

ВАЖНѢЙШІЕ СПОСОБЫ УЛУЧШЕНІЯ ВОДОСНАБЖЕНІЯ.

Изданіе Санитарно-Техническаго бюро Петроградскаго Обла-
стнаго Комитета Всероссійскаго Союза Городовъ.

ПЕТРОГРАДЪ,

Типографія „Экономія“. Измайловскій полкъ 4-я рота, д. 16.

1915.

Дозволено цензурою: Петроградъ, 26 Юля 1915 г.

Важнѣйшіе способы улучшенія водоснабженія въ городахъ.

Проф. Г. В. Хлопина.

Докладъ Областному съѣзду Союза Городовъ 27 апрѣля 1915 г. въ Петроградѣ.

Здоровая вода—одно изъ первыхъ и основныхъ условій человѣческаго общежитія. Поэтому во всѣхъ странахъ и во всѣ времена водоснабженіе населенныхъ мѣстъ хорошей водой занимало одно изъ первыхъ мѣстъ среди общественныхъ санитарныхъ мѣропріятій. Въ Россіи первый водопроводъ былъ построенъ въ 1596 г., второй—въ 1787 г. въ Царскомъ Селѣ по приказу Императрицы Елизаветы Петровны, причемъ вода была проведена изъ р. Танцы открытымъ каналомъ длиной въ 15 верстъ; развитіе водопроводнаго дѣла у насъ даже въ городахъ идетъ крайне медленно, какъ это видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

Года	число водопроводовъ	
Въ 1596	1	1,0
.. 1787	1	1,0
.. 1836	1	1,0
.. 1840—49	2	1,9
.. 1850—59	1	1,0
.. 1860—69	10	9,5
.. 1870—79	14	13,3
.. 1880—89	22	20,0
.. 1890—99	20	19,0
.. 1900—09	27	25,7
.. 1910—12	7	6,6
	105	100%

Въ настоящее время огромное число городовъ не имѣютъ общественныхъ водопроводовъ—приблизительно $\frac{4}{5}$ общаго числа городовъ; точныхъ свѣдѣній о состояніи водоснабженія сельской Россіи не имѣется, такъ какъ обследованія сельскаго водоснабженія только что начались земскими общественными управленіями.

Официальныя анкетныя данныя, касающіяся 1063 населенныхъ мѣстъ (881 городъ и 182 не городскихъ поселеній) указываютъ, что преобладающій типъ водоснабженія — смѣшанный, т. е. изъ различныхъ источниковъ; причемъ преобладающими источниками водоснабженія въ подавляющемъ большинствѣ случаевъ являются обыкновенно неглубокіе колодцы (75%) и рѣки (60%). Что касается общественныхъ водопроводовъ, то въ 35,2% они питаются рѣчной водой, въ 67% рѣчной и грунтовой и въ 56% водой грунтовой, т. е. ключевой и водой глубокихъ колодцевъ.

Въ Германіи водой открытыхъ водоемовъ, преимущественно рѣкъ,—но, разумѣется, предварительно надлежаще очищенной,—пользуется только около 10% городскихъ поселеній.

Относительно качествъ питьевой воды имѣются весьма ограниченныя свѣдѣнія, такъ какъ въ санитарномъ отношеніи изслѣдовано крайне малое число источниковъ.

По официальнымъ анкетнымъ даннымъ, отличающимся извѣстной субъективностью, а не основанныхъ на обстоятельныхъ санитарныхъ обследованіяхъ источниковъ, вода отмѣчена неудовлетворительной въ 28% поселеній, посредственной въ 22% и въ 50% удовлетворительной.

Такимъ образомъ у насъ не только сельскія поселенія, но и города снабжаются водой изъ поверхностныхъ источниковъ или грунтовой водой неглубокихъ колодцевъ. т. е. изъ источниковъ, подверженныхъ загрязненію и зараженію отбросами человѣка и его хозяйственной и промышленной дѣятельности. При этомъ

большинство городскихъ водопроводовъ, которые берутъ воду изъ рѣкъ, доставляютъ ее потребителямъ у насъ даже еще и теперь безъ фильтраціи и вообще безъ всякой очистки.

Изъ 105 нашихъ водопроводовъ очищаютъ воду медленно фильтрующими англійскими фильтрами 21, быстро фильтрующими американскими съ предварительной обработкой сѣрнокислымъ глиноземомъ («коагулированіемъ») — 18 городовъ. Кромѣ того въ нѣсколькихъ городахъ устроены префильтры (Москва), и въ одномъ городѣ вода фильтруется черезъ ступенчатые фильтры типа Пюешъ-Шабалъ (Тифлисъ). Примѣненіе способовъ «стерилизаціи» воды прибавленіемъ къ подозрительной водѣ химическихъ веществъ, нанрим. озона, веществъ, выдѣляющихъ хлоръ и его окисловъ, пока еще дѣлаетъ первые практическіе шаги, въ видѣ временныхъ мѣръ на случай эпидемій.

Источники водоснабженія, несмотря на сравнительно слабое развитіе промышленной дѣятельности и малое число большихъ городовъ, у насъ загрязняются весьма энергично: особые источники загрязненія питьевыхъ водъ указаны для 34% поселеній, причемъ въ 70% питьевыя воды загрязняются отбросами самихъ населенныхъ мѣстъ и въ 23% фабриками и заводами. Въ Германіи и Англии, наоборотъ, въ загрязненіи водоемовъ преобладающую роль играетъ фабричная дѣятельность, а населенныя мѣста занимаютъ второстепенное мѣсто.

Такимъ образомъ неорганизованность удаленія нечистотъ и отбросовъ изъ городовъ и друг. населенныхъ мѣстъ у насъ является однимъ изъ крупныхъ, хотя и устранимыхъ, факторовъ загрязненія и зараженія питьевыхъ водъ.

Снабженіе городовъ и другихъ поселеній зараженной водой служитъ причиной частаго эпидемическаго развитія у насъ заразныхъ болѣзней, передаваемыхъ посредствомъ воды: холеры, брюшного тифа, дизентеріи (особенно ея амебной формы), паратифовъ и нѣкоторыхъ друг. острыхъ желудочно-

кишечныхъ разстройствъ. Причинная связь между зараженной изверженіями водой и перечисленными болѣзнями въ настоящее время можетъ считаться прочно установленной опытнымъ путемъ и нахожденіемъ холерной запятой въ питьевой водѣ. Особенно часто и въ различныхъ водоемахъ (р. Волга, Нева и др.) былъ находимъ холерный вибрионъ во время холерныхъ эпидемій 1907—1910 г.

Точно также доказано статистически на русскихъ (Одесса, Варшава) и иностранныхъ примѣрахъ уменьшеніе заболѣваемости и смертности отъ брюшного тифа и малая воспріимчивость къ холерѣ у жителей тѣхъ городовъ, которые снабжены безупречной водой, особенно, если хорошее водоснабженіе въ нихъ соединяется и съ правильно организованнымъ удаленіемъ нечистотъ посредствомъ канализаціи, которая устраняетъ зараженіе источниковъ водоснабженія и облегчаетъ удаленіе подозрительныхъ нечистотъ изъ жилищъ ¹⁾).

Такъ въ 21 англійскомъ городѣ послѣ этихъ санитарныхъ реформъ, осуществленныхъ въ 60 г.г. XIX столѣтія (улучшеніе водоснабженія, канализація и нѣк. др.) смертность отъ брюшного тифа понизилась на 33%—75%.

У насъ въ Одессѣ послѣ улучшенія водоснабженія и канализаціи общая смертность начала быстро уменьшаться и съ 33 на тысячу (1837 г.) упала до 20 челов. на 1.000 населенія въ годъ. (Діатроповъ и др.), а смертность отъ брюшного тифа, державшаяся до середины семидесятыхъ годовъ значи-

1) Джэксонъ причины вызывающія заболѣванія брюшнымъ тифомъ въ г. Клівелендѣ классифицируетъ такъ:

- | | |
|---|--------|
| 1) Общесанитарныя недостатки (нечистоплотность, переносъ насѣкомыми и проч.) въ | 30% |
| 2) Водоснабженіе | 10—15% |
| 3) Пищевые продукты | 5% |
| 4) Контактъ | 45% |
| 5) Случаи заносные | 5% |

Цитир. по Е. В. Контковскому. „Гигіена и Санит. Дѣло“ 1914 г. Янв. и Февр.

тельно выше 150 на 100 тыс. насел. уменьшилась почти въ пять разъ (до 25—40 на 100 тыс.; тоже наблюдается и въ Москвѣ, гдѣ смертность отъ брюшного тифа послѣ расширения водоснабженія и введенія канализаціи понизилась съ 30—40 до 10—18 на 100 тыс. жит., какъ это видно очень наглядно на заимствуемыхъ нами изъ атласа П. И. Куркина рисункахъ № 1 и № 2. Въ Варшавѣ подъ вліяніемъ канализаціи и водопровода смертность отъ брюшного тифа уменьшилась въ пять разъ, а общая смертность до 21 на тыс. еще къ 1895 г. и продолжаетъ уменьшаться.

Въ нѣмецкихъ городахъ (рис. 3) смертность отъ брюшного тифа понизилась до 5—10 случаевъ на 100.000 населенія (т. е. до того предѣла почти 4—5 на 100.000 жителей, до котораго, по мнѣнію американскихъ авторовъ, вообще можетъ быть понижена смертность отъ брюшного тифа улучшеніемъ водоснабженія, а общая смертность понизилась до 18—20 чел. на 1.000 населенія ¹⁾).

Вода источника, находящагося вблизи селенія, напр. вода рѣки, далеко не всегда оказывается пригодной для водоснабженія вслѣдствіе загрязненія и зараженія ея вышележащими городами и селеніями или даже тѣмъ самымъ городомъ, который предполагаетъ брать воду изъ нея для своего водопровода. Можно указать цѣлый рядъ крупныхъ городовъ, которые берутъ для своихъ водопроводовъ воду изъ рѣкъ въ мѣстахъ, загрязняемыхъ этими же городами: напр. Петроградъ, Ростовъ на Дону, Царицынъ, Тверь, Рыбинскъ и т. д. и т. п.

Въ другихъ случаяхъ для водопроводовъ была взята вода безъ надлежащихъ предварительныхъ исследованийъ въ санитарномъ отношеніи вслѣдствіе того, что городскія управленія довѣрили устройство водоснабженія частнымъ техническимъ фирмамъ и

¹⁾ Подр. см. Г. В. Хлопнинъ. Роль санитарныхъ мѣропріятій въ борьбѣ за долготлѣтіе. „Міръ Божій“, 1914 г. Его-же, Гигіена городовъ. 1903 г. Ю. 2 изд.

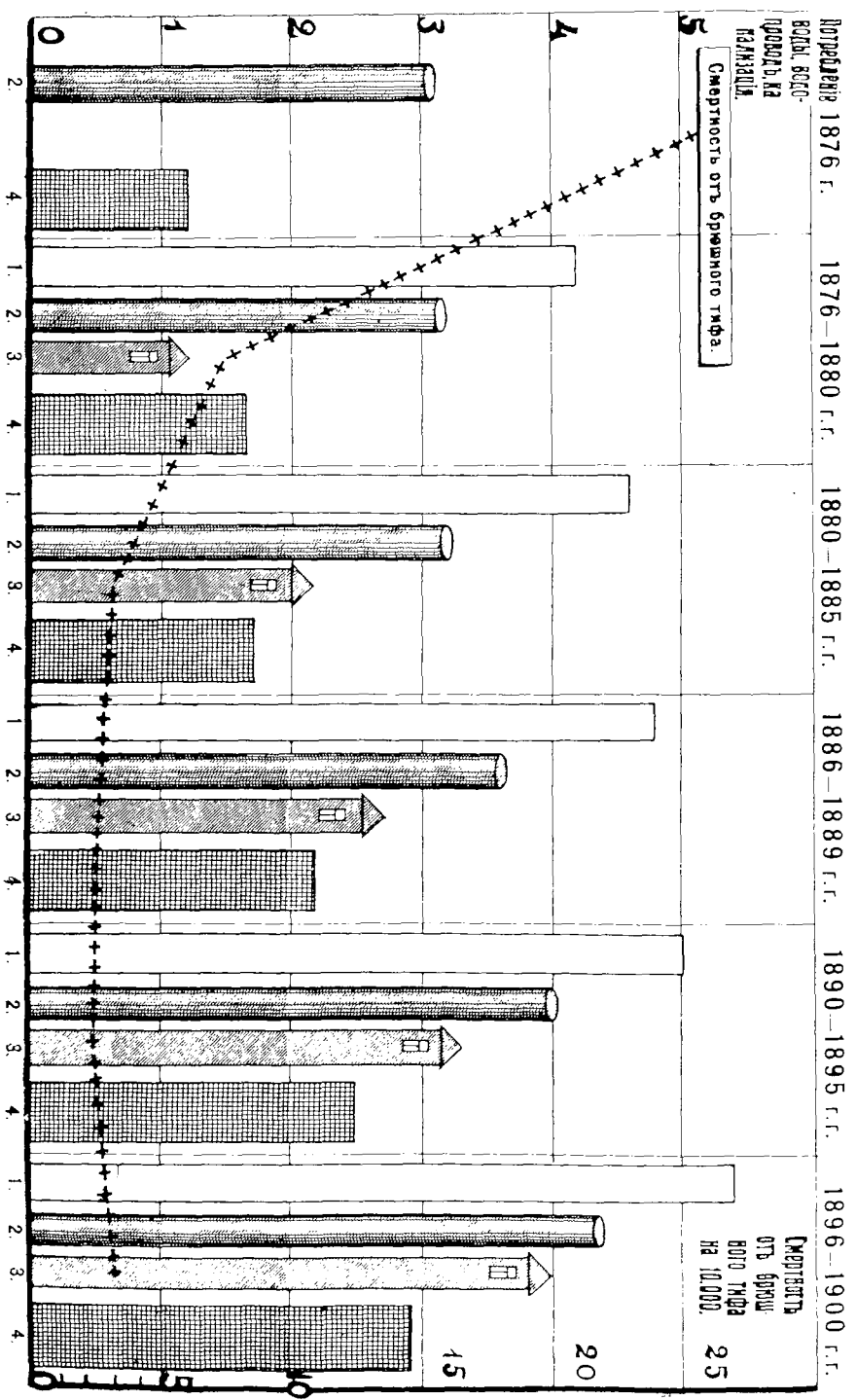


Рис. № 1. (изъ атласа П. И. Кузнецова). 1. Потребленіе воды на одного жителя въ ведряхъ. 2. Дачна уличныхъ водопроводовъ и фонтановъ. 3. Число владѣній присоединенныхъ къ канализаціи. 4. Замощеніе городовъ въ сѣтихъ, тѣхъ и канализаціи.

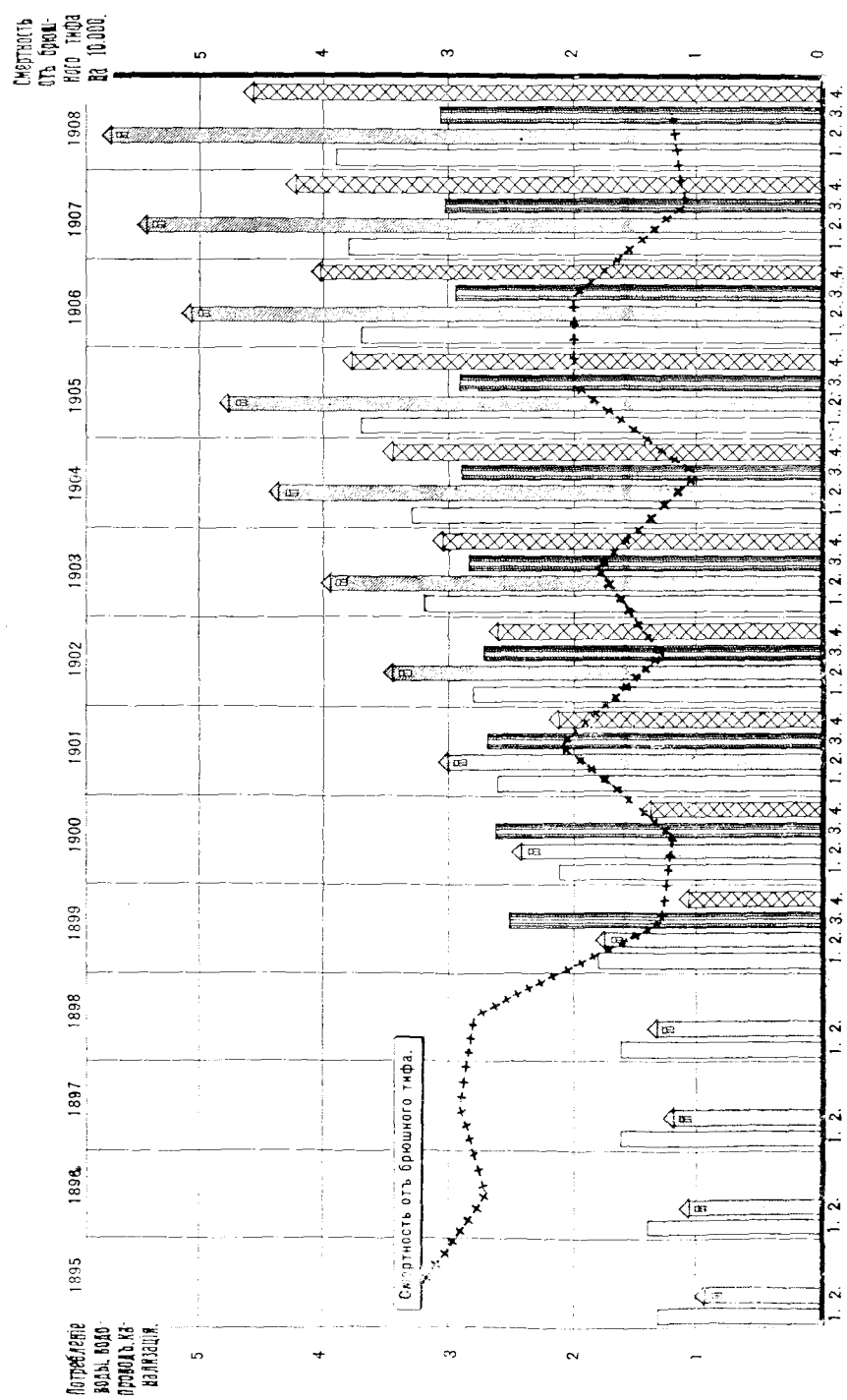


Рис. № 2. 1. Потребление воды на одного жителя (в ведрах). 2. Число домовых отбросов, свозимых в канализацию. 3. Число присоединившихся к канализации владений. 4. Число присоединившихся к канализации владений.

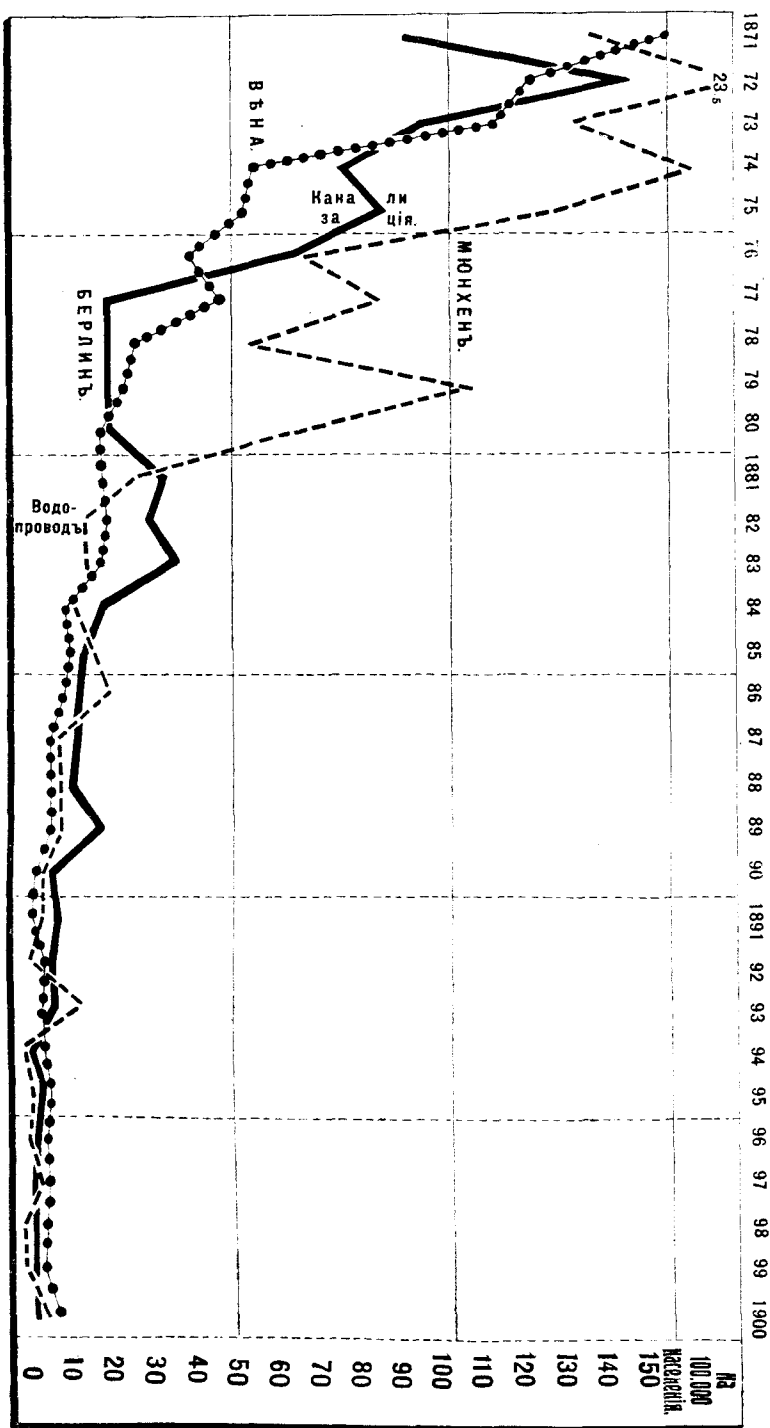


Рис. № 3. (Изъ статистическихъ таблицъ П. И. Куркина).

обществамъ, иногда связавшимъ городъ долгосрочными контрактами; такъ стоитъ дѣло, напр., въ Ростовѣ на Дону, въ Твери и нѣкоторыхъ другихъ городахъ.

Въ дѣлѣ водоснабженія населенныхъ пунктовъ самое важное — найти источникъ здоровой воды, опредѣлить его мощность не только для настоящаго момента, но и для ближайшихъ 20—30 лѣтъ и не жалѣть на предварительныя изысканія и изслѣдованія средствъ. Эти расходы на предварительныя изысканія сторицей окупятся внослѣдствіи, и наоборотъ, плохо обследованный источникъ въ химическомъ, бактеріологическомъ, а также въ количественномъ отношеніяхъ можетъ испортить водоснабженіе на десятки лѣтъ и служить длительнымъ укоромъ для городскихъ дѣятелей въ непредусмотрительномъ устройствѣ крупнаго и дорогого сооруженія и въ нанесеніи вреда здоровью ввѣреннаго его попеченію населенія.

Такимъ образомъ основная задача при улучшеніи водоснабженія должна состоять въ изысканіи источниковъ здоровой воды. т. е. такихъ, которые бы природными условіями были надежно защищены отъ загрязненія и зараженія человѣческими изверженіями и отбросами его хозяйственной и промышленной дѣятельности.

Исходя изъ приведеннаго положенія, вполне естественно при рѣшеніи вопроса о водоснабженіи прежде всего направить изысканія на грунтовыя воды и только въ тѣхъ случаяхъ, когда эти изысканія не дали желательныхъ результатовъ въ качественномъ или въ количественномъ отношеніи, слѣдуетъ обратить вниманіе на другіе водоемы.

Къ сожалѣнію, какъ доказала практика водоснабженія, у насъ нерѣдко поступаютъ наоборотъ: обращаются къ ближайшему загрязненному и зараженному источнику и возлагаютъ надежду на очистку и обезвреживаніе воды съ помощью техническихъ сооруженій, которыя часто усиленно рекла-

мируются, но въ дѣйствительности оказываются несостоятельными.

Задача искусственныхъ способовъ очистки и обезвреживанія воды должна заключаться не въ томъ, чтобы превращать завѣдомо загрязняемую и систематически заражаемую воду въ безупречную и здоровую, а только въ устраненіи вреда отъ случайныхъ и временныхъ загрязненій и зараженій, которыя не могутъ быть устранены иными способами. Только съ послѣдней задачей современная санитарная техника въ состояніи справиться, но послѣдняя неизбѣжно оказывается несостоятельной, если отъ нея потребуютъ превратить немедленно заражаемую kloачными нечистотами воду въ здоровую подобно искусственной вентиляціи въ тѣхъ жилыхъ домахъ, въ которыхъ въ надеждѣ на вентиляцію не предпринимается никакихъ иныхъ мѣръ къ поддержанію чистоты воздуха.

Безупречную воду очевидно можно найти или въ нѣдрахъ земли т. н. „грунтовую воду“, или въ такихъ рѣкахъ и прѣсныхъ озерахъ, которыя не подвергаются еще загрязненію вслѣдствіе ненаселенности ихъ береговъ и удаленности отъ крупныхъ населенныхъ центровъ, при чемъ для огражденія этихъ источниковъ отъ загрязненій и въ будущемъ необходимо въ нѣкоторыхъ случаяхъ уже до постройки водоприемника оградить источникъ посредствомъ учрежденія округа санитарной охраны, которая у насъ предусмотрена закономъ 24 апр. 1914 г. для минеральныхъ источниковъ и для питьевыхъ водъ проектомъ закона о санитарной охранѣ воды, почвы и воздуха ¹⁾. Лучшую въ данной мѣстности воду въ изобиліи Одесса провела за 40 верстъ отъ города изъ р. Днѣстра. Петроградъ проводитъ за 43 в. изъ Ладожскаго озера, Баку — съ разстоянія около 200 верстъ — изъ горныхъ источниковъ; Парижъ разраба-

¹⁾ Округъ санитарной охраны установленъ, напр., для охраны чистоты воды Ладожскаго озера около того мѣста, гдѣ будетъ устроено водоприемникъ Петроградскаго водопровода, какъ на сушѣ, такъ и на водѣ.

тывается проект водоснабженія изъ Женеваго озера и т. д.

Въ болѣе счастливыхъ условіяхъ находятся тѣ города и селенія, которымъ посчастливилось найти здоровую воду надлежащаго состава и въ требуемыхъ количествахъ въ нѣдрахъ земли, напр., въ видѣ воды артезіанской. Такая вода, если обладаетъ надлежащимъ химическимъ составомъ, хорошо защищена отъ зараженія съ поверхности земли и имѣется въ обильномъ количествѣ, разрѣшаетъ вопросъ о водоснабженіи наилучшимъ и самымъ дешевымъ способомъ, потому что грунтовая вода не требуетъ кромѣ ея полученія никакихъ добавочныхъ техническихъ процедуръ, не требуетъ расходовъ на ея очищеніе и обезвреживаніе.

Къ питьевой водѣ всегда предъявлялось нѣсколько элементарныхъ требованій, которыя безъ труда устанавливались съ помощью нашихъ невооруженныхъ чувствъ. Отъ хорошей воды для питья требовалась прозрачность, безцвѣтность, пріятный вкусъ, освѣжающая температура въ жаркое время года, отсутствіе запаха и умѣренная жесткость.

Этимъ условіямъ должна прежде всего удовлетворять питьевая вода и по современнымъ гигиеническимъ взглядамъ, при чемъ жесткости воды въ настоящее время придается болѣе хозяйственно-техническое, чѣмъ санитарное значеніе.

Гигиеническая наука, вооруженная весьма чувствительными химическими, бактеріологическими и біологическими методами изслѣдованія воды, установила, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ питьевая вода и при указанныхъ выше признакахъ можетъ быть вредной для здоровья и даже можетъ служить причиной и распространителемъ брюшнаго тифа и холеры, такъ какъ можетъ быть заражена соотвѣствующими заразительными микроорганизмами и при томъ не только вода рѣкъ и озеръ, но иногда и вода грунтовая (ключи), если не приняты надлежащія мѣры для санитарной охраны источниковъ.

Возможность зараженія съ поверхности грунтовыхъ водъ была впервые доказана въ концѣ XIX столѣтія на ключахъ, снабжающихъ водопроводы нѣкоторыхъ частей Парижа, въ которыхъ развилась сильная эпидемія брюшного тифа. Причинная связь между зараженіемъ ключей съ поверхности и взрывомъ эпидеміи брюшного тифа въ снабжаемыхъ этой водой частяхъ Парижа была доказана обстоятельными изслѣдованіями спеціальной комиссіи.

Позднѣ подобныя зараженія грунтовыхъ водъ тифозными изверженіями и взрывы эпидеміи брюшного тифа въ городахъ, снабженныхъ этой грунтовой водой, были научно доказаны для цѣлаго ряда германскихъ и англійскихъ городовъ (А. Гертнеръ).

Такіе примѣры наглядно показываютъ, что при выборѣ источника для водоснабженія городовъ и селеній, кромѣ мѣстнаго осмотра источника и обслѣдованія воды на цвѣтъ, прозрачность и вкусъ, необходимо подвергнуть источникъ и самую воду обстоятельному изслѣдованію въ химическомъ, бактериологическомъ, а иногда и въ біологическомъ отношеніяхъ, и при томъ не одинъ только разъ, а систематически, по нѣсколько разъ въ каждое изъ временъ года, такъ какъ составъ воды и ея свойства весьма сильно измѣняются въ зависимости отъ времени года.

Нужно далѣе результаты изслѣдованія воды вмѣстѣ съ другими необходимыми свѣдѣніями представить на заключеніе компетентныхъ лицъ—спеціалистовъ по общественной гигиенѣ, а не полагаться на заключенія частныхъ лабораторій, въ которыхъ могутъ быть хорошіе химики-аналитики и бактериологи, но обыкновенно отсутствуютъ спеціалисты по общественной гигиенѣ.

Несоблюденіе послѣдняго правила вовлекло уже многія городскія самоуправленія въ крупныя и непоправимыя ошибки въ дѣлѣ выбора надлежащаго источника для водоснабженія или мѣста расположенія водопріемника.

Нужно помнить, что правильная санитарная оцѣнка воды для питья и источниковъ водоснабженія представляетъ собой одну изъ самыхъ сложныхъ, если не самую сложную проблему санитарной экспертизы ¹⁾.

Вода, вполне пригодная для водоснабженія, должна обладать слѣдующими качествами.

1) Не должна содержать патогенныхъ микроорганизмовъ и ядовитыхъ веществъ.

2) Должна быть прозрачной, пріятной на вкусъ, освѣжающей температуры (5—15°) въ тонкомъ слое безцвѣтной, безъ запаха.

Первому изъ указанныхъ качествъ вода можетъ удовлетворять только при условіи, если она будетъ взята изъ источника, который самой природой надежно защищенъ отъ загрязненія и зараженія.

Сверхъ того, необходимо обращать извѣстное вниманіе и на жесткость, а также на количество воды. Последнее опредѣляется для городовъ, не имѣющихъ канализаціи, въ 4—5 ведеръ на наличнаго жителя въ сутки, а въ канализированныхъ городахъ въ 7—12 ведеръ.

Улучшеніе питьевой воды посредствомъ отстаиванія и филътраціи.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда питьевая вода не удовлетворяетъ требованіямъ, которыя предъявляются къ безупречной водѣ для питья, является необходимость въ примѣненіи очистныхъ сооружений. Для этой цѣли прежде всего были предложены способы, преслѣдующіе преимущественно улучшеніе ея физическихъ свойствъ — чаще всего устраненіе изъ воды мутн. видимой невооруженнымъ глазомъ, такъ какъ мутная вода всегда считалась неаппетитной, подозрительной.—и не безъ основанія. Для освѣтленія воды издавна примѣнялись отстаиваніе и филътрація.

¹⁾ Подр. см. Проф. Г. В. Хлопинъ. Химическіе методы изслѣдованія питьевыхъ и сточныхъ водъ. Петроз., 1913 г. Изд. К. Риккера.

Въ настоящее время только однимъ продолжительнымъ отстаиваніемъ ¹⁾ питьевой воды въ теченіе одной и болѣе недѣль достигается въ Америкѣ и Англіи не только освобожденіе воды отъ видимой мути, но вмѣстѣ съ тѣмъ и отъ 75% находящихся въ водѣ бактерій; при чемъ титръ кишечной палочки съ 0,5—1 куб. сант. въ отстоявшейся водѣ падаетъ ниже 50 куб. сант. (Гоустонъ и др. т. е. количество кишечныхъ палочекъ уменьшается въ 50—10 разъ. При кратковременномъ отстаиваніи, которое примѣняется при обычныхъ условіяхъ и измѣняется нѣсколькими часами, очевидно, полезный эффектъ соотвѣтственно уменьшается, особенно бактериологическій, вслѣдствіе чего отстаиваніе должно пополняться послѣдующей фильтраціей.

Фiltrацией достигается полное освобожденіе воды отъ видимой мути и значительное уменьшеніе числа находившихся въ сырой водѣ бактерій, т. е. достигается уменьшеніе шансовъ зараженія черезъ употребленіе фильтрованной воды сравнительно съ водой не фильтрованной.

Послѣднее обстоятельство и даетъ объясненіе наблюдаемому уменьшенію смертности отъ брюшного тифа до 4—5 на сто тысячъ жител. въ городахъ, снабженныхъ фильтрованной водой, которому американцы дали наименованіе явленія Милля-Рейнке ²⁾

По Газену, послѣ введенія фильтраціи питьевой воды ежегодная смертность отъ брюшного тифа упала въ Цюрихѣ, Гамбургѣ, Лауренсѣ и еще четырехъ американскихъ городахъ съ 85 на 100 тыс. насел. до 19 т. е. уменьшилась на 66 случаевъ на 100.000 населенія. или болѣе чѣмъ въ четыре раза.

1) По англійски такое отстаиваніе носитъ названіе „Storage“.

2) W. T. Sedgwick and J. S. Mac Nutt. On the Mill—Reinke Phenomenon and, Hazen's Theorem. Chicago. 1910. Проф. В. Д. Орловъ. Очистительное и стерилизующее дѣйствіе городскихъ центральныхъ и песочныхъ фильтровъ. „Ж. Русск. Общ. Охр. Нар. Здр.“ 1914 г.

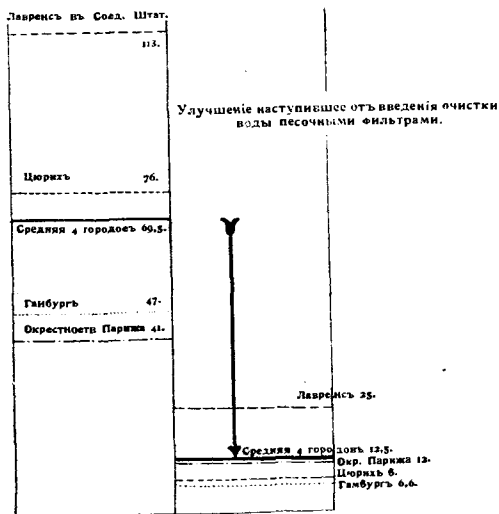
За то же время и въ тѣхъ же городахъ ежегодная общая смертность, т. е. смертность отъ всѣхъ болѣзней послѣ введенія фильтраціи водопроводной воды, понизилась съ 24,4 до 19,7, т. е. на 4,7 случаевъ на тыс. или на 470 на 100.000 жителей.

Уменьшеніе смертности отъ брюшного тифа въ связи съ устройствомъ фильтровъ.

М. Chabal 1901.

Рис. 5.

Смертность отъ брюшн. т. (на 100 тыс. жит.
въ среднемъ за 5 лѣтъ предшествующихъ
постройки фильтровъ.



(См. діаграммы на рисункахъ № 5 и № 6-а на стр. 22). Такимъ образомъ, пониженіе смертности отъ всѣхъ болѣзней въ 7 разъ превысило пониженіе смертности отъ брюшного тифа, т. е. иными словами изъ семи устраненныхъ смертныхъ случаевъ на долю брюшного тифа приходится одинъ, а на долю остальныхъ болѣзней шесть случаевъ.

Отсюда Газенъ и вывелъ свое положеніе „тамъ, гдѣ посредствомъ улучшенія водоснабже-

нія уменьшили смертность отъ брюшного тифа на одного человѣка, вмѣстѣ съ этимъ уменьшили число умершихъ отъ другихъ болѣзней по крайней мѣрѣ на два или на три случая“.

Подобное же вліяніе на уменьшеніе смертности оказываютъ и другія улучшенія въ водоснабженіи, но самое постоянное вліяніе замѣчено въ тѣхъ городахъ, которые смѣнили подозрительный источникъ водоснабженія на другой, огражденный отъ загрязненія самой природой.

Наилучшимъ способомъ фильтраціи воды при центральныхъ водоснабженіяхъ считается „медленная или англійская фильтрація“ черезъ песокъ, введенная въ практику инж. Симпсономъ въ 1829 г. въ Англій. Значительно позднѣе, а именно въ 1882—1883 г. была предложена для тѣхъ же цѣлей „скорая или американская фильтрація“ инженеромъ Гійятомъ¹⁾ и нашла у насъ весьма широкое распространеніе вслѣдствіе энергичной пропаганды бывшего главнаго инженера по водоснабженію при Московскомъ Городскомъ Управленіи Зимина (основателя фирмы „Нептунъ“).

Какъ медленные, такъ и скорые фильтры состоятъ изъ песка, но конструкція ихъ не одинакова и теорія ихъ дѣйствія различна.

Англійскій фильтръ (рис. 4) состоитъ изъ нѣсколькихъ слоевъ фильтрующихъ матеріаловъ съ общей толщиной около 2 метровъ; при чемъ собственно фильтрующий слой мелкаго песка имѣетъ толщину 1,0—0,6 метр. и лежитъ на слой болѣе крупнаго песка (гравій), который поддерживается въ свою очередь слоемъ булыжника, лежащимъ на днѣ бассейна фильтра. Вода, поступающая сверху на слой мелкаго песка, покрываетъ его на высоту около 1 м. медленно фильтруется черезъ него и проходитъ затѣмъ толщину ниже лежащихъ слоевъ фильтра, стекаетъ по

¹⁾ Инж. Hyatt изобрѣтенный имъ фильтр продается подъ названіемъ „Multifold Filter“ фирмой Newark Filtering Co.

каналамъ, расположеннымъ по дну фильтра въ резервуары для фильтрованной воды.

Англійскіе фильтры развиваютъ свое дѣйствіе не сразу, а черезъ нѣсколько дней послѣ начала работы, въ зависимости отъ свойствъ фильтруемой воды, „созрѣваютъ“ и только затѣмъ даютъ въ теченіе извѣстнаго времени фильтратъ вполне очищенный

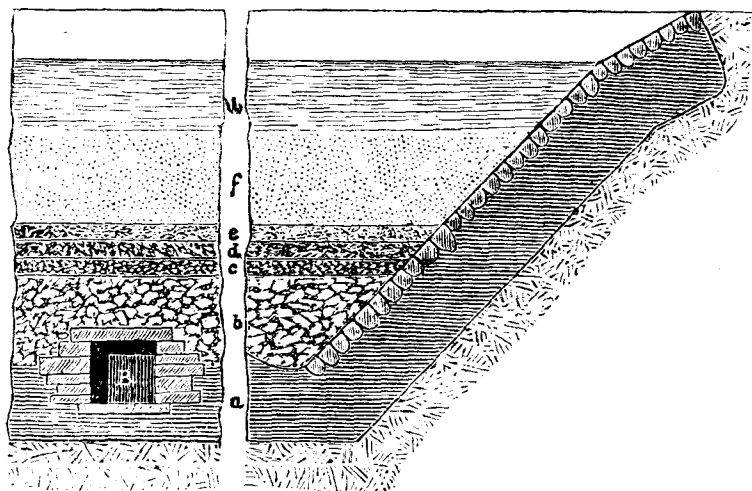


Рис. 4. Медленный песчаный (англійскій) фильтр въ Дублинѣ. (Поперечный разрѣзъ) *a* — сырая (нефильтрованная) вода, *f* — собственно фильтрующий слой мелкаго песка (толщина слоя отъ 60 сант. до 1 метра), *c*, *d*, *e* — слои болѣе крупнаго песка и гравія, *b* — булыжникъ, *B* — дренажные каналы для оттока фильтрованной воды.

постояннаго химическаго и бактериологическаго состава и прозрачный. Изслѣдованіями выяснено, что въ періодъ созрѣванія на поверхности песчанаго слоя осѣдаютъ изъ воды взвѣшенные вещества (муты) и образуютъ на фильтрѣ т. н. „біологическую пленку“, которая по мѣрѣ работы фильтра постепенно утолщается и, достигая толщины нѣсколькихъ вершковъ, захватываетъ сверху на извѣстную глубину песчаный слой фильтра.

Біологическая пленка обладаетъ меньшей проходимостью, чѣмъ самый мелкій песокъ и, достигнувъ извѣстной толщины,

она задерживаетъ не только видимую муть, но и бактерій, уменьшая ихъ число въ 1 куб. сант. фильтрованной воды до 100 колоній и менѣе, почти независимо отъ числа бактерій, содержащихся въ водѣ до фильтраціи. Какъ только біологическая пленка теряетъ свою цѣлость, даетъ трещины, въ фильтратъ начинается проходить масса бактерій, а иногда и часть видимой муты. На практикѣ такой прорывъ пленки вызывается форсировкой фильтровъ, т. е. увеличеніемъ напора воды на нихъ съ цѣлью ускорить фильтрацію и получить больше фильтрованной воды, чѣмъ при нормальной скорости можетъ дать извѣстной величины фильтръ.

Поэтому вполне хорошій фильтратъ англійскіе фильтры даютъ только при скорости фильтраціи не болѣе 4 дюймовъ въ часъ (0,1 метра), что составитъ за сутки столбъ воды высотой въ 1 сажень 1 футъ профильтровавшейся черезъ площадь фильтра (2,4 м.). При такой медленной фильтраціи, очевидно, необходимы весьма большіе фильтры, особенно для фильтрованія огромныхъ количествъ воды, потребляемыхъ большими городами. По проекту инж. Линдлея, англійскіе фильтры для новаго Петроградскаго водопровода изъ Ладожскаго озера обошлись бы около 20 милліоновъ рублей при общей стоимости водопровода около 70 милліоновъ рублей; при чемъ площадь этихъ фильтровъ равнялась бы многимъ десятинамъ. Вообще же стоимость устройствъ для англійской фильтраціи обходится до 1 рубля на одно ведро профильтрованной за сутки воды.

Отъ хорошо устроенныхъ и правильно эксплуатируемыхъ, англійскихъ фильтровъ, можно и должно требовать слѣдующихъ результатовъ:

1) Полнаго освобожденія воды отъ видимой муты, т. е. вполне прозрачнаго фильтрата;

2) Задержки до 99% бактерій и въ худшемъ случаѣ пропусканія не болѣе 100 колоній въ 1 куб. сант. профильтрованной воды.

3) Уменьшенія растворенныхъ органическихъ веществъ на 25—30% и нѣкотораго уменьшенія амміачныхъ солей.

Указанные результаты получаются только при строгомъ соблюденіи скорости фільтраціи въ 4 дюйма, при включеніи въ работу только созрѣвшихъ фильтровъ и при систематической очисткѣ фильтровъ посредствомъ удаленія верхней части біологической пленки, когда она вслѣдствіе чрезмѣрнаго утолщенія слишкомъ уменьшить производительность фильтровъ и, наконецъ, посредствомъ полной перегрузки всего фильтрующаго матеріала до булыжника включительно и набивки фильтра свѣжимъ матеріаломъ. Последняя дорого стоящая операція производится довольно рѣдко, даже и при очень мутной водѣ не чаще 1—3 разъ въ годъ.

Такимъ образомъ эксплуатація англійскихъ фильтровъ требуетъ постояннаго санитарнаго и санитарно-техническаго надзора, безъ котораго фильтры, устроенные технически самымъ совершеннымъ образомъ, по истеченіи сравнительно короткаго срока, начинаютъ давать неудовлетворительный фильтратъ и, постепенно загрязняясь и заражаясь сами, не только перестаютъ ограждать населеніе отъ водныхъ эпидемій, но даже способствуютъ ихъ длительному существованію, такъ какъ населеніе, успокоенное мыслью, что вода обезвреживается фільтраціей, продолжаетъ эту воду пить въ сыромъ видѣ и во время эпидемій. Печальнымъ примѣромъ подобнаго разстройства англійской фільтраціи могутъ служить англійскіе фильтры существующаго Петроградскаго водопровода. Жестокая эпидемія холеры, разразившаяся въ Петроградѣ въ 1908—1910 г.г., несомнѣнно воднаго происхожденія, открыла всѣмъ глаза на невозможное состояніе водоснабженія столицы изъ зараженной нечистотами р. Невы и на полную дезорганизацію очистныхъ приспособленій. Эта холерная эпидемія заставила Петроградское Городское Управленіе замѣнить зараженный водоемъ другимъ—Ладожскимъ озеромъ.

которое по своему мѣстоположенію вдали отъ крупныхъ населенныхъ центровъ и по другимъ естественнымъ условіямъ защищено отъ вредныхъ загрязненій и при этомъ можетъ дать неограниченныя количества воды¹⁾. Небрежность въ уходѣ за англійскими фильтрами, форсировка ихъ въ связи отсутствіемъ систематическаго санитарнаго контроля, состоящаго изъ ежедневнаго физико-химическаго и бактериологическаго изслѣдованія сырой и фильтрованной воды, въ значительной степени подорвали кредитъ англійской фильтраціи у насъ въ Россіи, особенно въ провинціальныхъ городахъ; при чемъ плохіе результаты англійской фильтраціи начали видѣть не въ указанныхъ только что дѣйствительныхъ причинахъ, а въ самой системѣ фильтраціи.

Въ упрекъ англійской фильтраціи прежде всего ставится ея медленность, которая требуетъ сравнительно большой фильтрующей площади, т. е. дорого стоящихъ громоздкихъ фильтровъ, а затѣмъ кратковременность полезнаго дѣйствія этихъ фильтровъ какъ разъ въ тѣ времена года, когда вода нуждается въ быстрой и совершенной очисткѣ, а именно во время весенняго разлива рѣкъ и осеннихъ дождей, когда рѣчная вода несетъ массу взвѣшенныхъ веществъ, напоминая по цвѣту и мути кофейную или шоколадную гущу, а не питьевую воду. Кромѣ того было отмѣчено, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ вода, профильтрованная черезъ англійскіе фильтры, не была вполне прозрачной, а сохраняла опалесценцію, и всегда сохраняетъ тотъ цвѣтъ, который имѣла до фильтраціи, т. е. не обезцвѣчивается.

Скорые или **американскіе фильтры** (рис. 6) имѣли своей задачей устранить указанныя недостатки англійскихъ фильтровъ. Для ускоренія фильтраціи, вода передъ фильтрованіемъ черезъ американскій фильтръ весьма тщательно освобождается отъ мути прибавленіемъ сѣрнокислой соли глинозема (т. н. „коа-

¹⁾ Законъ 29 мая 1911 г., о сооруженіи канализаціи и водопровода въ С.-Петербургѣ.

гулянта“), образующей съ углекислыми солями питьевой воды студенистый осадокъ водной окиси глинозема $Al_2(OH)_3$, который, падая на дно отстойниковъ, увлекаетъ съ собою видимую муть и известную часть водныхъ бактерій. Отстоявшаяся вода затѣмъ поступаетъ на скорые фильтры, состоящіе изъ однороднаго слоя песка, толщиною въ 4—5 фут., которому поддержкой служить сравнительно тонкій слой крупнаго песка или гравія. Коагуляціей и отстаиваніемъ

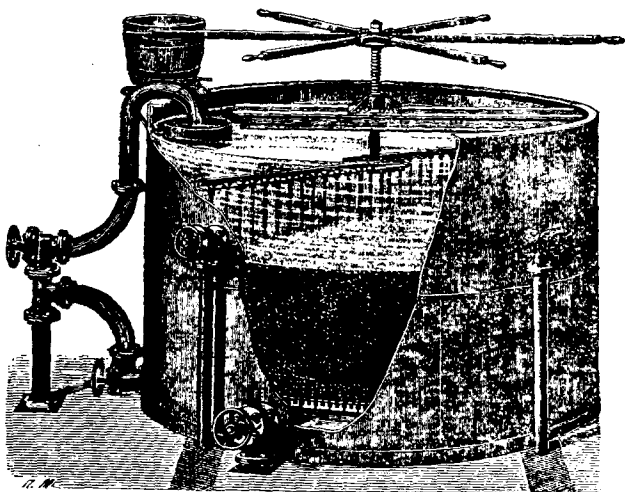


Рис. 6. Американскій фильтръ системы Говатсона.

удаляется изъ воды около $\frac{3}{4}$ нерастворимыхъ веществъ, а остальная часть ихъ вмѣстѣ съ мельчайшими хлопьями коагулянта переходитъ на скорый фильтръ и должна быть удержана имъ. Фильтрація ведется съ весьма большою скоростью—въ 40—120 и болѣе дюймовъ въ часъ (1—3 метра въ часъ), т. е. въ 10—30 и болѣе разъ быстрее, чѣмъ на англійскихъ фильтрахъ; при этомъ на нихъ „біологической пленки“, какъ въ англійскихъ фильтрахъ, не образуется, и ее, до известной степени, замѣняетъ остатокъ коагулянта, который, склеивая частицы песка и наполняя промежутки между ними, предотвращаетъ образованіе прорывовъ въ фильтрующемъ слое („вороночекъ“) и увеличиваетъ задер-

живающія свойства фильтра... Однако такое ускореніе фильтраціи влечетъ за собой и отрицательныя стороны, а именно—быстрое загрязненіе и засореніе фильтра, ухудшеніе физическихъ свойствъ, химическаго и особенно бактериологическаго состава фильтра и измѣнчивость въ дѣйствіи фильтровъ. Въ

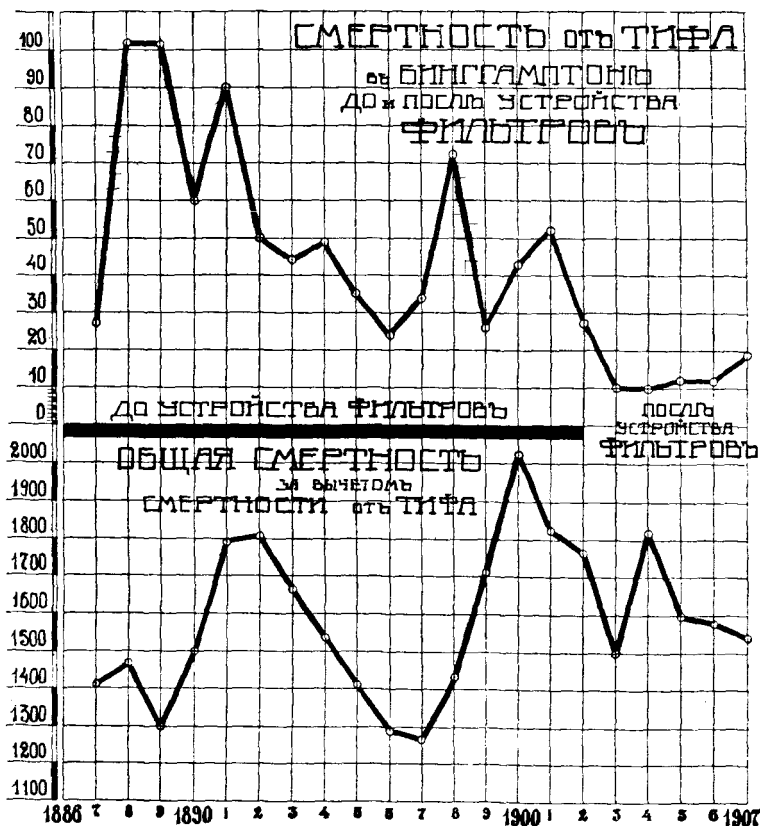


Рис. 6-а (см. стр. 15).

то время какъ созрѣвшій англійскій фильтръ работаетъ непрерывно, автоматически и съ постоянно хорошими результатами въ теченіе нѣсколькихъ недѣль, скорый американскій фильтръ загрязняется уже черезъ 6 часовъ и требуетъ основательной промывки профильтрованной водой въ теченіе 5—10 минутъ, на что тратится отъ 3 до 10% фильтра.

Приспособленія для періодической промывки поэтому составляютъ неотъемлемую составную часть вся-

каго скорого фильтра, при чемъ промывка производится сильнымъ обратнымъ токомъ воды при механическомъ переѣшиваніи песка вертящимися граблями, или продуваніемъ снизу сжатого воздуха. Для лучшаго удаленія загрязняющихъ фильтръ веществъ время отъ времени промываютъ песокъ растворомъ соды, съ которымъ оставляютъ фильтръ стоять на сутки и затѣмъ уже промываютъ его чистой водой. Взмученный промывкой песокъ и гравій затѣмъ снова осаждаются въ первоначальномъ порядкѣ; гравій быстрѣ падаетъ на дно, а песокъ нѣсколько позднѣ осѣдаетъ поверхъ его.

Относительно дѣйствія скорыхъ фильтровъ въ гигиенической литературѣ нѣтъ полнаго согласія. Оцѣнивая достигаемые американскими фильтрами (системы Джуэля, Говатсона) результаты въ нашихъ городахъ, примѣняющихъ эту систему очистки воды (Царицынъ, Ростовъ на Дону и друг.), повидимому, слѣдуетъ поставить работу скорыхъ фильтровъ нѣсколько ниже по постоянству дѣйствія и по бактериологическимъ результатамъ, чѣмъ работу англійскихъ фильтровъ, при чемъ вслѣдствіе болѣе сложнаго ихъ устройства и необходимости точной дозировки коагулянта техническій и санитарный надзоръ за скорыми фильтрами долженъ быть еще болѣе внимательнымъ, а потому онъ труденъ и сложенъ (комиссія проф. Бубнова)¹⁾. Преимущества скорой фильтраціи состоятъ въ томъ, что при ней получается прозрачный фильтратъ тогда, когда медленная фильтрація даетъ фильтратъ съ опалесценціей (мельчайшія частицы глины и ила), и при томъ фильтратъ американскихъ (скорыхъ съ коагуляціей) фильтровъ вполне безцвѣтный даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда вода до фильтрованія была окрашена, напр. въ желтый цвѣтъ отъ гумуса, какъ вода р. Невы и другихъ рѣкъ и водоемовъ, питаемыхъ болотной водой.

¹⁾ С. Г. Бубновъ. Американскіе механическіе фильтры. 1904 г. Москва. Комиссія производила опытанія по порученію Московскаго Гор. Управленія.

Изъ вышеизложеннаго, однако, ясно, что послѣднія преимущества скорой фильтраціи должны быть отнесены исключительно на счетъ предварительной химической обработки воды коагулянтомъ съ послѣдующимъ отстаиваніемъ, а отнюдь не на счетъ самой конструкции фильтровъ, и поэтому такіе же результаты могутъ быть получены и при англійскихъ фильтрахъ, если воду передъ фильтраціей черезъ англійскіе фильтры обработать коагулянтомъ и дать ей хорошо отстояться. Опытъ Московской водопроводной станціи въ Рублевѣ прекрасно доказалъ примѣнимость съ хорошими результатами подобной комбинаціи осажденія сѣрнокислымъ глиноземомъ, отстаиванія и т. н. „предварительной фильтраціи“ съ окончательной очисткой посредствомъ англійскихъ фильтровъ.

Подъ терминомъ предварительная фильтрація въ настоящее время понимаютъ фильтрование воды черезъ песчаные фильтры, сходные по устройству съ англійскими, но съ болѣе крупнымъ пескомъ. Площадь такихъ фильтровъ составляетъ обыкновенно около $\frac{1}{10}$ площади англійскихъ фильтровъ, а скорость фильтраціи отъ 2 до 3 метровъ въ часъ, т. е. въ 20—30 разъ больше нормальной скорости фильтраціи англійскихъ фильтровъ (Цюрихскіе префильтры Рейзерта, Московскіе префильтры)¹⁾. Для предварительной фильтраціи пользуются также обыкновенными скорыми или американскими фильтрами съ коагулированіемъ (Ростовъ на Д.) или быстро фильтрующими несочными фильтрами безъ коагулированія (на новомъ Петроградскомъ водопроводѣ).

Наиболѣе полное развитіе мысль о предварительной фильтраціи нашла въ ступенчатыхъ фильтрахъ Пюешъ-Шабалы, въ которыхъ вода сначала проходитъ черезъ отдѣленіе съ очень крупнымъ фильтрующимъ матеріаломъ, затѣмъ послѣдовательно черезъ нѣсколько отдѣловъ съ матеріаломъ все болѣе

1) А. Н. Раммуль. О двойной фильтраціи воды. 1910 г. ПТГР.

и болѣе мелкимъ до самаго мелкаго песка включительно; число такихъ отдѣленій—фильтровъ въ послѣднее время доведено до 5 и болѣе.

Ступенчатые фильтры Пюешъ-Шабаля (рис. 7) представляютъ собой распластанный въ горизонтальной плоскости по отдѣльнымъ слоямъ англійскій фильтръ, при чемъ здѣсь вода фильтруется сначала черезъ слой самый грубый, а въ концѣ черезъ мелкій пе-

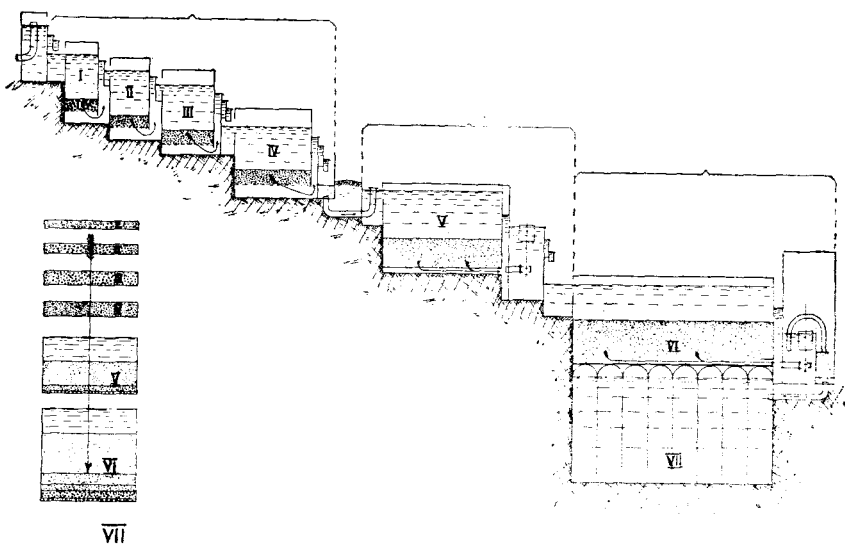


Рис. 7. Схематическій разрѣзъ фильтра Пюешъ-Шабаля (въ окрестностяхъ Парижа).

Фильтрующие слои: I гравій отъ 15—20 мм.
 II „ „ 10—15 „
 III „ „ 7—10 „
 IV „ „ 4—7 „

V—песокъ, отсѣянный черезъ сита съ отверстіями въ 4 мм.
 VI „ „ „ „ „ 2 „
 VII Чистая вода.

сокъ, т. е. въ обратномъ направленіи, чѣмъ въ англійскихъ фильтрахъ. Испытаніе патентованныхъ префильтровъ Пюешъ-Шабаля у насъ, какъ и примѣненіе ихъ на практикѣ (Тифлисъ), не дали хорошихъ результатовъ (опыты Рублевской станціи Московскаго водопровода), или дали результаты не вполне хорошіе (опыты Инст. эксп. медн. инж. С. К. Дзержовскаго и Н. А. Дмитревской)¹⁾.

¹⁾ „Архивъ біологическихъ наукъ“, 1914 г. Т. XVIII, вып. 3.

Фильтры Пюешъ-Шабаля работают съ успѣхомъ въ качествѣ фильтровъ, а не только префильтровъ въ нѣкоторыхъ заграничныхъ городахъ (въ предмѣстьяхъ Парижа, Магдебургѣ и др.); при чемъ въ послѣднихъ городахъ фильтръ Пюешъ-Шабаля устроенъ изъ трехъ грубыхъ фильтровъ (degrossissemens), одного префильтра и одного окончательнаго фильтра—всего изъ шести-семи отдѣленій.

Если вода профильтровывается послѣдовательно черезъ фильтры одной и той же системы, такую фильтрацію называютъ двойною. Двойная фильтрація черезъ два англійскихъ фильтра была впервые введена инж. Гёпе въ Бременѣ въ 1893 г. во время паводковъ р. Везера, изъ которой беретъ водопроводную воду г. Бременъ. Установлено, что съ помощью двойной фильтраціи безъ прибавленія сѣрнокислаго глинозема не всегда удастся задержать всю мелкую муть (глину) и получать вполне прозрачный фильтратъ.

Съ помощью предварительной фильтраціи въ нѣкоторыхъ случаяхъ удастся въ нѣсколько разъ увеличить производительность англійскихъ фильтровъ и безъ коагулированія, а слѣдовательно и уменьшить ихъ размѣры и стоимость съ превосходными бактериологическими результатами (опыты Ладожской фильтровальной станціи 1913—1914 г.г.) Въ другихъ условіяхъ префильтрація только съ коагулированіемъ даетъ превосходные результаты, а безъ коагулированія результаты получаются не вполне удовлетворительные (Москва).

Изъ изложеннаго видно, какую огромную роль играетъ при очисткѣ воды фильтраціей черезъ песокъ предварительная химическая обработка ея сѣрнокислымъ глиноземомъ ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 18 \text{H}_2\text{O}$), котораго необходимо прибавлять къ водѣ столько, чтобы онъ не проходилъ черезъ фильтръ въ неразложенномъ видѣ, а нацѣло выпадалъ до фильтраціи въ формѣ водной окиси глинозема $[\text{Al}(\text{OH})_3]^1$, а не измѣнялъ

¹⁾ Реакція идетъ по слѣдующему равенству: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{CaCO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} = 3 \text{CaSO}_4 + 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{CO}_2$.

состава фильтрованной воды и не давалъ въ ней мути вслѣдствіе запоздалой реакціи разложенія. Такъ какъ для разложенія сѣрнокислой соли глинозема съ образованіемъ хлопчатого осадка необходимы углекислыя соли, а эти послѣднія въ водѣ преимущественно состоятъ изъ двууглекислыхъ солей окиси кальція и магnezіи, то жесткія воды, вообще говоря, коагулируются лучше, быстрѣе, а воды мягкія, бѣдныя углекислыми солями щелочныхъ земель, какъ напр., невская,—медленно и трудно. Отсюда ясно, что количество прибавляемаго коагулянта должно быть точно приспособлено къ составу воды и къ колебаніямъ этого состава въ теченіе временъ года, и что результатъ коагуляціи сверхъ сего зависитъ отъ времени соприкосновенія реактива съ водой, т. е. отъ времени отстаиванія. Количество прибавляемаго сѣрнокислаго глинозема къ водѣ колеблется въ весьма широкихъ предѣлахъ отъ 0, 5—1,5 грам. на ведро для воды одного и того же источника въ разные времена года (р. Москва), а для различныхъ источниковъ—отъ 0,25 до 2 грам. на ведро. Для большихъ водопроводовъ количество коагулянта достигаетъ такихъ размѣровъ, что для его приготовленія требуется построить огромный спеціальныи заводъ. По нашему подсчету, напр., для коагулированія воды новаго петроградскаго водопровода, считая по 0,5 грам. на ведро, потребуется въ сутки около 1000 пудовъ сѣрнокислаго глинозема, а въ годъ 365.000 пудовъ, что обойдется около 400.000 рублей въ годъ при 30 милліонахъ ведеръ подаваемой въ сутки воды!!

Изъ изложеннаго видно, что цѣлесообразная очистка питьевой воды вообще есть дѣло не только сложное, но и очень дорогое и усложнять ее безъ крайней нужды не слѣдуетъ.

О новомъ типѣ фильтровъ Микеля и Мускетта „незатопляемыхъ“, которые орошаются мелкими брызгами воды съ такимъ расчетомъ, чтобы вода на поверхности фильтровъ не стояла, только упоминаемъ, потому что эти фильтры еще находятся

въ стадіи изученія и потому для городскихъ водопроводовъ рекомендованы быть не могутъ. Точно также только упомянемъ, что иногда вода фильтруется черезъ натуральный грунтъ (г. Готенбургъ) для полученія т. наз. искусственной грунтовой воды. Заслуживаютъ вниманія фильтры изъ искусственныхъ пористыхъ камней, которые являются видоизмѣненіемъ и приспособленіемъ для фильтрованія большихъ количествъ воды фильтровъ Пастера — Шамберляна.

Изъ всѣхъ фильтровъ только фильтръ—свѣча изъ необожженаго фарфора, предложенный Пастеромъ и Шамберлянѣмъ, удовлетворяетъ требованію не только очищать, но и вполне обезвреживать воду, не пропуская черезъ свои мелкопористыя стѣнки ни одной бактеріи. Къ сожалѣнію, этотъ превосходный по идеѣ фильтръ хрупокъ, даетъ слишкомъ мало воды и быстро засоряется, а потому для фильтрованія большихъ массъ воды на водопроводахъ не примѣнимъ. Замѣна фарфора фильтромъ—свѣчей изъ инфузорной земли—фильтръ Беркефильда, хотя и увеличилъ дебитъ воды безъ особеннаго ухудшенія результатовъ фильтраціи, но не сдѣлалъ фильтръ пригоднымъ для очистки воды на центральныхъ водопроводныхъ станціяхъ. Батареи—фильтры изъ искусственныхъ пористыхъ камней—пластинъ, установленные Фишеромъ и Петерсомъ въ г. Вормсѣ не дали хорошихъ результатовъ, такъ какъ мелкіе поры пористыхъ пластинъ быстро засоряются мутию и, не смотря на значительную площадь элемента-фильтра въ 2 кв. метра, начинаютъ давать слишкомъ мало воды.

Покойному московскому инж. Зимину принадлежтъ мысль скомбинировать въ одномъ фильтрѣ фильтрацію черезъ песокъ съ фильтраціей черезъ пористый искусственный камень и при томъ такимъ образомъ, чтобы песокъ игралъ роль префильтра: задерживалъ бы главную массу мути и этимъ охранялъ бы пористый-камень отъ засоренія гру-

быми взвѣшенными веществами и предоставлялъ ему задерживать только тонкую взвѣсь, состоящую преимущественно изъ бактерій. Фильтръ Зимина (рис. 8) устроенъ такимъ образомъ: полый большой цилиндръ изъ искусственнаго пористаго камня погруженъ въ песокъ, который можетъ по мѣрѣ надобности промы-

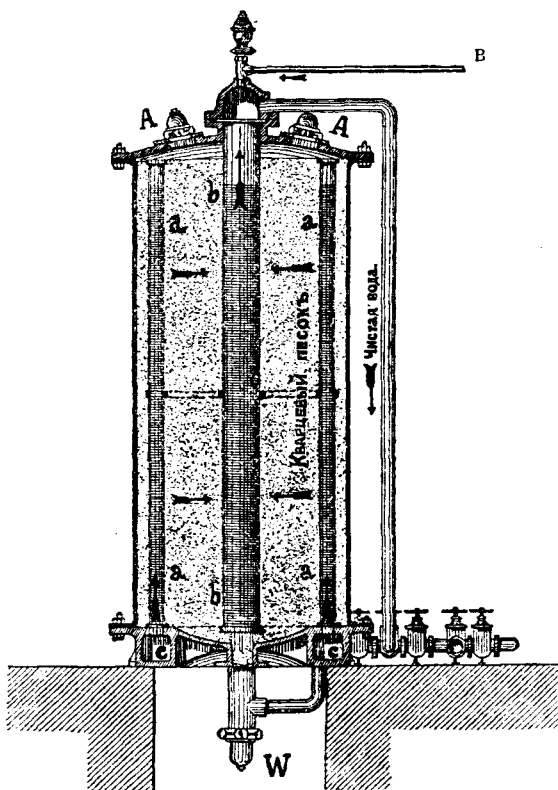


Рис. 8. Фильтръ Зимина-Шейдта.

ваться, какъ въ американскихъ фильтрахъ. Такіе фильтры Зимина у насъ болѣе извѣстны подъ названіемъ фильтровъ Шейдта, который въ послѣдніе годы усиленно пропагандируетъ ихъ и предлагаетъ то въ качествѣ префильтровъ для послѣдующей обработки воды ультра фіолетовыми лучами (пробная установка на центральной станціи Петроградскаго водопровода), то какъ самостоятельные фильтры въ замѣнъ англійскихъ и американ-

скихъ фильтровъ для городскихъ водопроводовъ. Для послѣдней цѣли фильтры Шейдта пока еще рекомендованы быть не могутъ, такъ какъ они не были испытаны въ больномъ масштабѣ и потому, при сложности ихъ устройства и другихъ особенностяхъ, могутъ оказаться совершенно непригодными или мало пригодными для фильтрованія большихъ количествъ воды. Всѣ фильтры изъ пористыхъ камней требуютъ значительнаго напора воды, такъ какъ представляютъ весьма большое сопротивленіе для фильтраціи.

Обезвреживаніе воды кипяченіемъ.

При нѣкоторыхъ исключительныхъ обстоятельствахъ, напр.. при появленіи холерной эпидеміи, когда нѣтъ времени для улучшенія водоснабженія болѣе раціональнымъ способомъ, требуется немедленно принять временныя мѣры къ обезвреживанію воды и этимъ уменьшить передачу заразы питьевой водой.

При такихъ условіяхъ требуются быстрые способы обеззараживанія воды, которые примѣняются или какъ самостоятельные способы или какъ способы дополнительные къ существующимъ уже очистнымъ устройствамъ, не дающимъ по какимъ либо причинамъ надежнаго обеззараживанія.

Самымъ быстрымъ, простымъ, наиболѣе доступнымъ и неоднократно испытаннымъ средствомъ обезвреживанія питьевой воды и сейчасъ является кипяченіе ея, которое дѣлаетъ воду совершенно безвредной, съ одновременнымъ воспрещеніемъ употреблять сырую воду.

Можно безъ преувеличенія утверждать, что у насъ еще чаще и шире распространялась бы холера и брюшной тифъ, еслибъ не существовало у населенія обычая утолять жажду кипяченой водой въ формѣ чая; при плохомъ водоснабженіи чай спасаетъ въ Россіи много тысячъ жизней ежегодно. По мнѣнію д-ра В. И. Яковлева, вліяніе употребленія кипяченой воды на уменьшеніе смертности отъ брюшного тифа

въ Петроградѣ можно видѣть изъ выбранныхъ имъ изъ городскихъ отчетовъ и другихъ источниковъ данныхъ, изображенныхъ имъ на діаграммѣ.

Пониженіе смертности отъ брюшного тифа во время холерныхъ эпидемій, столь ясно выраженное, въ Петроградѣ, приписывается авторомъ широкой публикаціи совѣта „не пейте сырой воды“, который, повидимому, однако не приняли во вниманіе тѣ слои населенія, которые всюду служатъ жертвами холеры.

Кромѣ всѣхъ извѣстныхъ приспособленій для кипяченія воды—самоваровъ, котловъ—заслуживаютъ особаго вниманія во время эпидемій, а также и въ походахъ т. н. кипятильники,—приборы, дающіе весьма большія количества прокипяченной воды въ горячемъ или охлажденномъ видѣ въ теченіе неопредѣленно долгаго времени. Наиболѣе употребительный у насъ кипятильникъ системы Якова Борю¹⁾ (съ клапанами) и остроумный приборъ инжен. Безсонова (безъ клапана²⁾).

Къ сожалѣнію, кипяченіе вслѣдствіе его дороговизны невозможно ввести на центральныхъ водопроводныхъ станціяхъ, чтобы во время эпидеміи давать жителямъ водопроводную воду въ прокипяченномъ видѣ; кипяченой водой можно только снабжать часть населенія черезъ чайныя, посредствомъ передвижныхъ кипятильниковъ на мѣстахъ наибольшаго скопленія народа; съ трудомъ можно обязать давать кипяченую воду фабрикантовъ для рабочихъ во время работъ, казенныя общественныя учрежденія для служащихъ, учащихся, призрѣваемыхъ, больныхъ и совершенно невозможно обязать употреблять кипяченую воду главную массу населенія—частныхъ лицъ.

Послѣднимъ обстоятельствомъ и объясняется тотъ фактъ, что „совѣтами не пить сырой воды“ и

1) Торг. Домъ „Стерелизаторъ“, Петроградъ, Гороховая, 60.

2) Опис. см. брошюру: „Періодическій стерелизаторъ системы инжен С. Безсонова. 1905 г. II.

частичными мѣрами по распространенію среди населенія кипяченой воды не удастся предупреждать холерныя эпидеміи, а только болѣе или менѣе уменьшать ея распространіе среди осторожной и достаточно интеллигентной части населенія.

II. Химическіе способы обезвреживанія воды.

Для обеззараживанія водопроводной воды предложено много химическихъ соединений, обладающихъ бактеріеубивающими свойствами. Эти вещества мало по малу стали примѣняться для этой цѣли большей частью въ комбинаціи съ фильтраціей, а иногда и самостоятельно.

Химическое обезвреживаніе воды состоитъ въ прибавленіи къ питьевой водѣ дезинфецирующихъ веществъ въ такихъ количествахъ, чтобы были убиты или только патогенные микроорганизмы (обезвреживаніе воды), или вообще всѣ бактеріи, находящіяся въ водѣ (полное обезвреживаніе, стерилизація воды).

Поэтому въ большинствѣ случаевъ при химическомъ обезвреживаніи въ той или иной степени измѣняется природный составъ воды: иногда измѣняется въ дурную сторону вкусъ ея, рѣже появляется противный запахъ или наносится прямой вредъ людямъ, такъ какъ приходится прибавлять къ водѣ безразличныя, а иногда и ядовитыя вещества..

По этимъ причинамъ гигиенисты относятся къ химической обработкѣ питьевой воды весьма осторожно и допускаютъ ее только какъ мѣру временную вспомогательную и дополнительную къ физическимъ способамъ очистки воды, если послѣдніе влѣдствіе дурного выбора источника водоснабженія не въ состояніи давать достаточно обезвреженную воду.

Изъ массы предложенныхъ для обезвреживанія питьевой воды веществъ, приведемъ наиболѣе извѣстныя, расположивъ ихъ въ нисходящемъ порядкѣ по энергіи, съ которой они убиваютъ бактерій.

Для обезвреживанія питьевой воды необходимо прибавлять слѣдующія количества химическихъ соединенийъ:

	Миллиграммы на 1000 куб. с. воды.	Убиваетъ бактерій черезъ:
Окислы хлора (Cl_2O_4)	0,8—0,3	—
Фтористое серебро (AgCl)	2	почти мгновенно.
Хлоръ (Cl)	$\left. \begin{array}{l} 4 \\ 8 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 3-10 \text{ мин. только} \\ \text{не спороносныхъ} \\ 30 \text{ мин. всѣхъ.} \end{array} \right\}$
Озонъ (O_3)	9—30	4—5 мин. не спороносныхъ.
Марганцевокаліевая соль (KMnO_4)	30	—
Бромъ (Br)	40	5 мин.
Іодъ (J)	70—100	15 мин.
Перекись водорода (H_2O_2)	292	6 часовъ.
	(10 куб. сант, продажнаго раствора).	
Перекись кальція (CaO_2)	300—500	2—3 часа.

I. Обработка воды перекисью водорода и озономъ.

Изъ перечисленныхъ соединенийъ только два — озонъ и перекись водорода по окончаніи ихъ воздѣйствія не измѣняютъ химическаго состава питьевой воды, такъ какъ озонъ разлагается и превращается въ обыкновенный кислородъ, а перекись водорода — въ обыкновенную воду, при чемъ выдѣленный изъ этихъ соединенийъ дѣятельный кислородъ разрушаетъ часть органическихъ веществъ воды и часть бактерій. Сверхъ того озонъ, даже прибавленный къ водѣ въ избыткѣ, вслѣдствіе своей нестойкости весьма быстро изъ воды исчезаетъ (черезъ 4—10 мин.).

По указаннымъ причинамъ съ санитарной точки зрѣнія озонъ и перекись водорода представляютъ собой наилучшіе образцы химическихъ соединенийъ, которыя могутъ примѣняться для обеззараживанія питьевыхъ водъ.

Къ сожалѣнію, принципиальная сторона дѣла далеко не соответствуетъ практической.

Прежде всего были оставлены попытки примѣнить для обезвреживанія питьевой воды перекись

водорода вслѣдствіе слишкомъ медленнаго ея дѣйствія (6 часовъ) даже при большихъ количествахъ этого довольно дорогого вещества. Далѣе, цѣлый рядъ опытовъ и испытаній въ большихъ размѣрахъ, произведенныхъ въ періодъ времени между 1907—1914 г.г. организованныхъ по просьбѣ Петроградскаго городского управленія, выяснилъ достоинства и недостатки озонированія воды, а вмѣстѣ съ тѣмъ и роль, которую этотъ изящный способъ можетъ играть въ дѣлѣ улучшенія водоснабженія русскихъ городовъ и селеній.

При этомъ были испытаны озонныя установки системъ: Сименса и Гальске (Г. В. Хлопинъ и К. Э. Добросклонскій 1905- -6 г.), Ганнекена. Отто и Сименса-де Фриза (Комиссія Г. В. Хлопина 1911 г.), Жирара (Н. А. Эльмановичъ, 1911 г.) и комбинація системы Отто и Сименса-Гальске (Проф. Ст. А. Пржибытекъ, д-ръ В. И. Яковлевъ, П. П. Левинъ, прив. доц. Л. М. Власова - Горовицъ на фильтро-озонной станціи Петроградскаго водопровода на Пеньковой улицѣ).

Процессъ озонированія (рис. 9) состоитъ изъ двухъ главныхъ операцій: 1) полученія озонированнаго воздуха посредствомъ электрическихъ разрядовъ въ особыхъ приборахъ, называемыхъ озонаторами и 2) возможно тѣснаго смѣшенія озонированнаго воздуха съ подлежащей озонированію водой въ специальныхъ резервуарахъ, т. н. стерелпзаторахъ, большею частью имеющихъ форму цилиндровъ, наполненныхъ гравіемъ (система Сименса-Гальске), или перегороденныхъ нѣсколькими целлюлоидными пластинками—ситами (Сименсъ-де Фризь), или, наконецъ, цилиндрами, наполненными текущей водой, черезъ которую продувается озонированный воздухъ (башня Отто). Различныя системы озонированія отличаются другъ отъ друга устройствомъ озонаторовъ и стерилизаторовъ. Главными факторами озонированія являются: количество озона, приходящееся на литръ воды, способъ смѣшенія и время соприкосновенія озонированнаго воздуха съ водой (контактъ). На результаты озонп-

дряющіе результаты для фильтрованной невской воды въ теченіе 1905—1906 г.г.

1. При озонированіи невской воды не достигается полной ея стерелизациі, но число бактерій уменьшается послѣ озонированія въ среднемъ на 98,8%, что соотвѣтствуетъ 1—6 колоніямъ въ 1 куб. сант. обработанной воды.

2. Озонированіе улучшаетъ вкусъ воды и уменьшаетъ желтоватую окраску невской воды почти на 50%.

3. Уменьшаетъ на 11 % количество растворенныхъ въ невской водѣ органическихъ веществъ и весьма мало измѣняетъ другія химическія соединенія, содержащіяся въ водѣ.

4. Расходъ озона на 1 литръ воды около 8—9 миллиграммовъ на литръ.

5. Озонированіе освобождаетъ воду отъ подозрительныхъ въ санитарномъ отношеніи микроорганизмовъ изъ группы кишечной палочки.

Изъ приведенныхъ результатовъ при позднѣйшихъ испытаніяхъ озонирующихъ приборовъ болѣе крупныхъ рамбровъ и различныхъ системъ не подтвердился послѣдній, самый важный въ санитарномъ отношеніи.

Ободрающіе результаты первыхъ опытовъ озонированія невской воды вызвали испытаніе озонныхъ установокъ въ болѣе широкомъ масштабѣ, при разныхъ условіяхъ предварительной очистки воды, которые и были выполнены комиссіей проф. Хлопина¹⁾ Изслѣдованія производились съ 23 марта по 31 декабря 1910 г. въ условіяхъ конкурса съ большими приборами, дающими въ сутки отъ 80.000 до 100000 ведеръ озонированной воды, т. е. такія количества, которыя достаточны для снабженія питьевой водой небольшого города съ населеніемъ въ 8—20 тысячъ жителей. Изслѣдованія производились по программѣ,

¹⁾ Матеріалы и заключенія подкомисіи проф. Г. В. Хлопина относительно результатовъ испытанія въ санитарномъ отношеніи приборовъ для озонированія воды системъ Отто и Сименсъ - де Фриза 1911г. СПб.

выработанной подкомиссией при участіи инженеровъ—представителей иностранныхъ озонныхъ фирмъ, участвующихъ въ конкурсѣ; эта программа устанавливала и способы контроля за результатами озонирования.

На основаніи 10 мѣсячныхъ наблюдений изъ дня въ день за работой пробныхъ озонныхъ установокъ при разнообразныхъ условіяхъ ихъ работы подкомиссія въ санитарномъ отношеніи пришла къ слѣдующимъ выводамъ:

Приборъ системы Отто послѣ озонирования нефилътрированной невской воды въ теченіе 10 дней давалъ въ среднемъ за опытный періодъ по 115 колоній въ 1 кб. снт. (въ неозонированной водѣ ихъ содержалось 450) и въ каждой пробѣ кишечную палочку; приборъ сильно загрязнился и послѣ чистки еще довольно долго давалъ весьма плохіе бактериологическіе результаты.

При опытахъ со смѣшанной невской водой, т. е. частью филътрированной черезъ англійскіе филътры, частью нефилътрированной, какъ она подается обыкновенно въ водопроводную сѣть, въ теченіи 10 опытныхъ періодовъ, съ 26 мая по 11 августа 1910 г. съ приборомъ Отто и съ 22 августа по 30 сентября того же года съ приборомъ Сименса-де-Фриза кишечная палочка, указывающая на загрязненіе воды фекальными массами, была найдена въ водѣ, озонированной по способу Отто въ 66%; по способу Сименса-де-Фриза въ 55,6%; число колоній не превышало 10 въ 1 кб. снт.

Такимъ образомъ, опыты съ приборомъ Отто со смѣшанной водой у насъ въ Петроградѣ дали совершенно иные результаты, чѣмъ съ тѣмъ же приборомъ на конкурсѣ въ Парижѣ, въ 1908 г.: тамъ водопроводная вода съ примѣсью 15% нефилътрированной воды изъ р. Марны всегда освобождалась озономъ отъ кишечной палочки, а смѣшанная невская вода послѣ озонирования оставалась необезвреженной въ 66 пробахъ изъ 100. Сходные результаты далъ и другой приборъ—Сименса-де-Фриза.

Съ невской водой. профильтрованной черезъ одинъ изъ англійскихъ фильтровъ, съ приборомъ Отто было проведено 6 опытныхъ періодовъ (съ 18 сентября по 18 декабря 1910 г.) и также 6 опытныхъ періодовъ съ приборомъ Сименса-де-Фриза (съ 4 октября по 29 октября).

Вода содержала кишечную палочку: послѣ озонирования по системѣ Отто въ 54% всѣхъ пробъ по системѣ Сименса-де-Фриза въ 23% всѣхъ пробъ. Число колоній въ одномъ кб. снт. озонированной воды въ среднемъ не превышало 10.

Испытаніе установки системы Сименса-Ганекена дало вполне отрицательные результаты.

На основаніи вышеприведенныхъ данныхъ испытательная подкомmissія пришла къ слѣдующимъ выводамъ¹⁾:

1. Нефильтрованная невская вода вообще не можетъ быть обезвреживаема озонированіемъ и, особенно, въ періоды осенняго и весенняго половодья.

2. Обезвреживаніе смѣшанной невской воды въ томъ видѣ, какъ она подается жителямъ Петрограда съ главной водопроводной станціи, также не можетъ быть названо вполне удовлетворительнымъ ни въ приборѣ Отто, ни въ приборѣ Сименса-де-Фриза.

3. Озонированіе невской воды, профильтрованной черезъ существующіе англійскіе фильтры, дало въ общемъ только въ физико-химическомъ отношеніи и въ отношеніи числа бактерій вполне удовлетворительные результаты.

Тѣмъ не менѣе, довольно частое обнаруженіе кишечной палочки въ озонированной водѣ указываетъ, что фирмамъ не удалось посредствомъ озонирования постоянно освободить невскую воду отъ кишечной

1) Заключение подкомmissіи подписано предсѣдат. проф. Г. В. Хлопнымъ и членами: завѣд. бактер. отдѣленіемъ Петроградской гор. лабораторіей д-ромъ В. П. Яковлевымъ и старш. лаборантомъ Петроградск. гор. лабораторіи П. П. Левинымъ.

палочки, то есть отъ микроорганизма, указывающаго на возможное загрязненіе озонированной воды и болѣзнетворными микроорганизмами.

4. Подкоммисія отмѣтила, что послѣ обезвреживанія профильтрованной невской воды въ приборѣ Отто кишечная палочка была находима значительно чаще, чѣмъ послѣ озонированія въ приборѣ Сименса-де-Фриза при одномъ и томъ же способѣ нахожденія этой палочки и объемѣ изслѣдуемой воды. (Способъ Эйкмана-Булира при 400 куб. сант. изслѣдованія воды).

Только что приведенные результаты испытанія доказали, что приборы для озонированія различныхъ системъ по отношенію къ обезвреживанію невской воды даютъ весьма несходный санитарный эффектъ даже при одинаковыхъ размѣрахъ, поэтому нельзя по работѣ прибора Сименса дѣлать заключенія о работѣ видоизмѣненныхъ системъ той же фирмы, напр., Сименса-Ганнекена, или Сименса-де-Фриза, а тѣмъ болѣе о работѣ приборовъ системы Отто или Жерара.

Испытаніе системы Жерара было произведено нѣсколько позднѣе также на главной станціи Итгр. гор. водопроводовъ въ 1910 г. завѣдыв. лабораторіей Итгр. водопроводовъ Н. А. Эльмановичемъ по окончаніи испытаній предыдущихъ приборовъ. Установки Жерара давали около 40.000 вед. озонированной воды въ сутки¹⁾.

Въ отличіе отъ системъ Сименса-де-Фриза и системы Отто установка Жерара дала превосходные результаты, такъ какъ изъ 52 изслѣдованныхъ пробъ невской воды предварительно профильтрованной и затѣмъ озонированной, ни разу не была найдена кишечная палочка въ 400 куб. сант., указывающая на плохое обезвреживаніе воды и на связь ея съ городскими сточными водами.

1) Докладъ Общ. Прис. Петрогр. Гор. управы 27 окт. 1912 г. Прилож. № 5, стр. 157.

Къ сожалѣнію, техники-эксперты признали приборъ Жерара по техническимъ соображеніямъ не пригоднымъ для обезвреживанія воды въ большихъ количествахъ.

Слѣдующій опытъ крупнѣйшихъ размѣровъ производится на устроенной на Петроградской сторонѣ фильтро-озонной станціи, рассчитанной на подачу 3.600.000 ведеръ озонированной воды въ сутки. На означенной станціи примѣнена крайне сложная комбинація очистки воды: а) химическая обработка, (коагуляція сѣрнокислымъ глиноземомъ), б) отстаиваніе, в) послѣдующая фильтрація черезъ быстро-фильтрующие фильтры Говатсона и г) озонированіе въ аппаратахъ смѣшанной системы Сименса (озонаторы) и Отто (озонныя башни).

Надлежащую степень физико-химической и бактериологической очистки и обезвреживанія воды посредствомъ озона фирма (Сименсъ и Гальске—Отто) гарантировала городскому управленію контрактомъ подъ угрозой крупныхъ штрафовъ (§§ 25 и 26, п. 3). Въ теченіе первыхъ двухъ лѣтъ фильтро-озонная станція должна была эксплуатироваться фирмой при постоянномъ контролѣ за качествомъ воды со стороны Петроградск. городск. санитарной лабораторіи, которая производитъ свои изслѣдованія самостоятельно, но одновременно съ изслѣдованіями озонированной воды химикомъ и бактериологомъ, контролирующихъ дѣйствіе приборовъ по порученію озонной фирмы. При этомъ фирма обязалась дать городу Петрограду послѣ озонированія воду слѣдующихъ санитарныхъ качествъ (§ 21 договора, стр. 12).

Вода послѣ фильтраціи и послѣдующаго за нимъ озонированія должна быть во все время года:

а) безцвѣтной; б) прозрачной; в) безъ запаха при поступленіи въ сѣть; г) безъ всякаго привкуса; д) не должна заключать въ себѣ неразложеннаго коагулянта и другихъ ненормальныхъ примѣсей, за исключеніемъ остатковъ продуктовъ, происходящихъ отъ процесса коагуляціи; е) должна быть лишена всехъ болѣзне-

творныхъ бактерій и кишечныхъ палочекъ (*b. coli*); ж) число индифферентныхъ бактерій, при выходѣ воды изъ стерилизующихъ аппаратовъ, даже въ худшія времена года, т. е. весной и осенью, не должно превышать въ ней 10 на каждый кубическій сантиметръ, за исключеніемъ спороносныхъ бактерій типа *subtilis*. За результатъ экспертизы принимается среднее изъ пяти анализовъ въ теченіе одного дня; з) не должна мутиться въ теченіе сутокъ послѣ фильтраціи и озонированія ея.

На сколько результаты озонированія на фильтро-озонной станціи на Петроградской сторонѣ мало соотвѣтствуютъ вышеприведеннымъ условіямъ, добровольно принятымъ фирмой, и вообще санитарнымъ требованіямъ, предъявляемымъ къ водѣ, которая подвергнута химическому искусственному обезвреживанію, усматривается изъ весьма обстоятельныхъ отчетовъ по ежедневнымъ изслѣдованіямъ озонированной воды, производимымъ гор. санитар. лабораторіей, публикуемыхъ въ „Еженедѣльникъ Статистич. Отдѣл. Птгр. гор. управы“.

Изъ сводки этихъ данныхъ за весь 1911 годъ и 3½ мѣс. 1912 г. видно, что невская вода, послѣ коагулированія, фильтрованія и озонированія измѣнялась въ своихъ физическихъ свойствахъ, химическомъ составѣ и содержаніи бактерій такимъ образомъ:

1. Вода освобождалась почти отъ всѣхъ содержащихся въ ней въ естественномъ состояніи взвѣшенныхъ частицъ, что особенно рѣзко сказывалось во время осенняго и весенняго половодій.

2. Вода теряла въ своей цвѣтности въ среднемъ около 78%.

3. Содержаніе въ ней окисляемыхъ органическихъ веществъ уменьшалось въ среднемъ около 66%.

4. Количество сернокислыхъ солей увеличивалась въ ней, по расчету, на SO^3 —съ 1,8 млгр., обычно содержащихся въ невской водѣ, въ среднемъ до 15,5 млгр.

Вышеуказанныя измѣненія въ составѣ невской воды обусловливаются, главнымъ образомъ, коагуляціей и послѣдующей фильтраціей.

5. Число микроорганизмовъ, способныхъ развиваться на желатинѣ при 20° — 22° C. въ теченіе 48 часовъ, въ озонированной водѣ весьма значительно уменьшилось, въ среднемъ отъ 98,37% до 99,78% по сравненію съ нефилтрованной водою. Весьма значительно уменьшалось въ ней и содержаніе кишечныхъ палочекъ (*B. coli communis*)¹⁾.

6. При подачѣ около 2.000.000 ведеръ въ сутки станція изъ 368 дней въ 167, т. е. 45,4% давала воду не прозрачную, а опалесцирующую. изъ которой, при стояніи ея, до истеченія 24 часовъ выпадали осадки водной окиси алюминія. При равномерной же подачѣ 3.600.000 въ сутки (при испытаніяхъ станціи съ 1—4 марта и съ 30 ноября по 6 декабря 1911 г. и съ 17 по 24 марта 1912 г.) число дней, когда вода опалесцировала и давала осадки, доходило до 100%, что, само собою разумѣется, указываетъ на неудовлетворительную постановку коагуляціи, отстаиванія и фильтрованія. Этими же послѣдними обстоятельствами, главнымъ образомъ, и должно быть объяснено, сравнительно частое нахожденіе въ озонированной водѣ кишечныхъ

¹⁾ Признаки, характеризующіе кишечную палочку:

Морфологія—маленькая палочка съ закругленными концами.

Подвижность—слабая. Окраска по Грамму—отрицательная.

Колоніи на желатинѣ—глубокія круглыя или чечевичкообразныя, поверхностныя похожи на виноградный листъ.

Въ желатинѣ по уколу—въ видѣ гвоздя, безъ разжиженія.

Агаръ—гладкій, блестящій, просвѣчивающій ростъ.

Молоко—свертываніе въ теченіе нѣсколькихъ дней.

Бульонъ—равномерная муть.

Индолообразованіе—(опредѣляется реактивомъ Эрлиха съ послѣдующимъ извлеченіемъ окраски амидовымъ спиртомъ).

Глюкоза, Лактоза, Маннитъ—броженіе съ образованіемъ кислоты и газа.

Способность размножаться и вызывать броженіе при 46° .

Среда Дригальскаго-Конради—красныя колоніи.

Броженіе сахарозы, восстановленіе красной анилиновой краски Neutral—roth, восстановленіе нитратовъ—не признаются обязательными.

палочекъ, присутствіе которыхъ было констатировано въ ней изъ 436 дней наблюденія въ 99, т. е. 22,7%. Четыре раза въ озонированной водѣ (20 и 31 мая, 30 июня и 1 сентября 1911 г.) были найдены холероподобные вибрионы и кромѣ того въ мартѣ мѣс.—микроорганизмы изъ группы паратифозныхъ.

Нельзя не отмѣтить, что во время послѣдняго испытанія работы фильтро-озонной станціи съ 17 по 24 марта также и бактериологомъ фирмы изъ 28 изслѣдованныхъ пробъ была найдена кишечная палочка въ 9 пробахъ, т. е. въ 32,14% и при томъ не только въ пробахъ изъ 400 куб. сант., но и изъ 100 куб. сант. озонированной воды.

При оцѣнкѣ результатовъ озонированной воды на петроградской фильтро-озонной станціи необходимо принять во вниманіе, что на всѣхъ заграничныхъ конкурсахъ и научныхъ испытаніяхъ дѣйствіемъ обезвреживающихъ (стерилизующихъ) воду озонныхъ и другихъ установокъ, нахожденію кишечной палочки въ „обезвреженной“ водѣ придается весьма важное значеніе, т. к. появленіе кишечной палочки всегда указываетъ на разстройства въ дѣятельности обеззараживающихъ приборовъ и на недостаточное обезвреживаніе воды. Замѣнить изслѣдованіе на кишечную палочку отысканіемъ въ озонированной водѣ патогенныхъ микроорганизмовъ, какъ предлагали нѣкоторые, не представляется возможнымъ на томъ основаніи, что открыть въ водѣ р. Невы, взятой даже въ неочищенномъ видѣ изъ самаго водоема, брюшно-тифозную палочку до сихъ поръ не удалось ни одному изслѣдователю, не смотря на многократныя попытки. Что однако, отнюдь, не доказываетъ отсутствія таковыхъ въ невиской водѣ, а объясняется несовершенствомъ бактериологической методики.

Само собою понятно, что отыскивать въ озонированной водѣ настоящихъ холерныхъ запятыхъ,

когда холерной эпидеміи въ городѣ и его окрестностяхъ нѣтъ, значило бы терять напрасно время.

Что касается числа колоній, то по отношенію къ невской водѣ уменьшеніе бактерій въ озонированной водѣ не можетъ служить само по себѣ достаточнымъ критеріемъ обезвреживанія невской воды, такъ какъ невская вода, будучи весьма зараженной патогенными микробами, въ то же время содержитъ очень небольшое число обычныхъ безвредныхъ водныхъ бактерій: въ среднемъ 200—400 колоній въ 1 куб. сант., вслѣдствіе чего уже послѣ коагулированія и скорой фильтраціи число бактерій понижается до нѣсколькихъ колоній въ 1 куб. сант. (отъ 4 до 40).

На основаніи приведенныхъ данныхъ, слѣдуетъ признать, что въ каждомъ третьемъ, въ лучшемъ случаѣ въ каждомъ пятомъ стаканѣ воды, получаемомъ населеніемъ съ фильтроозонной станціи находится кишечная палочка, а слѣдовательно при эпидеміяхъ будутъ содержаться и болѣзнетворные микроорганизмы, обусловливающие возникновеніе такихъ заразныхъ заболѣваній, какъ тифъ, дизентерія и холера.

Такимъ образомъ, озонированная на фильтроозонной станціи невская вода не только не убиваетъ спороносныхъ, стойкихъ бактеріальныхъ формъ, но нерѣдко оставляетъ въ живыхъ показателя фекальнаго загрязненія—кишечную палочку, крайне нестойкихъ вибрионовъ—ближайшихъ родственниковъ холернаго вибриона и паратифозныхъ палочекъ, ближайшихъ родственниковъ брюшно-тифозной. И что особенно опасно для здоровья потребителей воды, это то, что вслѣдствіе весьма большой неравномѣрности работы озонирующихъ приборовъ, обыватель не можетъ знать, когда именно подается въ сѣть вода достаточно обезвреженная и когда она содержитъ опасныя для его здоровья микробы.

Суммируя всѣ приведенныя данныя относительно примѣненія озонированія для обезвреживанія невской воды, необходимо прійти къ заключенію, что

этотъ способъ несомнѣнно улучшаетъ воду въ физико-химическомъ отношеніи и весьма значительно понижаетъ число бактерій, но не даетъ надежнаго средства для полученія такой здоровой воды, которую жители г. Петрограда могли бы употреблять въ сыромъ видѣ безъ опасеній заболѣть брюшнымъ тифомъ, дезинтеріей, а въ холерные годы и холерой.

Для оцѣнки работы петроградской фильтроозонной станціи кромѣ обычныхъ ежедневныхъ испытаній и изслѣдованій два раза были произведены особыя недѣльные испытанія въ присутствіи специалистовъ, приглашенныхъ фирмой и городскимъ управленіемъ. Первое недѣльное испытаніе было произведено съ 30 ноября по 30 декабря 1911 г. подъ наблюденіемъ представителей фирмы (проф. Проскауэра изъ Берлина (бактеріологъ) и инженер-химика С. К. Джерговскаго) и по приглашенію петроградскаго гор. управленія (проф. Г. В. Хлопина). Второе испытаніе 17—23 марта 1912 г. производилось подъ наблюденіемъ приглашенныхъ городск. управленіемъ проф. Д. К. Заболотнаго (бактеріолога) и проф. Г. В. Хлопина въ присутствіи лицъ, назначенныхъ отъ фирмы.

При томъ и другомъ испытаніи фильтро-озонная станція дала наихудшіе результаты въ физико-химическомъ и особенно въ бактеріологическомъ отношеніи: всѣ пробы воды оказались мутными или опалесцирующими, кишечная палочка была найдена въ 27,68% до 30,95% всѣхъ пробъ и въ каждый день испытаній.

Кромѣ того методы изслѣдованія озонированной воды, примѣняемые городскимъ контролемъ, а также результаты дѣятельности станцій за первый и второй гарантійный годъ ея дѣятельности служили предметомъ обсужденія особыхъ совѣщаній изъ специалистовъ съ участіемъ лицъ, указанныхъ фирмой.

Совѣщаніе экспертовъ при участіи проф. Проскауэра огромнымъ большинствомъ признало методы, примѣняемые городскимъ контролемъ при физико-хи-

мическомъ и бактеріологическомъ изслѣдованіи зонированной воды по фильтро-озонной станціи правильными и въ частности признало, что для нахожденія кишечной палочки контроль беретъ не только не преувеличенный объемъ воды (400 куб. сант.), но что онъ въ интересахъ городского населенія имѣетъ право брать и большіе объемы воды и вообще примѣнять нанточнѣйшіе методы анализа для открытія въ озонированной водѣ патогенныхъ и подозрительныхъ микроорганизмовъ, съ цѣлью убѣдиться, достаточно ли обезвреживается вода и хорошо ли дѣйствуютъ обезвреживающія воду устройства. При этомъ между прочимъ, было указано, что проф. Проскауэръ при контролѣ за дѣйствіемъ озонныхъ установокъ въ Германіи, для отыскиванія кишечной палочки бралъ до 20 и болѣе литровъ озонированной воды въ одну посуду, а для контроля за фильтро-озонной станціей въ Петроградѣ находилъ слишкомъ большой пробу въ 400 куб. сант. и предлагалъ брать только 100 куб. сант.

Однимъ изъ практическихъ слѣдствій описаннаго засѣданія было то, что городской контроль для изслѣдованія на кишечную палочку сталъ брать одновременно двѣ пробы озонированной воды—одну въ 400 куб. сант. и другую—въ 100 куб. сант.

Результаты работы фильтро—озонной станціи за 1912 г., т. е. второй годъ ея дѣятельности—также оказались неудовлетворительными, такъ какъ изъ 366 дней въ 102 т. е. въ 27,9% озонированная вода была мутна и черезъ 24 часа давала осадки, а въ тѣ дни, когда озонная станція давала договорное суточное количество, т. е. 3.600.000 ведеръ озонированной воды, вода была мутной и давала осадокъ ежедневно, т. е. въ 100% дней. Что касается бактеріологическаго эффекта, то изъ 1153 пробъ въ 100 куб. сант. каждая кишечная палочка была найдена въ 186 пробахъ т. е. въ 16,1%, а въ пробахъ воды въ 400 куб. сант. изъ 1307 пробъ въ 397, т. е. въ 30,5%. Комиссіи, образованные Петроград-

скимъ городскимъ управленіемъ для оцѣнки результатовъ дѣятельности фильтроозонной станціи за два первыхъ года ея дѣятельности (1911—1912 г.г.), подвляющимъ большинствомъ голосовъ признали въ санитарномъ отношеніи результаты озонированія невской воды на фильтроозонной станціи Петроградскаго водопровода неудовлетворительными.

Мы позволили себѣ остановиться на озонированіи воды въ Петроградѣ такъ подробно, потому что здѣсь широкими и хорошо обставленными въ научномъ отношеніи опытами были выяснены хорошія и слабыя сороны этого способа. Эти опыты показали, что озонированіе, оставаясь по принципу способомъ безупречнымъ въ санитарномъ отношеніи, тѣмъ не менѣе при существующихъ условіяхъ водоснабженія русскихъ городовъ можетъ имѣть только крайне малое примѣненіе по слѣдующимъ главнымъ основаніямъ;

1. Для болѣе или менѣе удовлетворительнаго обезвреживанія озономъ питьевая вода должна быть предварительно освобождена самымъ тщательнымъ образомъ отъ видимой мути посредствомъ отстаиванія, коагуляціи и англійской или американской фильтраціи.

2. Вода очень загрязненная органическими веществами, даже и прозрачная, обезвреживается озономъ дурно, такъ какъ озонъ прежде разрушаетъ мертвыя органическія вещества, а затѣмъ уже бактеріи.

3. Работа крупныхъ озонныхъ установокъ не отличается постоянствомъ и особенно ухудшается въ жаркое время года, и

4. Озонированіе обходится дорого и тѣмъ дороже, чѣмъ загрязненнѣе вода.

При указанныхъ условіяхъ озонированіе можетъ быть примѣнено только на тѣхъ водопроводахъ, которые питаются водой не особенно загрязненной и зараженной и притомъ подвергаютъ ее самой тщательной очисткѣ посредствомъ отстаиванія и филь-

траціи, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ кромѣ отстаиванія и фильтраціи необходимо еще предварительно обрабатывать воду сѣрнокислымъ глиноземомъ.

Однимъ словомъ предварительно необходимо найти удовлетворительный источникъ водоснабженія, наилучшимъ способомъ очищать водопроводную воду отстаиваніемъ, коагуляціей и фильтрованіемъ и только тогда, если встрѣтится еще надобность, примѣнять озонированіе. Большею частью при тщательной фильтраціи не особенно загрязненной воды въ дальнѣйшей обработкѣ фильтрованной воды и не встрѣтится надобности.

Приблизительно въ такихъ же и даже еще въ болѣе худшихъ условіяхъ для широкаго практическаго примѣненія находится еще одинъ способъ, предложенный нѣсколько позднѣе озонированія (проф. Курмономъ и Ножье въ 1909 г.¹⁾) обработку питьевой воды ультра-фіолетовыми лучами, развиваемыми электрическимъ токомъ, проходящимъ черезъ пары ртути въ кварцевой лампѣ. Эти темные лучи, имѣющіе длину колебаній (волнъ) во много разъ короче, чѣмъ видимые фіолетовые лучи спектра, обладаютъ весьма сильными бактерицидными свойствами и убиваютъ бактерій черезъ 5—30 секундъ и самое большее черезъ 1 минуту. Способъ дѣйствія на бактерій ультра-фіолетовыхъ лучей не вполне выясненъ, и потому обезвреживаніе воды ультра-фіолетовыми лучами одними авторами относится къ физическимъ сильное сотрясеніе бактерій короткими лучами), а другіе считаютъ его способомъ химическимъ и при томъ очень близкимъ къ озонированію, такъ какъ доказано, что при дѣйствіи ультра-фіолетовыхъ лучей образуются слѣды перекиси водорода (H_2O_2). Кернбаумъ въ лабораторіи г-жи Кюри и, можетъ быть, озона (O_3), ибо установлено, что при пропусканіи ультра-фіолетовыхъ лучей черезъ воздухъ въ немъ образуются небольшія количе-

¹⁾ Revue d' Hygiène, 1910, стр. 579.

ства озона и перекись водорода ¹⁾). Обезвреживание воды ультра-фіолетовыми лучами пока еще нигдѣ не вошло въ практику городскихъ водоснабженій и находится еще въ стадіи опытовъ. Самый способъ отличается еще большей деликатностью, чѣмъ озонированіе, и требуетъ еще болѣе тщательной предварительной ея обработки физическими способами очистки.

Обработка хлоромъ.

Изъ другихъ химическихъ соединений, предложенныхъ для обезвреживания воды, приобрѣлъ довольно значительное практическое примѣненіе хлоръ (предложенъ Лоде) и его окислы (Берже, 1898 г.). Хлоръ и его окислы весьма ядовиты: содержаніе 0,8—5 mgr. свободного хлора въ литрѣ воды смертельно отравляетъ взрослыхъ рыбъ (Вейгельтъ, 1885 г.). Какъ мы видѣли, для убиванія бактерій т. е. для обеззараживанія воды, необходимо отъ 4—8 mgrm. свободного хлора на литръ и болѣе въ зависимости отъ степени загрязненія и состава воды.

Практика американскихъ водопроводовъ показала, что дешевле и практичнѣе для обезвреживания питьевой воды хлоромъ примѣнять бѣлизную извѣсть (CaCl_2O), которая теоретически содержитъ 55% дѣйствующаго хлора, а въ дѣйствительности—обыкновенно около 33% хлора. Исходятъ изъ 2%-наго раствора бѣлизной извести, который долженъ содержать въ литрѣ 6,6 грм. хлора, но содержитъ обыкновенно меньше, по этому точное содержаніе хлора въ грубо приготовленномъ 2%-номъ растворѣ бѣлизной извести должно быть каждый разъ определено посредствомъ титрованія сѣрноватисто-кислымъ натромъ (титруютъ десяти—нормальнымъ растворомъ послѣ прибавленія іодистаго калия и индикатора — крахмального клейстера до исчезновенія сине й окраски).

¹⁾ В. Г. Хлопинъ. Образованіе окислителей въ атмосферномъ воздухѣ при дѣйствіи ультра-фіолетовыхъ лучей (Изъ Гигиенической лабораторіи Петр. Женск. Института). Журн. Русск. Физ. Химич. Общ. 1911 г. и Zeitschr. f. anorganische Chemie. Bd. 71, 1911 г.

Избытокъ хлора, если бы таковой оставался, послѣ хлорированія въ питьевой водѣ необходимо до поступленія ея въ водопроводную сѣть удалить, такъ какъ свободный хлоръ оказываетъ вредное дѣйствіе на здоровье потребителей воды, придаетъ водѣ острый, непріятный запахъ и привкусъ; однимъ словомъ, въ противоположность озону, хлоръ портитъ физическія свойства и измѣняетъ химическій составъ воды. Избытокъ хлора удаляется прибавленіемъ сѣрноватисто- или сѣрнистокислѣй соли натрія, которыя превращаютъ хлоръ въ соляную кислоту, а послѣдняя, соединяясь съ окисью натрія образуетъ безвредную поваренную соль (NaCl):



Указанныя соли, нейтрализующія хлоръ, въ технику называются „антихлоромъ“, а самый процессъ дехлорированіемъ.

„Дехлорированіе“ въ высокой степени усложняетъ производство обезвреживанія воды хлоромъ, такъ какъ прибавленіе „антихлора“ должно быть сдѣлано по выходѣ воды изъ всѣхъ очистныхъ сооружений и съ необычайной тщательностью и точностью во избѣжаніе порчи вкуса питьевой воды нѣкоторымъ избыткомъ „антихлора“.

Съ цѣлью избѣжать дехлорированія въ американскихъ городахъ предпочитаютъ примѣнять малыя количества хлора, не дающія полного обезвреживанія воды, но зато и не требующія дехлорированія.

При титрованіи свободного хлора въ питьевой водѣ необходимо имѣть въ виду слѣдующіе предѣлы чувствительности реакціи.

Если въ водѣ содержится свободного хлора менѣе 0,1 миллиграмма на литръ открыть его іодистымъ калиемъ и крахмаломъ нельзя; при содержаніи 0,11—0,117—окраска сомнительная; при 0,118—0,131 мгр.—едва замѣтная; при 0,133 мгр.—замѣтная; при 0,169—0,232 мгрм.—слабыя и только при 0,240—0,286 мгрм. и болѣе—получается

англійскіе и американскіе фильтры; избытокъ свободного хлора въ обработанной имъ водѣ уменьшается разбавленіемъ вдвое и остатки его поглощаются нехлорированной частью воды. Вслѣдствіи этого вода, поступающая въ водопроводную сѣть не, содержитъ свободного хлора или содержитъ неоткрываемые количества его,

Въ среднемъ за декабрь мѣс. 1913 г. прибавлялась въ отстойники по 0,79 миллигр. активного хлора; послѣ 3-хъ-часового воздѣйствія вода, вытекающая изъ отстойниковъ, содержала еще 0,165 mgrm. активного хлора, а вода, вытекающая изъ резервуаровъ послѣ смѣшенія съ нехлорированной фильтрованной водой, содержала только 0,027 mgrm. активного хлора на литръ. Последнія количества свободного хлора, какъ видно изъ приведенной выше таблички, обычнымъ способомъ открыты быть не могутъ, т. е. растворъ іодистаго калия съ крахмаломъ не даетъ синей окраски, которая получается отъ вытѣсненія хлоромъ изъ іодистаго калия, свободного іода дающаго съ крахмальнымъ клейстеромъ синію окраску.

Въ среднемъ въ отстойникахъ въ теченіе трехъ часовъ поглощается около 80% прибавленнаго къ водѣ свободного хлора и около 60% хлора, оставшагося непоглощеннымъ въ отстойникахъ, исчезаетъ въ резервуарахъ, что въ суммѣ составитъ 96—99% всей прибавленной бѣлизильной извести (Эльмановичъ).

Результаты хлорированія невской воды, какъ видно изъ таблицы, получились по числу бактерій удовлетворительные, а по дѣйствію на показателя фекальнаго загрязненія — кишечную палочку — довольно слабыя; послѣдняго и слѣдовало ожидать при примѣненіи столь малыхъ количествъ активного хлора, какъ 0,8 mgrm. на литръ, хотя и при трехчасовомъ воздѣйствіи, т. к. для полученія полнаго обезвреживанія воды требуется прибавлять 4—8 mgrm. хлора на литръ.

Результаты бактериологическаго изслѣдованія нефilterованной невской воды послѣ хлорированія.

	1913 г.				1914 г.	
	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Январь.	Февраль.
Общее число колоній на желатинѣ черезъ 48 час. изъ 1 куб. см. воды:						
1) нефilterованная ¹⁾ . . .	377	423	428	240	341	300
2) хлорированная IV . . .	15	10	21	3,5	5	30
II . . .	26	18	31	4	9	29
XIV . . .	22	12	38	4,8	8	67
3 вода, подаваемая въ сѣтъ (1/2 фilterованной + 1/2 хлорированной)	150	48	68	24	16	88
Присутствіе кишечной палочки (b. coli):						
нефilterованная вода (проба по 0,5 куб. см.) . . .	22 21	8 8	21 18	31 24	31 27	28 24
хлорированная (проба по 100 куб. см.) IV	28 8	31 16	23 16	31 6	31 4	28 3
II	9 4	31 10	27 17	31 4	31 4	28 4
XIV	25 8	31 9	28 16	31 0	31 3	28 4
вода подаваемая въ сѣтъ (1/2 фilterованной + 1/2 нефilterованной - хлорированной) [пробы по 0,5 куб. см.]	27 14	27 8	29 9	въ 1 куб. см. 30 2	въ 1 куб. см. 31 1	въ 1 куб. см. 28 2

Необходимо отмѣтить, что даже и при указанныхъ малыхъ количествахъ прибавляемаго хлора, хотя и не часто, приходилось невскую воду дехлорировать.

Во время послѣдней холерной эпидеміи 1910 г. С. К. Держговскимъ было организовано обезвреживаніе водопроводной воды хлоромъ въ г. Кроп-

1) Нумера отстаивниковъ для хлорирования.

2) Первое число указываетъ на число взятыхъ пробъ, второе—на число положительныхъ находокъ кишечной палочки.

штадтѣ, который пользуется безъ всякой очистки загрязненной Петроградомъ водой изъ Невской губы. Количество активного хлора было рассчитано въ 5—10 мгрм. на литръ, съ дехлорированіемъ и нейтрализаціей содой. Количество колоній въ обработанной хлоромъ водѣ. понизилось до 0—3 кол. на 1 куб. сант. Къ сожалѣнію, хлорированіе воды продолжалось всего нѣсколько дней и затѣмъ дезорганизовалось.

Организуя хлорированіе водопроводной воды въ Ростовѣ на Д. въ слѣдующемъ 1911 г. С. К. Держговскій ¹⁾, перешелъ къ болѣе простому способу — прибавленію одной бѣлизной извести въ отстойники, въ которыхъ вода изъ р. Дона коагулировалась сѣрнокислымъ глиноземомъ и затѣмъ фильтровалась черезъ скорые фильтры. Прибавлялось активного хлора сначала 1,5 мгрм., а затѣмъ 0,75—0,5 мгрм. на литръ воды; дехлорированіе вначалѣ производилось до фильтрованія воды, но, вслѣдствіе увеличенія числа колоній въ фильтрованной водѣ, затѣмъ примѣнялось уже послѣ фильтраціи.

Результаты хлорированія, пока оно шло подѣ наблюдениемъ С. К. Держговскаго, резюмированы имъ т. о. „Прибавка раствора бѣлизной извести въ количествѣ, отвѣчающемъ 0,75 мгрм. активного хлора на 1 литръ къ водѣ р. Дона, коагулированной прибавкой сѣрнокислаго глинозема, сообщаетъ ей свойства, благодаря которымъ она, пройдя скоро дѣйствующія фильтры Джуэля или Шреттера во 1-хъ уже не содержитъ кишечной палочки въ объемахъ воды въ 200 куб. сант. и, во 2-хъ, уменьшаетъ количество колоній, вырастающихъ изъ 1 куб. сант. воды до 3—6 колоній“.

Такимъ образомъ соединеніе коагулированія съ хлорированіемъ съ послѣдующей фильтраціей въ Ростовѣ на Д. даетъ результаты лучшія,

¹⁾ Къ вопросу объ обеззараживаніи водопроводной сѣти и питьевой воды хлоромъ. „Русск. Врачъ“ № 41, 1911 г. и послѣд. публикац. въ „Архивѣ Біологическихъ Наукъ“.

чѣмъ хлорированіе такими же количествами хлора нефильтрованной невской воды съ послѣдующимъ ея разбавленіемъ фильтрованной водой.

Бъ настоящее время и въ Петроградѣ вода хлорируется и коагулируется.

Нельзя, къ сожалѣнію, не отмѣтить, что къ концу 1914 г., хлорированіе воды ростовскаго водопровода уже въ значительной степени разстроилось и дезорганизовалось.

Что касается стоимости приспособленій для хлорирования воды, то они несложны и дешевы. Расходы на хлорированіе съ расходами на содержаніе лабораторій, лаборантовъ и бактериологовъ на Петроградской водопроводной станціи обходится только по 0,1 коп. на сто ведеръ воды при 9.000.000 обработки хлоромъ воды въ сутки при стоимости устройства всего въ 13.000 рублей!

Стоимость озонирования той же воды на петроградской фильтроозонной цѣписта обходится во много дороже.

На основаніи изложеннаго относительно хлорирования воды можно прійти къ слѣдующимъ главнѣйшимъ выводамъ:

1. Достаточное обезвреживаніе питьевой воды можетъ быть достигнуто только такими количествами активного хлора, при которыхъ обязательно послѣдующее дехлорированіе.

2. Необходимыя для относительнаго обезвреживанія количества активного хлора не велики—0,5—0,8 мгрм. на литръ въ зависимости отъ загрязненности и состава обезвреживаемыхъ водъ и могутъ примѣняться большею частью безъ дехлорирования, но всегда съ рискомъ вызвать неудовольствіе потребителей вслѣдствіе возможной порчи вкуса воды и отъ друг. причинъ.

3. Хлорированіе можетъ быть примѣнено съ успѣхомъ и къ нефильтрованной водѣ, которая не поддается обезвреживанію ни озономъ, ни ультрафіолетовыми лучами.

4. Хлорированіе посредствомъ прибавленія бѣлильной извести, даже и съ дехлорированіемъ, принадлежитъ къ самымъ дешевымъ способамъ обезвреживанія воды.

Отрицательными сторонами хлорированія являются:

1. Необходимость неослабнаго ежечастнаго химическаго контроля за приготовленіемъ растворовъ бѣлильной извести и другихъ. Организовать такой надзоръ весьма трудно и достаточно дорого, особенно въ провинціи.

2. Необходимость постояннаго строгаго бактериологическаго контроля.

3. При малѣйшей оплошности контроля въ водопроводную сѣть перейдутъ нѣкоторыя количества ядовитаго активнаго хлора, которыя легко распознаются потребителями на вкусъ, хотя и не открываются обычными реактивами.

4. Нѣкоторыя воды послѣ хлорированія даже съ соблюденіемъ всѣхъ необходимыхъ предосторожностей пріобрѣтаютъ непріятный запахъ и вкусъ, похожій на іодоформъ, причины и условія образованія этой порчи вкуса воды пока не выяснены (Ридеаль, А. Соловьевъ и др.).

5. Отмѣчены случаи, когда оставшійся въ водѣ послѣ хлорированія свободный хлоръ отравлялъ мальковъ въ рыбоводныхъ заведеніяхъ и аквариумахъ.

По всѣмъ этимъ причинамъ, ввиду того, что хлорированіе съ послѣдующимъ дехлорированіемъ воды представляетъ собой весьма сложную операцію, болѣе или менѣе широкое примѣненіе при нашихъ русскихъ условіяхъ можетъ найти себѣ только не полное обезвреживаніе воды малыми количествами хлора, какъ одинъ изъ вспомогательныхъ способовъ добавочной очистки и обезвреживанія воды во время эпидемій въ мирное и военное время.

Уменьшеніе жесткости воды и удаленіе солей желѣза и марганца.

Чрезмѣрно жесткія воды, имѣющія жесткость болѣе 30 нѣм. градусовъ, неудобны для питья и такія воды населеніе употребляетъ неохотно, хотя, напр., въ Донецкомъ бассейнѣ на одномъ изъ рудниковъ рабочее населеніе пьетъ воду даже въ 125 франц. град. жесткости (69,7 градуса нѣм.).

Для уменьшенія жесткости въ настоящее время рекомендуется фильтрованіе черезъ искусственный щелочной силикатъ цеолитъ, который извѣстенъ въ продажѣ подъ названіемъ „пермутита“ (Гансъ¹⁾).

„Пермутитъ“ обмѣниваетъ свое основаніе—окись натрія на окись кальція и магнія, отъ которыхъ зависитъ жесткость воды, образуя силикатъ кальція и магнія, который при обработкѣ растворомъ поваренной соли легко превращается обратно въ пермутитъ. Такимъ образомъ соли кальція и магnezіи могутъ быть всѣ превращены въ соотвѣтствующія соли натрія и жесткость можетъ быть доведена до нуля.

Отъ закисныхъ солей желѣза и марганца воды освобождаются фильтрованіемъ черезъ коксовыя башни, на которыя вода падаетъ сверху ввидѣ дождя (Пифке), при этомъ находившійся въ водѣ соли закиси желѣза выпадаютъ въ видѣ окиси желѣза на коксовомъ фильтрѣ; послѣ прохожденія черезъ коксъ воду отстаиваютъ и фильтруютъ; для той же цѣли предложено разбрызгиваніе воды ввидѣ мелкаго дождя черезъ слой воздуха въ 1 сажень на фильтръ изъ гравія (способъ Естена). Соли окисей желѣза и марганца удаляются осажденіемъ водной окисью кальція.

Кромѣ того для удаленія солей желѣза и марганца въ настоящее время предложено нѣсколько патентованныхъ закрытыхъ приборовъ.

¹⁾ Сплавъ изъ 3 частей каолина, 3 частей кварцеваго песку и 12 частей соды. D. V. f. Offentl. Gesundheitspflege, 1910 г. 11. 4.

Сравнительная стоимость различных способов очистки воды.

Кромѣ сдѣланныхъ нами въ текстѣ указаній о стоимости различныхъ способовъ очистки питьевой воды, считаемъ нелишнимъ сообщить еще слѣдующія дополнительные данныя ¹⁾.

Названіе города или имя автора.	Въ стоимость входитъ слѣдующее:	Стоимость очистки 1.000 куб. метр. воды. (84.000 ведра).
I. Озонъ.		
Гор. Шартръ.	Стоимость производства (по обложенію)	68 к.
По Эрлвейну.	Стоимость производства, включая $\frac{0,0}{0,0}$ на затраченный капиталъ и погашеніе капитала: . .	
	1) съ предварительной фильтраціей	6 р. 15.—7. 30.
	2) безъ предварит. фильтраціи	4 р.
По Шейтону.	Стоимость производства, включая $\frac{0,0}{0,0}$ на затраченный капиталъ и погашеніе капитала . . .	4 р. 50 к.
Парижъ—опыты 1907 г.—(20).	Только стоимость производ.	2 р. 86 к.
Парижъ—опыты 1908 г.—(21).	Тоже	3 р. 87 к.—4 р. 51 к.
По Имгофу и Савиллю.	Стоимость производства, включая $\frac{0,0}{0,0}$ на затраченный капиталъ и погашеніе капитала . . .	7 р. 50 к.
По Эрлвейну. (27).	Тоже	2 р. 56—5. р.
Гор. Германштадтъ.	Тоже	12 р.
Гор. Падеборнъ (28).	Тоже	10 р.—12 р. 50 к
II. Хлорная известь.		
По Шейтину.	Только стоимость производ.	56, 5 к.
По Джонсону.	Только стоимость хлорной извести	56—75 к.
По Имгофу и Савиллю.	Стоимость производства, включая $\frac{0,0}{0,0}$ на затраченный капиталъ и погашеніе этого капитала.	25 к.

¹⁾ Изъ ст. инж. Ф. Данпловъ. Зап.-Моск. Отд. Русскія Технич. Общества, № 9. 1911 г. При пересчетѣ 1 р. принять нами=2 марками.

Название города или имя автора.	Въ стоимость входить слѣдующее:	Стоимость очист- ки 1.000 куб. метр. воды.
По Рошу.	III. Медленная фильтрація черезъ песокъ.	
	Стоимость производства, вклю- чая $\frac{0}{10}\frac{0}{10}\frac{0}{10}$ на затраченный капи- талъ и погашеніе капитала . . .	5 р. 10 к.
По Турнеру и Ру- сселю.	Только стоимость производ. . .	5 р. 65 к.
	Стоимость производства, вклю- чая $\frac{0}{10}\frac{0}{10}\frac{0}{10}$ на затраченный капи- талъ и погашеніе капитала . . .	3 р. 70 к.
По Имгофу и Са- вилю.	Стоимость производства, вклю- чая $\frac{0}{10}\frac{0}{10}\frac{0}{10}$ на затраченный капи- талъ и погашеніе капитала . . .	5 р. 50 к.
	IV. Быстрая фильтрація.	
Государственный департаментъ здравія штата Огайо (26).	Стоимость производства, вклю- чая $\frac{0}{10}\frac{0}{10}\frac{0}{10}$ на затраченный капи- талъ и погашеніе капитала . . .	1 р. 85—7 р. 35 к.
	Только стоимость производ. . .	2 р. 10 к. 3 р. 15 к.
По Турнеру и Ру- сселю.	Стоимость производства, вклю- чая $\frac{0}{10}\frac{0}{10}\frac{0}{10}$ на затраченный капи- талъ и погашеніе капитала . . .	5 р. 23—6 р. 30 к.
	Тоже	5 р. 50 к.
По Имгофу и Са- вилю.		

Положенія доклада.

1) На снабженіе населенія здоровой водой для питья и другихъ надобностей у насъ до настоящаго времени не обращается надлежащаго вниманія; этимъ обстоятельствомъ, въ связи съ неорганизованностью удаленія нечистотъ и отбросовъ изъ селеній, объясняется частое развитіе эпидемій холеры, брюшнаго тифа и частью дизентеріи.

2) Раціональное водоснабженіе должно основываться на изысканіи и использованіи природныхъ источниковъ безупречной въ санитарномъ отношеніи воды, при томъ имѣющейся въ достаточномъ количествѣ.

3) Лучшимъ средствомъ для улучшенія питьевой воды и въ настоящее время считается фильтрація медленная (англійская) и скорая (американская); причемъ и та и другая можетъ комбинироваться съ префильтраціей и коагуляціей сѣрно-кислымъ глиноземомъ.

4) Для полнаго обезвреживанія подозрительной воды, хотя бы и фильтрованной, лучшимъ и самымъ дѣйствительнымъ средствомъ являється кипяченіе воды, которое и должно рекомендоваться для предохраненія населенія отъ водныхъ эпидемій въ первую очередь.

5) Изъ другихъ способовъ обезвреживанія питьевой воды наиболѣе практически примѣнимымъ, недорогимъ и испытаннымъ при нашихъ условіяхъ водоснабженія оказался хлоръ въ видѣ бѣлильной извести, но, конечно, какъ временная мѣра, на случай эпидемій, или на опредѣленный непродолжительный срокъ, пока населеніе не будетъ обезпечено здоровой водой изъ другого лучшаго источника.

27 апрѣля 1815 г. Петроградъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стр.
1. Водопроводное дѣло въ русскихъ городахъ	3
2. Водоснабженіе и смертность отъ брюшного тифа .	5
3. Качества здоровой воды, пригодной для водоснаб- женія	13
4. Улучшеніе питьевой воды фильтраніемъ и отстаива- ніемъ	15
5. Англійскіе фильтры	18
6. Американскіе фильтры	23
7. Предварительная фильтрація и ступенчатые фильтры	27
8. Обезвреживаніе воды кипяченіемъ	32
9. Химическіе способы обезвреживанія воды	34
10. Обработка воды перекисью водорода и озономъ .	35
11. Обработка воды хлоромъ	51
12. Уменьшеніе жесткости воды и удаленіе солей же- лѣза и марганца	59
13. Сравнительная стоимость разныхъ способовъ очи- стки воды	60
14. Обшіе выводы и положенія	62