

# НАУЧНЫЯ ИЗСЛѢДОВАНІЯ АМЕРИКАНСКАГО СПОСОБА ОЧИЩЕНІЯ ВОДЫ

И

ПРИМѢРЫ ЕГО ПРИМѢНЕНІЯ.

---

Н. П. Зимина,

Главнаго Инженера Московскихъ Водопроводовъ.

Доклады Русскимъ Водопроводнымъ Съѣздамъ  
и дополнительныя свѣдѣнія.

---



МОСКВА.

Типо-литографія Товарищества И. Н. Кушнеревъ и К<sup>о</sup>, Пименовская ул., соб. домъ.  
1902.

Дозволено цензурою. Москва, 5 іюня 1902 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

|                                                                                                                                                                            | <i>Стр.</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| I. Водопроводная экскурсія по С. Америкѣ. Описаніе механическихъ фильтровъ. (Изъ доклада 4-му Русскому Водопроводному Съѣзду) . . . . .                                    | 9           |
| II. О результатахъ научныхъ изслѣдованій, произведенныхъ надъ механическими фильтрами въ С. Америкѣ, докладъ 4-му Русскому Водопроводному Съѣзду . . . . .                 | 25          |
| Изслѣдованія въ г. Providence R. I. . . . .                                                                                                                                | 26          |
| Испытанія въ Lorain, Oh. . . . .                                                                                                                                           | 29          |
| Изслѣдованія въ г. Pittsburg, Pa. . . . .                                                                                                                                  | 34          |
| Изслѣдованія въ г. Louisville, Ky. . . . .                                                                                                                                 | 36          |
| Изслѣдованія въ г. Cincinnati, Oh. . . . .                                                                                                                                 | 49          |
| Заключенія комиссін, разсматривавшей литературные матеріалы по вопросу объ американскомъ способѣ очищенія воды, и постановленія Четвертаго Водопроводнаго Съѣзда . . . . . | 50          |
| III. О новѣйшихъ изслѣдованіяхъ дѣйствія американскихъ механическихъ фильтровъ. Сообщение 5-му Русскому Водопроводному Съѣзду . . . . .                                    | 52          |
| Изслѣдованія въ г. East Providence R. I. . . . .                                                                                                                           | 53          |
| Изслѣдованія въ г. Washington C. D. . . . .                                                                                                                                | 58          |
| Изслѣдованія въ г. Philadelphia, Pa. . . . .                                                                                                                               | 68          |
| Изслѣдованія въ г. New Orleans, Mo. . . . .                                                                                                                                | 69          |
| Станція механическихъ фильтровъ въ г. Louisville, Ky. . . . .                                                                                                              | 70          |
| Обсужденіе вопроса объ очищеніи воды на Лондонскомъ Съѣздѣ Американскаго Общества Гражданскихъ Инженеровъ . . . . .                                                        | 73          |
| Американскій способъ очищенія воды въ Россіи . . . . .                                                                                                                     | 74          |
| IV. Станція механическихъ фильтровъ въ Little Falls, N. Y. . . . .                                                                                                         | 77          |
| V. Станція механическихъ фильтровъ въ Россіи . . . . .                                                                                                                     | 84          |
| VI. Общій списокъ механическихъ фильтровъ при городскихъ водопроводахъ . . . . .                                                                                           | 100         |

Вопросъ объ очищеніи воды, назначаемой для водоснабженія, представляетъ у насъ въ Россіи несомнѣнный интересъ какъ для представителей Городскихъ Управленій, такъ и для владѣльцевъ фабрикъ и заводовъ. Этимъ я объясняю себѣ то обстоятельство, что отдѣльныя изданія моихъ докладовъ Русскимъ Водопроводнымъ Съѣздамъ по вопросу американскихъ механическихъ фильтровъ разошлись въ большой мѣрѣ и болѣе скоро, чѣмъ я ожидалъ. Этимъ же объясняю себѣ и то, что американскій методъ очищенія воды сталъ прививаться въ Россіи съ болѣе быстрымъ успѣхомъ, чѣмъ можно было разсчитывать, сообразуясь съ другими аналогичными примѣрами. Дѣйствительно, не далѣе, какъ въ 1899 году были поставлены первые американскіе механическіе фильтры въ городѣ Тобольскѣ, при городскихъ баняхъ, и въ Нижнемъ-Новгородѣ, на Канавинскомъ городскомъ водопроводѣ,—а въ настоящее время американскій методъ очищенія воды уже примѣненъ въ г. г. Царицынѣ, Нижнемъ-Новгородѣ, Рыбинскѣ и Тобольскѣ на городскихъ водопроводахъ, на Новой Костромской Льняной Мануфактурѣ, на заводѣ Бр. Понизовкиныхъ близъ Ярославля, на Никольской М-рѣ Саввы Морозова С-ей, на Тверской Мануфактурѣ и примѣняется на Охтенскомъ опытовомъ полѣ Морскаго Вѣдомства, близъ С.-Петербурга.

Въ Россіи обыкновенно руководятся примѣрами Западной Европы. Западная Европа развила и англійскій способъ очищенія воды медленными песчаными фильтрами. Американскій же методъ очищенія воды быстрыми песчаными фильтрами, миновавъ Западную Европу, появился прежде всего у насъ въ Россіи и замѣтно развивается, несмотря на то, что выраженія сомнѣній и недовѣрія не рѣдко ставятся на пути его развитія.

Сомнѣнія и недовѣріе, не обоснованныя на фактахъ и изу-

Этимъ компетентно санкціонировалось принятое мною направленіе — проводить американскій методъ очищенія воды въ русскомъ водопроводномъ дѣлѣ.

На слѣдующемъ, Пятомъ Русскомъ Водопроводномъ Съѣздѣ, состоявшемся въ Кіевѣ въ 1901 году, появились первыя извѣстія объ удачномъ практическомъ примѣненіи американскаго способа очищенія воды въ Россіи—въ Нижнемъ-Новгородѣ, сообщенныя Предсѣдателемъ Нижегородской Городской Санитарной Коммиссіи докторомъ В. В. Баулинымъ, представившимъ въ распоряженіе Съѣзда изслѣдованія, произведенныя докторомъ В. М. Фивейскимъ.

На этомъ же Съѣздѣ мною сдѣлано было сообщеніе о новыхъ научныхъ изслѣдованіяхъ американскаго способа очищенія воды, произведенныхъ въ С. Америкѣ, въ городахъ: Истъ-Провиденсѣ, Вашингтонѣ, Филадельфіи и Новомъ-Орлеанѣ, и опубликованныхъ въ промежутокъ времени между Четвертымъ и Пятымъ Русскими Водопроводными Съѣздами.

Чтобы дать возможность интересующимся ознакомиться съ развитіемъ американскаго способа очищенія воды, мною была издана въ 1901 году книга, подъ заглавіемъ «Американскій способъ очищенія воды и различныя системы механическихъ фильтровъ». Настоящее изданіе представляетъ собою прямое дополненіе къ этой книгѣ и заключаетъ въ себѣ изложеніе перечисленныхъ выше докладовъ Русскимъ Водопроводнымъ Съѣздамъ о научныхъ изслѣдованіяхъ американскаго способа очищенія воды. Кромѣ того, въ настоящемъ изданіи добавлены свѣдѣнія о позднѣйшихъ успѣхахъ развитія въ С. Америкѣ американскаго способа очищенія воды, опубликованныхъ послѣ Пятаго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда.

Совмѣстное ознакомленіе съ научными изслѣдованіями, произведенными въ С. Америкѣ, и съ результатами практическихъ примѣненій американскаго способа очищенія воды въ Россіи можетъ способствовать дальнѣйшему развитію и правильной постановкѣ этого несомнѣнно очень полезнаго для русскихъ водопроводовъ дѣла.

I.

## Водопроводная эжекюреія по С. Америкѣ.

(Изъ доклада Четвертому Русскому Водопроводному Съѣзду) \*).

---

М. Г.

На послѣзавтра назначенъ мой докладъ «О результатахъ научныхъ изслѣдованій надъ механическими фильтрами въ С. Америкѣ». Этотъ докладъ составляетъ прямое продолженіе доклада, который я сдѣлалъ два года тому назадъ на Третьемъ Русскомъ Водопроводномъ Съѣздѣ въ Петербургѣ, но съ которымъ, можетъ быть, не всѣ вы знакомы, потому что между нами есть новые члены, которые не присутствовали тогда. Поэтому я позволю себѣ сегодня привести нѣкоторыя данныя изъ моего спеціального путешествія по С. Америкѣ и изложить сущность процесса очищенія воды при помощи американскихъ механическихъ фильтровъ.

Надо вамъ сказать, что мое путешествіе въ С. Америку было вызвано необходимостью для Москвы пользоваться, вслѣдствіе недостаточнаго количества ключевой воды, также и водою рѣчною. Разумѣется, рѣчная вода можетъ быть допущена для водоснабженія города только безупречнаго качества и потому вопросъ объ очищеніи ея поставленъ у насъ на первый планъ. Американская же водопроводная практика въ послѣдніе два-три года обогатилась по этому вопросу очень цѣнными научными изслѣдованіями и практическими успѣхами.

---

\*) Въ настоящемъ изложеніи изъ означеннаго доклада вышуща та часть его, которая не относится къ вопросу объ очищеніи воды.

Начало очищенію воды для городскихъ водоснабженій положила Англія, гдѣ лѣтъ 70 тому назадъ явилась система фильтрованія Симпсона. Фильтры этой системы, какъ извѣстно, устраиваются въ видѣ большихъ резервуаровъ, въ которыхъ на слояхъ камня и гравія располагаются фильтрующие слои песка. Подлежащая очищенію вода, предварительно отстоянная, напускается въ эти резервуары, медленно проникаетъ внизъ сквозь слои песка и выводится изъ-подъ нихъ уже очищенная. При этомъ главнымъ очищающимъ воду факторомъ является образующійся на поверхности песка слой или съ бактеріями, который при чрезмѣрномъ накопленіи время отъ времени снимается съ песка ручнымъ способомъ, для чего фильтръ предварительно освобождается отъ воды. Такъ какъ при фильтрованіи въ этомъ случаѣ играютъ роль біологическіе процессы, то движеніе воды сквозь фильтрующие слои англійскихъ фильтровъ должно быть медленное — не болѣе 3"—4" въ часъ. При соблюденіи этого условія англійскіе фильтры могутъ давать хорошіе результаты, освобождая воду отъ примѣсей и удаляя изъ нея до 98%—99% бактерій. Описанная система фильтраціи, называемая иначе медленно-песчаной, распространилась изъ Англіи и въ другихъ государствахъ Европы; но за ней есть и нѣкоторые недостатки, препятствующие ея быстрому распространенію въ Россіи.

Первый недостатокъ заключается въ томъ, что англійскіе фильтры требуютъ значительныхъ затратъ на свое первоначальное устройство; особенно это сказывается въ нашемъ климатѣ, гдѣ приходится имѣть крытые фильтры. Устройство такихъ фильтровъ обходится отъ 60 коп. до 1 рубля на суточное ведро ихъ проводимой способности.

Другое препятствіе въ распространенію англійскихъ фильтровъ—это требуемое ими большое количество земли. Я не сомнѣваюсь, что Петербургъ имѣлъ бы давно хорошо фильтрованную воду, если бы не былъ крайне стѣсненъ въ отношеніи нахожденія мѣста для устройства новыхъ фильтровъ и для расширенія фильтровъ существующихъ, съ тѣмъ,—чтобы сократить скорость фильтрованія. Въ настоящее время Петербургъ фильтруетъ свою воду со скоростью до 18 дюймовъ въ часъ,

а между тѣмъ, какъ я вамъ уже сказалъ, отъ англійскихъ фильтровъ возможно ожидать удовлетворительныхъ результатовъ не иначе, какъ при примѣненіи скоростей фильтрованія, не превышающихъ 3"—4" въ часъ. И дѣйствительно: въ Лондонѣ мы находимъ скорость фильтрованія въ 3—4 дюйма въ часъ, въ Берлинѣ—скорость въ 100 миллиметровъ, въ Гамбургѣ—75 мм., въ Варшавѣ 100 мм. и въ Одессѣ 75 мм. Понятно, что при такихъ малыхъ скоростяхъ площади англійскихъ фильтровъ выходятъ громадны.

Описанная старинная система англійскихъ фильтровъ можетъ давать прекрасные результаты; но тѣхъ же результатовъ возможно достигнуть гораздо легче при помощи механическихъ фильтровъ, распространившихся въ С. Америкѣ за послѣднее пятнадцатилѣтіе. На нашемъ прошломъ Съѣздѣ я дѣлалъ объ нихъ докладъ; но съ тѣхъ поръ прошло уже два года, и за это время разработка вопроса о способѣ быстрого очищенія воды значительно двинулась впередъ. Два года тому назадъ почти еще не было вполне законченныхъ научныхъ изслѣдованій надъ работой быстрыхъ — механическихъ фильтровъ. Теперь явился цѣлый рядъ такихъ изслѣдованій, и я буду имѣть честь доложить вамъ о нихъ послѣзавтра; сегодня же я сдѣлаю Вамъ бѣглый очеркъ механическихъ фильтровъ и при помощи волшебнаго фонаря демонстрирую изображенія отдѣльныхъ фильтровъ и фотографіи фильтровальныхъ станцій, дающія болѣе наглядное представленіе о томъ, что такое представляютъ собою механическіе фильтры.

Механическое фильтрованіе есть тоже фильтрованіе черезъ песокъ. Никакихъ другихъ фильтрующихъ матеріаловъ при механическихъ фильтрахъ вообще не примѣняется. Разница между англійскими и америнанскими фильтрами та, что послѣдніе даютъ возможность увеличивать скорость фильтрованія сравнительно съ англійскими фильтрами въ 40—50 разъ, и доводить ее до 160 дюймовъ въ часъ и болѣе, не нанося ущерба качеству фильтрованія.

Очевидно, что разъ скорость фильтрованія въ 40—50 разъ увеличивается, то, слѣдовательно, фильтрующий песокъ во столько же разъ быстрѣе загрязняется, и обнаруживается необходи-



мость въ примѣненіи болѣе быстрой и легкой очистки фильтровъ. При механическихъ фильтрахъ это достигается тѣмъ, что станціи фильтровъ устраиваются въ видѣ ряда отдѣльныхъ желѣзныхъ или деревянныхъ цилиндрическихъ сосудовъ, наполненныхъ пескомъ, внутри которыхъ онъ время отъ времени и промывается. Во время фильтрованія вода проходитъ сквозь фильтръ сверху внизъ, во время же промывки она направляется снизу вверхъ, при чемъ песокъ обыкновенно перемѣшивается механическими мѣшалками, имѣющими видъ грабелей съ длинными зубьями, вращающимися вокругъ вертикальной центральной оси. Конструкція фильтровъ, съ ихъ приспособленіями для промывки, хорошо видна на приводимыхъ рисункахъ.

Механическіе фильтры устраиваются нѣсколькихъ системъ; иногда они дѣлаются закрытыми — напорными, при чемъ вода прокачивается сквозь нихъ насосами или пропускается подъ свободнымъ напоромъ, — послѣднее лучше; въ настоящее же время распространяются главнымъ образомъ механическіе фильтры открытые — самотечные, сквозь которые вода проходитъ вслѣдствіе разницы ея уровней до и послѣ фильтрованія. Но какія бы ни были конструкціи механическихъ фильтровъ, основныя черты этого способа очищенія воды остаются всегда однѣ и тѣ же, именно: 1) быстрое фильтрованіе воды; 2) быстрое механическое промываніе фильтрующаго песка въ самомъ сосудѣ фильтра, и 3) такъ называемое „коагулированіе“, то — есть предварительная подготовка воды къ фильтрованію. На этомъ послѣднемъ процессѣ слѣдуетъ остановиться подробнѣе, такъ какъ отъ него всецѣло зависитъ успѣхъ быстрого фильтрованія воды.

Идея коагулированія заключается въ томъ, чтобы привести находящіеся въ водѣ примѣси въ такое состояніе, которое позволяло бы ихъ болѣе легко задержать на поверхности фильтра. Состоитъ коагулированіе въ введеніи въ воду небольшихъ количествъ реагентовъ (коагулянтовъ), продуктомъ реакціи которыхъ является студенистое вещество, стягивающее въ свои хлопья первоначально разсѣянные въ водѣ примѣси и бактеріи. Хлопья эти, постепенно увеличиваясь въ своемъ объемѣ, частью осѣдаютъ на дно отстойнаго бассейна, въ которомъ происхо-

дять коагуляція, частью поступають изъ отстойнаго бассейна въ фильтръ—на фильтрующій слой, которымъ легко задерживаются изъ воды даже и при очень большихъ скоростяхъ фильтрованія. Для коагулированія воды могутъ служить разныя вещества, чаще же всего употребляется сѣрникоислый глиноземъ (сьюльфатъ алюминія).

Относительно вреда коагулянта на составъ воды не можетъ быть и рѣчи, такъ какъ, во-первыхъ, дозы его бываютъ очень незначительны, а во-вторыхъ,—при надлежащемъ примѣненіи коагулянтъ неразложеннымъ сквозь фильтръ не проходитъ.

Изъ всего сказаннаго видно, что коагулированіе является существеннымъ факторомъ въ очищеніи воды по описанному способу, и если при механическихъ фильтрахъ примѣнимы большія скорости фильтрованія, непримѣнимыя въ англійскихъ фильтрахъ, то это исключительно благодаря коагулированію воды.

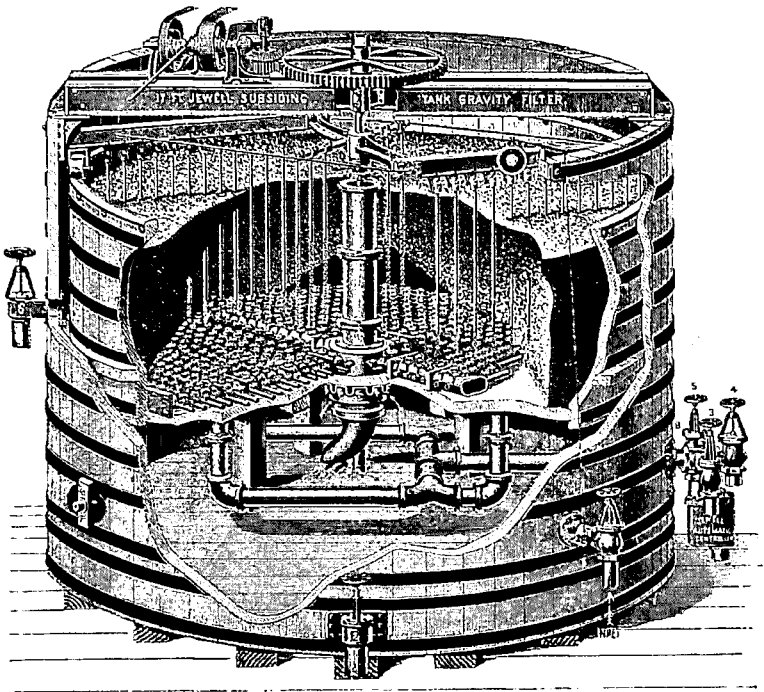
Въ американскомъ способѣ очищенія воды коагулированіе является исходнымъ пунктомъ: отъ него зависитъ возможность большой скорости фильтрованія,—послѣдняя вызываетъ необходимость въ механическихъ приспособленіяхъ для промывки фильтра, а отъ способа промывки зависитъ и конструкція фильтровъ. Комбинація коагулированія съ отстаиваніемъ и съ быстрымъ фильтрованіемъ есть такъ называемый „американскій способъ очищенія воды“, дающій возможность гораздо быстрее получать въ дѣлѣ очищенія воды тѣ же результаты, которые получаютъ медленнымъ процессомъ англійскаго фильтрованія; и теперь уже доказано, что механическими фильтрами въ связи съ коагулированіемъ возможно не только освѣтлять воду, освобождая ее отъ окраски и взвѣшанныхъ примѣсей, но и очищать ее, задерживая до 98%—99% и болѣе бактерій.

### Современный типъ самотечнаго фильтра Джуэлль.

Фильтръ этого типа, какъ видно на рисункѣ, раздѣленъ горизонтальнымъ днищемъ на двѣ части: нижняя часть представляетъ собой осадочный бассейнъ, въ верхней же части помещается самый фильтръ. Вода поступаетъ изъ нижняго въ верхнее отдѣленіе по центральной вертикальной трубѣ и выводится изъ-подъ фильтрующаго слоя посредствомъ системы

ситокъ, поставленныхъ на трубахъ, расположенныхъ на днѣ фильтра.

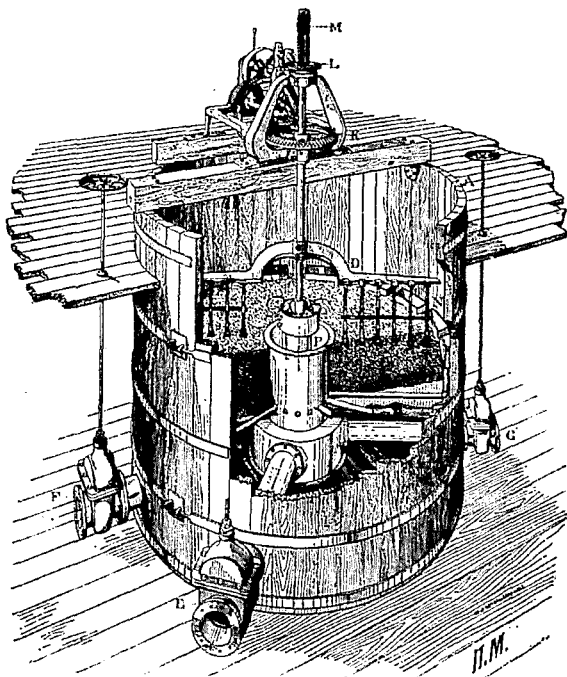
Во время промывки фильтра механическая мѣшалка, зубья которой въ вертикальномъ направленіи проникаютъ сквозь толщу песку, получаетъ вращательное движеніе отъ привода.



Такіе фильтры устраиваются діаметромъ отъ 6 до 24 футъ. При каждомъ фильтрѣ слѣдуетъ устанавливать регуляторъ скорости фильтрованія, дающій возможность получать наилучшіе результаты, и регуляторъ для коагулянта.

### Фильтръ Варренъ.

Въ этомъ фильтрѣ, общая конструкція котораго сходна съ конструкціей фильтра Джуэлль, мѣшалки, кромѣ вращательнаго движенія, имѣютъ движеніе поступательное вверхъ и внизъ, и опускаются въ песокъ только во время промывки.

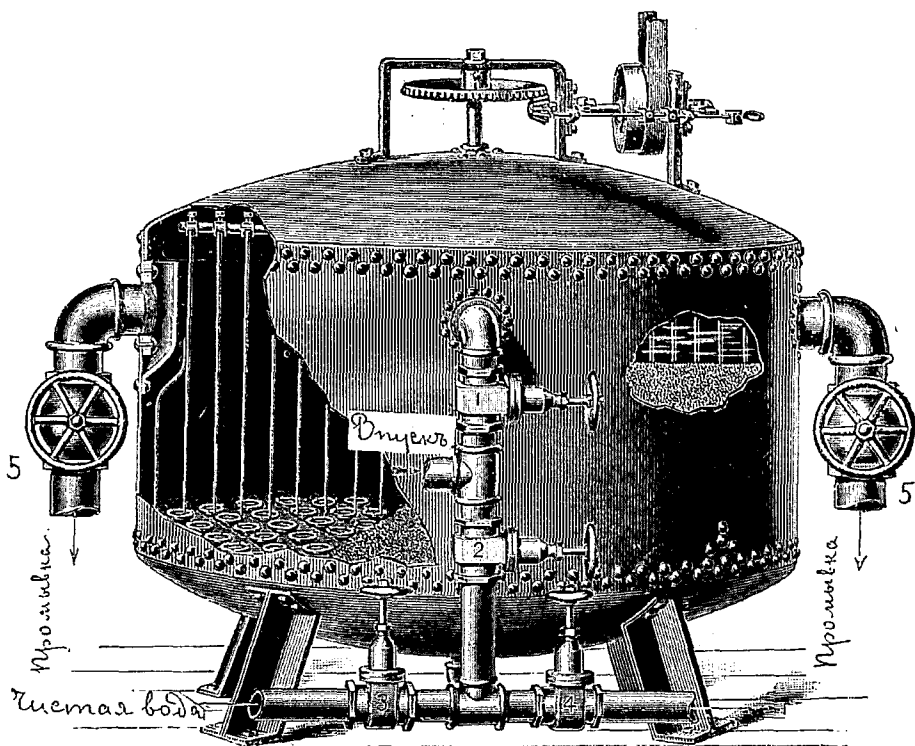


На рисунокѣ изображено положеніе мѣшалки во время фильтрованія, когда она бываетъ поднята надъ пескомъ.

При этой системѣ не имѣется присоединеннаго къ фильтру осадочнаго бассейна, и коагулированіе всецѣло производится въ отдѣльномъ бассейнѣ, общемъ для всей станціи фильтровъ.

### Напорный фильтр Джуэлль.

Этот фильтр сходенъ съ самотечнымъ фильтромъ Джуэлль, но обыкновенно дѣлается меньшихъ размѣровъ, такъ какъ упо-



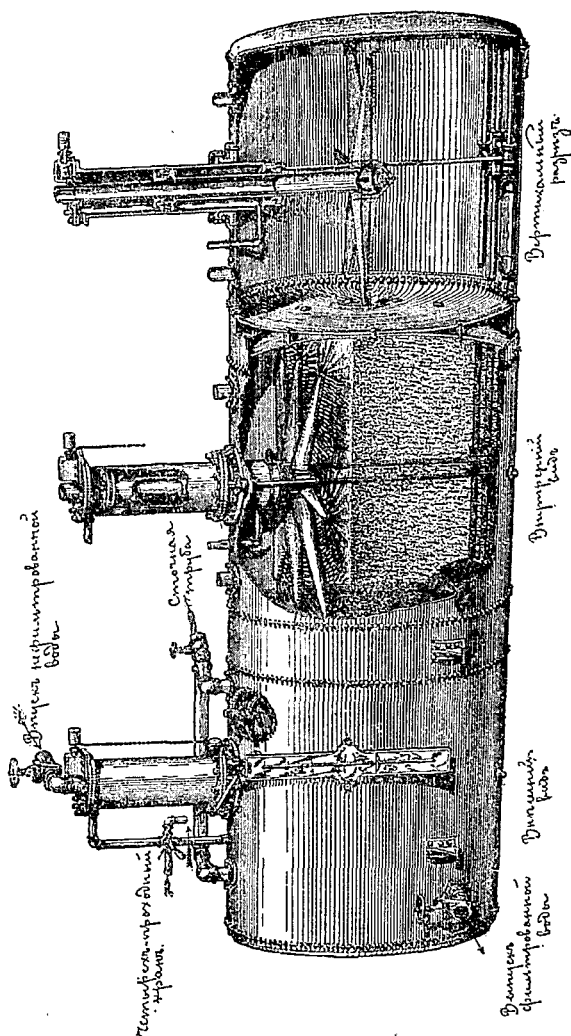
требуется главнымъ образомъ при домовыхъ водопроводахъ и лишь рѣдко при городскихъ.

### Горизонтальный фильтр Ридделль.

Этотъ фильтр характеренъ тѣмъ, что при немъ мѣшалка имѣетъ видъ не грабелей, вращающихся вокругъ центра, а звѣздчатой розетки, въ пальцы которой во время промывки

пускается вода. Посредством помѣщенного надъ фильтромъ гидравлическаго поршня эта розетка двигается вверхъ и внизъ.

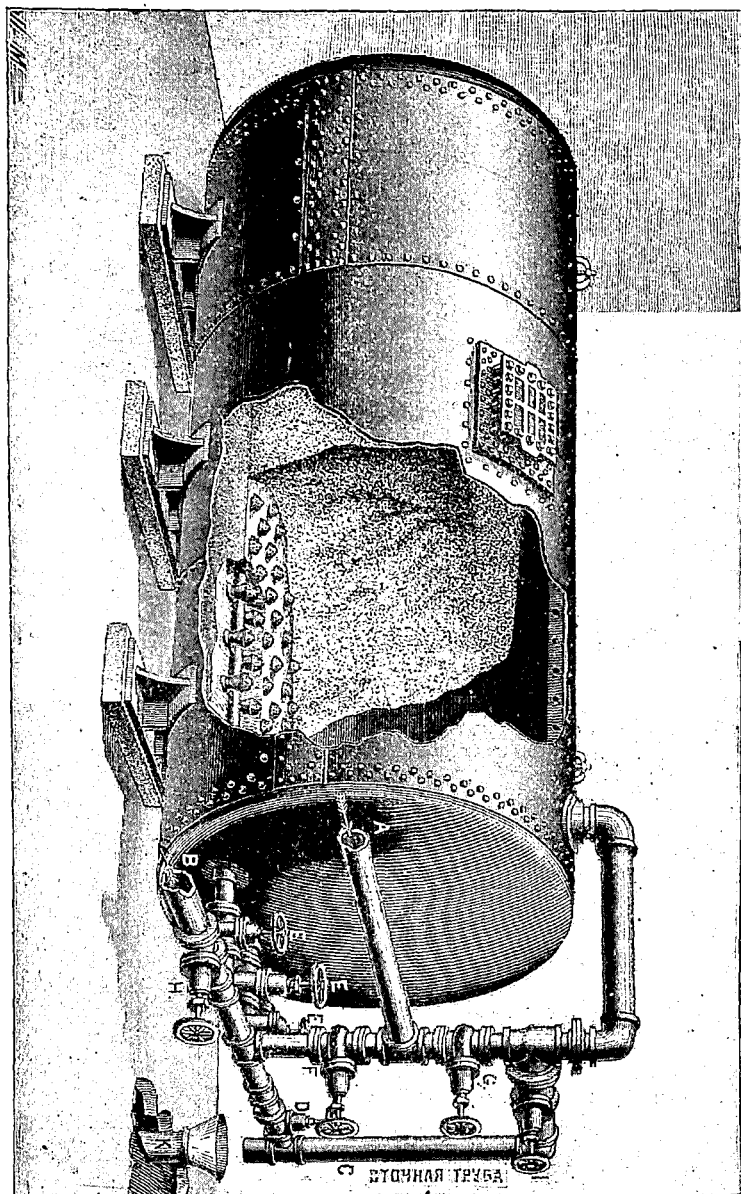
Такіе же фильтры устриваются и вертикальные.



*Примечаніе.* Кромѣ приведенныхъ фильтровъ, существуетъ еще цѣлый рядъ системъ, но онѣ менѣе распространены. Наиболѣе распространенными въ С. Америкѣ слѣдуетъ считать системы Джуэлль, Варренъ и Нью-Йоркскую, изъ которыхъ въ настоящее время продолжаетъ распространяться главнымъ образомъ первая.

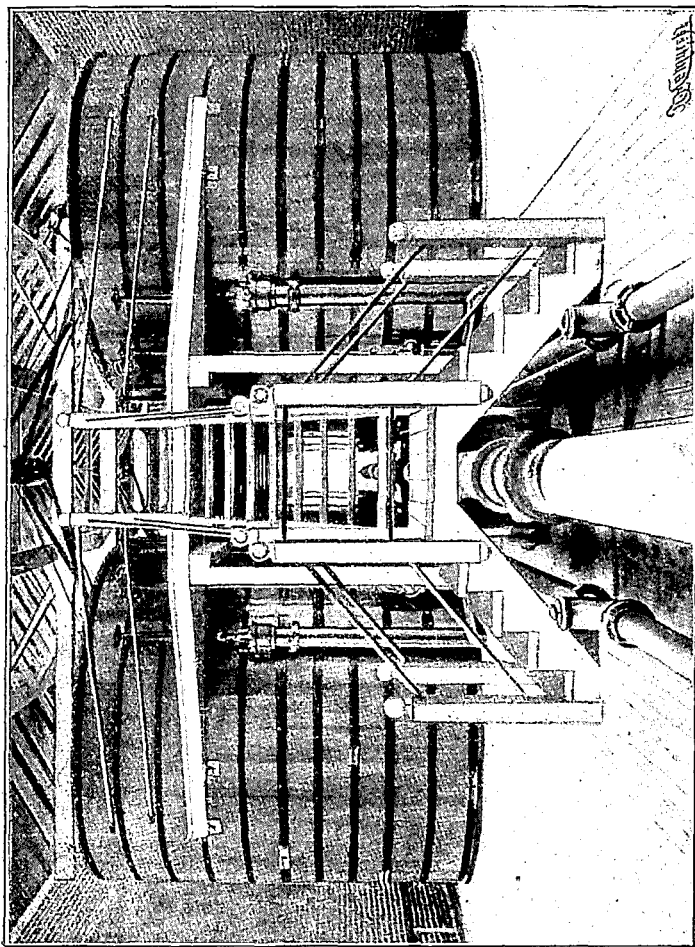
# Напорный горизонтальный фильтр Нью-Йоркекой системы.

Фильтр этотъ отличается отъ предыдущихъ тѣмъ, что въ немъ не употребляется мѣшалоу во время промывки песку обратными струями воды.



### Станція фільтровъ въ г. Сидаръ-Репидсѣ, шт. Іова.

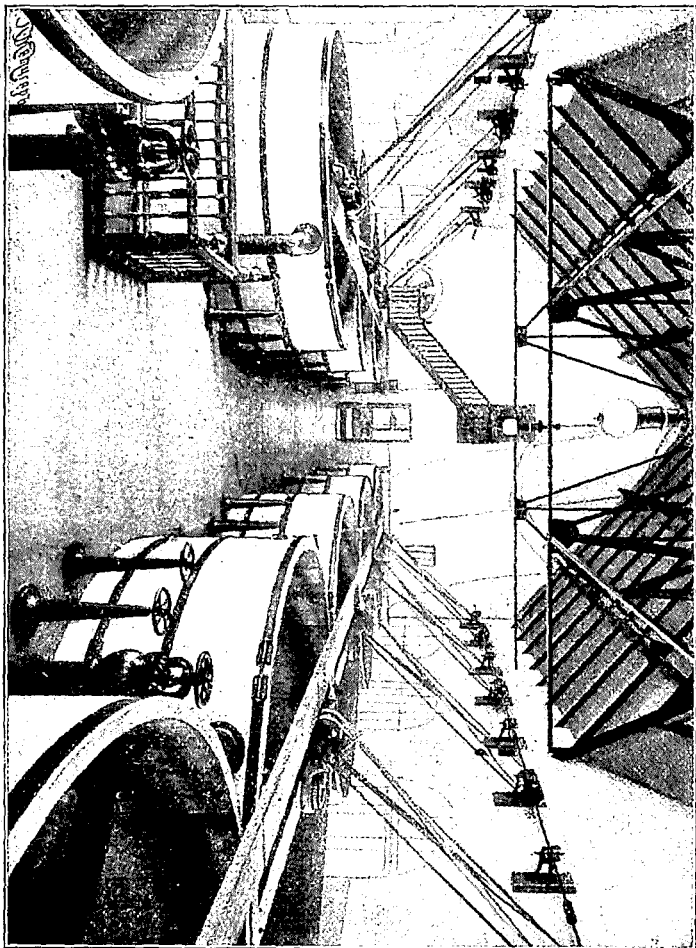
Эта станція на 2.500.000 амер. галлоновъ въ сутки (800.000 ведеръ) состоитъ изъ восьми двѣнадцати-футовыхъ фильтровъ Джуэлль самотечнаго типа.





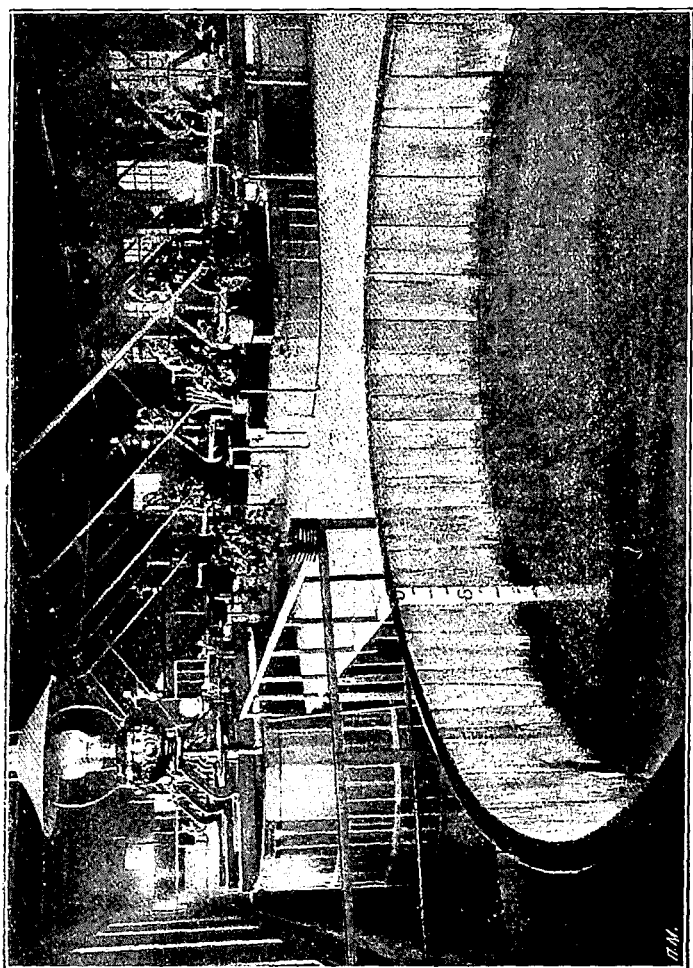
### Станція фильтровъ въ г. Ніагара-Фольсъ, шт. Нью-Йоркъ.

Эта станція, разсчитанная на 4.500.000 американскихъ галлоновъ (1.385.000 ведеръ) въ сутки, состоитъ изъ девяти самотечныхъ фильтровъ Джуэлль по 12 футъ діаметромъ.



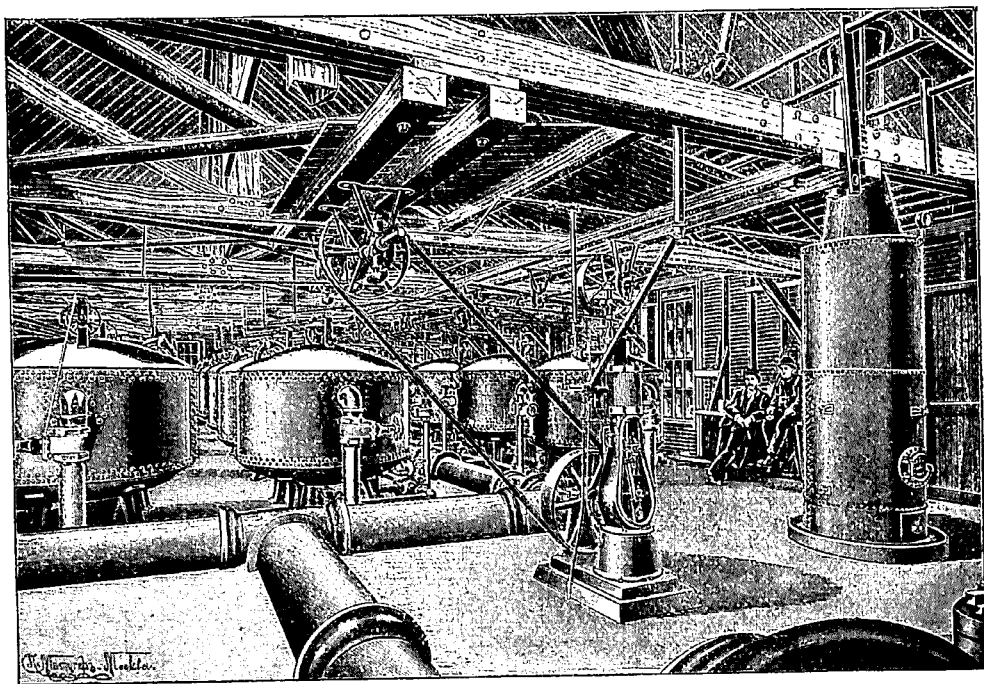
Станція фільтровъ въ г. Ноксвилль, шт. Теннесси.

Станція эта разсчитана на 5.000.000 амер. галлоновъ (1.538.000 ведеръ) въ сутки и состоить изъ четырнадцати  $10\frac{1}{2}$  фильтровъ Варрентъ.



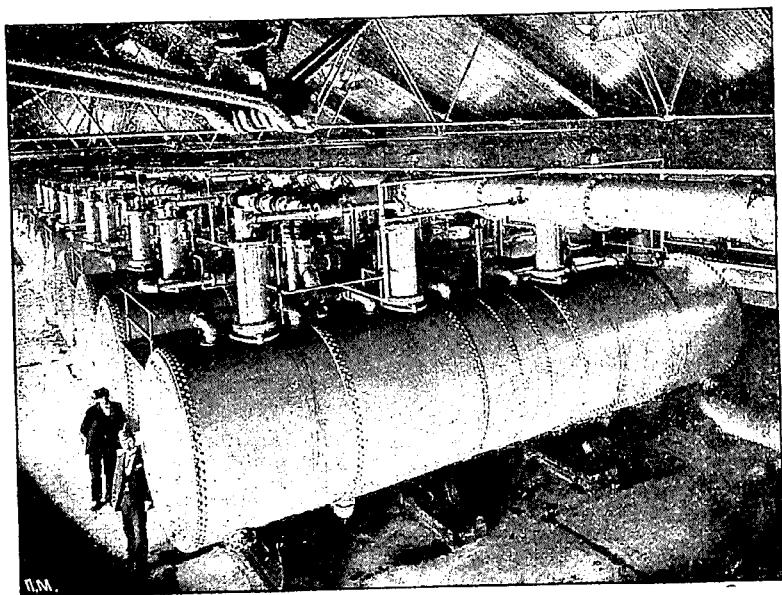
### Станція фільтровъ въ г. Чаттануга, шт. Теннесси.

Эта станція фільтровъ устроена на 3.000.000 американскихъ галлоновъ (924.000 ведеръ) и состоитъ изъ двадцати шести 7' напорныхъ фільтровъ Джуэлль.



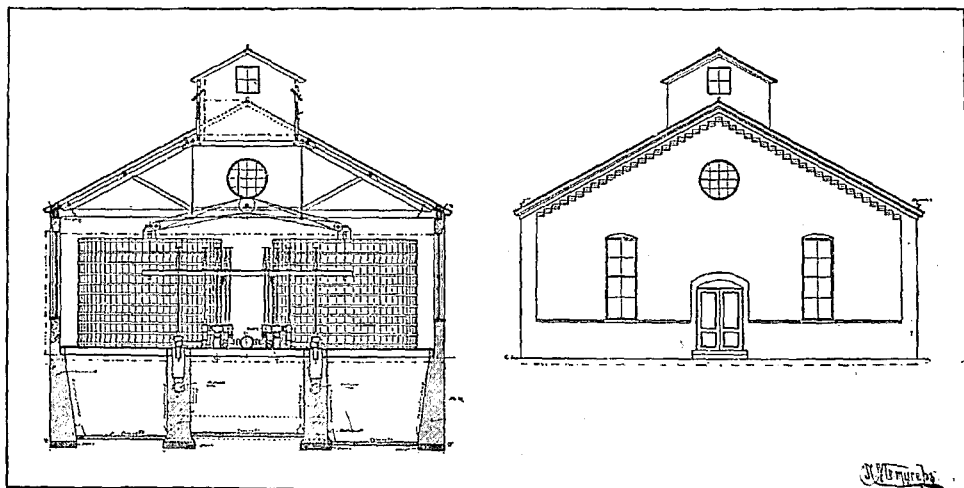
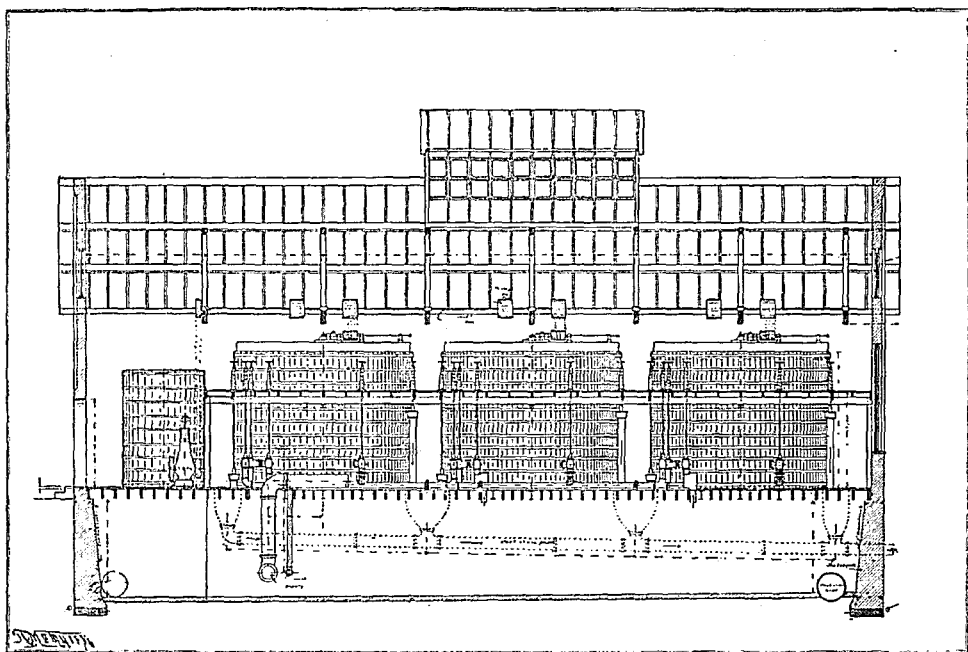
### Станція фільтровъ въ г. Давенпортъ, шт. Іова.

Эта станція фільтровъ на 7.500.000 американскихъ галлоновъ (2.300.000 ведеръ), состоитъ изъ десяти горизонтальныхъ фільтровъ Ридделль, каждый длиною 32' и діаметромъ въ 7,5'.



# Разрѣзы фильтровальной станціи въ г. Лоренъ, шт. Огіо.

Эта фильтровальная станція рассчитана на 3.000.000 американскихъ галлоновъ въ сутки (924.000 ведеръ) и состоитъ изъ шести 17' самотечныхъ фильтровъ Джуэлль. Размѣры станціи—83' 10" въ длину и 50' 10" въ ширину. Надъ фильтрами помѣщается резервуаръ для чистой воды.



Лорентъ, шт. Огіо, фильтровальная станція котораго изображена на выше приведенныхъ рисункахъ, сыгралъ значительную роль въ исторіи очищенія воды при помощи механическихъ фильтровъ. По требованію Комитета Общественнаго Здравіа штата Огіо при постановкѣ фильтровъ въ 1896 году было гарантировано, что они будутъ задерживать изъ воды въ среднемъ не менѣе 97% бактерій.

По устройствѣ этой фильтровальной станціи она была подвергнута продолжительнымъ испытаніямъ, которыми и было установлено, что гарантированные результаты фильтрованія были даже превзойдены. Это былъ первый случай, когда при устройствѣ станціи механическихъ фильтровъ при городскомъ водопроводѣ исходнымъ пунктомъ была научная постановка вопроса.

---

## II.

### О результатахъ научныхъ изслѣдованій, произведенныхъ надъ механическими фильтрами въ С. Америкѣ.

(Докладъ Четвертому Русскому Водопроводному Съѣзду.)

Анализы воды для оцѣнки и провѣрки работы американскихъ механическихъ фильтровъ на городскихъ водопроводахъ производились въ С. Америкѣ въ слѣдующихъ городахъ: въ городѣ Лоренѣ, штата Огіо ((Lorain, Ohio), въ г. Девенпортѣ, штата Айова (Davenport, Iowa), въ г. Ашбюри-Паркѣ, штата Нью-Джерси (Ashbury-Park, N. J.), въ г. Ноксвиллѣ, штата Теннесси (Knoxville, Tenn.), въ г. Сентъ-Луи, штата Миссури (St. Louis, Mo.), въ г. Эльмайрѣ, штата Нью-Йоркъ (Elmira, N. Y.), въ г. Варренѣ, штата Огіо (Warren, Ohio), въ г. Реддингѣ, штата Массачусеттсъ (Reading, Mass), въ г. Индіанаполисѣ, штата Индіана (Indianapolis, Ind.) и во многихъ другихъ городахъ.

Изъ указанныхъ городовъ слѣдуетъ выдѣлить городъ Лоренъ, штата Огіо (Lorain, Ohio), такъ какъ въ немъ производились не только анализы воды, но также собирались и многія другія данныя, относящіяся къ работѣ механическихъ фильтровъ, или, другими словами, выяснялось не только то, какіе результаты могутъ давать эти фильтры, но также и тѣ условія, при которыхъ эти результаты могутъ быть получаемы. Такимъ образомъ городъ Лоренъ стоитъ посрединѣ между первой категоріей перечисленныхъ городовъ, гдѣ производились только анализы надъ фильтрованной водой, и второй категоріей городовъ, гдѣ, кромѣ того, всесторонне выяснялись всевозможныя данныя, относящіяся къ работѣ механическихъ фильтровъ.

Такія всестороннія изслѣдованія надъ механическими фильтрами производились въ слѣдующихъ городахъ: 1) въ г. Провиденсѣ, штата Родъ-Айлендъ (Providence, R. I.), гдѣ были произведены первыя по времени (въ 1893 г.) научныя изслѣдованія надъ механическими фильтрами \*); 2) въ г. Луисвиллѣ, штата Кентуки (Louisville, Ky.), гдѣ изслѣдованія были произведены въ большомъ масштабѣ и отличались своею полнотою и обстоятельностью; 3) въ г. Питтсбургѣ, штата Пенсильванія (Pittsburg, Pa.) и, наконецъ, 4) въ г. Цинциннати, штата Огіо (Cincinnati, Ohio) \*\*).

Описанію этихъ изслѣдованій надъ очищеніемъ воды при помощи механическихъ фильтровъ главнымъ образомъ и посвящается настоящій докладъ.

Испытанія въ г. Провиденсѣ (Providence, R. I.). Этотъ городъ питается рѣчною водою, и давно уже зашла рѣчь о ея фильтрованіи, но мнѣнія на этотъ счетъ въ городскомъ управленіи раздѣлились: одни городскіе дѣятели стояли за американскіе механическіе фильтры, другіе за фильтры англійскаго типа, и долго шли споры, не приведшіе до сихъ поръ къ желаемому результату). Споры эти однако имѣли и положительную сторону, такъ какъ вызвали первыя научныя изслѣдованія надъ работою механическихъ фильтровъ. Изслѣдованія эти были поручены инженеру Эдмунду Вестонъ и были произведены въ 1893 году. Отчетъ о нихъ вышелъ въ 1896 г. \*\*\*).

Испытанія въ г. Провиденсѣ (Providence, R. I.) производились параллельно надъ англійскими и надъ американскими

---

\*) Въ 1899 году произведены новыя изслѣдованія дѣйствія механическаго фильтра системы Джуэлль (Jewell) въ г. Истъ-Провиденсѣ, штата Родъ-Айлендъ (East Providence, R. I.) подъ руководствомъ инженера Вестона (Ed. B. Weston), которыми доказана способность этихъ фильтровъ задерживать болѣе 99% бактерий изъ воды, содержащей незначительное ихъ количество.

\*\*) Въ 1900 г. были еще произведены изслѣдованія въ г. Вашингтонѣ параллельно надъ американскими и надъ англійскими фильтрами, см. „Feasibility and propriety of filtering the water supply of Washington, D. C. Letter from the Secretary of War. 56 Congress 1 session. Senate document № 259. 1900.

\*\*\*) См. „Report of the results obtained with experimental filters at the Pittaconset pumping station of the Providence water works, by Edmund B. Weston. 1896“.

механическими фильтрами. Конструкция англійскаго фильтра, испытаннаго инженеромъ Вестонъ (Mr. Edmund B. Weston), оказалась неудовлетворительною, и потому въ своемъ отчетѣ ибъ испытаніяхъ инженеръ Вестонъ сравниваетъ работу механическаго фильтра не съ работою того англійскаго фильтра, который испытывался подъ его руководствомъ, а съ работою тѣхъ англійскихъ фильтровъ, которые работали на извѣстной испытательной станціи въ г. Лауренсѣ въ штатѣ Массачусеттсѣ (Laurence, Mass), принадлежащей Массачусеттскому Комитету Общественнаго Здравія.

Механическій фильтръ для опытовъ въ г. Провиденсѣ былъ взятъ системы Морисона, которая впослѣдствіи съ введеніемъ нѣкоторыхъ измѣненій стала называться системою «Морисонъ-Джуэлль» (Morison-Jewell) и, наконецъ, просто «Джуэлль» (Jewell). Эта система фильтровъ въ настоящее время главнымъ образомъ и распространяется въ С. Америкѣ.

Испытанія надъ фильтрами въ г. Провиденсѣ (Providence) носили вполне научный характеръ. При нихъ было обращено вниманіе на слѣдующіе вопросы: скорость фильтрованія, — наиболѣе подходящий для данной воды коагулянтъ, — количество коагулянта, — способъ его введенія, — вліяніе температуры на процессъ коагуляціи, — потеря напора на фильтрованіе, — способъ промывки фильтра и ея продолжительность, — величина напора и количество необходимой для промывки фильтра воды, — продолжительность спуска воды непосредственно послѣ промывки, — количество спускаемой воды, — продолжительность работы фильтра между двумя послѣдовательными промывками, — очищеніе фильтра при помощи каустической соды, — результаты, даваемые механическими фильтрами въ химическомъ и бактериологическомъ отношеніяхъ, — удаленіе изъ воды окраски и, наконецъ, стоимость фильтрованія.

На основаніи результатовъ испытаній инженеръ Вестонъ (Edmund B. Weston) рекомендовалъ для механическихъ фильтровъ скорость, равную 100.000.000 галлоннамъ на акръ фильтрующей поверхности въ сутки, что соотвѣтствуетъ скорости 153,4 дюйма въ часъ. Наилучшимъ коагулянтомъ для очищенія воды рѣки Паутуксетъ (Pawtuxet) онъ признаетъ основной



сьюльфатъ алюминія (продажный сѣрноокислый глиноземъ) въ количествѣ въ среднемъ 0,6 грана на американскій галлонъ воды, что составляетъ 1 часть по вѣсу на 97.350 частей воды.

Въ своихъ взглядахъ на теорію механическихъ фильтровъ инженеръ Вестонъ держался того мнѣнія, что коагуляція есть подготовка фильтра къ фильтрованію, и что цѣль коагуляціи—образовать на поверхности фильтра искусственнымъ образомъ ту фильтрующую пленку, которая въ медленныхъ песчаныхъ фильтрахъ англійскаго типа образуется естественно изъ находящейся въ водѣ мути. Вѣроятно, вслѣдствіе этого взгляда явилась мысль объ усиленной коагуляціи при началѣ работы фильтра, т.-е. объ усиленномъ образованіи фильтрующей пленки на поверхности песка послѣ его промывки, и Эдмундъ Вестонъ рекомендовалъ, кромѣ постояннаго введенія коагулянта, еще добавочное введеніе коагулянта послѣ промывки, которое онъ называетъ «free flow».

Позднѣйшія изслѣдованія, однако, выяснили, что на коагуляцію слѣдуетъ смотрѣть не только еще какъ на подготовку фильтра къ фильтрованію, а, какъ на подготовку самой воды, потому что суть дѣла заключается не столько въ образованіи пленки на поверхности механическаго фильтра, сколько въ томъ, что, вслѣдствіе воздѣйствія коагулянта на воду, находящіяся въ ней примѣси мѣняють свой видъ: до коагуляціи онѣ представляются въ видѣ отдѣльныхъ мелкихъ частичекъ, послѣ же коагуляціи онѣ стягиваются въ болѣе или менѣе крупныя хлопья, и потому задерживаются болѣе легко на поверхности механическаго фильтра.

Данныя, полученные Эдмундомъ Вестономъ, привели его къ заключенію о пользѣ употребленія каустической соды для очищенія фильтровъ. При своихъ изслѣдованіяхъ онъ замѣтилъ, что фильтрующий песокъ иногда наполняется осадками, которые служатъ питательной средой для бактерій и мѣшаютъ правильной работѣ фильтра. Фильтрующий кварцъ при этомъ становится изъ бѣлаго коричневымъ и частички органическихъ веществъ такъ сильно къ нему прилипають, что удалить ихъ обыкновенною промывкою иногда не представляется никакой возможности. Инженеру Вестону (Ed. B. Weston) пришла мысль воспользоваться для уничтоженія органической жизни

въ фильтрахъ химическими веществами, изъ которыхъ онъ и избралъ каустическую соду. Оказалось, что послѣ тщательной промывки растворомъ этого вещества кварцевый песокъ снова становится бѣлымъ, всякая органическая жизнь въ фильтрѣ уничтожается и онъ опять начинаетъ давать хорошіе результаты. Эдмундъ Вестонъ производилъ только простую промывку растворомъ каустической соды, но въ концѣ концовъ онъ пришелъ къ заключенію, что полезно въ то же время вводить въ фильтръ паръ и доводить растворъ до кипѣнія. Къ тому же самому заключенію привели и позднѣйшія изслѣдованія г. Фуллера (Mr. G. W. Fuller) надъ механическими фильтрами въ Луисвиллѣ, и теперь употребленіе каустической соды для освобожденія фильтра отъ органическихъ веществъ рекомендуется производить время отъ времени.

Такимъ образомъ, испытанія въ г. Провиденсѣ выяснили нѣкоторыя интересныя стороны въ дѣлѣ очищенія воды при помощи механическихъ фильтровъ; но главное ихъ значеніе заключается въ томъ, что они кореннымъ образомъ измѣнили положеніе дѣла механическихъ фильтровъ. До Провиденскихъ изслѣдованій дѣло эксплуатаціи механическихъ фильтровъ было дѣломъ коммерческой предпріимчивости, чуждымъ научныхъ основъ; послѣ же изслѣдованій Э. Вестона оно получило научную основу. Этими изслѣдованіями было доказано, что при помощи быстрыхъ механическихъ фильтровъ можно задерживать изъ воды 98<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—99<sup>0</sup>/<sub>0</sub> бактерій, и что получаемые при этомъ результаты могутъ быть сравниваемы съ результатами, даваемыми медленными песчанными фильтрами англійскаго типа.

Послѣ Провиденскихъ испытаній дѣло очищенія воды при помощи механическихъ фильтровъ быстро двинулось впередъ, и началась эра научнаго изслѣдованія этого вопроса.

Если держаться хронологическаго порядка опубликованія дальнѣйшихъ изслѣдованій надъ механическими фильтрами, то здѣсь нужно изложить результаты, полученные при испытаніи механическихъ фильтровъ въ г. Лорентъ, шт. Огіо \*).

Испытаніе фильтровъ въ г. Лорентъ (Lorain, Ohio).

За водопроводнымъ дѣломъ въ г. Лорентъ, кромѣ городского

---

\*) См. „Ohio Sanitary Bulletin. Vol. 1. No 10. October 1897“.

управленія, слѣдитъ штатъ Огіо,—чрезъ Комитетъ Общественнаго Здравія, которому городъ и обязанъ подчиняться.

Вода озера Эри, служащая для питанія городского водопровода, въ мѣстѣ взятія ея бываетъ загрязнена стоками изъ г. Лорена (Lorain) и изъ сосѣдняго города Элирія (Eluria). Поэтому въ 1896 году городомъ въ видахъ улучшенія водоснабженія былъ предложенъ планъ устройства механическихъ фильтровъ системы Джуэлль (Jewell), что и было одобрено штатомъ, подъ тѣмъ условіемъ однако, чтобы фильтры по установкѣ ихъ были подвергнуты строгимъ научнымъ испытаніямъ.

Въ вышеизложенномъ и лежитъ причина того, что вопросъ о примѣненіи механическихъ фильтровъ для городского водопровода былъ впервые поставленъ на строго научную почву въ этомъ маленькомъ городкѣ.

Устраивавшая механическіе фильтры компанія гарантировала, что средняя задержка бактерій изъ воды составитъ не менѣе 97%.

Когда фильтры были установлены, то для провѣрки гарантированныхъ результатовъ весной и лѣтомъ 1897 г. надъ ними были произведены испытанія сначала со стороны города, а потомъ со стороны штата.

Первыя изслѣдованія, производившіяся въ теченіе болѣе трехъ мѣсяцевъ подъ руководствомъ городского бактериолога д-ра Баумгардта (A. J. Baumhardt), доказали, что механическіе фильтры дѣйствительно задерживали изъ воды въ среднемъ болѣе 98% бактерій.

Производство второго ряда изслѣдованій было поручено штатскимъ Комитетомъ Общественнаго Здравія извѣстному специалисту по фильтрованію воды инженеру А. Гезену (Mr. Allen Hazen), считающемуся въ С. Америкѣ сторонникомъ медленной песчаной фильтраціи. Испытанія эти продолжались пять недѣль, при чемъ каждый день велись подробныя записи о работѣ фильтровъ и брались пробы для химическихъ и бактериологическихъ анализовъ.

Пробы озерной воды и воды фильтрованной были переданы для производства химическихъ анализовъ профессору Лорду

(Lord), который анализировалъ ихъ и получилъ слѣдующіе результаты:

|                                            | Озерная вода. | Фильтрованная. |
|--------------------------------------------|---------------|----------------|
| Окраска . . . . .                          | 0,5           | Нѣтъ.          |
| Мутность . . . . .                         | Замѣтная.     | Нѣтъ.          |
| Осадокъ . . . . .                          | Легкій.       | Нѣтъ.          |
| Запахъ . . . . .                           | Легкій земл.  | Нѣтъ.          |
| Свободный аммоній . . . . .                | 0,0015        | 0,0014         |
| Альбуминоидъ аммонія . . . . .             | 0,0146        | 0,0076         |
| Азотъ въ видѣ нитратовъ . . . . .          | 0,0170        | 0,0170         |
| Азотъ въ видѣ нитритовъ . . . . .          | 0,0003        | Слѣды.         |
| Общее количество твердыхъ частей . . . . . | 27,30         | 23,00          |
| Летучихъ веществъ . . . . .                | 12,00         | 8,00           |
| Хлоръ . . . . .                            | 0,58          | 0,60           |
| Поглощенный кислородъ . . . . .            | 0,23          | 0,13           |
| Устранимая жесткость . . . . .             | 9,40          | 7,40           |
| Постоянная жесткость . . . . .             | 1,60          | 3,00           |
| Общая жесткость . . . . .                  | 11,00         | 10,40          |

Результаты этихъ анализовъ показываютъ, что при помощи механическихъ фильтровъ задерживалась почти половина растворенныхъ органическихъ веществъ и устранялась сполна окраска воды; осадокъ, мутность, запахъ изъ воды совершенно удалялись и получался фильтратъ вполне удовлетворительный съ химической точки зрѣнія.

Бактеріологическіе анализы, которые въ теченіе пяти недѣль производились на мѣстѣ по три раза въ день, дали слѣдующіе результаты:

Число бактерий въ 1 куб. сантиметрѣ воды.

| Дни недѣли.        | Недѣля, оканчивающаяся 20 июня. |                      | Недѣля, оканчивающаяся 27 июня. |                      | Недѣля, оканчивающаяся 3 июля. |                      | Недѣля, оканчивающаяся 10 июля. |                      | Недѣля, оканчивающаяся 17 июля. |                      |
|--------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
|                    | Вода нефилъ-трованная.          | Вода филь-трованная. | Вода нефилъ-трованная.          | Вода филь-трованная. | Вода нефилъ-трованная.         | Вода филь-трованная. | Вода нефилъ-трованная.          | Вода филь-трованная. | Вода нефилъ-трованная.          | Вода филь-трованная. |
| Воскресенье . . .  | —                               | —                    | —                               | —                    | 200                            | 5                    | 262                             | 13                   | 205                             | 13                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | 100                            | 4                    | —                               | —                    | 179                             | 27                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | —                               | —                    | —                               | —                    |
| Понедѣльникъ . . . | 95                              | 6                    | 800                             | 14                   | 100                            | 3                    | 125                             | 13                   | 166                             | 26                   |
|                    | 135                             | 8                    | 1150                            | 4                    | 300                            | 7                    | 138                             | 15                   | 80                              | 18                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | 156                             | 21                   | —                               | —                    |
| Вторникъ . . . .   | 85                              | —                    | 92                              | 3                    | *)                             | *)                   | 108                             | 20                   | 97                              | 18                   |
|                    | 67                              | 8                    | 362                             | 10                   | *)                             | *)                   | 293                             | 18                   | 250                             | 30                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | 144                             | 22                   | —                               | —                    |
| Среда . . . . .    | 165                             | 7                    | 400                             | 5                    | 500                            | 8                    | 89                              | 11                   | 149                             | 42                   |
|                    | 8392                            | 27                   | 400                             | 5                    | 400                            | 6                    | 207                             | 16                   | 146                             | 27                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | 155                             | 15                   | 160                             | 20                   |
| Четвергъ . . . .   | 3485                            | 18                   | 200                             | 5                    | 103                            | 3                    | 175                             | 81                   | 375                             | 33                   |
|                    | 620                             | 4                    | 398                             | 5                    | 300                            | 8                    | 159                             | 14                   | 104                             | 21                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | 99                              | 8                    | —                               | —                    |
| Пятница . . . .    | 163                             | 10                   | 99                              | 4                    | 400                            | 9                    | 79                              | 10                   | 222                             | 35                   |
|                    | 975                             | 7                    | 158                             | 5                    | 800                            | 15                   | 260                             | 15                   | 242                             | 28                   |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | —                               | —                    | —                               | —                    |
| Суббота . . . . .  | 90                              | 3                    | 274                             | 5                    | 500                            | 10                   | 79                              | 10                   | 268                             | 28                   |
|                    | 3020                            | 80                   | 284                             | 6                    | 700                            | 30                   | 82                              | 11                   | —                               | —                    |
|                    | —                               | —                    | —                               | —                    | —                              | —                    | —                               | —                    | —                               | —                    |
| Среднее число . .  | 1441                            | 16                   | 385                             | 6                    | 367                            | 9                    | 154                             | 14                   | 189                             | 26                   |

Изъ приведенной ниже таблицы усматривается соотвѣтствіе между процентомъ задержанныхъ изъ воды бактерий и количествомъ коагулянта.

\*) Фильтры не работали.

| Ч и с л а.      | Число грановъ коагулянта на галлонъ фильтрованной воды. | % задержанныхъ бактерий. |
|-----------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1897 г.         |                                                         |                          |
| Юня 19. . . . . | 2,58                                                    | 98,9                     |
| Юня 26. . . . . | 2,50                                                    | 98,4                     |
| Юля 3. . . . .  | 2,27                                                    | 97,5                     |
| Юля 10. . . . . | 0,07                                                    | 90,9                     |
| Юля 10. . . . . | 0,94                                                    | 86,3                     |

Является очень замѣтнымъ уменьшеніе бактериологической задерживающей способности фильтра одновременно съ сокращеніемъ количества коагулянта.

Въ продолженіе первыхъ трехъ недѣль испытаній, при употребленіи болѣе значительнаго количества сѣрнокислаго глинозема, образчики фильтрата были нѣсколько разъ изслѣдованы относительно содержанія въ нихъ сѣрнокислаго глинозема, при чемъ было доказано его полное отсутствіе въ фильтратѣ.

Всѣ произведенныя въ Лоренѣ подъ руководствомъ Аллена Гезена испытанія механическихъ фильтровъ привели его къ слѣдующимъ заключеніямъ:

„Испытанія доказываютъ способность механическихъ фильтровъ задерживать около 98% бактерий изъ озерной воды при фильтрованіи ея со скоростью 1,1 галлона на квадратный футъ фильтрующей поверхности (106" въ часъ) и при употребленіи сьюльфата алюминія въ количествѣ 2,5 гранъ на галлонъ воды. Испытанія показываютъ также, что сьюльфатъ алюминія вполнѣ разлагается въ водѣ и не проходитъ сквозь фильтръ въ фильтрованную воду“.

Комитетъ Общественнаго Здравія штата Огіо на основаніи вышеизложенныхъ испытаній одобрилъ между прочимъ слѣдующія заключенія, предложенныя секретаремъ Комитета г., Пробстомъ (Mr. C. O. Probst).

I. Изученіе бактериологическихъ результатовъ фильтрованія въ г. Лоренѣ не показываетъ большой связи между числомъ бактерий въ нефильтрованной и фильтрованной водѣ.

II. Можно отмѣтить, что существуетъ строгое соотношеніе между количествомъ коагулянта и процентомъ задержанныхъ фильтромъ бактерій.

III. Трудно опредѣлить максимальную допустимую скорость фильтрованія, но возможно предложить по крайней мѣрѣ для настоящаго времени (1897 г.) принять максимальную скорость фильтрованія въ 100.000.000 галлоновъ на акръ въ сутки (153,4 дюйма въ часъ).

IV. Для того, чтобы получить несомнѣнно хорошіе результаты, повидимому необходимо употреблять по крайней мѣрѣ 2,5 грана сѣрноокислаго глинозема на каждый галлонъ фильтруемой воды.

Въ виду вышеизложенныхъ заключеній Комитетомъ Общественнаго Здравія штата Огіо было одобрено осуществленное улучшение водоснабженія гор. Лорена, но при этомъ ему было поставлено въ обязательство, чтобы максимальная скорость фильтрованія не превышала 100.000.000 галлоновъ на акръ въ сутки и чтобы при фильтрованіи употреблялось для коагулированія не менѣе 2,5 гранъ сьюльфата алюминія на каждый галлонъ фильтруемой воды.

Испытанія въ г. Питтсбургѣ (Pittsburg, Pa.) \*). Тому же самому инженеру Аллену Гезену, который производилъ испытанія фильтровъ въ г. Лоренѣ, было осенью 1897 года поручено сравнительное испытаніе различныхъ системъ фильтровъ въ г. Питтсбургѣ, шт. Пенсильванія.

Г. Питтсбургъ (Pittsburg, Pa.) питается рѣчной водой рѣки Аллегени (Allegheny), которую въ принципѣ рѣшено было фильтровать. Питтсбургскій водопроводъ столь значителенъ и потребленіе воды изъ него съ каждымъ годомъ настолько растеть, что было разсчитано, что если строить фильтры въ 1900 году, то нужно будетъ ихъ проектировать на 23.000.000 ведеръ въ сутки. Необходимая для города фильтровальная станція по своимъ размѣрамъ будетъ значительно превосходить всѣ существующія до сихъ поръ въ С. Америкѣ фильтровальныя станціи, и потому раньше, чѣмъ приступать къ рѣшенію этого вопроса, было признано необходимымъ произвести сравнительныя испытанія надъ тѣми системами фильтровъ, на успѣшныя

---

\*) См. „Report of the Filtration Commission of the city of Pittsburg, Pa. 1899“.

результаты отъ которыхъ можно было разсчитывать. Для веденія испытанія была образована думская коммиссія и техническое руководство испытаніями было поручено инженеру А. Гезену (Mr. Allen Hazen).

Испытанія въ г. Питтсбургѣ (Pittsburg) производились надъ слѣдующими фильтрами: а) надъ медленнымъ песчанымъ фильтромъ англійскаго типа безъ осадочнаго бассейна; б) надъ такимъ же фильтромъ съ осадочнымъ бассейномъ; в) надъ пластинчатыми фильтрами Вормской системы Фишера и Петерса; г) надъ самотечнымъ механическимъ фильтромъ Джуэлль (Jewell) и д) надъ механическимъ фильтромъ Варренъ (Warren).

Испытанія надъ англійскими песчаными фильтрами начались съ осени 1897 года, а испытанія остальныхъ—съ января 1898 года, при чемъ тѣ и другія испытанія продолжались до сентября мѣсяца 1898 года.

По окончаніи испытаній городу былъ представленъ фильтровальной коммиссіей подробный отчетъ о полученныхъ результатахъ, который полностью еще не напечатанъ \*), но изъ техническихъ журналовъ и путемъ личныхъ сношеній съ инженеромъ А. Гезеномъ мнѣ было возможно получить нижеслѣдующіе выводы, къ которымъ привели Питтсбургскіе опыты:

I. Коммиссія пришла къ заключенію, что Вормскіе пластинчатые фильтры не могутъ быть рекомендованы для г. Питтсбурга вслѣдствіе ихъ высокой цѣны и вслѣдствіе того, что нѣтъ никакой гарантіи въ томъ, что приводимая способность ихъ съ теченіемъ времени не сократится.

II. Медленные песчаные фильтры и механическіе фильтры дали—и тѣ и другіе—хорошіе и приблизительно одинаковые результаты. А. Гезень (Mr. Allen Hazen) въ своемъ отчетѣ сравниваетъ эти результаты между собою въ разныхъ отношеніяхъ и въ концѣ концовъ рекомендуетъ для города Питтсбурга фильтры англійскаго типа, указывая на то, что даваемые ими бактериологическіе и химическіе результаты получились при опытахъ немного выше результатовъ, данныхъ

---

\*) Подробный отчетъ о Питтсбургскихъ испытаніяхъ появился въ печати вскорѣ послѣ Четвертаго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда. 1899 г.



механическими фильтрами. Кроме того, онъ указалъ на то, что механическіе фильтры вслѣдствіе коагуляціи сѣрнокислымъ глиноземомъ нѣсколько увеличивали постоянную жесткость фильтруемой воды. Пробные же песчаные фильтры въ Питтсбургѣ увеличивали, благодаря качествамъ песка, лишь временную жесткость; наконецъ, въ г. Питтсбургѣ по условіямъ климата представляется возможнымъ устраивать медленные песчаные фильтры открытыми, что значительно сокращаетъ ихъ стоимость.

Но, оставаясь защитникомъ медленныхъ песчаныхъ фильтровъ англійскаго типа, инженеръ Алленъ Гезенъ (Mr. Allen Hazen) съ полною добросовѣстностью признаетъ, что и механическіе фильтры могутъ давать вполне хорошіе результаты; такъ, онъ констатируетъ фактъ, что средняя бактериологическая продуктивность механическихъ фильтровъ при опытахъ была 97,45% для фильтра Джюзелль и 98,36% для фильтра Варренъ, при чемъ онъ отмѣчаетъ, что эта продуктивность, вѣроятно, могла бы быть доведена до 99% при болѣе усиленной коагуляціи. „Мутность и окраску изъ воды,—говоритъ Алленъ Гезенъ,—механическіе фильтры задерживали въ болѣе степени, чѣмъ фильтры европейскаго типа“.

Питтсбургскія испытанія выяснили нѣкоторыя новыя стороны въ дѣлѣ примѣненія механическихъ фильтровъ. Такъ, ими было окончательно установлено тотъ фактъ, что степень задержки бактерій находится въ зависимости отъ степени коагуляціи и что скорость при механическихъ фильтрахъ можетъ быть отъ 100.000.000 до 120.000.000 галлоновъ на акръ, т.-е. отъ 153,4 дюйма до 184 дюймовъ въ часъ. Но всѣ эти вопросы еще полнѣе были выяснены во время Луисвилльскихъ испытаній, къ описанію которыхъ теперь нужно перейти.

Испытанія въ г. Луисвиллѣ (Louisville, Kentucky\*) Луисвилль въ штатѣ Кентуки—большой фабричный городъ, имѣетъ населеніе въ 160.000 жит. Водопроводъ этого города рассчитанъ на 7.000.000 ведеръ въ сутки. Источникомъ его служить рѣка Огіо, несущая въ себѣ массу мути, придающей водѣ молочно-

---

\*) См. „Report on the investigations into the purification of the Ohio river water at Louisville, Ky. by George W. Fuller. 1898“.

бѣлый цвѣтъ. Вопросъ объ очищеніи этой воды въ данномъ случаѣ представляетъ большія затрудненія.

Еще въ 1884 году завѣдующій Луисвилльскимъ водопроводомъ инженеръ Германи (Mr. Charles Hermanу) производилъ испытанія надъ очищеніемъ воды р. Огіо англійскими медленными песчаными фیلтрами, и тогда оказалось, что содержащая въ водѣ бѣлая муть быстро засоряла фیلтры и была настолько тонка, что проникала глубоко въ фیلтрующій песокъ; вслѣдствіе этого очистка фیلтра представляла большія затрудненія и было признано, что медленные песчаные фیلтры въ томъ видѣ, какъ они употребляются въ Европѣ, для воды рѣки Огіо совершенно не примѣнимы.

Такимъ образомъ, устройство медленныхъ песчаныхъ фیلтровъ осуществиться не могло, и вопросъ о фیلтрованіи воды долгое время оставался открытымъ. Въ это время во многихъ городахъ С. Америки стали распространяться механическіе фیلтры, и надъ ними были произведены вышеописанныя испытанія въ г. Провиденсѣ (Providence, R. I.), указавшія на возможность полученія отъ механическихъ фیلтровъ хорошихъ результатовъ. Въ виду этого въ Луисвиллѣ пришли къ рѣшенію испытать всѣ существующіе, помимо англійской медленной фیلтраціи, способы очищенія воды.

Водопроводная компанія рѣшила не жалѣть на это средствъ, и въ 1895 году инженеръ Германи (Mr. Charles Hermanу) обратился къ различнымъ компаніямъ, устраивавшимъ системы очищенія воды, съ предложеніемъ доставить свои приборы и раздѣлить съ Луисвилльской водопроводной компаніей труды и расходы по ихъ испытаніямъ. Нѣсколько фирмъ откликнулось на этотъ призывъ, и скоро могли быть начаты испытанія надъ цѣлымъ рядомъ различныхъ приборовъ.

Первое мѣсто заняли механическіе фیلтры, которыхъ было доставлено четыре системы: 1) фیلтръ Джуэлль (Jewell), 2) фیلтръ Варренъ (Warren); оба эти фیلтра самотечные и снабжены мѣшалками для песка во время промывки; 3) открытый фیلтръ Вестернъ (Western), и 4) напорный фیلтръ Вестернъ (Western)—и тотъ и другой безъ мѣшалокъ. Кромѣ того, испытывались поларитный фیلтръ системы Макъ-Дугалля

(Mac-Dougall), называющійся также фильтромъ Говатсонъ, и магнитно-электрическая система Гаррисъ (Harris). Для каждого изъ этихъ фильтровъ отъ водопроводной компаніи было дано отдѣльное помѣщеніе.

Эксплуатація фильтровъ находилась въ распоряженіи доставившихъ ихъ компаній, наблюденіе же за эксплуатаціей фильтровъ, регистрація получаемыхъ данныхъ и анализы воды производились отъ водопроводной компаніи.

Руководство всѣми этими изслѣдованіями было поручено химику-бактеріологу г. Фуллеру (Mr. G. W. Fuller), у котораго былъ въ распоряженіи штатъ хорошо подготовленныхъ сотрудниковъ.

Опыты продолжались въ 1895, 1896 и 1897 годахъ, и указанный выше отчетъ о нихъ вышелъ въ концѣ 1898 года.

Въ первый же годъ испытаній оказалось, что магнитно-электрическая система очищенія воды Гарриса совершенно неудовлетворительна, такъ какъ при ней предполагалось осаждать взвѣшенные въ водѣ вещества и уничтожать органическую жизнь при помощи воздѣйствія на воду сильными электрическими токами, что на практикѣ не дало никакихъ результатовъ.

Поларитный фильтръ Макъ-Дугалля (Mac-Dougall) тоже не выдержалъ испытаній, такъ какъ, рассчитывая на окисляющее вліяніе поларита, при немъ думали избѣжать употребленія коагулянта; на дѣлѣ же выяснилось, что этотъ фильтръ можетъ давать удовлетворительные результаты только при употребленіи коагулянта, но никакъ не безъ него.

Открытый фильтръ «Western» также былъ изъятъ изъ испытаній, потому что оказалось, что вслѣдствіе отсутствія въ немъ мѣшалока на промывку требовалось столько воды, что иногда, при очень мутной водѣ, фильтръ не могъ профильтровывать количества воды, достаточнаго для собственной его промывки.

Такимъ образомъ въ концѣ-концовъ на испытательной станціи осталось въ дѣйствиіи лишь три механическихъ фильтра: самотечные фильтры «Jewell» и «Warren» и напорный «Western», на которыхъ сосредоточился весь интересъ испытаній.

Къ началу 1897 года эти первоначальные испытанія надѣ

вышеозначенными фильтрами закончились. Въ 1897 году Луисвилльская водопроводная компанія продолжала однако свои собственные испытанія, при чемъ главное вниманіе было обращено на выясненіе вопросовъ о коагуляціи и объ отстаиваніи воды.

По окончаніи Луисвилльскихъ испытаній г. Фуллеръ (Mr. G. W. Fuller) представилъ о нихъ водопроводной компаніи подробный отчетъ. Этотъ отчетъ представляетъ собою выдающійся трудъ, онъ содержитъ массу таблицъ и цѣнныхъ данныхъ, всесторонне выясняющихъ дѣло примѣненія механическихъ фильтровъ. До настоящаго времени трудъ этотъ является наиболѣе основательнымъ сочиненіемъ, имѣющимся въ технической литературѣ, по вопросу объ американскомъ способѣ очищенія воды и представляетъ собою послѣднее слово научнаго изслѣдованія этого вопроса.

Первые полтора года Луисвилльскихъ испытаній, въ теченіе которыхъ эксплуатація каждаго фильтра находилась въ рукахъ доставившей его компаніи, привели къ слѣдующимъ результатамъ.

Работа всѣхъ фильтровъ,—Джуэлль, Варренъ и напорнаго Вестернъ,—въ химическомъ отношеніи признана вполне удовлетворительною, но было замѣчено, что взвѣшенные примѣсы задерживались изъ воды лучше, чѣмъ растворенныя.

Процентъ задержки бактерій, какъ это видно изъ цѣлага ряда таблицъ, для фильтра Waggen составилъ въ среднемъ 98,5%, для фильтра Jewell 97,9%, а для фильтра Western 97,4%. Г. Фуллеръ (Mr. G. W. Fuller) признаетъ наилучшее дѣйствіе за фильтромъ Джуэлль и объясняетъ данные фильтромъ Варренъ лучшіе результаты тѣмъ, что при немъ вода до фильтрованія подвергалась болѣе совершенному коагулированію и отстаиванію.

Что касается до напорнаго фильтра Вестернъ (Western), то хотя онъ и далъ хорошіе бактериологическіе результаты, но г. Фуллеръ (Mr. G. W. Fuller) не рекомендуетъ этой системы для г. Луисвилля, такъ какъ вообще фильтры напорные онъ считаетъ менѣе удобными.

Во время Луисвилльскихъ изслѣдованій главнымъ употребляв-

шимся коагулянтъ служилъ основной сольюфатъ алюминія; то-есть продажный сѣрно-кислый глиноземъ. Скорость фильтрованія держалась около 100.000.000. американскихъ галлоновъ на акръ фильтрующей поверхности, то-есть 153,4 дюйма въ часъ, но было доказано, что скорость эту возможно увеличить раза въ полтора и болѣе.

Одинъ изъ главныхъ выводовъ Лунсвилльскихъ испытаній заключался въ томъ, что нѣтъ необходимости спускать первую послѣ промывки фильтрованную воду, такъ какъ возможно при достаточной промывкѣ получать равномерные бактериологическіе результаты фильтрованія за все время работы фильтра.

Было выяснено, что промывку фильтра слѣдуетъ производить не только тогда, какъ истощался весь необходимый для фильтрованія напоръ, но и тогда, когда фильтратъ начиналъ получаться съ опалиссенціей; такъ при фильтрѣ Варренъ ни разу не расходовался весь имѣющійся на фильтрованіе напоръ, а тратилось не болѣе 60% отъ него.

При фильтрѣ Джуэлль (Jewell) иногда, когда фильтрующая поверхность засорялась и переставала пропускать установленное количество воды, вмѣсто промывки фильтра производилось поверхностное взмѣшиваніе песка при помощи тѣхъ же мѣшалокъ, послѣ чего фильтръ снова становился способнымъ очищать воду въ надлежащемъ количествѣ. Во время этого процесса вода не протекала черезъ фильтръ, а стояла въ немъ неподвижно съ уровнемъ немного высшимъ уровня фильтрующего песка. Такой пріемъ примѣнялся иногда два, три раза между двумя послѣдующими промывками и оказался полезнымъ въ смыслѣ сокращенія количества воды на промывку. Благодаря этому, промывку фильтра Джуэлль (Jewell) приходилось дѣлать въ полтора раза рѣже, чѣмъ промывку фильтра Варренъ (Warren), при которомъ верхняго взмѣшиванія песку не примѣнялось. Вслѣдствіе этого для фильтра Джуэлль (Jewell) при обыкновенныхъ условіяхъ работы на промывку расходовалось лишь 2% всей фильтруемой воды, тогда какъ на промывку фильтра Варрена (Warren) расходовалось до 6%.

Лунсвилльскіе опыты затронули и многіе частные вопросы;

такъ ими было выяснено, что искусственно дробленный кварцъ въ качествѣ фильтрующаго матеріала не представляетъ никакихъ преимуществъ предъ дешевымъ натуральнымъ пескомъ. Для болѣе успѣшнаго фильтрованія г. Фуллеръ рекомендуетъ употреблять песокъ болѣе мелкій, чѣмъ примѣнялся ранѣе.

Для устройства постоянной фильтровальной станціи г. Фуллеръ (Mr. G. W. Fuller) рекомендуетъ употреблять желѣзные резервуары предпочтительно предъ деревянными и дѣлать каждый отдѣльный фильтръ возможно болѣе большихъ размѣровъ. Коагулянтъ онъ предлагаетъ растворять въ бакахъ и вводить въ фильтръ самотекомъ.

Конечный выводъ изъ Луисвилльскихъ испытаній первыхъ полутора лѣтъ былъ тотъ, что для воды р. Огіо наиболѣе подходящими являются механическіе фильтры въ связи съ коагуляціей, но недостатокъ всѣхъ предложенныхъ системъ механическихъ фильтровъ заключался въ томъ, что при нихъ не было достаточно мѣста для осажденія примѣсей изъ воды до ея фильтрованія. Для воды р. Огіо это является особенно важнымъ, такъ какъ она несетъ въ себѣ массу мельчайшей бѣлой мути, количество которой гораздо болѣе, чѣмъ во всѣхъ до сихъ поръ подвергавшихся фильтрованію водахъ. Вслѣдствіе этого г. Фуллеръ посовѣтовалъ произвести еще дополнителныя испытанія надъ отстаиваніемъ и коагуляціей воды. Въ теченіе 1897 года и были произведены такія дополнителныя испытанія, которыя выяснили, что предварительному осажденію должно быть отведено очень видное мѣсто.

Благодаря предварительному отстаиванію воды, достигается значительное уменьшеніе количества, а слѣдовательно и стоимости коагулянта, а также и сокращеніе количества воды, идущей на промывку фильтровъ.

При Луисвилльскихъ изслѣдованіяхъ 1897 г. былъ всесторонне выясненъ вопросъ о различныхъ коагулянтахъ. Изученіе это г. Фуллеръ началъ съ теоретической стороны. Въ своемъ отчетѣ онъ даетъ полный списокъ металловъ, соединенія которыхъ могли бы служить коагулянтами. Изъ этого списка онъ исключаетъ металлы, соединенія которыхъ нежелательны или не образуютъ желатинознаго вещества. Въ результатѣ у него остается лишь

два металла: алюминій и желѣзо. Онъ перечисляетъ всевозможныя соединенія этихъ металловъ и выясняетъ ихъ положительныя и отрицательныя стороны. Многія изъ этихъ соединеній были испытаны на дѣлѣ, и выяснилось, что наиболѣе-примѣнимымъ изъ соединеній алюминія является сѣрноокислый глиноземъ, а изъ соединенія желѣза—сѣрноокислая закись (reg-sulphate) желѣза, изъ которыхъ въ водѣ, содержащей углекислые кальцій и магнезію, образуются гидратъ алюминія и гидратъ желѣза.

Кромѣ этихъ коагулянтовъ, изучалось также дѣйствіе другого разряда коагулянтовъ, а именно такихъ, которые образуются отъ дѣйствія электрическаго тока на рядъ пластинъ металлическаго алюминія или желѣза, опущенныхъ въ идущую на фильтры воду. При этомъ тоже образуется въ первомъ случаѣ гидратъ алюминія, а во второмъ случаѣ гидратъ желѣза. И тотъ, и другой являются хорошимъ коагулянтомъ.

Такимъ образомъ намѣчено было четыре наилучшихъ коагулянта: сѣрноокислый глиноземъ, сѣрноокислая закись желѣза и получаемые изъ металлическихъ пластинъ путемъ воздѣйствія на нихъ электрическимъ токомъ гидраты алюминія и желѣза.

Надъ всѣми этими четырьмя коагулянтами производились подробныя изслѣдованія, которыя выяснили слѣдующее: сѣрноокислый глиноземъ (сульфатъ алюминія) является очень хорошимъ коагулянтомъ и при употребленіи его не можетъ быть и рѣчи о вредномъ вліяніи фильтрованной воды на здоровье, такъ какъ вполне легко достигнуть того, чтобы онъ неразложненнымъ никогда не проходилъ въ фильтрованную воду; соли же, получаемыя отъ разложенія его, частью задерживаются на фильтрѣ, частью проходятъ въ фильтратъ, но такія соли содержатся и во всякой естественной водѣ. На ряду съ этимъ было отмѣчено, что введеніе въ воду сѣрноокислаго глинозема уменьшаетъ временную жесткость и увеличиваетъ нѣсколько постоянную жесткость воды, что не желательно въ тѣхъ случаяхъ, когда вода сама по себѣ очень жестка и когда она употребляется для паровыхъ котловъ. Въ то же время сѣрноокислый глиноземъ обусловливаетъ введеніе въ воду свободной углекислоты, что дѣлаетъ воду болѣе способной вызывать ржавчину въ трубахъ въ

тѣхъ случаяхъ, когда послѣднія недостаточно хорошо асфальтированы.

При употребленіи коагулянтовъ, образуемыхъ электрическимъ путемъ изъ алюминіевыхъ или желѣзныхъ пластинъ, жестокость воды не увеличивается и углекислоты въ нее не вводится, что и составляетъ достоинство этихъ коагулянтовъ. Нужно однако сказать, что коагулянтъ отъ разложенія алюминіевыхъ пластинъ не рекомендуется г. Фуллеромъ вслѣдствіе его чрезмѣрной дороговизны и неравномѣрности процесса разложенія алюминія.

Такимъ образомъ въ практическомъ отношеніи оказались доступными три коагулянта: сѣрноокислый глиноземъ (сульфатъ-алюминія), получаемый электрическимъ путемъ гидратъ желѣза и сѣрноокислая закись желѣза. Изъ нихъ самый дорогой коагулянтъ—это получаемый изъ металлическаго желѣза; за нимъ слѣдуетъ сѣрноокислый глиноземъ и наконецъ—самый дешевый—сѣрноокислая закись желѣза; этотъ послѣдній однако г. Фуллеръ также не рекомендуетъ, потому что свойство его увеличивать постоянную жестокость и вводить въ воду углекислоту въ три раза сильнѣе, чѣмъ соотвѣтственное свойство сѣрноокислаго глинозема.

Сравнивая сѣрноокислый глиноземъ съ коагулянтомъ изъ желѣзныхъ пластинъ, г. Фуллеръ отмѣчаетъ тотъ фактъ, что для образованія нерастворимаго хлопьевиднаго гидрата желѣза изъ желѣзныхъ пластинъ необходимо присутствіе въ водѣ свободнаго кислорода. Когда свободнаго кислорода въ водѣ мало, то его можетъ не достать для реакцій; въ такихъ случаяхъ конечнымъ результатомъ реакцій получится не хлопьевидное, а растворимое соединеніе, которое можетъ пройти сквозь фильтръ въ фильтрѣ. Такъ какъ вода р. Огіо требуетъ много коагулянта и въ лѣтніе мѣсяцы содержитъ вообще мало раствореннаго кислорода, то въ Луисвиллѣ въ это время пришлось бы переходить отъ употребленія гидрата желѣза къ употребленію сѣрноокислаго глинозема. Поэтому въ окончательномъ выводѣ г. Фуллеръ рекомендуетъ употреблять для коагулированія воды р. Огіо сѣрноокислый глиноземъ.

Вторымъ пунктомъ изслѣдованія 1897 года былъ вопросъ объ осажденіи. Луисвилльскія испытанія показали, что при вве-



деніи коагулянта въ воду, содержащую въ себѣ много всевозможныхъ примѣсей, сейчасъ же происходитъ осажденіе болѣе крупныхъ частичекъ. Эти частички падаютъ на дно осадочнаго бассейна и увлекаютъ за собою хлопья коагулянта. Въ водѣ же остаются плавающими болѣе мелкія примѣси. Кромѣ того, находящіяся въ водѣ взвѣшенныя примѣси поглощаютъ часть коагулянта неразложившимъ, не давши такимъ образомъ ему возможности исполнѣть свое коагулирующее дѣйствіе. Такая потеря коагулянта бываетъ тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ болѣе взвѣшенныхъ веществъ находится въ водѣ. Это навело на мысль, что для того, чтобы не терять коагулянта при мутной водѣ, слѣдуетъ примѣнять предварительное отстаиваніе безъ коагуляціи, которое освобождало бы воду отъ болѣе крупныхъ примѣсей. Послѣ такого предварительнаго отстаиванія воды слѣдуетъ уже производить коагуляцію.

Разсматривая вопросъ о томъ, за сколько времени до поступленія воды на фильтрующій слой слѣдуетъ вводить коагулянтъ, г. Фуллеръ приходитъ къ тому конечному выводу, что этотъ промежутокъ времени долженъ быть тѣмъ менѣе, чѣмъ чище вода. Такимъ образомъ, при чистой водѣ коагулянтъ слѣдуетъ вводить за полчаса и даже менѣе до фильтрованія; при очень же грязной водѣ коагулянтъ долженъ вводиться за 6 и болѣе часовъ до фильтрованія. Количество вводимого въ воду сѣрноокислаго глинозема должно быть таково, чтобы образовавшаяся изъ него студенистая масса была достаточна для того, чтобы стянуть въ свои хлопья всѣ находящіяся въ водѣ примѣси, поэтому количество коагулянта должно быть тѣмъ болѣе, чѣмъ грязнѣе вода, подлежащая очищенію.

Если вода настолько чиста, что приходится употреблять сѣрноокислый глиноземъ въ количествѣ полутора грана на галлонъ, то всю порцію коагулянта г. Фуллеръ предлагаетъ вводить въ одинъ пріемъ. Если же вода грязна и коагулянта приходится употреблять болѣе полутора грана на галлонъ, то г. Фуллеръ рекомендуетъ вводить его въ два пріема: одинъ разъ въ осадочный бассейнъ за нѣсколько времени до фильтрованія и затѣмъ, когда болѣе крупныя примѣси изъ воды осядутъ и увлекутъ за собою первую порцію прибавленнаго коагулянта,

слѣдуетъ вводить коагулянтъ еще разъ — уже прямо на фильтръ.

Описанныя изслѣдованія привели къ тому заключенію, что вопросъ о вліяніи осадочныхъ бассейновъ имѣетъ громадную важность; такъ, въ теченіе первыхъ полутора года Луисвилльскихъ испытаній, когда осажденію не было дано достаточнаго мѣста, коагулянта приходилось употреблять до трехъ грановъ на галлонъ; испытанія же второго года выяснили, что при достаточномъ предварительномъ отстаиваніи воды коагулянта требуется лишь полтора грана на галлонъ данной воды, то-есть вдвое менѣе.

Насколько все вышеизложенное объ осажденіи и о коагуляціи можетъ относиться къ тѣмъ рѣчнымъ водамъ, какія мы имѣемъ въ Россіи, могутъ показать лишь спеціальныя изслѣдованія. Рѣчныя воды С. Амереки, содержація въ себѣ часто массу мельчайшей бѣлой мути (silt), частички которой бываютъ даже мельче, чѣмъ бактеріи, уже по своему внѣшнему виду не похожи на наши русскія рѣчныя воды.

Въ Россіи рѣчныя воды часто имѣютъ коричневатую гумму-совую окраску, которая, какъ и мутность, удаляется механическими фильтрами вполне совершенно, но вопросъ объ удаленіи окраски воды, происходящей отъ растворенныхъ веществъ, какъ это видно изъ доклада, недавно сдѣланнаго инженеромъ Гезеномъ (Mr. Allen Hazen) Франклинскому институту, слѣдуетъ отличать отъ вопроса объ удаленіи мути. Г. Гезенъ говоритъ, что и то, и другое достигается механическими фильтрами въ болѣе-шей степени, чѣмъ медленными песчаными фильтрами. Но онъ видитъ въ томъ и другомъ два совершенно отдѣльные вопроса.

Въ каждомъ данномъ случаѣ и при каждой данной водѣ являются новыя условія, и потому намъ въ Россіи нельзя удовлетворяться тѣми изслѣдованіями надъ механическими фильтрами, которыя были произведены въ С. Америкѣ. Необходимо производить изслѣдованія самимъ и выяснять значеніе механическихъ фильтровъ примѣнительно къ нашимъ условіямъ.

Теперь перейду къ описанію послѣднихъ испытаній въ С.

Америкѣ въ городѣ Цинциннати, которыя только что окончены и отчетъ о которыхъ былъ мною полученъ изъ Америки за три дня до отъѣзда на нашъ настоящий Сѣздъ.

**Изслѣдованія въ г. Цинциннати (Cincinnati, Ohio) \*).**

Изслѣдованія надъ механическими фильтрами въ г. Цинциннати производились тѣмъ же самымъ г. Фуллеромъ (Mr. G. W. Fuller), который руководилъ испытаніями въ г. Луисвиллѣ.

Подлежащая очищенію вода была та же вода р. Огіо, и въ этомъ отношеніи изслѣдованія въ Цинциннати (Cincinnati, Ohio) составляютъ прямое продолженіе Луисвилльскихъ изслѣдованій, но условія возникновенія ихъ были иныя: въ г. Цинциннати въ 1896 году было проектировано расширение существующаго рѣчного водопровода съ доведеніемъ его проводимой способности до 25.000.000 ведеръ въ сутки, при чемъ инженерная коммиссія рекомендовала примѣненіе медленной англійской фильтраціи въ связи съ предварительнымъ осажденіемъ.

Для выясненія вопроса о наилучшемъ способѣ примѣненія этой системы фильтрованія и было рѣшено предпринять въ 1898 году изслѣдованія ея. Испытанія начались съ 28 марта 1898 года и продолжались до 25 января 1899 года. Первоначально испытывались только англійскіе фильтры.

Вода разводилась по осадочнымъ бассейнамъ и по ряду англійскихъ фильтровъ, съ фильтрующими слоями различной толщины и различнаго песку, устроенныхъ въ видѣ отдѣльныхъ круглыхъ баковъ. Вся фильтрованная вода направлялась въ водопроводъ. Съ сентября мѣсяца 1898 г. къ этимъ фильтрамъ былъ еще присоединенъ одинъ открытый механическій фильтръ системы Джуэлль (Jewell).

Общій ходъ изслѣдованія былъ таковъ: сначала испытывалась медленная песчаная фильтрація безъ предварительнаго осажденія и съ осажденіемъ. При этомъ было выяснено, что такимъ способомъ можно удовлетворительно очищать воду р. Огіо лишь въ теченіе 122 дней въ году, то-есть 36%

---

\*) См. „Report on the investigations into the purification of the Ohio river water for the improved water supply of the city of Cincinnati, Oh. by George W. Fuller Chief Chemist and Bacteriologist. Cincinnati, Oh. 1899“.

всего времени; въ остальное же время рѣчная вода содержитъ такое большое количество мелкой бѣлой мути, что очистка фильтровъ представила бы серьезныя затрудненія и фильтратъ получился бы окрашенный и съ повышеніемъ числа остающихся въ немъ бактерий. Что касается до испытаній надъ англійскими фильтрами въ связи съ предварительнымъ осажденіемъ воды, то эти испытанія выяснили, что если воду подвергать отстаиванію въ теченіе трехъ дней (при чемъ вода освобождается отъ 75% находящейся въ ней мути), то число дней въ году, въ теченіе которыхъ англійскіе фильтры дали бы хорошіе результаты, равно 231, то-есть 64% всего времени. Было найдено, что отстаивать воду р. Огіо болѣе трехъ дней не представляется расчета, такъ какъ послѣ этого срока въ водѣ остаются лишь самыя легкія взвѣшенныя части, осажденіе которыхъ продолжается очень медленно—по 5% всего количества въ 1 день, а въ концѣ даже и того менѣе.

Такимъ образомъ было выяснено, что англійскіе фильтры въ связи съ простымъ осажденіемъ не давали бы удовлетворительныхъ результатовъ для воды р. Огіо. Это привело г. Фуллера (Mr. G. W. Fuller) къ мысли примѣнить для Цинциннати систему фильтрованія, которую онъ называетъ «измѣненная англійская система фильтрованія». Идея ея заключается въ томъ, чтобы воду сначала подвергать отстаиванію совмѣстно съ коагулированіемъ, а потомъ фильтровать обыкновенными англійскими фильтрами. При этомъ коагулянтъ нужно вводить какъ можно ранѣе, такъ чтобы ко времени достиженія водою фильтра изъ нея успѣли уже осѣсть хлопья коагулянта и чтобы такимъ образомъ они не вносили излишняго факта засоренія фильтрующаго слоя. Г. Фуллеръ рѣшилъ при этомъ процессѣ вводить коагулянтъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда вода особенно мутна, въ остальныхъ же случаяхъ англійскіе фильтры могутъ дать хорошіе результаты и безъ коагулянта. Время необходимое для отстаиванія воды въ этомъ случаѣ, было определено въ два дня.

Такую систему очищенія воды г. Фуллеръ и испыталъ въ Цинциннати, при чемъ въ параллель съ ней было рѣшено испытать и механическіе фильтры въ томъ видѣ, какъ онъ ихъ

рекомендовалъ для г. Лунсвилля. Процессъ этотъ заключался въ томъ, что вода сначала подвергалась простому отстаиванію въ теченіе двухъ сутокъ, потомъ переводилась въ другой резервуаръ, гдѣ подвергалась коагулированію, и въ связи съ нимъ, отстаивалась еще 6 часовъ, послѣ чего уже шла на механическій фильтръ.

Г. Фуллеръ отмѣчаетъ тотъ фактъ, что при примѣненіи быстрыхъ механическихъ фильтровъ работа послѣднихъ можетъ быть успѣшна лишь въ томъ случаѣ, если вода въ моментъ своего поступленія на фильтрующій слой еще содержитъ достаточное количество хлопьевъ коагулянта.

Для «измѣненной англійской фильтраціи» требуется противоположное условіе, поэтому при послѣдней коагуляція должна производиться съ самаго начала въ большомъ резервуарѣ, при механическихъ же фильтрахъ слѣдуетъ устраивать для коагуляціи второй отдѣльный бассейнъ на пути воды къ фильтрамъ. Если бы въ то время, когда вода подступаетъ на механическіе фильтры, въ ней не осталось достаточнаго количества хлопьевъ, то г. Фуллеръ указываетъ на возможность второго, добавочнаго коагулированія.

Параллельныя Цинциннатскія изслѣдованія надъ измѣненной англійской и надъ механической (американской) фильтраціей дали въ обоихъ случаяхъ вполнѣ хорошіе результаты; г. Фуллеръ считаетъ, что при обѣихъ системахъ можно рассчитывать на задержку изъ воды до 99% бактерій, и въ своемъ отчетѣ указываетъ, что и та, и другая система можетъ быть съ успѣхомъ примѣнена для города Цинциннати (Cincinnati), но въ концѣ-концовъ, всесторонне разсмотрѣвъ оба процесса, онъ рекомендуетъ г. Цинциннати американскіе механическіе фильтры. Свой отчетъ, который онъ въ качествѣ руководившаго опытами химика и бактериолога, 31 января 1899 года, подаль главному инженеру Цинциннатскаго водопровода, г. Фуллеръ (Mr. G. W. Fuller) заканчиваетъ слѣдующими словами:

„Данныя, полученныя при этихъ изслѣдованіяхъ, показываютъ, что воду р. Огіо возможно освѣтлять и очищать удовлетворительнымъ образомъ какъ при помощи «измѣненной англійской», такъ и при

помощи «американской» фильтраціи. Изъ этихъ двухъ системъ, какъ ясно показали опытъ и полученные данныя, «американская система» будетъ представлять менѣе затрудненій при эксплуатаціи, обойдется нѣсколько дешевле, дастъ въ общемъ такое же удовлетворительное качество фильтрованной воды и можетъ быть легко и дешево расширяема соотвѣтственно будущимъ требованіямъ. Все это приводитъ къ заключенію, что «американская система» освѣтленія и очищенія воды является болѣе выгодною для примѣненія при мѣстномъ водопроводѣ».

Этимъ я заканчиваю мой обзоръ произведенныхъ до настоящаго времени въ С. Америкѣ научныхъ изслѣдованій дѣйствія механическихъ фильтровъ.

Скажу нѣсколько словъ объ изслѣдованіяхъ по тому же вопросу, которыя предпринимаются въ Москвѣ на средства города (на эти изслѣдованія ассигнованно болѣе 65.000 руб.) и подъ контролемъ Института Гигіены при Императорскомъ Московскомъ Университетѣ. Мы взяли три наиболѣе типичные фильтра, а именно: самотечный фильтр Джуэлль (Jewell) на 100.000 ведеръ; самотечный фильтр Варренъ (Warren) на 100.000 ведеръ въ сутки и напорный фильтр Риддэлль (Riddell) на 50.000 ведеръ въ сутки. Я полагаю, что при предстоящихъ опытахъ мы не будемъ много заниматься проверкою того, что дѣлалось въ городахъ: Провиденсѣ, Лоренѣ, Луисвиллѣ и Питтсбургѣ. Нашею главною задачею должно быть выясненіе тѣхъ вопросовъ, которые намѣчаются самыми послѣдними испытаніями въ Цинциннати, а также и вопросовъ, поставленныхъ Луисвилльскими изслѣдованіями.

Здѣсь, на Одесскомъ водопроводѣ, уже намѣчено И. О. Платсомъ то улучшеніе въ дѣлѣ фильтрованія воды, которое г. Фуллеръ только что выяснилъ въ г. Цинциннати и называетъ измѣненнымъ «англійскимъ способомъ». Въ систему Одесскаго водопровода такое улучшеніе укладывается съ большимъ удобствомъ, и если оно будетъ здѣсь испытано, то результаты испытанія, несомнѣнно, будутъ способствовать выясненію вопроса объ очищеніи рѣчныхъ водъ, назначаемыхъ для водоснабженія городовъ. (*Апподисменты.*)

Исходя изъ моего доклада, я имѣю честь предложить Съѣзду принять слѣдующія два постановленія:

1. Современное положеніе и развитіе дѣла очищенія рѣчныхъ водъ механическими фильтрами въ связи съ воздѣйствіемъ на подлежащую фильтрованію воду химическими веществами (коагулянтами) даетъ основаніе ожидать, что надлежащее примѣненіе такихъ системъ очищенія воды можетъ внести въ дѣло водоснабженія городовъ рѣчными водами значительное улучшеніе какъ въ санитарномъ, такъ и въ экономическомъ отношеніи.

2. Желательно, чтобы намѣченное уже на Одесскомъ водопроводѣ улучшеніе въ дѣлѣ очищенія воды, заключающееся въ коагулированіи ея въ отстойникахъ ранѣе фильтрованія, было подвергнуто испытанію подъ строгимъ научнымъ контролемъ и результаты такого испытанія были бы сообщены Пятому Русскому Водопроводному Сѣзду.

---

Для предварительнаго ознакомленія съ литературными матеріалами, положенными въ основу этого доклада, Водопроводный Сѣздъ избралъ специальную комиссію въ составѣ профессора А. А. Вериги и докторовъ П. Н. Діатроптова и Я. Г. Раппепорта. Эта комиссія представила Сѣзду слѣдующія свои заключенія:

1. Матеріалы, обрисовывающіе дѣятельность механическихъ американскихъ фильтровъ, со стороны научной разработаны очень обстоятельно и позволяютъ дѣлать изъ нихъ выводы, указывающіе на возможность полученія изъ этихъ фильтровъ воды въ качественномъ отношеніи не хуже, чѣмъ изъ фильтровъ англійской системы.

2. Центр тяжести очистки воды при помощи механическихъ американскихъ фильтровъ заключается не въ фильтраціи, а въ коагуляціи воды и въ увлеченіи изъ нея образовавшимися хлопьями бактерій.

3. Для сохраненія требуемаго гигиеной химическаго состава воды необходимо строгое соотвѣтствіе прибавляемаго къ водѣ коагулянта съ химическимъ составомъ воды.

4. Задерживая при помощи образовавшихся хлопьевъ бактеріи, коагулянтъ не уничтожаетъ самъ по себѣ болѣзнетворныхъ бактерій, и въ томъ случаѣ, когда онѣ не будутъ задержаны хлопьями, бактеріи эти могутъ остаться въ водѣ и пройти черезъ фильтры. Существуетъ при этомъ возможность при очень большой скорости теченія воды черезъ фильтры вымыванія бактерій изъ хлопьевъ.

5. Необходимость получения чистой, лишенной микробовъ воды, съ возможно меньшими матеріальными затратами, обусловливаетъ крайнюю желательность дальнѣйшихъ опытовъ въ этомъ направленіи.

На основаніи заключеній Коммисіи и премій по докладу Съѣздъ сдѣлалъ слѣдующія постановленія:

„Современное положеніе и развитіе дѣла очищенія рѣчныхъ водъ механическими фильтрами или фильтрами обыкновенными, въ связи съ воздѣйствіемъ на фильтруемую воду химическими веществами (коагулянтами) даетъ основаніе ожидать, что надлежащее примѣненіе такихъ системъ очищенія водъ можетъ оказать большую пользу дѣлу водоснабженія городовъ рѣчными водами“.

„Желательно, чтобы намѣченныя уже на Одесскомъ водопроводѣ улучшенія въ дѣлѣ очищенія воды, заключающіяся въ коагулированіи ея въ отстойникахъ ранѣе фильтрованія, были подвергнуты испытанію подъ строгимъ научнымъ контролемъ и результаты такого испытанія были бы сообщены пятому русскому водопроводному Съѣзду“.

---



### III.

## О новѣйшихъ изслѣдованіяхъ американскихъ механическихъ фильтровъ.

Сообщеніе инженера Н. П. Зимина Пятому Русскому Водопроводному Съѣзду 1901 г., въ Кіевѣ.

На Четвертомъ Русскомъ Водопроводномъ Съѣздѣ въ Одессѣ, въ апрѣлѣ 1899 года, мною былъ сдѣланъ докладъ: «О результатахъ научныхъ изслѣдованій механическихъ фильтровъ, произведенныхъ въ С. Америкѣ», и на основаніи этого доклада Съѣздъ призналъ, что „современное положеніе и развитіе дѣла очищенія рѣчныхъ водъ механическими фильтрами или фильтрами обыкновенными въ связи съ воздѣйствіемъ на фильтруемую воду химическими веществами (коагулянтами) даетъ основаніе ожидать, что надлежащее примѣненіе такихъ системъ очищенія воды можетъ оказать большую пользу дѣлу водоснабженія городовъ рѣчными водами“.

Желая держать Русскіе Водопроводные Съѣзды въ курсъ постепеннаго развитія американскаго метода очищенія воды, я въ настоящее время хочу сдѣлать Пятому нашему Съѣзду краткое сообщеніе о томъ, что сдѣлано въ этой области за послѣдніе два года, т.-е. послѣ Четвертаго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда.

На Четвертомъ Водопроводномъ Съѣздѣ я говорилъ о научныхъ изслѣдованіяхъ американскаго способа очищенія воды, произведенныхъ въ городахъ: Провиденсѣ, Луисвиллѣ, Лоренѣ, Питтсбургѣ и Цинциннати. Въ настоящее время къ этимъ изслѣдованіямъ слѣдуетъ прибавить изслѣдованія, произведенныя въ городахъ Истѣ-Провиденсѣ, Вашингтонѣ, а также и

производящихся, но еще не оконченныя изслѣдованія въ городахъ Филадельфіи и Новомъ Орлеанѣ.

Изслѣдованія въ г. East-Providence R. I. \*), были произведены въ 1899 г. и продолжались съ 13-го марта по 2-е августа этого года. Руководство надъ ними было поручено инженеру Edmund B. Weston, который раньше, еще въ 1893 г., произвелъ первыя научныя изслѣдованія надъ американскимъ методомъ очищенія воды, въ г. Провиденсѣ.

Изслѣдованія въ г. East-Providence производились надъ механическимъ фильтромъ въ 12 футъ діаметромъ, извѣстнымъ подъ названіемъ «самотечный фильтръ Джуэлль». Производительность этого фильтра составляетъ около 100.000 ведеръ въ 24 часа. Скорость фильтрованія была принята въ 125 милл. американскихъ галлоновъ на акръ, что соотвѣтствуетъ 192 дюймамъ въ часъ. Фильтръ во время испытаній находился въ обыкновенныхъ условіяхъ работы, фильтрованная вода направлялась въ городскую сѣтъ водопроводныхъ трубъ и такимъ образомъ служила для потребленія.

Химическіе анализы воды производились при испытаніяхъ профессоромъ Броунскаго университета Mr. John H. Appleton. Бактеріологическія изслѣдованія производилъ Dr. G. T. Swarts, Секретарь комитета Общественнаго Здравія Штата Rhode Island; онъ же опредѣлялъ степень окрашенности и щелочности образцовъ воды.

Коагулянтномъ во время испытаній служилъ сѣрнокислый глиноземъ. Онъ прибавлялся къ нефилътрированной водѣ въ формѣ раствора, который составлялся изъ одной части сѣрнокислаго глинозема и 20 частей воды. Растворъ этотъ предъ употребленіемъ его взмѣшивался.

Сѣрнокислый глиноземъ, употреблявшійся во время хода опытовъ, содержалъ около 22% глинозема ( $Al_2O_3$ ) и прибавлялся къ водѣ въ количествѣ одного грана на галлонъ воды (1,25 пуда на 100.000 ведеръ). Кромѣ того, было произведено нѣсколько спеціальныхъ испытаній, при которыхъ сѣрнокислый

---

\*) См. „Engineering News“ July 13. 1899. Vol. XLII. № 28, p. 29. „The Engineering Record“, July 1. 1899. Vol. 40. № 5, p. 96.

глиноземъ вводился въ количествѣ 0,60—0,75—1,25 гранъ на галлонъ воды, или же примѣнялся другой сортъ сѣрноокислаго глинозема, содержащій не 22%, а 17% глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Средніе результаты химическихъ изслѣдованій воды во время опытовъ, за исключеніемъ испытаній специальныхъ, показали слѣдующія процентныя уменьшенія въ фильтрованной водѣ сравнительно съ водою нефильтованной: общаго остатка твердыхъ веществъ по выпариваніи—на 6%, хлора—на 1%, окиси желѣза—на 61%, окиси алюминія (глинозема)—на 38%, свободного аммонія—на 29%, альбуминоидъ-аммонія—на 63% и окрашенности—на 83%. Увеличеніе жесткости воды составило 20%. Фильтрованная вода всегда имѣла болѣе или меньше щелочную реакцію.

Слѣдующая таблица даетъ бактеріологическіе результаты, которые были получены въ то время, когда сѣрноокислый глиноземъ употреблялся въ количествѣ одного грана на 1 галлонъ воды (0,21 грамма на ведро).

Какъ видно изъ приведенной ниже таблицы, ею дается 64 результата: среднее процентное задержаніе бактерій равно 99,24%, низшее—96,56% и высшее—100%.

Число случаевъ, когда процентное задержаніе бактерій констатировано менѣе 96,56%, равно 0, менѣе 97% — 4, менѣе 98%—6, менѣе 99%—18. Остальные 46 результатовъ даютъ задержаніе бактерій выше 99%.

Анализами выяснено то обстоятельство, что фильтрованная вода въ среднемъ содержала алюминія на 38% менѣе, чѣмъ вода до введенія въ нее сѣрноокислаго глинозема. Въ виду ничтожнаго содержанія бактерій въ фильтрованной водѣ, полученные результаты слѣдуетъ считать вполне удовлетворительными, несмотря на то, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ задержаніе бактерій было ниже 98%.

Изъ таблицы видно, что среднее число бактерій на 1 кубическій сантиметръ фильтрованной американскими механическими фильтрами воды было менѣе 4,5, т.-е. очень незначительное. Среднее количество бактерій, напримѣръ, въ фильтрованной водѣ фильтровальной станціи въ г. Лауренсѣ, въ штатѣ Массачусетсѣ, гдѣ фильтры песчаные — медленные

Бактеріологическіе результаты, полученные въ г. East-Providence, отъ механическаго фильтра, системы „Jewell“, при употребленіи для коагулированія воды стѣрноислаго глинозема въ количествѣ 1 грана на 1 галлонъ воды (0,21 грамма на ведро) и при скорости фильтрованія въ 125.000.000 галлоновъ на 1 акръ въ 24 часа (192" въ часъ).

| В р е м я . |        | Число бактерій въ 1 куб. сант. воды. |                 | ‰задерж-ки бакте-рій. | П р и м ѣ ч а н і я . |
|-------------|--------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Мѣсяцъ.     | Число. | Не филь-трован-ной.                  | Фильтро-ванной. |                       |                       |
| 1889 г.     |        |                                      |                 |                       |                       |
| Мартъ.      | 13     | 768                                  | 4,0             | 99,48                 | Стерилизація фильтра. |
|             | 14     | 595                                  | 5,5             | 99,08                 |                       |
| „           | 15     | —                                    | —               | —                     |                       |
| „           | 16     | 1.299                                | 9,0             | 99,31                 |                       |
| „           | 17     | 1.257                                | 7,0             | 99,45                 |                       |
| „           | 18     | 683                                  | 4,0             | 99,41                 |                       |
| „           | 31     | 782                                  | 1,5             | 99,82                 |                       |
| Апрѣль.     | 1      | 499                                  | 7,0             | 98,60                 |                       |
| „           | 3      | 636                                  | 1,5             | 99,76                 |                       |
| „           | 4      | 628                                  | 2,0             | 99,68                 |                       |
| „           | 5      | 545                                  | 4,0             | 99,27                 | Анализъ не удался.    |
| „           | 6      | 855                                  | 3,0             | 99,65                 |                       |
| „           | 7      | 1.910                                | 19,0            | 99,01                 |                       |
| „           | 8      | 1.009                                | 6,5             | 99,36                 |                       |
| „           | 10     | 1.175                                | 5,5             | 99,45                 |                       |
| „           | 11     | 943                                  | 9,3             | 99,01                 |                       |
| „           | 12     | 1.443                                | 9,0             | 99,38                 |                       |
| „           | 13     | 336                                  | 4,3             | 98,73                 |                       |
| „           | 14     | —                                    | 4,0             | —                     |                       |
| „           | 15     | 798                                  | 1,6             | 99,84                 |                       |
| „           | 17     | 765                                  | 7,5             | 99,02                 |                       |
| „           | 18     | 578                                  | 1,5             | 99,74                 |                       |
| „           | 19     | 865                                  | 11,0            | 98,73                 |                       |
| „           | 20     | 546                                  | 3,0             | 99,45                 |                       |
| „           | 21     | 699                                  | 2,0             | 99,71                 |                       |
| „           | 22     | 499                                  | 3,0             | 99,40                 |                       |
| „           | 24     | 293                                  | 3,0             | 98,98                 |                       |
| „           | 25     | 697                                  | 0,5             | 99,93                 |                       |
| „           | 26     | 724                                  | 11,0            | 98,48                 |                       |
| „           | 27     | 422                                  | 9,0             | 97,87                 |                       |
| „           | 28     | 280                                  | 2,5             | 99,11                 |                       |
| „           | 29     | 370                                  | 6,0             | 98,38                 |                       |
| Май.        | 8      | 266                                  | 9,0             | 96,62                 |                       |
| „           | 9      | 976                                  | 3,0             | 99,69                 |                       |

| В р е м я .  |        | Число бактерий въ<br>1 куб. сант. воды. |                     | %задерж-<br>ки бакте-<br>рій. | П р и м ѣ ч а н і я . |
|--------------|--------|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Мѣсяцъ.      | Число. | Не филь-<br>трован-<br>ной.             | Фильтро-<br>ванной. |                               |                       |
| Май.         | 10     | 708                                     | 13,5                | 98,09                         |                       |
| „            | 11     | 150                                     | 5,0                 | 96,66                         |                       |
| „            | 12     | 466                                     | 3,5                 | 99,25                         |                       |
| „            | 13     | 305                                     | 4,0                 | 98,69                         |                       |
| „            | 15     | 225                                     | 1,0                 | 99,56                         |                       |
| „            | 16     | 238                                     | 0,5                 | 99,79                         |                       |
| „            | 17     | 306                                     | 0,5                 | 99,83                         |                       |
| „            | 18     | 473                                     | 0,0                 | 100,00                        |                       |
| „            | 19     | 210                                     | 0,5                 | 99,76                         |                       |
| „            | 20     | 228                                     | 1,0                 | 99,56                         |                       |
| „            | 22     | 238                                     | 0,5                 | 99,79                         |                       |
| „            | 23     | 279                                     | 1,0                 | 99,64                         |                       |
| „            | 24     | 228                                     | 1,0                 | 99,56                         |                       |
| „            | 25     | 275                                     | 0,0                 | 100,00                        |                       |
| „            | 26     | 270                                     | 0,5                 | 99,81                         |                       |
| „            | 27     | 185                                     | 1,0                 | 99,46                         |                       |
| „            | 29     | 454                                     | 4,5                 | 99,01                         |                       |
| „            | 30     | 334                                     | 11,5                | 96,56                         |                       |
| „            | 31     | 458                                     | 10,0                | 97,82                         |                       |
| Юнь.         | 8*)    | 331                                     | 4,0                 | 98,79                         |                       |
| „            | 9      | 494                                     | 5,6                 | 98,86                         |                       |
| „            | 10     | 341                                     | 6,3                 | 98,15                         |                       |
| „            | 12     | 354                                     | 0,3                 | 99,92                         |                       |
| „            | 13     | 243                                     | 2,0                 | 99,18                         |                       |
| „            | 14     | 181                                     | 0,3                 | 99,83                         |                       |
| „            | 15     | 265                                     | 1,0                 | 99,62                         |                       |
| „            | 16     | 388                                     | 0,6                 | 99,85                         |                       |
| „            | 17     | 277                                     | 1,3                 | 99,53                         |                       |
| „            | 19     | —                                       | 9,0                 | —                             |                       |
| „            | 20     | 233                                     | 8,0                 | 96,56                         | Анализъ не удался.    |
| „            | 21     | 291                                     | 4,3                 | 98,52                         |                       |
| „            | 29     | 2.096                                   | 4,0                 | 99,81                         |                       |
| „            | 30     | 849                                     | 4,0                 | 99,53                         |                       |
| Въ среднемъ. |        | 570                                     | 4,3                 | 99,24                         |                       |

\*) Специальныя изслѣдованія были произведены отъ 20 до 30 марта, отъ 1 до 6 мая, отъ 1 до 7 июня, отъ 22 до 27 июня. Бактеріи были культивированы въ продолженіи періодовъ отъ 5 до 6 дней.

англійскіе, въ теченіе марта и апрѣля 1899 года было 28 на куб. сантиметръ.

При сравненіи результатовъ, приведенныхъ въ таблицѣ, съ результатами, полученными отъ какихъ-либо другихъ фильтровъ, слѣдуетъ принимать во вниманіе процентное задержаніе бактерій на ряду съ абсолютнымъ количествомъ бактерій въ фильтрованной водѣ.

Слѣдуетъ имѣть въ виду, что небольшое число бактерій можетъ развиваться въ фильтрѣ и проноситься сквозь него во время его дѣйствія. Если бы въ такомъ случаѣ нефилътрированная вода содержала, скажемъ, 2.000 бактерій на кубическій сантиметръ, то небольшое число бактерій, прошедшихъ сквозь фильтрѣ, не оказало бы значительнаго вліянія на процентъ задержанія вслѣдствіе своей незначительности сравнительно съ общимъ числомъ бактерій. Но если бы при томъ же числѣ прошедшихъ сквозь фильтрѣ бактерій число ихъ въ нефилътрированной водѣ, вмѣсто 2.000, было только 200 или 300 въ куб. сантиметрѣ, то процентное задержаніе могло бы оказаться очень низкимъ.

Среднее задержаніе бактерій въ теченіе всѣхъ испытаній со включеніемъ испытаній специальныхъ составляетъ 98,87%. Упомянутыя спеціальныя испытанія производились для выясненія значенія двухъ сортовъ сѣрноокислаго глинозема и его вліянія при употребленіи въ разныхъ количествахъ.

Такъ за 6 дней марта мѣсяца, когда сѣрноокислый глиноземъ вводился въ воду въ количествѣ 0,75 грана на галлонъ воды, количество бактерій сокращалось отъ 1768 въ куб. сантиметрѣ въ нефилътрированной водѣ до 28 въ филътратѣ, что составляетъ въ процентахъ задержаніе въ 98,32%. Окрасенность воды сокращалась при этомъ на 79%.

За 4 дня марта сѣрноокислый глиноземъ вводился въ количествѣ 0,6 грана на галлонъ, при этомъ число бактерій сокращалось отъ 875 до 9, т.-е. на 98,75%, а окрасенность воды на 73%.

Въ продолженіе первыхъ 6 дней мая сѣрноокислый глиноземъ прибавлялся въ количествѣ 0,75 грана на галлонъ, и въ результатѣ получилось сокращеніе съ 360 до 19 въ кубич.

сантим., т.-е. на 94,03%, а окрашенность воды сокращалась на 75%.

Въ продолженіе первыхъ 7 дней іюня примѣнялся сѣрно-кислый глиноземъ другого состава; онъ содержалъ не 22%, а только 17,53% глинозема ( $Al_2O_3$ ). Прибавлялся онъ въ увеличенномъ количествѣ, именно 1,25 гранъ на галлонъ, но въ результатъ получилось сокращеніе бактерій съ 640 до 15 въ куб. сантиметрѣ, т.-е. только на 96,82%.

Значительно меньшее процентное задержаніе бактерій при примѣненіи коагулянта въ количествѣ 0,75 грана на галлонъ въ маѣ мѣсяцѣ сравнительно съ процентнымъ задержаніемъ въ мартѣ, когда коагулянтъ прибавлялся въ томъ же количествѣ, инженеръ Edmund Weston отчасти объясняетъ тѣмъ, что за періоды испытаній количество бактерій въ нефильтрованной водѣ было въ маѣ почти въ пять разъ менѣе, чѣмъ въ мартѣ.

Въ одинъ изъ дней мая при специальныхъ изслѣдованіяхъ образецъ фильтрованной воды содержалъ 61 бактерію въ куб. сант.,—количество вполне допустимое, но такъ какъ нефильтрованная вода въ то же время содержала только 298 бактерій на кубич. сант., то процентное задержаніе опредѣлилось всего въ 78,89%. Понятно, что при такихъ условіяхъ дѣйствіе фильтра должно быть признано вполне удовлетворительнымъ, несмотря на невысокую цифру процентнаго задержанія.

При вышеизложенныхъ испытаніяхъ средній расходъ на коагулянтъ при фильтрованіи воды опредѣлился въ 2,15 доллара на 1.000.000 галлоновъ воды, что составляетъ около 0,14 копейки на 100 ведеръ профильтрованной воды.

Изложенные выше результаты, полученные въ г. East-Providence при испытаніяхъ надъ механическимъ фильтромъ, хорошо выясняютъ то значеніе, которое можетъ имѣть внимательное примѣненіе американскаго метода очищенія воды въ дѣлѣ водоснабженія городовъ.

Перейдемъ теперь къ изслѣдованіямъ надъ фильтрами въ Вашингтонѣ \*). Они были произведены въ 1899 и 1900 годахъ

\*) См. „Feasibility and propriety of filtering the water Supply of Washington, D. C. Letter from the Secretary of War. 56 Congress 1-st session. Senate Document № 259. Washington. 1900.

и находились въ вѣдѣніи военнаго инженеръ-полковника А. М. Миллера (A. M. Miller), который по окончаніи испытаній представилъ о нихъ отчетъ Военному Секретарю С. Американскихъ Соединеннымъ Штатамъ. Отчетъ этотъ напечатанъ въ числѣ сенатскихъ документовъ 1900 года за № 259, и къ нему приложены также и отчеты гг. Роберта Вестона (Robert S. Weston), состоявшаго химикомъ и бактериологомъ при испытаніяхъ, и инженера Е. Д. Харди (E. D. Hardy), завѣдывавшаго эксплуатаціей фильтровъ. Всѣ три отчета представляютъ собою цѣнный матеріалъ для выясненія вопроса о примѣненіи какъ англійскихъ—медленныхъ, такъ и американскихъ—быстрыхъ фильтровъ.

Въ своемъ изложеніи я буду придерживаться порядка отчета инженера Миллера, вставляя въ нѣкоторыхъ мѣстахъ по ходу изложенія и данныя изъ параллельныхъ отчетовъ гг. Вестона и Харди.

Отчетъ свой г. Миллеръ начинаетъ съ изложенія исторіи и описанія Вашингтонскаго водоснабженія. Источникомъ водоснабженія служить р. Потомакъ (Potomac river), вода изъ которой берется на 14 миль т. е. около 21 версты выше города по теченію рѣки; отъ приѣмника вода направляется въ отстойные и регулирующие резервуары, общая емкость которыхъ равняется 6-дневному водоснабженію города, и увеличивается еще вдвое. Несмотря на такой длинный періодъ отстаиванія, однако его нельзя считать достаточнымъ для очищенія рѣчной воды, которая въ довольно сильной степени загрязнена. Характеръ воды р. Потомакъ очень измѣнчивый и она содержитъ въ себѣ особенно много мути и грязи при частыхъ разливахъ во время дождей; поэтому примѣненіе фильтровъ въ Вашингтонѣ представляется особенно необходимымъ.

Количество доставлявшейся въ Вашингтонъ воды въ 1899 году составляло 15.400.000 ведеръ въ сутки. Инженеръ Миллеръ проектируетъ устройство фильтровъ на 18.400.000 ведеръ въ сутки.

Для того, чтобы опредѣлить наиболѣе подходящую систему фильтровъ для Вашингтона, а также стоимость ея примѣненія, были произведены испытанія, какъ надъ англійскими—медлен-



ными, такъ и надъ американскими быстрыми фильтрами съ коагулированиемъ воды. Испытанія продолжались девять мѣсяцевъ—съ іюня 1899 по мартъ 1900 г.; за это время было произведено болѣе 200 химическихъ и болѣе 1.500 бактериологическихъ анализовъ воды, кромѣ того, въ теченіе всего времени опредѣлялась степень окраски и мутности воды.

Цѣлью испытаній инженеръ Миллеръ полагалъ выясненіе вліянія фильтрованія на вышнія и гигиеническія качества воды р. Потомакъ. Въ теченіе первой половины испытаній рѣчная вода была сравнительно чистая, подѣ конецъ же испытаній она была очень грязная и трудно поддавалась очищенію.

Для сравнительныхъ испытаній былъ взятъ англійскій фильтръ въ видѣ круглаго бака около 11' діам. и въ 10' высотой съ 3-футовымъ фильтрующимъ слоемъ, и самотечный механическій фильтръ типа Джуэлль, діаметромъ въ 6 футовъ.

Резюмируя результаты испытаній надъ англійскимъ фильтромъ, инженеръ Миллеръ констатируетъ, что задержаніе имъ изъ воды муты было удовлетворительно въ началѣ испытаній, въ январѣ же и февралѣ мѣсяцахъ изъ 56 дней результаты фильтрованія получались неудовлетворительными въ теченіе 44 дней, такъ какъ за все это время фильтрованная вода получалась изъ англійскаго фильтра мутная. Относительно задержки бактерій испытанія показали, что возможно рассчитывать на задержку англійскимъ фильтромъ 97,8% бактерій, но что вообще бактеріи проходятъ сквозь фильтръ вмѣстѣ съ мутью воды. Окраску воды англійскіе фильтры не уничтожали.

Испытанія надъ американскимъ методомъ очищенія воды производились одновременно съ испытаніями надъ англійскимъ методомъ. Инженеръ Харди отмѣчаетъ, что первая часть испытаній была направлена на опредѣленіе результатовъ фильтрованія при примѣненіи различныхъ опредѣленныхъ количествъ коагулянта. Во время же второй части испытаній вниманіе было направлено на то, чтобы опредѣлить, до какой степени возможно сократить количество воды, идущей на промывку фильтра. Инженеръ Миллеръ отмѣчаетъ, что скорость фильтро-

ванія во время испытаній была принята въ 130.000.000 галлоновъ на акръ фильтрующей поверхности, что соотвѣтствуетъ 200 дюймамъ въ часъ.

Количество воды, шедшей на каждую промывку фильтра, въ среднемъ за все время испытаній составило 3,7% отъ количества профильтрованной воды. Непосредственно послѣ промывки, по словамъ инженера Миллера, большихъ количествъ воды спускать не приходится. Промывка фильтра производилась тогда, когда изъ фильтра начинала получаться мутная вода; это обыкновенно совпадало съ потерей напора на фильтрованіе въ 13—14 футовъ. Промывка производилась обыкновенно два-три раза въ сутки, общая продолжительность промывокъ составляла въ среднемъ  $37\frac{1}{2}$  минутъ въ теченіе сутокъ, что составляетъ 2,6% отъ всего времени работы фильтра.

Для того, чтобы по возможности сократить теряемое количество воды, послѣднюю, остающуюся передъ промывкой, воду не спускали, а давали ей профильтровываться.

Въ случаяхъ, когда весь имѣвшійся на фильтрованіе напоръ, равный 14 футамъ, истощался въ то время, когда вода еще получалась прозрачною,—вмѣсто промывки примѣнялось поверхностное взмѣшиваніе фильтрующего слоя; при этомъ въ началѣ испытаній воду пускали по поверхности фильтрующего слоя\*) откуда уводили въ водостокъ, въ концѣ же испытаній для достиженія экономіи въ спускаемой водѣ эту воду оставляли надъ фильтромъ, подвергая ее затѣмъ фильтрованію.

Коагулянтномъ при испытаніяхъ служилъ высшій сортъ сѣрно-кислаго глинозема, содержащій около 23%  $Al_2O_3$ .

Количество примѣнявшагося во время испытаній коагулянта составляло отъ 0,6 до 5,84 гранъ на галлонъ воды (т.-е. отъ 0,13 до 1,23 грамма на ведро); это количество можно было бы сократить, если бы имѣлся въ распоряженіи болѣе длинный періодъ для предварительнаго коагулированія. На необходимости этого сильно настаиваетъ г. Робертъ Вестонъ.

\*) Этотъ способъ былъ предложенъ докладчикомъ въ 1898 г.; см. „Engineering News“, марта 24 и іюля 21, 1898 г. „Engineering Record“, марта 19 и іюля 23, 1898 г. „Fire and Water“, томъ XXXIII, № 12-й, и Отчетъ Н. П. Зимина по командировкѣ въ С. Америку. Москва, 1899.

Примѣнявшійся при испытаніяхъ 6-футовый фильтръ Джуэлль былъ устроенъ такъ, что вода оставалась въ его осадочномъ бассейнѣ около 10 минутъ; это было однако далеко недостаточно,—хлопья коагулянта не имѣли времени сдѣлаться достаточно крупными до момента поступленія на фильтрующий слой. Вслѣдствіе этого коагулянтъ и находящаяся въ водѣ грязь проникали глубоко въ фильтрующий песокъ, и иногда даже проходили сквозь фильтръ, причемъ въ фильтрованной водѣ появлялась опалиссенція, зависящая отъ присутствія въ ней гидрата глинозема. Г. Робертъ Вестонъ рекомендуетъ примѣнять отстаиваніе воды въ отдѣльномъ большомъ коагуляціонномъ бассейнѣ, причемъ коагулянтъ можно было бы вводить въ воду за 3, за  $1\frac{1}{2}$ , за  $\frac{1}{2}$  и за 0,1 часа до фильтрованія. Хлопья коагулянта при этомъ будутъ получаться болѣе крупными и фильтрующий песокъ будетъ менѣ засоряться и притомъ только на поверхности, что дастъ возможность въ бѣльшей мѣрѣ замѣнять промывку фильтра поверхностнымъ взмѣшиваніемъ песка. Вообще г. Робертъ Вестонъ указываетъ на желательность того, чтобы образованіе видимыхъ на глазъ крупныхъ хлопьевъ гидрата глинозема было закончено до момента поступленія воды на фильтрующий песокъ.

Несмотря на недостатокъ періода коагуляціи во время Вашингтонскихъ испытаній, американскій механическій фильтръ работалъ вполне удовлетворительно, и инженеръ Миллеръ констатируетъ слѣдующіе результаты его испытаній:

1) Испытаніями доказано, что удаленіе муты и окраски изъ воды при примѣненіи механическихъ фильтровъ вполне достижимо во всякое время и зависитъ отъ умѣлаго примѣненія коагулированія и промывки фильтра.

2) Количество необходимаго коагулянта для очищенія воды р. Потомакъ колеблется отъ 0,6 до 5,84 грановъ на галлонъ воды, что соотвѣтствуетъ 0,13—1,23 грамма на ведро.

3) Удаленіе изъ воды бактерій обыкновенно достигается вмѣстѣ съ удаленіемъ муты изъ воды и также зависитъ отъ примѣненія коагулянта.

Сравнивая медленные англійскіе фильтры съ быстрыми ме-

ханическими, инженеръ Миллеръ приводитъ смѣты на устройство для Вашингтонскаго водоснабженія какъ тѣхъ, такъ и другихъ, разсчитывая ихъ на 60.000.000 галлоновъ, т. е. около 18.400.000 ведеръ въ сутки.

Результаты смѣтныхъ соображеній г. Миллера выражены въ слѣдующей табличкѣ:

|                                  | Первоначальная<br>стоимость. | Ежегодный рас-<br>ходъ съ уплатой<br>процентовъ и по-<br>гашенія. | Стоимость очищенія мил-<br>ліона галлоновъ воды. |                                             |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                  |                              |                                                                   | Съ уплатой<br>процентовъ и по-<br>гашенія.       | Безъ уплаты<br>процентовъ и по-<br>гашенія. |
| Д о л л а р ы.                   |                              |                                                                   |                                                  |                                             |
| Англійск. филь-<br>тры (крытые). | 2.461.338                    | 186.402,27                                                        | 8,51                                             | 3,44                                        |
| Американскіе<br>фильтры. .       | 1.081.377                    | 191.669,02                                                        | 8,75                                             | 5,61                                        |

Изъ этой таблицы видно, что американскіе фильтры для Вашингтона выходятъ дешевле по устройству, но нѣсколько дороже по содержанію. Стоимость фильтрованія для Вашингтона выходитъ приблизительно одна и та же для обѣихъ системъ. Употребленіе сѣрноокислаго глинозема въ связи съ англійскими фильтрами (что рекомендуетъ г. Робертъ Вестонъ) повысило бы стоимость фильтрованія англійскими фильтрами, по словамъ инженера Миллера, на 79 центовъ на 1.000.000 галлоновъ очищенной воды, что соотвѣтствуетъ 51 коп. на 100.000 ведеръ.

Въ заключеніе своего отчета инженеръ Миллеръ рекомендуетъ примѣнить для г. Вашингтона механическіе фильтры и говоритъ при этомъ слѣдующее:

„Испытанія продолжались въ теченіе девяти мѣсяцевъ; за этотъ періодъ вода р. Потомакъ измѣнялась отъ наивысшей степени прозрачности до наивысшей степени мутности. За исключеніемъ нѣсколькихъ дней вода была очень мутна,—начиная съ 28 декабря 1899 года до 13 марта 1900 г. За этотъ промежутокъ времени англійскій фильтръ не давалъ удовлетворительнаго фильтрата, какъ въ смыслѣ мутности, такъ и въ смыслѣ задержанія бактерій. За то

же самое время американскій фильтръ давалъ фильтратъ вполне удовлетворительный, какъ относительно мутности, такъ и относительно содержанія бактерій“.

«Ни разу не было обнаружено признаковъ присутствія сѣрникоислаго глинозема въ фильтратѣ изъ механическаго фильтра».

«Поэтому выяснено, что для періода наибольшей мутности воды, сопровождаемой опасностью въ бактериологическомъ отношеніи, англійскій фильтръ не будетъ давать удовлетворительно очищенной воды; механическій же фильтръ во время этого періода при надлежащемъ надзорѣ будетъ давать воду вполне удовлетворительную, какъ по отношенію къ прозрачности воды, такъ и по отношенію къ бактеріямъ».

Въ нижеслѣдующей таблицѣ показаны сравнительные результаты работы обоихъ фильтровъ за періодъ наибольшей мутности рѣчной воды. Таблица показываетъ степень мутности и количество бактерій на кубическій сантиметръ воды до и послѣ ея фильтрованія обоими фильтрами, а также бактериологическую продуктивность работы фильтровъ и количества употребленнаго при механическихъ фильтрахъ коагулянта.

| Время.            | М у т н о с т ь. |                 |                 | Бантерій на кубическій сантиметръ. |                 |                 |                         |                 |      | Количество<br>сѣроукислаго<br>глинозема въ<br>грам. на галл. |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------|--------------------------------------------------------------|
|                   | Рѣчная<br>вода.  | Фильтратъ.      |                 | Рѣчная<br>вода.                    | Фильтратъ.      |                 | Процентъ<br>задержанія. |                 |      |                                                              |
|                   |                  | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. |                                    | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. | Англ.<br>фильт.         | Амер.<br>фильт. |      |                                                              |
| 1899 г.<br>Декаб. |                  |                 |                 |                                    |                 |                 |                         |                 |      |                                                              |
| 1                 | 0,054            | 0,004           | 0,009           | 170                                | 6               | 50              | 96,5                    | 81,8            | 0,56 |                                                              |
| 2                 | 0,054            | 0,000           | 0,005           | 170                                | 9               | 33              | 94,7                    | 80,1            | 0,58 |                                                              |
| 3                 | 0,058            | 0,004           | —               | 200                                | 5               | —               | 97,9                    | —               | —    |                                                              |
| 4                 | 0,054            | 0,002           | 0,008           | 220                                | 10              | 27              | 91,4                    | 97,7            | 0,57 |                                                              |
| 5                 | 0,054            | 0,002           | 0,009           | 250                                | 3               | 36              | 98,8                    | 85,6            | 0,57 |                                                              |
| 6                 | 0,056            | 0,004           | 0,006           | 180                                | 8               | 14              | 95,6                    | 92,2            | 0,77 |                                                              |
| 7                 | 0,056            | 0,002           | —               | 160                                | 8               | 39              | 95,0                    | 75,6            | 0,77 |                                                              |
| 8                 | 0,057            | 0,004           | —               | 210                                | 8               | —               | 96,2                    | —               | —    |                                                              |
| 9                 | 0,048            | 0,000           | —               | 180                                | 12              | —               | 93,3                    | —               | —    |                                                              |
| 10                | 0,050            | 0,000           | —               | 150                                | 4               | —               | 97,3                    | —               | —    |                                                              |
| 11                | 0,049            | 0,004           | —               | 135                                | 4               | —               | 97,0                    | —               | —    |                                                              |
| 12                | 0,051            | 0,000           | —               | 200                                | 11              | —               | 94,5                    | —               | —    |                                                              |
| 13                | 0,053            | 0,001           | —               | 220                                | 6               | —               | 97,3                    | —               | —    |                                                              |
| 14                | 0,047            | 0,000           | —               | 190                                | 4               | —               | 97,9                    | —               | —    |                                                              |
| 15                | 0,054            | 0,001           | —               | 300                                | 4               | —               | 98,7                    | —               | —    |                                                              |
| 16                | 0,055            | 0,004           | —               | 600                                | 6               | —               | 99,0                    | —               | —    |                                                              |
| 17                | 0,058            | 0,005           | —               | 450                                | 4               | —               | 99,1                    | —               | —    |                                                              |
| 18                | 0,057            | 0,004           | —               | 700                                | 9               | —               | 98,7                    | —               | —    |                                                              |
| 19                | 0,060            | 0,002           | —               | Анализы                            | не уд.          | —               | Не уд.                  | —               | —    |                                                              |
| 20                | 0,057            | 0,002           | 0,001           | 1.900                              | 47              | 70              | 97,5                    | 96,3            | 0,78 |                                                              |
| 21                | 0,052            | 0,000           | 0,002           | 1.500                              | 10              | 85              | 99,3                    | 94,3            | 0,70 |                                                              |
| 22                | 0,055            | 0,002           | 0,005           | 950                                | 10              | 130             | 99,0                    | 86,3            | 0,63 |                                                              |
| 23                | 0,059            | 0,005           | 0,004           | 1.100                              | 9               | 200             | 99,2                    | 81,8            | 0,83 |                                                              |
| 24                | 0,063            | 0,004           | —               | 1.400                              | 16              | —               | 98,9                    | —               | —    |                                                              |
| 25                | 0,062            | 0,004           | —               | 3.800                              | 50              | —               | 98,7                    | —               | —    |                                                              |
| 26                | 0,073            | 0,008           | —               | 4.900                              | 50              | —               | 99,1                    | —               | 0,60 |                                                              |
| 27                | 0,063            | 0,002           | *)0,053         | 7.900                              | 130             | *)1.800         | 98,4                    | 77,2            | 0,94 |                                                              |

\*) 26 числа производилась промывка осадочнаго бассейна.

| Время. | М у т н о с т ь. |                 |                 | Банкeтeй на кубическiй сантиметръ. |                 |                 |                         |                 |      | Количество<br>сернокислаго<br>гипнозема въ<br>грамм. на галл. |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------|---------------------------------------------------------------|
|        | Рѣчная<br>вода.  | Фильтратъ.      |                 | Рѣчная<br>вода.                    | Фильтратъ.      |                 | Процентъ<br>задержанiя. |                 |      |                                                               |
|        |                  | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. |                                    | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. | Англ.<br>фильт.         | Амер.<br>фильт. |      |                                                               |
| 28     | 0,043            | 0,008           | 0,009           | 12.000                             | 310             | 1.600           | 97,4                    | 86,7            | 1,23 |                                                               |
| 29     | 0,246            | 0,022           | 0,008           | 16.000                             | 550             | 800             | 96,6                    | 95,0            | 1,23 |                                                               |
| 30     | 0,252            | 0,038           | 0,065           | 11.000                             | 420             | 1.600           | 96,3                    | 85,6            | 1,25 |                                                               |
| 31     | 0,249            | 0,029           | —               | 31.000                             | 450             | 750             | 98,6                    | 97,6            | 2,53 |                                                               |
| Январ. |                  |                 |                 |                                    |                 |                 |                         |                 |      |                                                               |
| 6      | 0,238            | 0,073           | 0,024           | 13.800                             | 500             | 80              | 96,4                    | 99,5            | 4,99 |                                                               |
| 7      | 0,249            | 0,076           | —               | 13.500                             | 500             | —               | 96,3                    | —               | —    |                                                               |
| 8      | 0,214            | 0,078           | 0,034           | 8.400                              | 1.200           | 90              | 85,7                    | 98,9            | 2,29 |                                                               |
| 9      | 0,121            | 0,093           | 0,008           | 8.000                              | 650             | 115             | 91,9                    | 98,9            | 1,66 |                                                               |
| 10     | 0,116            | 0,086           | 0,024           | 5.700                              | 800             | 300             | 86,0                    | 94,3            | 1,03 |                                                               |
| 11     | 0,132            | 0,074           | 0,019           | 5.000                              | 460             | 270             | 90,8                    | 94,6            | 0,96 |                                                               |
| 12     | 0,131            | 0,073           | 0,018           | 5.100                              | 340             | 180             | 93,3                    | 96,5            | 1,07 |                                                               |
| 13     | 0,120            | 0,055           | 0,007           | 4.300                              | 270             | 210             | 93,7                    | 95,1            | 1,09 |                                                               |
| 14     | 0,113            | 0,054           | —               | 5.200                              | 220             | —               | 95,9                    | —               | —    |                                                               |
| 15     | 0,111            | 0,058           | 0,009           | 4.100                              | 180             | 170             | 95,6                    | 95,9            | 1,05 |                                                               |
| 16     | 0,089            | 0,053           | 0,009           | 3.500                              | 180             | 91              | 95,0                    | 97,4            | 1,42 |                                                               |
| 17     | 0,104            | 0,057           | 0,011           | 4.800                              | 112             | 160             | 97,6                    | 96,7            | 1,07 |                                                               |
| 18     | 0,185            | 0,051           | 0,009           | 11.600                             | 160             | 460             | 98,6                    | 96,0            | 1,38 |                                                               |
| 19     | 0,178            | 0,042           | 0,008           | 31.400                             | 370             | 800             | 98,8                    | 97,5            | 1,34 |                                                               |
| 20     | 0,206            | 0,044           | 0,001           | 31.300                             | 305             | 700             | 99,0                    | 97,8            | 1,35 |                                                               |
| 21     | 0,201            | 0,033           | —               | 26.000                             | 220             | —               | 99,1                    | —               | —    |                                                               |
| 22     | 0,184            | 0,025           | 0,009           | 51.000                             | 210             | 550             | 99,6                    | 98,9            | 1,54 |                                                               |
| 23     | 0,191            | 0,022           | 0,010           | 36.000                             | 180             | 320             | 99,5                    | 99,1            | 1,92 |                                                               |
| 24     | 0,171            | 0,012           | 0,005           | 33.000                             | 98              | 100             | 99,7                    | 99,7            | 2,03 |                                                               |
| 25     | 0,188            | 0,021           | 0,005           | 28.800                             | 95              | 160             | 99,7                    | 99,4            | 1,95 |                                                               |
| 26     | 0,207            | 0,026           | 0,006           | 26.000                             | 90              | 55              | 99,7                    | 99,8            | 1,97 |                                                               |
| 27     | 0,187            | 0,025           | 0,007           | 18.300                             | 150             | 75              | 99,2                    | 99,6            | 1,98 |                                                               |
| 28     | 0,238            | 0,026           | —               | 12.500                             | 180             | —               | 98,6                    | —               | —    |                                                               |
| 29     | 0,202            | 0,021           | 0,005           | 11.100                             | 180             | 32              | 98,6                    | 99,7            | 2,11 |                                                               |
| 30     | 0,174            | 0,024           | 0,006           | 10.300                             | 125             | 23              | 98,8                    | 99,8            | 1,88 |                                                               |
| 31     | 0,179            | 0,023           | 0,005           | 10.300                             | 155             | 33              | 98,5                    | 99,7            | 1,89 |                                                               |

| Время. | М у т н о с т ь. |                 |                 | Бантерій на кубическій сантиметръ. |                 |                 |                         |                 |      | Количество<br>сброженного<br>глинозема въ<br>грам. на галл. |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------|-------------------------------------------------------------|
|        | Рѣчная<br>вода.  | Фильтратъ.      |                 | Рѣчная<br>вода.                    | Фильтратъ.      |                 | Процентъ<br>задержанія. |                 |      |                                                             |
|        |                  | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. |                                    | Англ.<br>фильт. | Амер.<br>фильт. | Англ.<br>фильт.         | Амер.<br>фильт. |      |                                                             |
| Февр.  |                  |                 |                 |                                    |                 |                 |                         |                 |      |                                                             |
| 1      | 0,116            | 0,024           | —               | 6.500                              | 125             | —               | 98,1                    | —               | —    |                                                             |
| 2      | 0,132            | 0,026           | 0,002           | 7.300                              | 135             | 14              | 98,1                    | 99,8            | 1,84 |                                                             |
| 3      | 0,120            | 0,022           | 0,005           | 5.400                              | 100             | 7               | 98,1                    | 99,9            | 1,64 |                                                             |
| 4      | 0,117            | 0,018           | —               | 8.900                              | 85              | —               | 99,0                    | —               | —    |                                                             |
| 5      | 0,083            | 0,020           | —               | 16.600                             | 165             | 75              | 99,0                    | 99,5            | 1,35 |                                                             |
| 6      | 0,085            | 0,021           | 0,005           | 5 500                              | 110             | 23              | 98,0                    | 99,6            | 1,52 |                                                             |
| 7      | 0,075            | 0,014           | 0,004           | 2.600                              | 62              | 35              | 97,6                    | 98,6            | 1,42 |                                                             |
| 8      | 0,071            | 0,009           | 0,002           | 2.800                              | 60              | 47              | 97,9                    | 98,3            | 1,44 |                                                             |
| 9      | 0,076            | 0,015           | 0,002           | 2.700                              | 55              | 36              | 98,0                    | 98,7            | 1,42 |                                                             |
| 10     | 0,073            | 0,011           | 0,002           | 3.000                              | 55              | 23              | 98,2                    | 99,2            | 1,35 |                                                             |
| 11     | 0,071            | 0,010           | —               | 3.000                              | 65              | —               | 97,8                    | —               | —    |                                                             |
| 12     | 0,088            | 0,008           | 0,002           | 2.500                              | 55              | 21              | 97,8                    | 99,2            | 1,57 |                                                             |
| 13     | 0,107            | 0,013           | 0,005           | 2.500                              | 55              | 23              | 97,8                    | 99,1            | 1,80 |                                                             |
| 14     | 0,045            | 0,017           | 0,008           | 4.000                              | 55              | 150             | 98,6                    | 96,3            | 2,03 |                                                             |
| 15     | 0,072            | 0,014           | 0,009           | 7.200                              | 50              | 33              | 99,5                    | 99,5            | 2,94 |                                                             |
| 16     | 0,191            | 0,021           | 0,010           | 13.100                             | 60              | 10              | 99,5                    | 99,9            | 3,04 |                                                             |
| 17     | 0,290            | 0,050           | 0,010           | 13.800                             | 97              | 11              | 99,3                    | 99,9            | 3,50 |                                                             |
| 18     | 0,370            | 0,056           | —               | 23.000                             | 150             | —               | 99,3                    | —               | —    |                                                             |
| 19     | 0,422            | 0,057           | 0,014           | 26.200                             | 225             | 31              | 99,1                    | 99,9            | 2,76 |                                                             |
| 20     | 0,500            | 0,068           | 0,011           | 21.200                             | 300             | 42              | 98,6                    | 99,7            | 2,26 |                                                             |
| 21     | 0,495            | 0,123           | 0,017           | 16.100                             | 230             | 80              | 98,6                    | 99,6            | 3,55 |                                                             |
| 22     | 0,500            | 0,117           | —               | 12.000                             | 200             | —               | 98,3                    | —               | —    |                                                             |
| 23     | 0,394            | 0,117           | 0,012           | 11.400                             | 240             | 12              | 97,9                    | 99,9            | 3,59 |                                                             |
| 24     | 0,322            | 0,080           | 0,005           | 7.100                              | 135             | 7               | 97,7                    | 99,9            | 2,49 |                                                             |
| 25     | 0,338            | 0,065           | —               | 22.000                             | 200             | —               | 99,1                    | —               | —    |                                                             |
| 26     | 0,341            | 0,092           | 0,011           | 11.400                             | 260             | 42              | 97,7                    | 99,6            | 2,91 |                                                             |
| 27     | 0,453            | 0,093           | 0,029           | 10.000                             | 260             | 120             | 97,4                    | 98,8            | 3,42 |                                                             |
| 28     | 0,417            | 0,089           | 0,017           | 10.000                             | 180             | 80              | 98,2                    | 99,2            | 3,51 |                                                             |
| Мартъ  |                  |                 |                 |                                    |                 |                 |                         |                 |      |                                                             |
| 1      | 0,410            | 0,086           | 0,009           | 17.700                             | 415             | 24              | 97,7                    | 99,9            | 3,59 |                                                             |
| 2      | 0,313            | 0,072           | 0,009           | 14.500                             | 220             | 24              | 98,5                    | 99,8            | 2,48 |                                                             |



«Вслѣдствіе вышеизложенныхъ фактовъ, говоритъ инженеръ Миллеръ, для Вашингтонскаго водоснабженія слѣдуетъ рекомендовать примѣненіе американскихъ или механическихъ фильтровъ».

Каково бы ни было рѣшеніе вопроса о фильтрованіи воды для Вашингтонскаго водопровода, это не можетъ измѣнить результатовъ сравнительныхъ испытаній американскаго и англійскаго метода фильтрованія, произведенныхъ при Вашингтонскомъ водопроводѣ, доказывающихъ, что американскій методъ можетъ давать результаты столь же и даже болѣе совершенные, чѣмъ методъ англійскій.

Въ 1900 г. начались испытанія надъ очищеніемъ воды въ Филадельфіи. Водопроводъ г. Philadelphia, Pa. питается рѣчною водою, и размѣры его очень велики; такъ, напримѣръ, суточная подача воды въ 1898 г. составляла около 68.000.000 ведеръ. Вся эта вода берется изъ рѣки Скулькиллъ (Schuylkill river) и изъ рѣки Делаверъ (Delaware river), при чемъ изъ первой рѣки берется 95%, а изъ второй рѣки—5% всего количества потребляемой воды. Служащая для водоснабженія вода обѣихъ рѣкъ очень загрязнена, и давно уже шла рѣчь о необходимости ея фильтрованія, при чемъ предлагались разныя системы очищенія, главнымъ же образомъ англійскіе и американскіе фильтры.

Въ 1899 г. вопросъ объ улучшеніи Филадельфійскаго водоснабженія разсматривался комиссіей изъ трехъ авторитетныхъ американскихъ специалистовъ: гг. Rudolph Hering, J. Wilson и S. Gray, которые рекомендовали примѣненіе для Филадельфіи обѣихъ системъ фильтрованія въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, въ которыхъ стоятъ отдѣльныя насосныя станціи.

Для болѣе полного выясненія вопроса объ очищеніи воды въ Филадельфіи въ настоящее время устроена испытательная станція, на которой имѣются два медленныхъ англійскихъ фильтра, два осадочныхъ бассейна и 9 небольшихъ механическихъ фильтровъ различныхъ конструкцій. При испытательной станціи имѣется лабораторія, и руководство испытаніями поручено инженеру Morris Knowles, который раньше работалъ при испытаніяхъ надъ фильтрами въ г. Питтсбургѣ вмѣстѣ

съ инженеромъ Mr. Allen Hazen. Филадельфійскія испытанія продолжаются и теперь, и отчетъ о нихъ еще не опубликованъ.

Нынѣшнею зимою начались испытанія надъ очищеніемъ воды въ Новомъ Орлеанѣ. Вода р. Миссиссиппи въ этомъ ея мѣстѣ особенно мутна и содержитъ въ себѣ гораздо больше мелкихъ взвѣшенныхъ примѣсей, чѣмъ тѣ воды, надъ очищеніемъ которыхъ до сихъ поръ дѣлались изслѣдованія. При испытаніяхъ въ г. Питтсбургѣ приходилось работать съ водою р. Аллегени, содержащею 50 миллиграммъ взвѣшенныхъ веществъ на литръ. Въ Вашингтонѣ очищавшаяся вода р. Потомакъ содержала 80 миллиграммъ, въ Цинциннати вода р. Огіо содержала 230 миллиграммъ, въ Луисвиллѣ вода той же рѣки содержитъ 350 миллиграммъ; вода же, подлежащая очищенію въ Новомъ Орлеанѣ, содержитъ въ себѣ 560 миллиграммъ взвѣшенныхъ веществъ на литръ. Въ виду этого при испытаніяхъ въ Новомъ Орлеанѣ особое вниманіе обращено на отстаиваніе воды до и послѣ ея коагулированія и для этого устроено нѣсколько отстойныхъ бассейновъ. Приспособленія сдѣланы для испытанія американской системы очищенія воды въ слѣдующихъ четырехъ комбинаціяхъ:

1. Трехдневное простое отстаиваніе воды и фильтрованіе ея черезъ англійскій фильтръ съ 5 футовымъ слоемъ мелкаго песка при скорости фильтрованія въ 100 миллим. въ часъ.

2. Двухдневное простое отстаиваніе, однодневное добавочное отстаиваніе воды съ коагулированіемъ и фильтрованіе воды черезъ англійскій фильтръ съ 3 футовымъ слоемъ болѣе крупнаго песку при скорости фильтрованія въ 200 миллим. въ часъ.

3. Двухдневное простое отстаиваніе и 12 часовое добавочное отстаиваніе въ связи съ коагулированіемъ, и фильтрованіе воды черезъ 4 футовый самотечный механическій фильтръ «Континентальной» системы. Фильтръ примѣненъ безъ мѣшалокъ съ вдуваніемъ воздуха въ песокъ во время его промывки.

4. Однодневное простое отстаиваніе, 12 часовое добавочное отстаиваніе съ коагулированіемъ и фильтрованіе воды черезъ 4 футовый самотечный механическій фильтръ «Джуэлль», отличающійся отъ фильтра «континентальной» системы примѣненіемъ мѣшалокъ для песка во время промывки.

Веденіе Ново-Орлеанскихъ испытаній поручено г. Robert S. Weston, который ранѣе работалъ при испытаніяхъ въ городахъ Луисвиллѣ и Вашингтонѣ, и цѣль испытаній—выяснить всѣ данныя, необходимыя для проектированія и эксплуатаціи фильтровъ въ г. Новомъ Орлеанѣ. Испытанія должны продолжаться по крайней мѣрѣ въ теченіе прохожденія рѣчной водой черезъ всѣ степени ея годовыхъ измѣненій, и отчетъ объ этихъ испытаніяхъ долженъ внести новыя данныя для разработки вопроса объ американскомъ способѣ очищенія воды.

Въ результатѣ главнѣйшихъ научныхъ изслѣдованій надъ американскимъ способомъ очищенія воды, которыя были произведены въ 1896 — 1897 годахъ въ г. Луисвиллѣ, въ настоящее время тамъ приступаютъ къ устройству станціи механическихъ фильтровъ сначала на 11.500.000, а потомъ до 23.000.000 ведеръ въ сутки. То обстоятельство, что эта станція является результатомъ обширныхъ научныхъ изслѣдованій, о которыхъ я говорилъ на Четвертомъ Водопроводномъ Сѣздѣ, и что въ ней идея американскаго способа очищенія воды переходитъ въ новую и оригинальную форму, придаетъ ей существенный интересъ, и ее стоитъ описать подробнѣе.

Предложенная для г. Луисвилля система очищенія воды отличается развитіемъ принципа отстаиванія воды и примѣненіемъ болѣе крупныхъ, чѣмъ примѣнялись до сихъ поръ, отдѣльныхъ механическихъ фильтровъ съ мѣшалками, переносимыми для промывки съ одного фильтра на другой \*).

Подлежащая очищенію вода прежде всего отстаивается въ резервуарѣ, вмѣщающемъ въ себя 30.000.000 ведеръ, что при первоначальной величинѣ водоснабженія въ 11.500.000 ведеръ въ сутки даетъ періодъ отстаиванія въ  $2\frac{2}{3}$  сутокъ, а при увеличеніи водоснабженія—до 23.000.000 ведеръ въ сутки,—періодъ отстаиванія въ  $1\frac{1}{3}$  сутокъ. Изъ этого предварительнаго отстойника вода направляется въ водонапорную колонну, діам. въ 50' и высотой въ 75', гдѣ производится ея коагулированіе.

---

\*) Этотъ способъ былъ предложенъ докладчикомъ въ 1898 г.; см. „Engineering News“, марта 24 и іюня 21, 1898 г. „Engineering Record“, марта 19 и іюня 23, 1898 г. „Fire and Water“, томъ XXXIII, № 12-й, и Отчетъ Н. П. Зимина по командировкѣ въ С. Америку. Москва, 1899.

Изъ колонны вода идетъ въ зданіе фильтровъ. Размѣры этого зданія составляютъ 56 саж. въ длину и около  $16\frac{1}{2}$  саж. въ ширину; въ немъ помѣщаются раздѣленные на двѣ группы шесть самотечныхъ механическихъ фильтровъ (въ настоящее время строятся три). Они имѣютъ форму прямоугольныхъ стальныхъ клепаныхъ резервуаровъ; размѣры каждого резервуара составляютъ около 147 футъ длины, 30 футъ ширины и 8 футъ глубины.

Пройдя сквозь фильтры, вода поступаетъ въ расположенный подъ зданіемъ фильтровъ бассейнъ чистой воды, при чемъ на фильтрованіе имѣется напоръ до  $12\frac{1}{2}$  футъ.

Трехфутовый фильтрующий слой песка поддерживается тремя положенными другъ на друга рядами натянутого на колосники проволочнаго полотна, что даетъ возможность наиболѣе равномернымъ способомъ собирать изъ-подъ фильтра очищенную воду, а также распредѣлять воду, идущую на промывку фильтра.

Мѣшалки для перемѣшиванія песка во время промывки устроены слѣдующимъ образомъ: надъ фильтромъ помѣщена катающаяся горизонтальная рама, съ которой спускаются въ фильтрующий песокъ четыре ряда вращающихся мѣшалокъ по 18 штукъ въ каждомъ, т.-е. всего 72 мѣшалки. Всѣ онѣ электрической силой опускаются въ песокъ и приводятся во вращеніе. Каждая мѣшалка представляетъ собою вертикальную ось съ нѣсколькими радіальными поперечинами, которыя при вращеніи оси перемѣшиваютъ песокъ. По окончаніи промывки одного фильтра рама съ мѣшалками электрической энергіей перемѣщается на другой фильтръ, затѣмъ на третій и т. д.

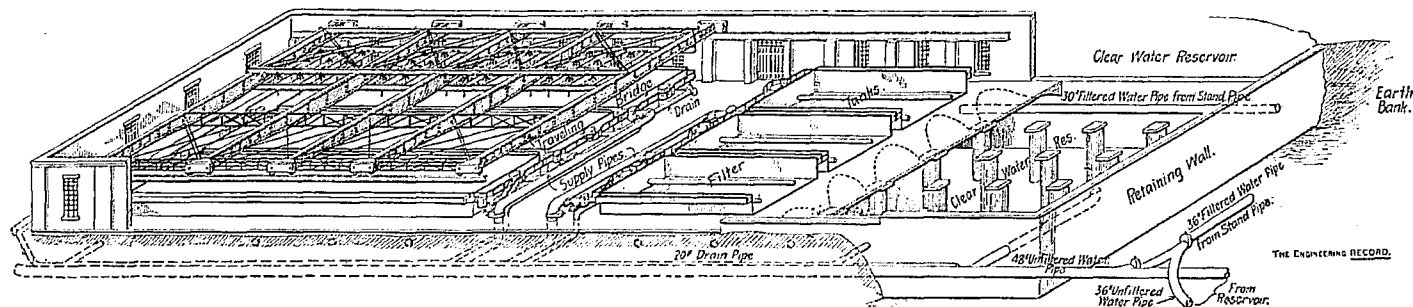
При промывкѣ примѣняется обратный токъ воды (какъ и всегда въ механическихъ фильтрахъ), а также струи сжатого воздуха. Допускается возможность стерилизаціи фильтра паромъ, для чего снизу фильтра проведены спеціальныя трубы.

Открываніе и закрываніе всѣхъ находящихся при фильтрахъ задвижекъ будетъ производиться электричествомъ, что сокращаетъ до минимума количество необходимаго при фильтрахъ служебнаго персонала.

Такимъ образомъ въ Луисвилльскихъ фильтрахъ сохранены всѣ характерныя черты механическихъ фильтровъ, а именно:

## Станція фільтровъ въ г. Louisville, Ky.

Общій видъ станціи механическихъ фильтровъ на 23.000.000 ведеръ въ сутки. Налѣво показаны три прямоугольных фильтра съ приспособленіями для взмѣшиванія песка во время промывки фильтра. Направо показанъ, расположенный надъ фильтрами, бассейнъ чистой воды.



приспособленія для коагулированія, быстрое фильтрованіе и обратная промывка,—но внѣшняя форма фильтровальной станціи, благодаря примѣненію крупныхъ прямоугольныхъ фильтровъ съ переносными мѣшалками, получается совершенно непохожей на форму существующихъ станцій механическихъ фильтровъ. (См. рисунокъ).

Можно думать, что примѣръ Луисвилля укажетъ тотъ путь, по которому пойдетъ дальнѣйшее примѣненіе американскаго способа очищенія воды для большихъ городскихъ водопроводовъ.

Вообще за послѣдніе два года американскій способъ очищенія воды получилъ окончательное выясненіе и признаніе права гражданства въ водопроводномъ дѣлѣ. До сихъ поръ, распространяясь въ С. Америкѣ, онъ былъ совершенно неизвѣстенъ въ Европѣ. Теперь съ нимъ уже знакомятся и Европейскіе инженеры. Прошлымъ лѣтомъ, во время Парижской всемірной выставки, Американское Общество Гражданскихъ Инженеровъ (самое большое изъ Американскихъ Инженерныхъ Обществъ) устроило свой съѣздъ въ Англіи—въ Лондонѣ, на который пригласило и европейскихъ инженеровъ. На этомъ второмъ послѣ Чикагскаго (1893 г.) интернаціональномъ съѣздѣ инженеровъ вопросъ объ очищеніи воды для городскихъ водопроводовъ былъ поставленъ однимъ изъ главныхъ вопросовъ для обсужденія. На съѣздѣ разсматривались главнымъ образомъ два способа очищенія воды: медленный англійскій и рядомъ съ нимъ—быстрый американскій.

Mr. G. W. Fuller на этомъ Съѣздѣ констатировалъ тотъ значительный перевѣсъ, который получило въ С. Америкѣ распространеніе механическихъ фильтровъ надъ англійскими. Въ С. Америкѣ, по его словамъ, въ настоящее время имѣется приблизительно 20 фильтровальныхъ станцій англійскаго типа: «медленные фильтры», съ общеою проводимою способностью около 8.000.000 ведеръ въ сутки, и приблизительно 160 фильтровальныхъ станцій американскаго типа—«быстрые фильтры съ коагулированіемъ воды», съ общеою пропускною способностью въ 77.000.000 ведеръ въ сутки. Если даже, говоритъ г. Фуллеръ, допустить, что послѣдними фильтрами въ настоя-

щее время очищается количество воды вдвое меньшее противъ указаннаго номинальнаго, то и тогда значительный пере-вѣсъ распространенія американскихъ фильтровъ надъ англійскими является несомнѣннымъ.

Американскіе спеціалисты по очищенію воды послѣ долгихъ споровъ, располагая въ настоящее время множествомъ фактическихъ данныхъ, повидимому, пришли къ соглашенію, что при городскихъ водопроводахъ могутъ распространяться безпрепятственно въ зависимости отъ мѣстныхъ условій оба способа очищенія воды. Если вода очень мутна или очень сильно окрашена, то хорошихъ результатовъ ея очищенія безусловно нельзя получать безъ примѣненія коагулянта, а въ этомъ случаѣ наиболѣе удобопримѣнимыми являются механическіе фильтры, (такъ какъ при англійскихъ фильтрахъ безъ спеціальныхъ осадочныхъ бассейновъ хлопья коагулянта слишкомъ скоро засоряютъ фильтрующую поверхность, которую при ея большихъ размѣрахъ трудно очищать). Если вода по внѣшнему виду чиста, то рѣшеніе о томъ, какую систему принять, зависитъ главнымъ образомъ отъ стоимости, въ которую обойдется та и другая система.

Инженеръ Rudolph Hering, авторитетный американскій спеціалистъ по очищенію воды, на выше указанномъ Лондонскомъ Съѣздѣ говорить по этому поводу слѣдующее:

«Въ отношеніи дѣйствительности и надежности оба метода очищенія воды могутъ давать удовлетворительные результаты, зависящіе отъ качествъ подлежащей очищенію воды, степени ея желательнаго очищенія и отъ внимательности эксплуатаціи».

«Если вода сильно заражена, то слѣдуетъ предпочитать медленную фильтрацію или двойную фильтрацію. Въ другихъ случаяхъ рѣшеніе должно въ сильной степени зависѣть отъ соображеній о стоимости».

Таковы современные взгляды на американскій способъ очищенія воды, высказываемые за границей.

Въ Россіи за послѣдніе два года мнѣ удалось ввести этотъ способъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ, именно: въ Нижнемъ Новгородѣ, въ Рыбинскѣ, въ Тобольскѣ и въ Царицынѣ на Волгѣ для городскихъ водопроводовъ, близъ Ярославля на заводѣ

«Н. Позизовкина Сыновья» и въ Костромѣ на Новой Костромской Лѣняной мануфактурѣ.

Московскія испытанія надъ механическими фильтрами, продолжавшіяся болѣе года, въ настоящее время переносятся изъ черты города, гдѣ вода чрезмѣрно загрязнена, къ мѣсту пріемника новаго строящагося теперь Москворѣцкаго водопровода близъ деревни Рублево, въ 45 верстахъ по теченію рѣки выше города. Тамъ, путемъ сравнительныхъ изслѣдованій американскаго и англійскаго метода очищенія воды, будутъ выяснены какъ стоимость фильтрованія, такъ и достоинства и недостатки той и другой системы.

Будетъ ли допущенъ американскій способъ очищенія воды въ систему очень большого Москворѣцкаго водоснабженія Москвы, теперь до окончанія испытаній сказать еще нельзя. Все новое вообще прививается въ практической жизни трудно, а это дѣло въ европейской водопроводной практикѣ появилось до сихъ поръ только въ одной Россіи; но то, что американскій способъ очищенія воды вполне удобопримѣнимъ для городскихъ водопроводовъ, подтверждается авторитетными заявленіями спеціалистовъ, изучившихъ тотъ и другой способъ очищенія воды.

Успѣшность американскаго способа очищенія воды механическими фильтрами въ связи съ коагулированіемъ, а также и стоимость этого способа, какъ выяснено многими изслѣдованіями, приблизительно одинаковы съ успѣшностью и стоимостью англійскаго способа въ С. Америкѣ. Но у насъ въ Россіи, гдѣ англійскіе фильтры приходится дѣлать крытыми и гдѣ они стобятъдорого, стоимость устройства американскихъ фильтровъ выходитъ значительно меньше стоимости англійскихъ фильтровъ, и это представляется обстоятельствомъ чрезвычайно важнымъ. Изъ двухъ способовъ одинаково хорошихъ вполне естественно выбирать способъ болѣе дешевый, какъ болѣе доступный для осуществленія.

Дѣло распространенія американскаго метода очищенія воды развивается за послѣдніе годы съ большимъ успѣхомъ, и развитіе его невозможно будетъ остановить послѣ того, какъ одно за другимъ являются признанія дѣйствительности американ-



скаго метода наравнѣ съ методомъ англійскимъ, для котораго уже начинаютъ заимствовать существенную черту американскаго метода, а именно коагулирование воды до ея фильтрованія.

Я не ставлю по моему настоящему сообщенію никакихъ тезисовъ, потому что предыдущіе Съѣзды уже приняли положенія, обезпечивающія возможность развитія американскаго метода очищенія воды въ Россіи. Цѣль моего настоящаго сообщенія заключалась только въ томъ, чтобы познакомить гг. членовъ Съѣзда съ тѣмъ, что было сдѣлано по настоящему вопросу за послѣдніе два года, и показать, что дѣло это не стоитъ, не ослабѣваетъ, а развивается, и что довѣріе къ нему растетъ и укрѣпляется подъ вліяніемъ новѣйшихъ научныхъ изслѣдованій, непрерывно идущихъ одни за другими.

Я долженъ отмѣтить здѣсь появленіе новаго направленія въ дѣлѣ очищенія воды для городскихъ водопроводовъ, заключающееся въ стремленіи къ стерилизаціи воды.

Въ водопроводную практику готовится войти методъ озонирования воды, который будетъ приносить не только полное уничтоженіе бактерій, въ ней заключающихся, и очень иногда вредныхъ, но также и значительное улучшеніе качествъ воды.

Если озонированіе воды, какъ могучее средство для ея полного обезвреживанія, привьется къ водопроводной практикѣ, то отъ фильтрованія воды будетъ требоваться только освобожденіе ея отъ взвѣшенныхъ веществъ:—ея освѣтленіе, уничтоженіе же бактерій можетъ достигаться и значительно легче и значительно совершеннѣе озонированіемъ воды.

Этотъ новый методъ обезвреживанія воды озономъ составляетъ предметъ моего особаго доклада, который я буду имѣть честь сдѣлать въ періодъ нашего настоящаго Съѣзда.

---

#### IV.

### Станція механическихъ фильтровъ въ Little Falls.

Въ настоящее время въ С. Америкѣ, кромѣ прежняго типа круглыхъ механическихъ фильтровъ, начинаютъ устраиваться механическіе фильтры въ видѣ прямоугольных бассейновъ болѣе крупныхъ размѣровъ. Начало этому направленію положилъ городъ Louisville, Ky, гдѣ послѣ долгаго предварительнаго изученія вопроса очищенія воды рѣшено было устроить американскіе фильтры совершенно новой формы,—прямоугольные. Вліяніе г. Луисвилля начинаетъ отражаться и на другихъ городахъ С. Америки, и въ настоящее время въ г. Little Falls, N. J. устроены механическіе фильтры тоже прямоугольной формы, хотя и нѣсколько иной конструкціи, чѣмъ Луисвилльскіе.

Въ журналахъ «Engineering News» \*), и «The Engineering Record» \*\*) помѣщено описаніе этихъ фильтровъ, составленное G. W. Fuller'омъ, принимавшимъ ближайшее участіе въ проектированіи этой станціи.

Такъ какъ случай этотъ представляетъ собою новый шагъ въ развитіи американскаго метода очищенія воды, то онъ заслуживаетъ вниманія.

Фильтровальная станція въ г. Little Falls рассчитана на 10.000.000 ведеръ въ сутки, но въ случаѣ надобности она можетъ доставлять до 12.000.000 ведеръ. Устроена она водопроводной компаніей East Jersey и назначена для водопровода, снабжающаго водою города Paterson и Passaic, а въ послѣдствіи еще нѣсколько селеній, какъ-то: Montclair, West Orange, Glen Ridge, Franklin, Nutlèy, Harrison, Kearney, Bayonne.

---

\*) См. Vol. XLV, № 19.

\*\*) См. Vol. 43, № 19.

Фильтры въ Little Falls рѣшено было устроить американскаго типа въ виду слѣдующихъ соображеній:

1) подлежащая очищенію вода р. Passaic обладаетъ иногда сильной окраской гуммусовыми веществами, которая устраняется особенно хорошо при американскомъ способѣ очищенія воды;

2) механическіе фильтры по мѣстнымъ условіямъ обошлись дешевле англійскихъ; устройство ихъ представилось особенно выгоднымъ потому, что оказалось возможнымъ брать воду изъ идущаго отъ рѣки канала и проводить ее самотекомъ черезъ отстойникъ и фильтры въ бассейнъ чистой воды; англійскіе же фильтры вслѣдствіе ихъ большихъ размѣровъ пришлось бы строить въ другомъ мѣстѣ, что вызвало бы необходимость лишній разъ перекачивать воду.

Сооруженія для очищенія воды въ г. Little Falls состоятъ изъ слѣдующихъ частей:

1) Крытый коагуляціонный (реактивный) бассейнъ въ 44 фута глубиною, вмѣщающій 526.000 ведеръ, что при фильтрованіи 12.000.000 ведеръ въ сутки, обуславливаетъ часовое воздѣйствіе коагулянта на воду.

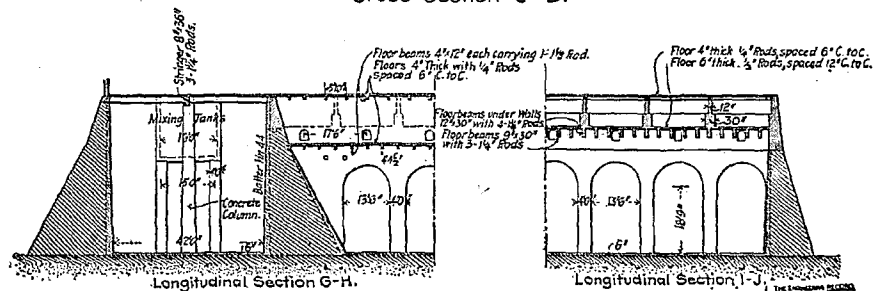
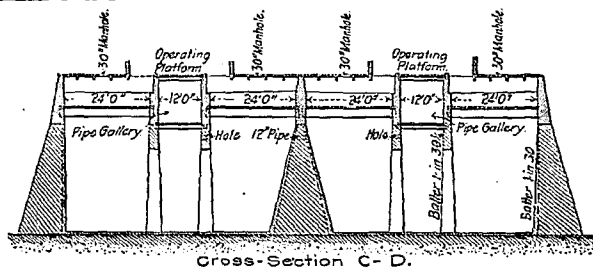
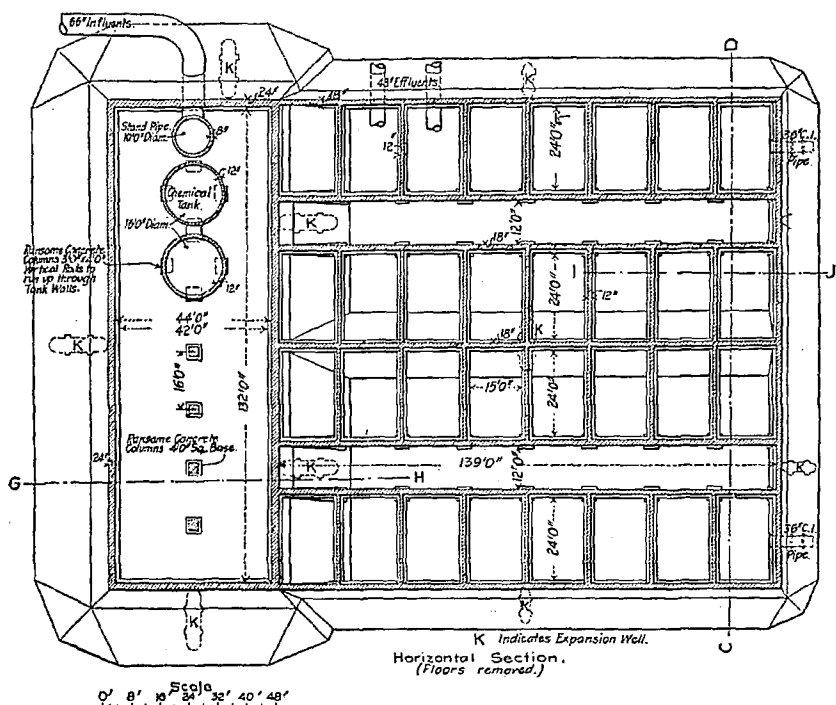
2) Зданіе, занимающее площадь 134 на 45 футовъ, помѣщенное надъ осадочнымъ бассейномъ и вмѣщающее контору, химическую и бактериологическую лабораторіи, склады коагулянта и инструментовъ и т. п.

3) Тридцать два прямоугольных каменныхъ фильтра, размѣромъ каждый 24 на 15 фут. Расположены они четырьмя рядами,—рядомъ съ коагуляціоннымъ бассейномъ и надъ бассейномъ чистой воды.

4) Двѣ расположенныя между фильтрами галереи въ 12 фут. шириною и 13,5 фут. высотой, вмѣщающія приводящія и отводящія воду трубы. Надъ галереями устроены платформы, служащія для доступа къ фильтрамъ и управленію ими.

5) Зданіе и крыша, служащія для покрытія фильтровъ; надъ платформами устроены зданія, фильтры же находятся частью подъ зданіемъ, частью подъ крышами, въ которыхъ сдѣланы отверстія для загрузки фильтрующаго матеріала.

6) Бассейнъ чистой воды въ 30 фут. глубиною, вмѣщаю-



щій въ себѣ болѣе 1.000.000 ведеръ и раздѣленный стѣною на двѣ части.

Нижнія части описанныхъ зданій (см. рисунокъ) сдѣланы изъ бетона, верхнія же, начиная съ высшаго уровня воды въ резервуарѣ чистой воды, — изъ цементъ-железа. Деревянаго не употреблено, исключая дверей и оконъ.

Бассейны вышли глубже, чѣмъ они обыкновенно дѣлаются; произошло это вслѣдствіе мѣстныхъ условій положенія уровня воды въ каналѣ, изъ котораго она берется, и уровня скалы, на которой помѣщены резервуары.

Коагулянтъ употребляется 3%, растворъ сѣрноокислаго глинозема, при чемъ имѣется въ виду возможность въ случаяхъ надобности вводить въ воду соду.

Растворъ коагулянта готовится въ двухъ большихъ резервуарахъ, вмѣщающихъ 13.500 ведеръ, и расположенныхъ подъ поломъ зданія, надъ коагуляціоннымъ бассейномъ. Изъ этихъ резервуаровъ растворъ накачивается въ верхній бакъ съ постояннымъ уровнемъ, откуда излишекъ стекаетъ обратно по холостой трубѣ. Насосы приводятся въ дѣйствіе электрической энергіей. Изъ верхняго бака растворъ коагулянта стекаетъ въ трубу, проводящую подлежащую очищенію воду въ реактивный бассейнъ. Если работа одного или нѣсколькихъ фильтровъ останавливается, то количество раствора вводимого въ воду коагулянта пропорціонально уменьшается при помощи особаго приспособленія на приводящей трубѣ. Скорость фильтрованія удерживается постоянно при помощи регуляторовъ, поставленныхъ при каждомъ фильтрѣ. Изъ верхняго бака коагулянтъ вводится въ 66-дюймовую трубу, приводящую воду въ осадочный бассейнъ; для лучшаго перемѣшиванія раствора коагулянта съ водой, онъ вводится въ нее черезъ продырявленную трубу, которая вставлена въ 66" трубу, приводящую воду. Дырочки на этой трубѣ расположены на 6" одна отъ другой. Приводящая воду 66" труба соединяется съ поставленной въ осадочномъ бассейнѣ вертикальной 10 футовой круглой водонапорной колонной на разстояніи около 18 футовъ отъ верха ея; при входѣ въ колонну вода съ силой ударяетъ о ея стѣнку, что содѣйствуетъ размѣшиванію коагулянта.

Обыкновенно коагулированная вода проходитъ черезъ задвижку при основаніи колонны въ коагуляціонный бассейнъ; изъ послѣдняго уводится съ противоположной стороны близъ поверхности, откуда и направляется по 48-дюймовой трубѣ на фильтры. Въ случаяхъ надобности воду изъ колонны можно направлять и прямо на фильтры, минуя коагуляціонный бассейнъ.

Прямоугольная форма фильтровъ оказалась возможною при условіи примѣненія сжатого воздуха, вмѣсто механическихъ мѣшалокъ, для взмѣшиванія песка во время его промывки. Воздуходувка съ моторомъ поставлена такая, что воздухъ можетъ вдвигаться въ воду подъ напоромъ около 5 фунтовъ.

Поверхность каждаго отдѣльнаго фильтра составляетъ 360 кв. фут. и ея нормальная проводимая способность около 300.000 ведеръ въ 24 часа. Такой размѣръ каждаго отдѣльнаго фильтра принятъ на основаніи подсчета количества воды, необходимой на его промывку. Для лучшаго удаленія воды, служившей для промывки фильтровъ, кромѣ желобовъ у ихъ краевъ, устроены еще добавочные желоба по ихъ серединѣ.

Собираніе фильтрованной воды производится ситками, надъ которыми расположенъ 6-дюймовый слой мелкаго просѣяннаго гравія и 30-дюймовый слой песка. Величина песчинокъ вообще составляетъ отъ 0,35 мм. до 0,42 мм; причемъ не болѣе 1% по вѣсу допущено песчинокъ меньше 0,25 мм. и не болѣе 2% по вѣсу — песчинокъ меньше 0,20 мм. Слой воды надъ поверхностью песка имѣетъ глубину въ 3 фута. Общій, имѣющійся на фильтрованіе, напоръ, считая его отъ уровня воды въ фильтрѣ до уровня его въ регуляторахъ, составляетъ около 10 футовъ.

Каждый регуляторъ имѣетъ кольца, соотвѣтствующія тремъ разнымъ скоростямъ фильтрованія, соотвѣтственно которымъ каждый фильтръ можетъ давать въ сутки 300, 375 и 450 тысячъ ведеръ. Обыкновенно фильтрованная вода стекаетъ изъ регуляторовъ прямо внизъ въ разныя мѣста бассейна чистой воды,—но возможно и направлять ее изъ всѣхъ фильтровъ въ одно отдѣленіе бассейна чистой воды.

Всѣ примѣненныя при фильтрахъ задвижки снабжены гидравлическими цилиндрами для открыванія и закрыванія. На платформѣ около каждаго фильтра поставлены ручки всѣхъ вентилей, соединенныхъ съ фильтромъ, а также приспособленіе для открыванія и закрыванія воздуходувки и насоса, качающаго воду на промывку фильтровъ.

---

# Прескити

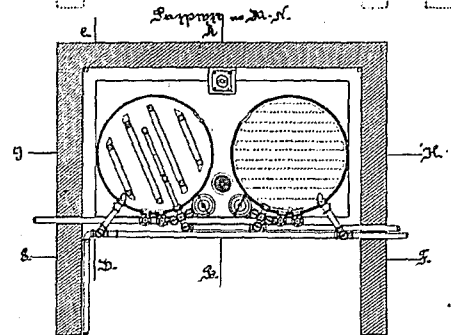
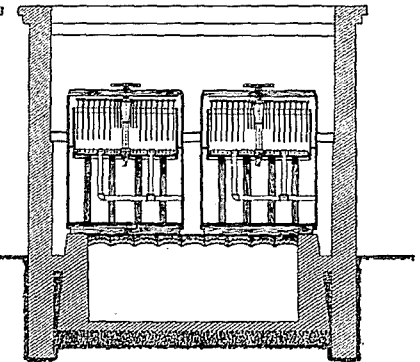
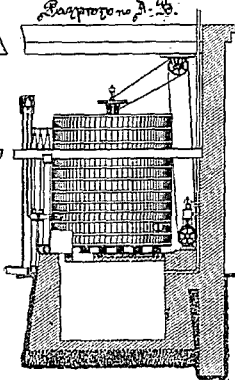
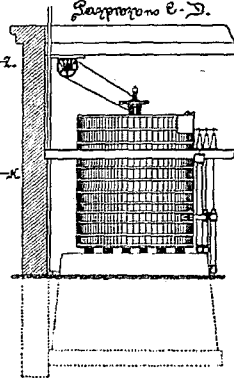
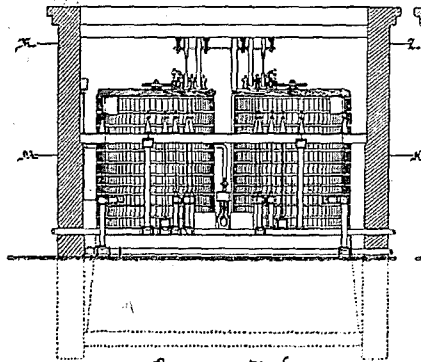
устройство фильтрационной станции на 200,000 ведер суточного потребления воды на фабрике Новой Костромской литейной мануфактуры.

Разрешено в.д.

в.г. Костромского.

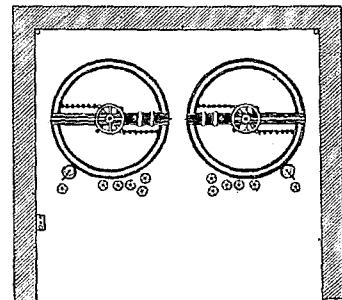
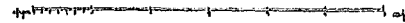
Разрешено в.д.

Разрешено по в.г.



Составлено  
А.И. Вильямом и К.И. Карелинским  
под фирмано  
"Меншук"

Масштаб 1:1





## Станціи механическихъ фильтровъ въ Россіи.

**Г. Нижній-Новгородъ.** Фильтровальная станція въ Нижнемъ-Новгородѣ устроена въ 1899 г. и назначена для очищенія Окской воды, снабжающей заокскую часть города Канавино. Одинъ самотечный фильтръ «Джуэлли» діам. 12' поставленъ при городской Канавинской водокачкѣ.

Вода берется насосами изъ р. Оки и накачивается въ отстойный резервуаръ емкостью около 15.000 ведеръ, изъ котораго направляется въ фильтръ; по очищеніи вода переходитъ въ водонапорную башню, изъ которой и распределяется по городской сѣти трубъ.

Коагулянтъ служитъ сѣрнокислый глиноземъ, который разводится въ стоящемъ близъ фильтра бачкѣ и накачивается отдѣльнымъ насосикомъ въ подлежащую очищенію воду.

Скорость фильтрованія удерживается постоянною посредствомъ регулятора системы «Вестонъ», черезъ который проходитъ вода, вышедшая изъ фильтра.

Въ настоящее время въ Нижнемъ-Новгородѣ идетъ рѣчь о примѣненіи механическихъ фильтровъ для водоснабженія самаго города.

**Новая Костромская Льняная Мануфактура.** Станція механическихъ фильтровъ, устроенная въ 1900 г. въ г. Костромѣ при фабрикѣ Новой Костромской Льняной М-ры, рассчитана на 200.000 ведеръ воды въ сутки и состоитъ изъ двухъ двѣнадцатифутовыхъ самотечныхъ фильтровъ «Джуэлли», поставленныхъ въ каменномъ фабричномъ зданіи (см. рисунокъ).

Очищенію подлежитъ вода изъ рѣки Костромы; вода эта имѣетъ мутный видъ, кромѣ того, загрязняется спускомъ отра-

ботанныхъ водъ съ фабрикъ, расположенныхъ выше по теченію рѣки.

Въ нижней части фильтровъ «Джуэлль» имѣется осадочный бассейнъ, но такъ какъ вода бываетъ иногда, напр., во время весеннихъ паводковъ, особенно мутна, то допущена возможность пользованія однимъ изъ 2-хъ имѣвшихся на чердакѣ фабрики запасныхъ резервуаровъ для предварительнаго отстаиванія воды. Вода изъ рѣки прежде всего накачивается насосомъ въ этотъ резервуаръ емкостью въ 5.000 ведеръ. Изъ отстойнаго резервуара вода поступаетъ на фильтры, а затѣмъ черезъ регуляторы «Вестонъ» — во вновь устроенный бассейнъ для чистой воды на 5.000 ведеръ, расположенный подъ фильтрами. Отсюда вода другимъ насосомъ перекачивается въ ранѣе существовавшій верхній бассейнъ для чистой воды; и изъ него уже распредѣляется въ мѣста потребленія.

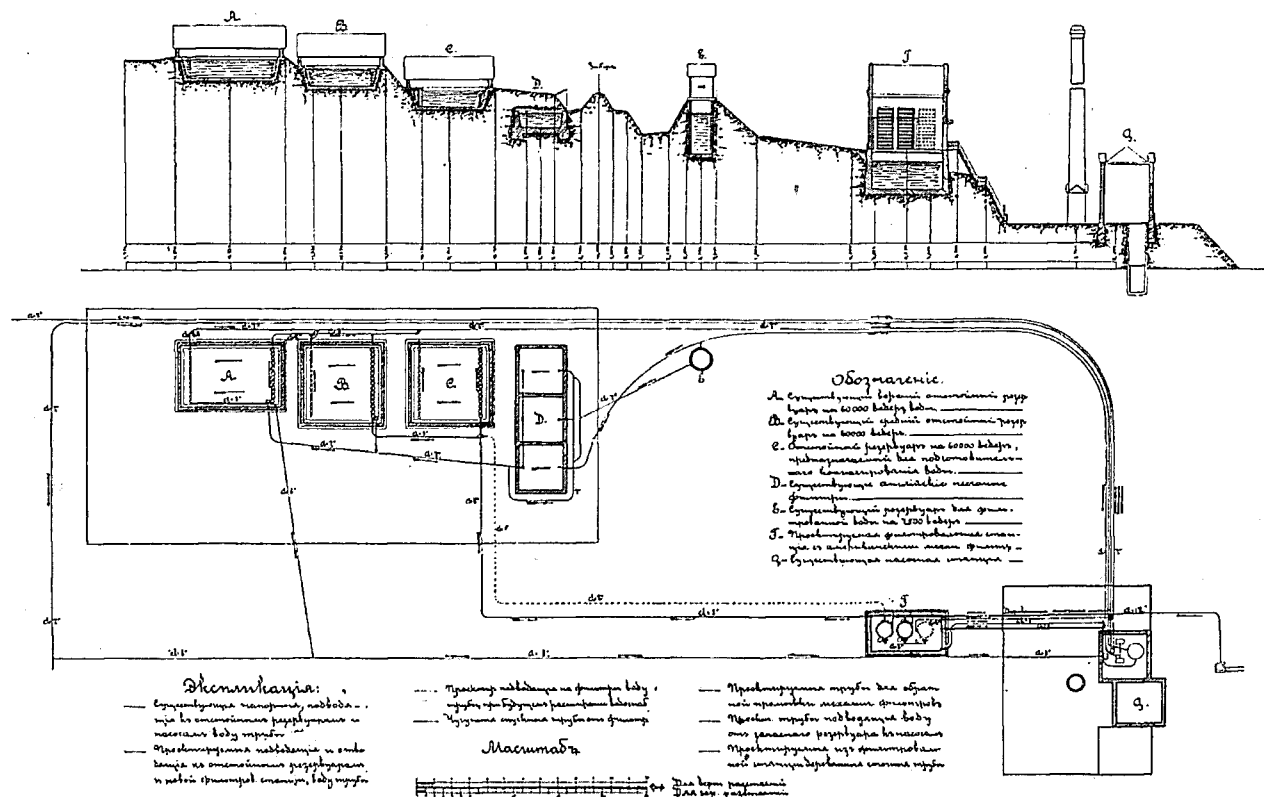
Введеніе въ воду коагулянта приложено въ двухъ мѣстахъ: при поступленіи воды въ верхній отстойный бассейнъ и въ самый фильтръ. Сѣрноокислый глиноземъ разводится въ бачкахъ, стоящихъ близъ фильтра, и отдѣльнымъ насосикомъ накачивается въ подлежащую очищенію воду.

Г. Царицынъ. Станція механическихъ фильтровъ городского водопровода г. Царицына устроена по типу «Джуэлль» и расположена близъ ранѣе существовавшихъ англійскихъ фильтровъ. Примѣненная въ настоящее время въ г. Царицынѣ система очищенія воды явилась вслѣдствіе желанія Городскаго Управленія улучшить свое фильтровальное хозяйство введеніемъ въ него механическихъ фильтровъ, не выбрасывая въ то же время ничего изъ существующихъ сооружений.

До устройства станціи механическихъ фильтровъ г. Царицынъ находился въ томъ же положеніи, въ какомъ находятся большинство русскихъ городовъ, примѣнившихъ у себя англійскіе фильтры, которые вслѣдствіе чрезмѣрнаго увеличенія скорости фильтрованія перестали давать удовлетворительно очищенную воду.

Система водоснабженія въ Царицынѣ была принята слѣдующая: вода бралась изъ р. Волги насосами и послѣдовательно проходила черезъ три расположенныхъ на разныхъ

Общее расположение зданий существующей и проектируемой фильтровальных станций, существующей насосной станции, отстойных и запасных резервуаров при Царынинской городской водопроводу.

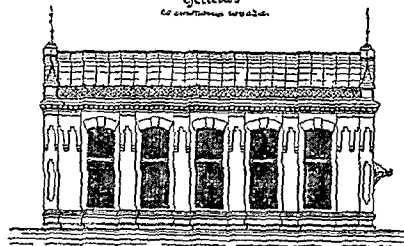


# Проект фильтровальной станции на установку американского механического фильтра системы Вейзеля при Царинском водопроводе.

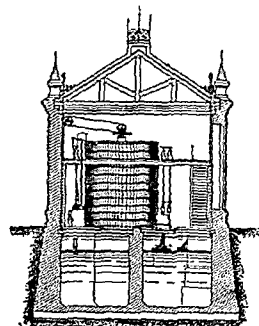
Фасад  
восточный 2-й



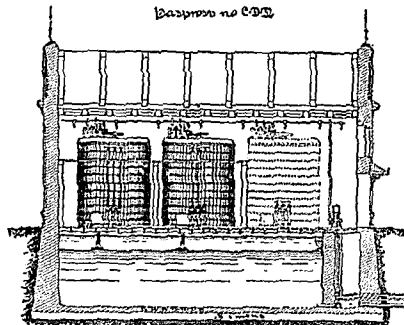
Фасад  
северный 1-й



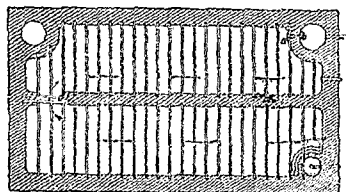
Разрез по А-А



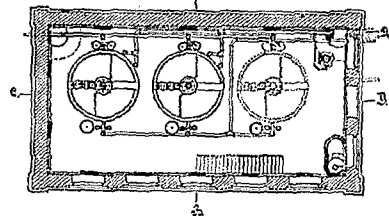
Разрез по Б-Б



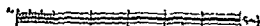
План  
размещения фильтров.



План  
станции фильтровальной системы



Масштаб



уровняхъ крытыхъ отстойныхъ резервуара, каждый вмѣстимостью въ 60.000 ведеръ. Изъ этихъ отстойныхъ резервуаровъ вода поступала въ три крытыхъ англійскихъ фильтра, по прохожденіи которыхъ перекачивалась въ мѣста потребленія. Общая фильтрующая поверхность всѣхъ трехъ фильтровъ составляла 75 кв. саж., и при нормальной скорости фильтрованія въ 4 дюйма они могли бы удовлетворительно очищать около 70.000 ведеръ воды въ сутки. На это количество воды они и были проектированы при постройкѣ водопровода въ 1890 г., но потребленіе воды въ городѣ росло, и скорость фильтрованія постепенно все увеличивали. Къ началу 1900 г. чрезъ фильтры уже пропускалось ежесуточно болѣе 150.000 ведеръ воды, при чемъ скорость фильтрованія достигла 10" въ часъ. Нечего и говорить, что результаты фильтрованія при такихъ условіяхъ получались далеко неудовлетворительные, и прошедшая чрезъ фильтры вода была немногимъ лучше, чѣмъ не фильтрованная вода, съ которой она еще, кромѣ того, смѣшивалась. Когда возникъ вопросъ объ улучшеніи системы очищенія воды, то въ основу проекта были положены слѣдующія два положенія:

1) Сохранить существующіе англійскіе фильтры, сокративши скорость фильтрованія до 4 дюймовъ въ часъ и тѣмъ поставивъ ихъ въ нормальныя условія работы, и 2) устроить на остальное количество воды фильтры американскаго типа «Джуэлль», приспособивши одинъ изъ существующихъ осадочныхъ бассейновъ для предварительнаго коагулированія воды.

Проектъ этотъ былъ выполненъ лѣтомъ 1900 г., и въ настоящее время система очищенія воды имѣетъ видъ представленный на прилагаемыхъ здѣсь рисункахъ.

Вода изъ рѣки накачивается въ верхній отстойный резервуаръ, откуда поступаетъ во второй; изъ этого послѣдняго часть воды направляется въ англійскіе фильтры; остальная часть воды (около 200.000 ведеръ въ сутки) поступаетъ изъ второго въ третій отстойный резервуаръ, который назначенъ исключительно для механическихъ фильтровъ, служа для нихъ коагуляционнымъ бассейномъ; изъ этого бассейна вода идетъ на механическіе фильтры и, пройдя чрезъ нихъ, стекаетъ въ бас-

сейнъ чистой воды, куда поступаетъ и вода, очищенная английскими фильтрами.

Станція механическихъ фильтровъ (см. чертежъ) состоитъ изъ каменнаго зданія въ два свѣта размѣрами 60'  $\times$  33', въ которомъ поставлены 2 двѣнадцатифутовыхъ самотечныхъ фильтра «Джуэлль» съ проводимою способностью въ 100.000 ведеръ каждый и, кромѣ того, оставлено свободное мѣсто для такого же третьяго фильтра.

При каждомъ фильтрѣ установленъ регуляторъ «Вестонъ» и всѣ необходимыя приспособленія.

Введеніе въ воду коагулянта приспособлено въ двухъ мѣстахъ: при поступленіи воды въ 3-й отстойный резервуаръ и въ самые фильтры, и можетъ производиться въ томъ или другомъ мѣстѣ или одновременно въ двухъ мѣстахъ, въ зависимости отъ степени загрязненія воды.

Примѣръ г. Царицына показываетъ, что примѣненіе быстрыхъ механическихъ фильтровъ удобно можетъ уложиться въ рамки, представляемая уже существующей въ городѣ системой английскихъ фильтровъ. Если бы г. Царицынъ пожелалъ улучшить работу своихъ английскихъ фильтровъ путемъ сооруженія добавочныхъ английскихъ же фильтровъ, то площадь такихъ добавочныхъ фильтровъ на 200.000 ведеръ воды въ сутки составила бы около 222 кв. сажени, примѣненіе же механическихъ фильтровъ дало возможность достигнуть тѣхъ же результатовъ постройкой въ сущности лишь одного небольшого зданія, вмѣщающаго въ себѣ два фильтровальныхъ бака діаметромъ менѣе 14 футовъ. Существовавшіе при английскихъ фильтрахъ отстойные бассейны дали при этомъ возможность увеличить продолжительность коагулированія воды и тѣмъ поставить американскій способъ очищенія воды въ особенно выгодныя условія.

Г. Тобольскъ. Фильтровальная станція г. Тобольска устроена въ 1901 году одновременно съ устройствомъ городского водопровода. Фильтры поставлены въ зданіи насосной станціи въ особомъ помѣщеніи (см. чертежъ). Устроены они по самотечному типу «Варренъ» и имѣютъ общую проводимую способность въ 170.000 ведеръ въ сутки. Одинъ изъ фильтровъ поставленъ новый, а другой перенесенъ изъ фильтровальной станціи го-

родскихъ торговыхъ бань, гдѣ онъ былъ на испытаніи въ теченіе почти двухъ лѣтъ.

Вода изъ рѣки Иртыша накачивается насосами въ желѣзный круглый отстойный бакъ емкостью въ 50.000 ведеръ, куда вводится растворъ коагулянта (сѣрноокислаго глинозема) въ предѣлахъ отъ  $\frac{1}{45.000}$  до  $\frac{1}{60.000}$  по вѣсу. Изъ отстойнаго бассейна вода поступаетъ въ фильтры, а затѣмъ чрезъ регуляторы—въ подземный бассейнъ чистой воды, находящійся подъ фильтрами. Отсюда вода перекачивается въ резервуаръ водонапорной башни и распределяется по сѣти трубъ городского водопровода.

**Г. Рыбинекъ.** Станція механическихъ фильтровъ при Рыбинскомъ городскомъ водопроводѣ назначена для очищенія Волжской воды и была устроена въ 1901 г. Вода берется изъ рѣки насосами и накачивается въ расположенный рядомъ съ фильтромъ отстойный бассейнъ, откуда переходитъ въ фильтръ.

Фильтръ устроенъ по самотечному типу «Джуэлль», но въ отличіе отъ большинства фильтровъ этой системы имѣетъ не деревянный, а желѣзный клепаный бакъ.

Діаметръ Рыбинскаго фильтра равенъ 13' и онъ можетъ очищать около 100.000 ведеръ воды въ сутки. На случай увеличенія потребности въ водѣ при Рыбинской фильтровальной станціи оставлено еще мѣсто для второго такого же фильтра съ осадочнымъ бассейномъ.

Бассейнъ чистой воды расположенъ отдѣльно—въ зданіи станціи. Коагулированіе очищенной воды производится, какъ это обыкновенно принято при механическихъ фильтрахъ, сѣрно-кислымъ глиноземомъ.

#### Химическій заводъ т-ва Н. Позниовкина С-вей близъ г. Ярославля.

Фильтровальная станція для этого завода была устроена въ сентябрѣ 1901 г. и назначена для очищенія Волжской воды, которая, какъ извѣстно, бываетъ во время паводковъ очень мутна и, кромѣ того, всегда обладаетъ желтоватою гуммузовою окраской. Последнее представлялось очень нежелательнымъ для заводскаго производства, въ которомъ для

выдѣлки высшаго сорта патоки представляется необходимою безусловно чистая и прозрачная вода. Для полученія таковой было рѣшено примѣнить американскій способъ очищенія воды и было устроено каменное зданіе размѣромъ въ  $10 \times 4$  саж., вмѣщающее одинъ 12-ти футовой самотечный фильтръ «Джуэлль» и предварительный осадочный бассейнъ, устроенный въ видѣ круглаго деревяннаго бака. Проводимая способность фильтра составляетъ 100.000 ведеръ воды въ сутки. Вода изъ Волги накачивается насосомъ въ отстойникъ и затѣмъ переходитъ въ фильтръ (см. чертежъ). Изъ фильтра она стекаетъ черезъ регуляторъ Вестона въ устроенный подъ поломъ зданія бассейнъ чистой воды, откуда направляется въ мѣста заводскаго и хозяйственнаго потребленія.

Коагулянтъ (сѣрноокислый глиноземъ) вводится прямо въ фильтръ, а въ случаѣ надобности и въ предварительный отстойникъ.

#### Фабрика Товарищества Тверской М-ры, въ г. Твери.

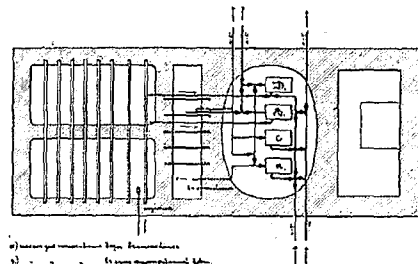
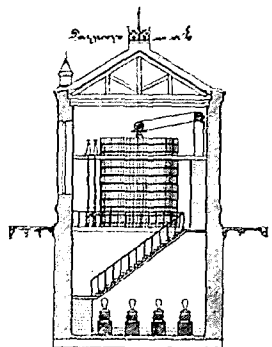
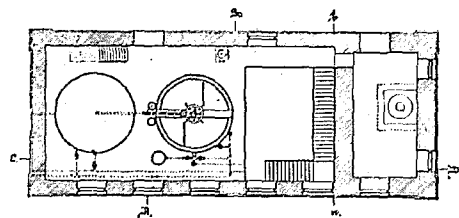
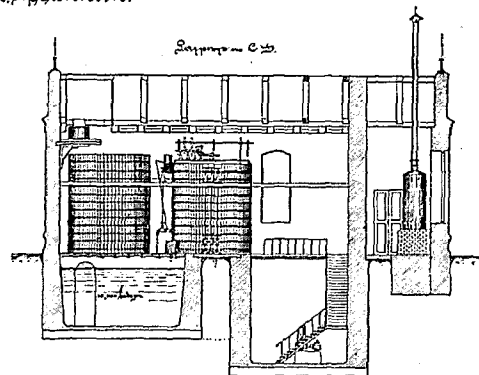
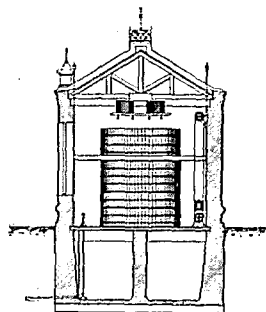
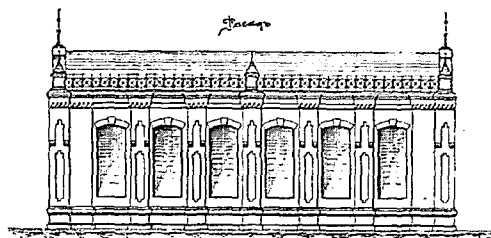
Фильтровальная станція при фабрикѣ Т-ва Тверской М-ры устроена въ 1902 г. и рассчитана на 100.000 ведеръ воды въ сутки. Самотечный фильтръ «Джуэлль» діам. въ 12' поставленъ въ существовавшемъ уже ранѣе каменномъ фабричномъ зданіи. Рядомъ съ фильтромъ поставленъ круглый отстойный деревянный резервуаръ, назначенный для предварительнаго отстаиванія воды (см. чертежъ). Вода берется насосомъ изъ Волги и послѣдовательно проходитъ чрезъ отстойный бассейнъ, фильтръ и регуляторъ Вестона, изъ котораго изливается во вновь устроенный подземный резервуаръ для чистой воды. Отсюда вода другимъ насосомъ перекачивается въ верхній, ранѣе существовавшій, бассейнъ для чистой воды, изъ котораго направляется въ отбѣльное и промывочное отдѣленіе мануфактуры.

Коагулянтомъ примѣняется сѣрноокислый глиноземъ, растворъ котораго можетъ вводиться въ воду въ двухъ мѣстахъ: въ отстойникъ и въ самый фильтръ. Коагулянтъ разводится въ бачкахъ, расположенныхъ надъ фильтромъ и отстойникомъ, откуда и поступаетъ въ воду самотекомъ въ точно опредѣленномъ количествѣ.



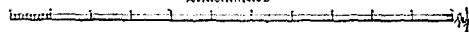
Проект  
насосной и фильтровальной станции для водоснабжения Финляндского Завода Мариового Дома  
Финской Полиции Сестерки в г. Ярославле.

Этаж — 2-й

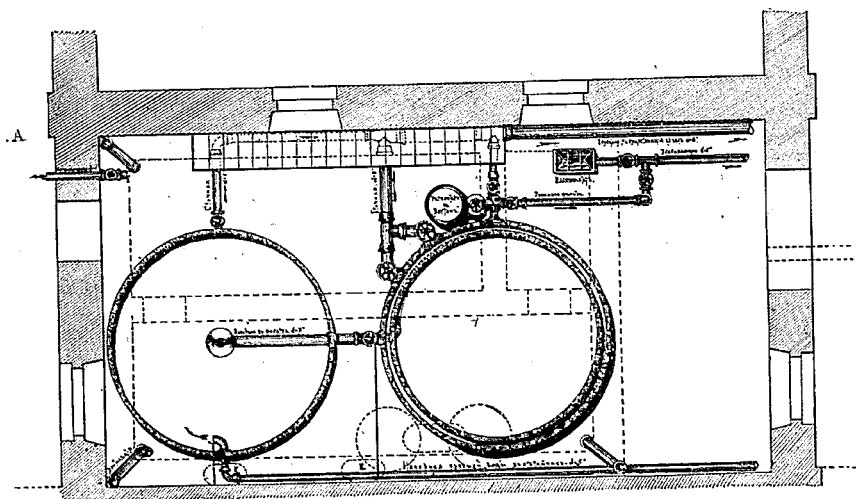
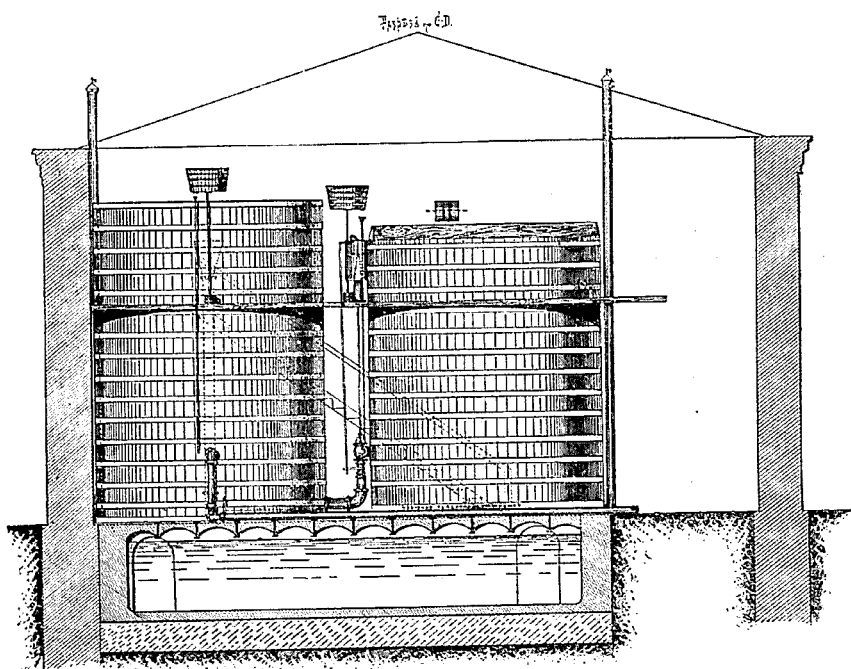


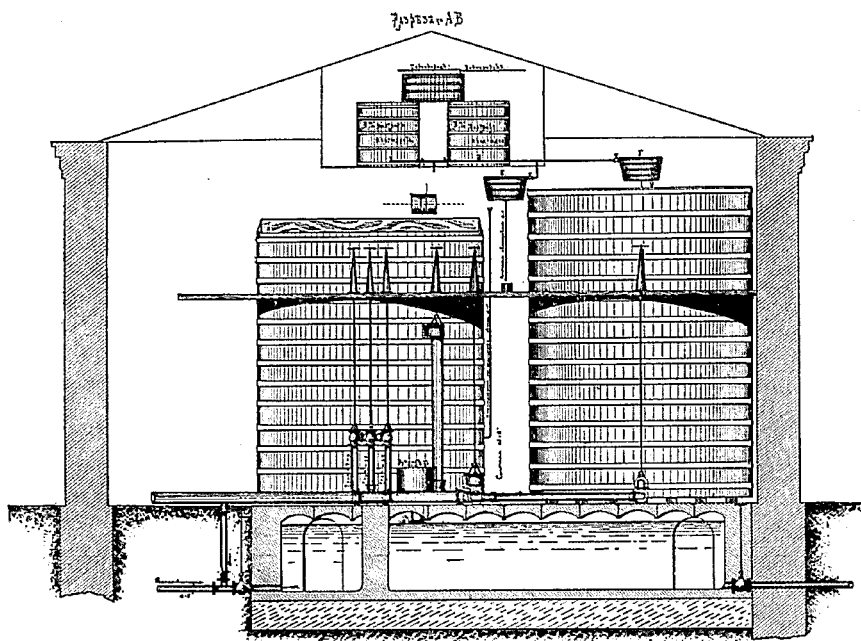
- а) насосная станция для водоснабжения
- б) — — — — — для водоснабжения
- в) — — — — — для водоснабжения
- г) — — — — — для водоснабжения

Масштаб



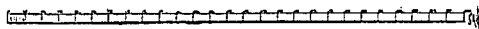
Установка фильтра „Джуэлль“ на Тверской мануфактурѣ.





Проект  
установки одного фильтра системы  
"Долгелль" на пропускную способность в  
100,000 ведер воды в 24 часа на фабрике  
М.ва Шверковой Мануфактуры.

Масштаб



### Фабрика Т-ва Никольской М-ры въ г. Орѣховѣ-Зуевѣ.

Станція фильтровъ при фабрикѣ Т-ва Никольской М-ры Саввы Морозова Сынъ и К°. Устроена въ 1902 г. Она состоитъ изъ одного самотечнаго фильтра Джуэлль діаметромъ въ 12", въ который вода поступаетъ изъ предварительнаго отстойнаго бассейна, показаннаго на чертежѣ.

Коагулянтомъ служить сѣрниокислый глиноземъ, который разводится въ бочкахъ находящихся выше бассейна, и затѣмъ поступаетъ самотекомъ въ бассейнъ и въ фильтръ.

По выходѣ изъ фильтра вода проходитъ черезъ регуляторъ Вестона.

### Водоснабженіе учреждений Охтенскаго опытоваго поля Морского Вѣдомства, близъ С.-Петербурга.

Фильтровальная станція при водоснабженіи зданій Морского Вѣдомства на Охтенскомъ опытовомъ полѣ устраивается въ настоящемъ 1902 году. Она будетъ служить для очищенія воды р. Луппы, назначаемой на хозяйственные потребности.

Вода берется насосами изъ рѣки и въ количествѣ 1.500 ведеръ въ часъ накачивается въ отстойный бассейнъ, имѣющій видъ круглаго деревяннаго бака. Пройдя чрезъ бассейнъ, вода переходитъ въ стоящій рядомъ съ нимъ самотечный фильтръ «Джуэлль» діам. въ 8 футъ. Проводимая способность этого фильтра можетъ быть доведена до 45.000 ведеръ въ сутки.

И фильтръ, и отстойникъ помѣщены въ водонапорной башнѣ (см. чертежъ). Въ подвалѣ башни устроенъ бассейнъ чистой воды, куда вода стекаетъ изъ фильтра чрезъ регуляторъ «Вестона». Изъ нижняго бассейна вода перекачивается насосомъ въ находящійся надъ фильтромъ верхній бассейнъ, откуда и расходуется въ мѣста потребленія.

Подлежащая очищенію вода р. Луппы такъ же, какъ и Невская, отличается своею мягкостью, такъ что временами (особенно въ весенніе паводки) содержащихся въ водѣ углекислыхъ солей можетъ не доставать на реакцію съ коагулянтномъ—сѣрниокислымъ глиноземомъ. Въ виду этого, кромѣ

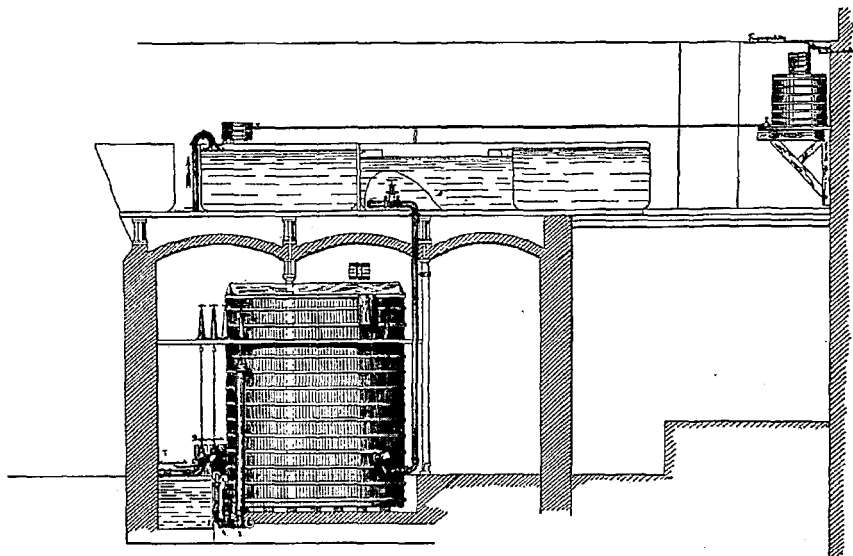
введенія этого послѣдняго, приспособлено предварительное введеніе въ воду извести въ видѣ известковаго молока.

Известь, такъ же какъ и глиноземъ, разводится въ двухъ, помѣщенныхъ въ водонапорной башнѣ, бакахъ и направляется въ отстойный бассейнъ, гдѣ и смѣшивается съ водой; послѣ этого—при поступленіи воды въ фильтр—вводится въ нее коагулянтъ, который и реагируетъ съ известью, при чемъ устраняется возможность прохожденія коагулянта неразложеннымъ сквозь фильтръ. Введеніе извести производится не всегда, а лишь въ случаяхъ особой мягкости воды, такъ какъ для коагулированія бываетъ достаточно очень небольшой жесткости (напр., менѣе 2° нѣмецкихъ).

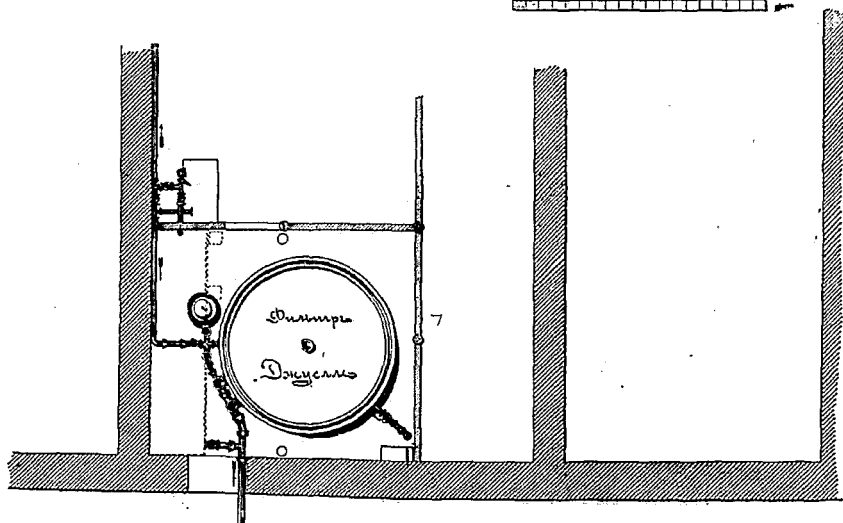
---

# Установка фильтра „Джуэлль“

на 100.000 ведеръ въ сутки на фабрикѣ Т-ва Никольской мануфактуры  
Саввы Морозова Сынъ и К<sup>о</sup>.



Масштабъ 1:100

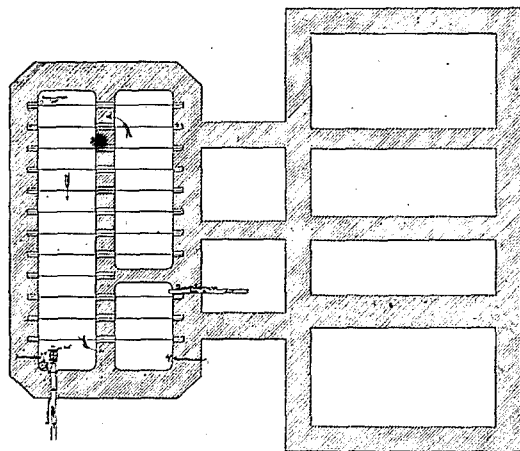


# Проект

постановки одного или нескольких фильтров сепаратора „Дельфа“  
на проектное количество 36,000 ведер воды в 24 часа на Смет-  
еком Огневом поле в С. Петербурге.

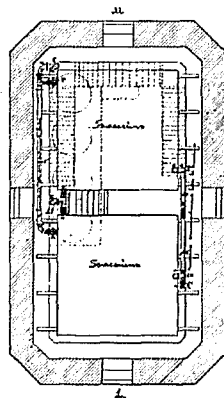
Лист № 1

Плановый разрез для наблюдательной воды



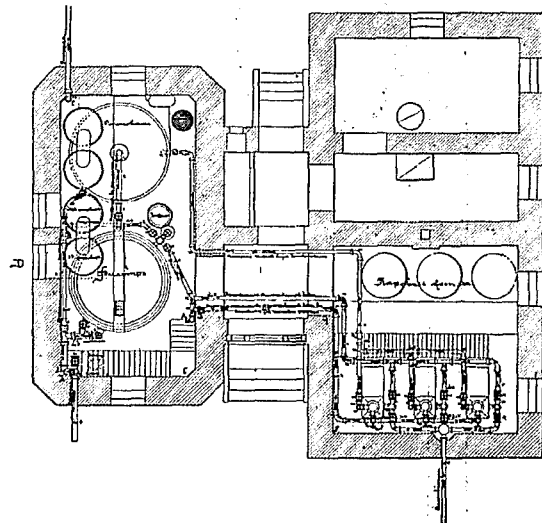
Лист № 2

Плановый разрез для наблюдательной воды

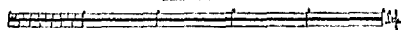


Лист № 3

Плановый разрез для наблюдательной воды



Масштаб

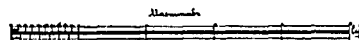
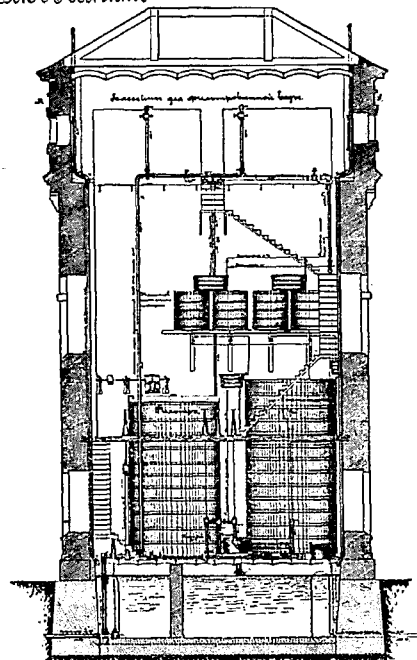
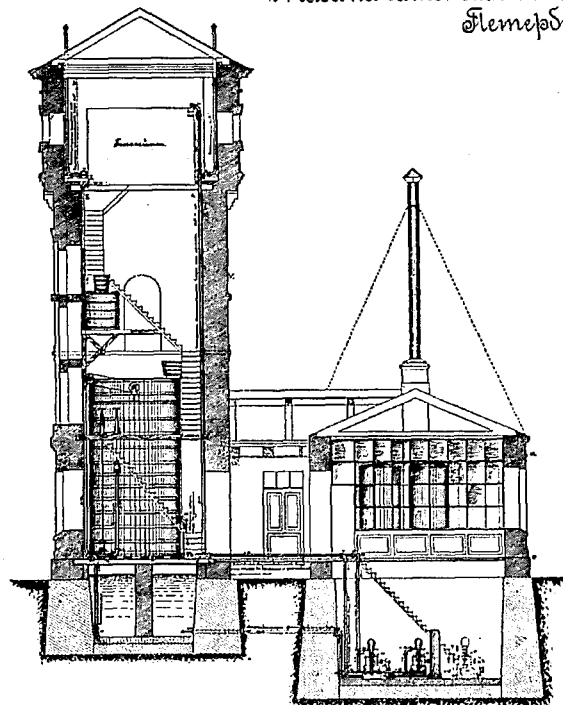


# Проектъ

установки одного американскаго фильтра чистой  
Дюваль на пропускную способность 36.000 ведеръ воды въ  
24 часа на Вагненевъ Опытномъ палатѣ въ Санктъ-Петербургѣ.

Запрото - Дюваль

Запрото - Дюваль





# Списокъ городовъ, примѣнявшихъ американскіе механическіе фильтры.

(1 американскій галлонъ=0.308 ведра).

|    | Названіе городовъ.               | Система фильтровъ. | Пропускная способность въ амер. галлон. въ 24 ч. | Время первоначальн. установ. |       |
|----|----------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-------|
|    |                                  |                    |                                                  | Мѣсяцы.                      | Годы. |
| 1  | Somerville, N. J. . . . .        | N-Y. p.            | 2.000.000                                        | Май                          | 1885* |
| 2  | Bucyrus, Oh. . . . .             | N-Y. p.            | 500.000                                          | Январь                       | 1887  |
| 3  | Raleigh, N. C. . . . .           | N-Y. p.            | 2.000.000                                        | Апрѣль                       | 1887* |
| 4  | Owego, N. Y. . . . .             | N-Y. p.            | 500.000                                          | Май                          | 1887* |
| 5  | Paola, Kans . . . . .            | N-Y. p.            | 250.000                                          | Май                          | 1887  |
| 6  | Chattanooga, Ten. . . . .        | N-Y. J. p.         | 9.000.000                                        | Іюнь                         | 1887* |
| 7  | Greenwich, Conn. . . . .         | N-Y. p.            | 2.000.000                                        | Іюль                         | 1887* |
| 8  | Atlanta, Ga. . . . .             | N-Y. p.            | 8.000.000                                        | Августъ                      | 1887* |
| 9  | Exeter, N. H. . . . .            | N-Y. J. p.         | 100.000                                          | Августъ                      | 1887  |
| 10 | Gadsden, Ala. . . . .            | N-Y. p. g.         | 1.500.000                                        | Іюль                         | 1887* |
| 11 | Winnipeg, Man. . . . .           | N-Y. p.            | 1.500.000                                        | Декабрь                      | 1887  |
| 12 | Elgin, Ill. . . . .              | R. p.              | 4.300.000                                        | Февраль                      | 1888* |
| 13 | Louisiana, Mo. . . . .           | N-Y. p. g.         | 800.000                                          | Мартъ                        | 1888* |
| 14 | Long Branch, N. J. . . . .       | N-Y. p.            | 3.000.000                                        | Іюнь                         | 1888* |
| 15 | Mt. Clemens, Mich . . . . .      | R. p.              | 1.000.000                                        | Августъ                      | 1888  |
| 16 | Mt. Pleasant, Ia . . . . .       | N-Y. p.            | 500.000                                          | Сентябрь                     | 1888  |
| 17 | Athol, Mass . . . . .            | N-Y. p.            | 1.500.000                                        | Октябрь                      | 1888  |
| 18 | Greenville, Tex. . . . .         | R. p.              | 800.000                                          | Іюль                         | 1888  |
| 19 | Cairo, Ill. . . . .              | N-Y. R. p.         | 3.000.000                                        | Январь                       | 1888* |
| 20 | Asheville, N. C. . . . .         | N-Y. p.            | 1.000.000                                        | Январь                       | 1889* |
| 21 | Rogers Park, Ill. . . . .        | R. p.              | 400.000                                          | Мартъ                        | 1889  |
| 22 | Richfield Springs, N. Y. . . . . | N-Y. p.            | 350.000                                          | Мартъ                        | 1889  |
| 23 | Salisbury, N. C. . . . .         | R. p.              | 500.000                                          | Май                          | 1889  |
| 24 | New Brighton, Pa. . . . .        | N-Y. p.            | 500.000                                          | Октябрь                      | 1889  |
| 25 | Stevens Point, Wis. . . . .      | N-Y. p.            | 500.000                                          | Октябрь                      | 1889  |
| 26 | Shreveport, La . . . . .         | N-Y. p.            | 1.000.000                                        | Декабрь                      | 1889  |
| 27 | Lakewood, N. J. . . . .          | N-Y. p.            | 500.000                                          | Декабрь                      | 1889  |
| 28 | Porterville, Cal. . . . .        | N-Y. p.            | 150.000                                          | Апрѣль                       | 1890  |

|    | Названіе городовъ.          | Система фильтровъ. | Пропускная способность въ амер. галл. доп. въ 24 ч. | Время первоначалн. установ. |       |
|----|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-------|
|    |                             |                    |                                                     | Мѣсяцы.                     | Годы. |
| 29 | Murphysboro, Ill. . . . .   | N-Y. p.            | 250.000                                             | Іюль                        | 1890  |
| 30 | Terre Haute, Ind. . . . .   | N.J.p.J.g.         | 9.000.000                                           | Іюль                        | 1890* |
| 31 | Bordentown, N. J. . . . .   | N-Y. p.            | 500.000                                             | Іюль                        | 1890  |
| 32 | Catonsovell, Md. . . . .    | N-Y. p.            | 250.000                                             | Сентябрь                    | 1890  |
| 33 | Caldwell, Kans . . . . .    | N-Y. p.            | 500.000                                             | Ноябрь                      | 1890  |
| 34 | St. Thomas, Ont . . . . .   | N-Y. p.            | 2.500.000                                           | Мартъ                       | 1891* |
| 35 | Waterloo, Ia. . . . .       | J. g.              | 1.500.000                                           | Апрѣль                      | 1891* |
| 36 | Oakland, Cal . . . . .      | N-Y. p.            | 7.000.000                                           | Май                         | 1891* |
| 37 | Oshkosh, Wis . . . . .      | W. g.              | 2.400.000                                           | Іюнь                        | 1891* |
| 38 | Davenport, Ia. . . . .      | R. p.              | 7.500.000                                           | Іюнь                        | 1891* |
| 39 | Little Rock, Ark. . . . .   | N.Y.J.R.p.         | 5.000.000                                           | Іюнь                        | 1891* |
| 40 | Macon, Ga. . . . .          | J.W.g.N-Y          | 3.500.000                                           | Іюль                        | 1891* |
| 41 | La Grange, Tex. . . . .     | N-Y. p.            | 250.000                                             | Ноябрь                      | 1891  |
| 42 | Nebraska city, Neb. . . . . | R. p.              | 400.000                                             | Декабрь                     | 1891* |
| 43 | Lamar, Mo . . . . .         | N-Y. p.            | 250.000                                             | Декабрь                     | 1891  |
| 44 | Riverside, Cal. . . . .     | N-Y. p.            | 100.000                                             | Январь                      | 1892  |
| 45 | Columbia S. C. . . . .      | J. g.              | 3.000.000                                           | Февраль                     | 1892  |
| 46 | Bogota (Колумбія) . . . .   | N-Y. p.            | 1.000.000                                           | Февраль                     | 1892  |
| 47 | Lake Forest, Ill. . . . .   | J. p.              | 1.000.000                                           | Мартъ                       | 1892  |
| 48 | Quincy, Ill. . . . .        | J. g.              | 4.000.000                                           | Августъ                     | 89 2* |
| 49 | Brandon, Man. . . . .       | N-Y. p.            | 1.000.000                                           | Январь                      | 1893  |
| 50 | Keokuk, Ia . . . . .        | N-Y. p.            | 3.500.000                                           | Январь                      | 1893  |
| 51 | Calais, Me . . . . .        | W. g.              | 1.500.000                                           | Январь                      | 1893  |
| 52 | Holden, Mo . . . . .        | N-Y. p.            | 200.000                                             | Мартъ                       | 1893* |
| 53 | Milledgeville, Ga. . . . .  | N-Y. p.            | 500.000                                             | Мартъ                       | 1893  |
| 54 | Oswego, Kasn. . . . .       | N-Y. p.            | 500.000                                             | Апрѣль                      | 1893  |
| 55 | Altens, Ga . . . . .        | W. g.              | 1.000.000                                           | Іюнь                        | 1893  |
| 56 | Decatur, Ill. . . . .       | W. g.              | 3.000.000                                           | Іюнь                        | 1893  |
| 57 | Royersford, Pa . . . . .    | J. g.              | 1.000.000                                           | Іюнь                        | 1893  |
| 58 | Durham, N. C. . . . .       | W. g.              | 2.000.000                                           | Сентябрь                    | 1893* |
| 59 | Winfield, Kans . . . . .    | W. g.              | 1.000.000                                           | Январь                      | 1894  |

|    | Названіе городовъ.        | Система фильтровъ. | Пропускная способность въ амер. галлон. въ 24 ч. | Время первоначальн. установ. |       |
|----|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-------|
|    |                           |                    |                                                  | Мѣсяцы.                      | Годы. |
| 60 | Burlington, Ia. . . . .   | J. g.              | 3.500.000                                        | Апрѣль                       | 1894  |
| 61 | Gettysburg, Pa . . . . .  | W. g.              | 300.000                                          | Іюль                         | 1894  |
| 62 | Knoxville, Tenn. . . . .  | W. g.              | 5.000.000                                        | Августъ                      | 1894* |
| 63 | Valatie, N. Y. . . . .    | N-Y.               | 150.000                                          | Сентябрь                     | 1894  |
| 64 | Danville, Ky. . . . .     | N-Y. p.            | 500.000                                          | Сентябрь                     | 1894  |
| 65 | Ashbury Park, N. J. . .   | C. p.              | 2.000.000                                        | Сентябрь                     | 1894  |
| 66 | Winchester, Ky. . . . .   | J. g.              | 750.000                                          | Декабрь                      | 1894  |
| 67 | Winston, N. C. . . . .    | W. g.              | 500.000                                          | Январь                       | 1895  |
| 68 | Lexington, Ky. . . . .    | J. p.              | 3.500.000                                        | Мартъ                        | 1895* |
| 69 | Chatham, Ont . . . . .    | N-Y. p.            | 1.000.000                                        | Апрѣль                       | 1895* |
| 70 | Longueuil, Que . . . . .  | N-Y. p.            | 400.000                                          | Сентябрь                     | 1895  |
| 71 | Keyport, N. J. . . . .    | W. g.              | 500.000                                          | Сентябрь                     | 1895  |
| 72 | Ottumwa, Ia . . . . .     | J. g.              | 2.000.000                                        | Декабрь                      | 1895  |
| 73 | Overbrook, Pa. . . . .    | W. g.              | 250.000                                          | Декабрь                      | 1895  |
| 74 | Danville Pa. . . . .      | J. g.              | 1.500.000                                        | Январь                       | 1896* |
| 75 | Bidderford, Me . . . . .  | W. g.              | 3.000.000                                        | Январь                       | 1896  |
| 76 | Warren, Oh. . . . .       | W. g.              | 1.500.000                                        | Февраль                      | 1896  |
| 77 | Niagara Falls, N-Y. . .   | J. g.              | 4.500.000                                        | Апрѣль                       | 1896  |
| 78 | Goldsboro, N. C. . . . .  | W. g.              | 500.000                                          | Май                          | 1896  |
| 79 | Ceder Rapids, Ia. . . . . | J. g.              | 2.500.000                                        | Май                          | 1896  |
| 80 | Warsaw, Ind. . . . .      | N-Y. p.            | 500.000                                          | Іюнь                         | 1896  |
| 81 | Charlotte, N. C. . . . .  | N-Y. g.            | 1.500.000                                        | Іюнь                         | 1896  |
| 82 | Westerly, R. I. . . . .   | N-Y. g.            | 1.500.000                                        | Іюль                         | 1896  |
| 83 | Reading, Mass. . . . .    | W. g.              | 1.000.000                                        | Іюль                         | 1896  |
| 84 | Pickering Creek, Pa. . .  | W. g.              | 750.000                                          | Сентябрь                     | 1896  |
| 85 | Carlisle, Pa. . . . .     | J. g.              | 1.500.000                                        | Октябрь                      | 1896  |
| 86 | Attica, N. Y. . . . .     | N-Y. p.            | 400.000                                          | Октябрь                      | 1896  |
| 87 | Deseronto, Ont. . . . .   | J. p.              | 500.000                                          | Ноябрь                       | 1896  |
| 88 | Reading, Pa. . . . .      | W. g.              | 250.000                                          | Декабрь                      | 1896  |
| 89 | Holmesburg, Pa. . . . .   | N-Y. p.            | 2 000.000                                        | Декабрь                      | 1896* |
| 90 | Lorain, Oh. . . . .       | J. g.              | 3.000.000                                        | Декабрь                      | 1896  |

|     | Название городовъ.                | Система<br>филтровъ. | Пропускная<br>способность<br>въ амер. гал-<br>лон. въ 24 ч. | Время первоначальн. установ. |       |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|-------|
|     |                                   |                      |                                                             | Мѣсяцы.                      | Годы. |
| 91  | North Berwick, Me. . . . .        | W. g.                | 300.000                                                     | Декабрь                      | 1896  |
| 92  | Elmira, N. Y. . . . .             | J. g.                | 6.000.000                                                   | Январь                       | 1897  |
| 93  | Bangor, Me. . . . .               | W. g.                | 5.000.000                                                   | Январь                       | 1897  |
| 94  | Eufaula, Ala. . . . .             | N-Y. p.              | 500.000                                                     | Мартъ                        | 1897  |
| 95  | Eatonton, Ga. . . . .             | N-Y. g.              | 500.000                                                     | Мартъ                        | 1897  |
| 96  | Brainerd, Minn. . . . .           | N-Y. p.              | 500.000                                                     | Мартъ                        | 1897  |
| 97  | Hopkinsville, Ky. . . . .         | N-Y. p.              | 500.000                                                     | Мартъ                        | 1897  |
| 98  | Merrill, Wis. . . . .             | J. g.                | 1.000.000                                                   | Апрѣль                       | 1897  |
| 99  | Kingston, N. Y. . . . .           | N-Y. p.              | 6.000.000                                                   | Сентябрь                     | 1897* |
| 100 | Rumford Falls, Me. . . . .        | W. g.                | 500.000                                                     | Октябрь                      | 1897* |
| 101 | Renfrew, Ont. . . . .             | N-Y. p.              | 500.000                                                     | Октябрь                      | 1897  |
| 102 | Vandergrift, Pa. . . . .          | W. g.                | 500.000                                                     | Декабрь                      | 1897* |
| 103 | Creston, Ia. . . . .              |                      | 750.000                                                     |                              | 1897  |
| 104 | Filtmane N. C. . . . .            |                      | 500.000                                                     |                              | 1897  |
| 105 | Christiania (Норвегія) . . . . .  | J.                   | 200.000                                                     | Январь                       | 1898  |
| 106 | Fairmont, W. Va. . . . .          | N-Y. p.              | 1.000.000                                                   | Январь                       | 1898  |
| 107 | Kansas city, Kans. . . . .        | J. g.                | 6.000.000                                                   | Февраль                      | 1898  |
| 108 | Mechanics Falls, Me. . . . .      | W. g.                | 750.000                                                     | Мартъ                        | 1898  |
| 109 | New Castle, Pa. . . . .           | N-Y. g.              | 4.000.000                                                   | Апрѣль                       | 1898  |
| 110 | Council Grove, Kans. . . . .      | N-Y. p.              | 500.000                                                     | Май                          | 1898  |
| 111 | St. Hyacinthe, Que . . . . .      | J. p.                | 1.000.000                                                   | Мартъ                        | 1898  |
| 112 | St. Joseph, Mo. . . . .           | J. g.                | 10.200.000                                                  | Іюнь                         | 1898* |
| 113 | Broken Hill (Австралія) . . . . . | J. W. g.             | 1.500.000                                                   |                              | 1899  |
| 114 | Huntington, W. Va. . . . .        | N-Y. g.              | 2.000.000                                                   |                              |       |
| 115 | Atlantic Highlands, N. J. . . . . | C. p.                | 500.000                                                     |                              | 1899  |
| 116 | Augusta, Ga. . . . .              | N-Y. g.              | 6.000.000                                                   |                              | 1899  |
| 117 | Alton, Ill. . . . .               | N-Y. g.              | 3.000.000                                                   |                              | 1899  |
| 118 | Veazie, Me. . . . .               | W. g.                | 1.000.000                                                   |                              | 1899  |
| 119 | Adrian, Mich. . . . .             | J. g.                | 1.750.000                                                   |                              | 1899  |
| 120 | Heighstown, N. J. . . . .         | N-Y. g.              | 250.000                                                     |                              | 1899  |
| 121 | New Bethlehem, Pa. . . . .        | J. g.                | 100.000                                                     |                              | 1899  |

|     | Названіе городовъ.                                | Система<br>филътровъ. | Пропускная<br>способность<br>въ амер. гал-<br>лон. въ 24 ч. | Время первоначальн. установ. |       |
|-----|---------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------|-------|
|     |                                                   |                       |                                                             | Мѣсяцы.                      | Годы. |
| 122 | York, Pa. . . . .                                 | J. g.                 | 4.000.000                                                   |                              |       |
| 123 | East Providence, R. I. . .                        | J. g.                 | 1.000.000                                                   |                              | 1899* |
| 124 | Norfolk, Va. . . . .                              | J. g.                 | 8.000.000                                                   |                              | 1899  |
| 125 | Москва, Россія (пыпыта-<br>тельная станція) . . . | J. g.                 | 325.000                                                     |                              | 1899  |
| 126 | Henderson, N. C. . . . .                          | W. g.                 | 250.000                                                     |                              | 1899  |
| 127 | Dunville, Ont. . . . .                            | N-Y. p.               | 500.000                                                     |                              |       |
| 128 | Arnot, Pa. . . . .                                | N-Y, g.               | 100.000                                                     |                              | 1899  |
| 129 | Connellsville, Pa. . . . .                        |                       | 1.500.000                                                   |                              |       |
| 130 | Beaver Falls, Pa. . . . .                         | N. Y.                 | 3.500.000                                                   |                              |       |
| 131 | Chihuahua, Мех. (Мексика)                         | J. g.                 | 1.750.000                                                   |                              | 1899  |
| 132 | Hornelsville, N. I. . . .                         | N-Y. p.               | 3.000.000                                                   |                              | 1900  |
| 133 | Columbus, Miss. . . . .                           | J. g.                 | 1.000.000                                                   |                              | 1900  |
| 134 | Benwood W., Va. . . . .                           | J. g.                 | 1.000.000                                                   |                              | 1900  |
| 135 | Clarksville, Tenn. . . . .                        | J. g.                 | 1.500 000                                                   |                              | 1900  |
| 136 | Dubuque, Ia. . . . .                              | J. g.                 | 2.500.000                                                   |                              | 1900  |
| 137 | Denver, Col. . . . .                              | —                     | —                                                           |                              | 1900  |
| 138 | Rome, Ga. . . . .                                 | J. g.                 | 1.500.000                                                   |                              | 1900  |
| 139 | Dennison, Oh. . . . .                             | J. g.                 | 1.600.000                                                   |                              | 1900* |
| 140 | Frazerville, Que. . . . .                         | N-Y. g.               | 200.000                                                     |                              | 1900  |
| 141 | Нижній-Новгородъ (Россія)                         | J. g.                 | 325.000                                                     |                              | 1900  |
| 142 | Тобольскъ (Россія) . . .                          | W. g.                 | 553.000                                                     |                              | 1900  |
| 143 | Царицынъ (Россія) . . .                           | J. g.                 | 6.500.000                                                   |                              | 1900  |
| 144 | Red Bank, N. J. . . . .                           |                       | 12.000.000                                                  |                              | 1900  |
| 145 | Gastonia, N. C. . . . .                           |                       | 350.000                                                     |                              | 1900  |
| 146 | Rocky Mount, N. C. . . .                          |                       | 350.000                                                     |                              | 1900  |
| 147 | Conneaut, Oh. . . . .                             |                       | 800.000                                                     |                              | 1900  |
| 148 | Canton, Pa. . . . .                               |                       | 500.000                                                     |                              | 1900  |
| 149 | Claxion, Pa. . . . .                              |                       | 500.000                                                     |                              | 1900  |
| 150 | Sharon, Pa. . . . .                               |                       | 1.500.000                                                   |                              | 1900  |
| 151 | Union, S. C. . . . .                              |                       | 350.000                                                     |                              | 1900  |

|     | Названіе городовъ.          | Система<br>фильтровъ. | Пропускная<br>способность<br>въ амер. гал-<br>лон. въ 24 ч. | Время первоначалн. установ. |       |
|-----|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------|
|     |                             |                       |                                                             | Мѣсяцы.                     | Годы. |
| 152 | Morgantown, W. Va. . . .    |                       | 1.000.000                                                   |                             | 1900* |
| 153 | Marinette, Wis. . . . .     |                       | 3.000.000                                                   |                             | 1900  |
| 154 | Smiths Falls, Ont. . . . .  |                       | 500.000                                                     |                             | 1900  |
| 155 | Thurso, Ont. . . . .        |                       | 100.000                                                     |                             | 1900  |
| 156 | Sparrows Point . . . . .    |                       | 300.000                                                     |                             | 1900  |
| 157 | E. St. Louis, Ills. . . . . |                       | 10.500.000                                                  |                             | 1900  |
| 158 | Muncie, Ind. . . . .        |                       | 4.000.000                                                   |                             | 1900* |
| 159 | Rennselcar, N. I. . . . .   |                       | 3.000.000                                                   |                             | 1900  |
| 160 | Norristown, Penn. . . . .   |                       | 4.000.000                                                   |                             | 1900  |
| 161 | Louisiana, Mo. . . . .      | C. g.                 | 800.000                                                     |                             | *     |
| 162 | Vincennes, Ind. . . . .     | C. g.                 | 2.000.000                                                   |                             | 1901  |
| 163 | Рыбинскъ (Россія) . . .     | J. G.                 | 325.000                                                     |                             | 1901  |
| 164 | Little Falls, N. I. . . . . |                       | 32.000.000                                                  |                             | 1901  |
| 165 | Middletown, N. I. . . . .   | C. g. p.              | 3.000.000                                                   |                             |       |
| 166 | Clinton, Ia. . . . .        | C. g.                 | 1.000.000                                                   |                             |       |
| 167 | Stamford, N. Y. . . . .     | C. g.                 | 200.000                                                     |                             |       |
| 168 | Pearisburg, Va. . . . .     |                       | 1.500.000                                                   |                             | 1901  |
| 169 | Oregon-city, Or. . . . .    |                       | 1.000.000                                                   |                             | 1901  |
| 170 | Tuscaloosa, Ala . . . . .   |                       | 500.000                                                     |                             | 1902  |
| 171 | West Point, Ga . . . . .    |                       | 500.000                                                     |                             | 1902  |
| 172 | Oscaloosa, Ia. . . . .      |                       | 1.250.000                                                   |                             | 1902  |
| 173 | Mt. Holly, N. J. . . . .    |                       | 1.000.000                                                   |                             | 1902  |
| 174 | Green Island, N. I. . . . . |                       | 1.000.000                                                   |                             | 1902  |
| 175 | Newark, Oh. . . . .         |                       | 2.000.000                                                   |                             | 1002  |
| 176 | Geneva, Oh. . . . .         |                       | 700.000                                                     |                             | 1902  |
| 177 | Fort-Mayor, Va . . . . .    |                       | 300.000                                                     |                             | 1902  |
| 178 | Buckingham, Que. . . . .    |                       | 1.500.000                                                   |                             | 1902  |
| 179 | Gerts (Англія) . . . . .    |                       | 3.000.000                                                   |                             | 1902  |
| 180 | Wolverhampton (Англія).     |                       | 1.000.000                                                   |                             | 1902  |
| 181 | Trieste (Австрія) . . . . . |                       | 4.000.000                                                   |                             | 1902  |

\*) Звѣздочка п отмѣчена тѣ фильтровальныя станціи, которыя послѣ означенныхъ годовъ еще расширялись.

Системы фильтровъ обозначены въ списокѣ слѣдующими буквами.

|                    |      |                                |      |
|--------------------|------|--------------------------------|------|
| New York . . . . . | N-Y. | Continental . . . . .          | C.   |
| Riddell . . . . .  | R.   | Western . . . . .              | Wes. |
| Jewell . . . . .   | J.   | Напорный (pressure) . . . . .  | p.   |
| Warren . . . . .   | W.   | Самоточный (gravity) . . . . . | g.   |

**Определение толщины стѣнокъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ по Крафтеу.** Москва. 1885 г.

**Водоснабженіе города Самары и охрана его отъ пожаровъ.** Москва. 1885 г.

**Въ защиту принципа противопожарности въ дѣлѣ устройства городского водоснабженія.** Москва. 1885 г.

**Хозяйственно-противопожарная водопроводная система Инженера Н. П. Зимина.** Москва. 1892 г.

**О необходимости нормировки водопроводовъ въ отношеніи размѣровъ страховой преміи.** Докладъ Первому Русскому Пожарному Съѣзду, въ С.-Петербургѣ въ 1892 г. См. „Труды Съѣзда“.

**По вопросу о необходимости выработать и установить для русскихъ водопроводовъ нормальные размѣры раструбовъ и флянцевъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ.** Докладъ Первому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Москвѣ въ 1893 г. См. „Труды Съѣзда“.

**О примѣненіи городскихъ водопроводовъ къ непосредственному тушенію пожаровъ.** Докладъ Первому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Москвѣ въ 1893 г.

**Объ отношеніи водопроводнаго дѣла къ дѣлу страховому и къ дѣлу пожарному.** Докладъ Первому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Москвѣ въ 1893 г.

**О фильтрахъ системы Фишера и Петерса.** Сообщение Второму Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Варшавѣ въ 1895 г.

**Жгучій вопросъ, настоятельно требующій разрѣшенія (объ осуществленіи противопожарныхъ водопроводовъ).** Докладъ Второму Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Варшавѣ въ 1895 г.

**О пожарномъ кранѣ для противопожарнаго водопровода.** Сообщение Второму Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Варшавѣ въ 1895 г.

**О противопожарномъ водоснабженіи Всероссийской выставки 1896 г. въ Нижнемъ-Новгородѣ.** Докладъ Второму Русскому Водопроводному Съѣзду; въ Варшавѣ въ 1895 г. См. „Труды Съѣзда“.

**Объ улучшенныхъ способахъ фильтрованія воды.** Докладъ Третьему Русскому Водопроводному Съѣзду, въ С.-Петербургѣ въ 1897 г. См. „Труды Съѣзда“.

**Соображенія относительно устройства товарищества или акціонернаго общества для осуществленія водопрово-**



довъ въ городахъ и населенныхъ мѣстностяхъ Россійской Имперіи. Москва. 1898 г.

Отчетъ по заграничной командировкѣ для ознакомле нія съ городскими водопроводами и различными способами очищенія рѣчныхъ водъ, назначаемыхъ для водоснабженія городовъ. 165 стр. 22 рис. Москва. 1899 г.

Водопроводная экскурсія по С. Америкѣ. Сообщение Четвертому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Одессѣ въ 1899 г. Съ 16 рисунками.

О результатахъ научныхъ изслѣдованій, произведенныхъ надъ механическими фильтрами въ С. Америкѣ. Докладъ Четвертому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Одессѣ въ 1899 г.

Американскій способъ очищенія воды и различныя системы механическихъ фильтровъ. 60 стр. Съ 28 рис. Москва. 1901 г.

О новѣйшихъ изслѣдованіяхъ дѣйствія С. Американскихъ механическихъ фильтровъ. Сообщение Пятому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Кіевѣ въ 1901 г.

Water purification by means of ozonized air. См. Report of proceedings of the XXI annual meeting of the American Water Works Association held at New-York. 1901.

Electrically driven centrifugal deep well pumps used at Moscow, Russia. См. Report of proceedings of the XXI annual meeting of the American Water Works Association held at New-York. 1901.

Новыя направленія въ дѣлѣ очищенія большихъ количествъ воды для городскихъ водоснабженій. Докладъ VIII Пироговскому съѣзду врачей, въ Москвѣ въ 1902 г.

О желательности, возможности и полезности устройства приспособленныхъ къ непосредственному тушенію пожаровъ городскихъ водопроводовъ. Докладъ Всероссійскому Пожарному Съѣзду въ Москвѣ. 1902 г.

Озонированіе воды, какъ средство для устраненія недостатковъ ея фильтрованія при городскихъ водопроводахъ. Докладъ Пятому Русскому Водопроводному Съѣзду, въ Кіевѣ въ 1901 году. 68 стр. Москва, 1902 г.