ими пищи. Рѣснички эти иногда очень нѣжны и едва замѣтны, у многихъ вблизи рѣсничекъ замѣчается отверстіе рта. Форма флагеллатъ—круглая, овальная или удлинненная, напоминающая форму рыбы. Флагеллаты встрѣчаются, или отдѣльными особями, или соединены въ колоніи; нѣкоторыя прикреплены неподвижно на особые нити. Цвѣтъ ихъ бѣлый, зеленый или буроватый, смотря по содержащемуся въ нихъ пигменту. Одинъ изъ мельчайшихъ распространенныхъ видовъ флагеллатъ есть *Monas*, 39. *Anthophysa*, 40. снабжена длинными нитевидными придатками, образующими бураго цвѣта комочки, плавающие въ водѣ. Видъ **Volvocineae** встрѣчается въ видѣ колоній, образующихъ крупные студневые комки.

Видъ **Euglenidae** имѣетъ веретенообразно и рыбовидно—удлинненную форму тѣла, обыкновенно зеленого цвѣта, съ краснымъ пятнышкомъ впереди; сюда относится весьма распространенная форма *Euglena viridis*, 41.

Suctoriae или **Acinetinae** имѣютъ на придаткахъ сосущій бокальчикъ, служащій для всасыванія пищи; онѣ сидятъ обыкновенно на стебелькахъ.

Ciliatae характеризуются особеннымъ развитіемъ рѣсничекъ, иногда весьма тонкихъ и едва замѣтныхъ. У всѣхъ цилліатъ имѣется отверстіе рта, окруженное рѣсничками, пищепроводъ, ведущій во внутреннюю паренхиму. Во внутренности можно всегда наблюдать комочки проглоченной пищи, а также зерна хлорофилла и желтобурого пигмента и пузырьки, способные растягиваться и сжиматься. Смотра по виду и положенію рѣсничекъ, между цилліатами различаютъ:

Holotrichae имѣютъ рѣснички, равномерно распределенныя по всему тѣлу; сюда относятся: *Colpidium*, 42. *Cyclidium*, 43. *Coleps hirtus*, 44. *Paramaecium Aurelia*, 45. *Glaucoma*, 46.

Heterotrichae имѣютъ представителемъ *Stentor polymorphus*, 47., способнаго принимать различныя формы. Животное кру-

гомъ обложено тонкими волосиками, имѣть глубокосядѣющій ротъ, окруженный болѣе толстыми волосками.

Hypotrichae имѣютъ выпуклую спинку и плоское брюшко, обсаженные рѣсничками, ротъ и задній проходъ. Ихъ представители суть часто встрѣчаемыя:

Euplotes Charon, 48. **Chilodon**, 49. и **Stylonichia**, 50.

Petrichae имѣютъ округлетѣло; мелкія рѣснички сидятъ по кругу или спирально; встрѣчаются отдѣльные пучки болѣе длинныхъ рѣсничекъ. Изъ этихъ инфузорій, **Vorticellinae**, 51. весьма распространены и имѣютъ оригинальное устройство, ихъ колоколо-и бокалообразныя тѣла могутъ вытягиваться и сжиматься; заднюю часть онѣ сидятъ на растяжимыхъ стебелькахъ, прямыхъ или развѣтвленныхъ, и прикрѣпленныхъ, поодиночкѣ, или группами, къ неподвижнымъ предметамъ. Иногда бокальчики отдѣляются отъ стеблей; тогда, въ мѣстѣ ихъ бывшаго прикрѣпленія образуется кольцеобразная впадина, обсаженная рѣсничками, при помощи которыхъ животное плаваетъ. Нѣкоторые **Vorticellinae** живутъ всегда совершенно свободно въ водѣ, какъ напримѣръ **Halteria**, 52., представляющая собою какъ бы шарикъ зеленого цвѣта усаженный пучками длинныхъ рѣсничекъ, находящійся въ довольно быстромъ движеніи.

3). **Rotiferae**—**коловоротки** имѣютъ ясно различающіяся спинку и брюшко; онѣ состоятъ изъ туловища, головы и ножки. На головѣ помѣщается ротъ и вокругъ него рѣснички, поочередное миганіе которыхъ производитъ впечатленіе какъ бы вращающагося зубчатаго колеса. Изъ головы поднимается покрытый волосками хоботокъ. На головѣ замѣтны красноватыя пятнышки, считаемыя за глаза. Внутри туловища помѣщаются органы пищеваренія и размноженія. Характерно присутствіе между ртомъ и пищеводномъ особаго органа жеванія, состоящаго изъ хитиновыхъ челюстей, находящихся въ постоянномъ движеніи.

Ножка ротиферы члениста, или имѣетъ видъ стебля. Самцы встрѣчаются рѣже и значительно отличаются по формѣ и по величинѣ отъ самокъ. Въ прѣсныхъ водахъ чаще другихъ встрѣчаютъ **Rotifer vulgaris**, 53.

4). **Vermes**—**червеобразныя**. Изъ нихъ чаще всего попадаетъ **Anguillula**, 54. находящаяся въ постоянномъ извивающемъ движеніи, но не способная плавать.

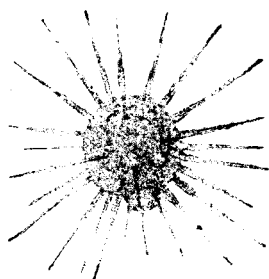
5). **Arthropodae**—**членистоногія** весьма многочисленны и разнообразны по устройству тѣла. Изъ нихъ чаще всего встрѣчаются **Cyclops quadricornis**, 55. водяная вошь, 56. и медвѣжатка, 57.

Увелич. $\frac{230.}{1}$



37.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



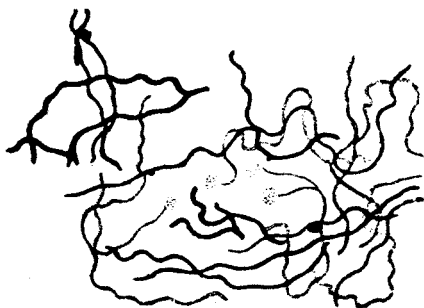
38.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



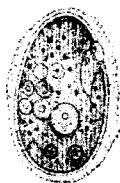
39.

Увелич. $\frac{100.}{1}$



40.

Увелич. $\frac{230.}{1}$



42.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



43.

Увелич. $\frac{100.}{1}$



41.

Увелич. $\frac{500.}{1}$

Увелич. $\frac{500.}{1}$

Увелич. $\frac{500.}{1}$

Увелич. $\frac{230.}{1}$



44.

Увелич. $\frac{230.}{1}$



48.



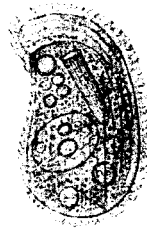
45.



46.

Увелич. $\frac{230.}{1}$

Увелич. $\frac{230.}{1}$



49.



50.

Увелич. $\frac{230.}{1}$

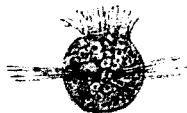
Увелич. $\frac{230.}{1}$

Увелич. $\frac{100.}{1}$



51.

Увелич. $\frac{500.}{1}$



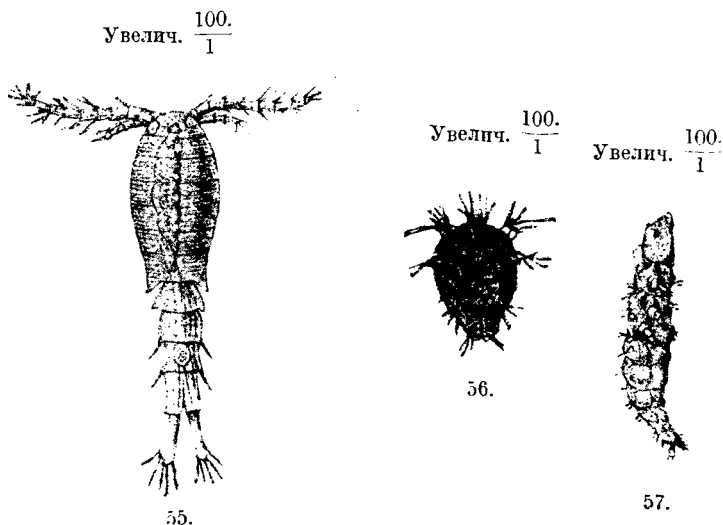
52.



53.



54.



ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ОРГАНИЗМАМИ И СОСТАВОМЪ ПРИРОДНЫХЪ ВОДЪ.

Уже давно интересовались вопросомъ о существованіи связи между природою находимыхъ въ водѣ живыхъ организмовъ и составомъ этой воды. Конъ ¹⁾ раздѣляетъ обитателей водъ на три категоріи, соотвѣтствующія различной степени чистоты этихъ водъ. Діатомовыя и зеленыя водоросли произрастаютъ въ водахъ, содержащихъ мало органическихъ веществъ, и при доступѣ свѣта, подъ вліяніемъ котораго онѣ разлагаютъ углекислоту, идущую имъ въ питаніе. Эти организмы гибнутъ въ гнилостныхъ водахъ и ихъ присутствіе есть до извѣстной степени указаніе чистоты воды. Колодезная вода, содержащая плавающіе въ ней организованные остатки, содержитъ водяные грибки, ими питающіеся, а также много инфузорій. Наконецъ, колодезная вода, загрязненная большимъ количествомъ растворенныхъ органическихъ веществъ, легко приходящихъ въ гніеніе и броженіе, сопровождаемая дурнымъ запахомъ и развитіемъ газовъ, переполнена разнообразными грибами, инфузоріями и другими низшими организмами часто настолькоъ, что вода отъ нихъ становится непрозрачною, опаливающей и негодною для питья. Многочислен-

¹⁾ Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. I. S. 113.

ныя изслѣдованія показали, что разнообразнѣйшіе организмы могутъ быть найдены, какъ въ загрязненныхъ, такъ и въ весьма чистыхъ водахъ и что нельзя присутствіе какого либо организма считать доказательствомъ загрязненности воды. Съ другой стороны, обиліе отдѣльныхъ организмовъ разныхъ видовъ можетъ служить указаніемъ на загрязненіе воды органическими веществами, служащими пищею для нисшихъ организмовъ. Въ каждой, даже весьма чистой водѣ найдется достаточно пищи для небольшого числа какихъ бы то ни было нисшихъ организмовъ. Такимъ образомъ только массовое нахожденіе нисшихъ организмовъ въ водѣ должно быть признано доказательствомъ ея негодности къ употребленію.

НИСШІЕ ОРГАНИЗМЫ, КАКЪ ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛѢЗНЕЙ.

Ядовитыхъ растений и животныхъ столь мелкихъ, что ихъ можно проглотить, не замѣтивъ, съ водою не существуетъ; но существуютъ несомнѣнно организмы, которые, попавъ въ пищеварительные органы высшихъ животныхъ, могутъ въ нихъ размножаться, жить и вызывать болѣзненные явленія, даже смерть ихъ поглотившаго животного, или человѣка. Не подлежитъ сомнѣнію, что проглоченные съ водою яйца и зародыши глистовъ могутъ развиваться въ желудкѣ и въ кишечникѣ и вызвать различныя глистные заболѣванія. Кромѣ того, нынѣ считается доказаннымъ, что длинный рядъ такъ называемыхъ инфекціонныхъ болѣзней и эпидемій вызывается попавшими въ пищеварительные органы нисшими организмами, могущими находиться въ питьевой водѣ.

Уже давно думали, что питьевая вода можетъ служить источникомъ распространенія болѣзней, а нынѣ уже много разъ было доказано, что нисшіе организмы, находимые въ разныхъ частяхъ тѣла людей заболѣвшихъ нѣкоторыми болѣзнями, находятся также въ водѣ, служившей для питья заболѣвшимъ. Трудami Поллендера, Обермайера, Ганзена, Лефлера, Коха, Ифейфера, Френкеля и другихъ ученыхъ были открыты микроорганизмы—возбудители тифа, холеры, дифтерита, сапа, инфлюенцы, туберкулеза, гангрены и многихъ другихъ болѣзней, болѣе или менѣе полно изучены, а затѣмъ тѣже организмы удалось обнаружить и въ питьевыхъ водахъ.

Открытіе этихъ патогенныхъ микробовъ въ питьевой водѣ придаетъ особенно важное значеніе микроскопическому и бактериологическому изслѣдованію водъ. Изъ микроорганизмовъ, находимыхъ въ природныхъ водахъ, наиболѣе распространены разные виды бак-

терій, къ числу которыхъ относятся и патогенные микробы, считае-
мые за возбудителей инфекціонныхъ болѣзней. Опредѣленіе ихъ
должно составить одну изъ задачъ при изслѣдованіи воды.

Долго думали, что въ каждомъ глоткѣ питьевой воды содержат-
ся тысячи живыхъ существъ, совершенно безвредныхъ; затѣмъ
утверждали, что хорошая питьевая вода не должна вовсе содержать
бактерій и что вода, содержащая хотя и немного живыхъ организ-
мовъ, не годна для питья. Оба эти взгляда невѣрны, и только при-
мѣненіе усовершенствованныхъ современныхъ приѣмовъ изслѣдованія,
употребленіе при микроскопированіи особыхъ освѣтительныхъ при-
боровъ, гомогенной иммерсии, и особенно, предложенной Ко-
хомъ культуры на прозрачныхъ плотныхъ питательныхъ веществахъ,
позволяющее сосчитать число образующихся колоній, даютъ нынѣ
возможность оцѣнивать въ этомъ отношеніи качества изслѣдуемой
воды. Примѣненіе микроскопа тѣсно связано съ опытами культуры
и оба эти метода взаимно пополняютъ другъ друга.

Различіе нѣкоторыхъ видовъ бактерій такъ незначительно,
что оно не можетъ быть обнаружено однимъ микроскопомъ, не даю-
щимъ также возможности считать число отдѣльныхъ особей, содер-
жащихся въ извѣстномъ объемѣ воды. Культура позволяетъ рѣшить
эти вопросы, такъ какъ при ея посредствѣ отдѣльные зародыши пре-
вращаются въ колоніи, которыя могутъ быть сосчитаны и характер-
ныя свойства которыхъ позволяютъ опредѣлить видъ образовавшаго
ихъ зародыша.

ЧИСЛО БАКТЕРІЙ ВЪ ПРИРОДНЫХЪ ВОДАХЪ.

Число бактерій, наблюдаемыхъ въ разныхъ природныхъ водахъ
колеблется въ чрезвычайно широкихъ предѣлахъ. Попадаются воды,
содержащія лишь нѣсколько особей въ 1 куб. сант., или даже вовсе
ихъ не содержащія; но есть и воды, содержащія въ этомъ объемѣ
многіе миллионы ихъ. Изъ весьма большого числа опубликованныхъ
изслѣдованій можно сдѣлать вообще слѣдующіе выводы:

Наиболѣе богаты бактеріями промывныя и сточныя воды фабрикъ
и городовъ и затѣмъ воды рѣчныя.

Содержаніе бактерій въ водахъ разныхъ рѣкъ весьма различно.
Рѣки, протекающія по сильно заселеннымъ мѣстностямъ, съ фабри-
ками, деревнями и городами на ихъ берегахъ, содержатъ богатую
микроорганизмами воду; рѣки, текущія по мѣстамъ мало заселеннымъ,
содержатъ менѣе богатую бактеріями воду. Въ водахъ Рейна, Одера,
Шпрее, Сены, Темзы, Роны, Майна — число ихъ рѣдко болѣе 500.

Въ особенности много микроорганизмовъ находится въ водахъ рѣкъ, которыя при незначительной своей мощности принимаютъ въ себя много грязныхъ стоковъ изъ фабрикъ и городскихъ сточныхъ каналовъ.

Относительно озерныхъ водъ можно высказать тоже самое. Озера горныя менѣе богаты бактеріями, чѣмъ озера въ низменностяхъ. Вода рѣкъ и особенно озеръ неодинакова въ разныхъ ихъ частяхъ: близъ береговъ число бактерій всегда значительно больше, чѣмъ посрединѣ ихъ водяной массы.

Ключевыя воды вообще весьма бѣдны бактеріями; попадаютъ ~~в~~ ключи, совершенно свободные отъ микроорганизмовъ и въ большинствѣ ключевыхъ водъ число ихъ не превышаетъ 50 на 1 куб. сант.

Наибольшее разнообразіе въ содержаніи бактерій встрѣчается въ колодезныхъ водахъ. Въ зависимости отъ многихъ условій, воды разныхъ колодцевъ, даже въ одной и тойже мѣстности, могутъ содержать отъ ничтожно малаго до безчисленнаго количества микроорганизмовъ. Обыкновенно воды глубокихъ колодцевъ, напримѣръ, артезіанскихъ, характеризуются въ этомъ отношеніи большею чистотою.

Вышеприведенныя общія положенія объясняются происхожденіемъ бактерій въ природныхъ водахъ. Въ открытыя воды: рѣки, озера и открытые колодцы бактеріи могутъ попасть различнымъ образомъ. Такъ какъ верхніе слои почвы содержатъ огромное количество различныхъ микроорганизмовъ, то омывающая берега вода захватываетъ ихъ весьма легко. Еще больше количество бактерій смывается въ водовмѣстилища потоками дождевой воды, стекающей по поверхности почвы и какъ бы споласкивающей ее. Затѣмъ фабричныя и городскія стоки нечистотъ доставляютъ въ воды громадное количество микроорганизмовъ. Подобнымъ же образомъ микроорганизмы попадаютъ въ колодцы, открытые или задѣланные не вполне, если дождевая вода можетъ стекать въ нихъ сквозь имѣющіяся въ стѣнкахъ колодца трещины и щели.

Съ другой стороны вода ключей, вытекающихъ изъ глубокихъ почвенныхъ слоевъ, и грунтовыя воды этихъ слоевъ не должны содержать микроорганизмовъ, такъ какъ многочисленныя изслѣдованія доказываютъ, что почва уже на глубинѣ 2 метровъ не содержитъ вовсе этихъ организмовъ, если они не проникли въ нее по какимъ нибудь болѣе широкимъ щелямъ или каналамъ съ земной поверхности. Опыты показываютъ, что вообще почвы представляютъ собою прекрасный фильтръ, задерживающій микробы и не позволяющій имъ проникать съ земной поверхности въ глу-

бокіе почвенные слои. Повидимому микроорганизмы, проникшіе случайно въ глубину почвы, скоро тамъ погибають и не способны въ ней размножаться. Такимъ образомъ дождевая вода, захватившая микробы на земной поверхности, освобождается отъ нихъ при просачиваніи черезъ почву и если даже нѣкоторое незначительное количество ихъ случайно по болѣе широкому каналу проникнетъ на глубину, то оно не найдетъ себѣ тамъ условій, благопріятныхъ къ размноженію. Этимъ объясняется часто наблюдаемая чистота глубокихъ грунтовыхъ водъ отъ микробовъ, а иногда находимые въ этихъ водахъ въ небольшомъ числѣ микроорганизмы должны считаться случайно занесенными въ нихъ съ земной поверхности. Значительное число микроорганизмовъ, найденныхъ въ водѣ какого либо ключа или глубокаго колодца, должно считаться доказательствомъ существованія какого либо открытаго сообщенія водовмѣстности въ верхнихъ слояхъ земной поверхности, по которому происходитъ постоянное стеканіе жидкостей наружи.

УСЛОВІЯ РАЗМНОЖЕНІЯ БАКТЕРІЙ ВЪ ВОДАХЪ.

Если ввести небольшое количество бактерій въ жидкость ихъ не содержащую, но содержащую необходимыя питательныя вещества, то бактеріи быстро размножаются и число ихъ скоро становится огромнымъ. Опыты показываютъ, однако, что размноженіе ихъ не безпредѣльно, даже при благопріятныхъ условіяхъ, а постепенно уменьшается и можетъ дойти до нуля. Нельзя объяснить такое замедленіе въ размноженіи полнымъ израсходованіемъ необходимаго питательнаго матеріала, надо предположить, что жизнедѣятельность бактерій сопровождается выдѣленіемъ какихъ то ядовитыхъ для нихъ самихъ веществъ, задерживающихъ ихъ развитіе и умерщвляющихъ ихъ. Кромѣ того доказано, что развитіе въ питательной средѣ одного какого либо вида микроорганизмовъ можетъ быть губительнымъ для микроорганизмовъ другихъ видовъ и приостановить процессъ ихъ дальнѣйшаго размноженія.

Болѣе или менѣе быстрое размноженіе бактерій въ водахъ зависитъ отъ ихъ вида и отъ цѣлаго ряда условій окружающей среды. Различные виды бактерій оказываются въ различной степени прочными и требовательными въ разныхъ отношеніяхъ.

ВЛІЯНІЕ ПИТАТЕЛЬНОСТИ СРЕДЫ.

Вообще микроорганизмы нуждаются лишь въ ничтожно маломъ количествѣ питательныхъ веществъ. Кромѣ воды, имъ нужны ор-

ганическія вещества и нѣкоторыя соли. Вообще они развиваются лучше въ средней или слабо щелочной средѣ. По изслѣдованіямъ Негели ¹⁾ въ составъ тѣла микроорганизмовъ входятъ: углеродъ, водородъ, кислородъ, азотъ, сѣра, фосфоръ, калий, кальцій и быть можетъ иногда рубидій, цезій, магній, барій и стронцій. Азотъ и углеродъ бактеріи берутъ изъ азотъ содержащихъ органическихъ веществъ, преимущественно изъ бѣлковыхъ и сахаристыхъ веществъ. Въ отличіе отъ высихшихъ растений, бактеріи не могутъ повидимому ассимилировать углеродъ изъ угольной кислоты. Элементарный составъ тѣла бактерій, близокъ къ среднему составу бѣлка, а именно по Крамеру: 51,1% С, 6,64% Н, 13,46% N и 9,6% золы.

Поразительно ничтожно малое количество пищевыхъ веществъ, необходимыхъ для развитія громаднаго числа нѣкоторыхъ бактерій, какъ это видно изъ опытовъ Больтона. Въ этихъ опытахъ было взято 10 куб. сант. дважды перегнанной воды, содержащей лишь ничтожные слѣды растворенныхъ органическихъ веществъ и солей и въ нихъ введены зародыши чистой культуры двухъ видовъ бактерій: *Mikrokokkus aquatilis* и *Bacillus erythrosporus*, часто встрѣчаемыхъ въ природныхъ водахъ. Черезъ трое сутокъ получились миллионы особей, затѣмъ жидкость была стерилизована кипяченіемъ и вновь засѣяна тѣми же зародышами, черезъ новыя трое сутокъ получились опять миллионныя разводки и опытъ этотъ былъ повторенъ съ тѣмъ же результатомъ шесть разъ. Болтонъ считаетъ, что при этомъ въ одной и тойже жидкости развелось до 20 миллионовъ бактерій въ 1 куб. сант.

Впрочемъ, далеко не всѣ виды микроорганизмовъ довольствуются столь малымъ количествомъ питательныхъ веществъ. Нѣкоторые виды ихъ, особенно дрожжевые грибки и нѣкоторые патогенные микробы, требуютъ для успѣшнаго развитія болѣе концентрированные растворы и погибаютъ въ чистыхъ водахъ весьма скоро.

Въ этомъ отношеніи микроорганизмы могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы: къ первой изъ нихъ принадлежитъ большинство обыкновенныхъ водяныхъ бактерій, для которыхъ въ самыхъ чистыхъ природныхъ водахъ находится пищи достаточно для быстрого и обильнаго размноженія; ко второй, относятся нѣкоторые организмы, могущіе успѣшно развиваться и размножаться лишь въ водахъ, сильно загрязненныхъ, богатыхъ органическими веществами и солями. Было бы ошибочно искать зависимости между химичес-

¹⁾ Untersuchungen über niedere Pilzen.

нымъ составомъ природныхъ водъ и числомъ находящихся въ нихъ бактерій. Если имѣется свободный доступъ и подходящія условія, то безчисленное число бактерій можетъ существовать въ весьма чистыхъ химически водахъ и лишь нахожденіе въ нихъ нѣкоторыхъ видовъ микроорганизмовъ, требующихъ обильное количество питательныхъ веществъ, можетъ быть принято за доказательство химическаго загрязненія воды.

ВЛІЯНІЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Весьма важно отношеніе микроорганизмовъ къ различнымъ температурамъ. Опыты показали, что большинство бактерій не погибаетъ даже при весьма низкихъ температурахъ и въ ледяной водѣ сохраняютъ способность къ размноженію. Даже охлажденіе гораздо ниже 0° , до -70° и ниже, не убиваетъ ихъ. Фритенъ охлаждать въ теченіи одного часа нѣкоторые патогенные микробы до -110° и они сохранили способность жить и размножаться. При повторномъ замораживаніи на продолжительное время, правда, уменьшается число способныхъ къ размноженію микробовъ; но ввести обозначить этихъ путемъ содержащую микробы воду не удастся.

И въ этомъ отношеніи разные виды бактерій не одинаковы: одни чрезвычайно стойки къ низкимъ температурамъ, другіе погибаютъ въ большемъ числѣ при сильномъ охлажденіи; самый процессъ размноженія обыкновенно временно прекращается, или сильно замедляется, во время охлажденія.

Отношеніе бактерій къ высокимъ температурамъ было много разъ изслѣдовано: Кохомъ, Бельфегелемъ, Глобигемъ, Микелемъ и другими учеными. Изъ работъ этихъ можно сдѣлать слѣдующія заключенія: 1) Не содержащія споръ бактеріи погибаютъ послѣ пребыванія въ теченіи $1\frac{1}{2}$ часа въ сыромъ воздухѣ при температурѣ нѣсколько вышей 100° Цельсія. 2) Для умерщвленія споръ патогенныхъ грибовъ необходима температура отъ 100° до 115° Ц. въ теченіи $1\frac{1}{2}$ часа. 3) Споры бацилл погибаютъ лишь послѣ трехчасоваго пребыванія при температурѣ въ 140° Ц. Слѣдуетъ въпрочемъ замѣтить, что разные виды бактерій оказываютъ различную выносливость къ высокимъ температурамъ; такъ напримѣръ: большинство необразующихъ споръ бактерій, чаще всего встречающихся въ природныхъ водахъ, погибаетъ при продолжительномъ нагреваніи до 60° Ц., въ особенности, если повторить нѣсколько разъ нагреваніе послѣ перерывовъ на нѣсколько часовъ.

Погибают также бактерии и даже споры, скорее чѣмъ въ сухомъ горячемъ воздухѣ, въ струѣ текущаго водяного пара.

Для каждаго вида микрорганізмовъ существуетъ определенному температура, наиболее благоприятная для его развитія. Такъ напримеръ, туберкулезныя бациллы развиваются хорошо только при температурѣ крови, холерныя бациллы лучше развиваются при 20° Ц.; многія бактерии въ водѣ хорошо размножаются при 5° и гораздо хуже при 35° Ц., были наблюдаемы бактерии наилучше размножающіяся при 60° и даже выше.

Вообще же можно сказать, что скорость размноженія для большинства микроорганизмовъ возрастаетъ съ повышеніемъ температуры до $30-40^{\circ}$ Цельсія; но что для нѣкоторыхъ водяныхъ бактерий наиболее благоприятная температура ихъ развитія лежитъ около 15° Цельсія. Кроме того наблюденія показываютъ, что нѣкоторыя бактерии могутъ привыкать и какъ бы привыкать къ температурамъ, вообще имъ неблагоприятнымъ, если переходъ къ этимъ температурамъ совершается не сразу, а постепенно. Рѣзкія измѣненія температуръ обыкновенно оказываются гибельными для бактерий, постепенныя измѣненія бактеріями лучше переносятся. Согласно съ вліяніемъ различныхъ температуръ наблюдается обыкновенно измѣненіе числа бактерий въ одной и той же водѣ въ различные времена года: вообще въ теплое время бактерий больше, чѣмъ въ холодное, если только вліяніе температуры не устраняется занесеніемъ въ воду новыхъ бактерий извнѣ, напримеръ весной, во время таянія снѣговъ.

ВЛІЯНІЕ СВѢТА

Лучи свѣта: вообще неблагоприятны для развитія бактерий и многіе ихъ виды скоро погибаютъ, въ особенности подъ вліяніемъ прямыхъ солнечныхъ лучей. Особенно сильно дѣйствуютъ сіеіе, фіолетовые и ультрафіолетовые лучи спектра; зеленые, желтые и красные — слабѣе. Свѣтовые лучи убиваютъ не только развитыя микроорганизмы, но и ихъ споры и уменьшаютъ быстроту процесса размноженія. Замѣтное самоочищеніе въ открытыхъ водахъ определенному много зависитъ отъ освѣщенія ихъ поверхности прямыми солнечными лучами. Не одинъ солнечный свѣтъ полезенъ для бактерий, искусственный свѣтъ, напримеръ электрическій, при достаточной силѣ и продолжительности дѣйствія также задерживаетъ размноженіе микробовъ.

ВЛІЯНІЕ СӨТРІСЕНІЯ И ОТСАИВАНІЯ.

Опыты относительно вліянія сотрясеній на живедѣтельность бактерій привели разныхъ изслѣдователей къ противорѣчивымъ результатамъ. Повидному, некоторые микробы хорошо переносятъ сотрясеніи и не теряютъ способности къ размноженію, другіе гибнутъ, или по крайней мѣрѣ задерживаются въ ихъ жизненнѣхъ отправленіяхъ, но во всякомъ случаѣ вліяніе сотрясеній весьма важно.

Если оставить стоять содержащую бактеріи воду, то въ болѣе позднѣе время случаетъ происходить какъ бы осѣдленіе, и часть бактерій осѣдаетъ на дно. И въ природнѣхъ водоводнѣхъ водахъ число бактерій близъ дна больше числа ихъ въ верхней водной поверхности. Явленіе это, впрочемъ, не общее и въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдается, какъ разъ наоборотъ, накопленіе микроорганизмовъ въ поверхности. Болѣе часто наблюдаемое накопленіе ихъ на днѣ объясняется не только механическимъ осѣданіемъ, но и тѣмъ, что на днѣ воднѣхъ водоводнѣхъ водъ содержится больше извѣстныхъ вредныхъ веществъ, а потому болѣе благоприятная къ быстрому размноженію микроорганизмовъ. Кроме того, въ глубинахъ микроорганизмы не страдаютъ отъ вреднаго дѣйствія свѣта и потому лучше размножаются. Если въ водахъ происходитъ образование и осѣдленіе на нѣкоторыхъ осадкахъ, напримѣръ углекислыхъ солей, желѣзныхъ и медныхъ металловъ или желѣза, то этотъ процессъ влечетъ за собою также осѣданіе микробовъ, которые механически увлекаются на дно изъ жидкостнѣхъ частицами выделяющагося осадка.

ВЫЖИВАНІЕ МИКРООРГАНИЗМОВЪ.

Продолжительность жизни микроорганизмовъ весьма разнообразна и вообще весьма значительна, въ особенности въ дѣствіи образованія или прочныхъ споръ. Споры эти могутъ сохраняться годами въ высушенномъ состояніи, не теряя способности проростать при благоприятныхъ условіяхъ. Но и микроорганизмы, не дающіе споръ, могутъ весьма долго сохраняться: такъ напримѣръ, въ водѣ изъ рѣки Сены, содержащей 1000 зародышей въ 1 куб. сант., послѣ 9 лѣтъ стоянія въ герметически закрытомъ сосудѣ было найдено еще 220 зародышей¹⁾. Вообще выживаніе микроорганизмовъ совер-

¹⁾ Miquel. Revue d'hygiene. Tome IX. p. 737.

настается медленно и постепенно, причемъ сначала гибнутъ болѣе слабые организмы. Если исключить вліяніе рѣзкихъ температурныхъ измѣненій, убивающихъ микроорганизмы, вымирание ихъ обуславливается недостаткомъ пищи или отравленіемъ. Уже выше было сказано, что многіе бактеріи весьма нетребовательны и довольствуются ничтожно малыми количествами питательныхъ веществъ. Обыкновенно съ истощеніемъ запаса пищи, пригодной для извѣстнаго вида бактерій, видъ этотъ постепенно погибаетъ; но остаются и часто хорошо размножаются другіе виды, меньше требовательные, могущіе питаться матеріаломъ оставшимся, отъ жизни первой генерации и тѣми веществами, которыя были выработаны погибшими уже бактеріями. При этомъ, однако, вымирание особей и прекращеніе размноженія отдѣльных видовъ обуславливается не однимъ недостаткомъ подходящаго питательнаго вещества, но и отравляющимъ дѣйствіемъ продуктовъ, вырабатываемыхъ организмами. Эти продукты, такъ называемые токсальбумины, накопляясь постепенно въ средѣ, задерживаютъ процессы размноженія и въ концѣ могутъ умертвить всѣ организмы, т. е. обезплодить совершенно среду. Опыты показываютъ, что отравляющимъ бактерій образомъ дѣйствуетъ также утескнота, содержащаяся въ многихъ природныхъ водахъ. Только немногіе виды бактерій выживаютъ въ присутствіи достаточныхъ ея количествъ, большинство утрачиваетъ способность размножаться, или совершенно погибаетъ.

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ВОДЯНЫХЪ МИКРООРГАНИЗМОВЪ.

Въ открытыхъ водахъ могутъ находиться всевозможные виды микробовъ. Многіе изъ нихъ, понавъ случайно въ воду, скоро из нея исчезаютъ, гыпрая, вслѣдствіи неподходящихъ для нихъ условий и вытѣсняясь обыкновенными водяными бактеріями, болѣе стойкими и приспособленными къ размноженію въ водѣ. Опредѣленіе отдѣльных видовъ микроорганизмовъ въ открытыхъ водахъ, за исключеніемъ патогенныхъ микробовъ, имѣетъ ограниченное значеніе съ гигиенической точки зрѣнія. Въ водахъ колодезь находженіе многихъ разныхъ видовъ, кромѣ обыкновенныхъ водяныхъ бактерій, важно какъ доказательство постоянно происходящихъ загрязненій колодеца стоками постороннихъ нечистыхъ водъ.

Отысканіе въ природныхъ водахъ отдѣльных видовъ микроорганизмовъ составляетъ трудную и часто неблагодарную задачу. Отличія отдѣльных видовъ часто весьма незначительны и организмы, случайно попавшіе въ воду въ незначительныхъ количествахъ, не

легко въ ней размножающіеся, часто маскируются массою сильно размножившихся другихъ видовъ. Къ тому же, открытіе какого либо особаго вида бактерій, за исключеніемъ заведѣдомо патогенныхъ, не дастъ никакого новаго критерія для оцѣнки воды, такъ какъ появленіе этого вида въ водѣ могло произойти совершенно случайно извнѣ и не находится ни въ какой связи съ составомъ изслѣдуемой воды. Бактеріологическое изслѣдованіе воды, состоящее изъ опредѣленія числа живыхъ микроорганизмовъ разныхъ видовъ, содержащихся въ изслѣдуемой водѣ, позволяетъ составить сужденіе о болѣе или менѣе совершенномъ фильтрованіи ея и о существованіи или отсутствіи въ ней примѣсей воды, не успѣвшей достаточно очиститься прохожденіемъ по фильтрующимъ почвеннымъ слоямъ. При этомъ безразлично для гігіены, какіе виды микробовъ будутъ обнаружены въ водѣ, если только они не патогенны.

Опредѣленіе отдѣльных видовъ микроорганизмовъ, даже и не болѣзнетворныхъ, можетъ имѣть, кромѣ научнаго интереса, еще и практическое значеніе, если изслѣдуемая вода предназначена для опредѣленныхъ цѣлей, при которыхъ нѣкоторые виды микроорганизмовъ могутъ имѣть особое значеніе, какъ напр. при пивовареніи, солочованіи, и т. п. Сравненіе найденныхъ видовъ микробовъ можетъ также служить при составленіи сужденія о существованіи или отсутствіи связи между водами двухъ соедѣнныхъ водовмѣститель, напр. рѣки и близъ лежащаго колодца.

Въ нижеслѣдующемъ приводятся важнѣйшія сочиненія по діагностикѣ бактерій въ природныхъ водахъ:

Bolton. Ueber das Verhalten verschiedener Bacterien im Trinkwasser. Zeitschr. für Hygiene. B. I. S. 76

Adametz. Die Bacterien der Trink-und Naturwässer. Mittheilungen d. Oesterr. Versuchsstation für Brennerei u. Mälzerei in Wien. Heft. 1. 1888.

Taturof. Die Dorpater Wasserbakterien. Dorpat. 1891.

G. u. P. Frankland. Ueber einige typische Mikroorganismen im Wasser. Zeitschr. für Hygiene. Bd. VI. S. 373.

Zimmermann. Die Bakterien unserer Trink-—u. Naturwässer. 1891. u. 1893.

J. Eisenberg. Bacteriologische Diagnostik. 1893.

P. Frankland. Proceedings of the R. Society London. 1892. July.

A. Lustig. Diagnostik der Bakterien des Wassers. 1893.

ПАТОГЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ.

Изъ всѣхъ бактерій, могущихъ содержаться въ водахъ, наибольшее значеніе имѣють тѣ, которыя могутъ вызывать болѣзни, т. е. такъ называемыя болѣзнетворныя, или патогенныя.

Надо допустить, что возбудители всѣхъ инфекціонныхъ болѣзней могутъ попадать въ воду, но по настоящее время еще не существуетъ точныхъ способовъ открытія всѣхъ ихъ въ водѣ. Удастся лишь открытіе возбудителей холеры, тифа и карбункула ¹⁾). Холера и тифъ и суть тѣ заразные болѣзни, которыя распространяются часто водою и для открытія возбудителей именно этихъ болѣзней чаще всего производятъ бактериологическія изслѣдованія водъ. Литература, касающаяся этихъ трехъ патогенныхъ бактерій весьма богата и особенно многочисленны изслѣдованія, произведенныя надъ условіями ихъ развитія при различныхъ обстоятельствахъ. Сопоставленіе произведенныхъ въ этомъ направленіи изслѣдованій позволяетъ сдѣлать слѣдующіе общіе выводы:

1). Бациллы карбункула, не имѣющія еще споръ, погибаютъ въ природныхъ водахъ въ теченіи небольшого числа дней; тѣже бациллы, образовавшія споры, могутъ при благопріятныхъ имъ условіяхъ сохранить способность къ проростанію въ водахъ въ теченіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ.

2). Тифозныя бациллы могутъ, даже при неблагопріятныхъ имъ условіяхъ, сохраняться въ водахъ въ теченіи одной недѣли. При болѣе благопріятныхъ условіяхъ наблюдается иногда размноженіе этихъ бациллъ и бывають случаи, когда отдѣльныя особи тифозныхъ бациллъ сохраняютъ въ водахъ способность къ размноженію даже въ теченіи мѣсяцевъ. Въ водахъ загрязненныхъ тифозныя бациллы сохраняютъ дольше жизнеспособность, чѣмъ въ водахъ чистыхъ.

3). Холерныя запятообразныя бациллы были подвергнуты многочисленнымъ изслѣдованіямъ относительно ихъ выносливости и жизнеспособности. Эти микроорганизмы показываютъ различную стойкость въ зависимости отъ температуры и степени чистоты содержащей ихъ воды. При 0° они большею частью погибаютъ уже черезъ нѣсколько дней, при 10° выдерживаютъ недѣлю, а при 20° даже нѣсколько мѣсяцевъ, смотря по составу окружающей среды. Вообще воды чистыя, особенно вода дистиллированная, мало пригодны для ихъ развитія, а воды загрязненныя, богатая питательными веществами способствуютъ ихъ продолжительному существованію и размноженію; повидимому для нихъ благопріятно присутствіе нѣкоторыхъ солей, напримѣръ угленатріевой соли и хлористаго натрія.

¹⁾ Miltzbrand.

Патогенные микробы внѣ организма животнаго могутъ терять болѣе или менѣе полно вирулентность и способность къ размноженію, въ зависимости отъ окружающихъ условій, причемъ отдѣльныя особи обладаютъ повидимому различною сопротивляемостью вреднымъ для нихъ дѣтелямъ.

Чистыя воды дѣйствуютъ на нѣкоторые микробы какъ яды: нѣкоторые микробы тотчасъ погибаютъ въ чистыхъ водахъ, другіе, болѣе стойкіе, только замедляются въ процессѣ размноженія на нѣсколько дней. Размноженіе патогенныхъ микробовъ задерживается также развитіемъ въ водахъ, вмѣстѣ съ ними, другихъ видовъ микроорганизмовъ, вступающихъ съ ними какъ бы въ борьбу и часто ихъ совершенно осиливающихъ.

Приемы микроскопическаго и бактеріологическаго ислѣдованій водъ.

Для нахожденія микроорганизмовъ въ водахъ и для опредѣленія ихъ числа служитъ микроскопическое ислѣдованіе и культура въ питательной желатинѣ, распределенной слоемъ на поверхности стеклянныхъ пластинокъ или въ пробирныхъ трубкахъ. Для опредѣленія видовъ микроорганизмовъ производятъ еще культуры: въ бульонѣ, въ молокѣ, въ растворахъ пептона и солей, на картофелѣ, на студени изъ агара, на мясѣ, на кровяной сывороткѣ, а также реакцію на индолъ и опыты на животныхъ.

Служащій для ислѣдованія микроскопъ долженъ быть снабженъ слабымъ и сильнымъ окулярами, слабою сухою объективною системою, иммерзійною системою, освѣтительною системою Аббе и разными діафрагмами. Удобнѣе всего, если сильный окуляръ съ сухою системою даетъ увеличеніе въ 80—120 разъ, а слабый окуляръ съ иммерзійною системою увеличеніе приблизительно въ 500 разъ (линейно).

При производствѣ ислѣдованій необходимо всѣ употребляемые инструменты, всю посуду и вообще все, приходящее въ соприкосновеніе съ ислѣдуемой водою, тщательно стерилизовать, чтобы быть вполнѣ увѣреннымъ, что въ ислѣдуемое не попадетъ какихъ либо организмовъ случайно извнѣ и что наблюдаемые микроорганизмы содержатся въ ислѣдуемой водѣ, а не занесены въ нее во время работы изъ окружающей среды.

Для обезпложиванія стеклянную посуду: колбы, пробирки, пипетки и пр. вывариваютъ въ дистиллированной водѣ, затыкаютъ чистой ватой и выдерживаютъ въ теченіи 2 часовъ въ сушильномъ шкафу при температурѣ 150—180° Цельзія, причемъ ватныя пробки обыкновенно слегка бурбуютъ, вслѣдствіи начинающагося обугливанія органическаго вещества. Металлическіе инструменты: пинцетки, ножи, платиновыя иглы, стерилизуютъ, проводя ихъ раза три черезъ не коптящее пламя Бунзеновской горѣлки. Предметныя и покровныя стекла промываютъ водой и спиртомъ и передъ употребленіемъ проводятъ также нѣсколько разъ черезъ пламя.

Стерилизованные предметы покрываютъ еще горячими стеклянными колпаками, чтобы предохранить ихъ отъ могущихъ упасть на нихъ микробовъ изъ окружающаго воздуха.

1. ВЗЯТІЕ ПРОБЪ ВОДЫ ДЛЯ ИЗСЛѢДОВАНІЯ.

Правильное взятіе пробы воды для изслѣдованія составляетъ самую существенную задачу всей работы и отъ него зависитъ достоверность полученныхъ результатовъ.

Для взятія воды употребляютъ малыя колбочки, баночки или пробирки, затыкаемые каучуковыми или стеклянными пришлифованными пробками. Тщательно промытую посуду и пробки предварительно стерилизуютъ нагрѣваніемъ въ сушильномъ шкафу до 150—180° Цельзія въ теченіи покрайней мѣрѣ 2 часовъ.

Если приходится взять воду изъ открытаго, легко доступнаго водовмѣстилища съ незначительной глубины, то погружаютъ предназначенный для этого закупоренный сосудъ въ воду, предварительно тщательно вымывъ мыломъ руки; вынувъ пробку, наполняютъ сосудъ водою и закупориваютъ его, не вынимая изъ воды, пробкою. Затѣмъ уже наполненный и закупоренный сосудъ вытаскиваютъ изъ воды. Надо стараться при этомъ не захватить воды съ поверхности, на которой могутъ легко находиться оседающіе изъ воздуха микрорганізмы, а также не взмутить осадковъ на днѣ изслѣдуемаго водовмѣстилища. Было бы совершенно неправильно вычерпывать воду какою нибудь посудою или выкачивать ее насосомъ, такъ какъ при этомъ легко можно бы было захватить зародыши, совершенно не находящіеся въ водѣ, а лишь приставшіе къ посудѣ или къ трубѣ выкачивающаго насоса. Для взятія воды очень удобно употреблять пробирки, оттянутыя въ тонкую капиллярную трубку. Такія пробирки

обезпложиваютъ предварительно нагрѣваніемъ въ шкафу до 180° Ц. и, пока онѣ еще горячія, запаиваютъ отверстіе капиллярной трубки. Подготовленную такимъ образомъ пробирку погружаютъ на желаемую глубину въ воду водовмѣстилища и подъ водою отламываютъ кончикъ запаянной капиллярной трубки, причемъ вода входитъ въ пробирку, вслѣдствіи разряженія воздуха, ее наполняющаго. Вынувъ пробирку быстро изъ воды, тотчасъ запаиваютъ на спиртовой лампѣ отломанный конецъ капиллярной трубочки. Отламываніе кончика капилляра можно произвести также помощью свинцовой продыравленной гирьки, падающей по шнурку привязанному къ изогнутому концу капиллярной трубки.

Если желательно взять пробу воды съ нѣкоторой глубины, на примѣръ со дна колодца, то подобную пробирку можно привязать къ длинному желѣзному стержню, погрузить ее на требуемую глубину въ воду и отломить кончикъ капилляры, отогнутой въ бокъ, натягивая шнурокъ, привязанный къ этому кончику.

Для взятія пробъ воды изъ глубокихъ водовмѣстилищъ употребляютъ различные болѣе или менѣе сложные приборы, предложенные Крузомъ, Рорбекомъ, Джонстономъ, Микелемъ и другими. Во всѣхъ этихъ приборахъ предварительно стерилизованный сосудъ, закрытый пробкой, опускается на желаемую глубину, открывается тамъ и, по наполненіи водою и закрытіи, вытаскивается изъ воды.

Наиболѣе правильно заложить культуры на пластинкахъ или въ трубочкахъ тотчасъ же, на мѣстѣ взятія пробы воды. Если это невозможно, то сосуды со взятыми пробами воды упаковываютъ въ жестяныя коробки, окружаютъ толченымъ льдомъ и возможно скоро доставляютъ къ мѣсту изслѣдованія, въ лабораторію.

Иногда бываетъ желательно убѣдиться, не загрязнено ли изслѣдуемое водовмѣстилище отбросами человѣческой жизни. Въ этомъ случаѣ берутъ отдѣльно илистый осадокъ со дна водовмѣстилища для его микроскопическаго изслѣдованія, такъ какъ въ этомъ осадкѣ удобнѣе всего обнаружить присутствіе экскрементовъ, бѣхонныхъ остатковъ и другихъ отбросовъ, оседающихъ обыкновенно на дно.

2. МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНІЕ.

Подъ микроскопомъ изслѣдуютъ воду безъ предварительнаго окрашиванія, съ цѣлью опредѣленія содержащихся въ ней взвѣшенныхъ веществъ, и послѣ окрашиванія препаратовъ, для обнаруженія въ ней микроорганизмовъ.

а). ИЗСЛѢДОВАНИЕ БЕЗЪ ОКРАШИВАНІЯ.

Послѣ вскрытія сосудовъ, доставленныхъ въ лабораторію, тотчасъ же отбираютъ часть воды и закладываютъ, какъ будетъ далѣе описано, культуры, а остальное количество воды вливаютъ въ узкіе коническіе бокалы и даютъ въ нихъ отстояться на дно плавающей въ водѣ мути, въ прохладномъ мѣстѣ въ теченіи сутокъ. При этомъ отстаиваются и собираются на днѣ бокала твердыя нерастворимыя примѣсы и большинство болѣе крупныхъ организмовъ. На другой день берутъ помощью пипетки муть со дна бокала и помѣщаютъ по маленькой капелькѣ мутной жидкости на два покровныя стеклышка. Эти стеклышки кладутъ надъ углубленіями полыхъ предметныхъ стеколъ каплею внизъ и рассматриваютъ висящую свободно каплю подъ микроскопомъ, употребляя сначала увеличеніе въ приблизительно 100 разъ и среднюю діафрагму. При этомъ обнаруживаютъ присутствіе водорослей, діатомовыхъ, болѣе крупныхъ водяныхъ животныхъ, минеральныя части и организованные остатки растительнаго и животнаго происхожденія. Опредѣливъ общій характеръ примѣсей, рассматриваютъ подробнѣе отдѣльныя части поля зрѣнія помощью иммерзійной системы при слабомъ окулярѣ и широкомъ отверстіи діафрагмы, причемъ удается ближе опредѣлить природу минеральныхъ и организованныхъ примѣсей. Нерѣдко удается открыть присутствіе *Crenotrix*, *Beggiatoa*, яичекъ глистовъ, обрывки мускуловъ изъ мясной пищи, крахмальныя зерна и пр. На присутствіе бактерий не слѣдуетъ обращать вниманія, такъ, какъ онѣ гораздо лучше открываются въ окрашенныхъ препаратахъ и при біологическихъ опытахъ культуры.

Такимъ же образомъ, въ свободно висящихъ капляхъ, или же на плоскихъ предметныхъ стеклахъ, прикрытыхъ покровными стеклышками, изслѣдуется илистый осадокъ, собранный со дна изслѣдуемаго водовмѣстилища.

б). ИЗСЛѢДОВАНИЕ ОКРАШЕННЫХЪ ПРЕПАРАТОВЪ.

Большинство микроорганизмовъ способно ярко окрашиваться нѣкоторыми пигментами и становится послѣ этого легко обнаруживаемыми микроскопомъ. Для окрашиванія микробовъ чаще всего употребляютъ слѣдующіе растворы:

1). **Везувинъ:** (*Bismarkbraun*) Готовится насыщенный водный растворъ. Передъ употребленіемъ процѣживаютъ нѣсколько капель на часовое стеклышко, содержащее дистиллированную воду.

2). **Гентіана-Фіолеттъ:** 2,5 гр. растворяютъ въ 1000 куб. сант. дистиллированной воды и профильтровываютъ растворъ.

3). **Метиленовая синь:** 3 гр. растворяютъ въ 15 куб. сант. спирта и прибавляютъ 85 куб. сант. дистиллированной воды.

По Лефлеру для многихъ микробовъ удобнѣе брать слабо щелочный растворъ, получаемый прибавленіемъ къ водному раствору нѣсколькихъ капель раствора ѣдкаго кали 1:100.

4). **Фуксинъ:** 2 гр. лучшаго сорта Diamantfuchsin растворяютъ въ 15 куб. сант. спирта и прибавляютъ 85 куб. сант. дистиллированной воды. По Ерлиху хорошо окрашиваетъ микробы такъ называемый карболовый фуксинъ, который готовятъ, растворяя 1 гр. фуксина въ 10 куб. сант. спирта и прибавляя 100 куб. сант. 5% раствора фенола.

5). **Синь-викторія:** 2 гр. лучшаго сорта Victoriablau растворяютъ въ 15 куб. сант. спирта и прибавляютъ 85 куб. сант. дистиллированной воды. Этотъ растворъ скоро и ярко окрашиваетъ бактерии и неокрашиваетъ желатины и другіе неорганизованные осадки.

Полезно прибавлять къ красильнымъ растворамъ небольшое количество камфоры (зернышко на 100 куб. сант.). Растворы хранятъ въ стеклянкахъ, закрытыхъ протыравленною пробкою, черезъ которую проходитъ маленькая пипетка, не доходящая до дна стеклянки, чтобы не забирать ею могущій выдѣлиться на днѣ стеклянки осадокъ. По временамъ необходимо проверять, не развились ли микроорганизмы въ самыхъ красильныхъ растворахъ.

Для приготовленія окрашеннымъ препаратовъ берутъ изъ сосудовъ съ изслѣдуемой водой тотчасъ по ихъ открытіи стерилизованной пипеткою небольшія капли воды, помѣщаютъ ихъ на тщательно вычищенные покровныя стекла и даютъ этимъ каплямъ испариться, прикрывъ стеклышки стекляннымъ колпакомъ. По высыханіи, захватываютъ стеклышко пинцеткою и проводятъ два раза сквозь пламя Бунзеновской горѣлки, такъ чтобы засушенные капли были обращены кверху и чтобы каждый разъ пламя касалось стеклышка снизу приблизительно въ теченіи одной секунды. При этомъ, какъ показалъ Кохъ, микроорганизмы, не теряя формы и способности окрашиваться, пристають къ стеклу. Послѣ фиксированія и охлажденія, на стеклышко наносятъ нѣсколько капель красильнаго раствора, лучше всего раствора сини-викторія, и оставляютъ лежать въ теченіи 5 минутъ. Еще лучше, особенно если изслѣдуемая вода содержитъ лишь мало микробовъ, положить покровное стеклышко съ фиксированной каплей на поверхность красильнаго раствора, налитаго въ маленькую фарфоровую чашечку и подогрѣтаго приблизительно до 60°

Цельзія и оставить такъ лежать на нѣсколько часовъ. Послѣ окрашиванья, смываютъ излишекъ красильнаго раствора струею дистиллированной воды, направляемой на захваченное линцеткою стеклышко изъ промывалки, кладутъ еще мокрое покрывное стеклышко на предметное стекло окрашенною поверхностью внизъ, избѣгая включенія воздушныхъ пузырей, удаляютъ снаружи излишекъ воды пропускной бумагой и рассматриваютъ препаратъ подъ микроскопомъ, сначала со слабымъ объективомъ, сильнымъ окуляромъ и средней діафрагмой, а затѣмъ иммерзійною системой, слабымъ окуляромъ и полнымъ освѣщеніемъ, т. е. безъ діафрагмы. Микробы обыкновенно сосредоточены большею частью по краямъ засохшей капли и простое рассматриваніе этихъ краевъ позволяютъ судить о большемъ или меньшемъ содержаніи ихъ въ изслѣдуемой водѣ.

Если желаютъ сохранить препаратъ, то удаляютъ съ поверхности масло, стирая его пальцемъ, снимаютъ покрывное стеклышко, высушиваютъ его совершенно и вновь накладываютъ на чистое предметное стекло съ каплею канадскаго бальзама.

Препараты должно сохранять по возможности въ темнотѣ, такъ какъ на свѣту они обыкновенно скоро выцвѣтаютъ.

Для характеристики нѣкоторыхъ видовъ микробовъ, особенно для патогенныхъ, весьма важно обнаруженіе числа, формы и длинны рѣсничекъ, которыми снабжены тѣльца этихъ микроорганизмовъ. Будучи весьма тонкими, эти рѣснички весьма трудно обнаруживаются на неокрашенныхъ препаратахъ; поэтому прѣмы окрашиванія ихъ, предложенные впервые Лефлеромъ, обратили на себя вниманіе бактериологовъ и примѣняются часто при бактериологическихъ изслѣдованіяхъ, въ особенности чистыхъ культуръ микробовъ, о приготовленіи которыхъ будетъ сказано далѣе. Для окрашиванія рѣсничекъ Ерменгемъ ¹⁾ предлагаетъ слѣдующій способъ: Небольшую каплю жидкости, содержащей микробы, помѣщаютъ на покрывное стеклышко, тщательно очищенное вывариваніемъ въ растворѣ, содержащемъ 60 гр. двухромовокалиевой соли и 60 гр. крѣпкой соляной кислоты на 1 литръ дистиллированной воды, затѣмъ промываніемъ дистиллированной водой и спиртомъ и высушиваніемъ, высушиваютъ и закрѣпляютъ микробы, проводя стеклышко раза три черезъ пламя горѣлки Бунзена. На засохшую каплю наливаютъ жидкость, состав-

¹⁾ Trav. du labor. d'hygiène et de Bactériologie de l'Univer. de Gand. T. I, fasc. 3.

ленную смѣшеніемъ 25 куб. сант. 2% раствора осміевой кислоты и 50 куб. сант. 20% раствора танина и подкисленную 4—5 каплями уксусной кислоты. Стеклышку съ этой протравой даютъ полежать въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа при обыкновенной температурѣ, или въ теченіи 5 минутъ при 50—60° Ц., и смываютъ протраву сначала дистиллированной водой, а затѣмъ спиртомъ. Промытое стеклышко погружаютъ на нѣсколько секундъ въ $\frac{1}{2}$ % растворъ азотносеребряной соли и затѣмъ, не ополаскивая, въ растворъ, получаемый раствореніемъ 3 гр. танина, 5 гр. галловой кислоты и 10 гр. уксуснонатріевой соли въ 360 куб. сант. дистиллированной воды. Черезъ нѣсколько секундъ стеклышко опять переносятъ въ серебряную ванну и, когда оно начнетъ чернѣть, вынимаютъ, ополаскиваютъ водой, высушиваютъ, кладутъ на предметное стекло съ каплею канадскаго бальзама и рассматриваютъ подъ микроскопомъ. При этомъ въ хорошо удавшихся препаратахъ бактеріи получаютъ окрашенными въ чернубурыи цвѣтъ, а рѣснички ихъ оказываются совершенно черными.

Бунге ¹⁾ достигаетъ окрашиванія рѣсничекъ слѣдующимъ образомъ: Необходимая протрава готовится смѣшеніемъ 3 частей насыщеннаго воднаго раствора танина съ одной частью 5% раствора хлорнаго желѣза. Къ 10 куб. сант. этой смѣси прибавляютъ 1 куб. сант. насыщеннаго воднаго раствора фуксина и 1 куб. сант. 3% раствора перекиси водорода. Полученную краснобурую цвѣта жидкость процѣживаютъ черезъ двойной бумажный фильтръ на покровное стеклышко, содержащее засушенную и фиксированную въ пламени каплю микробной разводки, оставляютъ дѣйствовать нѣсколько минутъ и смываютъ затѣмъ струею дистиллированной воды изъ промывалки. Послѣ высушиванія, стеклышко кладется въ красящій растворъ, полученный смѣшеніемъ нѣсколькихъ капель крѣпкаго спиртового раствора фіолетта—гентіана съ нѣсколькими куб. сант. 5% раствора фенола. Микробы и ихъ рѣснички получаютъ окрашенными въ густой темно-фіолетовый цвѣтъ.

3. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНІЕ.

Для опредѣленія числа микробовъ и ихъ вида необходимо произвести культуру ихъ, распредѣливъ ихъ равномерно въ извѣстномъ объемѣ жидкой питательной среды, способной быстро затвердѣвать

¹⁾ Fortschritte der Medicin, 1894. S. 463, 652, 929.

при охлажденіи. При застываніи среды отдѣльныя особи микробовъ приклеиваются неподвижно на мѣстѣ, но находя питательныя вещества и подходящія условія размножаются, причемъ вновь образовавшіяся особи остаются въ связи съ образовавшимъ ихъ организмомъ. Получаются такимъ образомъ черезъ нѣсколько дней кучки взаимно склеенныхъ микробовъ, такъ называемыя колоніи ихъ, видимыя невооруженнымъ глазомъ. Колоніи эти, образованныя различными видами микробовъ, характеризуются различнымъ видомъ, величиною, цвѣтомъ и другими признаками, особенно замѣтными при изслѣдованіи подъ микроскопомъ. Такія колоніи съ цѣлью опредѣленія ихъ числа и вида производятъ на стеклянныхъ пластинкахъ, въ плоскихъ стеклянныхъ чашкахъ или въ стеклянныхъ трубочкахъ.

Необходимая для производства культуры питательная среда готовится слѣдующимъ образомъ:

500 гр. мелкоизрубленнаго, несодержащаго жира мяса обливаютъ однимъ литромъ дистиллированной воды и оставляютъ настаиваться въ теченіи сутокъ въ прохладномъ мѣстѣ. По истеченіи этого времени, массу процеживаютъ черезъ холщевую салфетку и остатокъ отжимаютъ, разбавляя фильтратъ водою до объема въ 1 литръ. Полученную жидкость нагреваютъ до 100° въ теченіи $1\frac{1}{2}$ часа въ паровомъ аппаратѣ, чтобы разрушить пигментъ крови и заставить свернуться бѣлокъ. По охлажденіи, жидкость фильтруютъ черезъ слоеный бумажный фильтр. Прозрачный свѣтложелтаго цвѣта фильтратъ снова нагреваютъ до кипу и въ немъ растворяютъ, на каждый его литръ, 5 гр. поваренной соли, 10 гр. пептона (*Peptonum siccum*), 15 гр. кристаллической глюкозы и 100 гр. лучшей бѣлой желатины. Когда послѣ взбалтыванія все растворится, жидкость нейтрализуютъ, прибавляя по каплямъ насыщенный растворъ соды, до тѣхъ поръ, пока синяя лакмусовая бумажка перестанетъ въ жидкости краснѣть, и прибавляютъ еще 1,5 гр. чистой кристаллической соды ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$). Затѣмъ жидкость кипятятъ въ теченіи 20 минутъ и фильтруютъ черезъ двойной слоеный фильтр еще горячею въ предварительно стерилизованныя чистыя пробирки, собирая въ каждую по 7 — 10 куб. сант. Если фильтрованіемъ не удастся получить совершенно прозрачнаго раствора, то жидкость охлаждаютъ приблизительно до 40° , прибавляютъ разболтанный въ водѣ бѣлокъ одного свѣжаго куриного яйца и кипятятъ въ теченіи 15 минутъ, причемъ свертывающійся бѣлокъ увлекаетъ мелкую муть и послѣ фильтрованія получается совершенно прозрачный растворъ. Пробирки съ питательной желатиной затыкаютъ плотно пробками, свернутыми изъ чистой ваты, и, помѣстивъ ихъ въ продырявленные жестяныя коробки, нагреваютъ

въ паровомъ стерилизаціонномъ котлѣ въ теченіи 15 минутъ. Послѣ нагрѣванія пробирки быстро охлаждають, погружая ихъ въ холодную воду, причемъ содержащаяся въ нихъ жидкость застываетъ въ прозрачную студенистую массу. Нагрѣваніе пробирокъ съ желатиною въ теченіи 15 минутъ необходимо повторить на другой и даже на третій день, чтобы быть увѣреннымъ въ ихъ полномъ обезпложиваніи, такъ какъ только повторнымъ нагрѣваніемъ достигается умерщвление бациллъ и кокковъ, споры которыхъ могли уцѣлѣть при первомъ нагрѣваніи и при храненіи прорасти вновь. Стерилизованныя пробирки съ желатиной, заткнутыя ватой, поверхъ ея закрываются резиновыми колпачками и сохраняются въ прохладномъ помѣщеніи. Для стерилизованія въ водяномъ парѣ употребляютъ высокій цилиндрическій котелъ изъ луженаго желѣза, снабженный крышкою съ отверстіемъ для выхода пара и внутри вторымъ дырчатымъ дномъ, на которое ставятъ коробки съ пробирками. На дно котла наливается вода, приводимая въ кипѣніе горѣлкою, подставляемою подъ котелъ.

Заложеніе культуры микробовъ производится слѣдующимъ образомъ:

1). **Культура на пластинкахъ.** Закупоренную пробирку, содержащую обезпложенную питательную желатину, нагрѣвають въ теплой водѣ до 30—35° Ц., пока желатина расплавится, снимаютъ ватную пробку и впускаютъ въ пробирку по ея стѣнкамъ 1 куб. сант. изслѣдуемой воды, взятой градуированной и стерилизованной пипеткой изъ сосудовъ, въ которыхъ была собрана вода. Закрывъ тотчасъ пробирку ватною пробкою, тщательно смѣшиваютъ воду съ разжиженою желатиною повторнымъ наклопеніемъ и поворачиваніемъ пробирки, избѣгая при этомъ образованія пѣны и воздушныхъ пузырей. Если предварительное разсматриваніе окрашеннаго микроскопическаго препарата указываетъ значительное количество микроорганизмовъ, то берутъ для заложенія культуры $\frac{1}{2}$ куб. сант. или лишь одну каплю ¹⁾ испытуемой воды, чтобы получить въ пробиркѣ никакъ не болѣе 1000 отдѣльныхъ особей, ибо при большемъ ихъ числѣ сосчитываніе колоній затруднительно. Необходимо для контроля заготовлять всегда не менѣе двухъ пробирокъ въ каждомъ опытѣ. Тотчасъ послѣ перемѣшиванія выливають все содержимое пробирки на стерилизованную стеклянную пластинку, имѣющую 10 сант. длинны и 6—7 сант. ширины, распредѣляютъ жидкость помощью стерилизованной стеклянной палочки, такъ чтобы она образовала прямоуголь-

¹⁾ Въ этомъ случаѣ необходимо опредѣлить опытомъ число капель, получаемыхъ при употребляемой пипеткѣ изъ 1 куб. сант. воды.

ную поверхность, отстоящую от краев пластинки приблизительно на 1 сант.

Во время выливанія жидкости, пластинку помѣщаютъ совершенно горизонтально по ватерпасу на большое стекло, положенное на чашку, наполненную ледяной водой, что ускоряетъ застываніе вылитой на пластинку жидкости. Послѣ застыванія желатины, пластинку тотчасъ помѣщаютъ въ такъ называемую влажную камеру, чтобы предохранить слой желатины отъ высыхания и попаданія въ него микроорганизмовъ изъ воздуха.

Влажная камера состоитъ изъ стекляннаго колпака со шлифованными краями, стоящаго на матовой стеклянной пластинкѣ, подѣ которымъ поставлена чашка съ водой, покрытая неплотно стеклянной же пластинкой. Въ такую камеру ставятъ надъ чашкой съ водою нѣсколько пластинокъ съ культурами, одну надъ другою, отдѣляя ихъ другъ отъ друга стеклянными скамеечками. Пробирки, послѣ выливанія изъ нихъ жидкости, тотчасъ же затыкаютъ ватною пробкою и помѣщаютъ рядомъ съ соотвѣтствующей пластинкой во влажную камеру. Необходимо заботиться о томъ, чтобы не загрязнить культуру случайными микробами во время манипуляціи выливанія: ватную пробку не слѣдуетъ класть куда нибудь, а держать ее во время инфицированія и выливанія между пальцами, не касаясь къ части пробки, входящей во внутрь пробирки; края пробирки слѣдуетъ нагрѣть пламенемъ горѣлки, чтобы умертвить могущіе находиться на этихъ краяхъ микроорганизмы, дать охладиться и затѣмъ уже приступить къ выливанію.

Влажную камеру съ культурами ставятъ въ помѣщеніе, имѣющее температуру въ 20—22 Ц. и оставляютъ стоять покрайней мѣрѣ на трое сутокъ. За это время отдѣльными особи на пластинкахъ успѣваютъ обыкновенно разростись въ колоніи, видныя невооруженнымъ глазомъ или при помощи лупы. Для точности сосчитыванія колоній, выгодно оставлять культуры даже на пять или шесть сутокъ, чему однако иногда препятствуетъ свойство нѣкоторыхъ бактерий, особенно гнилостныхъ, разжижать желатинный слой и разрастаться въ широкія пятна плѣсени. Если окажется, что во время проростанія на пластинкѣ на многихъ мѣстахъ появляются пятна разжиженной желатины, или сильное разрастаніе плѣселей, то полезно эти мѣста вытирать пропускной бумагой и смазать крѣпкимъ растворомъ сулемы, во избѣжаніи полной порчи всей пластинки.

Для опредѣленія числа развившихся колоній, культурную пластинку кладутъ на стекло съ нанесенными на немъ дѣленіями на квадратные сантиметры, положенное на листъ черной бумаги, и считаютъ при помощи лупы образовавшіяся колоніи. Къ найденному ихъ числу

слѣдуетъ еще прибавить число колоній, развившихся на стѣнкахъ пробирки, изъ которой была вылита на пластинку культура. Найденное число колоній рассчитываютъ всегда на 1 куб. сант. изслѣдованной воды. Если число развившихся колоній весьма значительно, то можно ограничиться сосчитываніемъ ихъ только на нѣсколькихъ квадратныхъ сантиметрахъ желатиннаго слоя и затѣмъ рассчитать число колоній на всей его поверхности.

2). **Культура въ чашкахъ.** вмѣсто стеклянныхъ пластинокъ употребляютъ также плоскдонныя чашечки изъ тонкаго стекла, имѣющія 10 сант. въ діаметръ и лишь 1 сант. высоты. Такія чашечки съ вертикально стоящими краями предложилъ Петри, а съ краями отогнутыми подъ тупымъ угломъ Сойка. Каждая чашечка закрывается совершенно такою же чашечкой, но нѣсколько большаго діаметра, ее обхватывающею, въ родѣ колпака. Чашечки Петри или Сойка стерелизуютъ и въ нихъ изъ обезпложенной пипетки наливаютъ 1 куб. сант., 0,5 куб. сант., или одну каплю изслѣдуемой воды и затѣмъ обезпложенную и разжиженную нагрѣваніемъ до 30—35° питательную желатину, такъ чтобы на днѣ чашечки образовался слой жидкости въ 2—3 миллим. толщиною. Жидкости тотчасъ смѣшиваютъ палочкой, чашечки закрываютъ крышками и ставятъ подъ стеклянный колоколь, вмѣстѣ съ мокрыми листами пропускной бумаги. Развитие колоній, а затѣмъ опредѣленіе ихъ числа, происходитъ совершенно какъ на пластинкахъ. Употребленіе чашекъ особенно удобно, если заложеніе культуры производятъ не въ лабораторіи, а на мѣстѣ взятія пробъ воды.

3). **Культуры въ трубочкахъ.** Эсмархъ предложилъ вести культуры въ самихъ пробиркахъ, содержащихъ питательную желатину. Для этого расплавляютъ желатину, погружая содержащую ее пробирку въ теплую воду, снимаютъ ватную пробку и вливаютъ въ пробирку стерилизованною пипеткою 1 куб. сант., 0,5 куб. сант., или одну каплю изслѣдуемой воды, затыкаютъ пробирку ватною пробкою и каучуковымъ колпачкомъ, перемѣшиваютъ содержимое наклоненіемъ и вращеніемъ пробирки и затѣмъ погружаютъ пробирку въ ледяную воду, медленно поворачивая ее въ наклонномъ положеніи такъ, чтобы застывающая въ ней желатина образовала возможно равномерный тонкій слой по всей внутренней поверхности пробирки. Снявъ каучуковой колпачекъ, пробирку кладутъ во влажную камеру и оставляютъ тамъ при 20—22° Ц., на нѣсколько сутокъ. Послѣ развитія колоній, считаютъ ихъ число луною, предварительно нанеся на наружную поверхность пробирки нѣсколько перекрестныхъ линій. Культура въ трубочкахъ особенно удобна, если число микроорганизмовъ

въ изслѣдуемой водѣ незначительно, или если желательно узнать съ увѣренностью, исполнѣ ли свободна отъ нихъ изслѣдуемая вода.

ОПРЕДѢЛЕНІЕ ВИДА МИКРООРГАНИЗМОВЪ.

По опредѣленіи числа развившихся колоній, надлежитъ опредѣлить виды содержащихся въ водѣ микроорганизмовъ и особенно рѣшить вопросъ о содержаніи въ водѣ патогенныхъ микробовъ. Съ этою цѣлью прежде всего изслѣдуютъ пластинку съ культурою подъ микроскопомъ при увеличеніи въ 80—120 разъ, употребляя сильный окуляръ, слабый объективъ и малое отверстіе діафрагмы. Изучаютъ величину, форму, цвѣтъ и строеніе отдѣльныхъ колоній, останавливаясь особенно на тѣхъ колоніяхъ, свойства которыхъ близки къ извѣстнымъ свойствамъ разводовъ болѣзнетворныхъ организмовъ. Изъ такихъ подозрительныхъ колоній слѣдуетъ приготовить отдѣльные микроскопическіе препараты и чистыя разводки, при особыхъ условіяхъ.

1. ПРИГОТОВЛЕНІЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХЪ ПРЕПАРАТОВЪ.

Прежде всего готовятъ нѣсколько препаратовъ на покровныхъ стеклышкахъ. Для этого берутъ обезпложенной прокаливаніемъ тонкой платиновой проволокой, впаянной въ стеклянную трубочку, частички изъ подозрительной колоніи и переносятъ ихъ на чистое покровное стеклышко съ маленькой каплей дистиллированной воды. Послѣ размѣшиванія и высыханія, фиксируютъ микробы, протягивая стеклышко сквозь пламя, наносятъ на засохшую каплю нѣсколько капель красящаго раствора, споласкиваютъ черезъ нѣсколько минутъ излишекъ краски дистиллированной водой и, положивъ стеклышко на предметное стекло, разсматриваютъ окрашенный препаратъ подъ микроскопомъ, при употребленіи слабаго окуляра, иммерзійной системы и освѣтительнаго прибора Аббе.

Желательно приготовить нѣсколько препаратовъ и окрасить ихъ различными пигментами, чтобы опредѣлить способность найденныхъ микробовъ окрашиваться болѣе или менѣе сильно различными красящими веществами. Весьма характерно отношеніе разныхъ видовъ микробовъ къ окрашиванію по способу, предложенному Грамомъ: покровное стеклышко съ засохшею и фиксированной каплей микробной культуры кладутъ на нѣсколько минутъ на поверхность раствора

гентіана—фіолетта въ водномъ растворѣ анилина ¹⁾ и затѣмъ на нѣсколько секундъ въ растворъ, содержащій 1 гр. іода и 2 гр. іодистаго калия въ 300 куб. сант. дистиллированной воды; послѣ этого стеклышко ополаскиваютъ спиртомъ. Нѣкоторые виды бактерій сохраняютъ послѣ такой обработки окраску, другіе совершенно обезцвѣчиваются. Такъ напримѣръ, бациллы тифа и холеры этимъ путемъ неокрашиваются, что можетъ служить для ихъ распознаванія.

Кромѣ окрашенныхъ препаратовъ, готовятъ также препараты неокрашенные. Для этого помещаютъ на покровное стеклышко маленькую каплю стерилизованнаго мяснаго отвара и въ нее вводятъ платиновой проволокой частичку, взятую изъ изслѣдуемой колоніи. Покровное стеклышко кладутъ надъ углубленіемъ предметнаго стекла, смазавъ края его вазелиномъ, такъ чтобы капля висѣла свободно, не прикасаясь къ предметному стеклу. Препараты оставляютъ на нѣсколько часовъ при температурѣ въ 20—22° Ц. и затѣмъ разсматриваютъ подъ микроскопомъ, при употребленіи слабаго окуляра, иммерзійной системы и средней діафрагмы, обращая вниманіе на форму, движеніе, расположеніе отдѣльныхъ особей и на ихъ размноженіе.

2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ИЗСЛѢДОВАНИЕ ЧИСТЫХЪ КУЛЬТУРЪ.

Для увѣреннаго установленія вида найденныхъ въ водѣ микроорганизмовъ, особенно патогенныхъ, необходимо подробное изслѣдованіе возможно большаго числа ихъ свойствъ, для чего прежде всего надо постараться приготовить ихъ такъ называемыя чистыя культуры, въ которыхъ находились бы лишь особи одного вида, не смѣшанныя съ микробами другихъ видовъ. Для этой цѣли переносятъ частички, взятые изъ подлежащей изученію подозрительной колоніи въ особо подготовленную питательную среду, даютъ въ ней развиваться перенесеннымъ микроорганизмамъ при опредѣленныхъ условіяхъ и повторяютъ такое перенесеніе зародышей, пока получаемыя колоніи окажутся совершенно однородными, не смѣшанными съ микробами другихъ видовъ. Для полученія такихъ чистыхъ культуръ и для ихъ характеристики, особенно если имѣютъ въ виду открытіе патогенныхъ микроорганизмовъ, употребляютъ слѣдующіе приемы:

¹⁾ 100 куб. сант. воды, насыщенной анилиномъ, смѣшиваютъ съ 5 куб. сант. насыщеннаго спиртоваго раствора гентіана—фіолетта и жидкость фильтруютъ.

1). **Культуры уколомъ.** Оборачиваютъ стверстіемъ кнizu пробирку, содержащую застывшую обезпложенную питательную желатину, вынимаютъ ватную пробку и прокалываютъ слой желатины платиновой проволокой, на концѣ которой находятся частички, взятыя съ изслѣдуемой колоніи. Погрузивъ проволоку въ желатину на глубину около 3 сант., быстро вынимаютъ ее, стараясь не расширить канала, пробирку затыкаютъ ватною пробкою и оставляютъ лежать при температурѣ 20—22° Цельзія въ темномъ мѣстѣ, причемъ микробы размножаются по стѣнкамъ канала, образованнаго уколомъ. Приѣмъ этотъ употребляется чаще всего, если имѣютъ въ виду сохранить на болѣе продолжительное время культуру, причемъ приходится по истеченіи 4—6 недѣль производить перенесеніе слишкомъ сильно проросшихъ колоній въ свѣжія пробирки.

2). **Культура на пластинкахъ.** Разжижаютъ нагрѣваніемъ не выше 37° Ц. обезпложенную питательную желатину въ пробиркѣ, снимаютъ ватную пробку и въ жидкость вводятъ около стѣнки пробирки платиновой проволокой частички изучаемой колоніи. Закрывъ пробирку, жидкость перемѣшиваютъ, наклоняя и поворачивая пробирку. Такъ какъ при этомъ вводится обыкновенно слишкомъ большое число особей, которыя при проростаніи разовьются въ слишкомъ многочисленныя и потому слишкомъ тѣсно лежащія колоніи, то отбираютъ изъ перемѣшанной жидкости зараженной пробирки платиновой проволокой нѣсколько маленькихъ капелекъ и переносятъ ихъ въ разжиженную желатину второй пробирки и повторяютъ этотъ приѣмъ еще и въ третій разъ. Жидкости изъ всѣхъ трехъ пробирокъ выливаютъ на три стерилизованныя стеклянныя пластинки и по застываніи желатины, помѣщаютъ ихъ для проростанія во влажную камеру. Изъ полученныхъ на пластинкахъ правильно развитыхъ колоній готовятъ препаратъ на покровномъ стеклышкѣ и изслѣдуютъ его подъ микроскопомъ. Повторяя перезараженіе нѣсколько разъ, можно достигнуть полученія совершенно однородныхъ, чистыхъ культуръ.

3). **Культура на студнѣ агаръ-агара.** Нѣкоторые виды микробовъ размножаются скорѣе и образуютъ хорошо развитыя колоніи лишь при температурѣ крови, т. е. при 37° Цельзія. Для успѣшной культуры такихъ микроорганизмовъ не годится желатина, разжижающаяся уже при 23° Ц. и требуется питательная среда, не расплывающаяся при 37°. Такою средою является такъ называемая желоза, или растительный студень, приготовленный изъ водоросли, обильно произрастающей въ Японскомъ морѣ и называемой въ продажѣ агаръ-агаръ. Эта питательная среда готовится слѣдующимъ обра-

зомъ: Къ полученному, какъ указано на стр. 190. прокипяченному настою мяса, сдѣланному слабо щелочнымъ прибавкою соды и нагрѣтому до 100° , прибавляютъ постепенно при помѣшиваніи 15 гр. на 1 литръ мелко наръзаннаго агара и нагрѣваютъ жидкость въ паровомъ котлѣ въ теченіи нѣсколькихъ часовъ до просвѣтленія. Затѣмъ прибавляютъ 10 гр. пептона, 5 гр. поваренной соли, 20 гр. желатины и соды, до слабо-щелочной реакции и, послѣ растворенія, кипятятъ въ теченіи одного часа. Жидкость, еще горячую, фильтруютъ сначала черезъ холстъ и наконецъ черезъ слоеный бумажный фильтръ въ пробирки и маленькія колбочки, употребляя для фильтрованія воронку, нагрѣваемую снаружи паромъ или горячей водой. Пробирки и колбочки съ профильтрованной жидкостью стерилизуютъ, закрывъ ихъ ватными пробками, два раза нагрѣваніемъ по $\frac{1}{2}$ часа въ паровомъ котлѣ. Полученная такимъ образомъ жидкость застываетъ медленно при охлажденіи ниже 40° Ц. въ прозрачный студень, совершенно похожій на студень изъ желатины, но разжижающійся лишь при 70° . Желоза при застываніи легко становится влажною и потому застывшій слой ея легко отстаетъ отъ стекла. Поэтому разжиженную и зараженную желозу выливаютъ обыкновенно не на пластинки, а на плоскія чашечки Петри или Сойка. Культуры въ пробиркахъ уколомъ и въ плоскихъ чашечкахъ производятъ совершенно какъ при употребленіи желатины, но послѣ застыванія помѣщаютъ ихъ на болѣе или менѣе продолжительное время въ термостатъ, въ которомъ поддерживается постоянно, при помощи терморегулятора, температура въ 37° Ц. Культуры на желозѣ имѣютъ то преимущество, что онѣ не разжижаются большинствомъ проростающихъ микробовъ, способныхъ разжижать застывшую желатину.

4). **Культуры на поверхности твердой питательной среды въ пробиркахъ.** Кохъ показалъ, что нѣкоторые виды микроорганизмовъ, не произрастающіе на питательныхъ желатинѣ или желозѣ, хорошо развиваются при температурѣ въ 37° на поверхности застывшей кровяной сыворотки. Необходимая для этихъ культур сыворотка готовится слѣдующимъ образомъ: Кровь убитаго животнаго, овцы или теленка, выпускаютъ изъ шейной артеріи и собираютъ въ чистый стерилизованный высокій стаканъ, тотчасъ закрывая его большимъ часовымъ стекломъ. Стаканъ ставятъ на сутки на ледъ и оставляютъ спокойно стоять, причемъ изъ крови образуется сгустокъ фибрина, увлекающій красный пигментъ и плавающій въ прозрачной, свѣтложелтаго цвѣта сывороткѣ. Послѣ отстаиванія эту сыворотку разливаютъ стерилизованной пипеткой въ пробирки, по 5—8 куб. сант. въ каждую. Затѣмъ необходимо совершенно обезплодить сыворотку и притомъ, не повышая ея

температуру выше 70° Ц., такъ какъ выше 70° сыворотка свертывается и даетъ непрозрачную массу. Поэтому умерщвляютъ могущіе попасть въ пробирки зародыши, подвергая ихъ продолжительному и много разъ повторяемому нагрѣванію, но не выше 65° . Для этого закрытыя ватнымъ пробками пробирки съ сывороткой помѣщаютъ въ наклонномъ положеніи въ водяную баню, снабженную терморегуляторомъ, и нагрѣваютъ въ теченіи по крайней мѣрѣ 8 сутокъ ежедневно по 8 часовъ до температуры въ 58° . Подъ конецъ поднимаютъ медленно температуру бани до 70° , причемъ сыворотка, свертываясь, образуетъ въ пробиркахъ прозрачный студень съ гладкой поверхностью, образующей острый уголъ съ продольною осью пробирки. Пробирки съ застывшею сывороткою сохраняютъ въ прохладномъ мѣстѣ, закрывъ ихъ сначала ватною пробкою, а поверхъ ея каучуковымъ колпачкомъ, плотно натянутымъ на края пробирки, смазанные ланолиномъ. Передъ употребленіемъ для производства культуры, необходимо удостовѣриться въ полнотѣ достигнутой стерилизаціи, для чего пробирки помѣщаютъ на три дня въ термостатъ при температурѣ въ 37° Ц. и наблюдаютъ, не появится ли на поверхности застывшаго студня развивающихся колоній микроорганизмовъ.

Культуры на поверхности косо застывшей въ пробиркѣ сывороткѣ производятся слѣдующимъ образомъ:

Снявъ каучуковый колпачекъ и вынувъ ватную пробку, вводятъ въ пробирку платиновую проволоку, которою захватили частичку изъ слѣдуемой по возможности чистой культуры, касаясь проволокой застывшей поверхности, по возможности посрединѣ ея, вытаскиваютъ проволоку, запираютъ пробирку и помѣщаютъ ее на нѣсколько сутокъ въ термостатъ съ температурою въ 37° Ц. По временамъ разсматриваютъ инфицированную поверхность и, въ случаѣ появленія на ней развивающихся колоній, отбираютъ стерилизованной платиновой проволокой частички ихъ для приготовления микроскопическихъ препаратовъ на покровныхъ стеклышкахъ.

Культуры на косо застывшей поверхности студня производятъ иногда, употребляя вмѣсто кровяной сыворотки, стерилизованную желозу.

5). **Культуры въ жидкихъ питательныхъ средахъ.** Для характеристики нѣкоторыхъ видовъ микроорганизмовъ, особенно патогенныхъ, производятъ иногда культуры ихъ въ жидкихъ питательныхъ средахъ, въ которыхъ ихъ развитіе своеобразно и можетъ служить для распознаванія ихъ вида.

Такими жидкими средами могутъ служить:

а). **Растворъ пептона.** Въ 600 куб. сант. дистиллированной воды растворяютъ 0,5 гр. поваренной соли и растворъ кипятятъ $\frac{1}{2}$ часа. Затѣмъ прибавляютъ 5 гр. (для культуры холерныхъ бациллъ) или 15 гр. (для культуры тифозныхъ бациллъ) чистаго бѣлаго пептона, по раствореніи фильтруютъ въ пробирки и, закрывъ ихъ ватною пробкою, кипятятъ 15 минутъ.

б). **Стерилизованный бульонъ.** Къ мясному настою, приготовленному какъ указано на стр. 190. прибавляютъ $\frac{1}{2}\%$ поваренной соли и 1% пептона, нейтрализуютъ и прибавляютъ еще $0,15\%$ соды, кипятятъ, фильтруютъ въ пробирки и стерилизуютъ ихъ дважды нагреваніемъ въ паровомъ котлѣ.

в). **Растворъ минеральныхъ солей.** Въ 1 литръ дистиллированной воды растворяютъ 10 гр. азотистокаліевой соли, 1 гр. фосфорнокаліевой соли ($K_2 HPO_4$), 2 гр. фосфорномагніевой соли, 1 гр. хлористаго кальція и 20 гр. плодового сахара. Растворъ кипятятъ по $\frac{1}{2}$ часа во время двухъ послѣдующихъ дней.

г). **Стерилизованное молоко.** Такъ какъ для полнаго обезпечиванія молока требуется продолжительное или нѣсколько разъ повторяемое кипяченіе, при которыхъ молоко нѣсколько бурбѣтъ и дѣлается трудно свертывающимся, то Кирхнеръ предложилъ слѣдующій способъ его стерилизаціи: Къ свѣже собранному молоку прибавляютъ 2% по объему чистаго хлороформа, закрываютъ колбу каучуковою пробкою, сильно взбалтываютъ и оставляютъ стоять нѣсколько дней. Затѣмъ жидкость разливаютъ въ стерилизованныя пробирки, закрываютъ ихъ ватными пробками и дважды нагреваютъ по $\frac{1}{2}$ часа во время двухъ послѣдующихъ дней въ паровомъ стерилизаціонномъ приборѣ. Передъ употребленіемъ, пробирки съ молокомъ ставятъ на 48 часовъ въ термостатъ при $37^\circ C$. и тѣ изъ нихъ, въ которыхъ молоко не створожится, закрываютъ каучуковыми колпачками и сохраняютъ для опытовъ культуры.

д). **Стерилизованная молочная сыворотка.** Свѣжее молоко разбавляютъ равнымъ ему объемомъ дистиллированной воды, подкисляютъ соляной кислотой, слабо нагреваютъ и отцѣживаютъ выдѣлившійся свертокъ казеина. Фильтратъ нейтрализуютъ содой, кипятятъ два часа въ паровомъ котлѣ и вторично фильтруютъ. Совершенно прозрачная и средняя молочная сыворотка, смѣшанная съ чувствительнымъ растворомъ лакмуса, служитъ для открытія микроорганизмовъ, развивающихся при проростаніи кислоты.

Для полученія культуръ, пробирки съ жидкими питательными средами инфицируютъ частичками, взятыми платиновой проволокой изъ изучаемой колоніи. Послѣ пережѣшиванія, закрытыя ватными

пробками пробирки помѣщаютъ на нѣсколько дней въ термостатъ при 37° Ц., слѣдя за развитіемъ культуры.

Въ прорачныхъ жидкостяхъ развитіе микроорганизмовъ обнаруживается ихъ помутнѣніемъ или образованіемъ на поверхности пленки. По временамъ изъ жидкостей отбираютъ платиновой проволокой пробы и готовятъ изъ нихъ микроскопическіе препараты и культуры на пластинкахъ съ питательной желатиной. Препараты, приготовленные изъ культуръ въ молокоѣ, необходимо передъ окрашиваніемъ обезжирить промываніемъ эфиромъ.

6). **Культура на картофелѣ.** Нѣкоторые микробы весьма характерно развиваются по поверхности свареннаго картофеля. Выбираютъ немучнистые сорта картофеля, вырѣзаютъ изъ картофеляины очки, промываютъ ихъ при помощи щетки чистою водою и кладутъ на нѣсколько часовъ въ растворъ сулемы (5:1000). Затѣмъ картофелины помѣщаютъ въ жестяной продыравленный сосудъ и варятъ въ паровомъ стерилизаціонномъ приборѣ. Сваренныя картофелины разрѣзаютъ пополамъ чистымъ ножомъ, стерилизованнымъ въ пламени горѣлки, и сохраняютъ во влажной камерѣ подъ стекляннымъ колпакомъ, промытымъ растворомъ сулемы. Эсмархъ совѣтуетъ нарѣзать круглыя пластинки изъ сваренныхъ картофелинъ и помѣстить ихъ въ маленькія стеклянныя чашечки (1,5 сант. высоты и 5 — 6 сант. діаметра); чашечки закрываютъ стеклянными колпачками, стерилизуютъ $\frac{1}{4}$ часа въ паровомъ котлѣ и ставятъ во влажную камеру. Глобигъ рекомендуетъ нарѣзать изъ сваренныхъ картофелинъ продолговатыя пластинки, вложить ихъ въ пробирки, закрыть пробирки ватными пробками и стерилизовать ихъ $\frac{1}{2}$ часа въ паровомъ котлѣ. При подготовкѣ картофелинъ слѣдуетъ избѣгать прикосновенія къ поверхности разрѣза пальцами; руки, которыми приходится брать картофелины, слѣдуетъ промыть растворомъ сулемы (1:1000). Для культуры холерныхъ бациллъ, картофелины развариваютъ въ водѣ, содержащей 2—4% поваренной соли.

Заложеніе культуры производятъ, нанося платиновой проволокой частичку, взятую изъ изслѣдуемой колоніи, на средину поверхности разрѣзанной картофелины и размазывая нанесенное на поверхности маленькимъ, стерилизованнымъ въ пламени и затѣмъ охлажденнымъ ножичкомъ, оставляя незатронутыми края поверхности на ширину 1 сант. Зараженныя картофелины тотчасъ же помѣщаютъ подъ колоколь влажной камеры и для ускоренія проростанія весь приборъ ставятъ въ термостатъ съ температурою 37° Ц.

7). **Культура въ U образныхъ трубкахъ въ мясномъ настоеѣ.** Нѣкоторые микроорганизмы обладаютъ способностью развивать въ пи-

тательной средѣ газы и этимъ рѣзко отличаются отъ организмовъ съ ними сходныхъ. Для обнаруживанія этого свойства поступаютъ слѣдующимъ образомъ: Стекланную трубку длинною въ 40 сант. и діаметра въ 8 миллим., запаивную съ одного конца, загибають по-срединѣ подъ угломъ въ 45° , наполняютъ запаивный конецъ вполнѣ, а открытый приблизительно на 10 сант. мяснымъ настоемъ и ставятъ въ паровой стерилизаціонный котель на $\frac{3}{4}$ часа. По охлажденіи, вводятъ тонкою стерилизованною трубкою въ жидкость частицы изслѣдуемой культуры, разболтанныя въ стерилизованномъ мясномъ настое, перемѣшиваютъ, закрываютъ открытый конецъ трубки ватною пробкой и ставятъ трубку въ термостатъ съ температурою въ 37°Ц. на нѣсколько дней, наблюдая появленіе въ запаивномъ концѣ трубки газовыхъ пузырьковъ.

Свойство развивать газы можетъ быть также обнаружено, употребляя какъ питательную среду застывшую желозу, къ которой при приготовленіи было прибавлено 10% глюкозы. Для этого разжижаютъ нагрѣваніемъ стерилизованную въ пробиркѣ, подслащенную глюкозой желозу, даютъ жидкости охладиться до 40° и вводятъ платиновой проволокой изслѣдуемую культуру. Послѣ перемѣшиванія, даютъ жидкости застыть, наливаютъ на застывшій студень еще нѣкоторое количество чистой стерилизованной расплавленной желозы и даютъ и этой жидкости застыть, охлаждая снаружи пробирку. Инфицированная такимъ образомъ пробирка ставится въ термостатъ, причемъ микроорганизмы, развивающіе газы, обнаруживаются появленіемъ газовыхъ пузырьковъ, внутри прозрачнаго верхняго слоя студенистой массы.

8). **Культуры на рубленномъ мясѣ.** На дно колбочки Эрленмейера кладутъ слой мелко нарубленнаго мяса, толщиною въ 2 сант., наливаютъ дистиллированной воды, такъ чтобы мясо не было ею покрыто, стерилизуютъ въ паровомъ котлѣ по $\frac{1}{2}$ часа въ теченіи трехъ послѣдующихъ дней и касаются къ мясной кашницѣ въ нѣсколькихъ мѣстахъ платиновой проволокой съ частичками изслѣдуемой культуры. Инфицированная колбочка ставится въ термостатъ съ температурою 37°Ц. , причемъ присутствіе нѣкоторыхъ видовъ бактерій обнаруживается развитіемъ характернаго гнилостнаго запаха.

9). **Реакція на образованіе индола и нитрозоиндола.** Нѣкоторые патогенные микробы характеризуются способностью образовывать индолъ и азотистую кислоту при прорастаніи въ растворѣ пептона и поваренной соли (5, а). Изслѣдуемой культурой инфицируютъ пробирку, содержащую 10 куб. сант. стерилизованнаго раствора пептона и соли и ставятъ въ термостатъ при 37°Ц. По истеченіи 10 — 12

часовъ въ пробирку прибавляютъ 1 куб. сант. разбавленной чистой сѣрной кислоты (1:4). Если изслѣдуемая культура образовала индолъ и азотистую кислоту, какъ это свойственно холернымъ бацилламъ, то получается розовое окрашиваніе жидкости. Если изслѣдуемая культура образуетъ только индолъ, но не даетъ азотистой кислоты, какъ это свойственно нормальнымъ бактеріямъ кишечника (*Bacterium coli commune*), то одна сѣрная кислота не даетъ розоваго окрашивания, которое однако получается, если къ жидкости предварительно прибавить 1 куб. сант. 0,02⁰/₀ раствора азотистокалиевой соли.

10). **Опыты надъ животными.** Изслѣдованіе различныхъ культуръ оказывается обыкновенно достаточнымъ для опредѣленія видовъ различныхъ микроорганизмовъ, находящихся въ природныхъ водахъ и только рѣдко приходится прибѣгать къ опытамъ надъ животными, а именно въ случаяхъ обнаруженія нѣкоторыхъ патогенныхъ микробовъ, съ цѣлью опредѣленія степени ихъ вирулентности. Въ такихъ случаяхъ инфицируютъ предназначенное для опыта животное: морскую свинку, бѣлую мышъ, кролика, или курицу подозрительною культурою и наблюдаютъ послѣдствія такой инфекціи. Для инфекции вспрыскиваютъ помощью стерилизованной спринцевки Праватца, или Коха, изслѣдуемую культуру, разведенную въ мясномъ настоѣ, въ брюшную полость животного, или вводятъ на платиновой проволоцѣ частички культуры въ разрѣзъ, сдѣланный на кожѣ. Кожу на мѣстѣ укола или прорѣза слѣдуетъ очистить отъ волосъ и промыть растворомъ сѣлемы (5:1000). Если наступитъ черезъ нѣкоторое время смерть животного, то наблюдаютъ сопровождающіе ее симптомы, дѣлаютъ вскрытіе трупа и изслѣдуютъ отдѣльные органы, а также готовятъ микроскопическіе препараты и культуры изъ желудка и изъ другихъ органовъ погибшаго животного. Опыты эти должны быть обставлены величайшими предосторожностями, во избѣжаніи опасности разнесенія заразы. Трупы погибшихъ животныхъ и всѣ ихъ изверженія должны быть тотчасъ же сожигаемы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАТОГЕННЫХЪ МИКРООРГАНИЗМОВЪ, ВСТРѢЧАЕМЫХЪ ВЪ ПРИРОДНЫХЪ ВОДАХЪ.

Вышеописанные способы культуры примѣняются на практикѣ при изслѣдованіи природныхъ водъ лишь тогда, когда имѣютъ въ виду съ достовѣрностью установить присутствіе или отсутствіе въ изслѣдуемой водѣ нѣкоторыхъ патогенныхъ микроорганизмовъ. Въ большинствѣ случаевъ эти приемы примѣняются для обнаруживанія въ во-

дахъ микроорганизмовъ, считаемыхъ за возбудителей тифа, холеры и карбункула, для которыхъ въ настоящее время уже выработаны многими изслѣдованіями способы, позволяющіе съ увѣренностью установить ихъ присутствіе. Нельзя отрицать возможности нахождения въ природныхъ водахъ также и возбудителей другихъ инфекціонныхъ болѣзней; но обнаруживаніе ихъ въ природныхъ водахъ по настоящее время обыкновенно не удается и приемы для ихъ открытія до сихъ поръ не разработаны, зато нахожденіе микробовъ тифа, холеры и карбункула составляетъ довольно часто встрѣчающуюся задачу, отъ правильнаго рѣшенія которой зависятъ часто весьма важныя послѣдствія. Въ нижеслѣдующемъ изложены важнѣйшія характерныя отличія микробовъ тифа, холеры и карбункула и описаны приемы, обыкновенно употребляемые для ихъ открытія въ природныхъ водахъ.

1. ВОЗБУДИТЕЛИ ТИФА.

Микроорганизмы, считаемые за возбудителей тифа, встрѣчаемые въ крови тифозныхъ больныхъ, принадлежатъ къ довольно обширной группѣ бактерій, весьма сходныхъ съ ними и между собой.

Тифозныя бациллы, развившіяся въ колоніи на питательной желатинѣ, не характеризуются какими либо ясно замѣтными признаками. Въ прежнее время предполагали, что онѣ отличаются отъ другихъ, сходныхъ съ ними, способностью образовывать на варенномъ картофелѣ гладкую блестящую пленку, въ то время какъ сходные съ ними не тифозныя бациллы, разрастаясь на варенномъ картофелѣ даютъ довольно толстый, непрозрачный, сѣраго или желтоватаго цвѣта налетъ. Отличіе это, однако, оказалось не характернымъ, такъ какъ наружный видъ колоній на картофелѣ не одинаковъ для разныхъ сортовъ картофеля и, повидимому, зависитъ отъ свойствъ употребляемаго въ дѣло сорта его. На нѣкоторыхъ сортахъ картофеля тифозныя бациллы разрастаются совершенно такъ, какъ и многія другія бактеріи и не проявляютъ замѣтнаго отличія.

Ближе всего по всѣмъ свойствамъ стоятъ къ тифознымъ бацилламъ такъ называемыя бактеріи *coli commune*, находящіяся въ огромныхъ количествахъ въ нормальныхъ человѣческихъ экскрементахъ. Чтобы отличить тифозныя бациллы отъ этихъ бактерій, необходимо изслѣдовать отношенія изучаемыхъ колоній при культурѣ на цѣломъ рядѣ различныхъ питательныхъ средъ. Для установленія съ увѣренностью діагноза о томъ, что найденные въ изслѣдуемой во

дѣ микроорганизмы суть дѣйствительно тифозныя бациллы, необходимо произвести культуры на цѣломъ рядѣ различныхъ питательныхъ веществъ и вмѣстѣ съ тѣмъ одновременно произвести при тѣхъ же условіяхъ культуры съ образцами завѣдомо чистыхъ разводовъ тифозныхъ и разводовъ, добытыхъ изъ экскрементовъ нормальнаго здороваго человѣка. Тщательное сравненіе получаемыхъ результатовъ даетъ возможность поставить вѣрный діагнозъ относительно природы найденныхъ въ изслѣдуемой водѣ микроорганизмовъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены главные характерныя свойства тифозныхъ бациллъ и бактерій *coli commune*, обнаруживаемыя при микроскопическомъ и бактериологическомъ изслѣдованіяхъ.

	Тифозныя бациллы.	Бактеріи <i>coli commune</i> .
Отношеніе при окрашиваніи.	Окрашиваются не такъ интенсивно, какъ другія бактеріи. Лучше всего растворомъ фуксина въ карболовой водѣ. Окраска не вездѣ однородна; остаются части неокрашенные. Не принимаютъ окраски по способу Грама.	Окрашиваются легко всѣми анилиновыми пигментами. Не принимаютъ окраски по способу Грама.
Видъ подъ микроскопомъ. (Увелич. $\frac{500}{1}$).		
Окрашенный препаратъ.	Короткія, прямыя палочки съ округленными концами, длинны равной $\frac{1}{3}$ діаметра кровяного шарика. Толщины $= \frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ длинны. Часто двѣ и болѣе палочекъ образуютъ нить.	Палочки короче и толще, чѣмъ тифозныя бациллы. Нити обыкновенно короче.
Висячая капля.	Взятая изъ культуры на агарѣ послѣ 18-ти часовъ особи находятся въ движеніи, замѣтномъ при обыкновенной температурѣ и быстромъ при температурѣ крови. Нити имѣютъ змѣеобразное движеніе. Движеніе лучше замѣтно по краямъ капли.	Взятая изъ культуры на агарѣ послѣ 18-ти часовъ особи показываютъ весьма медленное движеніе или совсѣмъ не двигаются. Иногда наблюдается и быстрое движеніе, какъ у тифозныхъ бациллъ.

	Тифозныя бациллы.	Бактеріи coli commune.
Рѣснички и споры.	Бациллы изъ 18-ти часовой культуры на агарѣ имѣютъ по 8 — 12 рѣсничекъ, распределенныхъ по всей поверхности; у двойныхъ палочекъ находятъ 16—24 рѣсничекъ. У рядомъ лежащихъ палочекъ рѣснички бываютъ переплетены въ комокъ. Попадаютъ особи, имѣющія только 4—6 рѣсничекъ. Споры отсутствуютъ.	Бактеріи изъ 18-ти часовой культуры на агарѣ имѣютъ меньше многочисленныя рѣснички: 4—6 болѣе короткихъ; но попадаются иногда особи съ 8—12 рѣсничками, болѣе длинными. Отличіе отъ тифозныхъ бациллъ, слѣдовательно, не характерно. Споры отсутствуютъ.
Культуры 1) на желатинѣ: а) уколомъ.	На поверхности слоя образуется свѣтлосѣрое, прозрачное, не разжижающее желатину, разращаніе. Каналь отъ укола представляетъ сѣраго цвѣта линію, бурѣющую вполѣдствіи.	На поверхности слоя образуется свѣтлосѣрое, не разжижающее желатину, разращаніе. Каналь укола образуетъ сѣраго цвѣта линію, бурѣющую вполѣдствіи. Разращаніе вообще гуще и происходитъ скорѣе, чѣмъ при тифозной культурѣ.
б) на пластинкѣ. (Увелич. $\frac{100}{1}$).	 4 сутокъ.  7 сутокъ.	
	Бациллы, не слишкомъ густо засѣянные, образуютъ полосатыя, желтоватобурья колоніи, съ гладкими краями. Лежащія на поверхности желатины колоніи разрастаются незначительно и образуютъ полосатыя, просвѣчивающія,	Колоніи похожи на тифозныя, но обыкновенно больше по величинѣ и темнѣе; менѣе полосаты. Разращаніе идетъ скорѣе и болѣе совершенно, чѣмъ у тифозныхъ бациллъ. Желатина не разжижается.

	Тифозныя бациллы.	Бактеріи <i>coli commune</i> .
	поверхностныя пятна. Колоніи достигаютъ наибольшей величины между четвертымъ и восьмымъ днями. Желатина никогда не разжижается.	
2) На агарѣ.	Свѣтлосѣрыя колоніи не представляютъ характерныхъ особенностей.	Свѣтлосѣрыя колоніи не представляютъ характерныхъ особенностей. Разростаніе обыкновенно идетъ скорѣе и полнѣе, чѣмъ у тифозныхъ бациллъ.
3) На кровяной сывороткѣ.	Колоніи образуютъ свѣтлосѣрый, нѣсколько просвѣчивающій налетъ, не разжижающій питательную среду. Бациллы получаютъ нѣсколько болѣе короткими, чѣмъ на желатинѣ.	Налетъ получается какъ при тифозныхъ бациллахъ, но скорѣе и болѣе сильно разросшійся.
4) Въ растворѣ пептона и соли.	Въ 3 процентномъ растворѣ пептона не образуется, ни индола, ни нитрозоиндола. Жидкость не окрашивается отъ прибавленія сѣрной кислоты, даже послѣ прибавленія азотистокалиевой соли.	Большинство разновидностей образуетъ въ растворѣ пептона при проростаніи по истеченіи 2—4 сутокъ индолъ, такъ что послѣ прибавленія азотистокалиевой соли и сѣрной кислоты получается розовое окрашиваніе жидкости. Нѣкоторыя разновидности этихъ бактерій, однако, не даютъ этой реакціи.
5) Въ молокѣ.	Не вызываютъ створоживанія стерилизованнаго молока и развиваютъ лишь слабо кислую реакцію.	По истеченіи нѣсколькихъ дней створоживаютъ молоко, вызывая сильно кислую реакцію.

	Тифозныя бациллы.	Бактеріи <i>coli commune</i> .
6) Въ раство- рѣ минераль- ныхъ солей.	Не размножаются въ этомъ растворѣ; растворъ остаётся прозрачнымъ.	Хорошо развиваются въ этомъ растворѣ; жидкость становится мутною.
7) На рублен- номъ мясѣ.	Не вызываютъ гнилост- наго запаха.	Развиваютъ гнилостный запахъ.
8) На карто- фелѣ.	По истеченіи сутокъ об- разуютъ на поверхности слабо блестящую пленку, состоящую изъ нитеобраз- но сросшихся бациллъ. На нѣкоторыхъ сортахъ кар- тофеля образуется свѣтло сѣрая или желтоватая куль- тура.	Образуютъ свѣтлосѣрый, сѣрый, зеленоватожелтый или желтоватый налетъ. Иногда онъ похожъ на на- летъ отъ настоящихъ тифоз- ныхъ бациллъ. Часто наблю- дается особый непріятный запахъ, никогда не развива- емый тифозными бацил- лами.
9) Въ стерили- зованной молочной сы- вороткѣ.	По истеченіи 10 дней образуютъ кислоту, требу- ющую для нейтрализаціи 1 — 2% $\frac{1}{10}$ нормального раствора їдкаго натра.	По истеченіи 10 дней об- разуютъ кислоту, требую- щую для нейтрализаціи 7 — 8% $\frac{1}{10}$ нормального раствора їдкаго натра.
Развитіе газовъ.	Въ U—образныхъ труб- кахъ не развиваютъ газовъ изъ стерилизованнаго мяс- наго настоя. Въ подсла- щенной глюкозой желозѣ также не развиваютъ га- зовъ.	Въ U—образныхъ труб- кахъ уже послѣ 24 часовъ развиваютъ замѣтное ко- личество газовъ изъ сте- рилизованнаго мяснаго нас- тоя. Въ подслащенной же- лозѣ черезъ 48 часовъ раз- виваютъ замѣтное количес- тво газовыхъ пузырьковъ.

Опыты надъ животными не даютъ характерныхъ отличій. Тифозными бациллами обыкновенно не удается инфицировать животныхъ, хотя отъ введенія значительныхъ количествъ культуры въ желудочную полость или подкожно наступаетъ отравленіе и смерть животнаго. Точно также и культуры бактерій *coli commune* иногда вызываютъ явленіе отравленія животнаго и признаки, его сопровождающіе, не отличаются отъ признаковъ, сопровождающихъ инфекцію тифозными разводками.

По новѣйшимъ наблюденіямъ Видаля можно еще съ увѣренностью отличить тифозныя бациллы слѣдующимъ образомъ: если къ мутной культурѣ настоящихъ тифозныхъ бациллъ въ мясномъ настоѣ прибавить сыворотку, добытую изъ крови тифознаго больнаго, то происходитъ просвѣтленіе жидкости: равномерная муть пропадаетъ, такъ какъ вызывающіе ее бациллы собираются въ комки, плавающіе въ совершенно прозрачной жидкости. Бактеріи *coli commune* не показываютъ этого явленія и содержащая ихъ мутная жидкость не просвѣтляется отъ прибавленія тифозной сыворотки. Реакція эта, весьма важная для постановки врачебнаго діагноза на тифъ у больнаго, рѣдко примѣнима при изслѣдованіи воды; такъ какъ не всегда возможно имѣть въ химической лабораторіи необходимую для опыта тифозную сыворотку.

Открытіе въ природныхъ водахъ тифозныхъ бациллъ еще сильно затрудняется тѣмъ, что обыкновенно, вмѣстѣ съ ними, въ загрязненныхъ водахъ находится огромное количество другихъ, похожихъ на нихъ бактерій, совершенно не патогенныхъ. При полученіи первой культуры на питательной желатинѣ, обыкновенно получается на пластинкѣ огромное число сходныхъ между собою колоній и нѣтъ возможности отдѣльно изслѣдовать каждую изъ нихъ. Если, какъ это и бываетъ обыкновенно, безвредныя водяныя бактеріи значительно преобладаютъ надъ содержащимися въ водѣ тифозными, то послѣднія могутъ легко быть маскируемы и не найденными при дальнѣйшемъ изслѣдованіи. Поэтому весьма полезно задержать развитіе обыкновенныхъ водяныхъ бактерій и дать возможность развиться преимущественно бактеріямъ тифознымъ. Достигнуть этого можно, прибавляя къ питательной желатинѣ нѣкоторое незначительное количество, не болѣе 0,1%, карболовой кислоты. Въ такой питательной средѣ тифозныя бациллы и бактеріи *coli commune* еще способны размножаться, хотя и нѣсколько медленнѣе, а обыкновенныя водяныя бактеріи погибаютъ и не даютъ колоній. Употребляя желатину съ прибавкой карболовой кислоты, можно ввести въ изслѣдованіе большее количество испытуемой воды, не опасаясь получить на

пластинкѣ слишкомъ большое количество развившихся колоній, что значительно увеличиваетъ точность изслѣдованія. Не слѣдуетъ только употреблять болѣе вышеприведеннаго количества карболовой кислоты, такъ какъ значительный избытокъ ея задерживаетъ также и развитіе тифозныхъ бациллъ.

При изслѣдованіи какого либо водовмѣстилища на содержаніе въ немъ зародышей тифа обыкновенно поступаютъ слѣдующимъ образомъ: Пробы воды берутъ изъ заподозрѣннаго водовмѣстилища, на-примѣръ изъ колодца, съ поверхности воды и съ глубины въ 10—20 сант., вблизи отъ питательныхъ центровъ, т. е. около стѣнокъ колодца или трубъ насоса, гдѣ преимущественно накаплиются бактеріи. Изъ обоихъ взятыхъ пробъ готовятъ культуры на пластинкахъ въ питательной желатинѣ съ небольшою прибавкой карболовой кислоты. Одновременно готовятъ культуры тѣми же приѣмами изъ чистыхъ разводокъ тифозныхъ бациллъ и бактерій *coli commune* и ставятъ всѣ приготовленныя культуры во влажную камеру. Изъ развившихся колоній переносятъ частицы въ разныя питательныя среды и наблюдаютъ явленія, помѣстивъ трубочки, снабженныя надписями, въ термостатъ при 37° Ц. Изъ культуръ, сходныхъ съ завѣдомо тифозными, готовятъ микроскопическіе препараты, окрашиваютъ ихъ и изучаютъ подъ микроскопомъ. Только при обнаруженіи всѣхъ признаковъ, указанныхъ въ вышеприведенной таблицѣ, получается возможность поставить увѣренный діагнозъ на присутствіе тифозныхъ зародышей въ изслѣдованной водѣ.

2). ВОЗБУДИТЕЛИ ХОЛЕРЫ.

Микроорганизмы, считаемыя за возбудителей холеры, открыты Кохомъ въ изверженіяхъ холерныхъ больныхъ, принадлежать къ числу изогнутыхъ запятообразно бациллъ. Открытіе ихъ въ экскрементахъ больныхъ не представляетъ трудности, вслѣдствіе ихъ характернаго вида въ окрашенныхъ препаратахъ и въ свободно висячей каплѣ; но увѣренное установленіе ихъ присутствія въ природныхъ водахъ затруднительно, такъ какъ въ природныхъ водахъ иногда находятся вибрионы, весьма на нихъ похожіе, но тѣмъ не менѣе не холерные. Необходимо произвести культуры въ разнообразныхъ питательныхъ средахъ и только при полученіи во всѣхъ опытахъ характерныхъ для холерныхъ бациллъ явленій, возможно поставить увѣренный діагнозъ на ихъ присутствіе.

Холерныя бациллы характеризуются слѣдующими свойствами:

Отношеніе при окра- шиваніи.

Видъ подъ микрос- копомъ.

(увелич. $\frac{500}{1}$.)

а). окрашенный пре-
паратъ.

б). висячая капля.

Рѣснички и споры.

Культуры:

1). На желатинѣ:

а). уколомъ:

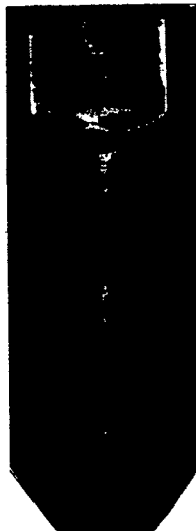
Окрашиваются лучше всего водными растворами фуксина съ прибавкою фенола, или растворомъ сини викторія. По способу Грама не окрашиваются.



Тонкія, запятообразно загнутыя палочки съ незаостренными концами. Изогнутость болѣе или менѣе значительна, смотря по возрасту и по составу питательной среды. Длина отдѣльныхъ особей составляетъ приблизительно $\frac{2}{3}$ длины тифозныхъ бациллъ. Рядомъ лежащія бациллы образуютъ иногда форму винта (спиралю).

Отдѣльныя особи весьма подвижны, группы ихъ находятся въ движеніи, какъ рой комаровъ. Спиралю движутся медленно. (см. стр. 162 ф. 22).

Бациллы снабжены одной, двумя или тремя рѣсничками, сидящими по концамъ. Споры отсутствуютъ.



Въ верхней части укола наступаетъ медленно разжиженіе желатины, постепенно уменьшающееся съ глубиной. Въ нижней части укола остается черезъ нѣсколько дней бѣлый нитеобразный слѣдъ канала. Вслѣдствіе высыханія разжиженной части желатины образуется воронкообразное углубленіе и воздушный пузырекъ.

б). на пластинкѣ.

(увелич. $\frac{100}{1}$.)



2 сутокъ.

5 сутокъ.

На поверхности колоніи разрастаются въ кружки не болѣе 3 — 4 миллим. діаметра. Раз-

ростаніе происходитъ зато внутри слоя, образуя воронкообразное углубленіе. Поверхность колоніи—не гладкая, а волнистая, края—извилисты. При увеличеніи въ 100 разъ колонія кажется прозрачною, слегка красноватожелтаго цвѣта. Иногда въ колоніи наблюдаютъ слабое волнообразное движеніе. Поверхность лежащихъ глубоко въ желатинѣ колоній уже въ началѣ развитія покрыта неравнобѣрными волнистыми бугорками, какъ бы гранулирована, и напоминаетъ поверхность шелковичной ягоды.

2). На агарѣ.

Колоніи, лежащія на поверхности свѣтлобурого или свѣтло бурого цвѣта и просвѣчиваютъ; глубоко лежащія колоніи большею частью окрашены въ стальноси-неватый цвѣтъ; онѣ блестящи, просвѣчиваютъ и очень малы.

3). На кровяной сы-
вороткѣ.

Бациллы сильно разрастаются и скоро разжижаютъ студенистую среду.

4). Въ растворѣ пеп-
тона и соли.

Бациллы сильно разрастаются при температурѣ крови, мутятъ жидкость и собираются на поверхности въ видѣ пленки. Въ жидкости образуются одновременно индолъ и азотистокислыя соли, такъ что уже послѣ 24 часовъ 1% растворъ пептона окрашивается отъ прибавленія нѣсколькихъ капель разбавленной сѣрной кислоты въ розовый цвѣтъ.

5). На картофелѣ.

На вареномъ картофелѣ бациллы разрастаются медленно въ термостатѣ, образуя налетъ свѣтложелтобурого цвѣта. На картофелѣ, сваренномъ въ 3% растворѣ поваренной соли, онѣ разрастаются въ бу-

ровато красный налетъ уже при комнатной температурѣ.

Если инъецировать морской свинкѣ въ полость живота или въ двѣнадцатиперстную кишку нѣсколько миллиграммовъ чистой культуры холерныхъ бациллъ на агарѣ, или дать животному внутрь этой культуры, вмѣстѣ съ содою, остановивъ кишѣчную перистальтику инъекціею настойки опія, то животное умираетъ обыкновенно уже по истеченіи 24 часовъ. Уже послѣ нѣсколькихъ часовъ по инъекціи, наблюдаются у животнаго паденіе температуры и мускульная слабость, наступаютъ параличъ заднихъ конечностей и судороги, температура падаетъ ниже 30° Ц. При вскрытіи трупа наблюдается покрасненіе брюшины и стѣнокъ кишекъ, дряблость печени и селезенки, переполненіе кровью легкихъ и сердца. Въ содержимомъ желудка и кишечника удается обнаружить болѣе или менѣе значительное количество холерныхъ бациллъ. Опытъ инъфекціи морской свинки не можетъ считаться рѣшающимъ, такъ какъ нынѣ доказано, что холерныя бациллы могутъ утрачивать вирулентность при продолжительномъ пребываніи въ водѣ. Кромѣ того, были многократно обнаружены въ природныхъ водахъ микроорганизмы, не холерные, но способные умерщвлять инфицированныхъ ими животныхъ при явленіяхъ совершенно сходныхъ съ явленіями, сопровождающими холерную инъфекцію.

Установленіе увѣреннаго діагноза на настоящія холерныя бациллы становится затруднительнымъ, вслѣдствіе существованія въ нѣкоторыхъ водахъ бациллъ, весьма сходныхъ съ настоящими холерными, отличающихся только нѣкоторыми немногими признаками. Необходимо поэтому произвести многочисленные опыты культуры, найденныхъ въ водѣ подозрительныхъ микробовъ и сличить получаемые результаты съ результатами опытовъ надъ завѣдомо чистыми холерными бациллами, чтобы поставить съ увѣренностью діагнозъ.

Въ новѣйшее время для распознаванія истинной природы найденныхъ въ водѣ запятообразныхъ вибрионовъ Пфейферъ ¹⁾ предложилъ слѣдующій, къ сожалѣнію довольно сложный и трудно исполнимый въ лабораторіи приѣмъ: Приготавливаютъ сыворотку изъ крови морской свинки, у которой была вызвана невоспримчивость (иммунитетъ) къ холерѣ повторными впрыскиваніями разбавленныхъ хо-

¹⁾ Zeitschr. f. Hygiene u. Infectiouskrankheiten. 14, 319.

лерныхъ культуръ. 50 миллигр. сыворотки смѣшиваютъ съ 1 куб. сант. мяснаго отвара и съ чистою культурою найденныхъ въ изслѣдуемой водѣ запятообразныхъ вибрионовъ и жидкость вспрыскиваютъ въ брюшную полость здоровой морской свинки. Если испытуемые вибрионы настоящіе холерные, то животное не умираетъ; въ каплѣ жидкости, взятой стеклянной капиллярной трубкой изъ брюшной полости животного содержатся лишь мертвые, зернисто распавшіеся вибрионы; если же испытуемые вибрионы не холерные, то они обыкновенно вызываютъ смерть свинки, остаются живыми и размножаются въ ея трупѣ.

При изслѣдованіи природнаго водовмѣстителя на присутствіе въ немъ холерныхъ бациллъ поступаютъ обыкновенно, по указаніямъ Коха, слѣдующимъ образомъ:

Пробы воды слѣдуетъ брать съ поверхности, вблизи стѣнокъ колодца изъ разныхъ мѣстъ, особенно тамъ, гдѣ на поверхности воды плаваютъ какія либо твердыя частицы. Берутъ обыкновенно нѣсколько пробъ воды въ колбочки Эрленмейера, приблизительно по 100 куб. сант. въ каждую. Въ колбочки прибавляютъ по 10 куб. сант. 10% раствора пептона и поваренной соли и ставятъ ихъ въ термостатъ съ температурою въ 37 Ц., на 15—20 часовъ. Въ растворѣ пептона и соли холерныя бациллы и вообще всѣ вибрионы, встрѣчаемые въ природныхъ водахъ, хорошо размножаются, образуя мутную жидкость и пленку на ея поверхности, между тѣмъ, какъ большинство другихъ микроорганизмовъ воды не размножается и скоро погибаетъ. Приѣмъ этотъ служитъ такимъ образомъ къ увеличенію числа находящихся въ изслѣдуемой водѣ вибрионовъ и къ устраненію значительнаго числа другихъ водяныхъ микроорганизмовъ. Изъ полученныхъ мутныхъ жидкостей капли переносятъ въ пробирки съ разжиженной питательной желатиной, содержащей 1% соды, и отливаютъ послѣ перемѣшиванія культуры на стеклянныя пластинки, которыя послѣ затвердѣнія желатины, ставятъ во влажную камеру при 20—22° Ц. Изъ развившихся колоній готовятъ микроскопическіе препараты и изслѣдуютъ ихъ, послѣ окрашиванія и въ висячей каплѣ. Изъ культуръ въ пептонномъ растворѣ готовятъ также культуры на агарѣ въ чашкахъ Петри или Сойка и изъ полученныхъ колоній, послѣ 8—10 часовъ, приготавливаютъ вновь культуры въ растворѣ пептона и пробуютъ реакцію на нитрозоиндолъ. Чистыя культуры на агарѣ служатъ также для инфекціи морскихъ свинокъ и для опыта съ животнымъ, сдѣланнымъ невосприимчивымъ къ холерному зараженію.

Наиболѣе характернымъ для холерныхъ бациллъ должно считать по настоящее время реакцію на нитрозоиндолъ и особенно свойства колоній, разрастающихся на питательной желатинѣ.

3. ВОЗБУДИТЕЛИ КАРБУНКУЛА.

Бациллы карбункула обладаютъ весьма короткою жизнеспособностью и весьма скоро погибаютъ въ водѣ. Зато микроорганизмы эти могутъ образовывать прочныя споры, сохраняющія способность къ проростанію въ теченіи мѣсяцевъ. Въ природныхъ водахъ не удается обнаружить живыхъ бациллъ карбункула, но иногда можно найти въ илѣ, осѣвшемъ на дно водовмѣстителя, споры, способныя при благопріятныхъ къ тому условіяхъ развиваться и служить причиною карбункула у человѣка и животныхъ. Бациллы карбункула характеризуются слѣдующими свойствами:

Отношеніе при окрашиваніи.

Бациллы хорошо окрашиваются всеми анилиновыми пигментами, а также по способу Грама.

Видъ подъ микроскопомъ:

(увелич. $\frac{500}{1}$.)



а) окрашенный препаратъ.

Крупныя прямыя палочки, съ острыми концами. Часто нѣсколько особей соединены какъ бы въ нить. Старыя бациллы кажутся нѣсколько раздутыми и довольно плохо принимаютъ окраску въ нѣкоторыхъ частяхъ.

б) висячая капля.

Бациллы лишены движенія и разрастаются въ нити.

Рѣснички и споры.

Рѣснички отсутствуютъ. Внутри тѣла бациллъ образуются споры, въ видѣ свѣтлыхъ, блестящихъ, овальныхъ зернышекъ.

Культуры:

1). На желатинѣ.

а) уколомъ.

б) на пластинкѣ.

2). На агарѣ.

3). На кровяной сы- вороткѣ.

4). На картофелѣ.

Образованіе споръ начинается происходить при 18° Ц. и происходитъ быстро въ культурѣ на агарѣ въ термостатѣ при 37° Ц. Жизнеспособность споръ можетъ сохраняться въ теченіи многихъ лѣтъ. При проростаніи развивающаяся палочка прободаетъ оболочку споры въ одномъ мѣстѣ.

Изъ канала отъ укола разрастаются въ горизонтальномъ, направленіи въ массу желатины нити, послѣ чего наступаетъ разжиженіе желатины.

Колоніи состоятъ изъ нитей, спутанныхъ въ центрѣ и расположенныхъ въ болѣе правильныя волнистыя линіи у окружности. Колоніи вызываютъ разжиженіе желатины.

Колоніи образуютъ на агарѣ бѣлую или свѣтлосѣрую массу, съ неровною, волнистою поверхностью. При культурѣ уколомъ не замѣчается проростанія изъ канала въ массу агара.

Колоніи свѣтлосѣраго цвѣта; разжижаютъ студенистую среду.

Колоніи образуютъ свѣтлосѣрый налетъ, довольно быстро разрастающійся.

Чистыя культуры, впрыснутыя мышци, морской свинкѣ или кролику, убиваютъ животныхъ уже въ 24 часа. При вскрытіи труповъ погибшихъ животныхъ можно найти бациллы карбункула въ кровяныхъ сосудахъ, въ капиллярахъ легкихъ, печени и селезенки. Въ крови, взятой изъ сердца, ихъ содержится немного.

Для обнаруженія споръ карбункула въ природныхъ водовмѣстителяхъ слѣдуетъ искать ихъ въ собравшемся на днѣ илѣ. По предложенію Діатроптова ¹⁾, около 200 гр. ила подвергаютъ нѣсколь-

¹⁾ Annales de l'Institut Pasteur. 1893.

ко разъ отмучиванью въ высокихъ коническихъ бокалахъ. Осѣдающія сначала крупныя частицы отбрасываютъ и собираютъ только болѣе мелкія частицы; ихъ нагреваютъ въ теченіи 20 минутъ подъ водою до 90° Ц., чтобы умертвить большинство обыкновенныхъ водяныхъ бактерій. По охлажденіи, иль прибавляютъ къ питательной желатинѣ и отливаютъ культуры на стеклянныя пластинки. Развившіяся колоніи изучаютъ подъ микроскопомъ, изъ нихъ готовятъ другія культуры и ими инфицируютъ опытныхъ животныхъ. Опытъ съ животнымъ и изученіе взятой послѣ смерти его крови наиболѣе характерны для постановки діагноза на бациллы карбункула.



ЧАСТЬ III.

Оцѣнка качествъ водъ.

Правильное сужденіе о достоинствѣ воды можетъ быть составлено только на основаніи полного ея изслѣдованія. Необходимо опредѣлить ея физическія свойства, произвести ея качественный и количественный анализъ и подвергнуть ея микроскопическому и бактериологическому изслѣдованію. Только совокупность всѣмъ добытыхъ такимъ образомъ результатовъ можетъ дать основанія для правильной оцѣнки воды и для сужденія объ ея пригодности къ предположенной цѣли. Во многихъ случаяхъ, впрочемъ, нѣтъ надобности производить полный анализъ воды, часто достаточно нѣсколькихъ немногихъ наблюдений, чтобы съ увѣренностью заключить о непригодности воды и отвергнуть ея примѣненіе; но для заключенія о пригодности воды къ определенному примѣненію, необходимо въ большинствѣ случаевъ всестороннее изслѣдованіе.

Назначеніе природныхъ водъ можетъ быть весьма разнообразнымъ и въ зависимости отъ него разнообразны и требованія, предъявляемыя къ водѣ.

І. П И Т Ь Е В А Я В О Д А.

Подъ именемъ питьевой воды слѣдуетъ подразумѣвать воду, употребляемую для питья и для приготовленія пищи. Сюда же слѣдуетъ отнести воду, употребляемую вообще въ домашнемъ обиходѣ: для мытья посуды, платя, бѣлья и домашняго помѣщенія. Эта вода, приходящая въ тѣсное соприкосновеніе съ человѣкомъ, должна обладать тѣми же свойствами, какъ и вода, идущая для питья и нѣтъ основанія довольствоваться для нея худшими качествами.

Доброкачественность питьевсй воды, какъ одного изъ главнѣйшихъ питательныхъ веществъ, имѣетъ огромное значеніе для благоденствія человѣка. Отъ питьевй воды требуется, чтобы она была безвредна и, кромѣ того, доставляла удовольствіе при употребленіи для питья; была бы, какъ говорится, аппетитна.

1). БЕЗВРЕДНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Питьевая вода, содержащая ядовитыя вещества или зародыши болѣзнетворныхъ организмовъ, можетъ служить причиною заболѣванія и потому должна быть устранена отъ употребленія.

Изъ минеральныхъ ядовъ въ питьевую воду могутъ попасть весьма ядовитыя соединенія свинца. Если вода, содержащая растворенные кислородъ и углекислоту, проходитъ по свинцовымъ трубамъ и, особенно, если она въ нихъ застаивается, то нѣкоторыя, хотя и незначительныя количества свинца могутъ перейти въ растворъ, особенно, если вода мягкая, содержитъ мало растворенной двууглекальціевой соли, а трубы новыя, непокрытыя внутри отложившимися солями. Были констатированы не разъ случаи отравленія людей, пившихъ такую содержащую свинецъ воду. Поэтому желательно избѣгать вообще употребленія свинца для частей водопроводныхъ системъ, въ особенности для проведенія мягкихъ и богатыхъ углекислотой природныхъ водъ.

Изъ металловъ,—мѣдь и цинкъ могутъ также перейти въ растворъ изъ составныхъ частей водопровода, если вода насыщена углекислотой и богата минеральными солями, а также содержитъ амміакъ. Количества растворяющихся этихъ металловъ, впрочемъ, всегда ничтожно малы и едва ли опасны для здоровья человѣка. Тѣмъ не менѣе, нахожденіе въ водопроводной водѣ хотя и слѣдовъ металловъ: свинца, мѣди или цинка, нежелательно и должно служить препятствіемъ къ употребленію воды для питья. Открытіе этихъ ядовитыхъ примѣсей не представляетъ особыхъ трудностей и совершается по способамъ, описаннымъ на стр. 119—124.

Гораздо труднѣе открытіе и опредѣленіе могущихъ находиться въ водахъ вредныхъ для здоровья органическихъ примѣсей. Примѣси эти, большею частью доставляемыя въ воды въ видѣ различныхъ отбросовъ фабричной и домашней человѣческой дѣятельности, могутъ быть въ высшей степени разнообразны, содержатся въ водахъ обыкновенно въ ничтожно малыхъ количествахъ и, не обладая рѣзко выраженными реакціями, часто не могутъ быть обнаружены даже самыми тщательными изслѣдованіями. Кромѣ того, нельзя въ настоящее время считать вполне установленнымъ, могутъ ли и, если могутъ, то въ какой степени, причиняютъ вредъ здоровью различныя органическія вещества, попавшія въ воду, при ихъ огромной разбавленности и при ихъ весьма маломъ количествѣ. Ядовитость чаще всего находящихся въ водахъ органическихъ веществъ: гуминовыхъ

и продуктовъ гниlostнаго разложeнiя не можетъ считаться доказанною. Вещества гуминовыя, сообщая водѣ своеобразный противный вкусъ, дѣлають ее неаппетитною, но повидимому безвредны.

Гниlostные продукты, по нѣкоторымъ наблюденiямъ, могутъ вызывать желудочныя заболѣванiя, поносы; но въ большинствѣ случаевъ не могутъ считаться прямо ядовитыми. Между ними могутъ находиться такъ называемые токсины, или токсальбумины, образующiеся подѣ влиянiемъ жизнедѣятельности нѣкоторыхъ гниlostныхъ микроорганизмовъ, развивающихся въ гниющихъ органическихъ массахъ; но образованiе этихъ ядовитыхъ веществъ въ водахъ, обыкновенно, вслѣдствiе сильнаго разбавленiя, не происходитъ и сами токсины, попавшiе въ воды разлагаются водяными микробами, образуя безвредныя вещества. Обнаружить присутствiе этихъ токсиновъ въ природныхъ водахъ, или даже замѣтить ядовитое ихъ дѣйствiе на лицъ, пившихъ воду, вслѣдствiе ничтожности ихъ количества и сильной разбавленности ихъ раствора до сихъ поръ не удается. Такимъ образомъ на практикѣ обыкновенно нельзя даже тщательнымъ химическимъ изслѣдованiемъ обнаружить въ природныхъ водахъ присутствiе какихъ либо растворенныхъ органическихъ веществъ, могущихъ представлять опасность для здоровья.

Зато бактериологическiя изслѣдованiя могутъ обнаружить въ предназначенной для питья водѣ присутствiе патогенныхъ микроорганизмовъ, безусловно опасныхъ. Нельзя сказать какое число болѣзнетворныхъ организмовъ должно быть поглощено, чтобы вызвать заболѣванiе; но возможно, что достаточно уже одного зародыша, чтобы онъ, пройдя въ желудокъ при благоприятныхъ для него условiяхъ, попалъ въ кишечникъ и въ содержимомъ его размножился, вызывая инфекцiю. Извѣстно, что отдѣльныя лица могутъ поглотить значительныя количества болѣзнетворныхъ организмовъ и не заболѣть отъ этого. Попавшiе въ желудокъ зародыши могутъ въ немъ погибнуть подѣ влиянiемъ имѣющейся въ желудкѣ соляной кислоты и нормальнаго желудочнаго сока: въ этомъ случаѣ инфекцiя не происходитъ, наблюдается состоянiе невоспрiимчивости къ заразѣ; но съ другой стороны, каждый отдѣльный зародышъ можетъ уцѣлѣть отъ гибели въ желудкѣ, проскользнуть съ пищевою кашицею въ кишечникъ и, въ немъ размножась, вызвать инфекцiонную болѣзнь. Принимая во вниманiе такую грозящую опасность, вода въ которой бактериологическимъ изслѣдованiемъ констатировано присутствiе хотя бы одного навѣрно патогеннаго микроорганизма, должна быть изъята отъ внутренняго употребленiя и признана вредною. Къ сожалѣнiю, открытiе патогенныхъ микробовъ сопряжено съ трудностями,

и ненахождение ихъ при бактериологическомъ изслѣдованіи не можетъ считаться безусловнымъ доказательствомъ ихъ отсутствія въ изслѣдованной водѣ. Патогенные микробы распределены обыкновенно неравномѣрно въ большой массѣ воды и легко могутъ не попасть въ небольшія пробы воды, забираемые для изслѣдованія. Кромѣ того, многіе виды болѣзнетворныхъ организмовъ еще мало изслѣдованы и необладаютъ характерными отличительными свойствами. Нерѣдко также, производство изслѣдованія воды является запоздавшимъ,—проходитъ не мало времени между зараженіемъ отъ выпитой воды, возникновеніемъ болѣзни и назначеніемъ изслѣдованія и небольшое число попавшихъ случайно въ воду патогенныхъ микробовъ, обыкновенно мало выносливыхъ, успѣваетъ погибнуть при неблагоприятныхъ условіяхъ водовмѣстилища. Такимъ образомъ и бактериологическое изслѣдованіе воды часто не можетъ съ достовѣрностью дать отвѣтъ о безвредности питьевой воды.

Чтобы судить о безвредности питьевой воды и допустить ее къ безопасному употребленію, приходится часто довольствоваться изученіемъ мѣстныхъ условій, въ которыхъ находится содержащее ее водовмѣстилище и опредѣлить возможность и вѣроятность его загрязненія.

Такъ какъ болѣзнетворные организмы развиваются внутри человеческого организма и связаны съ его обиходомъ, то всѣ воды, въ которыя могутъ какъ нибудь попасть микробы изъ среды непосредственно окружающей человѣка, должны быть признаны могущими быть разсадниками инфекціонныхъ болѣзней. Сюда относятся всѣ открытыя водовмѣстилища: озера, пруды, рѣки, ручьи и открытые колодцы въ населенныхъ мѣстностяхъ. Въ эти воды могутъ быть занесены вѣтромъ и еще легче промывными водами, городскими стоками, дождевой водой, массы бактерій и, вмѣстѣ съ ними, патогенные зародыши. Временно наступившее нарастаніе числа бактерій въ какой либо водѣ можетъ служить признакомъ увеличившейся опасности ея инфекціи патогенными микроорганизмами. Вообще, независимо отъ химическаго состава и числа содержащихся бактерій, всякая открытая вода въ населенной мѣстности должна считаться подозрительной, легко могущей сдѣлаться опасной.

Ключи и закрытые колодцы представляютъ опасность инфекціи, если они, находясь въ заселенной мѣстности, могутъ принимать въ себя стоки водъ съ поверхности земли изъ ближайшаго сосѣдства человѣка. Такъ какъ воды изъ значительной глубины не содержатъ бактерій, вслѣдствіе ихъ очищенія фильтрованіемъ черезъ большія толщи почвы, то только стоки изъ поверхностныхъ слоевъ черезъ

щели и трещины въ стѣнкахъ обложки этихъ водовмѣстителей могутъ занести въ нихъ болѣзнетворные микроорганизмы. Если нѣтъ увѣренности, что наружная обложка ключа или колодца вполне непроницаема для воды и что почва, окружающая водовмѣститель, не имѣетъ трещинъ или не состоитъ изъ крупнопористыхъ песчаныхъ слоевъ, то необходимо чтобы это водовмѣститель было значительно удалено отъ человѣческихъ жилищъ и особенно отъ клоакъ, выгребныхъ ямъ, прачешныхъ и вообще мѣстъ, куда попадаютъ различные отбросы. Считаютъ, что даже при плотной, мелкопористой почвѣ, мѣста нахожденія этихъ отбросовъ должны быть удалены отъ колодца на разстояніе не менѣе 10 метровъ. Если же почвенные слои въ данной мѣстности рыхлы или крупнопористы, а обложка водовмѣстителя проницаема, то и такого разстоянія недостаточно для увѣренности въ безопасности водовмѣстителя отъ попаданія въ него болѣзнетворныхъ зародышей. Особенно опасно выливаніе водъ, въ которыхъ стиралось бѣлье, въ близкомъ сосѣдствѣ съ не вполне водонепроницаемыми колодцами.

Иногда для оцѣнки доброкачественности воды колодца приходится рѣшить вопросъ: существуетъ ли сообщеніе воды этого колодца съ какой нибудь сосѣднею клоакою, выгребною ямою, и т. п. На практикѣ удобнѣе всего рѣшить этотъ вопросъ, пользуясь способностью нѣкоторыхъ пигментовъ окрашивать даже въ весьма малыхъ количествахъ огромныя массы воды. Для производа испытанія слѣдуетъ влить въ заподозрѣнное грязное вмѣститель щелочной растворъ 20—30 гр. флуоресцеина. Если существуетъ незамѣтный подземный стокъ грязной жидкости въ изслѣдуемый колодецъ, то по истеченіи нѣсколькихъ часовъ вода его начнетъ замѣтно флуоресцировать зеленовато-желтымъ цвѣтомъ. Испытаніе это весьма чувствительно, такъ какъ способность флуоресцеина вызывать флуоресценцію громадна: 1 гр. его достаточно, чтобы дать замѣтную флуоресценцію въ 1000 ведрахъ воды.

2). АППЕТИТНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Какъ отъ всякой пищи, такъ и отъ питьевой воды, кромѣ ея безвредности, должно требовать, чтобы она была чиста, не вызывала бы ощущенія брезгливости и доставляла бы удовольствіе при ея употребленіи. Хорошая питьевая вода должна быть безцвѣтна, прозрачна, безъ запаха, пріятнаго, освежающаго вкуса; она должна имѣть опредѣленную, возможно равномерную въ разное время температуру

Всѣ воды мутныя, замѣтно окрашенныя, обладающія затхлымъ или гнилостнымъ запахомъ, противнымъ, приторнымъ, щелочнымъ, горькимъ, сладковатымъ вкусомъ и высокой температурой не удовлетворяютъ потребностямъ человѣка и не должны быть допускаемы къ употребленію въ качествѣ питьевой воды.

Весьма важна однообразная, достаточно низкая температура водъ. Воды, теплыя лѣтомъ (выше 15° Ц.) и холодныя зимою (ниже 8° Ц.) неохотно употребляются для питья. Значительное разнообразіе температуры наблюдается часто въ водопроводной водѣ, если трубы проложены недостаточно глубоко въ землѣ, или если прямо берутъ воду изъ рѣкъ или озеръ. Неравномѣрность температуры заставляеть часто предпочитать водамъ, иногда болѣе чистымъ, менѣе чистыя, но болѣе постоянной температуры воды изъ городскихъ колодцевъ.

Значительное уклоненіе температуры воды ключа или колодца отъ средней температуры мѣстности, или значительныя колебанія ея въ разное время года могутъ служить указаніемъ происхожденія воды изъ поверхностныхъ слоевъ, или попаданія въ нее воды изъ соедѣнныхъ открытыхъ водовмѣстилищъ: рѣкъ, ручьевъ или озеръ. Только воды весьма глубокихъ артезіанскихъ колодцевъ выходятъ на земную поверхность значительно нагрѣтыми и ихъ повышенная температура не можетъ считаться признакомъ ихъ загрязненія. Такія воды, если можно ихъ достаточно охладить проведеніемъ черезъ достаточно длинный и довольно глубоко въ землѣ заложенный трубопроводъ, обыкновенно представляютъ собою наибольшую гарантію чистоты и незагрязненности.

Замѣтный запахъ, дурной вкусъ и окрашенность водъ зависять отъ присутствія въ нихъ веществъ, происхожденіе которыхъ лучше всего объясняется при изученіи мѣстныхъ условій, окружающихъ водовмѣстилище. Мутность воды зависить отъ недостаточности фильтраціи въ слояхъ почвы или отъ мѣстнаго загрязненія воды во время взятія изслѣдуемой пробы.

Но многія воды, не обнаруживающія запаха, дурнаго вкуса или мутности, прямо ощущаемыхъ органами чувствъ, тѣмъ не менѣе нечисты и не удовлетворяютъ требованіямъ чистоплотности, содержа въ себѣ могущія вызвать ощущеніе брезгливости примѣси. Весьма понятно стремленіе имѣть возможно близко отъ себя источникъ питьевой воды и отсюда — устройство какъ можно ближе къ себѣ колодцевъ. Между тѣмъ, именно близость водовмѣстилища къ человѣческому жилью часто вызываетъ попаданіе въ это водовмѣстилище различныхъ отбросовъ. Эти отбросы накаплиются вблизи жилья, вы-

щелачиваются и получаемый растворъ, проникая въ почву, можетъ просочиться и въ колодезь. Конечно отвратительно думать и знать, что грязные промок примѣшиваются къ питьевой водѣ. Можно признать чистыми только тѣ воды, въ которыхъ, или даже въ ближайшемъ сосѣдствѣ которыхъ, не находятся отбросы человѣческой жизни или продукты ихъ гниlostнаго разложенія.

О загрязненіи питьевыхъ водъ грязными растворами отчасти позволяетъ судить химическій анализъ водъ и потому интересно сравненіе полученныхъ при немъ результатовъ съ такъ называемыми предѣльными числами или нормами, указывающими нормальное содержаніе различныхъ растворенныхъ веществъ въ природныхъ водахъ, завѣдомо чистыхъ. Такія нормы для питьевой воды были многократно устанавливаемы, выражая ими тѣ предѣльные количества примѣсей, которыя можно допустить въ водѣ пригодной для питья, не загрязненной.

Разные изслѣдователи пытались при этомъ выразить числами, при какомъ содержаніи изслѣдуемая вода можетъ еще считаться годною къ внутреннему употребленію и допускаться къ нему и какое содержаніе примѣсей указываетъ на внѣшнее загрязненіе, дѣлая воду недопустимою къ употребленію для питья.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ помѣщены предѣльные числа или нормы, приводимыя разными авторами для нормальной питьевой воды:

Таблица предѣльныхъ чиселъ для нормальной питьевой воды.

Миллиграммы въ 1 литрѣ:	Рейхардтъ 1872 г.	Ф. Фишеръ 1873 г.	Брюссельская комиссія 1885 г.	Швейцарская комиссія 1888 г.	Тиманъ и Гертнеръ 1895 г.
Плотнаго остатка . .	100—500	—	500	500	500
Азотной кислоты N_2O_3	4	27	2	20	5—15
Сѣрной кислоты, SO_3 .	2—63	80	60	—	80—100
Хлора, Cl.	2—8	36	8	20	20—30
Извести, CaO	180	112	—	—	180—200
Магnezія, MgO		40	—	—	
Общей жесткости, въ нѣмецкихъ град. . . .	18°	17°—20°	20°	—	18—20°
Окисляемости, въ мил. $KMnO_4$	2—10	8—16	10	10	8—10
Амміака, NH_3	—	0,0	0,5	0,02	0 или слѣды
Азотистой кислоты, N_2O_3	—	0,0	—	0	0 или слѣды
Альбуминоиднаго ам- міака	—	—	0,1	0,05	0,2

Какъ видно, различные изслѣдователи ставятъ различные требованія къ нормальной питьевой водѣ; большинство аналитиковъ новѣйшаго времени придерживается предѣльныхъ чиселъ, приведенныхъ въ этомъ руководствѣ на стр. 10.

Этимъ предѣльнымъ числамъ, какъ бы то нибыло, не должно приписывать абсолютнаго значенія, такъ какъ въ нѣкоторыхъ природныхъ водахъ, навѣрно незагрязненныхъ, можетъ содержаться и превышающее ихъ количество нѣкоторыхъ растворенныхъ частей, въ зависимости отъ состава почвенныхъ слоевъ, по которымъ эти воды протекають. Такъ, напримѣръ, совершенно незагрязненные стоками природныя воды изъ известковыхъ и доломитныхъ формаций могутъ показывать жесткость гораздо высшую 20^0 , а воды, прошедшія черезъ соленосные слои, содержать гораздо болѣе 36 миллигр. хлора на 1 литръ. При примѣненіи предѣльныхъ чиселъ должно принимать въ соображеніе мѣстныя условія: составъ почвенныхъ слоевъ въ данной мѣстности, и было бы болѣе правильнымъ установить въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ мѣстныя предѣльныя числа для завѣдомо незагрязненныхъ водъ въ данной мѣстности.

Оцѣнивая достоинства питьевой воды на основаніи результатовъ ея химическаго анализа, слѣдуетъ руководствоваться слѣдующими соображеніями:

1). Для питья и домашняго обихода слѣдуетъ предпочитать воды мягкія. Существуютъ указанія, что у лицъ, привыкшихъ къ употребленію мягкой воды, переходъ къ водѣ жесткой вызываетъ нѣкоторое расстройство пищеварительныхъ органовъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ замѣчались и обратно заболѣванія желудка при переходѣ отъ жесткой воды къ мягкой и, можетъ быть, эти явленія сводятся къ свойству человѣческаго организма привыкать къ извѣстнаго рода пищи и страдать при измѣненіи установившихся привычныхъ условій. Съ другой стороны жесткія воды не удобны для домашняго обихода: онѣ плохо пѣнятъ съ мыломъ и потому мало пригодны для стирки бѣлья; въ нихъ трудно развариваются стручковые овощи и вообще плоды, дурно настаиваются чай и кофе.

2). Чистыя воды характеризуются малымъ содержаніемъ органическихъ веществъ и отсутствіемъ амміака и азотистой кислоты. Высокое содержаніе легко окисляемыхъ органическихъ веществъ и замѣтные слѣды амміака и азотистой кислоты служатъ указаніемъ на то, что вода протекала по слоямъ, содержащимъ гнѣющія вещества, еще не успѣвшія совершенно разложиться, вещества по большей части животнаго происхожденія. Хотя, какъ уже было говорено выше, и нѣтъ доказательствъ ядовитости большинства продуктовъ гнилостнаго разложенія, но несомнѣнно, присутствіе въ водѣ какихъ либо гнѣющихъ веществъ должно вызывать брезгливость и дѣлать питьевую воду противною. Присутствіе въ водахъ замѣтныхъ количествъ болѣе прочныхъ продуктовъ разложенія растительнаго происхожде-

нія, такъ называемыхъ гуминовыхъ веществъ, хотя и не противно, но дѣлаетъ воду непріятною для питья, такъ какъ сообщаетъ ей окраску и своеобразный вкусъ.

3). Изъ другихъ продуктовъ гніенія, фосфорная кислота рѣдко встрѣчается въ водахъ, такъ какъ, образуя нерастворимыя соединенія, она оседаетъ изъ воды. Напротивъ, азотная кислота, а также сульфаты и бикарбонаты кальція и магнія встрѣчаются часто и ихъ значительныя количества указываютъ на далеко прошедшій процессъ разложенія и окисленія органическихъ веществъ. Эти соединенія часто содержатся въ большихъ количествахъ въ подпочвенныхъ водахъ городовъ и вообще населенныхъ мѣстъ, представляя собою продукты разложенія органическихъ остатковъ, уже давно попавшихъ въ почвенные слои и успѣвшихъ уже вполне окислиться и разложиться.

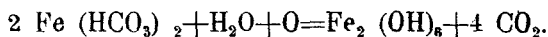
4). Высокое содержаніе хлора, азотной и сѣрной кислотъ, фосфорной кислоты, амміака, органическихъ веществъ, солей щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ служить указаніемъ загрязненія воды городскими отбросами, промывными водами, стоками изъ выгребныхъ ямъ и другихъ мѣстъ скопленія различныхъ нечистотъ. Въ особенности значительное содержаніе хлора, если въ почвѣ данной мѣстности нѣтъ соленосныхъ слоевъ, должно считаться указаніемъ загрязненія водъ мочею человѣка или животныхъ, или кухонными отбросами.

5). Интересно, что въ весьма чистыхъ водахъ глубокихъ артезианскихъ колодцевъ, незагрязненныхъ человѣческими отбросами и успѣвшихъ очиститься фильтраціей черезъ огромныя толщи глубокихъ почвенныхъ слоевъ, весьма часто находится амміакъ въ незначительныхъ количествахъ (1 миллигр. и менѣе на 1 литръ). Слѣдуетъ предполагать, что въ этомъ случаѣ амміакъ образовался вслѣдствіе процессовъ возстановленія растительныхъ, содержащихъ азотъ веществъ въ глубинѣ почвы, несодержащей вовсе кислорода.

6). Нерѣдко изъ глубокихъ и незагрязненныхъ отбросами колодцевъ получаютъ воды, содержащія замѣтныя количества желѣзистыхъ солей и, вмѣстѣ съ ними, часто сѣроводородъ, иногда амміакъ и гуминовыя вещества.

Образованіе такихъ водъ можно объяснить слѣдующимъ образомъ: проникающая въ глубину почвы вода лишается въ верхнихъ слояхъ раствореннаго въ ней кислорода и насыщается углекислотою; встрѣчая на глубинѣ желѣзные минералы, она растворяетъ желѣзо въ видѣ двууглекислой соли. Если вода въ верхнихъ слояхъ растворила также органическія соединенія, то на глубинѣ, въ отсут-

ствѣи кислорода, можетъ произойти возстановленіе сѣрнокислыхъ солей въ сѣрнистыя, а изъ нихъ подъ вліяніемъ углекислоты, можетъ образоваться сѣроводородъ; изъ азотистыхъ же растительныхъ органическихъ соединеній, напримѣръ изъ торфа, встрѣченнаго водою на ея пути, можетъ получиться амміакъ. Выходя на земную поверхность, такая вода бываетъ сначала совершенно прозрачной; но подъ вліяніемъ кислорода воздуха, вслѣдствіе окисленія, она скоро мутится и выдѣляетъ бурого цвѣта осадокъ, состоящій изъ гидрата окиси желѣза:



Если такую воду, послѣ совершившагося окисленія, профильтровать, напримѣръ черезъ песочный фильтръ, то она получается совершенно прозрачною, лишенною сѣроводорода и годною къ употребленію, какъ питье.

7). Хорошая питьевая вода должна быть достаточно насыщена газами (углекислота и кислородъ), такъ какъ вода, лишенная ихъ, безвкусна. На 1 литръ вкусная вода должна содержать не менѣе 30 куб. сантим. растворенныхъ газовъ.

Сопоставляя все вышесказанное, слѣдуетъ считать наиболѣе пригодными питьевыми водами мягкія воды ключей, правильно каптированныхъ и изолированныхъ отъ возможности проникновенія въ нихъ постороннихъ поверхностныхъ водъ. Нѣкоторыя изъ ключевыхъ водъ имѣютъ тотъ недостатокъ, что онѣ бѣдны кислородомъ, чему однако легко помочь, заставляя ключевую воду течь каскадомъ, причемъ она, насыщаясь воздухомъ, становится вполне пригодной для питья. Вслѣдъ за ключевыми водами, слѣдуетъ поставить по доброкачественности воды глубокихъ артезіанскихъ колодцевъ, пробурованныхъ въ мелкопористыхъ почвахъ, а также воды подземныя гористыхъ мѣстностей. Надземныя воды изъ населенныхъ и воздѣланныхъ мѣстностей должны считаться сомнительными, а воды рѣкъ и неглубокихъ колодцевъ, загрязненные сточными водами,—опасными для питья.

II. ВОДА ДЛЯ ДОМАШНЯГО ОБИХОДА.

За недостаткомъ количества имѣющейся въ распоряженіи питьевой воды иногда приходится употреблять для мытья и споласкиванья въ домашнемъ обиходѣ другую, менѣе чистую воду. Отъ этой воды можно и не требовать пріятнаго вкуса и вообще аппетита,

тѣмъ не менѣе и вода для промывки должна удовлетворять известнымъ условіямъ. Съ экономической точки зрѣнія вода для стирки бѣлья должна быть возможно мягкой. Жесткія воды расходуютъ много мыла для полученія надлежащаго очищающаго дѣйствія, такъ какъ известковыя и магнезіальныя соли разлагаютъ мыло, образуя нерастворимыя соединенія, не дающія нужной для отмыванія грязи пѣны. Приходится тратить тѣмъ больше мыла, чѣмъ жестче употребляемыя воды. Обыкновенно мягкія рѣчныя и озерныя воды предпочитаются въ прачешныхъ болѣе жесткимъ колодезнымъ водамъ.

Въ водѣ для мытья слѣдуетъ также опасаться присутствія болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ, такъ какъ и этимъ путемъ инфекціонныя болѣзни могутъ быть занесены въ человѣческой организмъ. Обмытая водою, содержащею патогенныя микробы, кухонная посуда, бѣлье, полъ жилого помѣщенія могутъ сдѣлаться источниками заразы, также какъ и питьевая вода. Опасность зараженія уменьшается, если подозрительную воду употреблять для мытья, лишь послѣ ея кипяченія.

III. ВОДА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХЪ ЦѢЛЕЙ.

Многочисленные производства нуждаются въ большихъ массахъ чистой воды. Къ этой водѣ, смотря по преслѣдуемой цѣли, предъявляютъ различныя требованія и могущія содержаться въ природныхъ водахъ примѣси имѣютъ различное значеніе для разныхъ производствъ.

1. ВОДА ДЛЯ ПИТАНІЯ ПАРОВЫХЪ КОТЛОВЪ.

Для питанія паровыхъ котловъ должна быть употребляема вода, составныя части которой не развѣдаютъ желѣзныхъ стѣнокъ котла и не даютъ внутри котла накипи.

Развѣданіе котельныхъ стѣнокъ происходитъ легко при употребленіи воды, содержащей много свободной и полусвободной углекислоты, сѣроводородъ и хлористый магній; послѣдній разлагается при кипяченіи воднаго его раствора, съ образованіемъ свободной соляной кислоты. Особенно вредна вода, содержащая, вмѣстѣ съ хлористымъ магніемъ, соли азотной кислоты, развивающая въ котлѣ хлоръ и окислы азота, быстро развѣдающіе котельныя стѣнки. Вредны также гуминовыя вещества и жиры, разлагаемые отчасти горячимъ водянымъ паромъ съ образованіемъ кислотъ. Опытъ показы-

васть, что и сахаристыя вещества, иногда попадающія въ паровые котлы на сахарныхъ заводахъ, способствуютъ скорому изнашиванію котельныхъ стѣнокъ.

Но особенно нежелательны въ паровичной водѣ соли кальція и магнія, на счетъ которыхъ главнымъ образомъ образуется котельная накипь, обильное накопленіе которой можетъ быть даже опасной, обуславливая взрывъ паровика.

Въ составъ котельной накипи входятъ главнымъ образомъ сѣрнокальціевая соль и углекислыя соли кальція и магія, а также кремнеземъ, глиноземъ, окись желѣза и отчасти органическія вещества.

Для питанія паровыхъ котловъ желательна поэтому вода возможно мягкая и содержащая возможно мало веществъ, способныхъ образовывать при высокой температурѣ кислоты, разѣдающія желѣзо.

2. ВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЪ, ОСНОВАННЫХЪ НА БРОЖЕНІИ.

Пивовареніе. Для пивоваренныхъ заводовъ пригодна вода, обладающая свойствами хорошей питьевой воды. Вода, содержащая значительныя количества микроорганизмовъ, много органическихъ веществъ, азотнокислыхъ солей, амміакъ, сѣрнистыя соединенія можетъ служить причиною ненормальнаго протеканія броженія. Хотя при высушиваніи солода и особенно при кипяченіи сусла и умерщвляется большинство микроорганизмовъ воды, но они могутъ попасть въ дрожжевой заторъ и въ самое бродящее сусло при ополаскиваніи бродильныхъ чановъ и бочекъ, въ которыхъ оканчивается броженіе пива. Впрочемъ высокое содержаніе зародышей микроорганизмовъ въ водѣ можетъ и не оказывать замѣтно вреднаго вліянія, такъ какъ по опытамъ Ганзена большинство водяныхъ бактерій не способно размножаться въ пивномъ суслѣ и скоро погибаетъ въ немъ. Необходимо произвести особые опыты, чтобы рѣшить о пригодности предложенной къ употребленію въ пивовареніе воды.

Воды мягкія и жесткія повидимому одинаково пригодны для пивоваренія, если онѣ въ другихъ отношеніяхъ чисты, хотя онѣ даютъ различныя результаты. Мягкая вода даетъ сусло болѣе богатое азотистыми соединеніями, жесткая, и особенно гипсовая вода, замедляетъ процессъ замачиванія солода, даетъ меньшій выходъ глюкозы изъ солода и сообщаетъ особый своеобразный вкусъ пиву; но зато жесткая вода удаляетъ изъ солода во время замачиванія ячменя меньше фосфорной кислоты и азотистыхъ соединеній и замедляетъ ходъ процесса броженія, устраняя перебродиваніе пива, легко на-

ступающее при слишком мягкой водѣ. Кромѣ того, при жесткой водѣ легче происходитъ просвѣтленіе пива. Пивовары считаютъ наиболѣе пригодной воду, жесткость которой лежитъ между 10 и 30 нѣмецкими градусами.

Винокурение. Для успѣшнаго производства спирта вода должна удовлетворять тѣмъ же требованіямъ, какъ и для пивоваренія, такъ какъ и здѣсь должно опасаться возможности неуравновѣнаго хода броженія, подѣ влияніемъ отличныхъ отъ обыкновенныхъ дрожжей микроорганизмовъ. Жесткая вода не годится для разсиропливанія спирта и для приготвленія ликеровъ, такъ какъ она при смѣшиваніи со спиртомъ мутится, выдѣляя въ видѣ мелкой мути не растворимыя въ спиртѣ щелочноземельныя соли, которыя весьма трудно отстаиваются и сообщаютъ жидкости замѣтную опаливанію. Непригодна также слишкомъ жесткая вода для холодильниковъ, такъ какъ она выдѣляетъ на трубахъ холодильника осадки, уменьшающія теплопроводность и, слѣдовательно, полезную производительность приборѣвъ.

Для производства уксуса, сидра, для петіонизированія вина, для хлѣбопеченія требуется также мягкая питьевая вода, возможно бѣдная микроорганизмами.

3. ВОДА ДЛЯ САХАРОВАРЕНІЯ.

Содержащіяся въ водѣ соли составляютъ отчасти причину образованія патоки. Въ особенности вредны въ этомъ отношеніи нѣкоторыя соли азотной кислоты, которыя удерживаютъ въ патоку значительное количество сахара. Менѣе вредны сѣрнокислыя и углекислыя соли, или хлористыя соединенія. Значительное содержаніе солей въ водѣ увеличиваетъ также содержаніе золы въ получаемомъ сахарѣ, что влияетъ на его оцѣнку, при которой показаніе поляриметра принято уменьшать на пятикратное содержаніе въ сахарѣ золы.

Вода не должна содержать гнилостныхъ веществъ, могущихъ вызвать превращеніе сахара въ диффузеряхъ. По наблюденіямъ Пфейфера, высокое содержаніе въ водѣ гипса и поваренной соли обуславливаютъ полученіе темно окрашенныхъ утфелей въ вакуумъ-аппаратѣ.

Особенно чистая вода требуется для производства рафинада.

4. ВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРАХМАЛА.

Въ крахмальномъ производствѣ требуется прозрачная, безцѣтная, мягкая вода, содержащая мало легко окисляемыхъ органическихъ веществъ и микроорганизмовъ. Высокое содержаніе двуугле-

кислыхъ солей щелочноземельныхъ металловъ можетъ повысить содержаніе солей въ крахмалѣ. Отъ желѣза получается желтая окраска, отъ глинозема сѣрый цвѣтъ продукта. Напротивъ, незначительное содержаніе поваренной соли повидимому благоприятно. Присутствіе въ водѣ бродильныхъ грибовъ можетъ вызвать масляное или молочное броженіе, вслѣдствіе которыхъ получаемый крахмалъ приобретаетъ непріятный запахъ и трудно отстаивается.

5. ВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И ЦЕЛЛУЛОЗЫ.

Вода, богатая кальціевыми и магніевыми солями, разлагаетъ служащей для проклейки бумаги растворъ смолянаго мыла. Вода желѣзистая можетъ вызывать на получаемой бумагѣ ржавыя пятна. Вода, содержащая гниlostныя органическія вещества можетъ вызвать развитіе плѣсней на бумагѣ. При производствѣ целлулозы должно особенно избѣгать воды, богатой зародышами водорослей, могущихъ развиваться въ обширныя колоніи въ рыхлой массѣ продукта и вредно отражаться на свойствѣ получаемаго продукта. Обильному развитію въ массѣ водорослей можно помѣшать прибавленіемъ къ водѣ небольшихъ количествъ сѣрнистой кислоты или хлористаго цинка.

6. ВОДА ДЛЯ КОЖЕВЕННЫХЪ ЗАВОДОВЪ.

Кожевенные заводы нуждаются въ чистой водѣ. Вредны примѣси органическихъ веществъ, углекислоты и бикарбонатовъ. По Симинду, вода для выдѣлки кожъ не должна быть жесткою и содержащею много хлора; напротивъ, присутствіе гипса и желѣзистыхъ соединений оказывается благоприятнымъ.

7. ВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЯ.

Для производства клея изъ отбросовъ кожевеннаго дѣла, необходима мягкая вода, такъ какъ только она способна легко разваривать сырыя матеріалы и давать клей, прозрачно растворяющійся послѣ высушиванія.

8. ВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЪ КРАСИЛЬНАГО, СИТЦЕПЕЧАТНАГО И БѢЛИЛЬНАГО.

Выше приведенныя производства требуютъ большія количества прозрачной, безцвѣтной и мягкой воды. Жесткія воды способны из-

мѣнять оттѣнки получаемыхъ окрашиваній и вызывать неравномѣрную окраску волоконъ, такъ какъ известковыя и магнезіальныя соли, отлагаясь на волокна, препятствуютъ равномѣрному прикрѣпленію къ волокну пигментовъ. Желѣзистыя воды могутъ вызывать появленіе ржавыхъ пятенъ на тканяхъ. Мутныя воды не пригодны для бѣлильных фабрикъ, такъ какъ онѣ вызываютъ желтизну или сѣрую окраску отбѣливаемыхъ тканей, трудно устранимая дѣйствіемъ бѣлильных матеріаловъ.

Для замачиванія льна нужна мягкая, не содержащая желѣза вода. Для производства шелка, напротивъ, выгоднѣе жесткая вода, такъ какъ она даетъ болѣе прочную шелковую нить. Тѣмъ не менѣе предпочитаютъ мягкую воду, если выдѣлываемыя шелковыя издѣлія предназначаются къ окрашиванію, такъ какъ мягкій шелкъ легче и равномѣрнѣе окрашивается.

9. ВОДА ДЛЯ НѢКОТОРЫХЪ ДРУГИХЪ ПРОИЗВОДСТВЪ.

Для производства листового стекла требуется мягкая вода. При производствѣ воска слѣдуетъ избѣгать желѣзистой воды, вызывающей темную окраску продукта.

Для гашенія извести и приготовленія строительныхъ известковыхъ растворовъ вода не должна содержать много хлористыхъ соединений и сѣрнокислыхъ солей, присутствіе которыхъ замедляетъ высыханіе построекъ и вызываетъ появленіе пятнистаго вида штукатурки и ея окончательной окраски. Для поливанія улицъ слѣдуетъ избѣгать гнилостный, вонючей воды и воды, содержащей патогенныя бактеріи.

10. ВОДА ДЛЯ РЫБОВОДСТВА.

Нерѣдко приходится рѣшать вопросъ о большей или меньшей пригодности водовмѣстилища къ рыбоводству. Пригодность къ рыбоводству опредѣляется однако не однимъ составомъ воды, но и многими другими условіями: температурою, подвижностью воды, составомъ и свойствомъ дна, развитіемъ фауны и флоры, служащихъ для питанія рыбы, и другими.

Кромѣ того, различныя породы рыбъ требуютъ различныя условія для успѣшнаго ихъ разведенія; однѣ породы нуждаются въ прозрачной, холодной, быстро текущей водѣ, другія предно-

читаютъ болѣе теплую, спокойную воду, третьи нуждаются въ мутной, богатой растворенными и взвѣшенными органическими веществами водѣ. Нѣкоторыя рыбы требуютъ каменистаго или песчанистаго дна, другія предпочитаютъ дно, покрытое водяными растеніями. Въ различные періоды жизни нѣкоторыя породы рыбъ требуютъ различные воды. Для періода метанія икры, необходимы неглубокія, спокойныя мѣста, съ богато развитою водяною растительностью, между которой молодъ могла бы легко находить необходимую ей пищу и защиту отъ многочисленныхъ враговъ. Такимъ образомъ, нельзя установить какихъ либо общихъ нормъ для качества воды, пригодной къ успѣшному рыбоводству.

Во всякомъ случаѣ воды, годныя для рыбоводства, должны содержать необходимыя для питанія рыбъ растворенныя и взвѣшенныя минеральныя и органическія вещества, въ количествахъ различныхъ для разныхъ породъ. Вода должна содержать достаточно раствореннаго кислорода, необходимаго для дыханія рыбъ, и этимъ вѣроятно объясняется, почему многія породы рыбъ предпочитаютъ воды холодныя, содержащія больше раствореннаго кислорода, и избѣгаютъ теплыя воды съ илистымъ или торфянистымъ дномъ, въ которыхъ кислорода мало.

Несомнѣнно, различные нечистоты, могущія попасть въ видѣ отбросныхъ сточныхъ водъ городовъ и фабрикъ въ открытыя водоемѣстилища, могутъ, загрязняя воду, дѣлать ее непригодною для жизни рыбъ и вредить рыбоводству, но различные вещества вліяютъ не одиноково въ этомъ отношеніи. Вейгельтъ ¹⁾ произвелъ многочисленные опыты надъ вліяніемъ различныхъ, могущихъ попадать въ воды веществъ на различныя породы рыбъ и составилъ таблицы, указывающія на сколько различныя постороннія вещества оказываются вредными для рыбъ. По опытамъ Вейгельта, по степени ядовитости различныхъ веществъ, ихъ можно расположить въ слѣдующій рядъ: хлоръ, сѣрнистая кислота, амміакъ, сѣроводородъ, известь, свободныя минеральныя кислоты, щелочи, соли. Вреднѣе всѣхъ дѣйствуетъ растворенныя, вредно дѣйствующіе на органы дыханія газы и сильнѣе всего хлоръ. Весьма вредна известь, изъ которой при дыханіи образуется нерастворимая углеизвестковая соль, оседающая на жабрахъ. Вліяніе различныхъ солей весьма неодинаково. Весьма вредны соли тяжелыхъ металловъ, въ томъ числѣ и соли алюминія и желѣза. Соли ртути, мѣди, мышьяка и цинка убиваютъ рыбъ уже

¹⁾ Archiv für Hygiene. 3 (1885), 39.

въ весьма разбавленныхъ растворахъ и въ ничтожныхъ количествахъ. Соли щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ, свободныя кислоты и щелочи, кромѣ извести, довольно хорошо переносятся рыбами даже въ довольно значительныхъ количествахъ. Вредное вліяніе усиливается съ пониженіемъ температуры. Ядовитыми для рыбъ оказываются также ціанистыя соединенія, фенолы, многія органическія краски, а также гниlostныя вещества и вещества, поглощающія кислородъ.

Рыбы подвержены также инфекціоннымъ заболѣваніямъ, вызываемымъ особыми микроорганизмами, и нерѣдко замѣчаютъ рыбныя эпидеміи, повидимому въ зависимости отъ загрязненія и загниванія на днѣ водовмѣстилища. Такія эпидеміи распространяются иногда только на нѣкоторыя породы рыбъ, въ то время, какъ другія породы рыбъ, въ томъ же водовмѣстительствѣ, остаются не тронутыми.



ЧАСТЬ IV.

О ч и щ е н і е в о д ы.

Огромныя количества воды, требуемыя для питья и для домашнихъ и техническихъ цѣлей, не вездѣ встрѣчаются достаточно чистыми въ природѣ, и потому въ технику уже давно изыскивались и предлагались разнообразныя способы для очищенія воды отъ содержащихся въ ней вредныхъ примѣсей. Употребляемыя для этого способы суть: перегонка, замораживаніе, фильтрованіе, кипяченіе, электризація и очищеніе дѣйствіемъ химическихъ реактивовъ.

1. П Е Р Е Г О Н К А.

Перегонка есть самый радикальный способъ очищенія воды, такъ какъ она даетъ возможность получать чистую воду изъ всѣхъ, даже сильно загрязненныхъ, природныхъ водъ. Въ котлѣ, обыкновенно мѣдномъ и внутри вылуженномъ, помѣщенномъ надъ очагомъ, кипятятъ очищаемую воду, водяной паръ поступаетъ въ покрывающій котель оловянный шлемъ и затѣмъ въ оловянный змѣевикъ, охлаждаемый водой, протекающей черезъ сосудъ, въ который этотъ змѣевикъ погруженъ. Перегнанная вода, сгустившаяся въ змѣевикѣ, стекаетъ въ сосудъ, поставленный подъ нижнее его отверстіе. Если очищаемая вода содержитъ растворенные пахучіе газы, амміакъ или сѣроводородъ, то необходимо отбросить первыя порціи перегона, приблизительно 20% всей перегоняемой воды. Перегонку не слѣдуетъ доводить до конца, и нужно оставлять въ кубѣ также около 20% перегоняемой воды, такъ какъ подъ конецъ, при высыханіи остатка, органическія вещества и нѣкоторыя соли, напримѣръ, хлористый магній, могутъ разложиться, выдѣляя летучія соединенія, могущія перейти въ перегонъ и загрязнить его.

Перегонка воды обходится, однако, очень дорого, такъ какъ требуетъ значительнаго количества топлива. Употребляется этотъ способъ только въ рѣдкихъ случаяхъ: для полученія химически чист-

той, дистиллированной воды, для фармацевтических и научных цѣлей, а также для полученія питьевой воды изъ морской, на корабляхъ, во время дальняго плаванія. Въ послѣднемъ случаѣ обыкновенно утилизируютъ на пароходахъ отработавшій паръ паровой машины, проводя его въ особые холодильники. Кромѣ дороговизны, перегонка для полученія питьевой воды еще потому мало пригодна, что она даетъ воду бѣдную газами, а потому невкусную и не освѣжающую. Чтобы устранить послѣдній недостатокъ, перегнанную воду на морскихъ пароходахъ искусственно насыщаютъ воздухомъ, заставляя ее вытекать изъ брызгалки или пропуская ее черезъ угольный фильтръ, что также устраняетъ ея непріятный вкусъ, зависящій вѣроятно отъ летучихъ органическихъ веществъ, содержащихся въ морской водѣ. Для сообщенія дистиллированной водѣ болѣе пріятнаго вкуса и нѣкоторой желательной жесткости, полезно прибавлять къ ней небольшое количество воды, насыщенной двууглекислой солью (1 литръ на 1000 литровъ дистиллированной воды).

2. ЗАМОРАЖИВАНІЕ.

Если охладить нѣсколько ниже 0° воду, содержащую въ растворѣ твердыя вещества, то выдѣляющійся ледъ содержитъ менѣе твердыхъ веществъ, чѣмъ оставшаяся незастывшей часть воды. Выдѣлившійся ледъ содержитъ тѣмъ менѣе твердыхъ веществъ, чѣмъ менѣе концентрированъ былъ водный растворъ и чѣмъ медленнѣе происходило образованіе льда. Такъ какъ въ природныхъ водахъ вообще содержится немного растворенныхъ плотныхъ веществъ, то частичнымъ и медленнымъ ихъ замораживаніемъ можно получить ледъ, дающій при оттаиваніи весьма чистую воду. Рѣчныя, озерныя и колодезные воды этимъ способомъ даютъ почти совершенно чистую воду, а морская вода—воду, годную для питья.

Очищеніе этимъ способомъ возможно лишь въ холодныхъ странахъ и потому рѣдко примѣняется.

3. ФИЛЬТРОВАНІЕ.

Процѣживаніе природныхъ водъ черезъ порозныя тѣла, или ихъ фильтрованіе, есть наиболѣе часто употребляемый способъ очищенія водъ для питья и для техническихъ цѣлей, извѣстный уже древнимъ народамъ.

Для фильтрованія большихъ массъ воды, идущихъ, напримѣръ,

на водоснабженіе городовъ, возможно употреблять лишь дешевые матеріалы, встрѣчающіеся въ природѣ въ большихъ количествахъ, а именно гравій и песокъ. Рѣже возможно примѣненіе болѣе дорогихъ матеріаловъ: порознаго песчанника, губки, хлопчатой бумаги, шерсти, бумажныхъ и шерстяныхъ тканей, древеснаго, костянаго или такъ называемаго пластическаго угля, шлаковъ, порозной обожженной глины, губчатаго желѣза и другихъ, примѣняемыхъ только для очищенія небольшихъ количествъ воды. При прохожденіи черезъ эти вещества, очищаемая вода лишается содержащихся въ ней взвѣшенныхъ частичекъ и, кромѣ того, нѣкоторой части растворенныхъ въ ней солей и органическихъ веществъ. Органическія и организованныя вещества наиболѣе полно задерживаются животнымъ углемъ, обожженою глиною и губчатымъ желѣзомъ. Обыкновенно употребляемая на большихъ фильтрахъ песокъ и гравій, хотя и сообщаютъ водѣ прозрачность, но не въ состояніи очистить воду вполне отъ органическихъ веществъ и микроорганизмовъ и сдѣлать сильно загрязненную воду, пригодною для питья. Снабженіе городовъ чистою ключевою водою, должно предпочитать снабженію ихъ фильтрованной рѣчною водою, содержащею обыкновенно большія количества не желательныхъ примѣсей.

Тѣмъ не менѣе, недостаточность количества чистой ключевой воды для снабженія большихъ городовъ дѣлаетъ примѣненіе рѣчной воды неизбѣжнымъ и фильтрованіе ее остается по нынѣ самымъ употребительнымъ способомъ ея очищенія.

Детали устройства большихъ фильтровъ, употребляемыхъ для очищенія воды, идущей на водоснабженіе городовъ, весьма разнообразны, хотя всѣ эти приборы основаны на пропусканіи очищаемой воды черезъ слой песка и гравія подъ болѣе или менѣе сильнымъ давленіемъ. Чтобы не загрязнить слишкомъ скоро фильтрующую массу песка, передъ фильтрами обыкновенно устраиваютъ отстойныя бассейны, въ которыхъ оседаютъ болѣе крупныя, взвѣшенные въ водѣ частицы. Эти бассейны представляютъ собою обширныя, вырытыя въ землѣ ямы, выложенныя глиной и кирпичемъ или песчанникомъ. Дно отстойныхъ бассейновъ дѣлается покатымъ къ канавкѣ на одной изъ узкихъ сторонъ резервуара; въ эту канавку собирается оседающій изъ воды илъ, что облегчаетъ его удаленіе.

Вода забирается изъ природнаго водовмѣстилища заборною трубою, отверстіе которой вводится возможно дальше отъ берега въ русло и окружается сѣткою изъ мѣди или латуни, мѣшающею попаданію въ трубу крупныхъ, твердыхъ веществъ. Заборная труба доставляетъ воду въ отстойные бассейны, въ нихъ вода нѣсколько прос-

вѣляется и затѣмъ перекачивается или переливается самотокомъ въ фильтрующіе бассейны, представляющіе собою также врытыя въ землю прямоугольнаго сѣченія ямы, выложенныя кирпичемъ на глину или цементъ. Вдоль дна фильтр—бассейновъ устроены перекрытые продыравленными сводами каналы, въ которые собирается профильтрованная вода. Нагрузка фильтровъ (толщиною отъ 1 до 2 метровъ) состоитъ изъ слоевъ гравія и рѣчнаго песку, причемъ крупность зеренъ уменьшается снизу вверхъ. Размѣры отсоединенныхъ и фильтрующихъ бассейновъ, толщина и устройство фильтрующихъ слоевъ въ разныхъ мѣстностяхъ весьма различны и должны быть приравнены къ свойствамъ очищаемой воды и къ свойствамъ песка, имѣющагося въ распоряженіи. Наиболее пригоденъ песокъ, состоящій изъ неправильныхъ зеренъ, средній діаметръ которыхъ колеблется между $\frac{1}{3}$ и 1 миллим. Вода очищается тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ мельче зерна песка, но черезъ слишкомъ мелкій песокъ фильтрованіе идетъ слишкомъ медленно. Чѣмъ болѣе вода содержитъ взвѣшенныхъ частичекъ, чѣмъ эти частички мельче и чѣмъ крупнѣе песокъ, тѣмъ медленнѣе должно совершаться фильтрованіе и, слѣдовательно, тѣмъ значительнѣе должны быть размѣры фильтра на каждый объемъ очищаемой воды. Необходимое отношеніе между величиною поверхности фильтрующаго слоя и количествомъ очищаемой воды должны быть опредѣлены для каждаго даннаго случая опытомъ, причемъ скорость фильтрованія должна быть такова, чтобы частички мути удерживались вполне въ верхнемъ песочномъ слое фильтра, и только слѣды мути проникали въ слой гравія. При соблюденіи этихъ условій, приходится время отъ времени перемѣнять только верхній слой песка, слой же гравія могутъ оставаться безъ особаго очищенія нетронутыми долгое время, въ теченіи многихъ лѣтъ. Число устраиваемыхъ фильтр — бассейновъ и ихъ поверхность должна быть рассчитана такъ, чтобы при очисткѣ одного изъ бассейновъ, остальные могли доставлять все необходимое для водоснабженія количество хорошо очищенной воды. Иногда, если очищаемая вода не содержитъ крупныхъ, взвѣшенныхъ частичекъ, а только мелкую мути, можно не строить особыхъ отстойныхъ бассейновъ, приносящихъ въ этомъ случаѣ лишь мало пользы и могущихъ, при долгомъ пребываніи въ нихъ воды, вызывать ея порчу, а пускать воду прямо на песочные фильтры, заботясь только, чтобы напускъ воды происходилъ равномерно и спокойно, не вызывая взмучиванія и перемѣшиванія верхнихъ песочныхъ слоевъ. Отстойные и фильтрующіе бассейны должны находиться въ прохладныхъ, темныхъ и хорошо провѣтриваемыхъ помѣщеніяхъ, чтобы по возможности

ти противодействовать быстрому развитію въ водѣ животныхъ и растительныхъ организмовъ.

Очищающее дѣйствіе песочныхъ фильтровъ сводится къ устраненію взвѣшенной въ водѣ муты и къ задержанію значительнаго количества микроорганизмовъ. Многочисленные опыты показываютъ, что микроорганизмы задерживаются въ песчаныхъ фильтрахъ при посредствѣ слизистаго слоя, отлагающагося въ верхнихъ слояхъ мелкаго песка, послѣ нѣкотораго времени дѣйствія прибора. Фильтръ, свѣже загруженный, въ первое время пропускаетъ микроорганизмы, но постепенно зерна песку, какъ бы обволакиваются слизистой пленкой, черезъ которую проходитъ вода, свободная отъ микробовъ, или содержащая только незначительное ихъ количество. Эти слизистыя пленки въ верхнихъ песочныхъ слояхъ состоятъ изъ осѣвшихъ минеральныхъ и органическихъ частичекъ водяной муты, изъ глины, гидрата окиси желѣза, изъ растительныхъ нитей водорослей и изъ бактерій; онѣ и составляютъ существенно полезную часть самого фильтра и по мѣрѣ ихъ утолщенія усиливается очищающее дѣйствіе фильтра. Къ сожалѣнію, вмѣстѣ съ увеличеніемъ толщины очищающей воду пленки, замедляется скорость фильтрованія и фильтръ становится все болѣе и болѣе медленно фильтрующимъ, такъ что наступаетъ время, когда необходимо удалить верхній слой песка, вмѣстѣ съ осѣвшею въ немъ слизистой массою и замѣнить его слоємъ свѣжаго, чистаго песку. Нѣкоторое время можно ускорить постепенно замедляющееся фильтрованіе, увеличивая высоту водянаго слоя, напускаемаго на фильтръ и, слѣдовательно, дѣйствующее давленіе; но, наконецъ, и это не помогаетъ,—фильтръ загрязненъ и долженъ быть выведенъ изъ работы для очистки.

Необходимо постоянно слѣдить за работою каждаго отдѣльнаго фильтра, входящаго въ составъ фильтрующей батареи, производя опредѣленіе скорости фильтрованія и числа микроорганизмовъ, содержащихся въ профильтрованной водѣ.

Обыкновенно, въ началѣ работы свѣже загруженнаго фильтра, число микроорганизмовъ въ водѣ, напускаемой на фильтръ и въ водѣ, съ него получаемой, почти одинаково. По мѣрѣ образованія въ верхнихъ слояхъ песка слизистой фильтрующей пленки, число микроорганизмовъ въ водѣ, стекающей съ фильтра быстро уменьшается, но въ тоже время уменьшается и скорость фильтрованія. Принято считать работу фильтра удовлетворительной, если при достаточной скорости фильтрованія, (въ среднемъ около 2 кубич. метровъ въ 24 часа на каждый квадратный метръ поверхности) получаемая вода содержитъ не болѣе 50 — 100 микроорганизмовъ въ 1 кубич. сантим. Время правильной работы фильтра до не-

обходимаго очищенія и объемъ воды, который можетъ быть очищенъ достаточно каждыиъ квадратнымъ метромъ поверхности фильтра весьма различны и зависятъ отъ свойства очищаемой воды, времени года, скорости фильтрованія, крупности зерна употребляемаго песка. Обыкновенно свѣже загруженный фильтръ начинаетъ удовлетворительно работать черезъ 1 — 2 сутокъ послѣ его пуска въ ходъ, работаетъ удовлетворительно въ теченіи 25—30 сутокъ и даетъ около 70 куб. метровъ достаточно очищенной воды на 1 кв. метръ фильтрующей поверхности. Приведенныя числа суть среднія изъ наблюдений на 11 большихъ водяныхъ фильтрахъ, дѣйствующихъ нынѣ въ Германіи. Въ отдѣльныхъ случаяхъ, числа эти колеблются между широкими предѣлами; начало работы: 12 часовъ—2 сутокъ, продолжительность правильнаго дѣйствія: 6—90 сутокъ, объемъ полученной фильтрованной воды съ 1 кв. метра поверхности: 26 — 243 куб. метровъ. Скорость фильтрованія колебалась отъ 47 до 261 миллим. высоты водянаго слоя въ 1 часъ и составляла въ среднемъ 93,7 миллим. (отъ 1,6 до 4,3 куб. метровъ въ 24 часа на 1 кв. метръ поверхности).

Вышеописанные песочные фильтры имѣютъ тотъ недостатокъ, что занимаютъ, въ связи съ отстойными бассейнами, очень большое пространство ¹⁾. Кроме того, въ нихъ очищенная вода проходитъ сначала черезъ мелкій песокъ, а затѣмъ черезъ болѣе крупный гравій, вслѣдствіе чего весь фильтръ быстро засаривается при слишкомъ быстромъ фильтрованіи и требуетъ дорого стоящей полной чистки. Для устраненія этихъ недостатковъ, предлагались различныя измѣненія устройства, не надшедшія себѣ, однако, въ практикѣ обширнаго примѣненія.

Для сбереженія пространства, предлагали располагать фильтрующій матеріалъ не горизонтально, а вертикально, образуя изъ него родъ вертикальных стѣнокъ, помѣщенныхъ въ бассейнъ, врытомъ въ землю и наполняемомъ съ одного конца очищаемой водой. Для замедленія засариванія фильтра, предлагали помѣщать фильтрующій матеріалъ различной крупности не слоями одинъ на другомъ, въ одномъ и томъ же бассейнѣ, а одинъ возлѣ другаго, въ нѣсколькихъ бассейнахъ, расположенныхъ уступами, и пропускать очищаемую воду такъ, чтобы она сначала шла черезъ самый крупный матеріалъ, затѣмъ, черезъ болѣе мелкій и подъ конецъ, черезъ самый мелкій

¹⁾ Отстойные бассейны и фильтры, очищающіе воду рѣки Темзы для снабженія водой Лондона, занимали въ 1880 году до 183 десятинъ земли.

песокъ. Для усиленія очищенія воды и для ускоренія фильтрованія, предлагалось увеличить толщину фильтрующихъ слоевъ и вести фильтрованіе подъ усиленнымъ давленіемъ.

На практикѣ при введеніи вышеупомянутыхъ улучшеній, встрѣчаются однако неудобства, мѣшающія ихъ успѣшному примѣненію. Расположеніемъ фильтрующаго матеріала вертикальными слоями уменьшается мѣсто, занимаемое фильтромъ, но зато сильно затрудняется очистка и загрузка фильтра. Устройство нѣсколькихъ бассейновъ, уступами, еще болѣе увеличиваетъ пространство, занимаемое фильтромъ. Употребленіе толстыхъ слоевъ песка и увеличеннаго давленія требуетъ сложныхъ приспособленій и особенно тщательнаго надзора надъ правильностью работы фильтрованія.

Предложеніе употреблять на большихъ фильтрахъ, вмѣстѣ съ пескомъ и гравіемъ, другіе матеріалы: древесный уголь, губки, шерсть и пр. не нашли себѣ обширнаго примѣненія, главнымъ образомъ вслѣдствіе дороговизны этихъ матеріаловъ и непродолжительности ихъ очищающаго воду дѣйствія.

При рѣкахъ, протекающихъ въ почвахъ, состоящихъ изъ песка и гравія и имѣющихъ довольно быстрое теченіе, прибѣгаютъ иногда къ такъ называемому естественному у фильтрованію, съ цѣлью очищенія воды отъ содержащейся въ ней мути. Для этого въ нѣкоторомъ разстояніи отъ берега рѣки, вдоль ея теченія, вырываютъ въ пластъ гравія и песка подземный каналъ, въ который вода просачивается черезъ песочныя слои и при этомъ просвѣтляется. Профильтрованная вода выкачивается изъ канала насосомъ, доставляющимъ ее къ мѣсту потребленія.

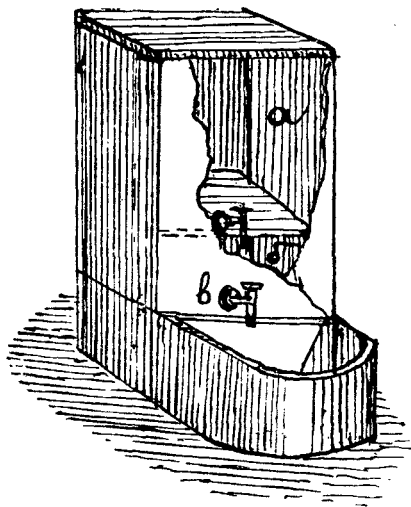
Для фильтрованія меньшихъ количествъ воды, необходимыхъ для отдѣльныхъ заводовъ и для домашняго обихода, примѣняется весьма большое число приборовъ, отличающихся другъ отъ друга, какъ по устройству, такъ и по природѣ фильтрующаго матеріала. Здѣсь не такъ важна экономическая сторона дѣла, легче бдительный надзоръ и возможно употребленіе болѣе сложныхъ и болѣе дѣйствительныхъ фильтровъ. Кромѣ песочныхъ фильтровъ, подобныхъ вышеописаннымъ, здѣсь для фильтрованія примѣняютъ сосуды съ ложными днами и замѣняютъ песокъ совсѣмъ, или отчасти, древеснымъ углемъ, губкою, хлопчатой бумагой, целлулозой, шерстью, волосомъ и т. д.

Шерсть и волосъ особенно пригодны, если вкусъ получаемой воды не имѣетъ значенія и требуется главнымъ образомъ полная прозрачность воды. Эти матеріалы, не разбухающіе въ водѣ и весьма

упругіе, быстро фильтруютъ и могутъ быть употреблены въ прессованомъ видѣ, между продыравленными досками или проволочными ситами. Для ускоренія работы, фильтрованіе иногда ведутъ при усиленномъ давленіи, производимомъ или водянымъ столбомъ или особымъ насосомъ.

Число фильтровъ, предложенныхъ для очищенія небольшихъ количествъ воды весьма велико и по устройству они могутъ быть раздѣлены на четыре большія группы:

1). **Фильтры, въ которыхъ очищаемая вода проходитъ внизъ, черезъ фильтрующий матеріалъ.** Представителемъ этой группы фильтровъ можетъ служить приборъ, изображенный на фиг. 10, довольно распространенный въ практикѣ въ домашнемъ обиходѣ.

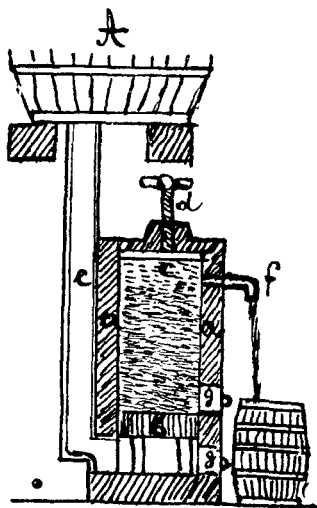


Фиг. 10.

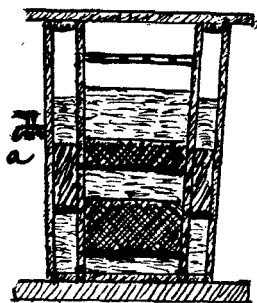
Очищаемая вода наливается въ отдѣленіе *a* и просачивается изъ него въ нижнее отдѣленіе *b* черезъ порозную пластинку изъ естественнаго песчанника. Изъ отдѣленія *b* очищенная вода выпускается черезъ кранъ *в*. Въмѣсто естественнаго песчанника, употребляютъ часто пористыя плитки, получаемыя искусственно обжиганіемъ смѣси глины и инфузорной земли. Фильтры эти скоро засариваются и очищеніе ихъ затруднительно. Дѣйствіе фильтра гораздо совершеннѣе и очищеніе его легче, если вмѣсто плитки песчанника, помѣстить

дырчатое ложное дно и на немъ чередующіеся слои песка и древеснаго или костяного угля.

2). **Фильтры, въ которыхъ очищаемая вода проходитъ снизу вверхъ, черезъ фильтрующий матеріаль.** Одинъ изъ фильтровъ этой группы изображенъ на фиг. 11.



Фиг. 11.



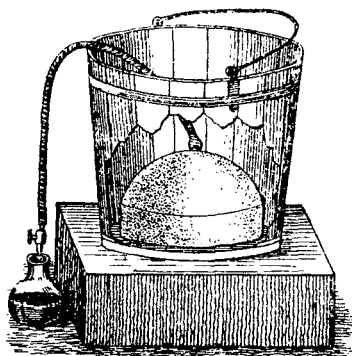
Фиг. 12.

Въ деревянномъ или желѣзномъ сосудѣ *aa* слои фильтрующаго матеріала помѣщены между ложнымъ дномъ *b* и крышкою *c*, нажимаемою винтомъ *d*. Очищаемая вода изъ бака *A* поступаетъ по трубкѣ *e* подъ ложное дно и послѣ фильтрованія выливается изъ крана *f*. Отверстія *gg* запираются пробками и служатъ для прочищенія прибора.

3). **Фильтры съ двойнымъ токомъ, сначала сверху внизъ, а затѣмъ снизу вверхъ.** Представитель фильтровъ этой группы изображенъ на фиг. 12. Онъ состоитъ изъ двухъ кадей, вставленныхъ одна въ другую, такъ что между ихъ стѣнками остается кольцеобразное пространство.

Очищаемая вода вливается во внутреннюю кадку, просачивается черезъ фильтрующий матеріаль и черезъ рядъ отверстій близъ дна этой кадки проходитъ въ кольцеобразное пространство, подымается въ немъ черезъ фильтрующий матеріаль и стекаетъ черезъ выпускной кранъ *a*.

4). Фильтры, въ которыхъ профильтрованная вода проходить въ полость внутри фильтрующаго матеріала, такъ называемые погруженные фильтры (*filtre plongeur*) фиг. 13.



Фиг. 13.

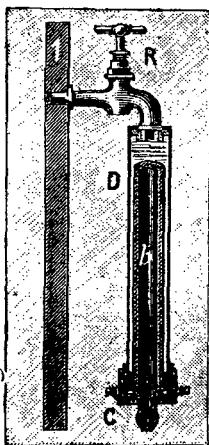
Такого рода фильтры, приготовленные обыкновенно изъ пластического угля, представляютъ собою полушаръ, содержащій внутри полость, сообщающуюся съ наружнымъ воздухомъ короткою металлическую трубкою, на которую надѣвается длинная каучуковая трубка, снабженная на другомъ концѣ наконечникомъ и краномъ. Если такой фильтръ погрузить въ сосудъ съ очищаемой водой и высосать изъ внутренности его воздухъ, то профильтрованная вода начинаетъ вытекать изъ трубки, дѣйствующей на подобіе сифона. Для приготовленія такого фильтра смѣшиваютъ толченный костяной или древесный уголь съ сахарною патокой, густое тѣсто сильно прессуютъ въ соответствующей формѣ и сформованный фильтръ, послѣ высушиванія, сильно прокалываютъ въ закрытыхъ муфеляхъ. Въмѣсто цѣльнаго сосуда изъ формованнаго угля, употребляютъ также металлические съ продырявленнымъ дномъ сосуда, наполненные зернами прокаленного костяного угля.

Весьма хорошо очищающимъ воду матеріаломъ для наполненія вышеописанныхъ фильтровъ, можетъ служить губчатое желѣзо, получаемое прокалываніемъ смѣси окиси желѣза (гематита, или колчеданныхъ огарковъ) съ углемъ при возможно низкой температурѣ. По опытамъ Бишофа, такое губчатое желѣзо не только задерживаетъ взвѣшенные въ водѣ вещества, но и разрушаетъ въ значительной мѣрѣ содержащіеся въ водѣ, растворенныя органическія примѣси. При фильтрованіи черезъ губчатое желѣзо, нѣкоторое количество его це-

переходить въ растворъ, въ видѣ углележѣзистой соли, и для удаленія этой примѣси, необходимо полученный фильтратъ пропустить еще черезъ слой толченнаго мрамора, или черезъ песокъ, причемъ растворенное желѣзо выдѣляется изъ раствора, въ видѣ гидрата его окиси.

Многочисленные изобрѣтатели пытались увеличить размѣры фильтровъ, основанныхъ на вышеописанныхъ принципахъ, и сдѣлать ихъ пригодными также для фильтрованія большихъ количествъ воды, для различныхъ техническихъ примѣненій, такъ что нынѣ уже примѣняются многочисленные, отчасти весьма сложныя фильтрующія машины, патентованныя въ Западной Европѣ и въ Америкѣ. Сюда принадлежатъ машины Андерсена, Ридделя, Ховатсена, Варрена, Торрента, Кренке, Герзена и другія. Въ этихъ машинахъ фильтрующимъ матеріаломъ, кромѣ песка, служатъ, губчатое желѣзо, желѣзныя стружки, уголь, губка, пемза и проч. и имѣются приспособленія для удобнаго очищенія прибора. Чертежи и описанія этихъ приборовъ помѣщены въ сочиненіи Кенига: „die Verunreinigung der Gewässer“. 2. Auflage.

Для удаленія изъ воды взвѣшенныхъ въ ней веществъ и для возможно полнаго задержанія микроорганизмовъ употребляютъ въ домашнемъ обиходѣ небольшіе фильтры, приготовленные изъ различныхъ пористыхъ матеріаловъ. Приборы эти обыкновенно прикрѣп-



Фиг. 14.

ваются къ водопроводнымъ кранамъ и фильтрація совершается въ нихъ подъ вліяніемъ напора водопроводной воды. Къ числу такихъ домашнихъ фильтровъ относятся такъ называемыя фильтрующія свѣчи Пастера - Шамберлана, приготовленныя изъ обожженной порозной фарфоровой глины, а также свѣчи Нордмейеръ - Беркефельда, приготовленныя изъ обожженной инфузорной земли (Kieselguhr). На фиг. 14 представлена такая пустотѣлая, фильтрующая свѣча, прикрѣпленная къ водопроводному крану R. Вода изъ крана R вступаетъ въ металлическій цилиндръ D, охватывающій фильтрующую свѣчу b, проходитъ, очищаясь, черезъ ея пористыя стѣнки и выливается черезъ отверстіе C. Такая свѣча Шамберлана, при длинѣ фильтрующаго цилиндра въ 20 сант., діаметрѣ его въ 2,5 сант. и при давленіи воды въ 2 атмосферы, даетъ въ 24 часа около 20 литровъ

очищенной воды. Въмѣсто фарфора и инфузорной земли, въ такихъ же фильтрахъ примѣняютъ асбестовый фарфоръ, получаемый обжиганіемъ смѣси фарфоровой глины съ измельченнымъ асбестомъ, древесную бумажную массу—целлюлозу, и прессованный волокнистый асбестъ. Матеріалы эти, зажатые въ металлическія сѣтки, помѣщаютъ въ сосудъ, черезъ который проходитъ очищаемая вода.

При оцѣнкѣ различныхъ фильтрующихъ приборовъ, слѣдуетъ прежде всего требовать отъ нихъ непроницаемости для бактерій. Кромѣ того, важны: ихъ производительность, прочность и удобство употребленія и очищенія. Многочисленные опыты показали, что не существуетъ фильтровъ, абсолютно непроницаемыхъ для бактерій на очень долгое время. Лучшіе приборы даютъ вполнѣ свободную отъ микроорганизмовъ воду только въ теченіи нѣкотораго, болѣе или менѣе ограниченнаго времени, а затѣмъ начинаютъ пропускать все большее и большее количество микробовъ. Непроницаемость фильтра зависитъ отъ соблюденія многихъ условій, а именно:

1). Отъ плотности и равномерности фильтрующихъ слоевъ. Необходимо, чтобы порозность матеріала не была слишкомъ значительна, а толщина и плотность слоевъ въ разныхъ частяхъ фильтра была одинакова.

2). Отъ величины давленія, подъ которымъ происходитъ фильтрованіе. Чѣмъ больше давленіе, тѣмъ легче микробы и другія взвѣшенные въ водѣ вещества могутъ пройти черезъ фильтрующіе слои; вообще давленіе не должно превышать 1—2 атмосферъ. Кромѣ величины давленія, проницаемость фильтровъ повидимому увеличивается отъ порывистаго, толчками происходящаго измѣненія этого давленія.

3). Отъ количества воды и степени ея загрязненія: чѣмъ больше масса фильтруемой воды и степень ея загрязненія, тѣмъ скорѣе перестаетъ фильтръ быть непроницаемымъ для микроорганизмовъ.

4). Отъ температуры воды: чѣмъ выше температура воды, тѣмъ скорѣе фильтръ начинаетъ пропускать микроорганизмы.

Производительность фильтра тѣмъ меньше, чѣмъ больше его непроницаемость; фильтры, долго и совершенно задерживающіе микроорганизмы, фильтруютъ медленно.

По истеченіи нѣкотораго времени работы, каждый фильтръ засоривается: его производительность уменьшается и проницаемость для микроорганизмовъ увеличивается. Объясняется это закупоркой поръ въ фильтрующемъ слоѣ осѣвшими на немъ частичками мутн и способностью микроорганизмовъ проростать и размножаться въ самой массѣ фильтрующаго матеріала, внутри его поръ. Необходимо

поэтому, слѣдуетъ тщательно за правильностью работы фильтра и по-временамъ подвергать его очищенію, иначе можетъ, подъ вліяніемъ загрязненнаго фильтра, получится профильтрованная вода, не только не очищенная, но еще болѣе загрязненная микроорганизмами, чѣмъ вода, пускаемая въ фильтръ. Фильтры для домашнего обихода надо тщательно очищать покрайней мѣрѣ 2—3 раза въ недѣлю, что сопряжено съ значительными трудностями и препятствуетъ обширному распространенію этихъ приборовъ въ практикѣ.

4. К И П Я Ч Е Н І Е.

Для умерщвленія микроорганизмовъ, содержащихся въ водѣ, уже издавна предлагалось прокипятить воду и поставить для охлажденія въ прохладное мѣсто на 24—48 часовъ. Получаемая послѣ этого вода невкусна, такъ какъ содержитъ въ себѣ слишкомъ мало растворенныхъ газовъ и продукты разложенія ея организованныхъ частей. Для сообщенія прокипяченной водѣ пріятнаго вкуса предлагаютъ прибавить къ ней нѣкоторое небольшое количество (1 ч. разбавленной 10% соляной кислоты на 100 частей воды) хлористоводородной, лимонной или винной кислоты и затѣмъ нейтрализовать жидкость двууглекислатой солью. Вода насыщается при этомъ углекислотой и приобретаетъ пріятный вкусъ.

Для приготовления большихъ количествъ прокипяченной воды, употребляются особые приборы Сименса и Грове, въ которыхъ непрерывно протекающая вода кипятится въ закрытомъ котлѣ, затѣмъ охлаждается, протекая по змѣевку особаго холодильника, охлаждаемаго водою, служащею для питанія котла. Приборъ Сименса даетъ около 30 литровъ прокипяченной и охлажденной воды въ 1 часъ.

Хотя кипяченіемъ и умерщвляется большинство микроорганизмовъ воды, а также бациллы холеры и тифа, но нѣкоторые микробы, и особенно споры ихъ, какъ было выше говорено, выдерживаютъ температуру 100° Ц., не утрачивая способности къ развитію при благоприятныхъ къ тому условіяхъ.

5. Э Л Е К Т Р И З А Ц І Я.

Для очищенія и особенно для стерилизованія питьевой воды, было предложено пропускать черезъ очищаемую воду гальваническій токъ. Для этой цѣли Филлиппи, и затѣмъ Коллинзъ, патентовали приборы, въ которыхъ черезъ воду, протекающую по длинному ящи-

ку, съ рядомъ вставленныхъ въ него угольныхъ и платиновыхъ электродовъ, пропускается токъ. Опперманъ ¹⁾ для той же цѣли устраиваетъ спиральной формы плоскіе платиновые электроды такъ, чтобы выделяющіеся съ поверхности ихъ мельчайшіе газовые пузырьки проходили равномерно черезъ весь слой протекающей воды, употребляя токъ напряженія въ 25 вольтъ. По утвержденію изобрѣтателей этого способа, происходитъ окисленіе органическихъ примѣсей, амміака и азотистой кислоты, а также умерщвленіе всѣхъ микроорганизмовъ подѣ влияніемъ образующейся перекиси водорода, озона и отчасти хлора. Чтобы уничтожить непріятный привкусъ отъ озона, Опперманъ въ концѣ своего прибора ставитъ электроды изъ металлическаго алюминія, на которыхъ поглощается озонъ, образующій гидратъ окиси алюминія, въ свою очередь задерживающій бактерии и другія взвѣшенные въ водѣ примѣси. Послѣ электризаціи, вода фильтруется черезъ песочный фильтръ и получается обезплощенной, прозрачной и съ пріятнымъ вкусомъ.

Повидимому, очищеніе этимъ путемъ обходится слишкомъ дорого, такъ что по настоящее время способъ этотъ не нашелъ себѣ въ практикѣ обширнаго примѣненія.

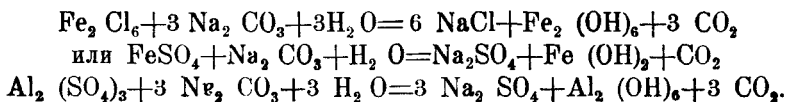
6. ХИМИЧЕСКІЕ СПОСОБЫ ОЧИЩЕНІЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Очищеніе питьевой воды и удаленіе изъ нея взвѣшенныхъ въ ней твердыхъ веществъ, въ томъ числѣ микроорганизмовъ, предлагали производить прибавленіемъ къ очищаемой водѣ различныхъ реактивовъ. Предлагаемые для этой цѣли реактивы можно раздѣлить на слѣдующія три группы:

1). Реактивы, образующіе въ очищаемой водѣ осадокъ, легко отдѣляемый отстаиваніемъ или фильтрованіемъ. Въ этотъ осадокъ захватываются мельчайшія частички водяной мути и микроорганизмы и остоявшаяся вода получается совершенно прозрачной и безплодной. Такими реактивами могутъ служить: хлорное желѣзо, сѣрноалюминіевая соль, квасцы, желѣзный купоросъ, а также известь, примѣняемая сама по себѣ, или, еще лучше, вмѣстѣ съ растворомъ соды. Къ очищаемой водѣ прибавляютъ небольшое количество растворовъ вышепоименованныхъ веществъ, размѣшиваютъ и затѣмъ прибавляютъ раствора соды, въ количествѣ необходимомъ для пол-

¹⁾ Hyg. Rundsch. 1894, 4, 365 и Chem. Zeit. 1894, 18, 1856 и 1895, 19, 604.

наго осажденія гидратовъ окисловъ желѣза и алюминія или углекислой извести, содержащихся въ прибавленныхъ реактивахъ. При этомъ образуется клочковатый осадокъ, быстро осаждающійся на дно сосуда, а въ прозрачной водѣ остаются растворенными только совершенно безвредные хлористый натрій или сѣрнонатріевая соль, получившіеся вслѣдствіе реакцій обмѣннаго разложенія, напр.:



По опытамъ Кирхнера, на 1 литръ очищаемой воды достаточно брать 0,45—0,68 гр. хлорнаго желѣза и 0,2—0,3 гр. соды, причѣмъ изъ сильно мутной, отъ содержанія мелкой глины, воды получается совершенно прозрачная и не содержащая микроорганизмовъ вода. Можно ускорить отстаиваніе и просвѣтленіе мутной, глинистой воды, получаемой изъ нѣкоторыхъ колодцевъ и рѣкъ, прибавляя къ ней небольшое количество поваренной соли; приѣмъ, которымъ иногда пользуются въ практикѣ.

2). Реактивы, дѣйствующіе окислительно на органическія примѣси воды. Сюда принадлежатъ перекись водорода и соли кальція или калия, марганцевой кислоты. Растворъ марганцевой соли слѣдуетъ прибавлять, пока вода приметъ не исчезающій нѣкоторое время розовый оттѣнокъ, который можно удалить, приливая нѣкоторое количество неочищенной воды.

Вмѣсто перекиси водорода, Блитцъ предлагаетъ перекись натрія, которая съ водою даетъ перекись водорода и ѣдкій натрѣ, осаждающій часть содержащихся въ водѣ щелочноземельныхъ солей. Реактивы эти примѣнимы только для очищенія небольшихъ количествъ воды, такъ какъ стоимость ихъ слишкомъ высока.

3). Реактивы, убивающіе микроорганизмы или препятствующіе ихъ размноженію. Уже извѣстно и перекись водорода дѣйствуютъ такимъ образомъ, но для полнаго обезпложиванія воды требуется количество извести слишкомъ значительное и излишекъ ея необходимо затѣмъ удалить, чтобы вода стала пригодною для питья. Какъ дезинфицирующія вещества предлагали бѣлизную извѣсть, сѣрнисто-кислые соли кальція или натрія, хлористую мѣдь и органическія кислоты: лимонную, винную и уксусную.

Траубе предлагаетъ прибавлять къ очищаемой водѣ растворъ бѣлизной извести, въ такомъ количествѣ, чтобы на 1 литръ воды приходился 1 миллигр. дѣйствующаго хлора (4—5 миллигр. бѣлиз-

ной извести) и через нѣкоторое время устранять избытокъ хлора прибавкою раствора сѣристонатріевой соли. Лодъ и Бассенгъ находятъ, что для полнаго обезпложиванія воды, необходимо гораздо больше бѣлильной извести (30 или даже 90 миллигр. дѣйств. хлора на 1 литръ воды). Способы такого обезпложиванія повидимому слишкомъ дороги и неудобны, вслѣдствіе необходимости обращаться съ непріятно пахнущими растворами бѣлильной извести. Дорого также и примѣненіе хлористой мѣди, предложенное Кренке, неудобное, кромѣ того, вслѣдствіе ядовитости мѣдныхъ солей и необходимости ихъ тщательнаго удаленія изъ очищенной воды.

Изъ органическихъ кислотъ, предложенныхъ для обезпложиванія воды, чаще всего примѣняютъ уксусную кислоту. По опытамъ Плагге, прибавка 40 куб. сант. 6% уксуса на 1 литръ воды, содержащей 2500 микроорганизмовъ въ 1 куб. сант., уменьшила ихъ число послѣ двухъ часовъ до 40 — 60; 2000000 тифозныхъ бациллъ уменьшилось до 5000, а 3500000 холерныхъ бациллъ совершенно исчезли по истеченіи двухъ часовъ; полное исчезновеніе всѣхъ живыхъ тифозныхъ бациллъ произошло по истеченіи 24 часовъ. Въ виду этого, можно рекомендовать во время холерныхъ эпидемій прибавленіе уксуса къ питьевой водѣ въ домашнемъ обиходѣ.

Вообще, можно считать употребленіе химическихъ реактивовъ для очищенія и стерилизованія питьевой воды примѣнимымъ только въ исключительныхъ случаяхъ, для небольшихъ количествъ ея, а не для большихъ массъ.

Очистка обходится дорого, дѣйствіе этихъ реактивовъ не радикальное и количество ихъ должно быть каждый разъ строго приравливаемо къ составу очищаемой воды.

При недостаткѣ употребленнаго реактива, очистка и стерилизація не будутъ достигнуты, а при избыткѣ его, очищаемая вода станетъ непригодною для питья.

ОЧИЩЕНІЕ ВОДЫ, СЛУЖАЩЕЙ ДЛЯ ПИТАНІЯ ПАРОВЫХЪ КОТЛОВЪ.

Широкое примѣненіе, которое получило паровое нагреваніе во всѣхъ отрасляхъ, придаетъ важное значеніе вопросу о составѣ воды, пригодной для питанія паровыхъ котловъ и о способахъ очищенія этой воды.

Въ большинствѣ случаевъ, паровые котлы питаютъ прямо природными водами изъ ближайшихъ водовмѣстителей, содержащими

всегда большее или меньшее количество растворенных твердых веществ. При постоянном испарении воды в паровом котле и дополнении испарившейся воды свежей, содержание твердых веществ в паровичной воде возрастает и через некоторое время в котле начинают выделяться осадки различного вида: то в виде рыхлого ила, то в виде мягкой массы, то, наконец, в виде плотных слоев, более или менее крепко пристающих к стенкам парового котла, известных под именем котловой накипи или котельного камня.

Иногда твердость этих осадков весьма велика, так что их можно удалить только при помощи молота или зубила.

Слой приставшей к стенкам накипи слабо теплопроводны и потому увеличивают расход на топливо, иногда в весьма значительной степени. По опытам Дебре, котельный камень в 37 раз проводит тепло хуже, чем железо; при толщине слоя накипи в 1 дюйм ¹⁾, топлива требуется на 60% больше, а при толщине слоя в 1,5 дюйма, топлива требуется уже на 120% больше, чем при чистых стенках котла. Котлы с толстым слоем отложившейся на их стенках накипи весьма трудно дают пар и держат в них пар весьма затруднительно.

Накопление на стенках котла накипи ускоряет прогорание котла, так как приходится накалывать его стенки весьма сильно, чтобы поднять температуру пара в котле на требуемую высоту. В котле со слоем накипи толщиной в 1,5 дюйма нужно нагреть его стенки до 370° Ц., чтобы развить пар в 6 атмосфер, имеющий температуру 160° Ц. При такой температуре, близкой к красному калению, железо скоро сгорает и, кроме того, становится зернистым и хрупким.

Наконец, накопление на стенках котла плотных слоев котельного камня может служить причиной взрыва. Если в слое накипи образуется трещина, то вода, пройдя по ней, коснется сильно нагретой железной стенки, и сразу даст большое и внезапное образование пара, могущее вызвать взрыв котла.

Из сказанного понятно, насколько нежелательно и даже опасно образование в котлах накипи и как важно применить меры к ее устранению.

Многочисленные анализы котельных накипей показывает, что они состоят главным образом из стронкальциевой и углекальциевой солей, с примесью гидрата окиси магния, окислов железа

¹⁾ 1 дюйм 2,54 сант.

и алюминія, кремнекислоты и нѣкоторыхъ другихъ соединений, содержащихся въ природныхъ водахъ. Количественное отношеніе разныхъ составныхъ частей накипей весьма разнообразно, колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ и зависитъ отъ состава воды, употребленной на питаніе котла.

Чтобы по возможности уменьшить образованіе котельныхъ накипей, слѣдуетъ употреблять для питанія паровиковъ по возможности мягкую воду, встрѣчаемую въ данной мѣстности, отстаивая или даже фильтруя ее, если она мутна, такъ какъ и муть воды, накапливаясь въ котлѣ, увеличиваетъ массу выдѣляющагося осадка. Желательно, чтобы жесткость воды употребляемой для питанія котла не превышала 20 нѣмецкихъ градусовъ. Полезно, замѣнять хоть часть сырой воды водою конденсаціонной, сгущая ее изъ отработавшаго въ паровой машинѣ пара.

Такъ какъ и самыя мягкія природныя воды всегда содержатъ растворенныя соли, то накопленіе ихъ въ котлѣ при долгой его работѣ неизбежно, и предупрежденіемъ образованія въ котлѣ накипи служатъ такъ называемыя его продувки, т. е. опоражниванія котла помощью пара высокаго давленія. Такую продувку слѣдуетъ производить періодически и возможно часто, ранѣе чѣмъ наступитъ полное насыщеніе воды растворенными въ ней солями. Если имѣется въ распоряженіи изобиліе мягкой природной воды и продувка котла производится достаточно часто, съ достаточною силою, при сильномъ движеніи жидкости, то этимъ удастся устранить въ теченіи продолжительнаго времени образованіе котельной накипи.

Такъ какъ, однако, весьма часто не имѣется въ распоряженіи достаточнаго количества мягкой воды и частая продувка, останавливая работу, сопряжена съ значительными расходами времени и топлива, то было предложено весьма большое число способовъ устраненія плотно пристававшей къ стѣнкамъ котла накипи. Часть этихъ способовъ имѣетъ цѣлю механически или химически препятствовать приставанію осадковъ къ стѣнкамъ котла, другая часть ихъ стремится устранить вообще образованіе въ котлахъ осадковъ, очищая воду передъ введеніемъ ея въ котель отъ накипеобразователей.

1. Къ числу способовъ, механически препятствующихъ плотному приставанію осадковъ къ стѣнкамъ котла, относится предложеніе вставлять внутрь котла металлическіе желоба или трубы, располагая ихъ такъ, чтобы они вызывали возможно сильную циркуляцію воды, нагрѣваемой въ котлѣ, препятствующую накопленію осадка въ тѣхъ частяхъ, гдѣ онъ особенно вреденъ, т. е. непосредственно надъ топливникомъ, и сами улавливали бы этотъ осадокъ.

Къ числу такихъ приспособленій относятся аппараты Корренса, котлы Фильда, Газвеля, Поппера и др. Сюда же слѣдуетъ отнести предложеніе покрывать внутри стѣнки котла проволочными сѣтками, или очищать стѣнки постоянно вращающимися въ котлѣ металлическими щетками, или, наконецъ, электризовать паровичныя стѣнки различными способами и этимъ препятствовать осажденію на нихъ осадковъ. Предлагали также всыпать въ котлы различныя порошкообразныя, нерастворимыя въ водѣ вещества: глину, уголь, мѣлъ, толченное стекло, металлическія и древесныя опилки и стружки, торфъ, графитъ, шиферъ, талькъ и пр., въ томъ предположеніи, что эти вещества при движеніи, вызываемомъ кипѣніемъ воды, стираютъ накипь со стѣнокъ котла и способствуютъ выдѣленію осадковъ на своей поверхности.

Эти порошковатыя вещества дѣйствительно дѣлаютъ накипь болѣе рыхлой и мягкой, но зато даютъ грязь въ котлѣ; осаждаемая на дно, онѣ уменьшаютъ теплопроводность стѣнокъ и способствуютъ скорому прогоранію котельнаго дна; нѣкоторые изъ нихъ вызываютъ пѣненіе воды и, попадая въ клапаны, паровыя и водомѣрныя трубы, загрязняютъ ихъ. Вообще введеніе въ котель такихъ порошковатыхъ веществъ скорѣе вредно, чѣмъ полезно, и можетъ быть даже опаснымъ.

II. Съ цѣлью измѣнить физическія свойства осадковъ, или сдѣлать котловую воду болѣе вязкою, или увеличить растворимость веществъ, способныхъ образовать накипь, предложено множество различныхъ веществъ для прибавленія прямо въ паровыя котлы. Предложенныя для вышеуказанныхъ цѣлей противунакипныя вещества можно раздѣлить на слѣдующія группы:

1). **Крахмалистыя и сахаристыя вещества.** Предлагали вбрасывать въ котель, крахмалъ, муку или картофель. Полагаютъ, что крахмалъ подъ вліяніемъ нагрѣванія превращается въ декстринъ, который обволакиваетъ слизистой оболочкой осадки и препятствуетъ ихъ осажденію, въ видѣ плотной накипи. Большинство изслѣдователей, хотя и подтверждаетъ нѣкоторое благопріятное дѣйствіе небольшихъ количествъ крахмалистыхъ веществъ, но указываетъ, что кипѣніе становится пѣнистымъ и засоряются указательныя стекла и клапаны. Также дѣйствуютъ растительныя слизи, напримѣръ исландскій мохъ.

Сахаристыя вещества, въ видѣ свекловичной или картофельной патоки предложены, въ виду способности сахара давать съ известковыми солями растворимые въ водѣ сахараты. Польза отъ этихъ веществъ весьма сомнительна, такъ какъ сахаръ не даетъ сахаратовъ

съ гипсомъ, который составляетъ самый опасный накипеобразователь. Кромѣ того, сахаристыя вещества пригораютъ къ стѣнкамъ котла и, измѣняясь подѣ вліяніемъ высокой температуры, способствуютъ разѣданію желѣза.

2). **Глицеринъ** и смѣси его съ ѣдкимъ натромъ, мукою или патокою, названныя почему то глицерина тами, расхваливаемая изобрѣтателями какъ вещества, уменьшающія количество осадковъ и дѣлающія накипь легко отстающей отъ стѣнокъ, оказались при опытахъ мало полезными при водахъ съ значительнымъ содержаніемъ бикарбонатовъ щелочноземельныхъ металловъ и совершенно безполезными при водахъ, богатыхъ гипсомъ.

3). **Дубильныя вещества.** Предложены: катеху, сумакъ, дубильное корье, дубильные экстракты, чернильные орѣшки, таннинъ, экстракты бразильскаго дерева, кампеша и цѣлый рядъ препаратовъ изъ этихъ веществъ, въ смѣси съ содой и другими веществами, подѣ разными названіями: натріумтанната, антикальцита, бразильяны, липидолита и пр. Предложено также, прямо прибавлять въ котель опилки и стружки красильныхъ деревьевъ. Имѣются указанія, что дубильныя вещества въ котлахъ уменьшаютъ нѣсколько накипь, если она зависитъ отъ содержащихся въ водѣ бикарбонатовъ; при употребленіи же водъ, богатыхъ гипсомъ, дубильныя вещества не оказываютъ никакого дѣйствія; кромѣ того, дубильныя вещества разѣдаютъ паровичныя стѣнки.

4). **Жирныя вещества.** Уже давно предлагали смазывать внутри стѣнки котла саломъ, масломъ, дегтемъ, нефтью или различными мазями, содержащими жирныя и смолистыя вещества въ смѣси съ порошками угля, графита, бѣлил и пр., для предупрежденія плотнаго приставанія котельныхъ накипей, или прямо прибавлять въ котель сало, мыло, стеаринъ, деготь, масло, вазелинъ, нефть и пр.

Примѣненіе жирныхъ и смолистыхъ веществъ не рачіонально и даже вредно: свободныя жирныя и смоляныя кислоты разѣдаютъ желѣзо, жиры и смолы способствуютъ перегрѣванію стѣнокъ, вызываютъ бурное кипѣніе воды и засоряютъ клапаны липкими массами трудно удаляемыми.

5). **Кислоты.** Прибавленіе кислотъ: соляной, уксусной, молочной, можетъ воспрепятствовать только выдѣленію углекислыхъ соединений кальція и магнія и совершенно не вліяетъ на выдѣленіе гипса. Прибавленіе кислотъ въ паровикъ, кромѣ того, опасно, такъ какъ даже малый ихъ избытокъ сильно разѣдаетъ желѣзныя стѣнки и ведетъ къ быстрому изнашиванію котла. Образующіеся хлористыя соединенія кальція и особенно магнія, а также уксусныя, или

молочнокислые соли этихъ металловъ, диссоціируя при высокой температурѣ, могутъ дѣйствовать разрушительно на паровичныя стѣнки, какъ сами свободныя кислоты.

6). **Щелочи и разные соли.** Съ цѣлю выдѣлить содержащіеся въ водѣ накипеобразователи, въ видѣ соединений, неспособныхъ образовать плотныя накипи, или же превратить ихъ въ соединения легко растворимыя, предложено прибавлять въ котлы ѣдкія и углекислыя щелочи, известь, фосфорнокислыя соли, амміачныя соли, хлористый барій, отдѣльно или въ смѣси съ различными другими веществами подъ именемъ „составовъ для уничтоженія накипей.“ Число такихъ „составовъ,“ предложенныхъ подъ разными вычурными названіями и продаваемыхъ часто по цѣнѣ на 300,1000 и болѣе процентовъ превышающей стоимость входящихъ въ нихъ матеріаловъ, огромно и увеличивается со дня на день.

Не подлежитъ сомнѣнію, что прибавленіе нѣкоторыхъ изъ вышеперечисленныхъ реактивовъ непосредственно въ котель можетъ принести въ извѣстномъ случаѣ пользу, если ихъ количество и качество соотвѣтствуютъ составу очищаемой воды: осадки въ котлѣ могутъ сдѣлаться болѣе рыхлыми и легче удаляемыми; но универсальнаго химическаго дѣйствія, приписываемаго этимъ составамъ изобрѣтателями, конечно быть не можетъ и часто составы могутъ оказаться совершенн]о бесполезными и даже вредными. Во многіе рекламируемые составы входятъ совершенно ненужныя вещества, загромождающія котель и никакого полезнаго дѣйствія не оказывающія. Большинство этихъ составовъ, если они содержатъ вещества, вступающія во взаимодѣйствіе съ составными частями воды, вызываютъ образованіе объемистыхъ осадковъ, осаждающихся на дно котла и къ нему болѣе или менѣе плотно пристающихъ. Такъ ѣдкія и углекислыя щелочи и известь осаждаютъ углекислыя соли щелочноземельныхъ металловъ или гидраты ихъ окисловъ, могущіе образовать плотную накипь. Нашатырь дѣйствительно образуетъ изъ накипеобразователей растворимыя въ водѣ хлористыя соединенія кальція и магнія; но образующаяся вмѣстѣ съ тѣмъ летучая углеаммоніевая соль дѣйствуетъ разъѣдающимъ образомъ на мѣдныя и латунныя части котельной арматуры.

Вообще можно сказать, что ни одинъ изъ составовъ, рекламируемыхъ для прибавленія прямо въ котель не достигаетъ вполнѣ намѣченной цѣли и не можетъ считаться вѣрнымъ, универсальнымъ средствомъ отъ котельной накипи. Введеніе этихъ составовъ въ котлы, при обыкновенно значительной ихъ продажной стоимости, долж-

но считается не экономичнымъ, нераціональнымъ и даже опаснымъ могущимъ ускорить изнашивание дорого стоящаго прибора.

III. Гораздо рациональнѣе тѣ способы предохраненія котловъ отъ накипи, въ которыхъ очищеніе воды производится передъ ея употребленіемъ для питанія котловъ. Эти способы выдѣляютъ изъ воды двууглекислыя щелочныя земли и гипсъ внѣ котла, такъ что вода поступаетъ въ котель, уже лишенною накипеобразователей.

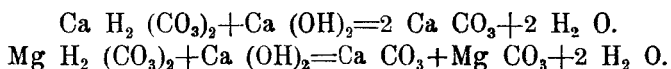
а) Къ числу способовъ описываемой категоріи принадлежатъ приемы, основанные на выдѣленіи накипеобразователей въ особыхъ приборахъ простымъ нагрѣваніемъ воды. Дѣйствительно, достаточно сильное и продолжительное нагрѣваніе воды вызываетъ почти полное разложеніе двууглекислыхъ солей кальція и магнія на углекислоту и трудно растворимыя, среднія углекислыя соли кальція и магнія, выдѣляющіяся въ осадокъ, причемъ осаждается также и нѣкоторая часть содержащагося въ водѣ гипса, растворимость въ водѣ котораго тѣмъ меньше, чѣмъ выше температура нагрѣванія воды. Для осуществленія такого очищенія предложено множество приборовъ, въ которыхъ вода до поступленія въ котель нагрѣвается и отлагаетъ накипеобразователи въ видѣ осадковъ, которые могутъ быть легко удаляемы изъ прибора. Для нагрѣванія служитъ открытый или глухой оборотный паръ паровыхъ машинъ, или горячіе продукты горѣнія топлива, идущія изъ подъ пароваго котла въ дымовую трубу.

Изъ многочисленныхъ предложенныхъ аппаратовъ, наибольшее примѣненіе получили нагрѣватели, въ которыхъ вода передъ поступленіемъ въ паровой котель нагрѣвается отработавшимъ паромъ до 80—90° Ц. и притомъ такъ, что паръ не соприкасается прямо съ очищаемой водой. При этомъ разлагается только часть двууглекислыхъ солей, весь же гипсъ остается неудаленнымъ. Устройство приборовъ, въ которыхъ подогреваніе очищаемой воды ведется до болѣе высокой температуры прямымъ паромъ или горячими продуктами горѣнія топлива (т. наз. экономайзеры) и въ которыхъ очищеніе воды болѣе полно,—сложно, обходится дорого и очищеніе этихъ приборовъ отъ осѣдающей въ нихъ накипи сопряжено съ трудностями, чѣмъ и объясняется ихъ незначительное распространеніе въ практикѣ.

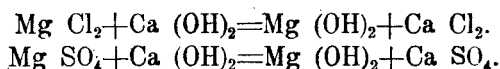
б) Полное устраненіе накипей въ котлахъ возможно только при очищенія воды до впуска въ котель химическими реактивами. Такое очищеніе было впервые предложено въ 1855 году Дюкло-де-Буссуа и введено въ практику въ началѣ 70-хъ годовъ по нѣсколькимъ способамъ, отличающимся составомъ употребляемыхъ реактивовъ и устройствомъ приборовъ. Во всѣхъ этихъ способахъ къ очища-

емой водѣ прибавляютъ реактивъ, осаждающій накипеобразователи, въ количествѣ, соответствующемъ найденному анализомъ составу воды, размѣшиваютъ и иногда подогреваютъ жидкость, даютъ отстояться осадку или отфильтровываютъ его и въ котелъ наливаютъ прозрачную, лишенную накипеобразователей воду. Изъ многочисленныхъ предложенныхъ способовъ предварительнаго очищенія паровичной воды реактивами наиболѣе распространены слѣдующіе:

1). **Способъ Кларна** основанъ на прибавленіи къ водѣ извести и пригоденъ лишь для воды, содержащей только двууглекислыя соли кальція и магнія, которыя разлагаются известью по уравненіямъ:

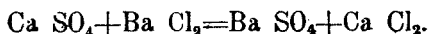


Способъ этотъ не удаляетъ изъ воды содержащагося въ ней гипса, а хлористый и сѣрноокислый магній превращаетъ, выдѣляя въ осадокъ водную окись магнія, въ остающіеся въ растворѣ хлористый кальцій и сѣриокальціевую соль, по уравненіямъ:



Для очищенія водъ, не содержащихъ гипса, хлористаго и сѣрноокислаго магнія, а только бикарбонаты кальція и магнія, способъ Кларка весьма хорошъ и недорогъ. Для ускоренія отстаиванія осадка углекислыхъ солей кальція и магнія, полезно нагревать жидкость до 70° Ц.

2). **Способъ де-Гена** применимъ для очищенія воды, содержащей также и гипсъ. По этому способу двууглекислыя соединенія кальція и магнія и растворимыя соли магнія осаждаютъ, какъ и въ способѣ Кларка, известью, а гипсъ и всю содержащуюся въ водѣ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Получающійся въ результатъ осадокъ состоитъ изъ углекислыхъ солей кальція и магнія, гидрата окиси магнія и сѣрнобаріевой соли, образовавшейся по уравненію:



Въ растворѣ остается хлористый кальцій, сравнительно безвредный для желѣзныхъ стѣнокъ котла.

Къ очищаемой водѣ сначала прибавляютъ растворъ хлористаго барія въ такомъ количествѣ, чтобы осадить всю сѣрную кислоту, содержащуюся въ водѣ, и чтобы въ водѣ остался еще небольшой из-

бытокъ хлористаго барія, такъ чтобы отфильтрованная проба жидкости, послѣ прибавленія къ ней раствора сѣрнонатріевой соли, давала слабую муть только послѣ нѣсколькихъ минутъ. Послѣ прибавленія хлористаго барія, жидкость тщательно перемѣшиваютъ и затѣмъ къ ней прибавляютъ такое количество известковаго молока, которое необходимо для осажденія бикарбонатовъ и растворимыхъ магниевыхъ солей. Послѣ вторичнаго перемѣшиванія, жидкости даютъ отстояться, причемъ хлопья выдѣлившейся углекальціевой соли увлекаютъ съ собою въ осадокъ мелкія частички сѣрнобаріевой соли, такъ что вода освѣтляется спустя 10—15 минутъ. И въ этомъ способѣ, нагрѣваніе очищаемой воды ускоряетъ осажденіе осадка и увеличиваетъ полноту реакціи.

Способъ де-Гена, по отзывамъ многихъ специалистовъ, даетъ хорошіе результаты на практикѣ, хотя онъ нѣсколько дорогъ, особенно, если въ очищаемой водѣ много сѣрнокислыхъ солей, для выдѣленія которыхъ нужно эквивалентное имъ количество довольно дорогаго хлористаго барія ¹⁾. Необходимо при этомъ способѣ избѣгать избытка извести въ очищаемой водѣ, такъ какъ при несоблюденіи этого условія, вода очищенная по способу де-Гена даетъ въ паровомъ котлѣ весьма твердую накипь, состоящую главнымъ образомъ изъ гидрата окиси кальція, способствующую прогоранію котельныхъ стѣнокъ. Слѣдуетъ также не спѣшить переводеніемъ очищенной воды въ котель, такъ какъ реакція между хлористымъ баріемъ и сѣрнокислыми солями требуетъ, особенно при невысокихъ температурахъ, нѣкотораго времени. Если не дать ей закончиться въ очистительномъ приборѣ, то она оканчивается при болѣе высокой температурѣ въ самомъ паровикѣ, вслѣдствіе чего образуется хотя и небольшая, но очень плотная накипь на стѣнкахъ котла, состоящая главнымъ образомъ изъ сѣрнобаріевой соли и гидрата окиси магнія.

3). **Способъ Беранже-Штингля** ²⁾. Этотъ способъ слѣдуетъ считать въ настоящее время самымъ лучшимъ, такъ какъ онъ выдѣляетъ изъ воды всѣ накипеобразователи: не только бикарбонаты и гипсъ,

¹⁾ Для удаленія каждыхъ 100 миллигр. SO_2 требуется 305 миллигр. чистаго хлористаго барія, $\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$; такъ что на очищеніе 100 ведеръ воды, содержащей 100 миллигр. SO_2 въ 1 литрѣ, требуется $0,305 \times 1230 = 375,2$ гр. = 0,92 фунтовъ этой соли, стоящей въ продажѣ около 15 коп. за 1 фунтъ. Такъ какъ нерѣдко попадаются воды, содержащія 300, 400 и болѣе миллигр. SO_2 въ 1 литрѣ, то для ихъ очищенія этимъ способомъ потребуется одного хлористаго барія на 50—60 коп. на каждыя 100 ведеръ.

²⁾ Bérenger—Stingl. Dingler's J. 1871, 262, 364; 1872, 206, 304; 1875, 215, 315.

но и всѣ магнезіальныя и известковыя соли и вводить въ воду, вмѣсто нихъ, лишь легко растворимыя и совершенно безвредныя для жѣлаза среднія натріевыя соли. Какъ реактивъ въ этомъ способѣ служить ѣдкій натръ, или одинъ, или вмѣстѣ съ известью и угленатріевой солю, смотря по составу очищаемой воды.

Реакціи, на которыхъ основанъ описываемый способъ суть слѣдующія:

1. $\text{Ca H}_2 (\text{CO}_3)_2 + 2 \text{Na OH} = \text{Ca CO}_3 + \text{Na}_2 \text{CO}_3 + 2 \text{H}_2 \text{O}$.
2. $\text{Mg H}_2 (\text{CO}_3)_2 + 2 \text{Na OH} = \text{Mg CO}_3 + \text{Na}_2 \text{CO}_3 + 2 \text{H}_2 \text{O}$.
3. $\text{Ca SO}_4 + \text{Na}_2 \text{CO}_3 = \text{Ca CO}_3 + \text{Na}_2 \text{SO}_4$.
4. $\text{Mg SO}_4 + 2 \text{Na OH} = \text{Mg} (\text{OH})_2 + \text{Na}_2 \text{SO}_4$.
5. $\text{Mg Cl}_2 + 2 \text{Na OH} = \text{Mg} (\text{OH})_2 + 2 \text{Na Cl}$.
6. $\text{Ca Cl}_2 + \text{Na}_2 \text{CO}_3 = \text{Ca CO}_3 + 2 \text{Na Cl}$.
7. $\text{Mg} (\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Na OH} = \text{Mg} (\text{OH})_2 + 2 \text{Na NO}_3$.

Такимъ образомъ, изъ очищаемой воды выдѣляются всѣ щелочноземельныя соединенія, въ видѣ въ весьма мало растворимыхъ углекислаго кальція и гидрата окиси магнія, а въ растворѣ остаются легко растворимыя сѣрноокислый, хлористый или азотноокислый натрій.

Если очищаемая вода содержитъ эквивалентныя количества бикарбонатовъ кальція и магнія и гипса, то для очищенія слѣдуетъ брать одинъ ѣдкій натръ, (Na OH); ибо образующейся изъ бикарбонатовъ угленатріевой соли (1. и 2.) будетъ достаточно, чтобы разложить сѣрнокальціевую соль (3.).

Если въ водѣ содержится избытокъ бикарбонатовъ, то изъ экономіи можно этотъ избытокъ удалить известью, замѣняя ею часть болѣе дорогого ѣдкаго натра.

Если же въ водѣ преобладаетъ гипсъ, то для удаленія его избытка слѣдуетъ, вмѣстѣ съ ѣдкимъ натромъ, прибавлять угленатріевую соль въ количествѣ, эквивалентномъ этому избытку.

Если вода, кромѣ бикарбонатовъ земель и гипса, содержитъ еще сѣрномagneзную соль, азотномагнезную соль и хлористый магній, то соединенія эти разлагаютъ эквивалентными имъ количествами ѣдкаго натра (4. 5. и 7.).

Замѣна ѣдкаго натра известью вообще допустима лишь изъ экономическихъ соображеній, если по составу очищаемой воды требуется много ѣдкаго натра, такъ какъ употребленіе извести гораздо менѣе удобно, чѣмъ употребленіе ѣдкаго натра. Ёдкій натръ употребляется въ видѣ раствора, въ которомъ содержаніе реактива легко регулировать и приготовленіе котораго очень просто и не требуетъ

объемистыхъ сосудовъ и сильнаго перемѣшиванія. Къ тому же, небольшой избытокъ ѣдкаго натра въ водѣ не вредитъ котлу, избытокъ же извести въ очищаемой водѣ вреденъ, и точное регулированіе притока известковаго молока затруднительно, тѣмъ болѣе, что оно не легко можетъ быть получено всегда одинаковымъ по содержанію въ немъ извести. Къ тому же, примѣненіе ѣдкаго натра для осажденія бикарбонатовъ уменьшаетъ количество соды, которую слѣдуетъ прибавлять для осажденія гипса, такъ что, несмотря на значительно большую стоимость ѣдкаго натра, сравнительно съ известью, для нѣкоторыхъ водъ, богатыхъ гипсомъ, очистка ѣдкимъ натромъ можетъ обойтись даже дешевле, чѣмъ очистка ихъ известью и содой ¹⁾. Такъ, напримѣръ, по расчету Коншина для очистки 1 куб. саж. (788,56 ведеръ) воды для станцій Ростово-Владикавказской ж. д. требуется:

1). На станціи Самарскъ:

соды съ 90% $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ —0,55 пуд.,	стоимости . . .	1 руб. 32 коп.
извести съ 75% CaO —0,37 пуд.	„ . . .	— „ 8 „
Всего . .		1 руб. 40 коп.,

а при примѣненіи одного ѣдкаго натра:

ѣдкаго натра съ 85% Na OH —0,98 пуд., стоимости 1 руб. 14 коп.

2). На станціи Степной:

соды съ 90% $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ —0,48 пуд.,	стоимости . . .	1 руб. 15 коп.
извести съ 75% CaO —0,40 пуд.	„ . . .	— „ 6 „
Всего . .		1 руб. 21 коп.

а при примѣненіи одного ѣдкаго натра:

ѣдкаго натра съ 85% Na OH —0,43 пуд., стоимости . 1 руб. 29 коп.

Такимъ образомъ, замѣна ѣдкаго натра известью доставляетъ существенную экономію только при очищеніи водъ, содержащихъ много бикарбонатовъ и мало гипса, для водъ же богатыхъ гипсомъ и бѣдныхъ бикарбонатами, требующихъ значительныхъ количествъ соды, можетъ быть даже неэкономною.

¹⁾ Средняя продажная стоимость, различная въ разныхъ мѣстностяхъ и въ разное время, можетъ считаться:

1 пудъ прокаленной соды съ 90% $\text{Na}_2 \text{CO}_3$	около	2 р. 40 коп.
1 „ ѣдкаго натра съ 85% Na OH	„	3 „ — „
1 „ извести съ 75% CaO	„	— „ 20—30 „

существом метилоранжа децинормальной соляной кислотой (содержащей 3,65 гр. HCl въ 1 литрѣ) до получения розоваго окрашиванія жидкости. Каждый израсходованный куб. сант. децинормальной соляной кислоты будетъ соответствовать 2 процентамъ Na_2CO_3 или Na OH въ изслѣдуемыхъ матеріалахъ.

Найдя процентное содержаніе Na_2CO_3 и Na OH въ купленныхъ матеріалахъ, легко будетъ вычислить количество послѣднихъ, необходимое для очищенія опредѣленнаго объема, напр. 1000 ведеръ, воды.

Если изъ экономическихъ соображеній предпочитаютъ замѣнить ждкій натръ известью, то реактивы берутъ въ слѣдующихъ количествахъ:

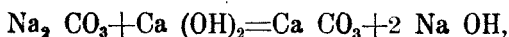
Количество угленатріевой соли, Na_2CO_3 :

На 1 вѣсовую часть	Ca SO_4 —0,78	вѣсовыхъ частей	Na_2CO_3 .
„ „ „	„ Ca Cl_2 —0,96	„ „ „	„
„ „ „	„ $\text{Ca (NO}_3)_2$ —0,65	„ „ „	„
„ „ „	„ Mg SO_4 —0,88	„ „ „	„
„ „ „	„ Mg Cl_2 —1,12	„ „ „	„
„ „ „	„ $\text{Mg(NO}_3)_2$ —0,72	„ „ „	„

Количество извести, CaO :

На 1 вѣсовую часть свободной и полусвобод. CO_2 —1,27	вѣсов. частей	CaO
„ „ „	„ Mg SO_4	0,46 „ „
„ „ „	„ Mg Cl_2	0,59 „ „
„ „ „	„ $\text{Mg (NO}_3)_2$	0,38 „ „

Прибавлять для выдѣленія растворимыхъ сѣрнокислыхъ, хлористыхъ и азотнокислыхъ солей магнезія одну Na_2CO_3 недостаточно, такъ какъ эти соли, реагируя съ Na_2CO_3 , даютъ не среднюю нерастворимую углемагнезную соль, а основныя углемагнезныя соединенія, которыя остаются большею частью въ растворѣ. Поэтому, для ихъ полнаго осажденія прибавляютъ, кромѣ Na_2CO_3 , еще эквивалентное имъ количество CaO , которое, дѣйствуя на соответствующее количество Na_2CO_3 по уравненію:



даетъ Na OH , выдѣляющій изъ магнезіальныхъ солей нерастворимый гидратъ окиси магнезія, Mg (OH)_2 .

Необходимо также опредѣлить содержаніе CaO въ употребляемой обожженной извести. Для этого берутъ навѣску средней пробы предназначенной для очистки воды извести вѣсомъ ровно въ 2,8 гр., гасятъ ее въ фарфоровой чашкѣ небольшимъ количествомъ дистиллированной воды и, когда она распадется въ порошокъ, смываютъ его въ мѣрную литровую колбу и доливаютъ свѣже прокипяченной и затѣмъ охлажденной дистиллированной водой до мѣтки. Взболтавъ содержимое колбы, отбираютъ пипеткою 50 куб. сант. полученнаго известкового молока въ стаканъ и титруютъ его децинормальнымъ растворомъ щавелевой кислоты (содержащимъ 6,3 гр. $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ въ 1 литрѣ) въ присутствіи фенолфталейна, до исчезновенія розовой окраски жидкости. Каждый израсходованный при этомъ куб. сант. раствора щавелевой кислоты соотвѣтствуетъ 2 процентамъ CaO въ испытуемой извести.

Зная содержаніе CaO въ употребляемомъ матеріалѣ, легко вычислить необходимое для очистки воды его количество.

Примѣръ 1. Для примѣра, приведемъ расчетъ количества реактивовъ, необходимыхъ для очищенія 1000 ведеръ воды и стоимость ихъ. Полный химическій анализъ показалъ между прочимъ, что 1 литръ воды, предположенной къ очищенію отъ накипеобразователей, содержитъ:

	миллиграммовъ
Хлористаго натрія, Na Cl	324
Хлористаго калия, KCl	44,5
Сѣрнокальціевой соли, Ca SO_4	543,5
Азотнокальціевой соли, $\text{Ca (NO}_3)_2$	178
Хлористаго магнія, Mg Cl_2	86,5
Углекальціевой соли, Ca CO_3	322
Углемагніевой соли, Mg CO_3	72,5
Углекислоты, CO_2 } полусвободной	179,39
} свободной	22,61
Плотнаго остатка, высуш. при 110°	1722
Общая жесткость	$52^\circ,32$ нѣм.

1). Если очищеніе производить содой и ѣдкимъ натромъ, то на 1 литръ этой воды слѣдуетъ брать:

Угленатріевой соли, Na_2CO_3 :

для удаленія Ca SO_4 . . . $543,5 \times 0,78 = 423,9$

„ $\text{Ca (NO}_3)_2$. . . $178 \times 0,65 = 115,7$

Всего . . . 539,6 миллигр.

Ѣдкого натра, Na OH:

для удаленія Ca CO ₃ . . .	322×0,80=257,6	} 368,4
„ Mg CO ₃ . . .	72,5×0,96=69,6	
„ свободный CO ₂ . . .	22,61×1,82=41,2	
„ Mg Cl ₂ . . .	86,5×0,85=73,5	
Всего . . .		441,9 миллигр.

Такъ какъ изъ употребленнаго Na OH, 368,4 миллигр. превращаются въ Na₂ CO₃ и дадутъ 368,4×1,325=488,1 миллигр. Na₂ CO₃; то прибавлять Na₂ CO₃ придется только 539,6—488,1=51,5 миллигр. на 1 литръ воды.

Если испытаніе предназначенныхъ къ употребленію матеріаловъ показало, что прокаленная сода содержитъ 92% Na₂ CO₃, а каустическая сода—85% Na OH; то этихъ матеріаловъ слѣдуетъ брать на 1 литръ очищенной воды:

$$\text{прокаленной соды} — 51,5 \times \frac{100}{92} = 56,0 \text{ миллигр.}$$

$$\text{каустической соды} — 441,9 \times \frac{100}{85} = 519,9 \text{ миллигр.}$$

Или на каждыя 1000 ведеръ ¹⁾ очищаемой воды = 12300 литрамъ
 прокаленной соды — 689 гр.=1,7 ф., стоимости около — 11 коп.
 каустической соды — 6394,8 гр.=15,6 ф. „ „ 1 р. 17 „
 Всего . . . 1 р. 28 коп.

2). Если очищеніе производить содой и известью, то на 1 литръ воды слѣдуетъ брать:

Угленатріевой соли, Na₂ CO₃:

$$\text{для удаленія Ca SO}_4 — 543,5 \times 0,78 = 423,9 \text{ миллигр.}$$

$$\text{„ Ca (NO}_3)_2 — 178 \times 0,65 = 115,7 \text{ „}$$

$$\text{„ Mg Cl}_2 — 86,5 \times 1,12 = 96,9 \text{ „}$$

$$\text{Всего . . . 636,5 миллигр.}$$

Извести, Ca O:

$$\text{для удаленія CO}_2, \text{ свободной и полусвобод.} — 202 \times 1,27 = 256,5 \text{ миллигр.}$$

$$\text{„ Mg Cl}_2 — 86,5 \times 0,59 = 51,0 \text{ „}$$

$$\text{Всего . . . 307,5 миллигр.}$$

¹⁾ 1 ведро = 12,3 литрамъ = 30 фунтамъ воды.

1 фунтъ = 409,5 граммамъ.

Если предназначенная къ употребленію прокаленная сода содержитъ (какъ и въ 1. случаѣ) 92% Na₂CO₃, а обожженная известь 78% CaO, то этихъ матеріаловъ слѣдуетъ брать на 1 литръ воды:

$$\text{Прокаленной соды} \quad . \quad . \quad . \quad 636,5 \times \frac{100}{92} = 691,8 \text{ миллигр.}$$

$$\text{Извести} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 307,5 \times \frac{100}{78} = 394,2 \quad ,,$$

Или на 1000 ведеръ воды = 12300 литр.

Прокаленной соды — 8509 гр. = 20,8 ф., стоимости около 1 р. 25 к.

Извести . . . 4848,7 „ = 11,3 „ „ „ — „ 7 „

Всего . . 1 р. 32 к.

Какъ видно, очистка воды помощью соды и извести обойдется при этой водѣ дороже на 4 коп. на каждыя 1000 ведеръ, чѣмъ очистка содою и ѣдкимъ натромъ. Кромѣ того, работа при употребленіи ѣдкаго натра, какъ было указано выше, гораздо удобнѣе и результатъ очистки болѣе постоянный.

Для вычисленія количества реактивовъ по вышеуказанному способу, необходимо пользоваться результатами почти полнаго химическаго анализа очищаемой воды, состоящаго изъ количественныхъ опредѣленій содержанія въ водѣ извести, магнезій, калия, натрія, хлора и кислотъ сѣрной, азотной и угольной: свободной и полусвободной.

Для вычисленія количества нужныхъ реактивовъ можно, однако, избѣгнуть довольно продолжительныхъ и хлопотливыхъ аналитическихъ опредѣленій щелочныхъ металловъ и кислотъ, такъ какъ для вычисленія рецепта достаточно знанія содержанія въ водѣ свободной и полусвободной углекислоты и количествъ кальція и магнезіи, содержащихся въ водѣ, въ видѣ растворимыхъ солей: хлористыхъ, сѣрнокислыхъ и азотнокислыхъ.

Для установленія рецепта къ очисткѣ воды достаточно, не производя полнаго химическаго анализа ея, возможно тщательно произвести слѣдующія опредѣленія:

1). Содержаніе свободной и полусвободной углекислоты, по способу Петтенкофера (стр. 61).

2). Содержаніе извести и магнезій въ водѣ, изъ которой кипяченіемъ въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа удалены бикарбонаты кальція и магнезіи по способу описанному на стр. 94.

При такомъ, скоро исполнимомъ анализѣ, получаются три величины, изъ которыхъ рецептъ для очистки воды можно вычислить на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Если сокращенный анализъ показалъ, что 1 литръ предназна-
ченной къ очищенію воды содержитъ:

а миллигр. CO_2 , свободной и полусвободной
b „ CaO } послѣ выдѣленія кипяченіемъ бикарбонатовъ; т. е.
с „ MgO } въ видѣ солей RSO_4 , $\text{R(NO}_3)_2$, RCl_2 ,

то реактивовъ на каждый литръ воды надо брать:

1). При очищеніи содой и ѣдкимъ натромъ:

ѣдкого натра, Na OH :

для насыщенія а миллигр. CO_2	1,82 а	миллигр.
для осажденія с миллигр. MgO	+ 2 с	„
Всего	(1,82 а + 2 с) миллигр.	

угленатріевоѣ соли, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$:

для осажденія b миллигр. CaO	1,9 b	миллигр.
безъ $\text{Na}_2 \text{CO}_3$, образующейся изъ а миллигр. CO_2 —	2,41 а	„
Всего	(1,9 b—2,41а) миллигр.	

2). При очищеніи содой и известью:

угленатріевоѣ соли, $\text{Na}_2 \text{CO}_3$:

для осажденія b миллигр. CaO	1,9 b	миллигр.
для осажденія с миллигр. MgO	+ 2, 65 с	„
Всего	(1,9 b+2, 65 с) миллигр.	

извести, CaO :

для осажденія а миллигр. CO_2	1,27 а	миллигр.
для осажденія с миллигр. MgO	+ 1,4 с	„
Всего	(1,27 а+1,4 с) миллигр.	

Примѣръ 2. Для примѣра, приведемъ расчетъ количествъ реак-
тивовъ, необходимыхъ для очищенія воды, на основаніи результатовъ
сокращеннаго анализа.

Сокращенный анализъ воды, для которой рассчитаны въ при-
мѣрѣ 1. необходимые реактивы, на основаніи полного химическаго
анализа, показалъ, что 1 литръ ея содержитъ:

CO ₂ , свободной и полусвободной	202	миллигр.	a
CaO, послѣ кипяченія	284	„	b
MgO, послѣ кипяченія	36	„	c

1). При употребленіи соды и ѣдкаго натра, на 1 литръ воды требуется:

ѣдкаго натра, Na OH:

$$1,82 \times 202 + 2 \times 36 = 439,6 \text{ миллигр.}$$

Угленатріевоѣ соли, Na₂ CO₃:

$$1,9 \times 284 - 2,41 \times 202 = 52,8 \text{ миллигр.}$$

2). При употребленіи соды и извести, на 1 литръ воды требуется:

Угленатріевоѣ соли, Na₂ CO₃:

$$1,9 \times 284 + 2,65 \times 36 = 635,0 \text{ миллигр.}$$

Извести, CaO:

$$1,27 \times 202 + 1,4 \times 36 = 306,0 \text{ миллигр.}$$

Для сравненія, сопоставимъ рецепты, вычисленные на основаніи полнаго и сокращеннаго анализовъ воды:

На 1 литръ этой воды требуется на основаніи:

	Полнаго анализа	Сокращеннаго анализа
Na ₂ CO ₃	51,5 миллигр.	52,8 миллигр.
Na OH	441,9 „	439,6 „
или:		
Na ₂ CO ₃	636,5 „	635,0 „
CaO.	307,5 „	306,9 „

Разница въ рецептахъ, вычисленныхъ по обоимъ способамъ, какъ видно, весьма малая, легко объясняемая неточностью анализовъ

и употребленных при расчетѣ коэффициентовъ, для практики не имѣютъ значенія.

Съ цѣлью совершеннаго устраненія необходимости въ производствѣ количественныхъ вѣсовыхъ опредѣленій для нахождения количествъ реактивовъ, нужныхъ для очищенія котельной воды отъ накипеобразователей, былъ предложенъ рядъ техническимъ способовъ, основанныхъ исключительно на приѣмахъ скоро исполнимыхъ титрованій. Эти способы, хотя и не вполне точны, даютъ въ результатѣ рецепты довольно близкіе къ рецептамъ, вычисленнымъ, какъ указано выше, на основаніи полного химическаго анализа воды, и потому достаточны для практики. Они особенно пригодны, если предстоитъ произвести одновременно опредѣленіе нѣсколькихъ рецептовъ для очищенія различныхъ водъ и если имѣются заранее заготовленные необходимые титрованные растворы и нужная лабораторная посуда.

Во всѣхъ этихъ способахъ опредѣляютъ титрованіемъ $1/10$ нормальной соляной кислотой устранимую жесткость воды; т. е. бикарбонаты кальція и магнія, для удаленія которыхъ, изъ воды служить на практикѣ извѣстъ, а затѣмъ опредѣляютъ постоянную жесткость воды; т. е. количество кальція и магнія, содержащееся въ водѣ, въ видѣ стѣрнокислыхъ и азотнокислыхъ солей и хлористыхъ соединений, выдѣляемыхъ на практикѣ изъ воды содою, что достигается, осаждавая эти соединения изъ измѣреннаго объема изслѣдуемой воды избыткомъ титрованнаго раствора Na_2CO_3 и Na OH и опредѣляя этотъ избытокъ титрованіемъ $1/10$ нормальной соляной кислотой, въ присутствіи индикаторовъ метилоранжа или фенолфталеина.

Изъ ряда предложенныхъ для этой цѣли способовъ:

Пфейфера ¹⁾, Виньонтъ и Менье ²⁾, Верениффеннига ³⁾, Винклера ⁴⁾, Лунге ⁵⁾, Грегера ⁶⁾ и др., способъ Грегера чаще другихъ употребляется и даетъ довольно удовлетворительные для практики результаты.

Для примѣненія способа Грегера необходимы слѣдующіе реактивы.

1). **Осадитель:** растворъ 3 гр. чистой угленатріевой соли, Na_2CO_3 , и 3 гр. ѣдкаго натра въ 1 литрѣ дистиллированной воды.

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1902, 193.

²⁾ Compt. rend. 123, 683.

³⁾ Organ f. Eisenbahnwesen. 1893.

⁴⁾ Zeitschr. f. analyt. Chem. 1901, 82.

⁵⁾ Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 1904. B. I. 845.

⁶⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, 220.

2). **Растворъ хлористаго кальція:** 15 гр. кристаллическаго хлористаго кальція, $\text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$, растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды; реакція жидкости должна быть нейтральная.

3). $\frac{1}{10}$ **нормальная соляная кислота**, содержащая 3,65 миллигр. HCl въ 1 куб. сант.

4). **Растворъ метилоранжа:** 1 гр. продажнаго метилоранжа растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды. Этотъ индикаторъ представляетъ собою жидкость оранжево-желтаго цвѣта; отъ свободныхъ минеральныхъ кислотъ, онъ принимаетъ красный оттѣнокъ, переходящій обратно въ первоначальный желтый отъ щелочей свободныхъ и углекислыхъ. Отъ свободной углекислоты желтый цвѣтъ раствора метилоранжа не измѣняется. Годится, какъ индикаторъ, только въ холодныхъ растворахъ.

Прежде всего устанавливаютъ точно отношеніе между осадителемъ и $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислотой въ присутствіи 2—3 капель раствора метилоранжа, до появленія постояннаго красноватаго оттѣнка; $\frac{2}{3}$ числа израсходованныхъ для этого куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты обозначаютъ черезъ а.

Затѣмъ наливаютъ въ сухую стеклянку, запираемую каучуковою пробкою, 100 куб. сант. предварительно прокипяченной въ теченіи $\frac{1}{2}$ часа и затѣмъ охлажденной дистиллированной воды и прибавляютъ къ нимъ 25 куб. сант. осадителя и 25 куб. сант. раствора хлористаго кальція. Стеклянку закупориваютъ, взбалтываютъ и оставляютъ спокойно стоять въ теченіи 12 часовъ, послѣ чего отбираютъ пипеткою 100 куб. сант. отстоявшейся, прозрачной жидкости и титруютъ ихъ въ присутствіи метилоранжа.

Число израсходованныхъ при этомъ куб. сант. соляной кислоты обозначаютъ черезъ b.

Для нахожденія рецепта очищенія изслѣдуемой воды, по 100 куб. сант. ея вливаютъ въ двѣ сухія стеклянки, А и В, прибавляютъ въ стеклянку А—25 куб. сант. осадителя и 25 куб. сант. прокипяченной и охлажденной затѣмъ дистиллированной воды, а въ стеклянку В—25 куб. сант. осадителя и 25 куб. сант. раствора хлористаго кальція. Обѣ стеклянки закупориваютъ каучуковыми пробками, взбалтываютъ и ставятъ для ускоренія хода реакціи и для уплотненія образующихся осадковъ часа на $1\frac{1}{2}$ въ водяную баню, имѣющую температуру 70—80° Ц. Послѣ 12 часовъ отстаиванія при обыкновенной температурѣ, изъ обѣихъ стеклянокъ отбираютъ пипеткою (по возможности, устраняя доступъ воздуха, содержащаго углекислоту) по 100 куб. сант. совершенно отстоявшихся, прозрачныхъ жидкостей и титруютъ ихъ въ присутствіи 2—3 капель раствора метилоранжа $\frac{1}{10}$ нормальной

соляной кислотой, до появленія постоянного красноватаго оттѣнка, такого же, какой даетъ дистиллированная вода, насыщенная углекислотой, въ присутствіи того-же количества метилоранжа. Число израсходованныхъ при этомъ куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты обозначаютъ: для стеклянки А черезъ с, а для стеклянки В — черезъ d.

Полученные результаты титрованій показываютъ, что общее количество щелочей, нужное для удаленія накипеобразователей изъ 100 куб. сант. изслѣдуемой воды, соответствуетъ:

1,5 (a—c) куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты, отвѣчающихъ: $1,5 (a-c) \times 53 = 79,5 (a-c)$ миллигр. соды ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$), и что, кромѣ этого количества соды, для удаленія бикарбонатовъ кальція и магнія, на 100 куб. сант. изслѣдуемой воды нужно еще прибавить извести, въ количествѣ соответствующемъ:

1,5 (b—d) куб. сант. $\frac{1}{10}$ нормальной соляной кислоты, отвѣчающихъ: $1,5 (b-d) \times 28 = 42 (b-d)$ миллигр. извести (CaO).

Если изслѣдуемая вода очень жесткая, такъ что числа с и d при титрованіи получаются очень малыми, то воду до испытанія слѣдуетъ разбавить вдвое прокипяченной дистиллированной водой и при вычисленіи принять въ расчетъ это разбавленіе.

При изслѣдованіи природныхъ водъ, содержащихъ много щелочновесельныхъ бикарбонатовъ и лишь малую постоянную жесткость, а также при изслѣдованіи природныхъ водъ, содержащихъ замѣтныя количества угленатріевой соли, величина с оказывается иногда больше а. Въ такихъ случаяхъ слѣдуетъ принять $(a-c) = 0$ и производить на практикѣ очищеніе воды одной известью или эквивалентнымъ ей количествомъ фѣдкаго натра.

Способъ Грегера не вполне точенъ и даетъ всегда числа нѣсколько меньшія тѣхъ, которые получаются вычисленіемъ на основаніи результатовъ химическаго анализа водъ, такъ что при примѣненіи на практикѣ рецепта, выработаннаго способомъ Грегера, получаются очищенные воды, не вполне лишенные извести и магnezіи, а только значительно болѣе мягкія (съ общей жесткостью въ 4—7° нѣмецкихъ), что, впрочемъ, обыкновенно достаточно для ихъ безопаснаго примѣненія къ питанію паровыхъ котловъ.

¹⁾ Потому что жидкости, титруемая соляной кислотой, содержатъ, кромѣ щелочей, нѣкоторые количества углекислыхъ солей кальція и магнія, остающихся въ растворѣ и также расходующихся нѣкоторые количества кислоты; величины с и d получаются такимъ образомъ слишкомъ большими, а разности $(a-c)$ и $(b-d)$ слишкомъ малыми.

Работа очищенія воды отъ накипеобразователей производится слѣдующимъ образомъ:

Предназначенныя для очищенія реактивы, отвѣшанные согласно съ установленными рецептами, растворяются въ небольшомъ количествѣ очищаемой воды и полученные однородные ихъ растворы съ извѣстнымъ содержаніемъ реактивовъ, прибавляются къ отмѣренному объему очищаемой воды.

Растворъ соды и ѣдкаго натра готовятъ въ деревянныхъ чанахъ, вмѣстимости въ 30—40 ведеръ. Въ такой чанъ накладываютъ отвѣшанные соду и ѣдкій натръ, наливаютъ воды до мѣтки на внутренней стѣнкѣ чана, указывающей его вмѣстимость, напримѣръ, въ 30 ведеръ, размѣшиваютъ деревянной лопатой до полного растворенія соды и ѣдкаго натра и при употребленіи берутъ требуемое число ведеръ этого раствора.

Для полученія известкового молока, отвѣшанное количество жженой извести всыпаютъ въ такой же деревянный чанъ, имѣющій край на $\frac{1}{3}$ высоты, гасятъ известь небольшимъ количествомъ воды, дополняютъ чанъ водою до мѣтки, тщательно мѣшаютъ лопаткою, чтобы образовать известковое молоко однороднаго состава и спустя полминуты, впродолженія которой тяжелыя частицы осядутъ на дно, сливаютъ молоко въ ведра черезъ край. Каждый день слѣдуетъ изготовлять столько известкового молока, сколько его по рецепту нужно для очищаемого объема воды.

При вычисленіи количествъ реактивовъ слѣдуетъ принимать въ расчетъ и то количество воды, которое идетъ на приготовленіе раствора соды и известкового молока.

Приборы, въ которыхъ производится самое очищеніе воды реактивами устраиваютъ различно, смотря по количеству воды, которое требуется очистить въ данное время. Если требуется очищеніе небольшихъ массъ воды, то смѣшеніе воды съ реактивами и отстаиваніе образовавшихся осадковъ можетъ быть произведено въ обыкновенныхъ деревянныхъ чанахъ или бакахъ. Для очищенія до 10000 куб. фут. (=23000 ведеръ) воды въ сутки можетъ служить приборъ, состоящій изъ трехъ баковъ. Два изъ нихъ, предназначенные для очищенія воды, помѣщаютъ выше третьяго, служащаго резервуаромъ для очищенной воды, такъ, чтобы содержимое верхнихъ баковъ было бы удобно спускать въ нижній, врытый въ землю почти до самыхъ краевъ. Верхніе два бака ставятъ рядомъ на лежняхъ и наполняютъ до мѣтки очищаемой водою. Каждый изъ верхнихъ баковъ вмѣщаетъ до мѣтки 250 куб. фут. и имѣетъ длину 16

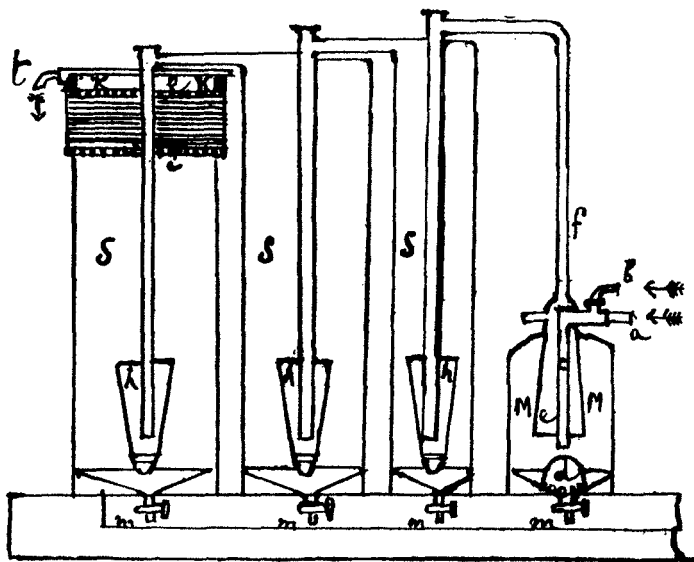
фунт. ¹⁾), ширину 4 фут., высоту 5 фут. Каждый из них снабженъ съ одного конца краномъ, остоящимъ отъ дна на 6 дюймовъ, для выпуска очищенной воды въ нижній резервуаръ и еще краномъ у самого дна, съ другого конца, для выпуска отстоявшейся грязи. Нижний, вкопанный въ землю резервуаръ имѣетъ длину 22 фута, ширину 4 фута и глубину 4 фута, вмѣщаетъ 350 куб. фут. Вблизи верхнихъ баковъ помѣщаютъ чаны, содержащіе растворы очищающихъ реактивовъ. Если имѣется въ распоряженіи оборотный паръ отъ паровыхъ машинъ, то полезно положить на дно верхнихъ баковъ проводящія его продырявленные трубы для подогреванія воды передъ и во время прибавленія реактивовъ, такъ какъ такое подогреваніе ускоряетъ реакціи и способствуетъ болѣе быстрому отстаиванію выделяющихся осадковъ.

Операцию очищенія производятъ слѣдующимъ образомъ: Наливаютъ въ верхніе баки очищаемую воду до мѣтки, подогреваютъ ее сколько возможно (лучше всего до 60—70° Ц.) и прибавляютъ отмѣренный объемъ растворовъ очищающихъ реактивовъ. Послѣ размѣшиванія, оставляютъ жидкость въ покоѣ для освѣтленія, для чего нужно 20—30 минутъ. Прозрачную жидкость спускаютъ въ нижній резервуаръ и верхніе баки вновь наполняютъ очищаемой водой. Осадокъ удаляютъ изъ верхнихъ баковъ по мѣрѣ его накопленія черезъ краны, близъ дна этихъ баковъ. Работу ведутъ въ обоихъ верхнихъ бакахъ поочередно, такъ чтобы спускать очищенную воду изъ одного бака въ то время, какъ въ другомъ происходитъ наполненіе его, смѣшеніе съ реактивомъ и отстаиваніе.

Для очищенія большихъ массъ воды, предложено много различныхъ аппаратовъ. Въ этихъ, отчасти довольно сложныхъ аппаратахъ очищаемая вода наливается насосами въ закрытые металлическіе сосуды, вмѣстѣ съ определеннымъ количествомъ очищающаго раствора, перемѣшивается и иногда подогревается въ этихъ сосудахъ и затѣмъ образовавшіеся осадки отдѣляются помощью фильтра, чѣмъ значительно ускоряется весь процессъ очищенія. Одинъ изъ простѣйшихъ аппаратовъ, аппаратъ Берайже-Штингля, изображенъ на фиг. 14. Въ этомъ приборѣ существенныя части составляютъ: сосудъ М для смѣшенія воды съ реактивомъ (Melangeur) и отстойные цилиндры S (Sedimenteur), которыхъ обыкновенно бываетъ 3, причемъ въ послѣднемъ помѣщается фильтръ. Очищаемая вода нагне-

¹⁾ 1 футъ = 0,3 метра (приблизительно).

тается насосомъ или гидравлическимъ давленіемъ въ сосудъ М по трубкѣ *a*, въ которую одновременно накачивается по трубкѣ *b* соответствующее количество реактивнаго раствора. Смѣсь жидкостей идетъ по трубкѣ *c* внизъ, ударяется о конусъ *d*, отбрасывается къ стѣнкамъ сосуда М, подымается вверхъ, вновь опускается, и по конусообразной трубкѣ *e*, а затѣмъ по трубкѣ *f* поступаетъ въ первый отстойникъ. Такой длинный путь способствуетъ полному смѣ-



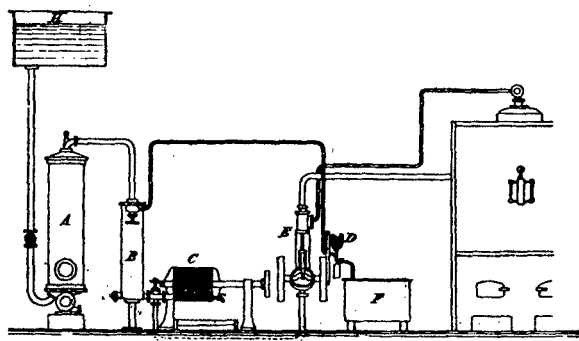
Фиг. 14.

шенію и полнотѣ реакцій. Отстойники *S* имѣютъ цѣлью освободить воду отъ главной массы осадковъ и ихъ дѣйствіе состоитъ въ томъ, что вода, быстро въ нихъ притекающая по сравнительно узкимъ трубкамъ, подымается въ нихъ медленно, такъ что взвѣшенные въ водѣ твердыя частицы осаждаются на дно.

Чтобы помѣшать взбалтыванію осадка на днѣ отстойниковъ, трубки приводящія мутную воду, погружены въ конусы *h*. Жидкость, прошедшая черезъ 2 или 3 отстойника обыкновенно лишь слабо опалесцируетъ и, для удаленія изъ нея послѣднихъ мельчайшихъ взвѣшенныхъ частичекъ, она пропускается черезъ фильтръ, состоящій изъ двухъ продырявленныхъ пластинокъ *i* и *l*, между которыми

помѣщены губки, или смѣсь древесныхъ стружекъ и коксовой мелочи, служащая фильтрующимъ матеріаломъ. Пластины *i* и *l* прижимаются другъ къ другу упругимъ деревяннымъ обручемъ *K*. Совершенно прозрачная, очищенная вода вытекаетъ изъ аппарата по трубкѣ *t*. Краны *m* служатъ для удаленія осадковъ, по мѣрѣ ихъ накопленія, изъ отстойниковъ.

Значительнымъ распространеніемъ на заводахъ пользуется аппаратъ Дене, (Фиг. 15) служащій для предварительнаго очищенія па-



Фиг. 15.

ровичной воды. Аппаратъ этотъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей: Очищаемая вода поступаетъ сначала изъ высоко поставленнаго бака *H*, въ подогреватель *A*, въ которомъ она подогревается обратнымъ паромъ изъ заводскихъ паровыхъ машинъ до 60—70° Ц. Отсюда горячая вода поступаетъ въ сосудъ *B* и въ немъ смѣшивается съ соотвѣтствующимъ ея составу и количеству растворомъ реактивовъ ¹⁾, содержащимся въ желѣзномъ бакѣ *F* и доставляемомъ въ сосудъ *B* при помощи небольшого насоса *D*. Затѣмъ вода, вмѣстѣ съ осадкомъ, про-
ливается черезъ фильтр прессъ *C*, между салфетками котораго оста-
ется осадокъ, а очищенная прозрачная вода нагнетается, или прямо въ паровой котелъ, или въ резервуаръ, изъ котораго она переводится ин-
жекторомъ въ котелъ. Водяной насосъ *E*, просасывающій воду черезъ весь приборъ, приводитъ въ движеніе поршень малаго насоса *D*, достав-

¹⁾ Для очищенія въ приборахъ Дене употребляется всегда соотвѣтствен-
но составу воды приготовленный растворъ смѣси соды и ѣдкаго натра.

ляющего очищающій реактивъ, такъ что можно регулировать количество послѣдняго, въ зависимости отъ количества проходящей черезъ аппаратъ воды. Весь процессъ очищенія происходитъ въ замкнутомъ аппаратѣ и регулируется автоматически размѣрами и высотой хода поршней насосовъ Е и D и составомъ очищающаго раствора. Если нѣтъ въ распоряженіи обратнаго водянаго пара, или если для питанія котла требуется холодная вода, какъ, напримѣръ, въ локомотивахъ, то Дене видоизмѣняетъ устройство аппарата, устраивая болѣе-шихъ размѣровъ сосудъ для смѣшенія В, такъ какъ для очищенія на холоду требуется больше времени для окончанія реакціи выдѣленія накипеобразователей.

Кромѣ аппаратовъ Дене, патентованы и употребляются въ практикѣ приборы Демальи, Ле-Телье, Гайлье, Килля, Седлищека, Рейсута, Штреттера и многіе другіе, отличающіеся устройствомъ отдѣльных частей, отстойниковъ, фильтровъ и сосудовъ для смѣшенія. Приборы эти, устраняя отложеніе накипей въ паровыхъ котлахъ, оказываются весьма полезными, если только они обслуживаются реактивами правильно составленными, соотвѣтственно составу очищаемой воды.

Необходимо еще помнить, что сода и ѣдкій натръ, выдѣляя соли извести и магнезій, даютъ сами растворимыя соли натрія, количество которыхъ при постоянной работѣ непрерывно накапливается въ паровомъ котлѣ. Черезъ болѣе или менѣе продолжительное время количество этихъ солей можетъ сдѣлаться настолько значительнымъ, что онѣ сами начнутъ выкристаллизовываться изъ насыщеннаго раствора въ котлѣ и образовать на стѣнкахъ его твердые осадки.

Періодическое опоражниваніе и продуваніе котла необходимо, во избѣжаніе этого, и притомъ, тѣмъ болѣе частое, чѣмъ больше реактивовъ приходится вводить въ очищаемую воду.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
ПРЕДИСЛОВІЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	5
Значеніе воды въ природѣ	7
Составъ природной воды	8
Атмосферная вода	15
Вода ключей и колодцевъ	15
Вода ручьевъ, рѣкъ и озеръ	19
Вода морская.	21
Вода минеральныхъ источниковъ	21
ИЗМѢНЕНИЕ СОСТАВА ПРИРОДНЫХЪ ВОДЪ	21

Ч А С Т Ь I.

Физическое и химическое изслѣдованіе природныхъ водъ.

I. ВЗЯТІЕ ПРОБЫ ВОДЫ ДЛЯ ИЗСЛѢДОВАНІЯ.	29
II. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ФИЗИЧЕСКИХЪ СВОЙСТВЪ ВОДЫ	33
Температура воды	33
Прозрачность воды	34
Цвѣтъ воды	34
Запахъ воды	35
Вкусъ воды	35
Удѣльный вѣсъ воды	35
III. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ХИМИЧЕСКАГО СОСТАВА ВОДЫ	36
1. Реакція воды	37
2. Опредѣленіе плавающихъ въ водѣ веществъ	37
3. Опредѣленіе количества растворенныхъ въ водѣ веществъ	39
4. Опредѣленіе содержанія органическихъ веществъ	40

	Стр.
а) Потеря при прокаливании	41
б) Общее содержание органических веществ	42
в) Окисляемость воды	43
5. Определение хлора	50
6. Определение серной кислоты	55
7. Определение углекислоты	57
1) Определение всей углекислоты	58
2) Определение свободной и полусвободной углекислоты	61
3) Определение свободной углекислоты	64
8. Определение азотной кислоты	64
9. Определение азотистой кислоты	72
10. Определение аммиака	80
11. Определение кремнезема	87
12. Определение глинозема	88
13. Определение извести	89
14. Определение магнезии	91
15. Определение жесткости	92
16. Определение железа	98
17. Определение щелочей	101
а) Определение окиси калия	103
б) Определение окиси натрия	104
18. Определение фосфорной кислоты	105
19. Определение сероводорода	107
20. Определение растворенного кислорода	110
21. Определение свинца, меди, цинка и мышьяка	119

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДЪ 125

1. Определение плотного остатка	126
2. Определение кремнекислоты, железа, алюминия, марганца, кальция и магния	126
3. Определение бария, стронция, лития, брома и йода	129
4. Определение калия, натрия и аммония	135
5. Определение хлора	136
6. Определение серной кислоты, азотной и азотистой кислот, угольной кислоты, фосфорной и мышьяковой кислот	136

V. СОПОСТАВЛЕНИЕ, РАСЧЕТЫ И ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВЪ ХИМИЧЕСКАГО АНАЛИЗА 139

Ч А С Т Ь II.

Микроскопическое и бактериологическое исследование водъ.

1. Неорганические вещества	153
2. Организованные остатки	154
3. Живые низшие организмы	157

А. Микроскопическія водяныя растенія.

1. Бактеріи	158
2. Плъсени	163
3. Содержащія хлорофиллы водяныя растенія	165

Б. Микроскопическія водяныя животныя 166**ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ОРГАНИЗМАМИ И СОСТАВОМЪ ПРИРОДНЫХЪ**

ВОДЪ	171
НИЗШІЕ ОРГАНИЗМЫ, КАКЪ ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЪЗНЕЙ	172
ЧИСЛО БАКТЕРІЙ ВЪ ПРИРОДНЫХЪ ВОДАХЪ	173
УСЛОВІЯ РАЗМНОЖЕНІЯ БАКТЕРІЙ ВЪ ВОДАХЪ.	175
Вліяніе питательности среды	175
Вліяніе температуры	177
Вліяніе свѣта	178
Вліяніе сотрясенія и отстаиванія	179
Вымираніе микроорганизмовъ	179

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ МИКРООРГАНИЗМОВЪ. 180**ПАТОГЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ 182****ПРІЕМЫ МИКРОСКОПИЧЕСКИХЪ И БАКТЕРІОЛОГИЧЕСКИХЪ ИЗСЛѢДОВАНИЙ ВОДЪ 183**

1. Взятіе пробъ воды для изслѣдованія	184
2. Микроскопическое изслѣдованіе.	185
3. Біологическое изслѣдованіе	189

ОПРЕДѢЛЕНІЕ ВИДА МИКРООРГАНИЗМОВЪ 194

1. Приготовленіе микроскопическихъ препаратовъ	194
2. Приготовленіе и изслѣдованіе чистыхъ культуръ	195
1. Культуры уколомъ	196
2. Культуры на пластинкахъ	196
3. Культуры на студий агаръ-агаръ	196
4. Культуры на поверхности твердой питательной среды.	197
5. Культуры въ жидкихъ питательныхъ средахъ	198
6. Культуры на картофелѣ.	200
7. Культуры въ U-образныхъ трубкахъ въ мясномъ настоѣ.	200
8. Культуры на рубленомъ мясѣ	201
9. Реакція на образованіе индола и нитрозо-индола.	201
10. Опыты надъ животнымъ	202

ХАРАКТЕРИСТИКА ПАТОГЕННЫХЪ МИКРООРГАНИЗМОВЪ, ВСТРѢЧАЕМЫХЪ ВЪ ПРИРОДНЫХЪ ВОДАХЪ 202

1. Возбудители тифа.	203
2. Возбудители холеры	210
3. Возбудители карбункула	215

ЧАСТЬ III.

Оцѣнка качества водъ.

I. Питьевая вода	221
1. Везредность питьевой воды.	222
2. Аппетитность питьевой воды.	225
II. ВОДА ДЛЯ ДОМАШНЯГО ОБИХОДА	231
III. ВОДА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХЪ ЦѢЛЕЙ	232
1. Вода для питанія паровыхъ котловъ	232
2. Вода для производствъ, основанныхъ на броженіи.	233
3. Вода для сахароваренія	234
4. Вода для производства крахмала	234
5. Вода для производства бумаги и целлюлозы	235
6. Вода для кожевенныхъ заводовъ	235
7. Вода для производства клея.	235
8. Вода для производства красильнаго, ситцепечатнаго и бѣ- лильнаго	235
9. Вода для нѣкоторыхъ другихъ производствъ	236
10. Вода для рыбоводства.	236

ЧАСТЬ IV.

Очищеніе воды.

1. ПЕРЕГОНКА.	241
2. ЗАМОРАЖИВАНІЕ	242
3. ФИЛЬТРОВАНИЕ	242
а) Песочные фильтры для водоснабженія городовъ	243
б). Фильтры для отдѣльныхъ заводовъ и учреждений	247
в). Фильтры для домашняго обихода	248
4. КИПЯЧЕНІЕ	253
5. ЭЛЕКТРИЗАЦІЯ	253
6. ХИМИЧЕСКІЕ СПОСОБЫ ОЧИЩЕНІЯ ВОДЪ	254
а). Очищеніе питьевой воды	255
б). Очищеніе воды для паровыхъ котловъ.	256
I. Механическіе приемы	258
II. Противунакипные составы.	259
1. Крахмалистыя и сахаристыя вещества	259
2. Глицеринъ.	260

	<i>Стр.</i>
3. Дубильныя вещества	260
4. Жирныя вещества.	260
5. Кислоты	260
6. Щелочи и разныя соли	261
III. Предварительное очищеніе котельной воды.	262
а) Нагрѣватели	262
б) Примѣненіе химическихъ реактивовъ	262
1. Способъ Кларка	263
2. Способъ де-Гена	263
3. Способъ Веранже-Штингля	264
ОПРЕДѢЛЕНІЕ КОЛИЧЕСТВЪ НУЖНЫХЪ РЕАКТИВОВЪ	267
а) По результатамъ полного анализа	267
б) По результатамъ сокращеннаго анализа.	271
в) По способу Грегера	274
АППАРАТЫ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОЧИЩЕНІЯ КОТЕЛЬНОЙ ВОДЫ	277
Аппаратъ для небольшихъ количествъ воды.	277
Аппаратъ Веранже-Штингля	278
Аппаратъ Дене ,	280

