

613

М

Моисеев С. В.

Санитарно-химический
анализ питьевой воды

Моисеев
С. В.

Библиотека студентов-медиков
Новороссийского Университета

С. В. Моисеевъ

отъ автора
10/25/12г.

студентъ Юрьевского Ветеринарнаго Института.

~~№ 1331~~ *Л. Г. Спаскаго*

Санитарно-химическій анализъ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

для врачей, студентовъ, фармацевтовъ, сельскихъ хозяевъ
и санитаровъ.

1952 г.

Подъ редакціей Л. Г. СПАСКАГО,
профессора Юрьевского Ветеринарнаго Института

Съ 28 рис. въ текстѣ

ИНВЕНТАР

№ 3638

1972



2012

БИБЛИОТЕКА
СТУДЕНТОВЪ-МЕДИКОВЪ

Издание автора.

№

~~1331~~

1911 г.

Новоро... о... ве... жителя.

ПЕРЕСЕ

613

Типографія Г. Цирка, Юрьевъ.



BRITISH MUSEUM
LONDON
E. B. BENTON

1891

Отъ редактора.

Въ виду отсутствія на русскомъ языкѣ краткаго практическаго руководства по санитарно-химическому анализу воды, я согласился на просьбу студента, г-на Моисеева, проредактировать его трудъ, въ которомъ онъ излагаетъ методы, рекомендуемые мною на практическихъ занятіяхъ по санитарно-химическому анализу воды съ ветеринарными врачами и студентами, и въ которомъ онъ придерживается часто моихъ указаній. Главная задача предлагаемой книги заключается въ томъ, чтобы дать лицамъ и малоопытнымъ въ анализѣ такое практическое руководство, пользуясь которымъ они сами могли бы произвести довольно правильно и точно санитарно-химическое изслѣдованіе воды. Этимъ-то и объясняется бросающееся опытному лицу въ глаза очень подробное описаніе различныхъ манипуляцій, приборовъ и т. п. Какъ я уже указалъ, цѣль, преслѣдуемая авторомъ, преимущественно практическая. Поэтому въ ней указаны качественные и количественные методы изслѣдованія тѣхъ вредныхъ соединений, на присутствіе которыхъ большею частью обращается вниманіе при санитарно-химическомъ анализѣ воды и по присутствію, или отсутствію которыхъ обыкновенно судятъ о достоинствѣ ея. Кромѣ того авторъ указываетъ и на другіе факторы (санитарное состояніе мѣстности и пр.), которые нужно принимать во вниманіе при заключеніяхъ о качествѣ питьевой воды, что, понятно, увеличиваетъ практическую пользу книги. Нельзя не указать также и на то, что книга изложена научно и въ то же время понятно и ясно. Принимая во вниманіе и другія достоинства книги, остается только пожелать широкое распространіе ея между лицами, интересующимися санитарными изслѣдованіями.

Юрьевъ.

Проф. Л. Спасскій.

11 Декабря 1911 г.

Предисловіе.

Цѣль настоящаго руководства — изложить упрощенные и общедоступные, вмѣстѣ съ тѣмъ, научные и точные методы санитарно-химическаго анализа питьевой воды. Преслѣдуя чисто практическія цѣли, оно не останавливается на всестороннемъ систематическомъ изслѣдованіи воды, а рассматриваетъ только тѣ составныя части ея, которыя съ точки зрѣнія гігіены заслуживаютъ особаго вниманія и анализъ которыхъ вполне достаточенъ для точной оцѣнки доброкачественности изслѣдуемой воды и годности ея для питья и хозяйственныхъ надобностей. Въ цѣляхъ общедоступности изложенія описаны необходимые манипуляціи и приборы, помѣщены рисунки ихъ, особое вниманіе удѣлено принципу анализа въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, изложено теченіе реакцій, вычисленія составлены въ общемъ видѣ. Въ Приложеніи дается понятіе о титрованныхъ растворахъ, о способахъ приготовленія и контролѣ нормальныхъ растворовъ, объ индикаторахъ, помѣщенъ списокъ реактивовъ и способы приготовленія важнѣйшихъ изъ нихъ.

Въ заключеніе выражаю благодарность глубокоуважаемому учителю, профессору Леониду Григорьевичу Спасскому, за его любезность редактировать настоящее руководство и за трудъ веденія корректуры.

Юрьевъ — Дерптъ.

Декабрь 1911 г.

С. Моисеевъ.

Оглавление.

	Стр.
Отъ редактора	v
Предисловіе автора	vi
I. Введение	1
Дождевая вода [1]. Рѣчная вода [2]. Ключевая и колодезная вода [2]. Озерная вода [4]. Болотная вода [4]. Прудовая вода [5]. Морская вода [5].	
II. Санитарно-химическій анализъ питьевой воды. . . .	7
Задача санитарно-химического анализа воды [8]. Источники питьевой воды [8]. Сосуды для собиранія воды [9]. Способъ отбиранія пробы [10]. Ходъ анализа [12].	
Необходимые приборы. Ихъ описаніе и употребленіе	13
Манипуляціи	25
1) Выпариваніе [25]. 2) Промываніе осадковъ [26]. 3) Фильтрованіе [27].	
A. Физическое изслѣдованіе воды.	29
Проба на температуру [29]. Опредѣленіе цвѣта и прозрачности [29]. Опредѣленіе запаха [30]. Проба на вкусъ [30]. Опредѣленіе реакціи [32].	
B. Химическое изслѣдованіе воды.	33
1. Опредѣленіе амміака	33
Амміакъ въ водѣ [33]. Принципъ анализа [34]. Приборы [36]. Реактивы [37]. Техника производства [37]. Вычисленія въ общемъ видѣ [40].	
2. Изслѣдованіе воды на азотистую кислоту	40
Азотистая кислота въ водѣ [40]. Принципъ анализа [41]. Приборы и реактивы [44]. Техника производства [44]. Вычисленія въ общемъ видѣ [46].	
3. Изслѣдованіе воды на азотную кислоту	48
Азотная кислота въ водѣ [48]. Принципъ анализа [48]. Приборы и реактивы [51--52]. Техника производства [52]. Вычисленія въ общемъ видѣ [55].	
4. Опредѣленіе въ водѣ хлоридовъ	56
Хлориды въ водѣ [56]. Принципъ анализа [58]. Приборы [59]. Реактивы [59]. Техника производства [59]. Вычисленія въ общемъ видѣ [61].	
5. Изслѣдованіе воды на жесткость	62
Жесткая вода [62]. Жесткость устранимая, постоянная и общая [63]. Французскіе, англійскіе и нѣмецкіе градусы [64]. Переводъ градусовъ [65]. 2 метода опредѣленія жесткости [66].	
A. Опредѣл. устранимой жесткости (по O. Hebner'у)	67

Принцип анализа [67]. Приборы [68]. Реактивы [68]. Техника производства [68]. Вычисления въ общемъ видѣ [68].	
В. Опредѣл. постоянной жесткости (по О. Nebner'y)	70
Принцип анализа [70]. Приборы [71]. Реактивы [71]. Техника производства [72]. Вычисления въ общемъ видѣ [72].	
Опредѣленіе сѣрной кислоты.	73
Опредѣленіе общей жесткости (мыльная проба)	74
Принцип анализа [75]. Приборы [76]. Реактивы [76]. Техника производства [77]. Расчетъ [77].	
Опредѣленіе постоянной жесткости (мыльная проба)	78
Проба на сѣрную кислоту [78]. Техника опредѣленія постоянной жесткости [79].	
6. Опредѣленіе органическихъ веществъ	79
Органическія вещества въ водѣ [79]. Принципъ анализа [80]. Приборы [82]. Реактивы [82]. Техника производства [82]. Вычисления въ общемъ видѣ [83].	
7. Опредѣленіе въ водѣ желѣза	84
Желѣзо въ водѣ [84]. Принципъ анализа [85]. Приборы [87]. Реактивы [87]. Техника производства [88]. Вычисления въ общемъ видѣ [90].	
8. Открытіе въ водѣ тяжелыхъ металловъ.	90
Тяжелые металлы въ водѣ [90]. Принципъ анализа [91]. Приборы [92]. Реактивы [92]. Техника производства [92].	
9. Открытіе въ водѣ сѣроводорода	93
Сѣроводородъ въ водѣ [93]. 1-й методъ открытія въ водѣ сѣроводорода [94]. Принципъ анализа [94]. Приборы [95]. Реактивы [95]. Техника производства [95]. 2-й методъ открытія въ водѣ сѣроводорода [96]. Принципъ анализа [96]. Приборы [97]. Реактивы [97]. Техника производства [97].	
10. Опредѣленіе сухого остатка	98
Приборы [98]. Техника производства [98].	
III. Заключение	99
Свойства хорошей воды [99]. Таблица [100-101]. Заключение [102].	
IV. Приложение.	104
Титрованные растворы [104]. Титръ [104]. Титриное вещество [104]. Классификація титрированныхъ растворовъ [104]. Приготовление нормальныхъ растворовъ [105]. $\frac{N}{10}$ и $\frac{N}{100}$ растворы и ихъ приготовленіе [106]. Индикаторы [107]. Описокъ реактивовъ. Ихъ храненіе и прочность. Приготовленіе важнѣйшихъ изъ нихъ [108]. Контроль $\frac{N}{10}$ раствора AgNO_3 $\frac{N}{10}$ растворомъ NaCl [111].	
Литературные источники	112



I. Введеніе.

Химически чистая вода состоитъ, какъ извѣстно, изъ двухъ элементовъ: *водорода и кислорода* (H_2O). Но такая вода въ природѣ не встрѣчается. Вода, которую мы пьемъ, содержитъ цѣлый рядъ постороннихъ примѣсей, количествомъ и качествомъ которыхъ разнятся между собою различныя природныя воды.

Дождевая вода. Самой чистой природной водой является *дождевая*. Источникомъ ея, какъ извѣстно, служатъ испаренія естественныхъ водъ съ поверхности земли, особенно открытыхъ водоемѣстилицъ. При такомъ происхожденіи дождевая вода должна была оказаться *химически чистой*. Но, проходя черезъ атмосферу, она отчасти увлекаетъ и растворяетъ содержащіяся въ ней газы, минеральныя и органическія примѣси, отчасти увлекаетъ примѣси организованныя. Количество и качество ихъ въ дождевой водѣ зависятъ поэтому отъ свойствъ атмосферы, продолжительности выпаденія дождя и т. п. Въ дождевой водѣ найдены кислородъ, азотъ, углекислый газъ, опредѣлены органическія вещества, сѣроводородъ, амміакъ, азотная и азотистая кислоты, поваренная соль и т. п. Кромѣ того дождевая вода содер-

жить еще разнообразныя взвѣшенныя примѣси, часто окрашивающія ее въ тотъ или иной цвѣтъ, и между ними — микроорганизмы, благодаря которымъ она легко загниваетъ. Такимъ образомъ, хотя самая чистая природная вода — дождевая, она, однако, не является *химически чистой*, а содержитъ различныя постороннія примѣси.

Рѣчная вода. Источниками *рѣчной* воды служатъ: почвенная вода, стекающіе съ поверхности земли атмосферные осадки, горные ключи, талая вода горныхъ ледниковъ и снѣговъ. Составъ рѣчной воды поэтому зависитъ главнымъ образомъ отъ примѣсей составляющихъ ее водъ. Но на составъ ея немало вліяютъ совершающіеся въ ней химическіе процессы, взаимодействіе ея съ почвой, по которой она протекаетъ, притокъ сточныхъ водъ, попадающія въ нее различныя случайныя примѣси и т. д. Протекая черезъ населенныя мѣстности, рѣчная вода, кромѣ того, загрязняется часто различными подозрительными и опасными продуктами. Кромѣ растворенныхъ, въ рѣчной водѣ содержатся еще различныя взвѣшенныя примѣси, какъ минеральныя (частицы кварца, глины, извести и т. п.), придающія ей часто ту или другую окраску, и органическія (частицы насѣкомыхъ, растительныхъ тканей и др.), такъ и живые организмы — животные и растительные (черви, водоросли, бактеріи и пр.).

Ключевая и колодезная вода. Источникомъ *ключевой и колодезной* воды является почвенная вода. Павшія метеорныя воды, главнымъ образомъ дождевая, отчасти испаряются на поверхности земли и покрывающей ее растительности, отчасти

же проникаютъ въ почву. Протекая подъ землею по непроницаемому для воды почвенному слою, вода отчасти стекаетъ по его склону, отчасти же накапливается на немъ, образуя почвенную воду. Если этотъ почвенный слой обнажается въ какомъ-нибудь мѣстѣ, лежащемъ ниже другихъ частей его, то почвенная вода выступаетъ здѣсь изъ земли въ видѣ источника или ключа. Если же обважать почвенную воду, произведя въ почвѣ скважины, устраивая колодцы или прокладывая дренажныя трубы, то получается колодезная вода. А потому по происхожденію принципиальной разницы между ключевой и колодезной водой не существуетъ. Просачиваясь черезъ почву, атмосферные осадки вступаютъ съ ней въ сложный процессъ взаимнаго обмѣна составныхъ частей, сопровождающійся отчасти химическими измѣненіями послѣднихъ. Вода при этомъ отчасти разрушаетъ почву, увлекая нѣкоторыя составныя части не только механически, но и растворяя ихъ. Слѣдовательно, въ почвенной водѣ, а потому и въ водѣ ключевой и колодезной, должны встрѣчаться слѣды тѣхъ почвенныхъ слоевъ, черезъ которые просачивались атмосферные осадки, образовавшіе данную почвенную воду. Почва часто загрязняется различными минеральными и органическими примѣсями. Къ нимъ часто относятся отбросы домашняго хозяйства, животныя и человѣческія изверженія. Последнія, загрязняя почву, попадаютъ въ просачивающіеся черезъ нее атмосферные осадки и, такимъ образомъ, входятъ въ составъ ключевой и колодезной воды, составляя весьма опасныя и ядовитыя примѣси ея. Составъ ключевой и колодез-

ной воды зависитъ поэтому отъ степени загрязненія соотвѣтствующей почвы, но также отъ времени года, отъ температуры воздуха, количества атмосферныхъ осадковъ и т. д. Ключевая вода часто чище колодезной, такъ какъ колодцы устраиваются обыкновенно въ населенныхъ мѣстностяхъ съ болѣе или менѣе загрязненной почвой и часто недостаточно ограждаются (срубамъ и крышками) отъ засоренія. Вода очень глубокихъ, такъ называемыхъ *артезианскихъ колодцевъ*, имѣетъ самый разнообразный составъ: въ однихъ случаяхъ она обладаетъ прекрасными качествами, въ другихъ же — совершенно негодна для питья.

Озерная вода. Источниками *озерной* воды служатъ: вода, образующаяся при таяннн снѣговъ и льдовъ, выпадающія или проходящія черезъ озеро рѣчки, атмосферные осадки и ключи. Примѣси озерной воды зависятъ поэтому отъ примѣсей составляющихъ ее водъ; но на составъ ея также вліяютъ совершающіеся въ ней химическіе процессы, различныя попадающія въ нее случайныя примѣси и т. д. Обыкновенно озерная вода чище рѣчной. Благодаря сравнительному покою озерной воды, она освобождается отчасти отъ взвѣшенныхъ примѣсей, которыя вносятъ въ нее составляющія ее воды, и поэтому является обыкновенно довольно чистой. Но, находясь по сосѣдству съ населенными мѣстностями, она часто загрязняется, подобно рѣчной водѣ.

Болотная вода. Озеро, лишенное естественнаго источника, теряющее воду только путемъ испаренія, легко превращается въ болото. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, за неимѣніемъ другой, въ питье

употребляется болотная вода. Составъ болотной воды особенно зависитъ отъ времени года. Лучше всего она зимою, благодаря слабой дѣятельности микроорганизмовъ, которыми эта вода очень богата. Съ наступленіемъ же первыхъ жаровъ въ болотной водѣ появляется *масса* животныхъ и растительныхъ микроорганизмовъ, вызывающихъ сильное броженіе и разложеніе органическихъ веществъ, находящихся въ ней въ значительномъ количествѣ. Въ это время опасно не только употреблять ее внутрь, но даже находиться вблизи болотъ, такъ какъ изъ нихъ выдѣляются углекислый газъ, сѣроводородъ и другіе очень вредные продукты.

Прудовая вода. Прудовая вода занимаетъ въ гигиеническомъ отношеніи среднее мѣсто между водой озерной и болотной.

Морская вода. Природныя воды, выпадающія въ море, вносятъ въ нее свои минеральныя примѣси, главнымъ образомъ поваренную соль. Съ поверхности же морей удаляется большое количество совершенно чистыхъ водяныхъ паровъ. Поэтому морская вода богата минеральными веществами, главнымъ образомъ поваренной солью. Органическихъ же веществъ и фосфорнокислыхъ солей въ ней относительно мало. Содержа значительное количество минеральныхъ веществъ, морская вода негодна ни для питья ни для хозяйственныхъ надобностей. Чтобы воспользоваться морской водой, какъ питьевой, ее подвергаютъ предварительно *перегонкѣ*, что практикуется нерѣдко на судахъ.

Этого краткаго обзора указанныхъ природныхъ водъ вполне достаточно, чтобы судить о

томъ, что въ природѣ вода *никогда* не является *совершенно чистой*, а содержитъ самыя разнообразныя примѣси, отъ количества и качества которыхъ зависитъ достоинство воды и пригодность ея для питья и хозяйственныхъ надобностей. Поэтому при изслѣдованіи воды вниманіе обращается, собственно, не на воду, какъ на извѣстное химическое соединеніе, а *исключительно* на содержащіяся въ ней примѣси. Примѣси природныхъ водъ можно раздѣлить на газообразныя и плотныя, а эти, въ свою очередь, — на минеральныя, органическія и организованныя. Кромѣ того различаютъ примѣси растворенныя и взвѣшенныя.

II. Санитарно-химическій анализъ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Вмѣстѣ съ употребляемой въ питье природной водой, въ нашъ организмъ поступаютъ всѣ ея примѣси. Съ *гигиенической точки зрѣнія* среди послѣднихъ различаютъ примѣси безвредныя, даже полезныя и примѣси вредныя, даже опасныя и ядовитыя. Но и безвредныя, даже полезныя примѣси питьевой воды должны отвѣчать извѣстнымъ санитарно-химическимъ требованіямъ: онѣ *должны* по своему количественному содержанію *колебаться* въ опредѣленныхъ, строго установленныхъ для каждой изъ нихъ предѣлахъ. Иначе вода, ихъ содержащая, не можетъ быть признана годной для питья и хозяйственныхъ надобностей. Поваренная соль, на примѣръ, нормальная примѣсь природной воды; но, если ея количественное содержаніе въ водѣ превосходитъ установленной для нея предѣлъ, эта вода негодна ни для питья ни для варки пищи (морская вода). Итакъ, вода содержащая вредныя, опасныя и ядовитыя примѣси, равно, какъ и примѣси безвредныя, даже полезныя, но въ большомъ, относительно, количествѣ, негодна для питья. Такая вода является болѣзне-

творнымъ агентомъ, вызывая различныя, часто весьма опасныя заболѣванія у людей и животныхъ.

Не говоря уже о томъ, что различныя нормальныя примѣси природныхъ водъ часто содержатся въ нихъ въ большихъ, относительно, количествахъ, но и присутствіе въ водѣ опасныхъ и ядовитыхъ примѣсей — явленіе нерѣдкое, изслѣдованіе воды съ гигиенической точки зрѣнія пріобрѣтаетъ по отношенію къ домашнимъ животнымъ, особенно людямъ, весьма важное значеніе.

Изслѣдованіе питьевой воды распадается на микроскопически-бактеріологическую и санитарно-химическую части. *Микроскопическое и бактеріологическое изслѣдованіе* имѣетъ цѣлью выяснить присутствіе въ питьевой водѣ *патогенныхъ* (болѣзнетворныхъ) микроорганизмовъ.

Задача санитарно-химического анализа воды. Задача *санитарно-химического анализа* воды заключается въ томъ, чтобы указать способы *количественнаго опредѣленія* нормальныхъ составныхъ частей питьевой воды, выяснить *предѣлы*, въ которыхъ каждая изъ нихъ должна по своему количественному содержанію колебаться, равно, какъ и *указать и опредѣлить* въ водѣ тѣ случайныя *вредныя примѣси*, одно присутствіе которыхъ въ питьевой водѣ совершенно недопустимо.

Источники питьевой воды. Питьевую воду для санитарно-химического анализа придется въ практикѣ брать изъ различныхъ источниковъ, часто — изъ различныхъ мѣстъ одного и того же источника. Приходится изслѣдовать воду рѣчки, озера, пруда, колодца, помпы, водопровода и т. д. Если нужно знать, годна ли вода какого-

-нибудь источника въ данномъ, именно, мѣстѣ, на-
примѣръ, по берегамъ, гдѣ ее пьютъ животныя,
нужно ее собрать для изслѣдованія изъ этого,
именно, мѣста и при тѣхъ же обстоятельствахъ,
при какихъ ее принимаютъ животныя. Если же
вообще приходится изслѣдовать воду рѣки, озера
и тому подобнаго источника, нужно воду собрать
изъ различныхъ мѣстъ этого источника и произ-
вести анализъ съ каждой собранной пробой въ от-
дельности. Полученныя при анализѣ данныя срав-
ниваютъ между собою и вы-
водятъ о доброкачествен-
ности воды *общее* заклю-
ченіе. Кромѣ того, заключе-
ніе о доброкачественности
воды даннаго источника,
ввиду непостоянства его со-
става, будетъ вѣрнѣе, если
она будетъ изслѣдована нѣ-
сколько разъ черезъ извѣ-
стные промежутки времени.

Сосуды для Для собиранія
собиранія изслѣдуемой во-
воды. ды предложены

разными авторами болѣе
или менѣе сложные при-
боры (рис. 1). Такъ какъ мы преслѣдуемъ цѣль
не микроскопически-бактеріологическаго, а лишь
санитарно-химическаго анализа воды, то всѣ пред-
ложенные спеціальныя приборы являются для
насъ по существу совершенно излишними; они мо-
гутъ быть замѣнены обыкновенными чистыми бу-
тылками или колбами (рис. 2), съ притертыми

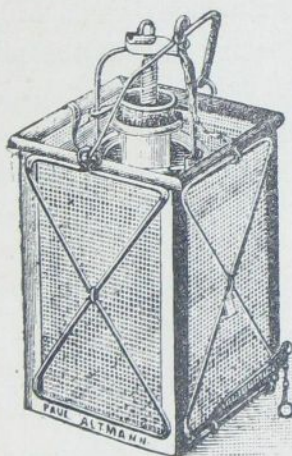


Рис. 1. Приборъ Гей-
рота для взятія пробы
воды изъ глубины.

стеклянными или же не бывшими въ употребленіи простыми пробками. Для изслѣдованія воды *необходимо имѣть не менѣе 6—7 литровъ ея.*

Способъ отбирания пробы. При собираніи питьевой воды изъ изслѣдуемаго источника поступаютъ, смотря по специальной особености его, различнымъ образомъ.

Если приходится собрать воду, причемъ ее можно непосредственно достать рукою (рѣка, озеро, прудъ), погружаютъ опрокинутый сосудъ въ воду на нѣсколько вершковъ отъ ея поверхности и переворачиваютъ его тамъ горлышкомъ вверхъ, не касаясь при этомъ, по возможности, дна источника, чтобы не взболтать осѣвшихъ на немъ частицъ. Наполнивъ сосудъ водою, его вынимаютъ, хорошо взбалтываютъ и воду выливаютъ. Поступивъ такъ не менѣе трехъ разъ, сосудъ опять наполняютъ водою, закупориваютъ предварительно промытой въ водѣ этого источника пробкой, и проба воды готова для анализа.

Если же приходится собрать воду изъ колодца или другого источника, изъ котораго ее непосредственно достать нельзя, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: устраиваютъ веревочную сѣтку, охватывающую сосудъ и оканчивающуюся тремя веревками нужной длины. Если держать веревки за свободные концы, то онъ съ сосудомъ, заключеннымъ въ веревочную сѣтку, принимаютъ, подобно отвѣсу, вертикальное положеніе. Посредствомъ веревокъ сосудъ опускаютъ на нужную глубину. Когда онъ коснется уровня воды, его

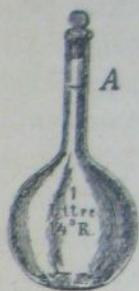


Рис. 2.

заставляют слегка наклониться и наполниться водой, послѣ чего его вынимаютъ, хорошо взбалтываютъ и воду выливаютъ. Поступивъ указаннымъ образомъ не менѣе трехъ разъ, сосудъ въ послѣдній разъ наполняютъ водою и закупориваютъ предварительно промытой въ водѣ этого источника пробкой, и проба воды готова для изслѣдованія.

Если приходится изслѣдовать дождевую воду, то ее предварительно собираютъ въ чистую бадью или ведра.

Во избѣжаніе случайныхъ результатовъ, при опредѣленіи доброкачественности воды изъ помпы, нужно ее сначала выкачивать въ продолженіи 20—30 минутъ, а изъ водопровода — въ продолженіи $\frac{1}{2}$ —1 часа, послѣ чего только сосудъ наполняютъ водою.

Если нужно собрать нѣсколько пробъ воды или изъ различныхъ источниковъ или же изъ разныхъ мѣстъ одного и того же источника, то, чтобы не смѣшивать между собою пробы, на каждый сосудъ наклеиваютъ этикетку съ обозначеніемъ названія источника или мѣста его, изъ котораго вода взята, или ярлыки съ обозначеніемъ № 1, № 2, № 3 и т. д.

Кромѣ того у себя слѣдуетъ отмѣтить данныя о санитарномъ состояніи мѣстности, окружающей источникъ, погоду и время, когда, именно, вода взята для изслѣдованія.

Къ изслѣдованію воды слѣдуетъ приступить по возможности скорѣе, такъ какъ при храненіи она подвергается нѣкоторымъ измѣненіямъ.

Ходъ анализа. Санитарно-химическій анализъ питьевой воды распадается на *качественный* и *количественный*, а первый — на *предварительное изслѣдованіе* и на *настоящій анализъ*.

Качественный анализъ указываетъ на присутствіе или отсутствіе въ водѣ случайныхъ *вредныхъ* и *ядовитыхъ примѣсей* ея.

Количественнымъ анализомъ убѣждаются въ *количественномъ* содержаніи *нормальныхъ* составныхъ частей воды.

Предварительное же изслѣдованіе (*опредѣленіе физическихъ свойствъ*) имѣетъ цѣлью получить *общія* указанія о доброкачественности воды.

При опредѣленіи доброкачественности питьевой воды особеннаго вниманія заслуживаютъ: *хлориды*, *азотная* и *азотистая кислоты*, *амміакъ*, *щелочныя земли*, *органическія соединенія*, *жельзо*, *соли тяжелыхъ металловъ*, *сѣроводородъ* и *сухой остатокъ*. При анализѣ слѣдуетъ сначала произвести предварительное изслѣдованіе (*опредѣленіе физическихъ свойствъ*), послѣ чего можно придерживаться слѣдующаго порядка опредѣленія:

1) *амміака*; 2) *азотистой кислоты*; 3) *азотной кислоты*; 4) *хлоридовъ*; 5) *жесткости* (устранимой, постоянной и общей); 6) *органическихъ соединеній*; 7) *жельза*; 8) *солей тяжелыхъ металловъ*; 9) *сѣроводорода* и 10) *сухого остатка*.

Опредѣленіе физическихъ свойствъ изслѣдуемой воды распадается на опредѣленіе ея

1) *температуры*; 2) *цвѣта* и *прозрачности*; 3) *запаха*; 4) *вкуса* и 5) *реакціи*.

А. Необходимые приборы.

(Ихъ описаніе и употребленіе).

- 1) 2 бѣлыя берлинскія фарфоровыя чашки (плоскія), емкостью въ 400—500 куб. см. (рис. 3).

Такая чашка употребляется для выпариванія извѣстнаго количества изслѣдуемой воды или 1) съ цѣлью сконцентрировать (сгустить) растворенныя въ ней примѣси или 2) съ цѣлью удалить растворитель и получить составныя части его въ видѣ сухого остатка. Чашка должна быть подходящей емкости, плоской и широкой. Послѣднія два условія нужны для полученія большой поверхности для испаренія.



Рис. 3.

*Выпарительная
фарфоровая
чашка.*

Въ чашку не слѣдуетъ вливать воды болѣе $\frac{2}{3}$ того объема, который она вмѣщаетъ, чтобы во время выпариванія не происходило потери жидкости. Если же приходится выпаривать большое, относительно, количество воды, то ея наполняютъ чашку до $\frac{2}{3}$ ея, и во время выпариванія, по мѣрѣ уменьшенія количества жидкости, воду постепенно доливаютъ.

- 2) 1 обыкновенная (Моровская) пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).

Пипетка употребляется для перевода жидкости изъ одного сосуда въ другой. Обыкновенная пипетка имѣетъ лишь одну мѣтку и, будучи наполнена до нея, выпускаетъ, по открытіи верхняго от-

верстія, обозначенное на ней количество куб. см. жидкости. При этомъ слѣдуетъ наблюдать, чтобы истеченіе было равномерное, и ни въ коемъ случаѣ нельзя ускорять его выдуваніемъ жидкости. Лишь, когда она стечетъ сама по себѣ, послѣдняя капля, прилившая въ остріѣ пипетки, удаляется прикосновеніемъ къ смоченной стѣнкѣ сосуда. При покупкѣ пипетки слѣдуетъ наблюдать, чтобы мѣтка на ней не помѣщалась бы слишкомъ высоко, отверстіе для истеченія не было бы чрезчуръ узко и всасывающая трубка достаточно длинна.



Рис. 4.
Моровская
пипетка.

3) 2 пипетки въ 10 куб. см., раздѣленныя на $\frac{1}{10}$ куб. см.

Эти, такъ называемыя *пипетки съ дѣленіями* или *измѣрительныя пипетки*, позволяютъ отмѣривать самыя небольшія количества жидкости (до $\frac{1}{10}$ куб. см.). Онѣ раздѣлены на куб. см. и ихъ десятая доли по всей длинѣ, за исключеніемъ суженнаго кончика и верхней части трубки, которая должна быть настолько длинна, чтобы при всасываніи было удобно видѣть нулевое дѣленіе.

Она отличается отъ обыкновенной пипетки (рис. 4), по видимому, лишь меньшей величиной и нанесенными на ней дѣленіями. Все сказанное объ обыкновенной пипеткѣ, относится и къ ней.

- 4) 2 обыкновенныя или Моровскія бюретки, вмѣстимостью въ 25—30 куб. см., раздѣленные на $\frac{1}{10}$ куб. см. (рис. 5).

Бюретки, въ частности Моровская, произошли отъ измѣрительныхъ пипетокъ, отъ которыхъ онѣ отличаются тѣмъ, что 1) нижнее отверстіе ихъ запираютъ краномъ, позволяющимъ точную регуляцію истеченія жидкости (кранъ часто замѣняютъ другими приспособленіями); 2) наполненіе ихъ производится не всасываніемъ, а наливаніемъ жидкости сверху. Моровская бюретка относится къ типу *бюретокъ съ зажимными кранами*. Существенную часть ея составляетъ, какъ видно на рис. 5, отрѣзокъ каучуковой трубки, соединяющій сѣуженный конецъ бюретки со стекляннымъ наконечникомъ для истеченія. Этотъ отрѣзокъ пережимается упругою пружиною (Моровскимъ зажимомъ) и закрываетъ проходъ для жидкости. При всей своей простотѣ, этотъ запоръ вполне совершенный, дающій возможность самымъ тонкимъ образомъ регулировать истеченіе. Передъ употребленіемъ такой бюретки, наполненной жидкостью, необходимо удалить пузырьки воздуха, оставшіеся подъ зажимомъ, въ каучукъ и стеклянномъ наконечникѣ. Это нетрудно сдѣлать, открывъ зажимъ и пережимая каучукъ пальцами. Къ отсчитыванію вытекшей изъ бюретки жидкости приступаютъ, спустя нѣкоторое



Рис. 5.
Обыкновенная или Моровская бюретка.

время, т.-е., когда часть жидкости, приставшей къ стѣнкамъ бюретки, стечетъ, иначе говоря, когда уровень оставшейся въ ней жидкости уже болѣе не подымается. Само отсчитываніе слѣдуетъ производить съ большимъ вниманіемъ и каждый разъ однимъ и тѣмъ же образомъ. Границею поверхности жидкости въ бюреткѣ служитъ нижняя часть *вознутаго мениска*, совпаденіе которой съ мѣткой бюретки ясно видно.



Рис. 6.

Бюретка
Гей-Люс-
сака.

5) 1 бюретка Гей-Люссака (рис. 6).

Бюретка Гей-Люссака относится къ типу *бюретокъ съ отливомъ*. Она состоитъ, какъ видно на рис. 6, изъ двухъ сообщающихся внизу трубокъ — болѣе широкой съ дѣленіями и болѣе тонкой, служащей для истеченія жидкости при *наклоненіи* бюретки. Такая бюретка употребляется для такихъ жидкостей, которыя, соприкасаясь съ органическими веществами, напр. каучукомъ, отчасти разлагаются. Къ такимъ жидкостямъ относится, напр., растворъ азотнокислаго серебра, особенно минеральнаго хамелеона (марганцово-кислаго калия). Поэтому бюретка Гей-Люссака называется также *хамелеоновою бюреткой*. Для того, чтобы сдѣлать ее устойчивой, бюретку помѣщаютъ на деревянную подставку.

За неимѣніемъ бюретки Гей-Люссака, можно пользоваться другой бюреткой, но только такой,

всѣ части которой сдѣланы изъ стекла. Примѣръ такой бюретки со стекляннымъ краномъ изображенъ на рис. 7.



Рис. 7. Бюретка со стекляннымъ краномъ.

- 6) 1 бюретка для мыльного раствора (Гидротиметръ) (рис. 27).
- 7) 2 измѣрительныя колбы: одна, емкостью въ 200—300, другая, — въ 150 куб. см. (рис. 8).

Измѣрительныя колбы представляютъ собою обыкновенныя колбы, но съ длинной узкой шейкой, на которой нанесена круговая мѣтка. Колбы закрываются притертыми стеклянными пробками (для нашей цѣли можно довольствоваться не бывшими въ употребленіи простыми пробками). На колбѣ обозначена ея емкость. Для наполненія колбы жидкостью, послѣднюю вливаютъ въ

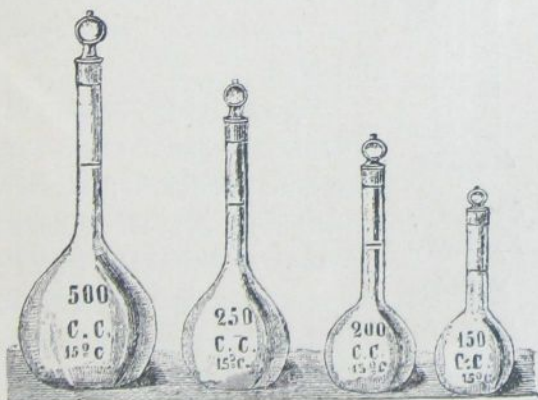
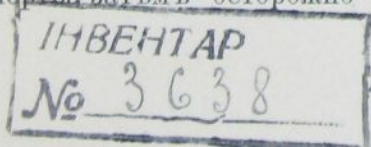


Рис. 8. Измѣрительныя колбы.

колбу почти до черты, затѣмъ осторожно прилива-



ютъ жидкость, пока нижняя часть вогнутого мѣниска не совпадетъ съ круговой мѣткою шейки.

8) 1 измѣрительный цилиндръ въ 500 куб. см., съ дѣленіями по 10 куб. сант., для отмѣриванія воды (рис. 9).

9) 2 градуированныхъ стеклянныхъ цилиндра, съ притертыми стеклянными пробками, емкостью не менѣе 150 куб. см. (рис. 10).



Рис. 9. измѣрительный цилиндръ.

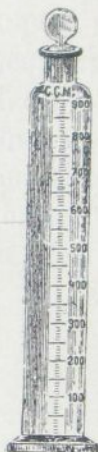


Рис. 10. Градуированный цилиндръ.

Они примѣняются для нашей цѣли при количественномъ опредѣленіи нѣкоторыхъ примѣсей воды *методомъ колориметрическимъ*. Поэтому они тѣмъ болѣе будутъ соответствовать цѣли, чѣмъ будутъ *выше и уже*. Оба цилиндра должны быть *совершенно одинаковой* вышины и діаметра.

Но градуированные стеклянные цилиндры указаны лишь на тотъ случай, когда, по тѣмъ или инымъ соображеніямъ или причинамъ, нѣтъ возможности пользоваться для этой цѣли *спеціальными приборами*, называемыми *колориметрами*.

Колориметръ Hauton и Labillardière, G. Bischof и Jolles'a (рис. 11) состоитъ изъ закрытой камеры (с), въ верхней и нижней стѣннкѣ которой имѣются по 6 круглыхъ отверстій. На верхнюю часть камеры надѣвается рамка (b).

Черезъ верхнія отверстія въ камеру вставляются 6 стеклянныхъ цилиндровъ, съ притертыми стеклянными пробками; нижнія части цилиндровъ проходятъ черезъ нижнія отверстія камеры и выдаются

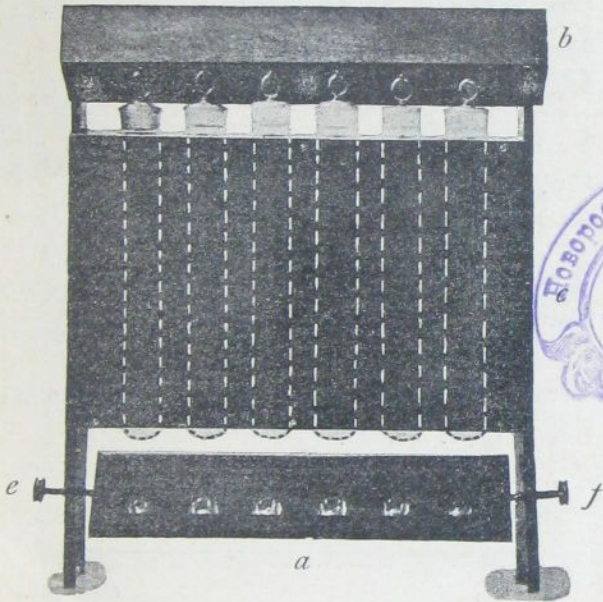


Рис. 11.
Колориметръ Hauton u Labillardière,
G. Bischof u Jolles'a

отчасти наружу. Подъ камерой помѣщено плоское зеркало (*a*), вращающееся вокругъ своей горизонтальной оси при помощи винтовъ (*e* и *f*). Открывъ стеклянные пробки цилиндровъ и смотря черезъ нихъ сверху, легко, вращая винты, придать зеркалу такое положеніе, чтобы цилиндры были *наибольше* освѣщены.

Зеркало, слѣдовательно, служитъ для отраженія падающихъ на него лучей (при данномъ освѣщеніи) черезъ стеклянные цилиндры, параллельно ихъ длинѣ.

При изложеніи техники количественнаго опредѣленія примѣсей воды методомъ колориметрическимъ (химическій анализъ), отдѣльно описано пользованіе стеклянными цилиндрами и колориметромъ (см. опредѣленіе амміака).

10) 1 широкогорлая стеклянная банка съ корковой пробкой, емкостью въ 400—500 куб. см. (рис. 28).

11) 4 широкогорлыя колбы Erlenmeyer'a съ носиками, емкостью въ 150—200 куб. см. (рис. 12).



Рис. 12
Колба
Erlen-
meyer'a

12) 2 стеклянные палочки, заостренные съ одного конца (рис. 13, А).

13) 2 стеклянные палочки съ резинкою на одномъ концѣ (рис. 13, В).

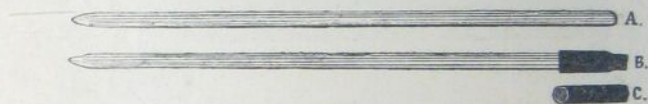


Рис. 13.

А. Стеклянная палочка.

В. Стеклянная палочка съ резинкою.

С. Резинка.

14) 2 стеклянные воронки, съ отверстіемъ въ 8 сант. діам., заостренные, одна — подъ угломъ въ 45, другая — въ 60°.

15) 2 большія пробирки, емкостью въ 25 куб. см., длиною въ 15 сант. Въмѣсто нихъ лучше приобрѣсти 2 стеклянные трубки, длиною въ $\frac{1}{2}$ —1 арш., съ плоскимъ донышкомъ.

16) Водяная баня (рис. 14 и 15).

Водяная баня представляет собою металлическій сосудъ, закрывающийся кольцами различнаго діаметра, служащими для поддержанія чашекъ. Водяная баня употребляется для выпариванія жидкостей, когда это по той или другой причинѣ неудобно сдѣлать на голомъ огнѣ (см. *выпариваніе жидкостей.*) Въ баню



Рис. 14.

Водяная баня.

наливаютъ воду и кипятятъ; образующійся водяной паръ нагреваетъ чашку. За неимѣніемъ настоящей водяной бани (рис. 14), можно довольствоваться обыкновеннымъ металлическимъ сосудомъ (напр., кастрюлей), для котораго подобраны обыкновенныя металлическія кольца (рис. 15).



Рис. 15.

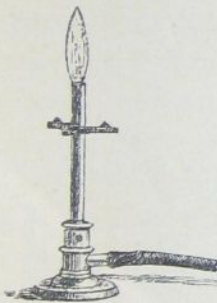


Рис. 16. Горѣлка Бунзена.

17) Стекланный цилиндръ со стекланный пробкой, емкостью въ 75 к. с. и съ мѣткой при 40 к. с.

18) Газовая (Бунзеновская) горѣлка (рис. 16). За неимѣніемъ газовой горѣлки, можно пользоваться обыкновенной спиртовой стекланный лампочкой.



Рис. 17.

Треножникъ.

19) Треножникъ (рис. 17).

20) Мѣдная сѣтка (рис. 18).

21) Термометръ Цельзія.

22) Ершикъ для чистки стек-
лянной посуды (рис. 19).

23) Деревянный штативъ
Мора, для обыкновенной
(Моровской) бюретки
(рис. 20).

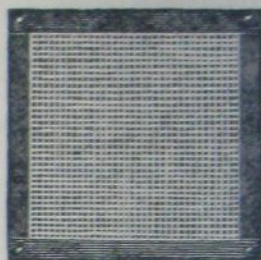


Рис. 18.

Мѣдная сѣтка.

24) Шведская фильтровальная бумага.

Кромѣ того, для опредѣленія сухого остатка
изслѣдуемой воды¹⁾, нужны:

25) Сушильный шкафъ (рис. 21).

Сушильный шкафъ служитъ для высушиванія

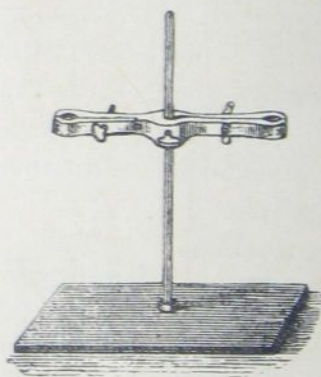


Рис. 20. Деревянный
штативъ Мора.

тѣль при из-
вѣстной тем-
пературѣ. Для
этого шкафъ
подогрѣвается
горѣлкой (или
спиртовой лам-
почкой), помѣ-
щенной внизу
между его нож-
ками (а). На
одной изъ полокъ этого
металлическаго шкапа



Рис. 19.
Ершикъ.

¹⁾ См. Опредѣленіе сухого остатка.

помѣщается тѣло, подлежащее высушиванію. Вставленный въ трубку (b) термометръ указываетъ температуру.

26) Эксикаторъ (рис. 22, 23 и 24).

Эксикаторы суть приборы, служащіе для поглощенія воды, *механически* приставшей къ предмету. Для этого во всякомъ эксикаторѣ помѣщается соединеніе, сильно притягивающее (поглощающее) *гигроскопическую* воду. Такими соединеніями являются

сѣрная кислота, хлористый кальцій, поташъ и т. п. Изъ различныхъ эксикаторовъ лучшими являются тѣ, въ которыхъ предметъ, влагу содержащій, помѣщается *выше* соединенія, влагу поглощающаго.

Одинъ изъ лучшихъ эксикаторовъ изображенъ на рис. 22: въ чашки *a* и *d* наливаютъ концентрированный ра-

створъ сѣрной кислоты, а на полку *b* или *c* помѣщаютъ предметъ. Въ эксикаторахъ же, изображенныхъ на рис. 23 и 24, въ *b* наливаютъ кон-

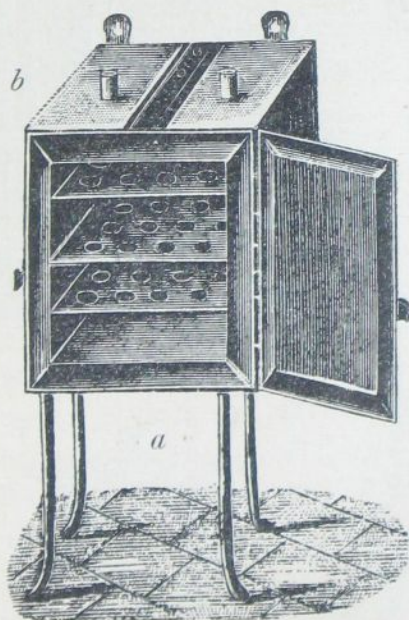


Рис. 21. Сушильный шкафъ.

центрированный растворъ сѣрной кислоты, а въ *a* помещаютъ предметъ.

27) Химическіе вѣсы.

Кромѣ указанныхъ приборовъ, рекомендуется еще *предохранительная воронка* (см. *выпариваніе* — стр. 25).

Всякія манипуляціи должны производиться съ приборами, совершенно чистыми.

Послѣ употребленія, приборы, (напр., выпарительныя чашки, бюретки и т. д.)

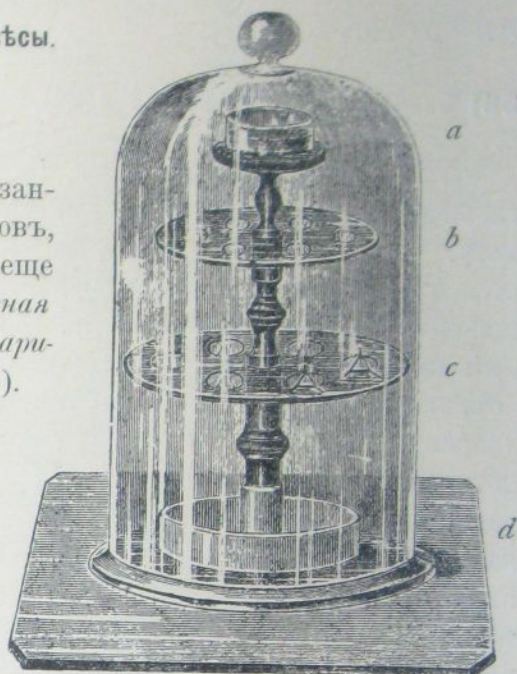


Рис. 22. Экзикаторъ.

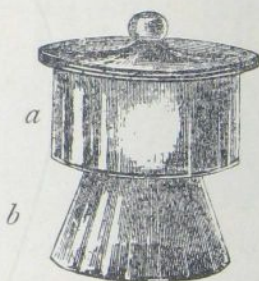


Рис. 23.

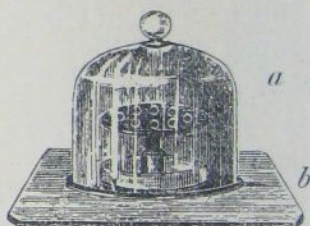


Рис. 24.

должны быть тщательно промыты *чистой* перегнанной водой и храниться въ надлежащей чистотѣ.

Манипуляціи.

I. Выпариваніе.

Растворъ, какъ извѣстно, выпариваютъ или съ цѣлью сгустить его, сконцентрировать растворенныя въ немъ примѣси, или же съ цѣлью получить послѣднія въ видѣ сухого остатка. Выпариваніе производится на голомъ огнѣ, но большей частью на водяной банѣ (рис. 14 и 15). При выпариваніи на голомъ огнѣ, чашку съ жидкостью

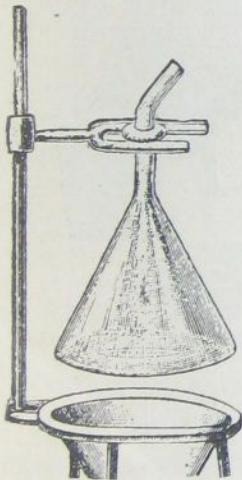


Рис. 25.

Предохранительная воронка.

ставятъ на треножникъ, покрытый мѣдной сѣткой, при чемъ чашка съ жидкостью снизу нагрѣвается газовой горѣлкой или спиртовой лампочкой. Во избѣжаніе разбрызгиванія жидкости, выпариваніе производятъ на маломъ огнѣ. О выпариваніи на водяной банѣ уже сказано при описаніи послѣдней. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ будетъ указано, вести ли выпариваніе на голомъ огнѣ или же на водяной банѣ. Но въ томъ и другомъ случаѣ *желательно* во время выпариванія предохранить жидкость

отъ падающей пыли, для чего пользуются предохранительной воронкой, укрѣпленной въ штативѣ надъ чашкой съ жидкостью (рис. 25).

Предохранительная воронка признается лишь желательной, но не необходимой, почему она не помещена въ списокъ приборовъ.

II. Промываніе осадковъ.

Для промыванія осадка, въ чашку, его содержащую, наливаютъ химически чистую дистиллированную воду. При помощи стеклянной палочки съ резинкой на концѣ (рис. 13), смѣсь тщательно перемѣшиваютъ; при

этомъ на резинкѣ остается, понятно, часть выщелачиваемаго (смываемаго) вещества. Для того, чтобы послѣдняя также была переведена въ сосудъ, что требуетъ *точность* количественнаго анализа, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: стеклянной палочкѣ придаютъ болѣе или менѣе вертикальное положеніе, держа ее (резинкою



Рис. 26.

Процессъ сливанія съ палочки.

внизъ) надъ сосудомъ, какъ указано на рис. 26;

при помощи другой руки чашкѣ придаютъ положеніе, указанное на томъ же рисункѣ, и, касаясь ею палочки, заставляютъ смѣсь ея стекать по ней и смывать съ резинки палочки въ сосудъ и ту часть выщелачиваемаго вещества, которая осѣла на ней при помѣшиваніи палочкой смѣси чашки. Этотъ процессъ называется *сливаніемъ съ палочки*. Затѣмъ въ чашку вновь наливаютъ дистиллированную воду и повторяютъ промываніе указаннымъ путемъ во второй разъ и т. д. Промываніе осадковъ должно было бы продолжаться до тѣхъ

поръ, пока смываемое вещество не будетъ окончательно удалено; но послѣдняго достигнуть невозможно, и для практики неважно: нужно лишь стараться удалить смываемое вещество въ возможно большемъ количествѣ. Всякій осадокъ требуетъ, обыкновенно, по меньшей мѣрѣ 4-кратной промывки. Продолжительность промыванія будетъ указана въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Количество же промывной жидкости находится въ зависимости отъ природы смываемаго вещества.

Примѣчаніе. Чтобы во время процесса сливанія съ палочки часть сливаемой жидкости не пристала бы къ наружной поверхности носика чашки (что привело бы къ неточности анализа), послѣднюю нужно, предварительно, смазать тонкимъ слоемъ вазелина.

Если приходится сливать жидкость съ палочки впервые, то для навыка слѣдуетъ поупражняться: смазавъ наружную поверхность носика чашки тонкимъ слоемъ вазелина и наливъ въ чашку перегнанную воду, сливаютъ ее нѣсколько разъ съ палочки, какъ указано; если, послѣ этого, на вазелинѣ не окажется ни капли перегнанной воды, то можно приступить къ анализу.

III. Фильтрованіе.

Фильтрованіе имѣетъ цѣлью отдѣлить образовавшійся осадокъ отъ раствора, въ которомъ онъ произошелъ, или же очистить растворъ отъ взвѣшенныхъ въ немъ частицъ или попавшихъ примѣсей. Для фильтрованія нужны фильтры (изъ хорошей фильтровальной бумаги) и стеклянные воронки.

Въ качествѣ бумаги для фильтровъ, слѣдуетъ пользоваться *шведской фильтровальной бумагой*, изъ которой приготавливаютъ фильтръ *Берцеліуса* или *Гей-Люссака*. Обыкновенный фильтръ Берцеліуса готовится изъ вчетверо сложеннаго и затѣмъ перегибаемаго по радіусамъ, круглаго обрѣз-

ного куска шведской бумаги. Этотъ видъ фильтра обыкновенно употребляется тогда, когда желаютъ *собрать* остающійся въ немъ *осадокъ*. Вѣрообразный же фильтръ Гей-Люссака, со многими складками, готовится преимущественно тогда, когда имѣется въ виду *получить* поскорѣе *фильтратъ*, т.-е., профильтрованную жидкость. Стеклянные воронки должны быть подъ угломъ въ 45° (для фильтра Берцеліуса) и 60° (для фильтра Гей-Люссака) и совершенно плоски на стеклѣ, съ отверстіемъ въ 8 сант. діам. Фильтръ выбираютъ по воронкѣ, при чемъ край его долженъ быть не менѣе 5 миллиметровъ ниже края воронки; онъ не долженъ также выполняться осадкомъ до самаго верха, чтобы было достаточно мѣста для промывной жидкости. Вставивъ фильтръ въ воронку, смачиваютъ его водою и пальцемъ плотно прикладываютъ къ стѣнкамъ воронки, съ цѣлью выгнать воздухъ между бумагой и стекломъ, что нужно для *ускоренія и полноты* промыванія. При этомъ воду не слѣдуетъ выливать опрокидываніемъ воронки, а оставлять ее профильтроваться. При выборѣ фильтра нужно еще сообразоваться съ величиною осадка, но не съ количествомъ промывной жидкости. Если возможно, то очень хорошо пользоваться самымъ маленькимъ фильтромъ. Воронку лучше укрѣпить при помощи штатива а не вставлять въ горло сосуда (колбы, цилиндра и т. п.). Кончикъ воронки долженъ *прилегать* къ стѣнкѣ сосуда, чтобы фильтрующаяся жидкость стекала по ней, а не капала бы прямо въ середину сосуда. Если возможно, то лучше фильтровать жидкость *горячей*, такъ какъ она фильтруется тогда гораздо скорѣе.

А. ФИЗИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНІЕ ВОДЫ.

Проба на температуру. Температура воды измѣряется у самаго источника, для чего погружаютъ въ него или въ воду, собранную въ сосудъ, термометръ Ц.

Желательно, чтобы температура воды источника не превышала бы лѣтомъ 15, а зимою не падала бы ниже 8°. Ключевая и колодезная вода имѣетъ обыкновенно невысокую температуру (5—10°) и отличается сравнительнымъ постоянствомъ. Вода же артезианскихъ колодцевъ, при весьма значительной глубинѣ ихъ, можетъ нагрѣться и до 20° и даже выше. Температура рѣчной и озерной воды подвергается значительнымъ колебаніямъ. Впрочемъ, вода озеръ на глубинѣ 10—20 метровъ отличается такимъ же сравнительнымъ постоянствомъ, какъ и вода ключевая и колодезная.

Опредѣленіе цвѣта и прозрачности. Для опредѣленія *цвѣта и прозрачности* даютъ водѣ, въ случаѣ надобности, отстояться и наполняютъ ею возможно высокую пробирку (емкостью въ 25 куб. см. и длиною въ 15 см.) или стеклянную трубку (длинною въ $\frac{1}{2}$ —1 арш.) съ плоскимъ доннышкомъ. Въ другой *такой же* сосудъ (пробирку или стеклянную трубку) вливаютъ *такое же* количество перегнанной воды. Оба сосуда ставятъ на листъ бѣлой бумаги, послѣ чего смотрятъ черезъ столбъ жидкости одного и другого сосуда *сверху* и сравниваютъ ихъ цвѣта и прозрачность.

Опредѣленіе цвѣта и прозрачности воды имѣетъ *симптоматическое* значеніе, такъ какъ оно указываетъ, обыкновенно, на присутствіе въ водѣ той или другой составной части ея.

Глина окрашиваетъ воду въ желтоватый или зеленоватый цвѣтъ, сѣрнистое желѣзо и свинецъ — въ черный, сѣра — въ желтовато-бѣлый, углекальціева соль — въ бѣлый, растворенныя гуминовыя вещества — въ желтоватый или буроватый, водная окись желѣза — въ красно-бурый, частицы торфа и взвѣшенныя вещества сточныхъ водъ — въ буро-черный, хлопья хлорофильныхъ водорослей — въ зеленый, а безхлорофильныхъ — въ бѣловатый или буроватый цвѣтъ.

Опредѣленіе запаха. Для опредѣленія *запаха* воды вливаютъ 100—200 куб. см. ея въ колбу, емкостью въ 200—300 куб. см. (рис. 8), закупориваютъ ее пробкой, нагреваютъ на водяной банѣ до 50—60° Ц., послѣ чего колбу откупориваютъ и нюхаютъ. Запахъ при этихъ условіяхъ выступаетъ рѣзче всего. Этимъ путемъ обнаруживаютъ, между прочимъ, присутствіе въ изслѣдуемой водѣ сѣроводорода.

При этомъ слѣдуетъ одновременно изслѣдовать и пробку, которая иногда можетъ служить причиною дурного запаха.

Проба на вкусъ. Вкусъ воды наиболѣе замѣтенъ при ея температурѣ въ 15—20° Ц. Поэтому въ колбѣ, емкостью въ 150 куб. см. (рис. 8), нагреваютъ 100 куб. см. воды до указанной температуры, послѣ чего вкусъ ея опредѣляютъ непосредственно, ополоснувъ водою ротъ. Во рту при этомъ остается вкусъ неприятныхъ примѣсей ея.

Вкусъ воды зависитъ 1) отъ растворенныхъ въ ней газовъ (кислорода, азота, углекислаго газа) и 2) отъ различныхъ неприятныхъ примѣсей ея.

Вода, богатая растворенными въ ней газами (кислородомъ и углекислымъ газомъ), отличается прекраснымъ вкусомъ. Отварная же вода, даже послѣ охлажденія, имѣетъ особый, менѣе пріятный вкусъ до тѣхъ поръ, пока она изъ воздуха опять не поглотитъ достаточнаго количества газовъ. Растворенные въ водѣ газы не только придають ей пріятный вкусъ, но важны и для здоровья: питьевая вода, бѣдная указанными газами, вызываетъ часто заболѣванія у людей и животныхъ.¹⁾

Но количественное содержаніе въ водѣ указанныхъ газовъ имѣетъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, и *симптоматическое* значеніе: вода, бѣдная кислородомъ и богатая угольной кислотой, вѣроятно проходила черезъ почву, загрязненную разлагающимися органическими веществами. Поэтому такая вода, несмотря на ея пріятный вкусъ, должна считаться подозрительной по содержанію въ ней разлагающихся органическихъ веществъ. Содержаніе же въ водѣ азота не имѣетъ никакого санитарнаго значенія. Что же касается примѣсей воды, то пробой на вкусъ легко обнаружить присутствіе въ изслѣдуемой водѣ желѣза, гораздо труднѣе — сероводорода, а другія примѣси отражаются на вкусѣ воды лишь при значительномъ ихъ количественномъ въ ней содержаніи.

¹⁾ Поэтому вредно пить всегда только что остывшую прокипяченную воду: ей нужно дать постоять, пока она не поглотитъ изъ воздуха достаточное количество газовъ и не приобрѣтетъ, поэтому, болѣе или менѣе пріятный вкусъ.

Такъ какъ причиною неприятнаго вкуса воды можетъ служить пробка колбы, то слѣдуетъ одновременно изслѣдовать и ее.

Проба воды на вкусъ не безопасна, если изслѣдуемая вода содержитъ патогенные микроорганизмы или ихъ зародыши.

Опредѣленіе реакціи. Реакція воды обыкновенно нейтральная. Если же въ изслѣдуемой водѣ много угольной кислоты, реакція ея часто оказывается кислой. Если въ водѣ имѣется амміакъ или углекислыя щелочи, то реакція воды оказывается щелочной (если они находятся въ такомъ количествѣ, что объ этомъ позволяетъ судить чувствительность лакмуса). Часто оказывается, что реакція сырой и той же, но прокипяченной воды — не одна и та же: *кислая реакція* сырой воды, обусловливаемая *угольной кислотой* и *щелочная реакція* ея, вызванная *амміакомъ*, послѣ кипяченія исчезаетъ: реакція воды послѣ этого — нейтральная; *щелочная же реакція* сырой воды, не исчезающая и послѣ кипяченія ея, указываетъ на присутствіе въ водѣ *углекислыхъ щелочей*. Поэтому для опредѣленія реакціи изслѣдуемой воды слѣдуетъ отдѣльно опредѣлить и отмѣтить, какъ реакцію сырой, такъ и прокипяченной воды, что можетъ, слѣдовательно, имѣть часто *симптоматическое* значеніе.

Реакція воды опредѣляется лакмусовыми бумажками (красными и синими), пролежавшими въ изслѣдуемой водѣ и въ перегнанной, для сравненія, 10 минутъ, послѣ чего бумажки переносятъ на листъ бѣлой бумаги и сравниваютъ цвѣта бумажекъ, лежавшихъ въ водѣ изслѣдуемой и, для сравненія, въ водѣ перегнанной.

При реакціи: а) кислой: красная бумажка не измѣняется, а синяя краснѣетъ, становясь, смотря по интенсивности реакціи, луковично-красной до кирпично красной; б) щелочной: синяя бумажка не измѣняется, а красная — синѣетъ; в) амфотерной: синяя бумажка краснѣетъ, а красная синѣетъ; г) нейтральной: обѣ бумажки остаются безъ всякаго измѣненія.

Послѣ того, какъ произведено физическое изслѣдованіе воды, отмѣчены всѣ полученные при этомъ результаты, приступаютъ къ химическому анализу ея.

В. ХИМИЧЕСКОЕ ИЗСЛѢДОВАНИЕ ВОДЫ.

1. Опредѣленіе амміака въ водѣ

по способу Winkler'a (по Treadwell'ю).

(Способъ опредѣленія — колориметрической¹⁾).

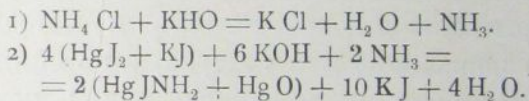
Амміакъ въ водѣ. Амміакъ не принадлежитъ къ нормальнымъ составнымъ частямъ питьевой воды и обыкновенно въ ней отсутствуетъ. Но въ воду открытыхъ водовмѣстилищъ и метеорную *слъды* его попадаютъ изъ воздуха, а съ ними онъ можетъ проникать и въ другія воды; поэтому онъ можетъ встрѣчаться даже въ самой чистой водѣ.

Амміакъ является минеральнымъ продуктомъ распада азотистыхъ органическихъ веществъ, раз-

¹⁾ Анализъ рекомендуется вести при дневномъ освѣщеніи.

лагающихся безъ доступа воздуха, или же продуктомъ возстановленія нитратовъ подь вліяніемъ микроорганизмовъ, или, наконецъ, продуктомъ разложенія микроорганизмами органическихъ отбросовъ, непосредственно попавшихъ въ воду. Указанныя вещества и являются главными источниками амміака въ водѣ. Если, поэтому, присутствіе въ водѣ *лишь слѣдовъ* амміака допустимо, то *значительное* содержаніе его въ изслѣдуемой водѣ дѣлаетъ воду *негодной* къ употребленію: такая вода очень подозрительна, даже опасна, какъ содержащая вредные и ядовитые отбросы и продукты гніенія. Такимъ образомъ, количественное опредѣленіе амміака въ водѣ имѣетъ весьма важное *симптоматическое* значеніе.

Принципъ анализа. Принципъ *качественнаго анализа* воды на амміакъ основанъ на томъ, что весьма разведенные растворы его съ щелочнымъ растворомъ двуіодистой ртути въ избыткѣ іодистаго калия (*реактивъ Несслера*) — даютъ желтое окрашиваніе или желто-красный осадокъ *основного іодистаго меркуриаммонія*. Реакціи при этомъ протекають слѣдующимъ образомъ:



іодистый меркуриаммоній и окись ртути, или основной іодистый меркуриаммоній.

Іодистый калий реактива служитъ главнымъ образомъ для того, чтобы перевести въ растворъ нерастворимую въ водѣ двуіодистую ртуть.

Слѣды амміака въ водѣ не осаждаютъ основнаго іодистаго меркуриаммонія, а растворъ принимаетъ лишь желтый или оранжевый цвѣтъ различныхъ оттѣнковъ, смотря по количеству аммоніевой соли. Если амміака въ водѣ много, то выпавшій осадокъ $\text{Hg}[\text{NH}_2] + \text{HgO}$ затемняетъ собою желтое окрашивание (интенсивность окраски) изслѣдуемой воды.

Если же въ водѣ много бикарбонатовъ кальція или магнія, то въ присутствіи уже ѣдкаго кали они даютъ *желтый или сѣро-желтый* осадокъ углекислыхъ солей.

Чтобы избѣжать указанныхъ неудобствъ анализа и имѣть возможность пользоваться реактивомъ Несслера при качественномъ анализѣ воды *исключительно на амміакъ*, къ изслѣдуемой водѣ, кромѣ реактива Несслера, добавляютъ еще насыщенный растворъ сегнетовой соли¹⁾: она держитъ въ растворѣ основнаго іодистаго меркуриаммонія и препятствуетъ образованію осадковъ углекислыхъ солей кальція и магнія.

Принципъ же *количественнаго анализа* воды на амміакъ основанъ на слѣдующихъ соображеніяхъ: если взять совершенно чистую перегнанную воду въ объемѣ, равномъ взятому объему изслѣдуемой воды, прибавить къ ней столько же (сколько къ водѣ изслѣдуемой) реактива Несслера и насыщеннаго раствора сегнетовой соли, то она, какъ свободная отъ амміака, останется *безцвѣтной*. Если же,

1) СН. ОН. СООН } виннокаменная или ди-окси-янтар-
 СН. ОН. СООН } ная кислота.
 СН. ОН. СООК } двойная виннокаменная соль калия
 СН. ОН. СООNa } и натрія или сегнетова соль.

кромѣ того, приливать къ ней растворъ химически чистаго нашатыря, въ 1 куб. см. котораго содержится 0,00001 гр. амміака, то и она окрасится, отъ образовавшагося основного іодистаго меркури-аммонія, въ желтый или оранжевый цвѣтъ. Регулируя приливаніе раствора нашатыря къ перегнанной водѣ, можно вызвать окрашиваніе (и интенсивность окраски) ея, *одинаковое съ окрашиваніемъ* (и интенсивностью окраски) изслѣдуемой воды, что укажетъ на *одинаковое количественное содержаніе амміака* въ водѣ перегнанной и изслѣдуемой. Слѣдовательно, по количеству истраченного раствора нашатыря легко узнать количественное содержаніе амміака во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды ¹⁾.

Для опредѣленія амміака въ водѣ нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*:

Приборы.

- 1) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
- 2) 2 пипетки въ 10 куб. см., раздѣленные на $\frac{1}{10}$ куб. см. (стр. 14).
- 3) 2 градуированныхъ стеклянныхъ цилиндра съ притертыми стеклянными пробками, емкостью не менѣе 150 куб. см. (рис. 10).
- 4) Обыкновенная бюретка въ 25—30 куб. см. (рис. 5).

¹⁾ При санитарно-химическомъ анализѣ питьевой воды расчетъ, при количественномъ опредѣленіи составныхъ частей ея, ведется всегда на 100 литровъ (100000 куб. см.) воды.

- Реактивы.**
- 1) Реактивъ Несслера.
 - 2) Насыщенный растворъ сегнетовой соли, не содержащій амміака.
 - 3) Растворъ *химически чистаго* нашатыря, въ 1 куб. см. котораго содержится 0,00001 гр. амміака.
 - 4) Химически чистая перегнанная вода.

Техника производства.

1) Въ стеклянный цилиндръ посредствомъ обыкновенной пипетки переводятъ 100 куб. см. изслѣдуемой воды, куда посредствомъ одной измѣрительной пипетки переводятъ еще 3 куб. см. реактива Несслера, посредствомъ другой — 3 куб. см. насыщеннаго раствора сегнетовой соли, послѣ чего смѣсь взбалтываютъ и цилиндръ ставятъ на листъ бѣлой бумаги.

Если смотрѣть теперь черезъ столбъ жидкости цилиндра *сверху* и при этомъ окажется, что изслѣдуемая вода осталась *безцвѣтной*, то *изльдованіе воды на амміакъ этимъ и заканчиваютъ*, такъ какъ онъ, повидимому, въ ней совершенно отсутствуетъ. Въ противномъ же случаѣ, содержимое цилиндра оказывается *окрашеннымъ* въ желтый или оранжевый цвѣтъ отъ образовавшагося основного іодистаго меркуриаммонія. Въ такомъ случаѣ приступаютъ къ количественному опредѣленію амміака.

2) Въ бюретку наливаютъ до какого-нибудь опредѣленнаго дѣленія ея указанный растворъ химически чистаго нашатыря.

3) Во второй стеклянный цилиндръ посредствомъ пипетки¹⁾ переводятъ 100 куб. см. химически чистой перегнанной воды, куда посредствомъ измѣрительныхъ пипетокъ добавляютъ по 3 куб. см. реактива Несслера и насыщеннаго раствора сегнетовой соли.

4) Въ цилиндръ съ перегнанной водой по каплямъ приливаютъ изъ бюретки (при постоянномъ взбалтываніи) растворъ химически чистаго нашатыря *до тѣхъ поръ, пока* содержимое его не окажется *такъ же* окрашеннымъ, какъ и содержимое цилиндра съ изслѣдуемой водой. Для лучшаго сравненія оттѣнковъ окраски жидкостей обоихъ цилиндровъ, ихъ ставятъ каждый разъ рядомъ на листъ бѣлой бумаги и, смотря *сверху* черезъ столбъ жидкости одного и другого цилиндра, сравниваютъ ихъ цвѣта.

Если при этомъ, напр., окажется, что растворъ цилиндра съ контрольной пробой *слабѣ* окрашенъ раствора цилиндра съ изслѣдуемой водой, то къ контрольной пробѣ изъ бюретки вновь приливаютъ нѣсколько капель раствора химически чистаго нашатыря, взбалтываютъ и цилиндръ ставятъ на листъ бѣлой бумаги и вновь сравниваютъ цвѣта. Такъ продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока содержимое обоихъ цилиндровъ не окажется окрашеннымъ *совершенно одинаково* (при одинаковой интенсивности окраски), послѣ чего приступаютъ къ вычисленіямъ.

Пользуясь же колориметромъ Hauton и Labillardière, G. Bischof и Jolles'a, поступаютъ слѣ-

¹⁾ Пипетку слѣдуетъ, предварительно, тщательно промыть чистой перегнанной водой.

дующимъ образомъ: въ одинъ изъ стеклянныхъ цилиндровъ камеры переводится, какъ указано, 100 куб. см. изслѣдуемой воды, куда приливается по 3 куб. см. реактива Несслера и насыщеннаго раствора сегнетовой соли. Въ каждый изъ остальныхъ 5 цилиндровъ переводятъ, какъ указано, по 100 куб. см. химически чистой перегнанной воды и по 3 куб. см. реактива Несслера и насыщеннаго раствора сегнетовой соли, послѣ чего изъ бюретки въ каждый изъ нихъ приливаютъ еще:

въ 1-й—0,05, во 2-й—0,1, въ 3-й—0,25, въ 4-й—0,75 и въ 5-й—1 куб. см. указанного раствора химически чистаго нашатыря. Смотри, затѣмъ, *сверху* черезъ стеклянные цилиндры камеры, на верхнюю часть которой одѣта рамка, сравниваютъ цвѣта и оттѣнки окраски жидкости цилиндра съ изслѣдуемой водой съ остальными пятью контрольными пробами *при наибольше яркомъ освѣщеніи*, достигнутымъ при помощи зеркала (см. описаніе колориметра Hauton и Labillardière, G. Bischof и Jolles'a, — стр. 18). Если бы оказалось, что растворъ цилиндра съ изслѣдуемой водой *сильнѣе* окрашенъ даже контрольной пробы, содержащей 1 куб. см. раствора химически чистаго нашатыря, то къ этой контрольной пробѣ приливаютъ еще нѣкоторое количество раствора химически чистаго нашатыря, взбалтываютъ и вновь сравниваютъ цвѣта. Если же растворъ цилиндра съ изслѣдуемой водой окрашенъ, напр., сильнѣе 3-й, но слабѣе 4-й контрольной пробы, то растворъ нашатыря приливаютъ изъ бюретки къ 3-й контрольной пробѣ и т. д. Если окраска раствора цилиндра съ изслѣдуемой водой окажется *совер-*

шенно одинаковой съ окраской одной изъ контрольныхъ пробъ, то приступаютъ къ вычисленіямъ.

Вычисленія въ общемъ видѣ.

Пусть, до полученія одинаковаго окрашиванія жидкостей обоихъ цилиндровъ (съ изслѣдуемой водой и контрольной пробой), было истрачено A куб. см. раствора химически чистаго нашатыря, воды же для изслѣдованія (а потому и перегнанной) взято N куб. см.

1 куб. см. раствора нашатыря содерж. 0,00001 гр. амміака.
 A " " " " " " 0,00001 $\times A$ " "

Такое количество амміака содержится, очевидно, во взятыхъ N куб. см. изслѣдуемой воды; въ 100 же литрахъ ея амміака содержится, слѣдовательно, $\frac{0,00\ 001 \times A \times 100000}{N}$ гр. = $\frac{A}{N}$ гр.

Итакъ, въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды содержится $\frac{A}{N}$ гр. амміака, гдѣ A есть число куб. см. истраченнаго раствора химически чистаю нашатыря, а N — число куб. см. взятой изслѣдуемой воды.

2. Изслѣдованіе воды на азотистую кислоту

по способу Посвай'я (по Treadwell'ю).

(Способъ опредѣленія — колориметрической).

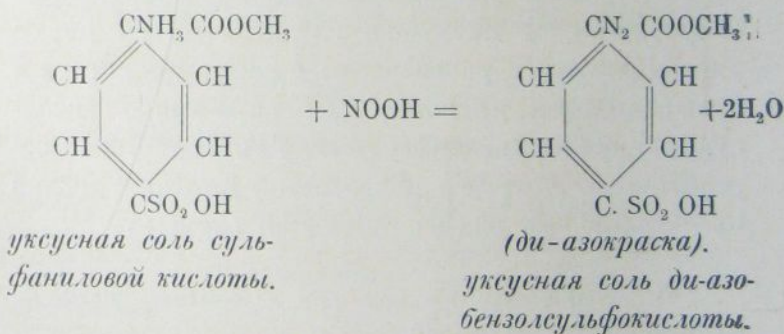
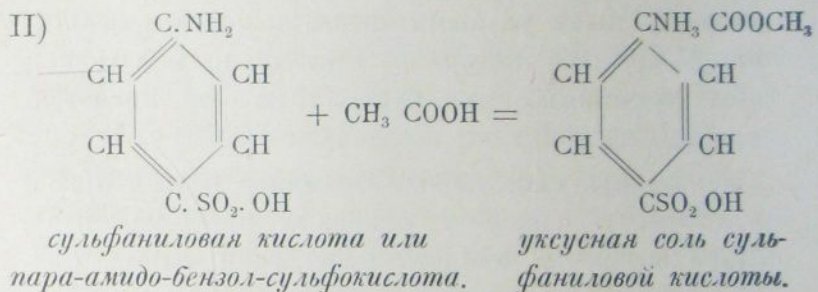
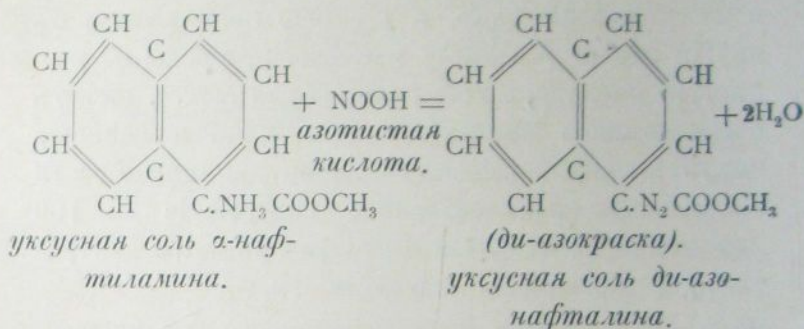
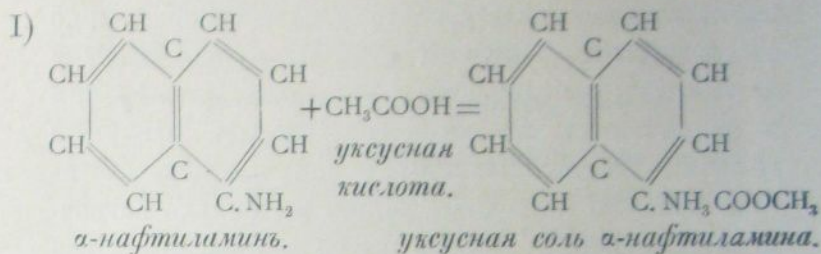
Азотистая кислота въ водѣ. Азотистая кислота встрѣчается въ водѣ въ видѣ солей (нитритовъ), которыя являются вредными примѣсями природныхъ водъ. Въ доброкачественной питьевой

водѣ азотистая кислота, поэтому, должна совершенно отсутствовать. Нитриты суть продукты распада азотистыхъ органическихъ веществъ, почему они и встрѣчаются въ водѣ, содержащей продукты гніенія. Въ значительныхъ количествахъ азотистая кислота находится лишь въ сильно загрязненныхъ водахъ; слѣды же ея могутъ оказаться и въ дождевой водѣ, а съ нею проникать и въ другія воды. А потому изслѣдованіе воды на азотистую кислоту, кромѣ *симптоматическаго*, имѣеть очень важное значеніе. При количественномъ анализѣ воды на азотистую кислоту, принято вести расчетъ на количественное содержаніе въ 100 литрахъ воды *не самой азотистой кислоты* (нитритовъ), а *азотистаго ангидрида* ($N_2 O_3$).

Принципъ анализа. Изъ всѣхъ реактивовъ, предложенныхъ разными авторами для *качественнаго анализа на азотистую кислоту*, не всѣ реактивы примѣнимы при анализѣ на эту кислоту питьевой воды.¹⁾

Принципъ качественного анализа воды только на азотистую кислоту основанъ на томъ, что только азотистая кислота и ея соли даютъ съ ароматическими аминами интенсивно окрашенныя *ди-азокраски*. Реактивомъ служитъ смѣсь двухъ уксуснокислыхъ растворовъ: α — нафтиламина и сульфаниловой кислоты, или пара-амидо-бензол-сульфокислоты (*реактивъ Plosray'я*). Реакцію между реактивомъ *Plosray'я* и азотистой кислотой можно представить въ видѣ слѣдующей схемы:

¹⁾ См. принципъ анализа при изслѣдованіи воды на азотную кислоту — стр. 48.



Объ полученные при этомъ ди-азокраски окрашиваютъ растворъ изслѣдуемой воды, содержащей азотистую кислоту, въ красный цвѣтъ.

Реактивъ Posvay'я даетъ возможность опредѣлить самыя ничтожныя количества азотистой кислоты (до 0,00001 гр. ея въ 1 литръ изслѣдуемой воды).

Колориметрическій же способъ *количественнаго анализа* воды на азотистую кислоту основанъ на слѣдующихъ соображеніяхъ: если къ химически чистой перегнанной водѣ, взятой въ объемъ, равномъ взятому объему изслѣдуемой воды, прибавить столько же реактива Posvay'я сколько и къ водѣ изслѣдуемой, то эта вода (перегнанная), какъ свободная отъ азотистой кислоты, останется *безцвѣтной*. Но, если къ ней, кромѣ того, приливать по каплямъ растворъ азотистокаліевой соли (NO.OK), въ 1 куб. см. котораго содержится 0,00001 гр. азотистаго ангидрида (N_2O_3), то и она окрасится въ красный цвѣтъ отъ образовавшихся ди-азосоединеній. Регулируя приливаніе раствора азотистокаліевой соли, можно вызвать такой же оттѣнокъ окраски перегнанной воды, въ какой окрашенъ и растворъ изслѣдуемой воды, что укажетъ, понятно, на *одинаковое* количественное содержаніе азотистаго ангидрида (азотистой кислоты) въ водѣ перегнанной и изслѣдуемой. При этомъ число истраченныхъ куб. см. раствора азотистокаліевой соли (NOOK) указываетъ на число содержащихся въ немъ граммовъ азотистаго ангидрида (N_2O_3). По количеству же послѣдняго судятъ о количественномъ содержаніи азотистой кислоты во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой питьевой воды.

Для изслѣдованія воды на азотистую кислоту нужны слѣдующіе *приборы* и *реактивы*:

- Приборы:**
- 1) обыкновенная или Моровская бюретка въ 100 куб. см. (рис. 5).
 - 2) 2 градуированныхъ стеклянныхъ цилиндра съ притертыми стеклянными пробками, емкостью въ 150 к. с. (р. 10).
 - 3) 1 обыкновенная или Моровская пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 4) 2 пипетки въ 10 куб. см., раздѣленные на $\frac{1}{10}$ куб. см. (стр. 14).
 - 5) Термометръ Ц.

- Реактивы:**
- 1) Реактивъ *Posvay*'я.
 - 2) Растворъ химически чистой азотисто-калиевой соли, 1 куб. см. котораго содержитъ 0,00001 гр. азотистаго ангидрида.
 - 3) Химически чистая перегнанная вода.

Техника производства.

1) Посредствомъ пипетки переводятъ 100 куб. см. изслѣдуемой воды въ одинъ изъ стеклянныхъ цилиндровъ, куда посредствомъ меньшей пипетки добавляютъ еще 10 куб. см. реактива *Posvay*'я.

2) Цилиндръ ставятъ въ воду, температура которой 70—80° Ц., оставляютъ на 3—5 минутъ, послѣ чего цилиндръ ставятъ на листъ бѣлой бумаги.

Примѣчаніе 1. При содержаніи $\frac{1}{1000}$ миллиграмма азотистой кислоты въ 1 литрѣ изслѣдуемой воды красное окрашиваніе появляется уже черезъ минуту; при сравнительно большемъ количествѣ азотистой кислоты растворъ окрашивается лишь въ желтый цвѣтъ, если только не употребить болѣе концентрированнаго раствора α -нафтиламина (Treadwell).

Примѣчаніе 2. Если при выполненіи техники производства растворъ окрашивается въ желтый цвѣтъ, то изслѣдуемую воду нужно разбавить химически чистой дистил-

лированной водой (въ 5—10 разъ), повторить анализъ указаннымъ путемъ и полученный (послѣ анализа) результатъ ($\frac{A}{N}$ -см. вычисления) умножить на коэффициентъ разведенія (на 5—10).

Примѣчаніе 3. Нагрѣваніе имѣеть лишь цѣлью ускорить появленіе краснаго окрашиванія раствора. Если же обойтись безъ нагрѣванія, то появленія краснаго окрашиванія придется ждать 5—15 минутъ.

Въ томъ случаѣ, если смотрѣть теперь черезъ столбъ жидкости цилиндра *сверху* и содержимое его окажется безцвѣтнымъ, *анализъ воды на азотистую кислоту этимъ и заканчиваютъ*, такъ какъ изслѣдуемая вода, повидимому, отъ азотистой кислоты *совершенно свободна*. Если же жидкость цилиндра окажется окрашенной въ замѣтно красный цвѣтъ, приступаютъ къ *количественному* опредѣленію азотистой кислоты.

3) Въ бюретку наливаютъ до какого-нибудь опредѣленнаго дѣленія ея указанный растворъ азотистокаліевой соли.

4) Посредствомъ пипетки¹⁾ переводятъ 100 куб. см. химически чистой дистиллированной воды во второй стеклянный цилиндръ, куда посредствомъ меньшей пипетки (чистой) добавляют еще 10 куб. см. реактива *Posvay*'я и приливаютъ изъ бюретки нѣсколько капель раствора азотистокаліевой соли.

5) Цилиндръ ставятъ въ воду, температура которой 70—80° Ц., оставляютъ на 3—5 минутъ, послѣ чего его ставятъ на листъ бѣлой бумаги, рядомъ съ цилиндромъ съ изслѣдуемой водой и, смотря *сверху* черезъ столбъ жидкости одного и другого

¹⁾ Передъ употребленіемъ пипетку нужно тщательно промыть химически чистой дистиллированной водой.

цилиндра, сравниваютъ ихъ цвѣта. Если при этомъ жидкость цилиндра, содержащаго контрольную пробу, слабѣ окрашена жидкости цилиндра съ изслѣдуемой водой, то въ первый цилиндръ (съ перегнанной водой) приливаютъ изъ бюретки еще нѣсколько капель раствора азотисто-каліевой соли, нагрѣваютъ вторично въ теченіе 3—5 минутъ въ горячей водѣ и опять сравниваютъ цвѣта. Такъ поступаютъ до тѣхъ поръ, пока окрашиваніе жидкостей обоихъ цилиндровъ не будетъ *совершенно одинаково*.

Если же вмѣсто стеклянныхъ цилиндровъ пользоваться колориметромъ Hauton и Labillardière, G. Bischof и Jolles'a, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: въ одинъ изъ стеклянныхъ цилиндровъ камеры переводятъ указаннымъ путемъ изслѣдуемую воду (100 куб. см.), реактивъ Posvay'a (10 куб. см.) и нагрѣваютъ; въ каждый же изъ остальныхъ цилиндровъ переводятъ, какъ указано, по 100 куб. см. химически чистой перегнанной воды и по 10 куб. см. реактива Posvay'a, послѣ чего въ каждый изъ нихъ изъ бюретки приливаютъ еще: въ 1-й — 0,05, во 2-й — 0,1, въ 3-й — 0,25, въ 4-й — 0,75 и въ 5-й — 1 куб. см. указанного раствора азотистокаліевой соли, и сравниваютъ цвѣта, какъ указано при амміакѣ (стр. 39).

Вычисленія въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. питьевой воды, до полученія же одинаковаго окрашиванія жидкостей обоихъ цилиндровъ истрачено A куб. см. раствора азотистокаліевой соли.

Въ 1 к. с. послѣдней содержится 0,00001 гр. азотист. ангидрида.

„ A „ „ „ 0,00001 × A „ „ „

Это количество азотистаго ангидрида содержится въ жидкости цилиндра съ контрольной пробой и, слѣдовательно, въ жидкости цилиндра со взятыми N куб. см. изслѣдуемой воды; въ 100 же литрахъ послѣдней азотистаго ангидрида содержится, очевидно,

$$\frac{0,00001 \times A \times 100000}{N} \text{ гр.} = \frac{A}{N} \text{ гр.}$$

Итакъ, въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды содержится $\frac{A}{N}$ гр. азотистаго ангидрида, гдѣ A есть число куб. см. истраченнаго раствора азотистокалиевой соли, а N — число куб. см. взятой изслѣдуемой воды.

Примѣчаніе. Если санитарно-химическій анализъ питьевой воды производятъ, исходя лишь изъ *личныхъ соображеній*, то нѣтъ надобности произвести полный анализъ ея (см. *ходъ анализа* — стр. 12): данныя, полученныя при *физическомъ анализѣ* изслѣдуемой воды, вмѣстѣ съ данными, полученными при анализѣ ея на *аммиакъ* и *азотистую кислоту*, *вполнѣ достаточны*, чтобы судить о доброкачественности этой воды, о годности ея для питья и хозяйственныхъ надобностей: если, при этомъ, результаты анализа говорятъ за недоброкачественность изслѣдуемой питьевой воды (см. *свойства хорошей воды* и *таблицу*), то эта вода *негодна* къ употребленію. Заключение о достоинствѣ воды даннаго источника, при этомъ, будетъ еще вѣрнѣе, если она будетъ изслѣдована нѣсколько разъ черезъ извѣстные промежутки времени.

Если же поручено произвести *полный анализъ воды*, приступаютъ къ дальнѣйшему изслѣдованію ея.

3. Изслѣдованіе воды на азотную кислоту

по способу Грюнваль и Лежу.

(Принято Парижской Санитарно-химической Лабораторіей)

(Способъ опредѣленія — колориметрической)

Азотная кислота въ водѣ. Азотная кислота, обыкновенно, попадаетъ въ почву и воду, какъ минеральный продуктъ разложенія азотистыхъ органическихъ веществъ. Она, обыкновенно, встрѣчается въ питьевой водѣ въ видѣ нитратовъ (главнымъ образомъ калиевой селитры), совершенно безопасныхъ для здоровья потребителей. Но количественное содержаніе ихъ въ водѣ, однако, должно колебаться въ строго опредѣленныхъ для нихъ предѣлахъ, такъ какъ значительное содержаніе ихъ въ водѣ свидѣтельствуетъ, вмѣстѣ съ другими данными, о подозрительности такой воды по содержанію продуктовъ гніенія. Слѣдовательно, количественное опредѣленіе въ водѣ азотной кислоты имѣетъ лишь извѣстное *симптоматическое* значеніе. При количественномъ анализѣ воды на азотную кислоту, принято вести расчетъ на количественное содержаніе въ 100 литрахъ воды *не азотной кислоты* (нитратовъ), *а азотнаго ангидрида* (N_2O_5).

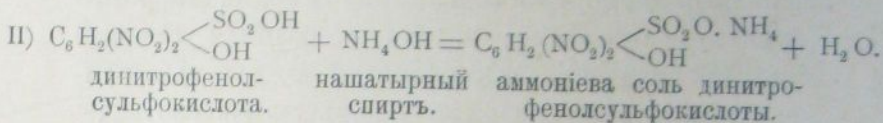
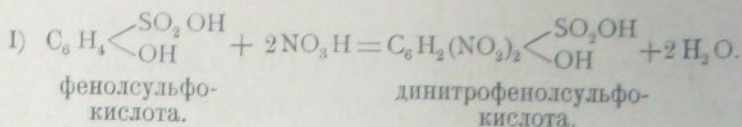
Принципъ анализа. Для *качественнаго анализа* на азотную кислоту разными авторами предложены различные реактивы: водный растворъ бруцина и крѣпкая сѣрная кислота (весьма разведенные растворы азотной кислоты окрашиваются

въ красный цвѣтъ); ртуть и избытокъ сѣрной кислоты; растворъ дифениламина $[(C_6H_5)_2NH]$ въ крѣпкой сѣрной кислотѣ (синее окрашиваніе); желѣзный купоросъ и крѣпкая сѣрная кислота (бурое окрашиваніе); индиго и крѣпкая сѣрная кислота (желтое окрашиваніе) и. т. д.¹⁾ Но эти реактивы и имъ подобные даютъ *то же* соотвѣтствующее *окрашиваніе*, если въ изслѣдуемомъ растворѣ вмѣсто азотной кислоты (нитратовъ) находится азотистая кислота (нитриты). Слѣдовательно, названные реактивы примѣнимы лишь тогда, когда качественный анализъ раствора ведется безразлично, на азотную ли кислоту (нитраты), на азотистую ли кислоту (нитриты) или же на смѣсь ихъ. А потому, при изслѣдованіи питьевой воды *только* на азотную кислоту, указанные реактивы непримѣнимы. Принципъ *качественнаго анализа* изслѣдуемой воды *только на азотную кислоту* основанъ на томъ, что азотная кислота или ея соли способны *нитрофицировать*²⁾ органическія соединенія; азотистая же кислота и нитриты, какъ не содержащія группы нитро (NO_2), къ этому неспособны. Если къ раствору, содержащему азотную кислоту (нитраты), прибавить фенолсульфокислоту, растворенную въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты, и нашатырный спиртъ, то реакціи между ними можно представить въ видѣ слѣдующей схемы:

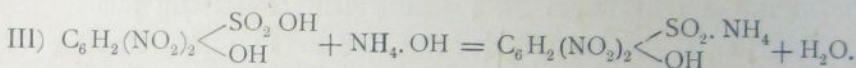
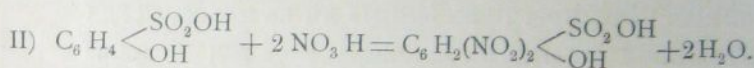
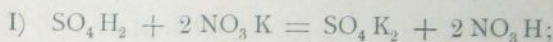
¹⁾ Н. Меншуткинъ. Аналитическая химія. С.-Петербургъ. 1901 г. стр. 242—243.

К. Винклеръ. Практическій курсъ объемнаго анализа. Москва. 1900 г. Стр. 124.

²⁾ Нитрофицировать органическія соединенія значить замѣщать водородъ этихъ соединеній на группу нитро.



ИЛИ



Смотря по тому, замѣщены ли въ фенолсульфо-кислотѣ на группы *нитро* два или три атома водорода, получается динитрофенолсульфокислота (какъ указано реакціями) или же тринитрофенолсульфокислота, а конечнымъ продуктомъ является аммоніева соль ди = или тринитрофенолсульфокислоты. Обѣ эти соли *желтаго* цвѣта; этотъ цвѣтъ и сообщается всему раствору.

Колориметрической же способъ *количественнаго опредѣленія* азотной кислоты основанъ на слѣдующихъ соображеніяхъ: если къ химически чистой перегнанной водѣ, взятой въ объемѣ, равномъ взятому объему изслѣдуемой воды, прибавить *столько же* фенолсульфокислоты, растворенной въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты, и нашатырный спиртъ, *сколько* къ водѣ изслѣдуемой, то эта вода (перегнанная), какъ не содержащая азотной кислоты, останется *безцвѣтной*.

Но, если, кромѣ того, приливать къ ней по каплямъ растворъ азотнокислаго калия (NO_2, OK), 1 куб. см. котораго содержитъ 0,001 гр. азотнаго ангидрида ($\text{N}_2 \text{O}_5$), то и она окрасится въ желтый цвѣтъ отъ образовавшейся аммоніевой соли ди = или тринитрофенолсульфоокислоты. Регулируя приливаніе указаннаго раствора азотнокалиевой соли, можно вызвать *такой же оттънокъ* желтой окраски перегнанной воды, въ какой окрашенъ и растворъ изслѣдуемой воды, что укажетъ, разумѣется, на *одинаковое* количественное содержаніе азотнаго ангидрида (азотной кислоты) въ водѣ перегнанной и изслѣдуемой. А потому, по количеству истраченнаго раствора азотнокалиевой соли, можно легко узнать количественное содержаніе азотнаго ангидрида (азотной кислоты) во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды (см. вычисленія).

Для изслѣдованія воды на азотную кислоту нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*.

- Приборы.**
- 1) 2 бѣлыя берлинскія фарфоровыя чашки (рис. 3).
 - 2) 2 пипетки въ 10 куб. см., раздѣленныя на $\frac{1}{10}$ куб. см. (стр. 14).
 - 3) 2 градуированныхъ стеклянныхъ цилиндра съ притертыми стеклянными пробками, емкостью не менѣе 150 куб. см. (рис. 10).
 - 4) 2 обыкновенныя или Моровскія бюретки (рис. 5).
 - 5) Стеклянная палочка (рис. 13, А).

- 6) Горѣлка (рис. 16).
- 7) Треножникъ (рис. 17).
- 8) Мѣдная сѣтка (рис. 18).

- Реагтивы.**
- 1) Фенолсульфокислота, растворенная въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты.
 - 2) Разведенный (5%) растворъ нашатырнаго спирта.
 - 3) Химически чистый растворъ азотнокаліевой соли, въ 1 куб. см. котораго содержится 0,001 гр. азотнаго ангидрида.
 - 4) Химически чистая перегнанная вода.

Техника производства.

1) Посредствомъ пипетки переводятъ 10 куб. см. изслѣдуемой воды въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку и выпариваютъ досуха на маломъ огнѣ.

2) Къ сухому остатку прибавляютъ 10—15 капель фенолсульфокислоты, растворенной въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты, послѣ чего, пользуясь стеклянной палочкой (безъ резинки), смѣсь чашки тщательно перемѣшиваютъ.

3) Послѣднюю обрабатываютъ 3—4 раза небольшимъ количествомъ химически чистой дестиллированной воды и каждый разъ всю жидкость чашки сливаютъ *съ палочки* въ одинъ изъ градуированныхъ стеклянныхъ цилиндровъ (см. *промываніе осадковъ* — стр. 26).

4) Въ этотъ же цилиндръ приливаютъ изъ бюретки 5 куб. см. 5% раствора нашатырнаго спирта, разводятъ до 100 куб. см. химически чи-

стой перегнанной водой, послѣ чего смѣсь взбалтываютъ и цилиндръ ставятъ на листъ бѣлой бумаги.

Въ томъ случаѣ, если смотрѣть теперь *сверху* черезъ столбъ жидкости цилиндра и содержимое его окажется *безцвѣтнымъ*, анализъ воды на азотную кислоту этимъ и заканчиваютъ, такъ какъ въ изслѣдуемой водѣ азотная кислота, повидимому, совершенно *отсутствуетъ*. Въ противномъ случаѣ содержимое цилиндра оказывается *окрашеннымъ* въ желтый цвѣтъ отъ образовавшейся аммоніевой соли ди = или тринитрофенолсульфокислоты.¹⁾ Въ такомъ случаѣ приступаютъ къ количественному опредѣленію азотной кислоты.

5) Посредствомъ пипетки (чистой) переводятъ 10 куб. см. химически чистой перегнанной воды въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку (чистую), куда приливаютъ еще изъ другой бюретки 1 куб. см. указанного раствора азотнокислаго калия и смѣсь выпариваютъ досуха на маломъ огнѣ.

6) Къ сухому остатку приливаютъ 10—15 капель фенолсульфокислоты, растворенной въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты, и, пользуясь стеклянной палочкой, смѣсь тщательно перемѣшиваютъ.

7) Смѣсь чашки обрабатываютъ 3—4 раза небольшимъ количествомъ химически чистой перегнанной воды и каждый разъ всю жидкость чашки *сливаютъ съ палочки* во второй стеклянный цилиндръ.

¹⁾ Оттѣнокъ желтой окраски, при этомъ, можетъ быть даже слабо замѣтенъ.

8) Въ этотъ же цилиндръ приливаютъ изъ бюретки 5 куб. см. 5⁰/₀ раствора нашатырнаго спирта, смѣсь разводятъ до 100 куб. см. химически чистой дистиллированной водой, послѣ чего содержимое цилиндра взбалтываютъ и ставятъ его на листъ бѣлой бумаги, рядомъ съ цилиндромъ съ изслѣдуемой водой. Смотрятъ *сверху* черезъ столбъ жидкости одного и другого цилиндра и сравниваютъ цвѣта.

Если окажется, при этомъ, что жидкость цилиндра, содержащаго контрольную пробу, окрашена *сильнѣе* жидкости цилиндра съ изслѣдуемой водой, то технику количественнаго анализа *повторяютъ* (указаннымъ путемъ) *съ приѣма 5-го*, но съ той разницей, что въ фарфоровую чашку переводятъ изъ бюретки не 1 куб. см. раствора азотнокаліевой соли, а 0,75—0,5—0,25—0,1—0,05 куб. см. раствора ея и т. д. Такъ продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока содержимое цилиндра съ контрольной пробой не будетъ *окрашена такъ же* (при одинаковой степени окраски), *какъ* и растворъ цилиндра съ изслѣдуемой водой.

Если бы оказалось, что жидкость цилиндра съ изслѣдуемой водой окрашена *сильнѣе* жидкости цилиндра, содержащаго контрольную пробу, то количественный анализъ *повторяютъ съ приѣма 5-го*, приливая въ фарфоровую чашку растворъ азотнокаліевой соли въ объемъ, большемъ 1 куб. см., до полученія *одинаковой* окраски обоихъ растворовъ.

Пользуясь же колориметромъ, поступаютъ аналогично тому, какъ и при амміакѣ и азотистой кислотѣ.

Примѣчаніе. Ввиду такого неудобства и хлопотливости при приготовленіи контрольной пробы, одинаково окрашенной съ растворомъ изслѣдуемой воды, *рекомендуется*, пользуясь *постоянствомъ* желтой окраски и стойкостью аммоніевой соли ди — или тринитрофенолсульфокислоты (контрольной пробы), поступить слѣдующимъ образомъ: указаннымъ съ пріема 5-го путемъ готовить въ рядъ пробирокъ *одинаковой вышины и діаметра* рядъ контрольныхъ пробъ, содержащихъ 0,01—0,05—0,1—0,25—0,5—0,75—1—1,5—2—2,5—3 куб. см. указанного раствора азотнокаліевой соли. Приготовивши *однажды* эти контрольные пробы, можно ими пользоваться очень долгое время (нѣсколько лѣтъ), благодаря *постоянству* ихъ окраски. При анализѣ воды на азотную кислоту, нужно тогда каждый разъ выполнить технику производства лишь до пріема 5-го, послѣ чего сравниваютъ окраску раствора изслѣдуемой воды съ окраской каждой изъ готовыхъ уже контрольныхъ пробъ. При этомъ только необходимо замѣнить градуированный стеклянный цилиндръ (въ пріемѣ 3-мъ) на пробирку, *одинаковую* (по вышинѣ и діаметру) съ пробирками контрольныхъ пробъ.

Имѣя колориметръ (рис. 11), можно заказать для контрольныхъ пробъ такія пробирки, чтобы они вставлялись въ камеру колориметра, что дастъ возможность сравнивать цвѣта при наиболѣе яркомъ освѣщеніи.

Вычисления въ общемъ видѣ.

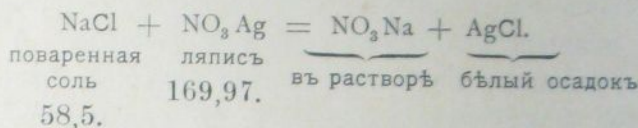
Пусть, до полученія одинаковаго окрашиванія жидкостей обоихъ цилиндровъ, истрачено A куб. см. указанного раствора азотнокаліевой соли,

извлекаетъ ихъ изъ богатой хлоридами почвы. Въ послѣднюю они попадаютъ также вмѣстѣ съ различными отбросами, въ особенности съ мочой; изъ почвы они легко попадаютъ и въ воду. Особенно же богата ими вода, содержащая продукты гніенія. Въ чистой водѣ хлориды встрѣчаются въ весьма незначительномъ и совершенно безвредномъ для здоровья количествѣ. Въ загрязненныхъ же водахъ количественное содержаніе ихъ оказывается *значительно повышеннымъ*. А потому, если въ водѣ содержится большое, относительно, количество хлоридовъ, то такая вода негодна для питья: вода, очень богатая хлоридами, вредна, какъ таковая, а содержащая ихъ въ маломъ, относительно, количествѣ, но превышающемъ установленнаго предѣла, — какъ подозрительная по содержанію продуктовъ гніенія и другихъ вредныхъ и опасныхъ примѣсей. Слѣдовательно, при оцѣнкѣ доброкачественности питьевой воды, количественное опредѣленіе въ ней хлоридовъ пріобрѣтаетъ главнымъ образомъ *симптоматическое* значеніе.

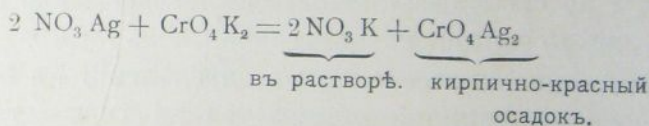
Изъ всѣхъ хлоридовъ, встрѣчающихся въ водѣ, по своему количественному содержанію первое мѣсто занимаетъ поваренная соль (NaCl). Поэтому, при количественномъ опредѣленіи въ водѣ хлоридовъ, вниманіе обращается на количественное содержаніе въ ней лишь поваренной соли. Прочіе же хлориды, если они имѣются въ водѣ, также выражаются въ эквивалентныхъ количествахъ NaCl . Обусловливаемая этимъ ошибка ничтожно мала, такъ какъ прочіе хлориды, по сравненію съ поваренной солью, находятся въ питьевыхъ

водахъ въ весьма малыхъ количествахъ. При опредѣленіи въ водѣ поваренной соли, принято вести расчетъ на количественное содержаніе въ 100 литрахъ воды *не самой поваренной соли, а только хлора.*

Принципъ анализа. Если къ водѣ, содержащей поваренную соль, прилить растворъ азотнокислаго серебра (ляписа), то послѣднее реагируетъ съ поваренной солью по уравненію:



Для разложенія опредѣленнаго количества поваренной соли (каждыхъ 58,5 гр.) требуется опредѣленное количество азотнокислаго серебра (169,97 гр.). Конецъ реакціи легко замѣтитъ, если къ смѣси добавить, предварительно, небольшое количество средней хромо-каліевой соли ($\text{CrO}_4 \text{ K}_2$), какъ индикатора: какъ только *весь* хлористый натрій воды вступитъ въ реакцію обмѣна съ прибавленнымъ азотнокислымъ серебромъ, лишнія 1—2 капли послѣдняго уже реагируютъ со средней хромо-каліевой солью по уравненію:



Образовавшійся кирпично-красный осадокъ хромокислаго серебра окрашиваетъ бѣлый осадокъ хлористаго серебра въ *кирпично-красный цвѣтъ* (при значительномъ же количествѣ AgCl — въ *желтый*). Этотъ цвѣтъ сообщается всей смѣси и своимъ *появленіемъ* указываетъ *конецъ* реакціи.

А потому, если взять определенное количество изслѣдуемой воды и определенный растворъ азотнокислаго серебра въ присутствіи средней хромо-каліевой соли, то по числу куб. см. истраченнаго раствора азотнокислаго серебра легко узнать количество хлора (поваренной соли), заключающееся во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды.

Для опредѣленія въ водѣ хлора нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*:

- Приборы:**
- 1) 2 бѣлыя берлинскія фарфоровыя чашки въ 400—500 куб. см. (рис. 3).
 - 2) Обыкновенная или Моровская пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 3) Бюретка Гей-Люссака (рис. 6).
 - 4) Стеклянная палочка (рис. 13, А).
 - 5) Горѣлка (рис. 16).
 - 6) Треножникъ (рис. 17).
 - 7) Мѣдная сѣтка (рис. 18).
- Реактивы:**
- 1) Растворъ (1:100) средней хромо-каліевой соли (не содержащій *хлора*).
 - 2) $\frac{N}{10}$ растворъ азотнокислаго серебра.
 - 3) Растворъ азотной кислоты (не содержащій *хлора*).
 - 4) Растворъ соды (не содержащій *хлора*).
 - 5) Лакмусовыя бумажки (красная и синяя).

Техника производства.

- 1) Въ бюретку наливаютъ до какого-нибудь опредѣленнаго дѣленія ея $\frac{N}{10}$ растворъ ляписа.

2) Пользуясь лакмусовыми бумажками, определяют реакцию исследуемой воды. Если при этом реакция ее окажется *щелочной* (см. *определение реакции* — стр. 32), воду *необходимо* предварительно нейтрализовать.

Посредством пипетки переводят в фарфоровую чашку 300 куб. см. исследуемой воды, к которой приливают раствор азотной кислоты, не содержащий *хлора*, до тех пор, пока реакция смеси не будет нейтральной.

Это необходимо для того, чтобы углекислые щелочи, от которых почти исключительно зависит щелочная реакция воды, не реагировали бы с прибавленным к ней азотнокислым серебром, что привело бы к совершенно неверным результатам при количественном определении хлора в исследуемой водѣ.

Если бы реакция воды оказалась *кислой*, воду нужно нейтрализовать раствором соды (не содержащим *хлора*).

3) В фарфоровую чашку добавляют 2—3 капли раствора хромокалиевой соли, а из бюретки по каплям приливают $\frac{N}{10}$ раствор азотнокислого серебра, при чем смесь чашки постоянно помешивается стеклянной палочкой. Это продолжают до тех пор, пока содержимое чашки не окрасится в *слегка замѣтный кирпично-красный* (или *желтый*) *цвѣтъ*, при помешивании стеклянной палочкой *не исчезающій*.

По количеству $\frac{N}{10}$ раствора ляписа, истраченного при этом из бюретки, судят о количестве хлора в исследуемой водѣ. Но обыкновенно поваренной соли в питьевой водѣ очень мало, и при исследовании такой воды, поэтому, для раз-

ложеиія всего хлористаго натра ея требуется такъ мало $\frac{N}{10}$ раствора ляписа (1—2 капли), что количество его, истраченное при выполненіи техники производства, не можетъ быть точно опредѣлено по дѣленіямъ бюретки.¹⁾ Если случится подобное при выполненіи техники производства, то, чтобы сконцентрировать въ водѣ хлориды, главнымъ образомъ поваренную соль, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Въ фарфоровую чашку (чистую) наливаютъ 300—1000 куб. см. изслѣдуемой воды, ставятъ ее на треножникъ, покрытый мѣдной сѣткой и выпариваютъ на маломъ огнѣ приблизительно до $\frac{1}{3}$ взятаго объема, послѣ чего технику анализа повторяютъ указаннымъ уже путемъ.

Вычисления въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. питьевой воды, а при выполненіи техники производства истрачено A куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора азотнокислаго серебра.

Въ 1000 к. см.	$\frac{N}{10}$ раств.	содержится ляписа	16,997 гр.
” 1	”	”	0,016997 ”
” A	”	”	$0,016997 \times A$ ”

Каждымъ 35,45 гр. хлора (58,5 гр. поваренной соли) отвѣчаютъ при реакціи 169,97 гр. азотнокислаго серебра. A потому, количество хлора,

¹⁾ Бюретка, какъ извѣстно, градуирована на $\frac{1}{10}$ куб. см.

заключающееся въ N куб. см. воды, обозначенное через X, опредѣлится изъ задачи:

$$\begin{array}{r} 35,45 \text{ ————— } 169,97 \\ X \text{ ————— } 0,016997 \times A \\ \hline X : 35,45 = 0,016997 \times A : 169,97, \text{ откуда} \\ X = \frac{35,45 \times 0,016997 \times A}{169,97} \text{ (гр.)} = 0,003545 \times A \text{ (гр.);} \end{array}$$

въ 100 же литрахъ изслѣдуемой воды хлора содержится, очевидно,

$$\frac{0,003545 \times A \times 100000}{N} \text{ (гр.)} = \frac{354,5 \times A}{N} \text{ (гр.)}$$

Итакъ, въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды хлора содержится $\frac{354,5 \times A}{N}$ гр., гдѣ A есть истраченное число куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора азотнокислаго серебра, а N — число куб. см. взятой для изслѣдованія питьевой воды.

5. Изслѣдованіе воды на жесткость.

Жесткая вода. Въ отличіе отъ мягкой, жесткой водой наз. такая, которая содержитъ много минеральныхъ примѣсей, преимущественно солей извести. Жесткая вода поэтому плохо мылить, такъ какъ щелочныя земли ея образуютъ съ мыломъ нерастворимыя соединенія, плохо развариваетъ мясо, плоды и овощи, при кипяченіи даетъ много накипи въ котлахъ, самоварахъ и т. д.; настой же чая и кофе на такой водѣ оказывается мутнымъ и невкуснымъ, вслѣдствіе образованія осадковъ.

Известковыя и магнезіальныя соли попадаютъ въ воду изъ почвы, отчасти же вмѣстѣ съ испражненіями. Щелочныя земли содержатся въ водѣ, обыкновенно, въ незначительныхъ количествахъ и относятся не только къ нормальнымъ, но даже къ полезнымъ примѣсямъ ея: вода слишкомъ бѣдная ими, при недостаточномъ питаніи является, по мнѣнію *Arm. Gautier* и нѣк. другихъ, причиною обѣдненія организма известковыми солями и вызываетъ часто заболѣванія (рахитизмъ, золотуху, зобъ). Но *обильное* содержаніе въ водѣ щелочныхъ земель свидѣтельствуеетъ о прохожденіи ея черезъ почву, загрязненную разлагающимися органическими веществами. Кромѣ того, „при *значительной* мѣрѣ жесткости, вода положительно вредна для здоровья, что видно изъ многихъ примѣровъ большихъ городовъ, показавшихъ, что послѣ проведенія вмѣсто жесткой воды мягкой, смертность уменьшается“ (*Менделѣевъ*). А потому присутствіе въ водѣ щелочныхъ земель не только допустимо, но и желательно, если *количественное содержаніе* ихъ въ изслѣдуемой водѣ *колеблется* въ точно установленныхъ для нихъ предѣлахъ; въ противномъ же случаѣ вода, ихъ содержащая, негодна для питья, какъ таковая и какъ подозрительная по содержанію разлагающихся органическихъ веществъ. Слѣдовательно, изслѣдованіе воды на жесткость пріобрѣтаетъ важное значеніе.

Жесткость Жесткость различаютъ *устранимую*
устраняемая, или *преходящую* и *неустранимую* или *по-*
постоянная *стоянную*. Жесткость, вызываемая при-
и общая. сутствіемъ двууглекислыхъ солей ще-
 лочно-земельныхъ металловъ, при кипяченіи воды

исчезаетъ; такая жесткость поэтому называется устранимой или преходящей. Жесткость же, обусловливаемая щелочно-земельными солями сильныхъ кислотъ, главнымъ образомъ, сѣрноокислымъ кальціемъ, кипяченіемъ воды не устраняется и называется поэтому постоянной или неустраимой. Сумма устранимой и постоянной жесткости даетъ общую жесткость воды.

Жесткость воды, какъ извѣстно, обусловливается растворенными въ ней солями щелочно-земельныхъ металловъ, но главнымъ образомъ солями угольной, сѣрной и соляной кислотъ. Таковы, напр., соли:

$(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$ — двууглекислый кальцій.

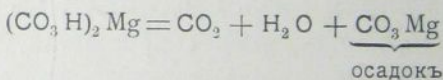
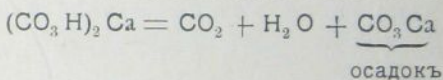
$(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Mg}$ — двууглекислый магній.

SO_4Ca — сѣрноокислый кальцій.

SO_4Mg — сѣрноокислый магній.

Cl_2Mg — хлористый магній.

Двууглекислыя соли кальція и магнія въ водѣ растворимы, а потому и встрѣчаются въ природныхъ водахъ въ растворенномъ состояніи. При кипяченіи же такой воды эти соли теряютъ углекислый газъ и воду и выпадаютъ въ осадокъ въ видѣ углекислыхъ солей кальція и магнія:



Этотъ осадокъ и даетъ накипь въ котлахъ, самоварахъ и т. д. Сульфаты же Ca и Mg, также MgCl_2 при кипяченіи воды въ осадокъ не выпадаютъ, а остаются въ растворенномъ состояніи.

Французскіе, англійскіе и нѣмецкіе градусы. Изъ всѣхъ щелочныхъ земель, обусловливающихъ жесткость воды, по своему количеству и содержанию въ большинствѣ случаевъ преобладаютъ соли кальція, особенно бикарбонатъ кальція $[(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}]$. Поэтому при изслѣдованіи воды

на жесткость, вниманіе обращается на количественное содержаніе въ ней лишь солей кальція. Прочія же щелочныя земли, если онѣ имѣются въ изслѣдуемой водѣ, также выражаются въ эквивалентныхъ количествахъ лишь углекислаго или сѣрнокислаго кальція, такъ какъ послѣдніе преобладаютъ надъ солями кальція другихъ кислотъ. Ошибка при этомъ ничтожно мала, ибо магниевыя соли и прочія щелочныя земли, по сравненію съ солями кальція, находятся въ водѣ въ весьма малыхъ количествахъ. Жесткость воды выражаютъ въ градусахъ французскихъ, англійскихъ или нѣмецкихъ. Если при опредѣленіи жесткости расчетъ ведется на количественное содержаніе въ водѣ углекислаго кальція, то жесткость воды выражается во французскихъ или англійскихъ градусахъ; если же расчетъ ведется на количественное содержаніе въ водѣ негашенной извести (окиси кальція), то жесткость выражается въ нѣмецкихъ градусахъ. Если въ 100 литрахъ (100000 куб. см.) изслѣдуемой воды содержится 1 граммъ CaCO_3 , то говорятъ, что жесткость воды равна 1 французскому градусу; если въ 1 галлонѣ воды (70000 ч. ея) содержится 1 гранъ (1 ч.) углекальціевой соли, то говорятъ, что жесткость равняется 1 англійскому градусу; если же въ 100 литрахъ воды содержится 1 граммъ CaO , то говорятъ, что жесткость воды равна 1 нѣмецкому градусу. Итакъ, жесткость, выраженная во французскихъ градусахъ, указываетъ число граммовъ CaCO_3 , заключающихся въ 100 литрахъ воды; жесткость въ англійскихъ градусахъ указываетъ число грановъ (частей) CaCO_3 , заключающихся въ 1 галлонѣ (70000 частяхъ) воды; жесткость въ нѣмецкихъ градусахъ указываетъ число граммовъ CaO въ 100 литрахъ питьевой воды.

Переводъ

При опредѣленіи жесткости одной и той же воды во французскихъ и нѣмецкихъ градусахъ, получились, допустимъ, числа N и M. Отношеніе между послѣдними равно отношенію между молекулярными вѣсами (граммъ-молекулами) углекислаго кальція и окиси кальція:

$$\begin{aligned} & \text{CO}_3 \text{ Ca} : \text{Ca O} \\ N : M &= 100,1 : 56,1 \text{ или} \\ 56,1 N &= 100,1 M, \text{ откуда} \end{aligned}$$

$$M = \frac{56,1}{100,1} N = 0,56 N \text{ (съ точностью до } \frac{1}{100}), \text{ а}$$

$$N = \frac{100,1}{56,1} M = 1,79 M \text{ (" " ")}.$$

Итакъ, при опредѣленіи жесткости воды число французскихъ градусовъ равно числу нѣмецкихъ, умноженныхъ на 1,79; число же нѣмецкихъ градусовъ равно числу французскихъ, умноженныхъ на 0,56.

Отношеніе же градусовъ французскихъ и англійскихъ другъ къ другу = 100000 : 70000 = 1:0,7.

А потому, число англійскихъ градусовъ = числу французскихъ, умноженныхъ на 0,7; число же англійскихъ градусовъ = числу нѣмецкихъ, умноженныхъ на 1,25 (0,7:0,56).

2 метода опредѣленія жесткости.

При изслѣдованіи воды на жесткость, послѣднюю опредѣляютъ или *по способу О. Невнер'а* или же *мыльной пробой*. Первый методъ *несравненно точнѣе* второго, но „Невнер'овскій методъ опредѣленія жесткости даетъ *только тогда* абсолютно надежные результаты, *когда вода не содержитъ углекислыхъ щелочей*“.¹⁾ О послѣднемъ же судятъ по реакціи воды (см. стр. 32): щелочная реакція сырой воды, не исчезающая и послѣ кипяченія ея, указываетъ на присутствіе въ водѣ углекислыхъ щелочей. Лишь *въ послѣднемъ случаѣ* жесткость воды *нужно опредѣлить мыльной пробой*.

Углекислыя щелочи въ питьевыхъ водахъ большей частью отсутствуютъ, а потому Невнер'овскій методъ, какъ абсолютно надежный и болѣе часто примѣнимый, описанъ раньше.

1) F. P. Treadwell. Курсъ аналитической химіи. Количественный анализъ. 1906 г. стр. 385.

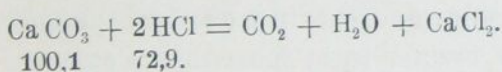
А. ОПРЕДѢЛЕНІЕ УСТРАНИМОЙ ЖЕСТКОСТИ

по способу О. Nebner'а (по Treadwell'ю).

(Способъ опредѣленія — объемный).

Какъ уже сказано, опредѣленіе устранимой или преходящей жесткости, зависящей главнымъ образомъ отъ бикарбоната кальція, сводится къ количественному опредѣленію въ водѣ CaCO_3 (французскіе и англійскіе градусы) или же CaO (нѣмецкіе градусы).

Принципъ анализа. Если къ водѣ, содержащей карбонатъ кальція, прилить растворъ соляной кислоты, то послѣдняя реагируетъ съ CaCO_3 по уравненію:



Для разложенія опредѣленнаго количества карбоната кальція (каждыхъ 100,1 грамма) требуется опредѣленное количество соляной кислоты (72,9 грамма). *Конецъ* реакціи легко узнать, если къ смѣси добавить, предварительно, небольшое количество метилоранжа¹⁾, какъ индикатора. А потому, если взять извѣстное количество изслѣдуемой воды и опредѣленнаго раствора соляной кислоты въ присутствіи метилоранжа, то легко узнать количество CaCO_3 , заключающееся во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣ-

¹⁾ Геліантина или тропелина D.

дуемой воды, по числу куб. см. истраченного раствора соляной кислоты (см. вычисления).

Для опредѣленія устранимой жесткости нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*:

Приборы: 1) Бѣлая берлинская фарфоровая чашка (рис. 3).

2) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).

3) Обыкновенная бюретка въ 25—30 куб. см. (рис. 5).

4) Стеклянная палочка (рис. 13, А).

Реактивы: 1) $\frac{N}{10}$ растворъ соляной кислоты.

2) Растворъ метилоранжа (1 : 100).

Техника производства.

1) Посредствомъ пипетки переводятъ 100 куб. см. изслѣдуемой воды въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку, куда добавляютъ еще 3—4 капли раствора метилоранжа.

2) Въ фарфоровую чашку изъ бюретки по каплямъ приливаютъ растворъ соляной кислоты, причемъ смѣсь чашки постоянно помѣшивается стеклянной палочкой. Это продолжаютъ *до тѣхъ поръ, пока* желтый оттѣнокъ раствора чашки не перейдетъ въ оранжевый, при помѣшиваніи стеклянной палочкой не исчезающій, послѣ чего приступаютъ къ вычислениямъ.

Вычисления въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. питьевой воды, а при выполненіи техники про-

изводства истрачено A куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора соляной кислоты.

Въ 1000 куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора содержится HCl — 3,645 гр.
 „ 1 „ „ „ „ „ 0,003645 „
 „ A „ „ „ „ „ $0,003645 \times A$ „

Каждымъ 100,1 гр. CaCO_3 отвѣчаютъ при реакціи 79,2 гр. соляной кислоты. А потому количество CaCO_3 , заключающееся во взятыхъ N куб. см. воды, обозначенное черезъ X , опредѣлится изъ задачи:

$$\begin{array}{r} 100,1 \text{ — } 72,9 \\ X \text{ — } 0,003645 \times A \end{array}$$

$$X : 100,1 = 0,003645 \times A : 72,9, \text{ откуда}$$

$$X = \frac{100,1 \times 0,003645 \times A}{72,9} \text{ (гр.)} = 100,1 \times 0,00005 \times A \text{ (гр.);}$$

въ 100 же литрахъ изслѣдуемой воды углекислаго кальція содержится, очевидно,

$$\frac{100,1 \times 0,00005 \times A \times 100000}{N} \text{ гр.} = \frac{100,1 \times 5 \times A}{N} \text{ гр.} = \frac{500,5 \times A}{N} \text{ гр.}$$

Итакъ, *устраняемая жесткость воды равняется $\frac{500,5 \times A}{N}$ французскимъ градусамъ, ($\frac{280,28 \times A}{N}$ немецкимъ градусамъ, $\frac{350,35 \times A}{N}$ англійскимъ градусамъ ¹⁾), гдѣ A есть истраченное число $\frac{N}{10}$ раствора соляной кислоты, а N — число куб. см. взятой питьевой воды.*

¹⁾ См. переводъ градусовъ — стр. 65.

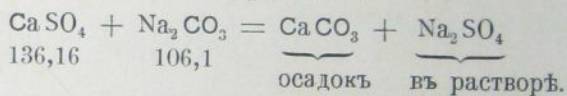
В. ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПОСТОЯННОЙ ЖЕСТКОСТИ

по способу О. Nebner'a (по Treadwell'ю).

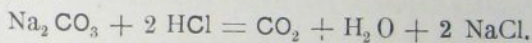
(Способъ опредѣленія — объемный.)

При опредѣленіи постоянной или неустранимой жесткости, обусловливаемой присутствіемъ въ водѣ главнымъ образомъ сѣрнокислаго кальція, расчетъ ведется, какъ уже сказано, на количественное содержаніе въ 100 литрахъ воды CaCO_3 (французскіе и англійскіе градусы) или CaO (нѣмецкіе градусы).

Принципъ анализа. Если къ раствору, содержащему сѣрнокислый кальцій, прибавить растворъ углекислаго натрія, то реакція между ними течетъ (при кипяченіи) по уравненію:



Для разложенія опредѣленнаго количества CaSO_4 (каждыхъ 136,16 гр.) требуется опредѣленное количество Na_2CO_3 (106,1 гр.). Если же для осажденія всего сѣрнокислаго кальція воды взято соды больше, чѣмъ это требуется, то излишекъ послѣдней, не участвовавшей въ реакціи, остается. Если къ этому остатку прилить растворъ соляной кислоты, то реакція между ними течетъ по уравненію:



Пользуясь метилоранжемъ, какъ индикаторомъ, легко узнать *конецъ* этой реакціи и опредѣлить ко-

личество оставшейся соды (послѣ реакціи съ CaSO_4) по истраченному количеству соляной кислоты. Зная количество оставшейся соды и количество ея, первоначально взятое, узнаютъ сколько соды потребовалось для превращенія въ CaCO_3 всего CaSO_4 , заключавшагося во взятомъ количествѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды, послѣ чего расчетъ ведутъ на количественное содержаніе CaCO_3 или CaO (см. вычисленія).

Для опредѣленія постоянной жесткости воды нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*:

- Приборы:**
- 1) Бѣлая берлинская фарфоровая чашка (рис. 3).
 - 2) Обыкновенная бюретка въ 25—30 куб. см. (рис. 5).
 - 3) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 4) Измѣрительная пипетка въ 10 куб. см. (стр. 14).
 - 5) Колба Erlenmeyer'a въ 100—150 куб. см. (рис. 12).
 - 6) Стеклян. воронка подъ угломъ въ 60° .
 - 7) Стеклянная палочка съ резинкой (рис. 13, В).
 - 8) Водяная баня (рис. 14 и 15).
 - 9) Горѣлка (рис. 16).
 - 10) Треножникъ (рис. 17).
 - 11) Мѣдная сѣтка (рис. 18).
 - 12) Шведская фильтровальная бумага для фильтра Гей-Люссака.

- Реактивы:**
- 1) $\frac{N}{10}$ растворъ углекислаго натрія.
 - 2) $\frac{N}{10}$ растворъ соляной кислоты.

- 3) Растворъ метилоранжа (1:100).
- 4) Химически чистая дистиллированная вода.

Техника производства:

1) Посредствомъ пипетки переводятъ 100 куб. см. изслѣдуемой воды въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку, куда посредствомъ меньшей пипетки добавляютъ еще 20 куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора соды, и вся смѣсь выпаривается досуха на водяной банѣ.

2) Сухой остатокъ обрабатываютъ небольшимъ количествомъ только что прокипяченной дистиллированной воды не менѣе 4 разъ, причемъ каждый разъ всю жидкость чашки сливаютъ *съ палочки* (рис. 26) и *фильтруютъ* (см. стр. 27) въ колбу Erlenmeyer'a.

3) Къ охлажденному фильтрату въ колбу добавляютъ еще 3—4 капли раствора метилоранжа, а изъ бюретки по каплямъ приливаютъ $\frac{N}{10}$ растворъ соляной кислоты *до тѣхъ поръ, пока* желтый оттѣнокъ раствора колбы не перейдетъ въ оранжевый, при взбалтываніи не исчезающій, послѣ чего приступаютъ къ вычисленіямъ.

Вычисленія въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. питьевой воды, добавлено, какъ извѣстно, 20 куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора соды, а при титрованіи раствора колбы истрачено A куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора соляной кислоты; а потому для превращенія въ CaCO_3 всего сѣрнокислаго кальція взятой воды истра-

количество сѣрной кислоты. При этомъ расчетъ ведется не на саму сѣрную кислоту, а на ея ангидридъ (сѣрный ангидридъ — SO₃).

Пусть постоянная жесткость воды = N нѣмецкимъ градусамъ. Изъ этого числа нужно вычесть 2 градуса, какъ принадлежащiе растворенному въ водѣ углекислому кальцию; остатокъ же (N-2) пересчитываютъ на сѣрный ангидридъ (сѣрную кислоту).

Каждымъ 56,1 гр. СаО отвѣчаютъ 80,06 гр. SO₃:

$$\begin{array}{l} \text{СаО} : \text{SO}_3 \\ 56,1 : 80,06 \end{array}$$

А потому количественное содержанiе сѣрнаго ангидрида (сѣрной кислоты) въ 100 литрахъ воды, выраженное черезъ X, опредѣлится изъ задачи:

$$56,1 - 80,06$$

$$(N-2) - x.$$

$$x : 80,06 = (N-2) : 56,1, \text{ откуда}$$

$$x = \frac{80,06 \times (N-2)}{56,1} (\text{гр.}) = 1,43(N-2) \text{ гр. (съ точностью до } \frac{1}{100}).$$

Итакъ, *минимальное количественное содержанiе сѣрнаго ангидрида (сѣрной кислоты) въ 100 литрахъ воды равняется приблизительно 1,43 × (N-2) гр., гдѣ N есть число нѣмецкихъ градусовъ, указывающихъ постоянную жесткость изслѣдуемой воды.*

Опредѣленiе общей жесткости

по Tiemann-Gärtner'у

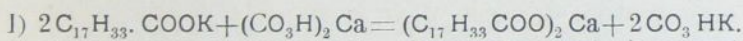
(Мыльная проба).

Жесткость воды опредѣляютъ *мыльной пробой* лишь тогда, когда вода содержитъ углекислыя щелочи (см. стр. 66).

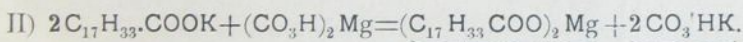
**Принцип
анализа.**

Опредѣленіе жесткости воды мыль-ной пробой основано на томъ, что въ водѣ, не содержащей углекислыхъ щелочныхъ земель, мыло пѣнится легко; въ водѣ же, содержащей известковыя и магнезіальныя соли, мыло разлагается, образуя съ ними бѣлые *осадки* жирнокислаго (стеариново =, пальмитиново = и олеиновокислаго) кальція и магнія.

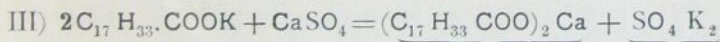
Мыла, какъ извѣстно, состоятъ главнымъ образомъ или изъ калиевыхъ солей стеариновой, пальмитиновой и олеиновой кислотъ (калійныя мыла) или же изъ натріевыхъ солей этихъ жирныхъ кислотъ (натронныя мыла). Реакціи напр., между олеиновокислымъ калиемъ и известковыми и магнезіальными солями воды, можно представить въ видѣ слѣдующей схемы:



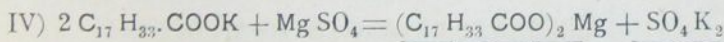
олеиновокислый бикарбонатъ калий. кальцій. олеиновокислаго кальція. кислый калий



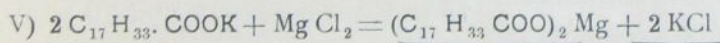
олеиновокислый бикарбонатъ калий. магній. олеиновокислаго магнія. въ растворѣ



олеиновокислый калий. сѣрноокислый кальцій. осадокъ. (въ растворѣ) сѣрноокислый калий.



олеиновокислый калий. сѣрноокислый магній. осадокъ. въ растворѣ.



олеиновокислый калий. хлористый магній. осадокъ. (въ растворѣ) хлористый калий.

Для разложенія опредѣленнаго вѣсового количества известковыхъ и магнезіальныхъ солей воды требуется, повятно, опредѣленное вѣсовое количество мыла. А потому, если употребить мыльный растворъ, опредѣленный объемъ котораго въ состояніи разложить *точно известное* количество растворенной известковой соли, то, зная, что разложеніе мыла совершенно окончено, когда вода при взбалтываніи пѣвится, легко по числу куб. см. истраченного мыльнаго раствора опредѣлить количество известковыхъ и магнезіальныхъ солей, перечисленныхъ на CaCO_3 или CaO , во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды.

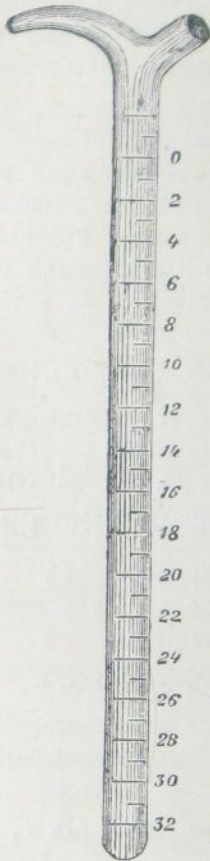


Рис. 27.
Гидротиметръ
Boutron'a
и Boudet.

Для опредѣленія общей жесткости нужны:

Приборы. 1) Гидротиметръ Boutron'a и Boudet (рис. 27).

Это — бюретка для мыльнаго раствора, въ которой пространство отъ черты, лежащей выше 0, то черты съ мѣткой 22, вмѣщаетъ 2,4 куб. см. и раздѣлено на 23 равныя части; такія же дѣленія нанесены и ниже черты съ мѣткой 22 до закрытаго конца бюретки.

2) Стекланный цилиндръ со стекляннѣй пробкой, емкостью въ 75 к. с. и съ мѣткой при 40 к. см.

Реантивы. 1) Титрованный растворъ бѣлаго марсельскаго мыла¹⁾.

¹⁾ О приготовленіи его см. Приложение.

Техника производства.

1) Въ гидротиметръ вливаютъ титрованный мыльный растворъ до самой *верхней* черты, а въ стеклянный цилиндръ — изслѣдуемую воду *точно* до мѣтки въ 40 куб. см.

2) Держа большой палецъ у широкаго отверстія гидротиметра и болѣе или менѣе прижимая его, приливаютъ изъ другого отверстія въ цилиндръ съ водой мыльный растворъ, выпустивъ его *сразу* до 5-го дѣленія.

3) Цилиндръ закрываютъ притертой стеклянной пробкой и сильно встряхиваютъ, двигая его вверхъ и внизъ. Если не появляется *мелкопузыристой пѣны*, то въ цилиндръ съ водой вновь приливаютъ по каплямъ мыльный растворъ, каждый разъ встряхивая, *до тѣхъ поръ, пока* не появится нѣжная пѣна, *сохраняющаяся* въ продолженіе 5 минутъ.

Расчетъ.

На образованіе пѣны тратится мыльный растворъ между 0 и самой верхней чертой бюретки; *онъ*, поэтому, *въ расчетъ не принимается*. Бюретка градуирована *такъ* и концентрація мыльнаго раствора *такова*, что *каждое* дѣленіе истраченного мыльнаго раствора отвѣчаетъ 1-му французскому (0,56 нѣмецк., 0,7 англійск.) градусу жесткости въ 100 литрахъ воды. А потому число дѣленій израсходованнаго мыльнаго раствора (считая отъ 0) указываетъ непосредственно общую жесткость изслѣдуемой воды.

Примѣчаніе. Если при этомъ было истрачено болѣе 22 дѣленій мыльнаго раствора, то, во избѣжаніе ошибокъ,

получающихся при подобной степени жесткости, исследование нужно повторить съ разведенной водой, помноживъ полученный результатъ на коэффициентъ разведенія.

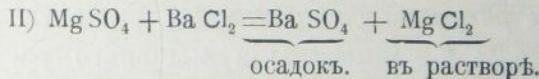
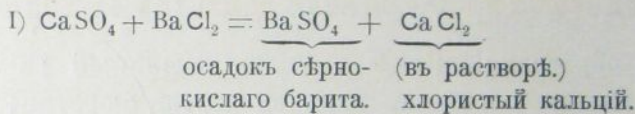
Опредѣленіе постоянной жесткости

по Tiemann-Gärtner'у

(мыльная проба).

Опредѣленію постоянной жесткости воды мыльной пробой должна предшествовать *качественная проба* на сѣрную кислоту.

Проба на сѣрную кислоту. Для этого къ 20 куб. см. исследуемой воды прибавляютъ 5 капель 10⁰/₀ раствора соляной кислоты и отъ 8—10 капель 10⁰/₀ раствора хлористаго барія. Реакціи при этомъ между сульфатами Са и Mg и хлористымъ баріемъ можно представить въ видѣ слѣдующей схемы:



Соляная же кислота прибавляется для того, чтобы она вступила въ реакцію обмѣна съ углекислыми солями (если онѣ имѣются въ водѣ) и такимъ образомъ воспрепятствовала реакціи между послѣдними и хлористымъ баріемъ.

Въ случаѣ присутствія сѣрной кислоты образуется *бѣлый осадокъ сѣрнокислаго барита* (Ba SO₄); лишь въ томъ случаѣ, когда получился при этомъ *замѣтный осадокъ*, стоитъ приступить къ опредѣленію постоянной жесткости.

Для этого въ колбу, емкостью въ 150—200 куб. см. (рис. 8) переводятъ 100 куб. см. изслѣдуемой воды и нагрѣваютъ полчаса до легкаго кипѣнія, причемъ время отъ времени вмѣсто испарившейся воды доливаютъ химически чистую дистиллированную. Въ заключеніе переносятъ охладившуюся воду въ измѣрительный стеклянный цилиндръ (рис. 10), добавляютъ химически чистой дистиллированной водой *ровно* до мѣтки 100 куб. см., фильтруютъ и *въ 40 куб. см. фильтрата* опредѣляютъ жесткость вышеуказаннымъ способомъ (см. опредѣленіе общей жесткости — стр. 74).

Опредѣливъ такимъ образомъ постоянную жесткость воды въ нѣмецкихъ градусахъ, узнаютъ и количественное содержаніе сѣрной кислоты въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды вышеуказаннымъ путемъ (см. опред. сѣрной кислоты стр. 73).

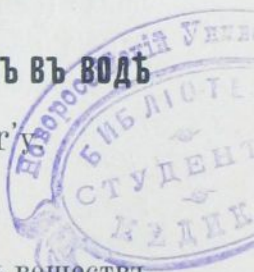
6. Опредѣленіе органическихъ веществъ въ водѣ

по Kubel-Tiemann-Gärtner

(Способъ опредѣленія объемный).

Органическія
вещества въ
водѣ.

Источниками органическихъ веществъ въ природныхъ водахъ служатъ растительные остатки почвъ (гуминовые вещества), человѣческія и животныя изверженія, экскреты водяныхъ животныхъ и ихъ трупы, хозяйственные отбросы, попавшіе въ воду непосредственно или черезъ почву и случайныя примѣси органическаго происхожденія. Присутствіе въ водѣ органическихъ веществъ указываетъ обыкновенно



Сѣрная кислота прибавляется лишь для того, чтобы выдѣлить марганцовую кислоту, которая въ присутствіи сѣрной же кислоты, полнѣе (чѣмъ ея калиева соль) выдѣляетъ кислородъ; а потому реакціи окисленія органическихъ веществъ (подъ вліяніемъ выдѣлившихся 5 атомовъ кислорода *in statu nascendi*) протекають гораздо глубже.

Для чистоты реакціи къ раствору изслѣдуемой воды прибавляютъ еще щавелевую кислоту, которая окисляется минеральнымъ хамелеономъ (въ присутствіи сѣрной кислоты) до углекислаго газа и воды: $5\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 + 5\text{O} = 10\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$.

Растворъ минеральнаго хамелеона — розоваго цвѣта; но, дѣйствуя на органическія соединенія воды, также щавелевую кислоту (въ присутствіи сѣрной кислоты), онъ отдаетъ имъ кислородъ и обезцвѣчивается, чѣмъ пользуются, чтобы узнать *конецъ реакціи*. Для окисленія извѣстнаго вѣсового количества щавелевой кислоты, требуется строго опредѣленное вѣсовое количество MnO_4K . Найдено также, что для окисленія 0,00158 гр. органическихъ веществъ, требуется 1 куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора минеральнаго хамелеона. А потому, если взять опредѣленное количество изслѣдуемой воды, добавить къ ней извѣстное количество опредѣленнаго раствора щавелевой кислоты, также опредѣленный растворъ марганцовокислаго калия (въ присутствіи сѣрной кислоты), то, зная все истраченное количество хамелеоноваго раствора и количество его, истраченное на окисленіе лишь прибавленнаго раствора щавелевой кислоты, легко судить по разности ихъ о количественномъ содержаніи органическихъ веществъ во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды.

Для опредѣленія органическихъ веществъ въ водѣ нужны слѣдующіе *приборы* и *реактивы*:

- Приборы:**
- 1) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 2) Бюретка Гей-Люссака (рис. 6).
 - 3) Колба Erlenmeyer'a, емкостью въ 150—200 куб. см. (рис. 12).
 - 4) 2 пипетки въ 10 куб. см., раздѣленные на $\frac{1}{10}$ куб. см. (стр. 14).
 - 5) Горѣлка (рис. 16).
 - 6) Треножникъ (рис. 17).
 - 7) Мѣдная сѣтка (рис. 18).
- Реактивы:**
- 1) $\frac{N}{100}$ растворъ минеральнаго хамелеона.
 - 2) $\frac{N}{100}$ растворъ щавелевой кислоты.
 - 3) Растворъ сѣрной кислоты (30:100).
 - 4) Химически чистая перегнанная вода.

Техника производства.

1) Посредствомъ пипетки переводятъ въ колбу Erlenmeyer'a 100 куб. см. изслѣдуемой воды и выпариваютъ на маломъ огнѣ почти до $\frac{2}{3}$ взятаго объема, послѣ чего добавляютъ химически чистую дистиллированную воду приблизительно до первоначальнаго объема жидкости.

2) Посредствомъ измѣрительной пипетки въ колбу переводятъ 10 куб. см. раствора сѣрной кислоты, нагрѣваютъ до кипѣнія и къ кипящему раствору приливаютъ изъ бюретки $\frac{N}{100}$ растворъ минеральнаго хамелеона *до тѣхъ поръ, пока* содержимое колбы не окрасится въ *слегка замѣтный розовый цвѣтъ, не пропадающій въ продолженіе 5 минутъ.*

Примѣчаніе 1. Чтобы яснѣе замѣтить появившееся розовое окрашиваніе раствора, обусловливаемое присутствіемъ минеральнаго хамелеона, нужно колбу поставить на листъ бѣлой бумаги и смотрѣть черезъ растворъ ея сверху.

Примѣчаніе 2. Если въ продолженіе 5 минутъ появившееся розовое окрашиваніе исчезнетъ, что свидѣтельствуесть о томъ, что органическія вещества воды не вполне окислены, нужно въ колбу вторично прилить растворъ MnO_4K до появленія слабо розоваго окрашиванія.

3) Къ раствору колбы добавляютъ посредствомъ второй измѣрительной пипетки 10 куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора щавелевой кислоты, послѣ чего къ *обезцвѣченному раствору* приливаютъ изъ бюретки растворъ минеральнаго хамелеона *до тѣхъ поръ, пока онъ опять не окрасится въ слабо замѣтный розовый цвѣтъ, не пропадающій въ теченіе 5 минутъ.*

Титруемая жидкость при этомъ должна быть горячей.

Вычисленія въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. воды, а при выполненіи техники производства потрачено A куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора MnO_4K .

Взятымъ 10 куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора щавелевой кислоты отвѣчаютъ при реакціи (окисленіи) 10 куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора минеральнаго хамелеона. А потому, для окисленія органическихъ веществъ взятаго объема воды потребовалось, очевидно, $A - 10$ куб. см. хамелеоноваго раствора. Какъ извѣстно, для окисленія каждыя 0,00158 гр. органическихъ веществъ требуется 1 куб. см. $\frac{N}{100}$ раствора MnO_4K . Слѣдовательно, количество органическихъ веществъ, заключающееся во взятомъ объемѣ (N) воды, равняется $0,00158 \times (A - 10)$ гр.;

въ 100 же литрахъ изслѣдуемой воды органическихъ веществъ содержится, очевидно,

$$\frac{0,00158 \times (A-10) \times 100000}{N} \text{ гр.} = \frac{158 (A-10)}{N} \text{ гр.}$$

Итакъ, въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды содержится $\frac{158 \times (A-10)}{N}$ гр. органическихъ веществъ, гдѣ А есть истраченное количество $\frac{N}{100}$ раствора минеральной хамелеона, а N — количество взятой питьевой воды.

7. Опредѣленіе въ водѣ желѣза.

(Способъ опредѣленія-колориметрической).

Желѣзо въ водѣ.

Желѣзо не принадлежитъ къ нормальнымъ составнымъ частямъ воды, однако слѣды его встрѣчаются почти во всякой природной водѣ, куда оно попадаетъ различнымъ образомъ. Желѣзо, какъ извѣстно, является элементомъ, значительно распространеннымъ въ массѣ земной коры; въ маломъ количествѣ оно входитъ во всякую почву, во всѣ горныя породы; отсюда оно и выщелачивается просачивающейся природной водой, въ видѣ соединений, способныхъ въ ней растворяться. Въ воду оно попадаетъ также вмѣстѣ съ различными отбросами и т. д. На днѣ болотъ и озеръ часто встрѣчаются гидраты окиси желѣза, извѣстные подъ названіемъ бурога желѣзняка (такова, напр., болотная, озерная или бобовая руда); они, какъ извѣстно, образовались изъ раствореннаго въ водѣ двууглекислаго желѣза $[(\text{CO}_3 \text{ H})_2 \text{ Fe}']$,

которое подъ вліяніемъ кислорода воздуха выдѣляетъ углекислый газъ и превращается въ гидратъ закиси желѣза: послѣдній же кислородомъ воздуха переводится въ гидратъ окиси желѣза. Въ рѣкахъ и ключахъ, углежелѣзистая соль, подобно CaCO_3 , держится въ растворѣ, также при помощи угольной кислоты.

Съ санитарно-химической точки зрѣнія, содержаніе желѣза въ питьевой водѣ допустимо лишь тогда, когда количественное содержаніе его не превышаетъ установленнаго для него предѣла; въ противномъ же случаѣ, вода, его содержащая, весьма вредна и опасна для здоровья ея потребителей. А потому, количественное опредѣленіе въ водѣ желѣза пріобрѣтаетъ важное значеніе при оцѣнкѣ доброкачественности изслѣдуемой воды.

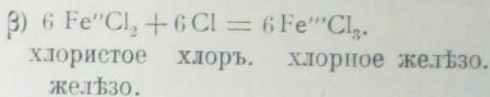
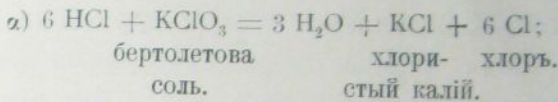
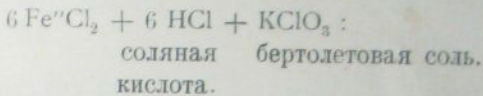
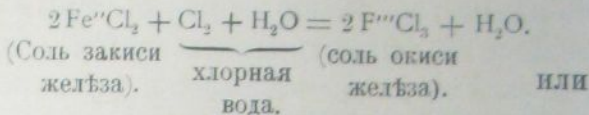
Принципъ анализа. Принципъ *качественнаго анализа* воды на желѣзо основанъ на томъ, что, при дѣйствіи на растворъ *солей окиси* желѣза какой-нибудь роданистой щелочью, получается (смотря по количеству солей окиси желѣза), розовое или кроваво-красное окрашиваніе отъ образовавшагося роданистаго желѣза, напр.,

$\text{Fe}^{+++}(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_4\text{CNS} = 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{Fe}(\text{CNS})_3$
 сѣрниокислая роданистый сѣрниокислый роданистое или
 соль окиси аммоній. аммоній. желѣзо.
 желѣза.

$\text{Fe}^{+++}\text{Cl}_3 + 3\text{KCNS} = 3\text{KCl} + \text{Fe}(\text{CNS})_3$
 хлорное роданистый хлористый роданистое желѣзо.
 желѣзо. калий. калий.

Для перевода находящихся въ водѣ *солей закиси* желѣза въ *соли окиси*, пользуются хлорной

водой (хлоромъ) или же бертолетовой солью въ присутствіи свободной соляной кислоты, напр., :



Колориметрический же способ *количественнаго опредѣленія* желѣза въ водѣ основанъ на слѣдующихъ соображеніяхъ: если взять химически чистую перегнанную воду въ объемѣ, равномъ взятому объему изслѣдуемой воды, прибавить къ ней хлорную воду (или бертолетовую соль и крѣпкую соляную кислоту) и роданистую щелочь, сколько и къ водѣ изслѣдуемой, то эта вода (перегнанная) какъ не содержащая желѣза, останется *безцвѣтной*. Если же кромѣ того приливать къ ней по каплямъ растворъ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ (слегка подкисленный соляной кислотой), въ 1 куб. см. котораго содержится 0,0001 гр. окиси желѣза (Fe_2O_3), то и она окрасится въ розовый (или кроваво-красный) цвѣтъ отъ образовавшагося роданистаго желѣза. Регулируя приливаніе къ ней раствора желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, можно вызвать такой же оттѣнокъ розовой окраски перегнанной воды, въ какой окрашенъ и растворъ

воды изслѣдуемой, что укажетъ на *одинаковое количество содержаніе* окиси желѣза въ водѣ перегнанной и изслѣдуемой. А потому, по числу куб. см. истраченного раствора желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, легко судить о количественномъ содержаніи Fe_2O_3 во взятомъ объемѣ, а затѣмъ и въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды.

Для опредѣленія въ водѣ желѣза нужны слѣдующіе *приборы и реактивы*:

- Приборы:**
- 1) Бѣлая берлинская фарфоровая чашка въ 400—500 куб. см. (рис. 3).
 - 2) Обыкновенная бюретка (рис. 5).
 - 3) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 4) 2 измѣрительныя пипетки въ 10 куб. см. (стр. 14).
 - 5) 2 стеклянныя палочки съ резинками на концѣ (рис. 13, В).
 - 6) 2 градуированныхъ стеклянныхъ цилиндра съ притертыми стеклянными пробками (рис. 10).
 - 7) Горѣлка (рис. 16).
 - 8) Треножникъ (рис. 17).
 - 9) Мѣдная сѣтка (рис. 18).

- Реактивы:**
- 1) Хлорная вода (не содержащая *желѣза*).¹⁾
 - 2) Крѣпкая соляная кислота (не содержащая *желѣза*).
 - 3) Химически чистая перегнанная вода.

¹⁾ За неимѣніемъ хлорной воды можно, какъ сказано, пользоваться бертолетовой солью.

- 4) 5⁰/₀ растворъ роданистой щелочи (роданистаго аммонія или натрія и т. д.).
- 5) Растворъ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, въ 1 куб. см. котораго содержится 0,0001 гр. окиси желѣза (Fe_2O_3), слегка подкисленный соляной кислотой.²⁾

Техника производства.

1) Въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку посредствомъ одной измѣрительной пипетки переводятъ 10 куб. см. хлорной воды, не содержащей *желѣза* (или ее замѣняютъ 1 граммомъ бертолетовой соли), посредствомъ другой — 5 куб. см. химически чистой крѣпкой соляной кислоты, посредствомъ же Моровской пипетки постепенно переводятъ 1 литръ изслѣдуемой воды и выпариваютъ на маломъ огнѣ приблизительно до 50 куб. см.

2) Остатокъ сливаютъ въ одинъ изъ градуированныхъ стеклянныхъ цилиндровъ, а въ чашку наливаютъ 25 куб. см. химически чистой перегнанной воды, смѣсь тщательно перемѣшиваютъ стеклянной палочкой съ резинкой на концѣ, съ которой жидкость сливаютъ въ тотъ же цилиндръ (см. *промываніе осадковъ* — стр. 26). Такъ поступаютъ еще одинъ разъ.

²⁾ Въ качествѣ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ нужно пользоваться Ferrum sulfuricum oxydatum ammoniatum — $Fe_2(SO_4)_3(NH_4)_2SO_4 + 24H_2O$ (красно-фіолетовые кристаллы); для нашей цѣли вовсе непригодна соль Мора — Ferrum sulfuricum oxydulatum ammoniatum — $FeSO_4(NH_4)SO_4 + 7H_2O$ (зеленые кристаллы).

3) Въ этотъ же цилиндръ приливается еще 5 куб. см. 5⁰/₀ раствора роданистаго аммонія (калія или натрія), послѣ чего смѣсь взбалтываютъ и цилиндръ ставятъ на листъ бѣлой бумаги.

Въ томъ случаѣ, если смотрѣть теперь черезъ столбъ жидкости цилиндра *сверху* и содержимое его окажется безцвѣтнымъ, *анализъ воды на желѣзо этимъ и заканчиваютъ*, такъ какъ изслѣдуемая вода отъ желѣза, повидимому, свободна. Въ присутствіи же желѣза она окажется *окрашенной* въ розовый (или кроваво-красный) цвѣтъ. Въ такомъ случаѣ приступаютъ къ количественному опредѣленію желѣза.

4) Въ другой стеклянный цилиндръ посредствомъ пипетки переводятъ 100 куб. см. химически чистой перегнанной воды, куда при помощи измѣрительной пипетки прибавляютъ 5 куб. см. 5⁰/₀ раствора роданистаго аммонія (калія или натрія), а изъ бюретки приливается указанный растворъ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, слегка подкисленный соляной кислотой, *до тѣхъ поръ, пока* содержимое его не окажется *такъ же* окрашеннымъ, *какъ* и содержимое цилиндра съ изслѣдуемой водой. Для лучшаго сравненія оттѣнковъ окраски жидкостей обоихъ цилиндровъ, ихъ ставятъ рядомъ на листъ бѣлой бумаги и, смотря *сверху* черезъ столбъ жидкости одного и другого цилиндра, сравниваютъ цвѣта.

Пользуясь же колориметромъ (рис. 11), поступаютъ аналогично тому, какъ указано при амміакѣ и азотистой кислотѣ.

Вычисления въ общемъ видѣ.

Пусть, для изслѣдованія взято N куб. см. питьевой воды (а потому и воды перегнанной), а при выполненіи техники производства истрчено A куб. см. указаннаго раствора желѣзно-амміачныхъ квасцовъ.

1 куб. см. раствора послѣднихъ содержитъ 0,0001 гр. Fe_2O_3
 A " " " " " " " 0,0001 $\times A$ " " "

Такое количество окиси желѣза содержится въ жидкости цилиндра съ перегнанной водой, а потому и въ N куб. см. изслѣдуемой питьевой воды; въ 100 же литрахъ послѣдней окиси желѣза содержится, очевидно,

$$\frac{0.0001 \times A \times 100000}{N} \text{ гр.} = \frac{10 \times A}{N} \text{ гр.}$$

Итакъ, въ 100 литрахъ изслѣдуемой воды содержится $\frac{10 \times A}{N}$ гр. окиси желѣза, гдѣ A есть число куб. см. истраченнаго раствора желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, а N — число куб. см. взятой питьевой воды.

8. Открытіе въ водѣ тяжелыхъ металловъ.

Тяжелые металлы въ водѣ. Тяжелые металлы (свинець, мѣдь, цинкъ, мышьякъ и другіе) являются весьма опасными и ядовитыми примѣсями питьевыхъ водъ, въ которыя они попадаютъ различнымъ образомъ. Въ почвѣ, какъ извѣстно, встрѣчаются часто залежи рудъ тяжелыхъ металловъ. Если, такъ или иначе, создались условія, способствующія растворенію этихъ

соединеній, то они выщелачиваются, обыкновенно, просачивающейся въ этомъ мѣстѣ природной водой, съ которой они попадаютъ и въ другія воды.

Тяжелые металлы попадаютъ часто въ воду вмѣстѣ съ различными отбросами, особенно съ *фабричными*. Въ воду же, протекающую черезъ металлическія трубы или хранящуюся въ бакахъ, покрытыхъ металломъ (напр., *свинцомъ*), тяжелые металлы нерѣдко попадаютъ изъ этихъ трубъ и баковъ, вызывая часто явленія хроническаго отравленія у ея потребителей.

Присутствіе въ питьевой водѣ даже *минимальныхъ количествъ* тяжелыхъ металловъ, особенно свинца и мѣди, съ санитарно-химической точки зрѣнія совершенно *недопустимо*. Такимъ образомъ, одно *открытіе* ихъ въ изслѣдуемой водѣ уже *достаточно*, чтобы судить о недоброкачественности этой воды. Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что качественное изслѣдованіе питьевой воды на тяжелые металлы имѣетъ *весьма важное* значеніе.

Принципъ анализа. Принципъ качественного анализа воды на тяжелые металлы основанъ на томъ, что при дѣйствіи сѣрководорода (H_2S) на растворы ихъ солей они выпадаютъ въ осадокъ въ видѣ сѣрнистыхъ металловъ *окрашенныхъ*, смотря по природѣ металла, въ различные цвѣта (черный, бурый, оранжевый и т. д.).

- | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---|----------------------|
| Pb S | — сѣрнистый свинецъ | — | чернаго цвѣта. |
| Cu S | — сѣрнистая мѣдь, | — | " " |
| Hg S | — сѣрнистая ртуть, | — | " " |
| Sn S | — сѣрнистое олово, | — | бурого цвѣта. |
| Sb ₂ S ₃ | — сѣрнистая сурьма, | — | оранжеваго цвѣта. |
| As ₂ S ₃ | — сѣрнистый мышьякъ, | — | желтаго цвѣта. |
| Zn S | — сѣрнистый цинкъ, | — | бѣлаго цвѣта и т. д. |

Для полноты и ускоренія осажденія, до прибавленія сѣроводорода, изслѣдуемую воду подкисляютъ до яснокислой реакціи уксусной кислотой.

Ввиду того, что одно присутствіе въ водѣ даже ничтожнаго количества тяжелыхъ металловъ недопустимо, то опредѣленіе количественнаго содержанія металловъ, оказавшихся въ водѣ, является по существу излишнимъ.

Для анализа нужны слѣдующіе приборы и реактивы :

- Приборы :**
- 1) Бѣлая берлинская фарфоровая чашка, емкостью въ 400—500 куб. см. (рис. 3)
 - 2) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 3) Стеклянная палочка (рис. 13, А).
 - 4) Горѣлка (рис. 16).
 - 5) Треножникъ (рис. 17).
 - 6) Мѣдная сѣтка (рис. 18).
- Реактивы :**
- 1) Сѣроводородная вода (лучше газообразный H_2S).
 - 2) 10% растворъ уксусной кислоты.
 - 3) Синяя лакмусовая бумага.

Техника производства :

1) Посредствомъ пипетки постепенно переводятъ въ бѣлую берлинскую фарфоровую чашку 2 литра изслѣдуемой воды и выпариваютъ на маломъ огнѣ приблизительно до 300 куб. см.

2) Въ чашку приливаютъ растворъ уксусной кислоты до ясно кислой реакціи (что узнается при помощи синей лакмусовой бумаги).

3) Приливаютъ, кромѣ того, сѣроводородную воду въ такомъ количествѣ, чтобы вся смѣсь имѣла *рыбій* запахъ сѣроводорода и оставляютъ на 2—4 часа.

Если возможно пользоваться газообразнымъ сѣрнистымъ водородомъ (лучше изъ прибора Киппа), то приемъ 3-й лучше видоизмѣнить: все содержимое чашки (послѣ приема 2-го) сливаютъ въ стеклянный цилиндръ, куда пропускаютъ газообразный сѣрководородъ до тѣхъ поръ, пока смѣсь не имѣеть рѣзкаго запаха H_2S и оставляютъ на 2—4 часа.

При этомъ, въ присутствіи тяжелыхъ металловъ, получаются, какъ извѣстно, различные *окрашенные осадки* (иногда смѣсь окрашивается въ *зеленый* цвѣтъ отъ присутствія желѣза); если же смѣсь перемѣшать, то получается *мутъ*.

Примѣчаніе 1. Мутъ обусловливается иногда присутствіемъ свободной сѣры (полученной отъ разложенія сѣрководорода).

Примѣчаніе 2. При анализѣ воды на тяжелые металлы, имѣется ввиду открытіе въ водѣ главнымъ образомъ свинца и мѣди, сѣрнистые осадки которыхъ, какъ сказано, черного цвѣта.

Если при этомъ никакого окрашиванія и мути не получается, то тяжелые металлы въ изслѣдуемой водѣ, повидимому, отсутствуютъ.

9. Открытіе въ водѣ сѣрководорода.

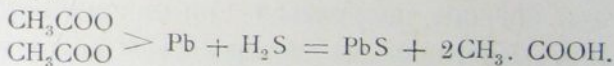
Сѣрководородъ въ водѣ. Источникомъ сѣрководорода въ природѣ, какъ извѣстно, являются вулканическія изверженія; кромѣ того онъ образуется при возстановленіи органическими веществами сѣрнокислыхъ солей, также при дѣйствіи воды и угольной кислоты на сѣрнистые металлы, могущіе получаться при такомъ возстановленіи. Но главнымъ образомъ H_2S образуется при гніеніи бѣлковыхъ веществъ, содержащихъ сѣру (чѣмъ и объясняется неприятный запахъ гнилыхъ яицъ). Въ незначительныхъ же коли-

чествахъ сѣроводородъ образуется всюду, являясь постояннымъ спутникомъ всякаго живого существа. Являясь такимъ распространеннымъ соединеніемъ и довольно хорошо растворяясь въ водѣ (1 объемъ воды при 0° растворяетъ 4,37 объема сѣроводорода), сѣрнистый водородъ, естественно, попадаетъ такъ или иначе и въ природную воду. Главнымъ же источникомъ сѣроводорода въ водѣ являются гниющія въ ней бѣлковые вещества, содержащія сѣру, однимъ изъ продуктомъ распада которыхъ, какъ сказано, является сѣрнистый водородъ.

Съ санитарно-химической точки зрѣнія одно присутствіе сѣроводорода въ питьевой водѣ уже недопустимо: такая вода является вредной, какъ содержащая H_2S и какъ весьма подозрительная по содержанию продуктовъ гніенія бѣлковыхъ веществъ. Поэтому, при оцѣнкѣ доброкачественности изслѣдуемой питьевой воды, весьма цѣнными являются и данныя, полученные при качественномъ анализѣ воды на сѣроводородъ.

1-й методъ открытія въ водѣ сѣроводорода.

Принципъ анализа. Открытіе въ водѣ сѣроводорода основано на томъ, что при дѣйствіи послѣдняго на растворъ свинцоваго уксуса или свинцоваго сахара получается черный осадокъ сѣрнистаго свинца :



свинцовый сахаръ. сѣрово-черный уксусная кислота.
 дородъ. осадокъ
 сѣрнистаго свинца.

Для открытія въ водѣ сѣроводорода нужны слѣдующіе приборы и реактивы :

Приборы: 1) Широкогорлая стеклянная банка, емкостью въ 400—500 куб. см. (рис. 28).

2) Обыкновенная пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).

Реактивы: 1) 10⁰/₀ растворъ свинцово-ваго сахара или же свинцово-ваго уксуса.

2) 10⁰/₀ растворъ соляной кислоты.

3) Синяя лакмусовая бумажка.



Рис. 28.

Техника производства.

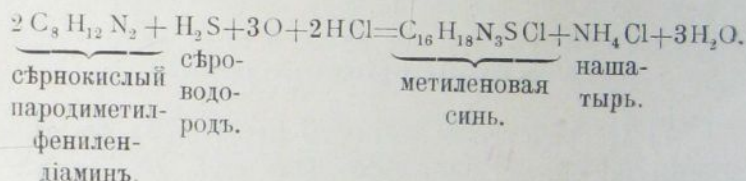
1) Посредствомъ пипетки переводятъ въ стеклянную банку 300—400—500 куб. см. изслѣдуемой воды, которую подкисляютъ соляной кислотой до ясно кислой реакціи (что узнается при помощи лакмусовой бумажки).

2) Къ корковой пробкѣ этой банки приклеивается, какъ указано на рис. 28, фильтровальная бумажка, предварительно пропитанная 10⁰/₀ растворомъ свинцово-ваго сахара (или свинцово-ваго уксуса) послѣ чего банку закупориваютъ этой пробкой (бумажка, при этомъ, не должна касаться уровня воды въ банкѣ) и ставятъ на 6 часовъ въ теплое мѣсто.

Въ присутствіи сѣроводорода бумажка *почернѣть*, въ слѣдствіе образованія сѣрнистаго свинца.

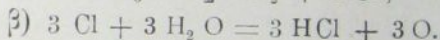
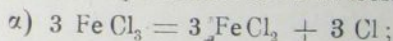
2-й методъ открытія въ водѣ сѣрководорода.

Принципъ анализа. Открытіе сѣрководорода въ водѣ этимъ *гораздо больше чувствительнымъ* методомъ основано на слѣдующихъ соображеніяхъ: если къ водѣ, содержащей въ растворѣ сѣрководородъ, прибавить дымящую соляную кислоту, нѣсколько кристалликовъ сѣрнокислаго парадиметилфенилендіамина $[(\text{CH}_3)_2\text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NH}_2]$ и по раствореніи ихъ 2 капли слабаго раствора хлорнаго желѣза (FeCl_3), то жидкость окрашивается въ *чисто синій* цвѣтъ, вслѣдствіе образованія *метиленовой сини* ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$)¹⁾:

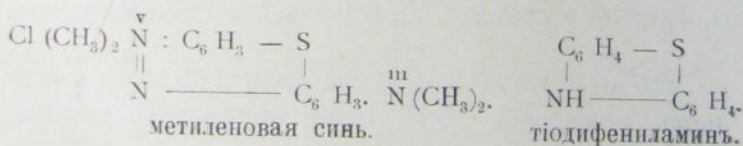


Соляная кислота берется для того, чтобы вытѣснить сѣрководородъ изъ его солей (сѣрнистыхъ металловъ), (если онѣ имѣются въ водѣ, напр., $\text{PbS} + 2\text{HCl} = \text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$).

Хлорное желѣзо прибавляется въ качествѣ окислителя:



¹⁾ Метиленовая синь принадлежитъ къ производнымъ тидифениламина:



- Приборы :**
- 1) Колба въ 150 куб. см. (рис. 8).
 - 2) Измѣрительная пипетка въ 10 к. с.
 - 3) Измѣрительный цилиндръ (рис. 9).
- Реантивы :**
- 1) Химич. чист. дымящ. соляная кислота.
 - 2) 10⁰/₀ растворъ *хлорнаго* желѣза.
 - 3) Сѣрноокислый парадиметилфенилендіаминъ (кристаллы).

Техника производства.

1) Посредствомъ измѣрительнаго цилиндра переводятъ въ колбу 50 куб. см. изслѣдуемой питьевой воды, куда посредствомъ измѣрительной пипетки переводятъ еще 1 куб. см. дымящей соляной кислоты, прибавляютъ отъ 5—10 кристалловъ сѣрноокислаго парадиметилфенилендіамина и смѣсь осторожно взбалтываютъ до растворенія.

2) Въ колбу приливаютъ 2—3 капли 10⁰/₀ раствора *хлорнаго* желѣза и оставляютъ на 5—30 минутъ.

Въ присутствіи (въ питьевой водѣ) сѣроводорода, содержим. колбы окрашивается въ чисто синій цвѣтъ.

Примѣчаніе. Данныя, полученныя при опредѣленіи *физическихъ свойствъ* изслѣдуемой воды, вмѣстѣ съ данными, полученными при анализѣ ея на *амміакъ, азотистую и азотную кислоты, хлориды, жесткость устранимую, постоянную и общую* (также *сѣрную кислоту*), *органическія соединенія, желѣзо, соли тяжелыхъ металловъ и сѣроводородъ*, — *вполнѣ достаточны*, чтобы судить о доброкачественности изслѣдуемой воды, о ея годности для питья и хозяйственныхъ надобностей. Но, если желательнѣе дополнить свои свѣденія еще нѣкоторыми данными, характеризующими доброкачественность изслѣдуемой воды, слѣдуетъ опредѣлить еще ея сухой остатокъ.

10. Опредѣленіе сухого остатка.¹⁾

(Опредѣленіе органическихъ и неорганическихъ постоянныхъ составныхъ частей).

- Приборы:
- 1) Обыкн. пипетка въ 100 куб. см. (рис. 4).
 - 2) Бѣлая берлинская фарфоровая чашка, емкостью въ 400—500 куб. см. (рис. 3).
Лучше замѣнить ее стеклянной чашкой: ея меньшій вѣсъ даетъ возможность точнѣе опредѣлить вѣсъ сухого остатка.
 - 3) Водяная баня (рис. 14 и 15).
Ввиду того, что при выпариваніи на водяной банѣ фарфоровая чашка (или стеклянная) можетъ легко загрязниться отъ металлическихъ колець водяной бани, что привело бы къ неточности опредѣленія, рекомендуется въ данномъ случаѣ замѣнить металлическія кольца бани чистыми (фарфоровыми или эмалированными).
 - 4) Химическіе вѣсы.
 - 5) Сушильный шкафъ (рис. 21).
 - 6) Эксикаторъ (рис. 22, 23, 24).
 - 7) Горѣлка (рис. 16).
 - 8) Треножникъ (рис. 17).
 - 9) Мѣдная сѣтка (рис. 18).

Техника производства.

1) Въ фарфоровую (или стеклянную) чашку, предварительно *высушенную* и *взвѣшенную*, переводятъ посредствомъ пипетки 250—500 куб. см. изслѣдуемой воды и выпариваютъ досуха на водяной банѣ въ свободномъ отъ пыли мѣстѣ.

2) Чашку высушиваютъ въ сушильномъ шкафу при температурѣ 100—105° Ц., охлаждаютъ въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ ее вторично.

¹⁾ См. примѣчаніе на стр. 97.

Разница между первымъ и вторымъ взвѣшиваніемъ укажетъ вѣсъ сухого остатка.

III. Заключение.

Окончивъ санитарно-химическій анализъ изслѣдуемой питьевой воды, нужно, на основаніи полученныхъ при анализѣ данныхъ, вывести общее заключеніе о доброкачественности ея, о годности для питья и хозяйственныхъ надобностей. Но для этого нужно еще познакомиться, предварительно, со свойствами хорошей воды.

Свойства хорошей воды. Хорошая вода отвѣчаетъ слѣдующимъ санитарно-химическимъ требованіямъ: 1) температура ея, измѣренная у самаго источника, не превышаетъ лѣтомъ 15° , зимою же не падаетъ ниже 8° Ц. и отличается болѣе или менѣе постоянствомъ; 2) въ тонкихъ слояхъ она прозрачна, безцвѣтна; въ толстыхъ же — синеватаго и сѣроватаго цвѣта; 3) не имѣетъ запаха; 4) она — пріятнаго освѣжающаго вкуса или же безвкусна; достаточно богата атмосферными газами; 5) она нейтральной или слабо кислой (отъ угольной кислоты) реакціи; кипяченая вода нейтральной реакціи (см. стр. 32); 6) можетъ содержать наиболѣе важныя составныя части maximum въ слѣдующихъ количественныхъ предѣлахъ:

На 100 литровъ

	Химическія соединенія	по Tiemann-Gärtner'у
1.	Амміака.	слѣды (и то не всегда).
2.	Азотистаго ангидрида (N_2O_3)	слѣды (и то не всегда).
„	(азотистой кислоты).	
3.	Азотнаго ангидрида (N_2O_5)	0,5—1,5 гр.
„	(азотной кислоты).	
4.	Хлора (хлоридовъ).	2—3 гр.
5.	Жесткости:	
„	1) общей.	18—20 нѣм. градусовъ.
„	причемъ,	градусовъ.
„	2) устранимой не менѣе.	10—12 нѣм. градусовъ.
„	3) постоянной не болѣе.	8 нѣм. градусовъ.
6.	Сѣрнаго ангидрида (SO_3)	8—10 гр.
	(сѣрной кислоты).	
7.	Органическихъ соединеній.	5 гр.
8.	Желѣза.	— — —
9.	Солей тяжелыхъ металловъ.	совершенно не должно быть.
10.	Сѣроводорода.	совершенно не должно быть.
11.	Сухого остатка.	50 гр.

(100 000 куб. см.) воды

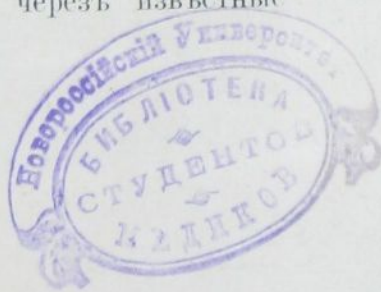
по опредѣленію Берлинской Сани- тарной Комиссіи	по E. Schmidt 'у	по Fröhner 'у	по П. О. Смо- ленскому
совершенно не должно быть.	совершенно не должно быть.	— — — —	слѣды (и то не всегда).
совершенно не должно быть.	совершенно не должно быть.	— — — —	слѣды (и то не всегда).
0,5—1,5 гр.	0,4—1 гр.	0,5—1,5 гр.	1,5 гр.
2—4 гр.	0,8—5 гр.	1—5 гр.	3 гр.
18—20 нѣм. градусовъ.	18 нѣмецкихъ градусовъ.	18—20 нѣм. градусовъ.	20 нѣм. градусовъ.
10—12 нѣм. градусовъ.	— — — —	— — — —	— — — —
8 нѣм. град.	— — — —	— — — —	— — — —
10 гр.	6,3—9 гр.	8—9 гр.	10 гр.
5 гр.	3—5 гр.	3—5 гр.	— — —
0,1 гр.	слѣды.	— — — —	соверш. не должно быть.
совершенно не должно быть.	совершенно не должно быть.	— — — —	соверш. не должно быть.
совершенно не должно быть.	совершенно не должно быть.	— — — —	соверш. не должно быть.
50 гр.	50 гр.	50 гр.	50 гр.

Однако, установленные предѣлы количественнаго содержанія указанныхъ составныхъ частей изслѣдуемой питьевой воды имѣютъ при анализѣ, какъ указано, часто лишь симптоматическое значеніе: въ указанныхъ предѣлахъ или даже значительно большихъ количествахъ нѣкоторыя составныя части (поваренная соль, органическія вещества, амміакъ, азотная кислота) совершенно безвредны; опредѣленіе же ихъ количественнаго содержанія производится только потому, что, находясь въ количествахъ, превосходящихъ установленные предѣлы, онѣ даютъ нѣкоторыя указанія относительно *загрязненія* воды подозрительными отбросами. Поэтому, найдя, что нѣкоторыя составныя части воды содержатся въ ней въ относительно значительныхъ количествахъ, нужно предварительно выяснитъ вопросъ, какимъ образомъ онѣ попали въ изслѣдуемую воду: изъ незагрязненной почвы или же изъ загрязняющихъ ее и воду отбросовъ. Этотъ вопросъ долженъ быть выясненъ на основаніи *самыхъ подробныхъ данныхъ* о санитарномъ состояніи мѣстности, окружающей источникъ, а именно: о заболѣваемости и смертности населенія, особенно отъ заразныхъ болѣзней, о способахъ удаленія нечистотъ, съ обращеніемъ особаго вниманія на mogućія попадать въ данный источникъ, о загрязненіи послѣдняго водами, стекающими съ удобряемыхъ полей, неопратно содержимыхъ улицъ, дворовъ и проч. Опредѣленіе истиннаго значенія найденныхъ въ водѣ соединеній выясняется, кромѣ того, и *сравненіемъ* состава изслѣдуемой воды съ составомъ воды того же источника, но въ видимо незагрязненномъ мѣстѣ.

Слѣдуетъ, кромѣ того, замѣтить, что вода, содержащая продукты гніенія, даетъ *сильную* реакцію на *органическія вещества*, отличается значительно повышеннымъ содержаніемъ *углекислыхъ и серно-кислыхъ солей кальція* (также магнія), особенно *поваренной соли*, весьма замѣтными количествами *амміака, азотной и азотистой кислоты*. Содержаніе же хлора и азотной кислоты указываетъ еще иногда, что источникъ, загрязняющій воду, находится далеко отъ мѣста изслѣдованія: содержаніе же *амміака и азотистой кислоты* обыкновенно *указываетъ на близость* источника, загрязняющаго воду.

Такъ или иначе, но по какому-нибудь *одному* признаку *нельзя* судить о доброкачественности изслѣдуемой воды, а во вниманіе слѣдуетъ принять *общую совокупность данныхъ*, причемъ, при оцѣнкѣ воды первостепенную роль играютъ данныя о санитарномъ состояніи мѣстности, окружающей источникъ вмѣстѣ съ данными о физическихъ свойствахъ воды.

Если же въ водѣ оказываются соединенія, сами по себѣ опасныя и ядовитыя (напр. сероводородъ, тяжелые металлы — свинецъ, мѣдь), то остается лишь выяснитъ, не являются ли онѣ *случайными* примѣсями: въ противномъ случаѣ воду, разумѣется, нельзя признать годной для питья и хозяйственныхъ надобностей. Кромѣ того, оцѣнка изслѣдуемой воды, ввиду непостоянства ея состава, какъ уже сказано, будетъ вѣрнѣе, если она будетъ изслѣдована нѣсколько разъ черезъ извѣстные промежутки времени.



IV. Приложение.

Титрованные растворы. Титръ. Титрирное вещество. Классификація титрованныхъ растворовъ.

Растворы строго опредѣленной концентраціи наз. *титрованными*. Точно извѣстное количество растворимаго соединенія, заключающееся въ 1 куб см. раствора, наз. *титромъ*; само же растворимое соединеніе, при этомъ, наз. *титрирнымъ* веществомъ.

Титрованные растворы различаютъ: 1) *эмпирическіе*; 2) *неопредѣленные*; и 3) *систематическіе*. или *нормальные*.

Эмпирическими наз. такіе титрованные растворы, титръ которыхъ произвольный, но, понятно, точно извѣстный, напр., растворъ, полученный раствореніемъ 40 гр. NaCl въ водѣ (при 15° Ц.) до полученія литра раствора.

Неопредѣленными называются такіе титрованные растворы, титръ которыхъ предоставляется случаю и опредѣляется передъ каждымъ употребленіемъ раствора, напр., если титрирное вещество раствора отчасти химически измѣнилось въ немъ (напр. отчасти разложилось), то количественное содержаніе растворимаго соединенія (титръ) измѣнился; въ такомъ случаѣ титръ устанавливается передъ употребленіемъ такого раствора.

Систематическими или нормальными растворами наз. такіе растворы, въ литръ которыхъ растворенъ граммъ-эквивалентъ (нормальный вѣсъ) соответственнаго вещества (принимая $N=1,008$).

1. Граммъ-эквивалентомъ (нормальнымъ вѣсомъ) элемента называется выраженное въ граммахъ количество

его, отвѣчающее 1,008 гр. Н, т.-е., равное его эквиваленту (частному отъ дѣленія атомнаго вѣса элемента на его атомность). Такъ, напр., эквивалентны между собою: Н', Cl', Ag', $\frac{Ca''}{2}$, $\frac{Zn''}{2}$, $\frac{O''}{2}$; атомные вѣса ихъ: Н=1,008, — Cl=35,45, — Ag=107,93, — Ca=40,1, — Zn=65,4, — O=16; а потому граммъ-эквиваленты ихъ суть: 35,45 гр. Cl.—107,93 гр. Ag, — $\frac{40,1}{2}=20,05$ гр. Ca, — $\frac{65,4}{2}=32,7$ гр. Zn, — $\frac{16}{2}=8$ гр. O (при 1,008 гр. Н).

Граммъ-эквивалентомъ химическаго соединенія наз. выраженное въ граммахъ количество его, отвѣчающее 1,008 гр. Н; это вѣсовое количество вещества равно частному отъ дѣленія граммъ-молекулы вещества на число типическихъ атомовъ водорода¹⁾, входящихъ въ его составъ или же замѣщенныхъ металломъ, напр.,

граммъ-молекулы:	}	HNO ₃ = 63,05 гр.	HNO ₃ =	63,05 гр.	}	граммъ-эквиваленты:
		HCl = 36,45 „	HCl =	36,45 „		
		H ₂ SO ₄ = 98 „	H ₂ SO ₄ =	$\frac{98}{2} = 49$ „		
		K ₂ O = 94,3 „	K ₂ O =	$\frac{94,3}{2} = 47,15$ „		
		KNO = 56,15 „	KNO =	56,15 „		
		Na ₂ CO ₃ = 106,1 „	Na ₂ CO ₃ =	$\frac{106,1}{2} = 53,05$ „		
		NaHCO ₃ = 84,05 „	NaHCO ₃ =	84,05 „		
		BaCl ₂ = 208,3 „	BaCl ₂ =	$\frac{208,3}{2} = 104,15$ „		

Способы приготовления нормальныхъ растворовъ.

Для приготовления нормальныхъ растворовъ вѣсовой единицей служить *граммъ*, объемной — *литръ*, химической же единицей является *атомный вѣсъ водорода*.

Чтобы приготовить нормальный растворъ какого-нибудь вещества (элемента или химическаго соединенія), разводятъ граммъ-эквивалентъ этого вещества въ водѣ (при 15° Ц.) до полученія *литра* раствора.

¹⁾ Типическими атомами водорода какого-нибудь вещества наз. тѣ атома водорода, которые способны въ немъ замѣняться металломъ (водородъ ионъ).

При работахъ съ титрированными веществами, дѣйствіе которыхъ основано на *передачѣ кислорода*, нормальный вѣсъ измѣряется количествомъ *отдаваемого* или *принимаемого* кислорода, которое тоже должно быть эквивалентно 1 атому Н и представляетъ, слѣдовательно, $\frac{O''}{2}$.

Такъ, напр., при употребленіи $KMnO_4$, какъ окислителя, каждая 2 частицы его отдаютъ 5 атомовъ О (см. стр. 80); а потому, нормальный вѣсъ $KMnO_4$, при этомъ, (разведенный до литра для полученія его нормального раствора) $= \frac{158,15}{5} = 31,63$ гр., что отвѣчаетъ $\frac{O''}{2}$ ($\frac{1}{2}$ атома отдаваемого кислорода).

То же самое и въ случаяхъ *непрямого* окисленія.

Такъ, напр., $2Cl + H_2O = 2HCl + O$. Атомъ хлора освобождаетъ $\frac{1}{2}$ атома кислорода ($\frac{O''}{2}$); поэтому, для полученія литра нормального раствора требуется взять 35,45 гр. хлора. Знакъ нормального раствора — N или $\frac{1}{1}$.

Децинормальные и центинормальные растворы и способы ихъ приготовления.

Когда концентрація $\frac{1}{1}$ нормальныхъ растворовъ бесполезно велика, готовятъ, смотря по надобности, децинормальные, центинормальные растворы и т. д. Для полученія децинормального (десятичного) раствора какого-нибудь вещества, отвѣшиваютъ количество его, отвѣчающее $\frac{1}{10}$ атома водорода ($= \frac{1}{10}$ нормального вѣса), а для приготовления центинормального раствора, — количество вещества, отвѣчающее $\frac{1}{100}$ ат. водорода ($= \frac{1}{100}$ нормального вѣса), и разводятъ въ водѣ (при $15^\circ C$.) до полученія литра раствора.

Знаки этихъ растворовъ: $\frac{N}{10}$ (или $\frac{1}{10}$) и $\frac{N}{100}$ (или $\frac{1}{100}$).
Напр., для полученія $\frac{N}{10}$ раствора разводятъ до литра: 3,645 гр. HCl , 4,9 гр. H_2SO_4 , 5,305 гр. Na_2CO_3 , 10,415 гр. $BaCl_2$ и т. д.; для полученія $\frac{N}{100}$ раствора разводятъ до литра: 0,3645 гр.

HCl, 0,49 гр. H₂SO₄, 0,5305 гр. Na₂CO₃, 1,0415 гр. BaCl₂. и т. д.

Наиболѣе употребительны $\frac{N}{10}$ растворы.

Понятіе объ индикаторахъ.

Процессъ химическаго обмѣна между веществами, дѣйствующими въ растворахъ другъ на друга, называется *операцией титрованія*.

При объемномъ анализѣ часто, вызывая ту или иную реакцію, необходимымъ является опредѣлить моментъ наступленія *ея конца*. Въ томъ случаѣ, когда сама реакція послѣдняго не обнаруживаетъ, съ цѣлью опредѣлить ея конецъ пользуются особымъ, характернымъ для данной реакціи, соединеніемъ, называемымъ *индикаторомъ* или *показателемъ*. Конецъ интересующей насъ реакціи узнается потому, что только послѣ наступленія его индикаторъ (уже 1—2 капли его) вступаетъ во взаимодѣйствіе съ однимъ изъ реагирующихъ веществъ (избытокъ котораго остался послѣ реакціи въ растворѣ *свободнымъ*), окрашивая растворъ въ тотъ или иной характерный цвѣтъ, или мѣняя цвѣтъ раствора, или вызывая обезцвѣчиваніе его, или же появленіе осадковъ и д. п. Появленіе одного изъ этихъ уловимыхъ измѣненій, которое наступаетъ только послѣ того, какъ интересующая насъ реакція окончена, указываетъ наступленіе ея конца.

Индикаторъ всегда или кислотнаго или основнаго характера. Онъ прибавляется обыкновенно въ очень маломъ количествѣ (1—3 капли). Примѣненіе, напр., CrO₄K₂, какъ индикатора, описано на стр. 58, гдѣ CrO₄K₂ окрашиваетъ бѣлый осадокъ AgCl въ кирпично-красный (или желтый) цвѣтъ, появленіе котораго и указываетъ конецъ реакціи между NaCl и AgNO₃.

Списокъ реактивовъ. Приготовление важнѣйшихъ изъ нихъ. Ихъ храненіе и прочность.

1) Реактивъ Несслера. Готовится такъ: 10 гр. $KJ + 3$ гр. $HgCl_2$ нагреваютъ съ 200 куб. см. воды до кипѣнія, даютъ остыть, прибавляютъ каплями насыщенный растворъ $HgCl_2$ до полученія постоянного осадка, процѣживаютъ, прибавляютъ къ фильтрату 30 гр. KNO_3 , пополняютъ водой до 200 куб. см., прибавляютъ еще немного $HgCl_2$ даютъ опасть осадку и сливаютъ прозрачную жидкость.

Чѣмъ дольше хранится, тѣмъ болѣе пригоденъ для употребленія; хотя при продолжительномъ стояніи образуется желто-красный осадокъ, но онъ, однако, не вредитъ: употребить въ дѣло нужно лишь находящуюся надъ нимъ прозрачную жидкость. Сохраняется въ оранжевой стеклянкѣ въ темнотѣ.

2) Реактивъ Посвайя. Готовится такъ: 1) растворяютъ 0,5 гр. сульфаниловой кислоты въ 150 куб. см. разбавленной уксусной кислоты; 2) кипятятъ 0,1 гр. твердаго α -нафтиламина съ 20 куб. см. воды, сливаютъ безцвѣтный растворъ съ сине-фіолетоваго осадка, къ раствору прибавляютъ 150 куб. см. 30% уксусной кислоты и смѣшиваютъ оба раствора.

Реактивъ не портится отъ дѣйствія свѣта, но становится негоднымъ для употребленія отъ нечистаго воздуха, часто содержащаго азотистую кистоту: растворъ реактива при этомъ окрашивается въ красный цвѣтъ (см. стран. 41). Пригоденъ къ употребленію, пока растворъ остается безцвѣтнымъ. Чтобы негодный (окрашенный) реактивъ сдѣлать годнымъ для употребленія, его обезцвѣчиваютъ, взбалтывая съ цинковой пылью и фильтруя.

3) $\frac{N}{10}$ растворъ соляной кислоты¹⁾. Устойчивъ. Контролируется $\frac{N}{10}$ растворомъ соды, въ присутствіи метилоранжа²⁾.

4) $\frac{N}{10}$ растворъ соды. При храненіи покрывается плѣсенью. Контролируется $\frac{N}{10}$ растворомъ соляной кислоты въ присутствіи метилоранжа, какъ индикатора.

¹⁾ О приготовленіи нормальныхъ раств. см. стр. 105—106.

²⁾ Контроль нормальныхъ растворовъ см. на стр. 111.

5) $\frac{N}{10}$ растворъ азотнокислаго серебра. Сохраняется безъ измѣненія въ защищенномъ отъ свѣта мѣстѣ. Контролируется $\frac{N}{10}$ растворомъ NaCl.¹⁾ въ присутствіи K_2CrO_4 .

6) $\frac{N}{100}$ растворъ минеральнаго хамелеона. Контролируется $\frac{N}{100}$ растворомъ щавелевой кислоты, въ присутствіи H_2SO_4 .

7) $\frac{N}{100}$ растворъ щавелевой кислоты. Сохраняется въ темномъ мѣстѣ. Контролируется $\frac{N}{100}$ раств. $KMnO_4$, въ присутствіи H_2SO_4 .

8) Титрованный мыльный растворъ. 2,4 куб. см. его разлагаютъ 8,8 миллигр. углекислаго кальція. Сохраняется годами безъ измѣненія. Случающееся образование въ немъ хлопьевъ устраняется нагрѣваніемъ на водяной банѣ.

9) Насыщенный растворъ сегнетовой соли, не содержащій амміака.

10) Растворъ химически чистаго нашатыря, 1 куб. см. котораго содержитъ 0,00001 гр. амміака. При храненіи портится.

11) Растворъ химически чистой азотистокалиевой соли, 1 куб. см. котораго содержитъ 0,00001 гр. N_2O_3 . При храненіи портится.

12) Химически чистый растворъ азотнокалиевой соли, 1 куб. см. котораго содержитъ 0,001 гр. N_2O_3 . Довольно стойкій.

13) Растворъ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ, 1 куб. см. котораго содержитъ 0,0001 гр. Fe_2O_3 , слегка подкисленный соляной кислотой. Въ качествѣ желѣзно-амміачныхъ квасцовъ нужно пользоваться только Ferrum Sulfuricum oxydatum ammoniatum (красно-фіолетовые кристаллы).

14) Фенолеульфокислота, растворенная въ избыткѣ крѣпкой сѣрной кислоты. Растворяютъ 7,5 гр. чистаго безцвѣтнаго фенола въ 92,5 гр. чистой крѣпкой H_2SO_4 , не содержащей HNO_2 и HNO_3 и сохраняютъ въ темномъ мѣстѣ. Если смѣсь покраснѣетъ, то негодна къ употребленію. При храненіи портится.

1) Нуженъ еще поэтому $\frac{N}{10}$ растворъ NaCl; сохраняется безъ измѣненія.

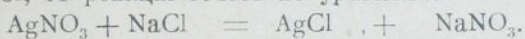
- 15) 5⁰/₁₀₀ растворъ нашатырнаго спирта. При храненіи не портится.
- 16) Растворъ (1 : 100) средней хромокалиевой соли (*Kali chromicum*, а не *bichromicum*), не содержащій хлора.
- 17) Растворъ азотной кислоты, не содерж. хлора.
- 18) Растворъ соды, не содержащій хлора.
- 19) Растворъ метилоранжа (1 : 100). Устойчивъ.
- 20) Растворъ (30 : 100) сѣрной кислоты (98⁰/₁₀₀ аптечной).
- 21) 10⁰/₁₀₀ растворъ соляной кислоты.
- 22) Крѣпкая соляная кислота, не содерж. желѣза.
- 23) Дымящая соляная кислота.
- 24) 10⁰/₁₀₀ растворъ хлористаго барія.
- 25) Хлорная вода, не содержащая желѣза.
- 26) 5⁰/₁₀₀ растворъ роданистой щелочи (аммонія или натрія и т. д.).
- 27) 10⁰/₁₀₀ растворъ уксусной кислоты.
- 28) 10⁰/₁₀₀ растворъ аптечнаго свинцоваго сахара (или свинцоваго уксуса).
- 29) Сѣроводор. вода (лучше газообразный H_2S).
- 30) Сѣрноокислый парадиметилфенилендіаминъ (кристаллы).
- 31) 10⁰/₁₀₀ растворъ хлорнаго желѣза.
- 32) Химически чистая перегнанная вода.
- 33) Лакмусовая бумага (красная и синяя).

Примѣчаніе. Ввиду того, что большинство указанныхъ реактивовъ требуетъ особой точности техники ихъ приготовленія, также точныхъ (часто специальныхъ) приборовъ и навыка, то рекомендуется выписать ихъ. Многіе изъ реактивовъ при храненіи портятся, а потому лучше выписывать ихъ каждый разъ по мѣрѣ надобности въ небольшомъ количествѣ, напр., не болѣе, чѣмъ по 100 куб. см.

Контроль $\frac{N}{10}$ раствора AgNO_3 $\frac{N}{10}$ раствором NaCl .

Пусть, имѣется $\frac{N}{10}$ растворъ AgNO_3 и желательнo убѣдиться въ томъ, дѣйствительно ли этотъ растворъ содержитъ необходимое количество титрирнаго вещества — азотнокислаго серебра (16,997 гр. — см. стр. 106).

Эта провѣрка или контроль производится при помощи раствора поваренной соли на основаніи слѣдующихъ соображеній: если подѣйствовать на растворъ AgNO_3 растворомъ NaCl , то реакція течетъ по уравненію:



169,97 58,5 бѣлый осадокъ въ растворѣ

А потому, если взять опредѣленный растворъ NaCl въ присутствіи K_2CrO_4 , какъ индикатора (коонецъ реакціи узнается по появленію кирпично-краснаго окрашиванія раствора — см. стр. 58 и 107), то по числу куб. см. истраченного раствора NaCl , потребовавшагося для реакціи полного обмѣна съ AgNO_3 , легко узнать количественное содержаніе послѣдняго.

Если данный растворъ AgNO_3 точно децинормальный, то при титрованіи его $\frac{N}{10}$ растворомъ NaCl потребуется для реакціи полного обмѣна столько же куб. см. раствора NaCl сколько взято децинормальнаго раствора AgNO_3 . Если же данный растворъ азотокислаго серебра неточный, то при титрованіи потребуется для реакціи полного обмѣна меньше (или больше) $\frac{N}{10}$ раствора NaCl .

Техника производства.

Въ колбу Erlenmeyer'a переводятъ, напр., 5 куб. см. даннаго $\frac{N}{10}$ раствора AgNO_3 , разводятъ 15—20 куб. см. чистой перегнанной воды, приливаютъ 1—2 капли K_2CrO_4 , а изъ бюретки по каплямъ приливаютъ (при постоянномъ взбалтываніи) $\frac{N}{10}$ растворъ NaCl до появленія кирпично-краснаго окрашиванія раствора, не исчезающаго при взбалтываніи. Если при этомъ было истрачено также 5 куб. см. $\frac{N}{10}$ раствора NaCl то данный растворъ AgNO_3 , децинормальный (содержитъ 16,997 гр. AgNO_3). Если же при титрованіи было истрачено, напр., 4,75 куб. см. $\frac{N}{10}$ ра-

створа NaCl, то данный раствор AgNO_3 не децинормальный, а содержит всего 16,997. $\frac{4,75}{5}$ гр. = $16,997 \times 0,95$ гр. азотнокислого серебра, а потому является $\frac{1,95}{10-100} = \frac{19}{200}$ нормальным раствором.

Аналогично этому, производится контроль остальных нормальных растворов.



Литературные источники:

- 1) **Tiemann-Gärtner.** Handbuch der untersuchung und beurtheilung der Wässer. 1895 г.
- 2) **Dr. Ernst Schmidt.** Ausführliches lehrbuch der pharmaceutischen chemie. 1901 г.
- 3) **F. P. Treadwell.** Курсъ аналитической химіи. 1906 г.
- 4) **Н. Меншуткинъ.** Аналитическая химія. С.-Петербургъ. 1908 г.
- 5) **Кл. Винклеръ.** Практическій курсъ объемнаго анализа. Руководство къ изученію титримнаго метода. Перев. В. Ижевскаго. Москва. 1900 г.
- 6) **Д. Менделѣвъ.** Основы химіи. 7 изданіе. 1907 г.
- 7) **П. О. Смоленскій.** Простѣйшіе способы изслѣдованія и оцѣнки доброкачественности съѣстныхъ припасовъ, напитоковъ, воздуха, воды, почвы и проч. 1909 г.
- 8) **Fröhner.** Rezeptura для ветеринарныхъ врачей. Перев. П. А. Гордѣва. Харьковъ. 1891 г.