

ОЗОНИРОВАНИЕ ВОДЫ

КАКЪ СРЕДСТВО

ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕДОСТАТКОВЪ ЕЯ ФИЛЬТРОВАНИЯ

при городскихъ водопроводахъ.

Докладъ инженера **Н. П. Зимина**

Пятому Русскому Водопроводному Съезду въ мартѣ 1901 г. въ Кіевѣ.



МОСКВА.

Типо-лит. Т-ва И. Н. Нушнеревъ и №, Цименов. ул., с. д.
1902.

Дозволено цензурою. Москва, 20 іюля 1902 года.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	<i>Стр.</i>
Озонированіе воды, какъ средство для устраненія недостатковъ ея фильтрованія при городскихъ водопроводахъ	1
Изслѣдованія доктора Ohlmüller въ Берлинѣ	11
Изслѣдованія доктора Van Ermengem	22
Изслѣдованія Лилльской городской Коммиссін	44
Изслѣдованія г. Weyl въ Берлинѣ	57
Заключеніе	67



ОЗОНИРОВАНИЕ ВОДЫ,

какъ средство для устраненія недостатковъ ея фильтрованія
при городскихъ водопроводахъ.

Докладъ инженера Н. П. Зимина Пятому Русскому Водопроводному Съѣзду въ мартѣ 1901 года въ Кіевѣ.

Вода является одною изъ насущныхъ потребностей человѣка, и благополучіе, и здоровье людей, особенно въ мѣстностяхъ густо населенныхъ, находятся въ очень большой зависимости отъ качествъ потребляемой воды.

Вода чистая и прозрачная на видъ далеко не всегда бываетъ водою безупречною и совершенно безвредною для ея потребителей. Царство бактерій, о которомъ люди еще такъ недавно не имѣли почти никакого понятія, теперь уже безспорно признано царствомъ, властно могущимъ распоряжаться судьбами людей. Организмы, которые человѣкъ невооруженнымъ глазомъ и наблюдать не можетъ, могутъ являться источникомъ его несчастій: нездоровья и даже смерти.

Дознано, что большинство микроорганизмовъ, заключающихся въ водѣ, не подвергшейся загрязненію поверхностными и сточными водами, поступающими съ населенныхъ мѣстностей, представляются безвредными; но дознано также и то, что многія бактеріи вредныя, причиняющія заразные болѣзни, такъ называемыя патогенныя, съ большою легкостью разносятся водою, при чемъ потребление такой воды людьми влечетъ за собою развитие эпидемій.

Многочисленными наблюденіями подтверждено, что холера, брюшной тифъ, малярія и другія заразные болѣзни могутъ распространяться водою, въ которую попали соотвѣтственные имъ бактеріи и которая служитъ для водоснабженія населенныхъ мѣстностей.

Все это было причиною того, что на качества воды, назначаемой для водоснабженія населенныхъ мѣстностей, стали въ послѣднее время обращать вниманіе и что къ водѣ стали предъявляться извѣстные требованія, установленныя съ санитарной точки зрѣнія.

Къ водамъ, добываемымъ изъ глубокихъ колодцевъ и изъ ключей, хорошо обезпеченнымъ отъ загрязненія, можно относиться еще съ бѣльшимъ довѣріемъ; что же касается до водъ рѣчныхъ и водъ поверхностныхъ, то рассчитывать на постоянное полученіе ихъ въ совершенно безвредномъ состояніи ни коимъ образомъ нельзя, и потому приходится принимать мѣры для обезвреживанія такихъ водъ. Кромѣ того, воды рѣчныя и поверхностныя бываютъ очень часто мутны и окрашены, и потому ихъ приходится не только обезвреживать, но освѣтлять и обезцвѣчивать.

До того времени, пока царство бактерій и его значеніе не были изучаемы, цѣль очищенія воды, назначаемой для водоснабженія, заключалась въ освѣтленіи ея. Для этого примѣнялось сначала отстаиваніе или простое, или съ совмѣстнымъ воздѣйствіемъ на воду квасцами, а затѣмъ около 70 лѣтъ тому назадъ было введено въ употребленіе, по почину Англіи, медленное фильтрованіе воды черезъ песокъ. Позднѣе уже было выяснено, что фильтрованіемъ черезъ песокъ вода можетъ освобождаться не только отъ муты, но и отъ бактерій.

Способность медленныхъ песчаныхъ фильтровъ задерживать изъ воды бактеріи была подвергнута очень обстоятельнымъ изслѣдованіямъ, какъ въ Европѣ, такъ и въ С. Америкѣ, при чемъ выяснено, что процессъ фильтрованія возможно обставить такъ, что изъ воды можетъ быть удаляемо до 97% и болѣе находящихся въ ней бактерій.

Невозможность полнаго освобожденія воды фильтрами отъ бактерій привела къ принятію допущенія, что при наличности до 100 бактерій въ 1 куб. сантиметрѣ фильтрованной воды она можетъ считаться водою хорошаго качества, что и установлено извѣстными германскими законодательствами относительно фильтрованія воды.

Въ самое послѣднее время получаетъ значительное развитіе

въ С. Америкѣ система быстрого фильтрованія воды въ связи съ коагулированіемъ ея различными химическими веществами. Этотъ методъ въ смыслѣ задержанія изъ воды бактерій можетъ давать приблизительно такіе же результаты, какъ и медленные песчаные фильтры, т.-е. задерживать изъ воды 97% и болѣе бактерій.

Только указанные два метода очищенія воды въ связи съ отстаиваніемъ ея и получили до сихъ поръ широкое распространеніе въ практикѣ водопроводнаго дѣла, и мы не отмѣчаемъ другіе многочисленные способы очищенія воды, предложенные различными изобрѣтателями, но не получившіе распространенія.

Изъ двухъ указанныхъ методовъ очищенія воды какъ тотъ, такъ и другой оставляетъ въ водѣ извѣстное количество незадержанныхъ бактерій. Хотя бы это количество и было очень мало, хотя бы оно составило лишь 1—2% отъ первоначальнаго числа бактерій, но фильтрованная вода при этомъ уже не можетъ съ полной увѣренностью считаться дѣйствительно безвредной.

«Совѣсть гигиениста до тѣхъ поръ не будетъ удовлетворена, — говоритъ Dr. E. Van Emingem — пока подозрительныя воды (назначаемыя для водоснабженій) не будутъ какъ слѣдуетъ дезинфицированы, прежде чѣмъ поступятъ въ пользованіе».

«Мы не знаемъ въ настоящее время, — говоритъ Dr. Thoi-pot, — ни одного процесса фильтрованія, производимаго въ крупномъ масштабѣ, который давалъ бы прекрасные результаты и особенно давалъ бы ихъ постоянно. И когда мнѣ заявляютъ, что фильтрація, производимая въ крупномъ масштабѣ, уменьшаетъ число бактерій рѣчной воды на 80 или 90%, то я думаю по поводу этого слѣдующее: у меня въ стаканѣ до фильтрованія, находится положимъ, 100 патогенныхъ бактерій, хотя бы напримѣръ 100 бациллъ Эберта (*bacilles d'Eberth*), и послѣ фильтрованія ихъ остается еще 10 или 20, и это меня вовсе не успокаиваетъ. Я думаю также, что всѣ растительные токсины (ядовитыя вещества), которые принесены въ эту воду съ нечистотами, съ помоями и проч., которые она уже получила, навѣрно, прошли сквозь фильтръ, по крайней мѣрѣ отчасти, и находятся въ моемъ стаканѣ».

Дѣйствительно, можно ли быть вполне спокойнымъ за бла-

гополучіе жителей города, пользующихся рѣчной водой, если мы знаемъ, что часть бактерій, заключающихся въ водѣ, непременно пройдетъ сквозь фильтръ и можетъ попасть въ человѣческій организмъ. Можно ли имѣть увѣренность въ томъ, что въ числѣ этихъ бактерій не окажется хотя бы самое незначительное число бактерій, вредныхъ—патогенныхъ, способныхъ развить эпидемическую болѣзнь?

Этой увѣренности вынести ни коимъ образомъ нельзя, и потому слѣдуетъ настойчиво искать такихъ мѣропріятій, которыя могли бы, если уже не вполне устранить опасность, то по крайней мѣрѣ довести ее до, возможнаго при современномъ развитіи знаній, минимума, и приходится ставить задачею не одно только фильтрованіе воды, никогда не дающее полныхъ результатовъ, но и ея возможно полную стерилизацію, т.-е. освобожденіе отъ микроорганизмовъ, въ числѣ которыхъ могутъ встрѣчаться и безусловно вредные.

Рѣшеніе послѣдней задачи можетъ достигаться, во-первыхъ, кипяченіемъ воды, во-вторыхъ, очисткою ея посредствомъ нѣкоторыхъ химическихъ веществъ и, въ-третьихъ, озонированіемъ воды.

Стерилизація воды посредствомъ кипяченія представляется способомъ хотя по существу очень простымъ и легкимъ для контроля, но недоступнымъ по сложности его примѣненія въ большомъ масштабѣ и по дороговизнѣ. Dr. Van Ermengem опредѣляетъ стоимость стерилизаціи одного кубическаго метра воды (81 ведро) посредствомъ теплоты отъ 14 до 36 коп. въ зависимости отъ конструкціи аппаратовъ.

Химическіе способы очищенія воды въ примѣненіи ихъ въ большомъ масштабѣ, какъ показали опытъ, обыкновенно не даютъ полной стерилизаціи въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется сохранить извѣстный химическій составъ воды, соотвѣтствующій понятію о хорошей водѣ. Контроль надъ этими способами представляется сложнымъ, и публика относится къ нимъ съ понятнымъ недоувѣріемъ.

Цѣлый рядъ химическихъ воздѣйствій на воду, имѣющихъ безупречный характеръ и носящихъ общее названіе—«коагулированіе воды», представляетъ прекрасное вспомогательное средство при фильтрованіи воды, но этотъ процессъ нельзя

назвать стерилизаціей, потому что въ немъ бактеріи не убиваются, а лишь задерживаются хлопьевидными осадками водныхъ окисей алюминія, желѣза и другими. Эти процессы представляютъ собою основу американскаго способа очищенія воды при помощи быстрыхъ механическихъ фильтровъ.

Озонированіе воды является могущественнымъ средствомъ для стерилизаціи ея. Это средство въ послѣднее десятилѣтіе находилось въ періодѣ научныхъ изслѣдованій со стороны гигиенистовъ и въ настоящее время уже переходитъ въ область практическаго примѣненія къ водопроводному дѣлу.

Цѣль настоящаго доклада заключается въ томъ, чтобы познакомить представителей русскаго водопроводнаго дѣла съ современнымъ положеніемъ, совершенно новаго для водопроводной практики, вопроса объ озонированіи воды.

Прежде всего отмѣтимъ тотъ фактъ, что **научныя изслѣдованія по вопросу объ озонированіи воды** производились въ продолженіе послѣдняго десятилѣтія самостоятельно въ Германіи, Голландіи, Бельгіи и Франціи и привели вездѣ одинаково къ признанію за озономъ могущественной способности сжигать всѣ органическія вещества, находящіяся въ водѣ, съ которою онъ приходитъ въ тѣсное соприкосновеніе, а слѣдовательно и бактерій и продукты ихъ выдѣленій. Такое сжиганіе бактерій въ водѣ посредствомъ озона производится при водѣ, предварительно освобожденной отъ взвѣшанныхъ органическихъ веществъ, одинаково успѣшно, какъ бы велико ни было число бактерій въ водѣ, при чемъ бактеріи патогенныя погибаютъ отъ дѣйствія озона одними изъ первыхъ.

Въ разработку вопроса о стерилизаціи воды озономъ вложено уже много труда со стороны гигиенистовъ, которые прочно установили научныя основы этого дѣла, при чемъ осуществлены способы озонированія воды не только лабораторные, но и промышленные, дающіе практическое разрѣшеніе вопроса объ озонированіи большихъ количествъ воды для городскихъ водопроводовъ. Дальнѣйшая разработка чисто технической стороны дѣла есть задача санитарныхъ инженеровъ, которымъ и слѣдуетъ разработать этотъ вопросъ въ тѣхъ размѣрахъ, какіе потребуются для широкаго практическаго примѣненія озонированія воды къ водопроводному дѣлу.

Въ водопроводной практикѣ очень развита „аэрація воды“ посредствомъ атмосфернаго воздуха, кислородъ котораго способствуетъ улучшенію воды, уменьшая количество растворенныхъ въ ней органическихъ веществъ, придавая ей пріятный вкусъ и убивая часть заключающихся въ ней бактерій.

Озонированіе воды представляетъ собою ни что иное, какъ дальнѣйшее развитіе и улучшеніе обыкновеннаго способа аэраціи воды атмосфернымъ воздухомъ. Измѣненіе заключается по существу лишь въ томъ, что воздухъ ранѣе соприкосновенія его съ водою подвергается на пути своего слѣдованія дѣйствію частыхъ холодныхъ разрядовъ электрическаго тока, вслѣдствіе чего часть находящагося въ немъ кислорода— O_2 (кислородъ двухъатомный) обращается въ озонъ— O_3 (кислородъ трехъатомный). Добавочный атомъ кислорода изъ O_3 обладаетъ сильною способностью окислять находящіеся въ водныхъ растворахъ органическія вещества, а въ томъ числѣ и бактеріи.

Озонированіе воды, кромѣ уничтоженія въ ней бактерій сообщаетъ ей полную безцѣтность, блестящій видъ и пріятный освѣжающій вкусъ; оно устраняетъ изъ воды дурной запахъ и не вводитъ въ воду никакихъ постороннихъ веществъ, кромѣ безусловно полезнаго кислорода.

Для стерилизаціи воды озономъ употребляется не чистый озонъ, а лишь озонированный атмосферный воздухъ, концентрація озона въ которомъ составляетъ отъ 5 до 10 миллиграммъ на литръ воздуха.

Стоимость озонированія воды въ небольшихъ размѣрахъ опредѣляется не болѣе 1 сантимъ на 1 куб. метръ воды. При большихъ установкахъ эта стоимость должна значительно сокращаться. Самое устройство приборовъ для озонированія воды очень просто и сравнительно недорого, такъ что финансовая сторона дѣла не включаетъ въ себѣ ничего такого, что могло бы представить серьезныя препятствія къ широкому ея развитію.

Процессъ стерилизаціи воды озономъ включаетъ въ себѣ два отдѣльные элемента, а именно:

А) Озонированіе атмосфернаго воздуха посредствомъ холодныхъ разрядовъ прерываемаго электрическаго тока высокаго напряженія, (озонаторъ).

В) Смѣшиваніе воды съ озонированнымъ воздухомъ, при условіи ихъ тѣснаго соприкосновенія въ теченіе извѣстнаго промежутка времени, (стерилизаторъ).

Первый озонаторъ, т.-е. приборъ для полученія озонированнаго воздуха, былъ устроенъ *въ 1891 году* по мысли В. Сименса (1857 г.) въ лабораторіи Сименса и Гальске въ Берлинѣ докторомъ О. Фрелихъ при содѣйствіи докторовъ Эрльвейна, Хове и Тиценъ-Хеннела. Dr. O. Fröhlich усовершенствовалъ озонаторъ Сименса (озонизаціонная трубка Сименса) и далъ ему такую форму, при которой онъ сталъ годенъ для промышленныхъ цѣлей.

Затѣмъ *въ 1895 году* на Парижской гигиенической выставкѣ баронъ Тиндаль экспонировалъ впервые приборъ для озонированія воды въ большихъ размѣрахъ. Приборъ этотъ былъ выработанъ въ 1893 году электротехникомъ Шнеллеромъ и докторомъ Van der Sleen, и въ большихъ размѣрахъ былъ осуществленъ въ Голландіи въ г. Удсгорнѣ на специальной станціи, въ которой производилъ свои наблюденія д-ръ Ванъ-Эрменгемъ.

Въ 1895 году начали работать надъ устройствомъ озонаторовъ гг. Marmier & Abraham, и въ 1898 году они достигли столь удовлетворительныхъ результатовъ, что осуществили крупную опытную установку для озонированія воды при Лилльскомъ городскомъ водопроводѣ.

Dr. M. Otto далъ *въ 1900 г.* описаніе изобрѣтенныхъ имъ вращающихся озонаторовъ.

При испытаніяхъ Th. Weyl въ Берлинѣ примѣнялись озонизаціонные приборы Сименса и Гальске въ позднѣйшихъ усовершенствованіяхъ, сдѣланныхъ докторомъ О. Fröhlich.

Вообще говоря, слѣдуетъ считать, что при современномъ положеніи электротехники полученіе озонированнаго воздуха съ любой концентраціей озона не можетъ представлять затрудненія, тѣмъ болѣе, что уже и существующіе озонаторы даютъ примѣры удачнаго разрѣшенія этой задачи. Поэтому я не буду останавливаться на вопросѣ объ устройствѣ приборовъ для озонированія воздуха.

Что касается до второй задачи, устройства стерилизаторовъ,

т.-е. приборовъ для смѣшиванія воды съ озонированнымъ воздухомъ, то она должна сосредоточить на себѣ особенное вниманіе водопроводныхъ инженеровъ, и на ней необходимо остановиться, такъ какъ отъ удачной конструкціи стерилизаторовъ значительно зависитъ успѣшность практическаго примѣненія озонированія воды для городскихъ водопроводовъ.

До сихъ поръ изобрѣтателями даны слѣдующіе три типа приборовъ для смѣшиванія воды съ озонированнымъ воздухомъ

1. Стерилизаторъ Siemens & Halske и сходный съ нимъ стерилизаторъ Marmier & Abraham состоитъ изъ круглой или квадратной колонны въ 4 метра высотой, наполненной мелкимъ камнемъ, въ которую пускается дождемъ вода, стекающая раздробленными струями *сверху внизъ*. При этомъ озонированный воздухъ вводится внизу колонны и гонится *снизу вверхъ*, то-есть идетъ навстрѣчу водѣ. На этомъ пути происходитъ смѣшиваніе воды съ озонированнымъ воздухомъ, послѣ чего она выходитъ изъ колонны уже стерилизованною.

2. Стерилизаторъ Тиндаля (инженера Шнеллера) представляетъ собой тоже колонну, которая, имѣя круглую форму, составляется изъ свернутыхъ плотно чугунныхъ эмалированныхъ звеньевъ въ 1 метръ діаметромъ и по 0,5 метра высотой. Полная высота колонны составляетъ, такъ же, какъ и въ предыдущемъ способѣ, 4 метра. Между каждыми двумя звеньями въ колоннѣ располагается діафрагма изъ целлюлоида, частью сплошная, частью продырявленная, при чемъ сплошныя мѣста одной діафрагмы приходятся подъ продырявленными мѣстами слѣдующей выше расположенной діафрагмы. И вода, и озонированный воздухъ вводятся внизу колонны и идутъ *снизу вверхъ* полнымъ сѣченіемъ колонны, переходя отъ діафрагмы къ діафрагмѣ, что и способствуетъ ихъ тѣсному соприкосновенію. Вода сливается у верхняго края колонны уже стерилизованная и направляется въ резервуаръ.

3. Стерилизаторъ д-ра М. Otto имѣетъ въ своемъ основаніи двукратное соприкосновеніе одного и того же озонированнаго воздуха съ водою. Производится оно слѣдующимъ образомъ: вода поступаетъ подъ нѣкоторымъ напоромъ въ особые водоструйные приборы - инжекторы, называемые эмульсаторами,

при этомъ въ нее всасывается озонированный воздухъ и получается эмульсія воды и воздуха, направляющаяся въ особую камеру. Изъ этой камеры вода поступаетъ въ верхнюю часть рядомъ расположенной колонны, составленной изъ сковородъ, и переливается со сковороды на сковороду, опускаясь внизъ къ сборному резервуару. Напротивъ, озонированный воздухъ отводится изъ эмульсаторной камеры въ нижнюю часть колонны и перемѣщается въ ней снизу вверхъ отъ сковороды къ сковородѣ, идя все время навстрѣчу протекающей въ колоннѣ водѣ. Д-ръ Отто устраиваетъ вмѣсто колоннъ со сковородами также и каменные камеры для смѣшиванія воды съ озонированнымъ воздухомъ, общая же идея такого устройства остается той же самой.

Предпославъ вышеизложенныя общія свѣдѣнія объ озонированіи воды и объ устройствѣ для этого приборовъ, мы перейдемъ теперь къ изложенію результатовъ главнѣйшихъ научныхъ изслѣдованій по этому вопросу.

Систематическія, наиболѣе выдающіяся, научныя изслѣдованія дѣйствія озона на микроорганизмы производились въ послѣднее десятилѣтіе при различныхъ условіяхъ слѣдующими учеными:

1. Dr. Ohlmüller по порученію Императорскаго Санитарнаго Германскаго Управленія произвелъ, пользуясь аппаратами Сименса-Гальске, изслѣдованія убивающихъ бактерій свойствъ озона. Изслѣдованія эти были опубликованы въ 1893 году *).

2. Dr. Van Ermengem въ 1895 году произвелъ изслѣдованія **) надъ озонированіемъ воды въ Голландіи, въ г. Утсгорпъ, близъ Лейдена, пользуясь приборами и лабораторіей, устроенными Главнымъ Обществомъ для добыванія озона, основаннымъ въ Голландіи барономъ Тиндалемъ.

3. Спеціальная ученая коммиссія, организованная Городскимъ

*) См. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. „Über die Einwirkung des Ozons über die Bakterien“. Vol VIII, p. 228, 1893.

**) См. Annales de l'Institut Pasteur. Sept. 1895, № 9., p. 673. „De la stérilisation des eaux par l'ozone“. Par le Dr. E. Van-Ermengem. („Extract d'un Rapport, présenté à M. le ministre de l'agriculture, de l'industrie ect. de Belgique, le 30 Juillet 1895. Travail du Laboratoire d'Hygiène et Bacteriologie de l'Université de Gand“).

Управленіемъ города Лилля, въ составѣ: доктора Roux, Вице-директора института Пастера въ Парижѣ; доктора A. Calmette, директора института Пастера въ Лиллѣ, и профессора Лилльскаго университета; г. Buisine профессора промышленной химіи въ Лилльскомъ университетѣ; г. Bouriez эксперта-химика, и доктора Staes-Brame, директора Лилльскаго санитарнаго бюро, производила въ 1898—1899 гг. изслѣдованія *) надъ озонированіемъ воды на станціи, устроенной гг. Мармье и Абрагамъ при Лилльскомъ городскомъ водопроводѣ.

4. Въ Берлинѣ г. Th. Weyl при содѣйствіи доктора Ж. Эрльвейна въ лабораторіи фирмы Сименсъ и Гальске въ Мартингенфельдѣ производили въ 1898 году изслѣдованія надъ озонированіемъ воды на специально устроенной станціи, которыя и изложены въ специальной статьѣ г. Th. Weyl **).

Приводимъ ниже послѣдовательное описаніе всѣхъ выше указанныхъ изслѣдованій.

I.

Изслѣдованія доктора Ohlmüller въ Берлинѣ.

Изслѣдованія доктора Ohlmüller въ Берлинѣ надъ дѣйствіемъ озона на микроорганизмы, хотя и носятъ лабораторный характеръ, но, отличаясь особенной тщательностью и систематичностью, выясняютъ многіе вопросы, имѣющіе практическое значеніе.

Для приготовленія озона Dr. Ohlmüller пользовался небольшимъ аппаратомъ Сименса, состоящимъ изъ газоваго двигателя въ одну лошадиную силу, соединеннаго съ динамо-машиной въ 65 вольтъ и 8 амперъ. Эта динамо-машина была снабжена дополнительнымъ вращающимся коммутаторомъ для частаго прерыванія тока. Токъ отъ динамо-машины направлялся въ большую индуктивную катушку. Одинъ изъ электрическихъ полюсовъ сообщался съ водой, въ которую опускалась стеклян-

*) См. Annales de l'Institut Pasteur. Avril 1899. № 4. „Sur la stérilisation industrielle des eaux potables par l'ozone“. Par Dr. A. Calmette, rapporteur de la Commission scientifique. Février 1899. Lille.

**) См. Centralblatt für Bacteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten I. Abteilung. XXVI Band № 1, 8 Jul. 1899.

ная озонаторная трубка Сименса, а другой вводился въ воду, находящуюся во внутренней трубкѣ прибора.

Въ то время, какъ атмосферный воздухъ приводился черезъ промежуточное пространство между внутреннею и наружной стеклянными трубками, электрический токъ, идущій изъ индукціонной катушки и прерываемый коммутаторомъ, получалъ частые разряды въ промежуточномъ между трубками пространствѣ, гдѣ протекалъ воздухъ, который при этомъ и озонировался. Количество протекавшего черезъ приборъ воздуха определялось газометромъ.

Озонированный воздухъ при испытаніяхъ д-ра Ohlmüller не подвергался охлажденію, но онъ предварительно высушивался посредствомъ пропуска его черезъ сѣрную кислоту.

Концентрація получаемого озона находилась въ зависимости отъ скорости прохожденія воздуха черезъ приборъ; такъ, при протеканіи 1 литра воздуха въ продолженіе 7 минутъ озона получалось 36,2 mgr.; когда же скорость протеканія воздуха достигала 10 литровъ въ 42 секунды, то озона получалось 5,8 mgr. на 1 литръ. При производствѣ испытаній скорость прохожденія воздуха принималась отъ 1 до 3 минутъ на литръ воздуха и лишь въ исключительныхъ случаяхъ выходила за эти предѣлы.

Примѣненіе вращающагося коммутатора, предложеннаго д-ромъ Фрелихъ, представляетъ собою существенное улучшеніе противъ употреблявшагося прежде ртутнаго прерывателя тока молоткомъ Вагнера. Число перерывовъ тока при вращающемся коммутаторѣ достигало при опытахъ 600 въ секунду. Это дало возможность получать изъ атмосфернаго воздуха при затратѣ работы въ одну лошадиную силу по 3 mgr. озона въ одну секунду.

Dr. Ohlmüller произвелъ слѣдующіе систематическіе опыты подъ озонированіемъ:

I. Дѣйствіе озонированнаго воздуха на бактеріи, приставшія къ различнымъ предметамъ.

1-й рядъ опытовъ: сухой озонъ и сухія бактеріи.

Бралась двухдневная культура бактерій тифа, разводилась въ водѣ, и полученною жидкостью смачивались стерилизованныя

шелковые нити. После просушки нити эти помещались въ стеклянный закрытый сосудъ, черезъ который пропускалась струя озонированнаго воздуха въ продолженіе цѣлаго часа, при чемъ скорость движенія воздуха равнялась 48 секундамъ на 1 литръ, и въ каждомъ литрѣ содержалось 6,3 mgr. озона. Всего озона было израсходовано при этомъ опытѣ 478,8 mgr., и тѣмъ не менѣе зараженные шелковыя нити сохранили на себѣ бактеріи, которыя, будучи вводимы въ бульонъ, культивировались въ немъ такъ же быстро и роскошно, какъ и бактеріи контрольных шелковыхъ нитей, не подвергавшихся дѣйствию озона. Dr. Ohlmüller отмѣчаетъ, что полученные имъ результаты совпадаютъ съ результатами опытовъ Зонтага надъ бактеріями и спорами гнойнаго воспаленія.

2-й рядъ опытовъ: сырой озонъ и сухія бактеріи.

При этихъ опытахъ озонированный воздухъ пропускался ранѣе его дѣйствія на бактеріи чрезъ промывную стклянку съ водой. Обстановка и условія производства этихъ опытовъ оставались тѣ же самыя, какъ и при предыдущихъ опытахъ. Оказалось, что въ этомъ случаѣ результаты получались нѣсколько лучше: тифозныя бациллы, расположенныя на шелковыхъ нитяхъ и на полоскахъ бумаги, погибали послѣ дѣйствія на нихъ озонированнымъ воздухомъ въ количествѣ 46 литровъ въ продолженіе 30 минутъ.

3-й рядъ опытовъ: сырой озонъ и сырыя бактеріи.

При этихъ опытахъ бактеріи тифа, расположенныя на стеклянныхъ палочкахъ, и на желѣзныхъ проволокахъ, начинали погибать черезъ 45 минутъ, а черезъ 18 часовъ не оказывалось живыхъ бактерій ни на одномъ изъ носившихъ ихъ предметовъ.

Повторными опытами при уменьшенномъ расходѣ озонированнаго воздуха и при увеличенномъ періодѣ его дѣйствія было констатировано, что находившіяся на толстой фланели, плюшѣ, толстой бумажной матеріи, матеріи изъ шелка-сырца, пропускной бумагѣ, деревѣ, шерсти и на стеклянныхъ нитяхъ бактеріи черезъ 21 часъ дѣйствія озонированнаго воздуха по-

гибали сполна, тогда какъ на контрольныхъ образцахъ, не подвергавшихся озонированію, сохранялись вездѣ.

При дальнѣйшихъ опытахъ этого ряда брали нарывной гной; расходъ озонированнаго воздуха еще уменьшался совмѣстно съ увеличеніемъ времени его воздѣйствія, и при этомъ оказалось, что черезъ 24 часа всѣ бактеріи на озонированныхъ образцахъ погибли, а на контрольныхъ образцахъ сохранились.

Идя въ томъ же направленіи далѣе, Dr. Ohlmüller брать споры гнойнаго воспаленія. При этомъ результаты получились отрицательные, такъ какъ на всѣхъ посѣвахъ на желатинѣ послѣ озонированія бактеріи развивались, и всѣ прививки къ животнымъ влекли за собою смерть ихъ отъ гнойнаго воспаленія.

Указанные опыты д-ра Ohlmüller надъ дѣйствіемъ озона на бактерій, приставшихъ къ различнымъ предметамъ, привели его къ заключенію, что озонъ непригоденъ для дезинфекціи предметовъ и въ особенности жилыхъ помѣщеній. Въ послѣднемъ случаѣ полученіе отрицательныхъ результатовъ можетъ обуславливаться также и тѣмъ, что озонированный воздухъ не можетъ оставаться въ помѣщеніи желаемое время съ одинаковымъ содержаніемъ озона вслѣдствіе проницаемости стѣнъ.

Этотъ выводъ д-ра Ohlmüller имѣетъ существенное значеніе, потому что на озонъ возлагались ранѣ большія надежды въ отношеніи дезинфекціи больничныхъ помѣщеній.

Совершенно къ другимъ заключеніямъ приводятъ опыты д-ра Ольмюллера надъ озонированіемъ, содержащей бактеріи, воды, на чемъ мы и остановимся болѣе подробно.

II. Дѣйствіе озонированнаго воздуха на бактеріи, находящіяся въ водѣ.

Для производства этой серіи опытовъ изготовлялась чистая культура бактерій и разводилась въ дистиллированной водѣ, предварительно стерилизованной. Такой воды бралось всегда 500 куб. сант., она помѣщалась въ цилиндръ, черезъ который и пропускался озонированный воздухъ. Количество этого воздуха опредѣлялось газометромъ. Количество озона, содержавагося въ воздухѣ, тоже подвергалось тщательному измѣренію.

1-й рядъ опытовъ: Водныя смѣси культуръ бактерій съ дистиллированной и стерилизованной водой.

Полученные отъ этого ряда опытовъ результаты собраны д-ромъ Ohlmüller въ слѣдующей таблицѣ.

Продолжи- тельность воздѣйств. озониров. воздухомъ	Колич. пропущен- наго воз- духа.	Содержа- ніе озона въ 1 литрѣ воздуха.	Вычислен- ное полное количеств. озона.	Число бактерій въ 1 куб. сант. вод- ной смѣси.	Состояніе мышей, кото- рымъ сдѣлана прививка.	
Минуты.	куб. сант.	mgr.	mgr.		Число дней, черезъ кото- рое послѣд. смерть.	Микроскопи- ческое изслѣ- дованіе.
а) Споры гнойнаго воспаленія.						
0	0	15,2	0	3.717.000	3	Бациллы.
5	3060		46,5	26.000	3	Бациллы.
10	5850		89,9	0	Живы еще черезъ 14 дней.	
20	11850		180,1	0	То же.	
40	23550		357,8	0	То же.	
б) Бациллы гнойнаго воспаленія.						
0	0	9,6	0	57.000	4	Бациллы.
2	1200		11,5	21.500	3	Бациллы.
5	3010		28,8	5.000	3	Бациллы.
10	6040		58,0	0	Остались живы.	
в) Бациллы тифа.					Ростъ бактерій въ бульо- нѣ при 37° С.	
0	0	6,3	0	12.247.000	Оказался.	
2	3100		19,5	0	Не было.	
5	7900		49,8	0	Не было.	
10	16500		103,9	0	Не было.	
д) Бациллы холеры.					Ростъ бактерій въ бульо- нѣ при 37° С.	
0	0	Въ началѣ 12,7. Въ концѣ 12,2. Среднее 12,4.	0	2.721.000	Оказался.	
2	1350		16,7	0	Оказался.	
5	3250		40,3	0	Не было.	
10	6450		80	0	Не было.	

Ранѣ введенія въ жидкость озонированнаго воздуха изъ нея отбирались пробы, какъ для контрольных изслѣдованій, такъ и для прививки животнымъ.

Воздѣйствіе озонированнымъ воздухомъ на воду сопровождалось появленіемъ тумана, который по изслѣдованіямъ оказался перекись водорода. Такъ какъ перекись водорода обладаетъ дезинфецирующими свойствами, то Dr. Ohlmüller полагаетъ, что на свойство озона образовать перекись водорода при разложеніи его въ водѣ слѣдуетъ смотрѣть, какъ на свойство благоприятное въ дѣлѣ дезинфекціонной практики.

Эти результаты опытовъ д-ра Ohlmüller доказываютъ громадную дезинфецирующую силу озона при условіи дѣйствія его на содержащую бактерій воду.

Dr. Ohlmüller указываетъ, что можно думать, что дѣйствіе какого то ни было дезинфецирующаго средства всегда будетъ находиться въ обратномъ отношеніи къ числу бактерій, подлежащихъ уничтоженію. Изъ таблицъ видно однако, что въ этомъ отношеніи результатъ зависитъ главнымъ образомъ отъ степени сопротивленія микроорганизмовъ разрушительному дѣйствію озона. Такъ споры гнойнаго воспаленія оказываютъ значительно бѣльшее сопротивленіе, чѣмъ бациллы гнойнаго воспаленія. Съ другой стороны опыты съ бациллами тифа и холеры не показываютъ, чтобы количество бактерій въ водѣ оказывало какое-либо вліяніе на успѣхъ уничтоженія ихъ. Въ то время, какъ споры гнойнаго воспаленія были убиты въ продолженіе 10 минутъ при расходѣ 89,9 mgr. озона, бациллы гнойнаго воспаленія были убиты въ теченіе такого же времени при расходѣ 58,0 mgr. озона, а для уничтоженія бациллъ тифа и холеры было достаточно 19,5 и даже 16,7 mgr. озона при двухъминутномъ его дѣйствіи.

Dr. Ohlmüller замѣчаетъ, что полученные имъ результаты не сходятся съ результатами подобныхъ же изслѣдованій, произведенныхъ другими учеными, и полагаетъ, что это обусловливается неодинаковымъ употребленіемъ озона и, кромѣ того, другимъ составомъ жидкостей въ отношеніи содержанія въ нихъ органическихъ веществъ. Чтобы выяснитъ послѣднее обстоятельство, онъ произвелъ нижеслѣдующій рядъ изслѣдованій (стр. 16).

Въ послѣднихъ трехъ таблицахъ обращаетъ на себя вниманіе болѣе слабое сравнительно съ предыдущими опытами дѣйствіе озона. Это нельзя себѣ объяснить тѣмъ, что въ данномъ

2-й рядъ опытовъ: Разныя содержація бактеріи воды.

А. Сточная вода *).

Продолжитель- ность воздѣйствія. Минуты.	Расходъ воз- духа. Литры.	Число бактерий въ 1 куб. сант. сточ- ной воды.	Окисляемость: Количество кисло- рода для окисленія 500 куб. сант. сточ- ной воды. mgr.
0	0	11.466.000	88,0
5	4	13.230.000	
10	11	17.640.000	
20	18	8.820.000	
30	26	7.560.000	
40	34	5.040.000	66,0
60	54	9.000.000	

В. Водный растворъ садовой земли **).

Продолж. воздѣй- ствія озо- ниров. воздуха. Минуты.	Расходъ воздуха. Куб. сант.	Вычисл. количест. озона. mgr.	Колич. озона въ 1 литрѣ воз- духа.	Число бактерій въ 1 куб. санти. на- стоя садо- вой земли.	Ростъ въ бульонѣ при 37° С.	Окисляемость: Колич. кислоро- да для окисленія 500 кб. с. жидк.
0	0	0	15,1	8100	Быль.	13,0
5	2050	30,9		35	Быль.	
10	4250	64,2		15	Быль.	
15	6200	93,6		12	Быль.	
20	7300	110,2		0	Быль.	
25	10350	156,3		0	Не былъ.	6,3
30	12400	187,2		0	Не былъ.	

С. Вода изъ рѣки Шпре.

Продолж. воздѣйств. озониров. воздуха. Минуты.	Расходъ воздуха. Куб. сант.	Вычисл. количест. озона. mgr.	Колич. озона въ 1 литрѣ воз- духа.	Количество бактерій въ 1 куб. сант. воды р. Шпре.		Окисляемость: Колич. кислоро- да для окисле- нія 500 кб.сант. воды. mgr.
				Не разжи- жающихъ питатель- ную среду.	Разжи- жающихъ питатель- ную среду.	
0	0	0	Въ началѣ 14,5. Въ концѣ 15,9. Среднее 15,2.	22.300	400	5,4
1	550	8,4		15.500	160	
2	1150	17,5		18.500	140	
5	2800	42,6		140	4	
10	5500	83,6		0	0	
15	8250	125,4		0	0	4,0

*) Сточная вода была взята въ количествѣ около 300 куб. сант., профильтрована черезъ вату и къ ней добавлено чистой воды до 500 куб. сант.

**) Садовая земля въ количествѣ 25 гр. была разведена въ 500 куб. сант. воды. Послѣ 24 час. отстаиванія и фильтрованія добавлено воды до 500 кб. ст.

случаѣ жидкости заключали въ себѣ бактерій, обладающихъ большою сопротивляемостью дѣйствию озона, чѣмъ бактеріи гнойнаго воспаленія. Исключенія могли бы представить развѣ лишь нѣкоторые микроорганизмы изъ садовой земли. Если бы это было такъ, то уничтоженіе бактерій въ сточной жидкости должно бы было произойти скорѣе, чѣмъ въ настоѣ садовой земли. На самомъ же дѣлѣ оказалось обратное. Черезъ 25 минутъ въ настоѣ садовой земли не было уже живыхъ организмовъ, тогда какъ въ сточной водѣ черезъ часъ дѣйствія озонированнаго воздуха ихъ было уничтожено только 21,5% изъ числа бывшихъ предъ началомъ опыта.

Что различіе въ расходѣ озона не зависитъ отъ количества бактерій, можно убѣдиться сравненіемъ опытовъ съ настоемъ садовой земли и съ водою р. Шпре. Количество бактерій въ первой было почти въ три раза менѣе, чѣмъ во второй, а между тѣмъ первая потребовала озона для уничтоженія бактерій почти въ два раза болѣе, чѣмъ послѣдняя (156,3 mgr. вмѣсто 83,6 mgr.). Эти послѣднія количества озона вообще значительно превосходятъ тѣ, которыя требуются для уничтоженія бактерій, разведенныхъ въ дистиллированной и предварительно стерилизованной водѣ. Объясняется это тѣмъ, что при грязныхъ водахъ озонъ расходуется прежде всего на окисленіе безжизненныхъ органическихъ веществъ, а затѣмъ уже обращается на окисленіе живыхъ микроорганизмовъ. Въ послѣднихъ опытахъ это подтверждается тѣмъ, что по мѣрѣ дѣйствія озона окисляемость воды, опредѣляемая титрованіемъ марганцевисто-кислымъ кали, уменьшалась. Насколько это уменьшеніе окисляемости зависитъ отъ органическаго вещества самыхъ бактерій, Dr. Ohlmüller выясняетъ слѣдующей серіей опытовъ.

III. Водный растворъ споръ гнойнаго воспаленія въ дистиллированной стерилизованной водѣ безъ примѣси гноя овечьей оспы и съ примѣсью его.

Гной овечьей оспы брался какъ уже безжизненное начало, т.-е. стерилизованнымъ, и прибавлялся къ водному раствору споръ гнойнаго воспаленія въ разныхъ процентахъ. Сравненіе результатовъ дѣйствія озонированнаго воздуха на

образцы жидкости безъ примѣси стерилизованнаго гноя овечьей оспы и на образцы съ примѣсью его въ различныхъ количествахъ даетъ возможность выяснитъ значеніе безжизненныхъ органическихъ веществъ при процессѣ озонированія воды. Слѣдующія четыре таблицы д-ра Ohlmüller даютъ эти результаты.

Продолжит. воздѣйствія озонирован- нымъ возду- хомъ. Минуты.	Расходъ озонирован- наго воздуха. Куб. сант.	Содержаніе озона въ од- номъ литрѣ воздуха. mgr.	Вычисленное количество озона. mgr.	Число бактерій въ 1 куб. сант. водной смѣси.
а) Безъ примѣси гноя овечьей оспы.				
0	0	16,5	0	1.171.800
5	1550		25,6	201.600
10	2750		45,4	10
20	5600		92,4	0
б) Съ примѣсью 0,25% гноя овечьей оспы.				
0	0	15,1	0	1.436.400
5	1450		21,9	793.800
10	3450		52,1	1.008.000
20	5300		80,0	693.000
в) Съ примѣсью 0,5% гноя овечьей оспы.				
0	0	13,1	0	1.791.200
5	2150		28,2	1.008.000
10	5350		70,1	756.000
20	8600		112,7	1.008.000
г) Съ примѣсью 1% гноя овечьей оспы.				
0	0	11,5	0	2.520.000
5	2000		23,0	1.827.000
10	6000		69,0	1.890.000
20	12350		142,0	630.000

Примѣчаніе. Каждый образецъ водной смѣси содержалъ въ себѣ 500 куб. сан. Передъ началомъ опыта озонированія жидкость тщательно перемѣшивалась и изъ нея бралась контрольная проба, а затѣмъ уже пускался озонированный воздухъ и брались для изслѣдованія пробы черезъ 5, 10 и 20 минутъ.

Эти опыты д-ра Ohlmüller показали, что наибольшее убивающее дѣйствіе озона на споры гнойнаго воспаленія, находящіяся въ водѣ, было тогда, когда въ ней не было примѣси гноя овечьей оспы, и что съ прибавкою, а затѣмъ съ увеличеніемъ его количества уничтоженіе споръ гнойнаго воспаленія становилось меньшимъ. Опыты а, b и с хорошо согласуются въ этомъ отношеніи, такъ какъ при нихъ количество убитыхъ бактерій по прошествіи 20 минутъ составляло отъ первоначальнаго содержанія бактерій:

а) Безъ примѣси гноя овечьей оспы.	100%
б) Съ примѣсью 0,25%	52%
с) Съ примѣсью 50%	44%

Что касается до опыта d, то онъ далъ 75% уничтоженныхъ бактерій, и Dr. Ohlmüller объясняетъ это тѣмъ, что на этотъ разъ было употреблено болѣе озона.

Независимо отъ этого случайнаго несогласованія Dr. Ohlmüller выводитъ заключеніе, что вышеприведенные опыты доказали, что „единственно только безжизненные органическія вещества, находящіяся въ водѣ, замедляютъ уничтоженіе находящихся въ ней бактерій посредствомъ ея озонированія“.

Въ виду этого путемъ опредѣленія окисляемости различныхъ водъ можно предусмотрѣть, каковы будутъ результаты ихъ озонированія.

Слѣдующимъ, четвертымъ рядомъ опытовъ Dr. Ohlmüller выясняетъ зависимость между окисляемостью содержащихъ различныхъ бактерій водъ и дезинфицирующей силой озона. Для этого ряда опытовъ брались чистыя культуры тифа и холеры и разводились въ стерилизованной водѣ, имѣвшей различныя степени окисляемости. Для составленія такой воды брали стерилизованную дистиллированную воду какъ чистую, такъ и съ примѣсью къ ней въ различныхъ пропорціяхъ сточныхъ водъ или стерилизованную сточную воду изъ р. Шпре. Количество жидкости бралось для опыта, какъ и раньше, равнымъ 500 куб. сант.

V. Водная смѣсь бактерій тифа и холеры въ водахъ различной степени окисляемости.

Продолж. воздѣйств. озониров. воздухомъ. Минуты.	Расходъ озониров. воздуха. Куб. сант.	Содерж. озона въ 1 латрѣ воздуха. mgr.	Вычислен. ное коли- чество озона. mgr.	Число бактерій въ 1 куб. сант. вод- ной смѣси.	Ростъ въ бульонѣ при 37° С.	Окисляемость: Колич. кислор., нужнаго для окисл. 500 куб. сант. водной смѣси. mgr.
а) Культура бактерій тифа въ 500 куб. сант. стерилизованной сточной воды.						
0	0	6,3	0	13.608.000	Быль.	67,5
2	3200		20,2	8.391.600	Быль.	
5	7800		49,1	2.154.600	Быль.	
10	15200		95,8	3.969.600	Быль.	
б) Культура бактерій холеры въ 100 куб. сант. сточной воды + 500 куб. сант. дистиллированной стерилизованной воды.						
0	0	10,7	0	1.020.000	Быль.	21,7
2	1595		17,1	2.800	Быль.	
5	4035		43,2	Неудача.	Быль.	
10	7985		85,4	900	Быль.	
в) Культура бактерій холеры въ 50 куб. сант. сточной воды + 450 куб. сант. дистиллированной стерилизованной воды.						
0	0	10,7	0	3.118 000	Быль.	11,3
2	1200		12,8	0	Не былъ.	
5	3000		32,1	0	Не былъ.	
10	5500		58,8	0	Не былъ.	
г) Культура бактерій холеры въ 25 куб. сант. сточной воды + 475 куб. сант. дистиллированной стерилизованной воды.						
0	0	10,4	0	48.000	Быль.	6,1
2	1500		15,6	0	Быль.	
5	3650		38,0	0	Не былъ.	
10	7350		76,4	0	Не былъ.	
е) Культура бактерій тифа въ стерилизованной водѣ изъ р. Шпре.						
0	0	6,3	0	9.979.200	Быль.	4,6
2	2300		14,5	5.840.100	Быль.	
5	6450		40,6	0	Не былъ.	
10	12800		80,6	0	Не былъ.	
ф) Культура бактерій холеры въ 500 куб. сант. дистиллированной стерилизованной воды.						
0	0	6,2	0	Число бак- терій не опредѣля- лось.	Быль.	0
2	2650		16,4		Не былъ.	
5	6300		39,1		Не былъ.	
10	13150		81,5		Не былъ.	

Зависимость между степенью окисляемости воды и дѣйствиемъ озона на находящихся въ ней бактерій выражается въ таблицѣ ряда опытовъ д-ра Ohlmüller очень рельефно и характеризуется слѣдующими главными цифрами:

При окисл. въ 67,5 mgr. кисл. посред.	95,8 mgr. озон.	убито 70,8% бакт.
" " " 21,7 " " "	85,4 " " "	99,9% " "
" " " 11,3 " " "	12,8 " " "	100% " "

Резюмируя кратко результаты своихъ изслѣдованій, Dr. Ohlmüller, говорить, что „озонъ дѣйствуетъ на бактеріи, находящіяся въ водной смѣси, очень разрушительно при томъ условіи, чтобы вода не была слишкомъ загрязнена безжизненными органическими веществами.

Принимая во вниманіе, что существуютъ уже аппараты, дающіе возможность озонировать атмосферный воздухъ въ большихъ количествахъ очень простымъ и дешевымъ способомъ, Dr. Ohlmüller основательно заявляетъ, что не исключается возможность утилизованія этихъ аппаратовъ для очищенія озонированнымъ воздухомъ и стерилизаціи рѣчной и всякой другой воды, назначенной для хозяйственного водоснабженія.

Невыгоднымъ въ этомъ дѣлѣ, по мнѣнію д-ра Ольмюллера, является при настоящей степени его развитія лишь то обстоятельство, что воздухъ, оставляя обработанную имъ воду, уносить съ собою значительное количество неиспользованнаго озона, и потому д-ръ Ольмюллеръ заканчиваетъ свой обстоятельный научный трудъ пожеланіемъ, чтобы техники-специалисты изобрѣли приспособленія, посредствомъ которыхъ могло бы достигаться полное использование озона, заключающагося въ озонированномъ воздухѣ, употребленномъ для очищенія и стерилизаціи воды.

Трудъ д-ра Ohlmüller легъ въ основу послѣдующихъ изслѣдованій по вопросу объ озонированіи воды, изъ которыхъ мы перейдемъ теперь къ изслѣдованіямъ доктора E. Van Ermengem.

II.

Исслѣдованія доктора E. Van Ermengem.

I. Результаты очищенія и стерилизаціи воды Старого Рейна озономъ въ Удсгорнѣ, въ Голландіи *).

Въ г. Удсгорнѣ, въ Голландіи, близъ Лейдена, «Главное Общество для добыванія озона» устроило прекрасную лабораторію, въ которой Dr. Van Ermengem и производилъ свои изслѣдованія надъ озонированіемъ воды.

Вода для изслѣдованій бралась изъ Старого Рейна. Этотъ водяной протокъ несетъ незначительное количество воды, и, кромѣ того, онъ плюзованъ, благодаря чему вода отличается своими дурными качествами; она очень богата растительными веществами, илиста и окрашена въ коричнево-черный цвѣтъ; порою вода эта бываетъ и лучше, такъ что составъ ея нельзя считать постояннымъ. Вода Старого Рейна подвергается загрязненію нечистотами какъ отъ прибрежныхъ деревень и городовъ, такъ и отъ оживленнаго судоходства, а также и отъ фабрикъ и заводовъ. Мѣсто приѣма воды для испытательной станціи озонирования находилось ниже густо населенныхъ мѣстностей, такъ что воду, подвергавшуюся изслѣдованіямъ, Dr. Van Ermengem справедливо называетъ «сточной».

Представляясь въ теченіе бѣльшей части года очень нечистой, вода Старого Рейна богата органическими и неорганическими примѣсями и, кромѣ того, имѣетъ отвратительный запахъ. Даже послѣ отстаиванія и послѣ тщательнаго фильтрованія черезъ нѣсколько бумажныхъ фильтровъ она остается окрашенной въ желтый цвѣтъ.

Химическіе анализы воды Старого Рейна даютъ очень разнообразные результаты, но всегда подтверждаютъ дурныя качества воды. Результаты ихъ Dr. Van Ermengem даетъ въ слѣдующихъ цифровыхъ данныхъ,—въ граммахъ на 1 литръ воды:

*) Работа Гигіенической лабораторіи Гентскаго университета; извлеченіе изъ доклада Министру Земледѣлія и Промышленности въ Бельгіи, отъ 30 іюля 1895 года.

Остатокъ отъ выпариванія . .	отъ 0,550	до 0,200
Потеря при прокаливаніи . .	„ 0,070	„ 0,030
Перманганатъ	„ 0,070	„ 0,015
Амміакъ свободный	„ 0,00010	„ 0,00015
Альбуминоидъ аммонія . . .	„ 0,0009	„ 0,00025
Нитраты	„ 0,0050	слѣды.
Хлоръ	„ 0,120	„ 0,035

Бактеріологическій составъ воды Старого Рейна былъ предметомъ изслѣдованій д-ра Van der Sleen. Количество бактерій въ водѣ весьма измѣнчиво и колеблется отъ 5.000 до 100.000 въ 1 куб. сант. и въ бѣльшей части случаевъ превосходить 10.000 бактерій на 1 куб. сант. Изъ массы микроорганизмовъ, присущихъ водѣ Старого Рейна, Van der Sleen отмѣчаетъ наличность очень стойкихъ бациллъ изъ группы картофельныхъ «*Bacilus Subtilis*», «*Bacilus Ramosus*» (сѣнная) и др. На ряду съ этими безвредными бациллами въ водѣ Старого Рейна постоянно встрѣчаются и бактеріи, безусловно вредныя и могущія служить источникомъ болѣзней, это представители группы «*Bacterium Coli*». Такихъ бактерій оказывается нерѣдко 1.000 и болѣе въ 1 куб. сант. воды Старого Рейна. Присутствіе этихъ вредныхъ бактерій обуславливается спускомъ въ рѣку домовыхъ нечистотъ. Изъ всего этого видно, что для выясненія значенія и пользы озонированія воды, назначаемой для питья, принятіе воды Старого Рейна является дѣйствительно очень хорошою пробою, вполне отвѣщающею серьезности и важности вопроса.

Д-ръ Ванъ-Эрменгемъ особенно отмѣчаетъ тотъ фактъ, что рѣшительно никакими средствами ему не удавалось удалить изъ воды Старого Рейна присущую ей желтую окраску.

Д-ръ Ванъ-Эрменгемъ говоритъ, что не можетъ быть даже и мысли о томъ, чтобы воду Старого Рейна можно было озонировать безъ предварительнаго ея фильтрованія, и, по заявленію д-ра Ванъ-деръ-Слина, эта вода и въ фильтрованномъ видѣ не можетъ считаться годною для употребленія, водою хорошаго качества.

На испытательной станціи въ Удсгорнѣ вода Старого Рейна сначала отстаивалась въ подземномъ цементномъ резервуарѣ,

загѣмъ переливалась на песчаный фильтръ англійскаго типа съ поверхностью въ 10 кв. метровъ, на которомъ фильтрованіе велось съ нормальною скоростью въ 100 мм. въ часъ.

Послѣ такого фильтрованія вода становится прозрачною, но имѣетъ желтоватую окраску и, кромѣ того, сохраняетъ болотистый запахъ и вкусъ. Въ водѣ послѣ фильтрованія остаются еще слѣды амміака. Фильтрованіе съ уменьшенной скоростью не устраняетъ этихъ недостатковъ.

Послѣ фильтрованія вода содержитъ различное количество бактерій въ зависимости отъ состоянія фильтра, вообще же оно превосходитъ установленную норму и бываетъ отъ нѣсколькихъ сотенъ до нѣсколькихъ тысячъ въ 1 куб. сант. фильтрованной воды.

Нижеслѣдующая таблица заключаетъ въ себѣ результаты произведенныхъ 11 іюня 1895 г. анализовъ воды Старога Рейна: а) сырой, б) отстоянной, в) фильтрованной послѣ отстаиванія и д) озонированной послѣ фильтрованія; (въ граммахъ на литръ).

	Вода сырая.	Вода отстоянная.	Вода отстоянная и фильтрован- ная.	Вода озонирован- ная, послѣ фильтрова- нія.
Остатокъ послѣ выпариванія	0,222	0,220	0,284	0,294
Хлористыя соединенія	0,035	0,046	0,049	0,049
Альбуминоидъ аммонія	0,00027	0,00015	0,00009	0
Амміакъ свободный .	0,00010	0,00010	0,00030	0,00006
Ниртиты	0	0	0	0
Нитраты	0,0006	0,0008	0,0014	0,0012
Перманганата калия для окисленія . . .	0,024	0,016	0,010	0,005
Бактерій въ 1 куб. ст.	10.802	18.991	385	0
Цвѣтъ	Желтый.	Желтый.	Блѣдно-желт.	Безцвѣтная.
Запахъ	Слабый.	Слабый.	Слабый.	Никакого.
Визуальный видъ . . .	Мутный.	Мутный.	Прозрачная.	Прозрачная.

Результаты этихъ анализовъ и другихъ, произведенныхъ въ разное время д-ромъ Van der Sleen, приводятъ къ заключенію, что фильтрованная вода Старого Рейна не можетъ считаться годною для употребленія. Большое содержаніе органическихъ примѣсей и микроорганизмовъ подозрительнаго происхожденія заставляетъ смотрѣть на эту воду, какъ на воду, опасную для здоровья.

Озонированіе воды Старого Рейна, какъ оно было поставлено въ Удсгорнѣ, имѣло цѣлю, во-первыхъ, устранить ея дурныя внѣшнія качества, какъ-то: запахъ, вкусъ и окраску, и, во-вторыхъ, уничтожить всѣхъ микробовъ, какіе въ ней находятся, будутъ ли то микробы болѣзнетворные или нѣтъ.

Dr. Van Ermengem положилъ въ основу своихъ изслѣдованій слѣдующую программу:

А. По отношенію къ выясненію дѣйствія озона, стерилизующаго воду Старого Рейна, слѣдуетъ убѣдиться:

1) Что способомъ озонированія, принятымъ въ Удсгорнѣ, можетъ быть достигнуто умерщвленіе всѣхъ водныхъ микробовъ, находящихся обыкновенно въ рѣчной водѣ.

2) Что уничтоженіе самыхъ стойкихъ видовъ болѣзнетворныхъ микробовъ можетъ быть достигнуто озонированіемъ, если микробы эти будутъ смѣшаны съ водою Старого Рейна.

3) Что стерилизація эта можетъ производиться съ постоянствомъ и правильною при продолжительномъ дѣйствіи аппаратовъ.

В. По отношенію вліянія озонированія на химическій составъ воды интересно убѣдиться въ томъ, что озонъ можетъ нейтрализовать яды микробнаго происхожденія, какъ, напр., токсины, птомаины и др., которые могутъ находиться въ очень нечистой водѣ въ количествахъ, достаточныхъ для того, чтобы считать ее опасною.

С. По отношенію къ вліянію озонированія воды Старого Рейна на органическія примѣси, въ ней заключающіяся, нужно выяснить, происходятъ ли въ водѣ столь существенныя улучшенія, чтобы она стала годной къ употребленію и вкусною.

Д. Наконецъ, важно опредѣлить, не противопоставляется ли всѣмъ достигаемымъ перечисленнымъ выше хорошимъ результатамъ введеніе

озонированіемъ въ воду какихъ-либо вредныхъ веществъ, не получаетъ ли вода какихъ-либо новыхъ элементовъ, отъ которыхъ должна быть свободна вода хорошаго качества и которые даже, можетъ быть, способны сдѣлать воду негодною къ употребленію.

Слѣдуя этой программѣ, д-ръ Van Ermengem при содѣйствіи д-ра Van der Sleen произвелъ рядъ опытовъ, на которыхъ мы и остановимся въ той мѣрѣ, какъ это будетъ возможно, не вдаваясь въ спеціальныя подробности, требующія для пониманія ихъ спеціальнаго знанія бактеріологіи.

А. По выясненію результатовъ стерилизаціи воды озономъ.

При производствѣ бактеріологическихъ изслѣдованій принимались тщательныя мѣры къ тому, чтобы въ озонированные образцы не могли попадать бактеріи изъ атмосферы, что легко возможно и что можетъ вліять на получаемые результаты и затруднять ходъ изслѣдованій. Обращалось вниманіе на продолжительность культивированія бактерій и на температуру, при которой оно происходило, такъ какъ опытомъ дознано, что нѣкоторые виды бактерій требуютъ очень продолжительнаго времени для образованія колоній въ питательной средѣ.

По этому отдѣлу программы было произведено 8 серій изслѣдованій, изъ которыхъ мы остановимъ особое вниманіе на восьмой серіи, представляющей большое практическое значеніе для водопроводнаго дѣла.

I серія. 29 ноября 1894 г. была взята фильтрованная вода Стараго Рейна, содержащая 862 бактеріи въ 1 куб. сант. и требовавшая для окисленія органическихъ веществъ, въ ней находящихся, перманганата калия 58 mgr. на литръ.

Изъ 8 озонированныхъ образцовъ этой воды 7 образцовъ оказались совершенно стерильны, одинъ образецъ далъ двѣ колоніи бациллъ вида, похожаго на «*B. Ramosus*», обладающихъ большою стойкостью. Каждый литръ озонированнаго воздуха при этомъ содержалъ 3,5 mgr. озона.

II серія. Та же вода была употреблена для опытовъ надъ уничтоженіемъ флуорисцирующихъ бактерій вида «*Bac. fluoresces liquefaciens*». Культура этихъ бактерій была введена въ

фильтрованную воду, послѣ чего эта вода предъ озонированіемъ содержала въ себѣ 3.893 флуорисцирующихъ бактерій на 1 куб. сант. Изъ 10 образцовъ этой воды послѣ озонированія ни одинъ не показалъ даже послѣ десятидневнаго культивированія ихъ присутствія флуорисцирующихъ бактерій.

III серия опытовъ произведена посредствомъ стерилизаторовъ большого размѣра въ маѣ мѣсяцѣ 1895 года. Такіе стерилизаторы служили и для всѣхъ послѣдующихъ опытовъ и ничѣмъ не отличались отъ тѣхъ, которые выработаны для промышленнаго озонированія воздуха. Испытательный приборъ въ среднемъ могъ давать 5 литровъ озонированной воды въ 1 минуту. Въ непрерывное дѣйствіе онъ пускался съ вечера наканунѣ дня производства опытовъ. При такомъ непрерывномъ дѣйствіи аппарата были взяты 2, 3, 4 мая 1895 г. многочисленные образцы воды, которая подвергалась изслѣдованію параллельно съ изслѣдованіями образцовъ воды не озонированной. Результаты при этомъ были получены докторомъ Van Ermengem слѣдующіе:

2 мая 1895 года. Подлежавшая обработкѣ фильтрованная вода содержала въ себѣ 4.080 бактерій на 1 куб. сант. Для окисленія ея требовалось перманганата калия 0,032 gr. на литръ. Количество озона въ 1 литрѣ озонированнаго воздуха равнялось 4,32 mgr. Продолжительность озонированія каждаго образца воды составляла 4 минуты. Всѣхъ образцовъ воды въ этотъ день было взято 15. Изслѣдованіе ихъ производилось послѣ посѣва черезъ 4, 10, 15 и 25 дней. Результаты получились слѣдующіе:

№№ образцовъ.	Число колоній въ 1 куб. сант. воды.			
	Черезъ 4 дня.	Черезъ 10 дней.	Черезъ 15 дней.	Черезъ 25 дней.
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	1	—

№№ образцовъ.	Число колоній въ 1 куб. сант. воды.			
	Черезъ 4 дня.	Черезъ 10 дней.	Черезъ 15 дней.	Черезъ 25 дней.
6	2*)	—	—	—
7	0	0	1*)	—
8	0	0	1	—
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	1*)	—	—
12	0	1*)	—	—
13	0	0	1*)	—
14	0	3*)	—	—
15	0	4	—	—

3 мая 1895 года. Фильтрованная вода содержала въ себѣ 670 бактерій на 1 куб. сант. Окисляемость ея опредѣлилась 0,031 гр. перманганата калия на 1 литръ. Каждый литръ озонированнаго воздуха содержалъ въ себѣ 4,32 mgr. озона. Продолжительность озонирования была равна 4 минутамъ. Результаты изслѣдованія двѣнадцати культивированныхъ образцовъ получены были слѣдующіе:

№№ образцовъ.	Число колоній на 1 куб. сант. воды.			
	Черезъ 4 дня.	Черезъ 10 дней.	Черезъ 15 дней.	Черезъ 25 дней.
1	0	1*)	—	—
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	1*)	—	—
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	1*)	—
8	0	1	—	—
9	2*)	—	—	—
10	0	0	1*)	—
11	0	0	1*)	—
12	0	0	1*)	—

*) Колоніи „B. Ramosus“.

4 мая 1895 года. Фильтрованная вода содержала 258 бактерий на 1 куб. сант. Окисляемость ее составляла 0,035 gr. перманганата калия на 1 литръ. Озонированный воздухъ содержалъ 4,50 mgr. озона на 1 литръ. Образцовъ было взято 17. Продолжительность озонирования была 4 минуты. Результаты получились слѣдующіе:

№ образцовъ.	Число колоній на 1 куб. сант. воды.			
	Черезъ 4 дня.	Черезъ 10 дней.	Черезъ 15 дней	Черезъ 25 дней.
1	0	1	—	—
2	1	—	—	—
3	0	2	—	—
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	1	—	—
7	0	0	0	0
8	1*)	—	—	—
9	3	—	—	—
10	0	1	—	—
11	0	2*)	—	—
12	0	0	1	—
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	2*)	—	—
17	0	2*)	—	—

*) Колоніи „B. Ramosus“.

Результаты этого ряда опытовъ Dr. Van. Ermengem признаетъ не вполне удовлетворительными, такъ какъ изъ 44 образцовъ озонированной воды только 16 оказались вполне стерилизованными, а въ остальныхъ оказались отъ 1 до 3 бактерий на куб. сант. Организмы, не поддающіеся дѣйствию озона, почти всѣ были изъ числа бациллъ, дающихъ споры изъ видовъ «*B. Subtilis*» и «*B. Ramosus*».

Параллельныя контрольныя испытанія были произведены докторомъ Van der Sleen; культура бактерий производилась имъ на чашечкахъ Петри надъ 67 образцами съ продолжительностью культуры до 1 мѣсяца, при чемъ 28 образцовъ дали отъ 1 до 4 колоній, большинство которыхъ относится къ видамъ, часто встрѣчаемымъ въ воздушной пыли. Это заставляетъ предполагать, что бактерии въ образцы культуръ могли попасть изъ атмосферы.

Во всякомъ случаѣ результаты очищенія воды озономъ и при этихъ опытахъ далеко превосходили тѣ, что могутъ давать самыя лучшіе фильтры, и при томъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

IV серия опытовъ была вызвана предположеніемъ, что предыдущая серия опытовъ не давала въ нѣкоторыхъ случаяхъ полной стерилизаціи вслѣдствіе недостаточно продолжительнаго времени воздѣйствія озонированнымъ воздухомъ на воду. Для этихъ опытовъ, произведенныхъ на 17 образцахъ, продолжительность озонированія принята была вдвое бѣльшая. Стерилизаторъ давалъ среднимъ числомъ по 2 литра воды въ минуту. Результаты получились слѣдующіе:

17 и 18 мая 1895 года. Фильтрованная, подлежащая озонированію вода содержала 1.270 бактерий на 1 куб. сант. Окисляемость воды соотвѣтствовала 0,040 gr. перманганата калия на литръ. Озонированный воздухъ содержалъ 3,94 mgr. озона на литръ. Продолжительность озонированія была въ среднемъ 7 — 8 минутъ. Отдѣльные образцы озонированной воды брались черезъ каждыя 10 м. Результаты были слѣдующіе:

№№ образцовъ.	Число колоній на 1 куб. сант.	
	Черезъ 15 дней.	Черезъ 25 дней.
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	1 *)
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	0	0

Эта серія опытовъ дала, какъ видно изъ таблицы, совершенно удовлетворительные результаты, такъ какъ изъ 17 образцовъ 16 оказались вполне стерилизованными. Лишь одинъ образецъ далъ одну бактерію вида «*B. Subtilis*» (безвредный).

V серія опытовъ относилась къ стерилизаціи воды посредствомъ озонированія ея при условіяхъ совершенно промышленныхъ. Приборъ употребляли большого размѣра; онъ состоялъ изъ трехъ цилиндровъ діаметромъ по 70 сант. и высотой по

*) Колонія „*B. Ramosus*“.

3 метра. Такой приборъ можетъ давать около 50 литровъ озонированной воды въ минуту. Вода до стерилизаціи содержала 1.130 бактерій въ 1 куб. сант. Окисляемость ея соотвѣтствовала 0,040 gr. перманганата калия на литръ воды. Содержаніе озона въ 1 литрѣ озонированнаго воздуха составляло 3,4 mgr. Продолжительность озонированія была измѣнчива, но въ среднемъ составляла около 30 минутъ. Всѣхъ образцовъ озонированной воды было изслѣдовано 24, изъ нихъ 17 образцовъ послѣ 8 дневной культуры при 37° С. совершенно не дали колоній. Обстановка этой серіи опытовъ была не вполне совершенна. Передѣлывать эти опыты вновь не стали, потому что способность озона стерилизовать воду уже была доказана, и, если не всѣ опыты дали полную стерилизацію, то это обусловливалось тѣмъ, что въ водѣ Старога Рейна въ Удсгорнѣ по временамъ бываютъ споровидныя бактеріи, обладающія большою стойкостью. Къ такимъ бактеріямъ относятся «*B. Subtilis*» и «*B. Ramosus*», которыя выдерживаютъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ дѣйствіе пара или воды при температурѣ 100° С.

VI серія заключала въ себѣ два опыта, произведенные 15 мая 1895 г. Въ фильтрованную воду было введено большое количество споръ «*B. Ramosus*». Подлежавшая озонированію вода давала 28.000 колоній на 1 куб. сант. Окисляемость ея соотвѣтствовала 0,0379 gr. перманганата калия на литръ. Изслѣдованію было подвергнуто 13 образцовъ озонированной воды, изъ которыхъ 11 оказались вполне стерилизованными, а два дали по одной колоніи «*B. Subtilis*» и «*B. Ramosus*». Результатъ вполне благопріятный.

VII серія опытовъ была надъ водой, содержащей два очень стойкихъ вида бациллъ: «*B. Subtilis*» и «*B. Ramosus*». Специальное изслѣдованіе показало, что 5% феноловымъ растворомъ первыя бациллы убиваются черезъ 18 дней, а послѣднія черезъ 40 дней. Въ фильтрованную воду была введена культура этихъ бациллъ въ періодъ образованія споръ, и вода давала 32.000 колоній на 1 куб. сант. Изъ 18 испытанныхъ образцовъ такой воды послѣ озонированія 17 оказались послѣ 8 дневной культуры при 37° С. совершенно стерилизованными. Результатъ вполне благопріятный.

VIII серия заключала въ себѣ опыты, имѣвшіе цѣлью доказать, что грязная вода, богатая органическими веществами и содержащая безчисленное количество болѣзнетворныхъ очень стойкихъ микробовъ можетъ быть обращена посредствомъ озонированія ея въ безвредную питьевую воду. *Понятно, какое большое практическое значеніе могутъ имѣть такіе опыты, и потому на нихъ долженъ быть сосредоточенъ наибольшій интересъ.*

Нужно было прежде всего выбрать подходящий видъ бактерий для этихъ опытовъ. Послѣ всесторонняго обсужденія этого вопроса Dr. Van Ermengem остановился на встрѣчающемся въ очень грязныхъ водахъ видѣ «*B. Coli*», хорошо изслѣдованномъ относительно степени его стойкости; онъ утверждаетъ, что «*B. Coli*» *суть самая стойкія изъ всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ видовъ болѣзнетворныхъ микробовъ, не имѣющихъ споруляціи, и потому справедливо полагаетъ, что подвергая озонированію воду, содержащую въ себѣ безчисленное количество «B. Coli», онъ ставилъ свои изслѣдованія въ наилучшія условія для оцѣнки изучаемаго способа стерилизаціи воды съ гигиенической точки зрѣнія.*

Въ виду особенно важнаго практическаго значенія этой серии опытовъ Dr. Van Ermengem производилъ ихъ одновременно въ параллель съ д-ромъ Van der Sleen. Опыты велись при слѣдующихъ условіяхъ:

Фильтрованная вода Старога Рейна помѣщена была въ резервуаръ емкостью въ 200 литровъ и въ нее было введено 100 куб. сант. эмульсіи, содержащей хорошо развившіяся культуры «*B. Coli*».

Аппараты для озонированія воды были пущены въ работу съ вечера наканунѣ дня испытанія, и за все время его ничто не измѣнялось въ ихъ дѣйствіи.

Вода, подлежащая озонированію содержала въ себѣ 7.830.000 «*B. Coli*» на 1 куб. сант. Окисляемость ея до введенія культуры соотвѣтствовала 0,020 gr., а послѣ введенія культуры— 0,027 gr. перманганата каля на литръ. Содержаніе озона въ литрѣ озонированнаго воздуха равнялось 3,94 mgr. Продолжительность дѣйствія озонированнаго воздуха равнялась 10 минут.

Аппаратъ давалъ два литра озонированной воды въ минуту. Исслѣдованія образцовъ послѣ 10 и 25 дневной культуры на желатинѣ при 16° С., 20° С. и 35° С. дали слѣдующіе результаты:

Образцы воды.		Число колоній въ 1 куб. сант. воды.		
№ образцовъ.	Время взятія образцовъ.	Послѣ 8 дневной культуры при 10 С°.	Послѣ 10 дневной культуры при 20 С°.	Послѣ 25 дневной культуры при 35 С°.
1	12 ч. 5 м.	0	0	0
2	12 ч. 15 м.	0	0	0
3	12 ч. 20 м.	0	0	0
4	12 ч. 25 м.	0	0	0
5	12 ч. 30 м.	0	0	„B. Subtilis“.
6	12 ч. 50 м.	0	0	0
7	12 ч. 55 м.	0	0	„B. Subtilis“.
8	1 ч. —	0	0	„B. Subtilis“.
9	1 ч. 5 м.	0	0	Неизв. бац.
10	1 ч. 12 м.	0	0	0
11	1 ч. 15 м.	0	0	0
12	1 ч. 20 м.	0	0	0

Результаты эти представляются блестящими: послѣ 10 дневной культуры двѣнадцати озонированныхъ образцовъ воды ни одинъ изъ нихъ не далъ никакого развитія организмовъ. Всѣ образцы 10 дневной культуры сохранили видъ, одинаковый съ контрольными образцами стерилизованной воды. Четыре образца послѣ 25 дневной культуры дали: три «B. Subtilis» и одну споровидную бактерію, образующую бѣловатую колонію, мало разжижающую питательную среду.

Ни одна изъ означенныхъ культуръ не дала ни одной колоніи микробовъ вида «B. Coli», которые были искусственно введены въ воду въ безчисленномъ количествѣ передъ озонированіемъ ея.

Одиннадцать опытовъ, произведенныхъ д-ромъ Van der Sleen одновременно съ вышеописанными опытами д-ра Van Ermengem, дали тождественные результаты: культуры, сохранявшіяся 4 недѣли при средней температурѣ, не дали никакихъ признаковъ бактеріальной растительности,—ни одной изъ безчисленнаго количества «B. Coli», которыя введены были въ воду до ея озонированія.

В. По выясненію вліянія озонированія на химическій составъ воды.

Dr. Van Ermengem задался мыслью опредѣлить тѣ химическія измѣненія въ водѣ, которыя могутъ происходить при воздѣйствіи такого сильнаго окислителя, какъ озонъ, на различныя растворенныя въ водѣ вещества. Онъ считалъ очень вѣроятнымъ, что озонъ можетъ нейтрализовать вредное дѣйствіе нѣкоторыхъ растворенныхъ въ водѣ химическихъ соединений, переводя ихъ въ другія—безвредныя или менѣ вредныя, какъ, на примѣръ, съ рнистаго водорода, амміака, азотистыхъ и азотноватистыхъ соединений (нитраты и нитриты), органическихъ веществъ, веществъ бѣлковыхъ животнаго и растительнаго происхожденія. Онъ также предполагалъ, что озонъ можетъ уничтожить находящіеся въ грязной водѣ ядовитые продукты микробовъ, какъ, на примѣръ, «птомаины», «токсины» и др., которые нѣкоторые ученые считаютъ опасными, хотя бы они содержались въ водѣ даже въ безконечно малыхъ количествахъ. Dr. Van Ermengem самъ считаетъ эту опасность не доказанною, но полагаетъ, что уничтоженіе какихъ бы то ни было заключающихся въ водѣ органическихъ веществъ, представляющихъ собою продукты гніенія, можетъ быть только полезно: *«вода,—говоритъ онъ,—для того, чтобы сдѣлаться годною къ употребленію и въ особенности вкусною, не должна содержать въ себѣ продуктовъ разложенія, даже и въ безконечно малыхъ количествахъ».*

Произведенные д-ромъ Van Ermengem химическіе анализы воды, которые могутъ въ нѣкоторой степени выяснитъ поставленные имъ вопросы, дали результаты, собранные имъ въ слѣдующей таблицѣ. (Всѣ результаты выражены въ граммахъ на литръ воды).

	Анализы 2 мая 1895 г.		Анализы 3 мая 1895 г.		Анализы 4 мая 1895 г.		Анализы 19 мая 1895 г.	
	Предъ озони- рованіемъ.	Послѣ озони- рованія.	Предъ озони- рованіемъ.	Послѣ озони- рованія.	Предъ озони- рованіемъ.	Послѣ озони- рованія.	Предъ озони- рованіемъ.	Послѣ озони- рованія.
Твердый оста- токъ при 180° С.	0,468	0,454	0,466	0,420	0,471	0,414	0,354	0,352
Потеря при про- каливаніи . . .	0,067	0,059	0,069	0,059	0,069	0,056	—	—
Хлористыя сое- диненія	0,105	0,105	0,111	0,105	0,105	0,105	—	—
Альбуминоидъ аммонія	0,00044	0,00055	0,00042	0,00055	0,00045	0,00051	0,00031	0,00031
Амміакъ сво- бодный	0,00036	0,00036	0,00024	0,00025	0,00025	0,00036	0,00032	0,00029
Азотноватистыя соединенія (ни- триды)	0	0	0	0	0	0	0	0
Азотистыя сое- диненія (нитра- ты)	0,0053	0,0057	0,0054	0,0058	0,0050	0,0048	0,0024	0,0026
Перманганатъ калія для окис- ленія	0,062	0,032	0,060	0,032	0,068	0,035	0,028	0,015

Хотя произведенные химическіе анализы и не многочисленны, и въ этомъ направленіи требуется дальнѣйшее болѣе глубокое изученіе, тѣмъ не менѣе и изъ нихъ уже д-ръ Ванъ-Эрмен-гемъ считаетъ возможнымъ вывести слѣдующія заключенія о тѣхъ измѣненіяхъ, которыя можетъ вызвать озонированіе воды въ ея химическомъ составѣ.

1. Всѣ минеральныхъ веществъ, составляющихъ осадокъ послѣ выпариванія, мало измѣняется. Нѣкоторое количество углекислыхъ соединеній извести иногда осаждается. Хлористыя и т. п. соединенія не претерпѣваютъ никакого измѣненія.

2. Количество азотистыхъ соединеній (нитратовъ) послѣ озонированія воды обыкновенно нѣсколько увеличивается. Азотно-ватистыхъ соединеній (нитритовъ) не образуется.

3. Содержаніе органическихъ веществъ, выражаемое количествомъ перманганата калия для окисленія ихъ, послѣ озонированія воды всегда уменьшается и притомъ въ пропорціи, нерѣдко достигающей 50—60% отъ первоначальнаго количества (до озонирования).

4. Количество альбуминоидъ аммонія въ озонированной водѣ оказывается бѣльшимъ, чѣмъ до озонирования. По анализамъ же, произведеннымъ д-ромъ Van der Sleen 11 іюня 1895 г., количество его, напротивъ, значительно уменьшается, и онъ полагаетъ, что обнаруженіе увеличенія количества альбуминоидъ-аммонія было случайное.

5. Количество свободнаго амміака по анализамъ 3 и 4 мая 1895 г. увеличивается. Анализами же д-ра Van der Sleen это не оправдывается; по его наблюденіямъ, количество амміака вслѣдствіе озонирования воды всегда уменьшается и чаще вовсе исчезаетъ.

Произведенные д-ромъ Van Ermengem при содѣйствіи д-ра Roux опыты надъ озонированіемъ воды, въ которую введено ядовитое вещество «Токсина тетануса» (столбняка), дали вполне хорошіе результаты, что и было выяснено прививкою къ двумъ контрольнымъ мышамъ, которыя остались живы. Dr. Van Ermengem полагаетъ, что таково же должно быть отношеніе озона и къ другимъ подобнымъ сильнымъ органическимъ ядамъ, которые должны уничтожаться, если не совсѣмъ, то въ значительной мѣрѣ.

С. Отношеніе озонирования къ органическимъ веществамъ въ водѣ Стараго Рейна.

Поразительное улучшеніе воды Стараго Рейна относительно внѣшнихъ ея качествъ послѣ озонирования служитъ лучшимъ доказательствомъ его очищающей способности и даетъ возможность вывести заключеніе о сильномъ его дѣйствіи на сложные продукты жизни микробовъ. *По выходѣ изъ озонатора вода является уже совершенно неузнаваемой: она свободна отъ вкуса и запаха, дѣлавшихъ ее противною; она не имѣетъ никакого привкуса и становится вполне годною къ употребленію. Желтоватая окраска воды совершенно исче-*

заетъ; вода становится прозрачной, блестящей; въ стеклянной трубкѣ при толщинѣ слоя въ 60 сант. она имѣетъ оттѣнокъ дистиллированной воды. Dr. Van Ermengem утверждаетъ, что озонированіе воды не только отнимаетъ отъ нея дурной вкусъ, запахъ и органическую окраску, но также и окраску, производимую солями желѣза.

D. По отношенію къ возможности введенія въ воду озонированіемъ постороннихъ ей веществъ.

Прежде чѣмъ установить окончательно, что стерилизованная озонированіемъ вода Стараго Рейна имѣетъ всѣ желательныя качества, необходимо было выяснитъ: не можетъ ли озонированіе воды имѣть слѣдствіемъ введеніе въ нее веществъ чуждыхъ ея нормальному составу, вредныхъ въ извѣстной дозѣ или по крайней мѣрѣ дѣлающихъ воду не вполне пригодною къ употребленію.

Съ перваго взгляда можно опасаться, что обработка атмосфернаго воздуха электричествомъ можетъ имѣть слѣдствіемъ появленіе азотистыхъ соединений, ядовитость которыхъ не подлежитъ сомнѣнію. Однако многочисленные анализы, произведенные д-ромъ Van Ermengem ни разу не обнаружили въ озонированной водѣ азотистыхъ соединений въ количествахъ, поддающихся опредѣленію и взвѣшиванію.

Не было встрѣчаемо въ озонированной водѣ также и перекиси водорода, которая при дѣйствіи озона на воду можетъ появляться, но очень въ ничтожныхъ, не поддающихся опредѣленію количествахъ.

Представлялся вопросъ, не можетъ ли въ стерилизованной озонированіемъ водѣ оставаться самый озонъ, который, благодаря его громадной окисляющей способности, нельзя допускать въ водѣ хорошаго качества. Исслѣдованія д-ра Van Ermengem въ этомъ направленіи никогда не обнаруживали озона въ озонированной водѣ черезъ 12—24 часа даже самыми чувствительными реагентами. При выходѣ изъ озонируемаго аппарата вода не имѣла ни вкуса, ни запаха, присущихъ озону.

Изъ вышеизложенныхъ исслѣдованій надъ озонированіемъ

воды Старого Рейна въ Удсгорнѣ Dr. Van Ermengem выводитъ слѣдующія общія заключенія:

1. Озонированіе рѣчной воды, загрязненной большимъ количествомъ органическихъ веществъ растительнаго происхожденія, а также окрашенной землистыми веществами, даетъ чрезвычайно удовлетворительные результаты съ точки зрѣнія улучшенія физическихъ свойствъ этой воды. Качества воды, обусловливаемые содержащимися въ ней неорганическими веществами благодаря озонированію, улучшаются.

2. Очищающее дѣйствіе озона, выражающееся различными химическими измѣненіями и особенно замѣтнымъ уменьшеніемъ количества растворенныхъ органическихъ веществъ, возстановляющихъ перманганатъ калия въ кислыхъ растворахъ, особенно значительно въ отношеніи токсиновъ и различныхъ продуктовъ жизни микробовъ. Вода, загрязненная нечистотами изъ выгребныхъ ямъ и тому подобными продуктами разложенія, можетъ быть сдѣлана посредствомъ озонированія безвредною.

3. Воды открытыхъ источниковъ, даже и съ многочисленнымъ содержаніемъ микробовъ, относящихся къ видамъ очень стойкимъ, вполне стерилизуются посредствомъ озонированія при условіи, если ихъ окисляемость не превосходитъ извѣстныхъ предѣловъ. Степень концентраціи озона и продолжительность его воздѣйствія на воду, необходимыя для полученія полной стерилизаціи, должны быть измѣняемы въ зависимости отъ загрязненія воды.

4. Не подлежитъ сомнѣнію, что посредствомъ употребленнаго въ Удсгорнѣ способа возможно получать большія количества совершенно стерилизованной воды, и произведенныя наблюденія позволяютъ утверждать, что стерилизація можетъ производиться правильно и безостановочно въ продолженіе неограниченнаго времени.

II. Способы и аппараты для озонированія воздуха и стерилизаціи воды.

Dr. Van Ermengem, не считая себя достаточно компетентнымъ въ технической сторонѣ дѣла озонированія, даетъ

лишь краткія объясненія ея со словъ изобрѣтателей озонирующихъ приборовъ:

Количество кислорода, которое можно превратить въ озонъ посредствомъ электрическихъ разрядовъ въ данномъ аппаратѣ, измѣняется въ широкихъ предѣлахъ, смотря по самому способу электризаціи. Наболѣе благоприятными электрическими разрядами являются разряды наименѣе горячіе, это суть разряды, извѣстные подъ именемъ «темныхъ разрядовъ», «токовъ» и т. п. Дѣйствительно, при извѣстной температурѣ озонъ разлагается; даже при температурѣ не очень высокой онъ болѣе уже не образуется. Изъ этого слѣдуетъ, что для того, чтобы получать значительное количество озона, нужно дѣйствовать электричествомъ на холодный кислородъ или воздухъ и избѣгать повышенія температуры, происходящей отъ самаго прохожденія электрическихъ разрядовъ черезъ кислородъ или черезъ подлежащій электризаціи атмосферный воздухъ. Изъ этого понятно, что прежде всего слѣдуетъ препятствовать образованію искръ, свѣтящихся разрядовъ, не производящихъ озона, но, напротивъ, уничтожающихъ его по сосѣдству съ собою и, кромѣ того, вызывающихъ образованіе въ воздухѣ закиси азота.

Количество получаемого озона зависитъ не только отъ температуры кислорода или атмосфернаго воздуха, но и отъ степени ихъ сухости. Для полученія большихъ количествъ озона слѣдуетъ дѣйствовать на газы, совершенно лишенные водяныхъ паровъ и освобожденные отъ углекислоты и пыли.

Наконецъ, сила электрическаго тока, плотность среды, въ которой происходятъ разряды, число этихъ разрядовъ въ единицу времени и проч.,—все это также въ сильной степени вліяетъ на количество образующагося озона.

Первый промышленный аппаратъ для приготовленія озона былъ описанъ д-ромъ О. Fröhlich въ 1891 г. Онъ представляетъ собою осуществленіе въ большомъ масштабѣ озонизаціонныхъ трубокъ, изобрѣтенныхъ В. Сименсомъ. Аппаратъ Фрелиха состоитъ изъ трехъ цилиндрическихъ трубъ, вставленныхъ одна въ другую. Центральная металлическая труба закрыта съ обоихъ концовъ, и въ ней циркулируетъ вода, притекающая и утекающая чрезъ спеціальныя отростки. Средняя, такъ назы-

ваемая діэлектрическая труба изъ неэлектропроводнаго матеріала, напр., изъ целлулоида. Третья труба, внѣшняя, можетъ быть замѣнена, напр., оловянными листами, наклеенными на изолирующую трубу. Воздухъ накачивается въ кольцевое пространство между внутренней и средней трубой и электризуется по мѣрѣ надобности. Соединяя нѣсколько такихъ трубъ одна за другую въ батарею и пропуская черезъ нихъ воздухъ и воду, можно поддерживать достаточно низкую температуру при озонированіи воздуха. Подобные аппараты строятся Сименсомъ и Гальске въ Берлинѣ и способны производить до 3 mgr. озона въ секунду на одну паровую лошадь. Съ улучшеніемъ машинъ и при большихъ размѣрахъ аппаратовъ считается возможнымъ эту продуктивность утроить. Dr. O. Fröschlich доказалъ, что количество получаемого озона увеличивается съ увеличеніемъ числа перерывовъ тока, которое онъ доводилъ до 600 въ секунду. Къ числу недостатковъ этого прибора относятъ то, что онъ не даетъ возможности избѣжать появленія электрическихъ искръ и что при немъ нельзя пользоваться токами очень высокаго напряженія.

На нѣсколько иныхъ основанійхъ устроенъ аппаратъ инженера Schneller, электротехника Удсгорнской лабораторіи. Въ этомъ аппаратѣ имѣется приспособленіе, играющее роль регулятора для тока. Приспособленіе это ставится между озонирующимъ аппаратомъ и трансформаторомъ тока, оно состоитъ изъ хорошо подобранныхъ, дающихъ надлежащее сопротивленіе тѣлъ. Благодаря этому, устранена необходимость изоляціи между полюсами озонирующаго аппарата и достигается болѣе выгодное его дѣйствіе. Кромѣ того, явилась возможность пользоваться токами очень высокаго напряженія. Инженеръ Schneller пользовался токомъ свыше 10.000 и 17.000 вольтъ. Въ Удсгорнѣ пользовались токомъ въ 50.000 вольтъ и могли увеличивать напряженіе его до 100.000 вольтъ. Вмѣстѣ съ этимъ разстояніе между электродами, которое въ трубкахъ Сименса было 2—3 миллиметра, доведено до 100 и болѣе миллиметровъ, что даетъ возможность пропускать большее количество воздуха. Инженеръ Schneller достигаетъ своимъ аппаратомъ также и увеличенія концентраціи озона въ данномъ объемѣ воздуха,

и уменьшенія потери энергіи, для чего производит охлажденіе при переходѣ воздуха изъ одного трансформатора въ другой.

Въ краткихъ чертахъ приборы Удстгорнскаго завода для приготовления озона имѣли слѣдующее расположеніе. Для доставки электрическаго тока употреблялась динамо-машина Бруша съ переменнымъ токомъ, предназначенная для электрическаго освѣщенія въ 100 вольтъ и 250 амперъ. Эта динамо-машина давала 400 переменнъ направленія тока въ секунду и имѣла при себѣ для возбужденія тока небольшую динамо-машину въ 100 вольтъ и 14 амперъ. Число оборотовъ ея составляло 175 въ минуту. Изъ динамо-машины токъ направлялся въ два трансформатора, въ которыхъ онъ превращался въ токъ высокаго напряженія, достигающаго 25.000 вольтъ въ первой бобинѣ и 50.000 вольтъ во второй бобинѣ. Одинъ изъ полюсовъ трансформатора соединялся съ землей.

Устройство озонаторовъ было предметомъ тщательнаго изученія, и въ концѣ-концовъ они получили слѣдующій видъ:

Положительный электродъ, получавшій токъ по хорошо изолированному проводнику, состоялъ изъ цѣлага ряда кусковъ толстой металлической ткани,—изъ платины и мѣди, расположенныхъ параллельно другъ другу. Токъ, направляемый къ каждому такому электроду, проходилъ предварительно черезъ сопротивленіе, состоявшее изъ заключеннаго въ стеклянной трубкѣ слоя глицерина толщиною въ 0,6 метра.

Отрицательный электродъ состоялъ изъ металлической обкладки наружныхъ стѣнокъ коробки, соединенной съ землей. Въ коробкѣ этой происходила электризація, при чемъ въ пустотѣлыхъ стѣнкахъ коробки циркулировала холодная вода.

Подлежащій озонированію воздухъ проводился предварительно черезъ дессикаторъ (осушитель), наполненный хлористымъ кальціемъ, пропускался черезъ сѣрную кислоту и освобождался отъ находящейся въ немъ пыли фильтрованіемъ черезъ вату или войлокъ.

Затѣмъ воздухъ проходилъ послѣдовательно изъ одного озонатора въ другой по узкимъ трубкамъ, которыми соединены вертикальныя стѣнки коробокъ отдѣльныхъ озонаторовъ.

Для измѣренія количества протекающаго воздуха между

дессикаторомъ и озонаторами ставился газометръ. Отдѣльные озонаторы могли соединяться въ одну общую батарею, смотря по надобности, въ произвольномъ числѣ. Обыкновенно ихъ соединяли въ количествѣ 5 или 6 штукъ.

Для охлажденія воздуха можно было также пропускать его черезъ холодильникъ, въ которомъ поддерживалась посредствомъ охлаждающей амміакальной машины температура до— 25°C . При такомъ энергичномъ охлажденіи воздуха представлялось, однако, необходимымъ окружать самые озонаторы стеклянными кожухами, внутри которыхъ долженъ находиться сухой воздухъ, иначе происходило сильное потѣніе озонаторовъ.

По выходѣ изъ озонаторовъ воздухъ направляется въ стерилизаторы воздушнымъ насосомъ. Стерилизаторы примѣнялись двухъ разныхъ образцовъ. Сначала ихъ дѣлали изъ чугуновыхъ остеклованныхъ внутри цилиндровъ, соединенныхъ между собою по 3 или 4 штуки, въ которыхъ циркулировала подлежащая озонированію вода. Днища этихъ цилиндровъ были составлены изъ металлическихъ листовъ, съ множествомъ отверстій, черезъ которыя пропускается озонированный воздухъ, который и долженъ былъ затѣмъ въ видѣ пузырьковъ пройти черезъ слой находящейся въ цилиндрахъ воды. Продолжительность соприкосновенія озонированнаго воздуха съ водой могла быть регулирована сообразно со степенью концентраціи озона и съ количествомъ органическихъ веществъ въ стерилизуемой водѣ, что опредѣлялось періодическими испытаніями.

Позднѣе былъ принятъ другой стерилизаторъ, устроенный въ формѣ большого ящика, въ который впускался озонированный воздухъ въ то время, какъ подлежащая озонированію вода впрыскивалась пульверизаторомъ въ видѣ мелкой водяной пыли.

Dr. Van Ermengem замѣчаетъ, что и то, и другое устройство примѣнявшихся въ Удсгорнѣ стерилизаторовъ имѣетъ и свои достоинства, и свои недостатки. Стерилизаторъ послѣдняго устройства (съ пульверизаціею воды) даетъ возможность получать стерилизованную воду при очень кратковременномъ соприкосновеніи ея съ озонированнымъ воздухомъ, но тре-

буетъ большей концентраціи озона. Первый же стерилизаторъ требуетъ болѣе долговременнаго прикосновенія озонированнаго воздуха съ стерилизуемою водою, но за то при немъ нужна меньшая концентрація озона. При производствѣ озонированія первый стерилизаторъ оказался, повидимому, болѣе удобнымъ и болѣе экономичнымъ, такъ какъ полученіе, напр., 5 кубическихкихъ метровъ воздуха съ 2⁰/₀ содержаніемъ озона обходится значительно дешевле, чѣмъ 1 куб. метръ воздуха съ 10⁰/₀ содержаніемъ озона.

Dr. Van Ermengem замѣчаетъ, что по выходѣ изъ стерилизатора воздухъ является не вполне освобожденнымъ отъ озона и что, напротивъ, лишь незначительная часть озона поглощается водою.

Это обстоятельство обращаетъ на себя особенное вниманіе, и въ позднѣйшее время стали искать способовъ обращать неиспользованный озонъ, заключающійся въ выходящемъ изъ стерилизаторовъ воздухѣ, вновь на озонированіе воды. Этого достигали посредствомъ возвращенія воздуха въ холодильники, гдѣ онъ подвергается сжатію и осаждаетъ часть своей влаги, а затѣмъ вновь направляется въ озонаторы для дальнѣйшаго озонированія.

Dr. Van Ermengem не входитъ въ изложеніе и оцѣнку экономической стороны Удсгорнскихъ опытовъ надъ стерилизаціей воды озонированнымъ воздухомъ, но, считая, что эта сторона дѣла все-таки представляетъ большой интересъ для гигиенистовъ, указываетъ, что выясненіе ея должно быть предметомъ дѣятельности инженеровъ и должно быть основано на болѣе продолжительныхъ и точныхъ наблюденіяхъ.

III.

Ислѣдованія Лилльской городской комиссіи.

Городъ Лилль въ отношеніи своего водоснабженія находится въ положеніи городовъ, пользующихся источниками воды, которые невозможно предохранить отъ многочисленныхъ причинъ ихъ загрязненія. Къ такимъ источникамъ относятся не только естественные открытые потоки и водохранилища, но и воды

поверхностныя, собираемыя съ обрабатываемыхъ полей. Для водоснабженія г. Лилля пользуются цѣлымъ рядомъ источниковъ, питающихся водами, какъ съ обработанныхъ земель, такъ и съ мѣстностей болотистыхъ, находящихся въ долинѣ рѣки Дели, главнымъ образомъ близъ селенія Эммерингъ. Собираемая здѣсь вода поставлена въ такія условія, что круглый годъ содержитъ въ себѣ значительныя количества бактерій, попадающихъ въ нее съ поверхности земли. Въ періоды дождливые количество находящихся въ ней бактерій значительно увеличивается. Исслѣдованія воды выяснили, что вода заключаетъ въ себѣ и вредныя бактеріи. Это находитъ подтвержденіе и въ частыхъ случаяхъ заболѣванія тифомъ въ средѣ Лилльскаго населенія. Большая смертность дѣтей отъ болѣзней желудочно-кишечныхъ въ Лиллѣ должна быть приписана въ значительной мѣрѣ потребляемой населеніемъ водѣ.

Городское управленіе Лилля, будучи поставлено въ необходимость увеличивать водоснабженіе, озабочено улучшеніемъ качества воды. Признавая недостатки за всѣми существующими способами очищенія воды, назначаемой для водопроводовъ, оно обратило вниманіе на обезвреживаніе воды посредствомъ озонированія ея. Лилльское городское управленіе могло судить о значеніи озонированія воды лишь по результатамъ тѣхъ установокъ озонированія, которыя были осуществлены въ небольшихъ размѣрахъ, такъ какъ еще ни одинъ городской водопроводъ не пользовался этою новою системою очищенія воды.

Мысль примѣнить озонированіе воды въ болѣе крупныхъ размѣрахъ и въ такой обстановкѣ, чтобы можно было всесторонне выяснить условія практическаго его примѣненія при городскомъ водопроводѣ, получила осуществленіе благодаря тому, что гг. Marmier & Abraham сдѣлали въ 1898 г. Лилльскому городскому управленію предложеніе поставить приборы для озонированія воды съ цѣлью производства при Лилльскомъ водопроводѣ въ крупныхъ размѣрахъ опытовъ надъ очищеніемъ воды озономъ для выясненія какъ практическаго значенія этого способа, такъ и дѣйствія изобрѣтенныхъ ими приборовъ.

Гг. Marmier & Abraham работали надъ вопросомъ объ озонированіи воды съ 1895 года, послѣ того, какъ на гигиениче-

ской выставкѣ въ Парижѣ появился первый приборъ для озонирования воды въ количествѣ до 2 куб. метровъ въ часъ, выставленныхъ барономъ Тиндалемъ, доказавшій собою возможность практической постановки этого способа очищенія воды.

Городское управленіе Лилля приняло предложеніе гг. Мармье и Абрагама и, желая поставить предстоявшія испытанія подъ надежный научный контроль, поручило это дѣло специальной комиссіи, въ составъ которой вошли:

1. Dr. Roux, вице-директоръ института Пастера въ Парижѣ.
2. Г. Buisine, профессоръ промышленной химіи въ Лилльскомъ университетѣ.
3. Dr. Calmette, директоръ института Пастера въ Лиллѣ, профессоръ Лилльского университета.
4. Г. Bouriez, химикъ экспертъ.
5. Dr. Staes-Brame, директоръ Лилльского городского санитарнаго бюро.

Устройство испытательной станціи озонирования воды было окончено къ іюлю мѣсяцу 1898 года, а 10 декабря 1898 г. вышеозначенная комиссія собралась въ институтѣ Пастера въ Лиллѣ для выработки программы испытаній. По выработкѣ программы трудъ между членами комиссіи былъ раздѣленъ такъ, что Dr. Roux и Dr. A. Calmette взяли на себя контроль за бактериологическими изслѣдованіями, а гг. Buisine и Bouriez взялись за химическія изслѣдованія воды Эммерпингскихъ источниковъ до и послѣ ея озонирования. Dr. Staes-Brame состоялъ предсѣдателемъ комиссіи. Докладчикомъ отъ комиссіи былъ Dr. A. Calmette.

Согласно постановленію комиссіи, были взяты образцы не-озонированной и озонированной воды 10, 11 и 12 декабря 1898 г. и 17, 24, 27 и 28 января 1899 г., съ тѣмъ, чтобы, производя озонированіе, выяснить всѣ стороны озонирования воды по способу гг. Marmier & Abraham.

Прежде, чѣмъ излагать результаты изслѣдованій комиссіи, необходимо дать краткое описаніе расположенія и устройства приборовъ испытательной станціи. Она состояла изъ трехъ главныхъ частей: электрической станціи, озонатора и стерилизатора.

1. **Электрическая станція** имѣла паровую машину и динамо-машину, снабженную вращающимся прерывателемъ тока. Получаемый токъ поступалъ въ трансформаторъ, въ которомъ ему сообщалось напряженіе въ 40.000 вольтъ.

2. **Озонаторъ** былъ устроенъ такъ, что послѣдовательно располагались: электродъ, стекло, промежутокъ для движенія воздуха, стекло, электродъ и т. д. Электроды были металлическіе съ плоскими поверхностями, на которыя прилаживалось стекло. Всѣ четные электроды были соединены съ однимъ полюсомъ трансформатора, а нечетные съ другимъ. Особенное вниманіе было обращено на тщательность изоляціи. Въ промежуткахъ между стеклами проходилъ воздухъ, и въ то же время электрический токъ фіолетоваго цвѣта переходилъ изъ четныхъ электродовъ въ нечетные, пронизывая струю движущагося воздуха и озонируя его. Аппаратъ былъ такъ устроенъ, что воздѣйствіе электрическаго тока на струю воздуха происходило на извѣстной длинѣ ея движенія, чѣмъ обезпечивалась достаточная концентрація озона. Охлажденіе электродовъ производилось непрерывное.

3. **Стерилизаторъ** былъ устроенъ въ видѣ кирпичной наполненной мелкимъ камнемъ колонны, въ которой вода течетъ раздробленными струями сверху внизъ, а навстрѣчу ей снизу вверхъ идетъ озонированный воздухъ. Внизу колонны вода стекала въ сборный резервуаръ, проходя черезъ поставленный на пути этого движенія водомѣрный водосливъ, дававшій возможность измѣрять количество озонированной воды.

При производствѣ испытаній большое развитіе получилъ, какъ это и требовалось обстоятельствами дѣла, бактериологическій контроль, соотвѣтствующій двумъ сериямъ опытовъ.

Бактеріологическіе анализы.

А. Первая серія опытовъ отъ 10 до 25 декабря 1898 г.

До начала изслѣдованій надъ озонированіемъ воды всѣ приборы находились въ постоянномъ дѣйствіи съ іюля мѣсяца въ дневное время; во время же производства изслѣдованій 10, 11 и 12 декабря они работали день и ночь. Количество проходившей

черезъ стерилизаторъ воды составляло 35 кубическихъ метровъ (болѣе 2800 ведеръ) въ часъ.

Образцы озонированной и неозонированной воды Эммерингскаго источника брались одновременно въ стерилизованныя пробирныя трубки.

10 декабря *неозонированная вода* была для предварительнаго опыта засѣяна въ пяти колбахъ въ количествѣ 0,01 куб. сант., и въ промежутокъ времени отъ 24 до 60 часовъ во всѣхъ ихъ оказался ростъ бактерій.

Та же *неозонированная вода*, засѣянная на питательную желатину въ количествѣ 0,01 и 0,05 куб. сант., показала чрезъ 7 дней 2200 зародышей на 1 куб. сант.

Озонированная вода, 11 декабря 1898 г. въ 10 ч. у. Послѣ пропуска воды чрезъ озонирующую колонну, при чемъ озонъ имѣлъ концентрацію въ 5,8 mgr. на литръ воздуха, были взяты пробы озонированной воды, давшія по изслѣдованію нижеприведенные результаты:

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	10	0,5	0	—
„ „ „ „	5	1	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	11	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	12	0	—
„ „ „ „	2	13	0	—
Питательная желатина.	5	1	0	—
„ „	5	2	0	—

Общій выводъ: 2 зародыша „B. Subtilis“ на 74 куб. сант. озонированной воды.

Внутренняя температура озонатора была 20°C. Внѣшняя температура была 13°C.

Въ таблицѣ вторая графа даетъ число колбъ, въ которыхъ производилась культура; графа третья—количество воды, введенной въ каждую колбу для культивированія; четвертая графа даетъ число колоній, полученныхъ чрезъ 15 дней культуры при 36°C. для баллоновъ съ мяснымъ бульономъ и чрезъ 7 дней при 23°C. для культуры на желатинѣ. Тѣ же самыя обозначенія приняты и во всѣхъ послѣдующихъ таблицахъ.

11 декабря, въ 5 часовъ вечера, были взяты новыя пробы неозонированной и озонированной воды Эммеринга, при чемъ подача воды составляла 35 куб. метровъ въ часъ, а концентрація озона была равна 6,5 mgr. на литръ воздуха.

Неозонированная вода сохранялась въ лабораторіи 24 часа при средней температурѣ въ 18°C. Посѣвъ ея на питательную среду былъ произведенъ 12 декабря, и культура эта черезъ 7 дней дала на желатинѣ 3960 колоній на 1 куб. сант. воды.

Озонированная вода дала слѣдующіе результаты:

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	10	1	0	—
„ „ „ „	5	0,5	0	—
„ „ „ „	5	1,3	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	3	4	0	—
Питательная желатина.	3	1,5	2	„B. Suptilis“ и плесень.

Общій выводъ: 2 колоніи „B. Subtilis“ и 1 плесень на 35,5 куб. сан. озонированной воды.

12 декабря 1898 г. была взята одна проба озонированной воды для немедленнаго посѣва и другая проба той же воды, которую комиссія рѣшила засѣять на питательную среду черезъ 4 дня. Концентрація озона была при этомъ 6,5 mgr. на литръ

воздуха. Температура внутри озонатора была 18°C. Внешняя температура была 12°C. Результаты получились следующие:

Озонированная вода, взятая 12 декабря и немедленно за-
сѣянная:

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	5	1,3	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	5	4	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	11	0	—
„ „ „ „	1	21	1	„B. Subtilis“.
Питательная желатина.	4	1,5	0	—
„ „	3	4	0	—

Общій выводъ: 3 колоніи „B. Subtilis“ на 76,5 куб. сант. воды.

Озонированная вода, взятая 12 декабря въ 10 час. утра, посѣянная на питательную среду чрезъ 4 сутокъ храненія ея въ лабораторіи при 18°C.

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	5	1	0	—
„ „ „ „	5	0,5	0	—
Питательная желатина.	4	1	0	—

Общій выводъ: ни одной колоніи на 11,5 куб. сант. озонированной воды, засѣянной чрезъ 4 сутокъ послѣ храненія ея въ лабораторіи при 18°C.

В. Вторая серия опытовъ.

17 января 1899 года была взята проба озонированной воды, которая была посеяна на питательную среду черезъ 24 часа стоянія въ лабораторіи. Концентрація озона была 6 mgr. на литръ воздуха. Результаты получились слѣдующіе:

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	17	1,2	0	—
<i>Выводъ:</i> озонированная вода осталась стерильною послѣ 24 часового стоянія въ лабораторіи.				

24 января 1899 г. была взята проба озонированной воды, которая была посеяна послѣ 36 часовъ стоянія ея въ лабораторіи. Результаты получились слѣдующіе:

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	2	7	0	—
„ „ „ „	1	13	0	—
„ „ „ „	1	15	0	—
<i>Выводъ:</i> озонированная вода послѣ 36 часового стоянія въ лабораторіи остается стерильною.				

27 и 28 января 1899 года были взяты двѣ пробы озонированной воды для изслѣдованій черезъ 24 часа одна послѣ другой. Передъ этимъ озонирующіе приборы находились 60 часовъ въ непрерывномъ дѣйствіи. Вода доставлялась въ количествѣ 35 куб. метр. въ часъ.

Озонированная вода была взята 28 января еще одинъ разъ съ спеціальной цѣлью произвести посѣвъ ея черезъ 48 часовъ послѣ стоянія въ лабораторіи, то-есть 30 января.

Неозонированная вода была взята 27 января одновременно съ образцами озонированной воды. Шестидневная культура ея на желатинѣ показала 1170 колоній на 1 куб. сант. Затѣмъ проба той же неозонированной воды, взятая 28 января, показала 988 колоній на 1 куб. сант.

Исслѣдованія всѣхъ вышеозначенныхъ образцовъ озонированной воды дали слѣдующіе результаты:

Озонированная вода, взятая 27 января 1899 г.

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакци. . .	20	1,2	0	—
„ „ „ „	4	3	0	—
„ „ „ „	4	3,5	0	—
„ „ „ „	5	4	0	—
„ „ „ „	2	12	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	16	1	„B. Subtilis“.
Питательная желатина.	7	3	0	—
„ „	3	5	0	—
Общій выводъ: двѣ колоніи, обѣ „B. Subtilis“, на 146 куб. сант. озонированной воды въ 46 колбахъ.				

Внѣшняя температура была $+1^{\circ}\text{C}$, а температура внутри озонатора была 13°C . Концентрація озона была 9,3 mgr. на литръ воздуха.

Озонированная вода, взятая 28 января 1899 г.

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	11	1,3	0	—
„ „ „ „	15	2,2	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	2	13	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	9	0	—
„ „ „ „	2	10	0	—
„ „ „ „	1	15	0	—
„ „ „ „	2	18	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	25	1	„B. Subtilis“.
Питательная желатина.	6	2,2	0	—

Общій выводъ: 4 колоніи и всѣ „B. Subtilis“ на 192 куб. сант. озонированной воды, находившейся въ 41 колбѣ.

Примѣчаніе: концентрація озона была 9,5 mgr. на литръ воздуха. Внѣшняя температура 0°C.

Озонированная вода, взятая 28 января и засѣянная на питательную среду послѣ 48 часовъ стоянія въ лабораторіи при температурѣ +18°C.

Питательная среда для культуры.	Число колбъ культуры.	Количество введен. воды въ куб. сант.	Число колоній.	Родъ микробовъ.
Мясной бульонъ средней реакціи. . .	6	1	0	—
„ „ „ „	6	2	0	—
„ „ „ „	1	8	0	—
„ „ „ „	3	10	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	11	0	—
„ „ „ „	1	12	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	1	13	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	3	14	1	„B. Subtilis“.
„ „ „ „	2	20	1	„B. Subtilis“.

Общій выводъ: 5 колоній и всѣ „B. Subtilis“ на 174 куб. сант. озонированной воды, находившейся въ лабораторіи 48 часовъ до посѣва.

Въ виду блестящихъ приведенныхъ выше результатовъ озонирования воды комиссія, контролировавшая ходъ очищенія воды, пожелала выяснить себѣ нѣкоторыя обстоятельства, оставившія на себѣ ея вниманіе.

Такъ, казался не вполне понятнымъ тотъ фактъ, что озонированная вода, сохранявшаяся въ лабораторіи 12, 24, 36 часовъ и даже до 4 сутокъ, оставалась стерильною, а если и имѣла нѣкоторое число бактерій, то меньше, чѣмъ вода, засѣянная тотчасъ послѣ озонирования.

По мнѣнію комиссіи, можно было предположить или что нѣкоторыя бактеріи «Subtilis», избѣгшія дѣйствія озона въ озонаторѣ, были уничтожены впоследствии очень малымъ количествомъ озона, могущаго оставаться въ водѣ послѣ озонирования, или же, что озонированіе воды производитъ въ ней нѣкоторые химическіе процессы, препятствующіе размноженію бактерій.

Для выясненія этого вопроса комиссія сдѣлала такой опытъ. Взяли 373 куб. сант. воды, озонированной 23 января 1899 г. и простоявшей въ лабораторіи 3 дня, и смѣшали ее съ 68 куб. сант. неозонированной воды, взятой 26 января. Эта смѣсь была засѣяна въ шести колбахъ въ питательную желатину 28 января, т.-е. черезъ два дня, въ количествѣ 0,1 куб. сант. Послѣ шестидневной культуры при 23°C. оказалось 1340 колоній на куб. сант. Это привело комиссію къ заключенію, что *озонированная вода не содержитъ въ себѣ никакого антисептическаго вещества, способнаго убивать бактерій въ неозонированной водѣ, съ которой ее смѣшали, и она не имѣетъ способности препятствовать размноженію бактерій.*

Тотъ фактъ, что при опытахъ озонирования вода содержала въ себѣ тѣмъ менѣе бактерій, чѣмъ болѣе проходило времени между взятіемъ пробы воды и ея посѣвомъ, вызвалъ заключеніе комиссіи, что если бѣольшая часть бактерій, заключавшихся въ водѣ, была уничтожена при прохожденіи черезъ озонаторъ, то почти всѣ остальные бактеріи, не убитыя въ озонаторѣ, уничтожаются въ теченіе нѣсколькихъ минутъ въ резервуарѣ, въ который поступаетъ озонированная вода. Это можно объяснить тѣмъ, что хотя вода черезъ нѣсколько минутъ по вы-

ходѣ изъ озонатора и не содержитъ слѣдовъ озона, но въ ней устранена возможность размноженія «*B. Subtilis*», которыя могли избѣгнуть стерилизаціи въ озонаторѣ.

Химическіе анализы.

Химическіе анализы воды, производившіеся профессоромъ Бюнзинъ и г. Бурье, должны были выяснитъ содержаніе кислорода и соединений азота въ озонируемой водѣ, такъ какъ представлялся вопросъ, не является ли результатомъ озонирования воды увеличеніе содержащихся въ ней азотистыхъ веществъ вслѣдствіе окисленія органическихъ веществъ.

Результаты химическихъ анализовъ показали, что послѣ озонирования количество растворенныхъ въ водѣ органическихъ веществъ уменьшилось болѣе, чѣмъ въ четыре раза; количество азотистыхъ соединений также хотя и незначительно уменьшалось, а количество раствореннаго въ водѣ кислорода нѣсколько увеличивалось.

На основаніи всѣхъ произведенныхъ комиссіей и изложенныхъ выше изслѣдованій входившіе въ составъ ее Dr. Roux, г. Bouriez, Dr. Calmette, г. Buisine и Dr. Staes-Brame, дали слѣдующія свои заключенія:

1. „Способъ стерилизаціи питьевой воды посредствомъ озона, основанный на примѣненіи озонирующихъ воздухъ приборовъ и колонны стерилизатора гг. Марье и Абрагамъ, безусловно достигаетъ своей цѣли, и сильное дѣйствіе этого способа превосходитъ все то, что могутъ дать извѣстные въ настоящее время другіе способы стерилизаціи, могущіе примѣняться для большихъ количествъ воды“.

2. „Очень простое устройство этихъ приспособленій, ихъ прочность, постоянство, ихъ производительность и правильность ихъ дѣйствія вполнѣ даютъ гарантію, которую мы въ правѣ требовать отъ аппаратовъ дѣйствительно промышленныхъ“.

3. „Всѣ болѣзнетворные микробы или сапрофиты, встрѣчаемые въ изучаемыхъ нами водахъ, совершенно уничтожаются при прохожденіи этихъ водъ черезъ озонирующую колонну. Сопротивляются дѣйствію озона, только нѣкоторые зародыши „*Bacillus Subtilis*“. Среднимъ числомъ насчитывался одинъ такой зародышъ на 15 куб. сант. воды, озонированной при концентраціи озона, равной 6 mgr. на литръ воздуха. При концентраціи озона въ 9 mgr. число зародышей „*Bacillus*

Subtilis“, могущихъ оживатьъ въ культурѣ бульона, уменьшается по крайней мѣрѣ до 1 на 25 куб. сант. озонированной воды“.

„Слѣдуетъ отмѣтить то, что „*Bacillus Subtilis*“ (сѣнная бацилла) совершенно безвредна для человѣка и животныхъ, и, кромѣ того, зародыши этого микроба сопротивляются бѣльшей части средствъ истребленія, каковы, наприм., нагрѣваніе при помощи пара при температурѣ въ 110°С., подъ давленіемъ. Слѣдовательно, не стоитъ требовать совершеннаго уничтоженія этихъ микробовъ въ предназначенной для водоснабженія водѣ, и мы считаемъ достаточною стерилизацію воды, получаемую отъ дѣйствія озонированнаго воздухомъ при концентраціи озона въ 5—6 mgr. на литръ при тѣхъ условіяхъ, въ которыя ставится этотъ процессъ гг. Мармье и Абрагамъ“.

4. „Озонированіе воды не вноситъ въ нее никакого посторонняго элемента, вреднаго для здоровья лицъ, которыя будутъ пользоваться этою водою. Напротивъ, вслѣдствіе неувеличивающагося въ этой водѣ количества азотистыхъ соединеній и вслѣдствіе значительнаго уменьшенія содержащихся въ ней органическихъ веществъ она послѣ озонированія менѣе подвержена зараженію микробами и вслѣдствіе этого менѣе подвержена порчѣ. Наконецъ, такъ какъ озонъ есть не что иное, какъ особое молекулярное состояніе кислорода, то употребленіе его представляетъ преимущества сильной аэраціи воды и дѣлаетъ ее болѣе полезной и пріятной для употребленія, не лишая ее ни одного изъ полезныхъ минеральныхъ веществъ“.

5. „Что касается города Лилля, то наше мнѣніе таково, что слѣдуетъ рекомендовать городскому управленію принять способъ гг. Мармье и Абрагама, обезпечивающій, какъ мы въ этомъ убѣдились, безусловную и постоянную безвредность воды Эммеринга, которою снабжается Лилльское населеніе“.

«Мы полагаемъ также, что, принимая доказанную безопасность этого способа очистки воды, городъ Лилль получилъ бы непосредственную выгоду увеличить теперешнюю подачу воды, проводя ее прямо изъ рѣки или сосѣднихъ каналовъ, подвергая ее грубому фильтрованію черезъ песокъ и стерилизуя затѣмъ вмѣстѣ съ водою существующихъ источниковъ посредствомъ озонирующихъ аппаратовъ».

«Какова бы ни была глубина, на которой будутъ проведены проектируемыя теперь подземныя галлерей для собиранія воды въ окрестностяхъ Лилля, нельзя утверждать, что однородность почвы будетъ достаточно совершенна для того, чтобы вполне

обезпечить собираемую воду отъ проникновенія въ нее вредныхъ примѣсей съ поверхности».

«Галлерей, проведенныя въ мѣловомъ слоѣ, питающія г. Реймсъ, даютъ намъ примѣръ этого. Содержаніе бактерій и органическихъ веществъ въ получаемой тамъ водѣ измѣняется въ значительной степени (отъ 2.000 до 5.000 бактерій на 1 куб. сант. и отъ 12 до 40 mgr. органическихъ веществъ на литръ воды), и тифозная горячка производитъ частыя опустошенія среди населенія этого города».

«Слѣдовательно, проведеніе глубокихъ грунтовыхъ водъ, собираемыхъ при помощи галлерей, не дастъ гигиенистамъ значительно бѣльшей увѣренности въ безопасности, чѣмъ проведеніе водъ поверхностныхъ. Поэтому мы думаемъ, что для избѣжанія распространенія заразныхъ болѣзней при помощи питьевой воды она должна быть стерилизована сильнымъ и цѣлесообразнымъ средствомъ, если она подвергается опасности зараженія. Одинъ изъ этихъ способовъ есть тотъ, результаты котораго мы могли подтвердить въ нашемъ настоящемъ трудѣ».

Такъ заканчиваютъ свой отчетъ члены комиссіи, въ числѣ которыхъ мы встрѣчаемъ д-ра Roux, пользующагося всемирною извѣстностью, благодаря своимъ работамъ при гигиеническомъ институтѣ Пастера въ Парижѣ.

Чтобы закончить очеркъ всѣхъ произведенныхъ до настоящаго времени научныхъ изслѣдованій надъ озонированіемъ воды, намъ остается описать изслѣдованія г. Th. Weyl, произведенныя на испытательной станціи Сименса и Гальске въ Берлинѣ.

IV.

Изслѣдованія „Th. Weyl“, въ Берлинѣ.

Для производства опытовъ надъ озонированіемъ воды д-ру Ф. Вейль была предоставлена лабораторія фирмы Siemens & Halske, при чемъ онъ пользовался содѣйствіемъ д-ра G. Erlwein, специалиста по озону.

Добываніе озона производилось посредствомъ электрическаго тока, получаемого отъ городской сѣти при 2 амперахъ

и 110 вольтъ, которому при посредствѣ трансформатора сообщалось напряженіе въ 5.000 вольтъ. Прерываніе тока производилось посредствомъ вращающагося прерывателя.

Озонированіе воздуха производилось въ трубкахъ Сименса. Атмосферный воздухъ сначала обезвоживался въ сѣрной кислотѣ и затѣмъ прогонялся черезъ озонаторъ. Обыкновенно Th. Weyl употреблялъ только одну озонирующую трубку, черезъ которую проходилъ 1 литръ воздуха въ 1 минуту, при чемъ получалось отъ 0,3 до 0,4 mgr. озона.

Число опытовъ, произведенныхъ Ф. Вейль, было очень значительно, такъ какъ они продолжались болѣе года. Мы сдѣлаемъ краткій очеркъ лишь нѣкоторыхъ изъ этихъ опытовъ, наиболѣе характерныхъ и имѣющихъ нѣкоторыя особенности.

1. Озонировалась водопроводная вода изъ Теглерскаго озера, содержащая въ себѣ до введенія озона 4.352 бактеріи въ 1 куб. сант. Озонированіе производилось лабораторнымъ способомъ въ промывной склянкѣ, въ которую помещалось 200 куб. сант. воды. Озонированный воздухъ прогонялся въ теченіе 10 минутъ въ количествѣ по 1 литру въ минуту при содержаніи 0,23 mgr. активного озона на 1 литръ воздуха. Послѣ озонирования вода содержала отъ 8 до 16 бактерій.

Такимъ образомъ посредствомъ 2,3 mgr. озона на 200 куб. сант. воды было убито болѣе 99% изъ находившихся въ водѣ Теглерскаго озера бактерій.

2. При такихъ же условіяхъ, какъ и въ предыдущемъ опытѣ, брались пробы воды черезъ 5, 10 и 20 минутъ послѣ озонирования. Результаты получены слѣдующіе:

Неозонированная вода содержала 6040 бактерій на 1 куб. сантиметръ.

Озонированная же вода имѣла:

Черезъ 5 мин. при затратѣ 1,15 mgr. озона 5184 бактеріи на 1 куб. сант.

Черезъ 10 мин. при затратѣ 2,3 mgr. озона 68 бактерій на 1 куб. сант.

Черезъ 20 минутъ при затратѣ 4,6 mgr. озона вода бактерій не имѣла и оставалась стерильною даже спустя 9 дней послѣ озонирования.

При своихъ многочисленныхъ опытахъ Th. Weyl убѣдился, что выходящій изъ промывныхъ склянокъ послѣ озонированія воды воздухъ сохранялъ въ себѣ еще явные признаки содержанія озона, и потому онъ задался мыслью опредѣлить, какія количества озона расходуются собственно для стерилизаціи воды. Съ этою цѣлью онъ произвелъ такой опытъ:

3. Брались 2 склянки, содержащія въ себѣ по 800 куб. сант. нарочно сильно загрязненной воды изъ р. Шпре. Въ эту воду было прибавлено 5 куб. сант. канальной жидкости, очищенной фильтромъ Дибдина, но содержавшей въ себѣ все-таки громадное число бактерій.

Озонъ брался изъ одной трубки и пропускался предварительно черезъ склянку, содержащую 400 куб. сант. 2% іодистаго калия, подкисленнаго сѣрной кислотой. По проходѣ черезъ эту склянку 20 литровъ озонированнаго воздуха опредѣлялось извѣстнымъ способомъ количество содержавшагося въ немъ озона. Затѣмъ эта склянка оставалась пустая, а вслѣдъ за ней ставились двѣ указанныя выше склянки, содержащія по 800 куб. сант. загрязненной воды, и вслѣдъ за ними ставилась опять склянка съ 400 куб. сант. 2% подкисленнаго раствора іодистаго калия. Въ такомъ положеніи начиналось озонированіе воды.

Озонированный воздухъ съ извѣстнымъ, опредѣленнымъ заранѣе содержаніемъ озона проходилъ черезъ пустую склянку (въ которой ранѣе былъ растворъ іодистаго калия), затѣмъ послѣдовательно черезъ двѣ склянки, содержащія по 800 куб. сант. загрязненной воды, при чемъ она озонировалась, и наконецъ поступалъ въ послѣднюю склянку съ растворомъ іодистаго калия, поглощавшаго остатокъ озона. Послѣ того, какъ 20 литровъ озонированнаго воздуха были пропущены черезъ означенные приборы, дѣлалось опредѣленіе количества озона, задержаннаго растворомъ іодистаго калия послѣ прохода воздуха черезъ очищенную воду. Такимъ образомъ являлась возможность опредѣлить количество неиспользованнаго для озонированія воды озона, заключавшагося въ озонированномъ воздухѣ, пропускаемомъ черезъ стерилизаторъ. При такомъ способѣ бактеріологическія изслѣдованія касались только воды,

содержащейся во 2-й склянкѣ. Полная стерилизація получилась, когда на 800 куб. сант. воды дѣйствовали около 36—39 mgr. озона.

Неозонированная вода содержала 7426 бактерій на 1 куб. сант. Изъ опыта выяснилось, что изъ пропускаемаго озона расходовалась лишь самая незначительная часть, но тѣмъ не менѣе онъ дѣйствовалъ на воду химически, такъ какъ количество кислорода на окисленіе химическихъ веществъ воды было:

На 100 куб. сант. неозонированной воды . . 0,5 mgr. кислор.,
а на 100 » » озонированной воды . . . 0,35 » »

При предварительномъ пропускѣ 20 литровъ озонированнаго воздуха черезъ первую склянку съ растворомъ іодистаго калия содержаніе озона опредѣлилось въ 13,5 mgr. Во время же стерилизаціи воды количество озона въ 20 литрахъ воздуха, остающагося послѣ стерилизаціи воды, опредѣлилось въ послѣдней склянкѣ съ растворомъ іодистаго калия въ первый разъ 12,5 mgr., во второй 13,4 mgr. и въ третій 12,2 mgr. Всего было пропущено въ этотъ опытъ 60 литровъ озонированнаго воздуха и израсходовано озона 39,1 mgr., что въ среднемъ составляетъ 13 mgr. на 20 литровъ. Сопоставленіе вышеприведенныхъ цифровыхъ данныхъ показываетъ, что прошедшій черезъ воду озонъ въ бѣльшей части своей выходитъ изъ нея неиспользованнымъ. Это даетъ основаніе стремиться къ болѣе продуктивному расходованію озона при стерилизаціи воды.

4. Отъ озонированія воды въ промывныхъ склянкахъ Th. Weyl перешелъ къ примѣненію для этой цѣли прибора, имѣющаго значеніе промышленнаго. Онъ бралъ желѣзный цилиндръ емкостью въ 40 литровъ, располагалъ на днѣ его кольцевую продыравленную трубу, а по высотѣ ставилъ рядъ желѣзныхъ листовыхъ горизонтальныхъ вставокъ, частью продыравленныхъ, частью сплошныхъ. Вставки эти располагались на 5 сант. одна отъ другой и притомъ такъ, что сплошныя мѣста одной приходились предъ продыравленными мѣстами другой. При такомъ расположеніи вставокъ впускаемый на днѣ цилиндра

озонированный воздухъ, стремясь подниматься вверхъ сквозь находящуюся въ цилиндрѣ стерилизуемую воду, долженъ проходить съ различными частицами ея въ очень тѣсное соприкосновеніе и тѣмъ способствовать наилучшему озонированію воды.

Помѣщенная въ количествѣ 40 литровъ въ желѣзный цилиндръ водопроводная вода была загрязнена 40 куб. сант. мочи и 40 куб. сант. фильтрата Дибдина очень богатаго бактеріями. Озонированный воздухъ вдвухался въ воду мѣхами. Неозонированная вода содержала 1920 бактерій на 1 куб. сант. Уже послѣ 10 минутнаго озонированія, при которомъ пропущено было 192 литра воздуха, содержавшаго 0,32 mgr. озона, достигалась почти полная стерилизація воды. Но этого количества озона, по мнѣнію Th. Weyl было бы достаточно для стерилизаціи гораздо большаго количества воды, такъ какъ воздухъ, выходящій изъ стерилизатора, замѣтно уносилъ съ собою озонъ. Развѣтіе бактерій въ озонированной водѣ происходило медленно.

5. Опыты озонированія сильно загрязненныхъ водъ, содержащихъ въ себѣ безчисленное количество бактерій, дали при различныхъ содержаніяхъ органическихъ веществъ вполне благоприятные результаты: при расходѣ озона въ количествѣ 3,5 mgr. на 100 куб. сант. жидкости достигалась почти полная стерилизація. Но и изъ этихъ опытовъ Th. Weyl убѣдился, что пропущенный черезъ стерилизаторъ озонъ былъ использованъ лишь въ самомъ незначительномъ количествѣ.

6. Слѣдуетъ упомянуть, что Th. Weyl произвелъ рядъ опытовъ надъ совмѣстнымъ дѣйствіемъ озона и желѣза какъ на сточныя воды, такъ и на воду питьевую, кромѣ того, для сравненія онъ произвелъ опыты совмѣстнаго дѣйствія на воду желѣза и неозонированнаго воздуха. Эти опыты привели къ заключенію, что въ присутствіи желѣза озонированіе и стерилизація какой бы то ни было загрязненной воды идетъ значительно успѣшнѣе.

Если вмѣсто озонированнаго воздуха дѣйствовать на очищаемую воду совмѣстно съ желѣзомъ простымъ воздухомъ (методъ Андерсона), то результаты получаются значительно

худшіе. Одновременное употребленіе для очищенія воды озона и желѣза является полезнымъ, кромѣ стерилизаціи, еще и въ томъ отношеніи, что при этомъ въ наибольшей мѣрѣ уменьшается количество растворенныхъ въ водѣ органическихъ веществъ. Это уменьшеніе составляло:

При примѣненіи одного озона	51%.
» » озона и желѣза	87%.
» » воздуха и желѣза	61%.

Подобные же опыты, произведенные Th. Weyl надъ питьевой водой, выяснили, что въ то время, какъ при дѣйствіи на воду озономъ и желѣзомъ она получалась совершенно стерилизованной, при дѣйствіи на нее желѣзомъ и воздухомъ число бактерій хотя и уменьшалось, но не доводилось до нуля.

Th. Weyl еще не выяснилъ съ увѣренностью, чѣмъ обуславливается благопріятное совмѣстное дѣйствіе на очищаемую воду озона и желѣза, но думаетъ, что тутъ имѣетъ мѣсто образованіе химическаго соединенія желѣза съ озономъ, способнаго убивать бактерій.

Всѣ вышеуказанныя изслѣдованія Th. Weyl носили болѣе лабораторный, чѣмъ промышленный характеръ, хотя его и занимала мысль объ устройствѣ озонированнаго водоснабженія. Эта мысль была осуществлена Siemens & Halske близъ Берлина въ Martinikenfeld и Th. Weyl получилъ возможность произвести изслѣдованія дѣйствія этой водопроводно-стерилизаціонной станціи, на которыхъ мы и остановимся.

Озонированное водоснабженіе въ Мартиникенфельдѣ.

Этотъ первый водопроводъ съ озонированной водой пользуется сильно загрязненной водой изъ р. Шпре. Вода изъ рѣки берется посредствомъ центробѣжнаго насоса и накачивается въ наполненный булыжникомъ резервуаръ, въ которомъ изъ нея удерживаются крупныя примѣси: овощи, тряпки, бумаги, рыбы и т. п. Изъ этого резервуара вода стекаетъ въ пріемный желѣзный резервуаръ, расположенный на 0,5 метра ниже перваго резервуара. — Отсюда вторымъ центробѣжнымъ насосомъ вода накачивается въ колонну высотой въ 4,5 метра,

наполненную мелкимъ булыжнымъ камнемъ. Въ то время, какъ вода въ колоннѣ течетъ по камнямъ сверху внизъ, навстрѣчу ей направляется озонированный воздухъ. Собираясь въ нижней части колонны, озонированная вода поступаетъ затѣмъ въ сѣтъ водопроводныхъ трубъ, расположенную на береговомъ участкѣ земли, принадлежащемъ фирмѣ Сименса и Гальске, и затѣмъ распределяется между принадлежащими этой фирмѣ учрежденіями.

Въ настоящее время это озонированное водоснабженіе переустроено и значительно расширено, но мы должны дать здѣсь описаніе его въ томъ его состояніи, къ которому относились произведенные Th. Weyl опыты.

Водопроводъ былъ устроенъ на подачу 4 куб. метровъ воды въ часъ, что при 20-часовой работѣ составляетъ 80 кубич. метровъ воды въ сутки, чего достаточно для 1.600 человѣкъ при потребленіи по 50 литровъ на человѣка въ день.

Всѣ машины насосной и очистительной станціи этого водопровода приводились въ дѣйствіе электричествомъ.

Такъ какъ вода р. Шпре при своемъ теченіи черезъ Берлинъ очень сильно загрязняется (а для водопровода въ Martini-kenfeld она берется ниже Берлина), то въ виду производства опытовъ было сдѣлано приспособленіе для прибавки къ водѣ р. Шпре воды изъ городского водопровода, дабы можно было получать воду съ желаемой степенью загрязненія, меньшей той, которую имѣетъ рѣчная вода.

Приборы для приготовленія озона употреблялись иной формы, чѣмъ при лабораторныхъ опытахъ, и имѣли видъ плоскихъ плитъ. Th. Weyl не даетъ въ своемъ отчетѣ описанія этихъ приборовъ.

Размѣры приборовъ были таковы, что могли доставлять въ часъ 20 гр. активного озона (O_1), то-есть 60 гр. озона... (O_3). Одинъ klg. активного озона обходился 3,255 марокъ (около 1 р. 62 коп.), что составляетъ за 1 гр. 0,325 пфенига (или 0,16 коп.). При этомъ стоимость работы машинодвигателя считалась 3,1 пфенига (1,55 коп.) за одну лошадиную силу въ часъ. Увеличивая такую стоимость озона на 10%, на погашеніе, Th. Weyl считаетъ, что 1 гр. озона стоитъ 0,358 пфенига (около 0,179 коп.).

Затѣмъ, принимая на основаніи опыта, что для стерилизаціи 1 куб. метра (около 81 ведра) воды, годной для очищенія песчанымъ фильтромъ, требуется затрачивать 1 гр. активного озона (для водъ дурныхъ, не поддающихся очищенію песчаными фильтрами расходъ активного озона слѣдуетъ считать въ 2 гр. на 1 куб. метр.), Th. Weyl выводитъ, что стерилизація 1 куб. метра воды посредствомъ озонированнаго воздуха должна обходиться 0,358 пфенига (около 0,179 коп.), считая въ этомъ числѣ и погашеніе стоимости устройства. На русскій счетъ эта стоимость стерилизаціи воды озономъ составляетъ около **0,22 копейки на 100 ведеръ** воды обыкновеннаго качества. Th. Weyl замѣчаетъ, что при большемъ размѣрѣ предпріятія, гдѣ болѣе возможны всякія улучшенія, эта стоимость должна значительно сократиться потому, что при его изслѣдованіяхъ на водопроводѣ въ Martinikenfeld употреблялось съ пользою не болѣе 30% озона и 70% его уходило бесполезно.

Результаты изслѣдованій надъ озонированіемъ воды на водопроводѣ въ Martinikenfeld Th. Weyl пользовавшійся содѣйствіемъ инженера Фриберга, собрали въ слѣдующей таблицѣ:

Время взятія пробъ.		Число бактерий на 1 куб. сант. воды.		Осталось живыхъ бактерий.	Количество озонированной воды въ часъ.	Количество кислорода на окисленіе растворенныхъ органическихъ веществъ въ 1 литрѣ воды въ миллиграмахъ.	
Мѣсяцъ.	Чис.	Сырой.	Озонирован.	%	Куб. метр.	Сырой.	Озонированной.
1898 г.							
Апрѣля	11	84.400	371	0,4	4,6	8,24	7,36
Апрѣля	5	10.570	440	4,1	2,4	—	—
Марта	29	9.600	220	2,3	3,0	—	—
Апрѣля	8	8 800	40	0,5	4,0	—	—
Апрѣля	8	7.500	11	0,14	3,0	4,32	2,73
Юня	9	7.398	57	0,77	3,6	7,60	6,00
Юня	9	5.832	36	0,61	3,6	7,20	6,00
Юня	9	5.832	84	1,40	3,6	7,20	6,00
Юня	3	4.962	52	1,06	3,6	6,08	5,20
Мая	31	4.182	15	0,36	3,6	—	—
Юня	1	3.954	87	2,20	3,4	5,76	5,28
Мая	29	3.094	109	3,50	3,6	6,24	5,28

На основаніи этихъ результатовъ озонированія воды при водопроводѣ въ Martinikenfeld г. Th. Weyl выводитъ слѣдующія заключенія:

1. Сырую рѣчную воду, содержащую въ себѣ отъ 84.400 до 3.094 бактерій на 1 куб. сант. удастся превратить посредствомъ озона въ бѣдную бактеріями воду. Число бактерій въ озонированной водѣ приблизительно то же, какое мы привыкли видѣть въ сырой водѣ тщательно очищенной фильтрованіемъ черезъ песокъ.

2. Несмотря на краткое соприкосновеніе озона съ водой, она не содержитъ въ себѣ никакого осадка органическихъ веществъ и при истокѣ изъ озонирующей колонны въ водопроводъ не имѣетъ ни запаха, ни вкуса озона. Озонированная вода очень вкусна, окрашена менѣе, чѣмъ сырая вода, и становится прозрачною, если ее перепустить черезъ быстрый фильтръ, напр., изъ кокса или гравія.

Въ заключеніе своего отчета о произведенныхъ изслѣдованіяхъ надъ озонированіемъ воды Th. Weyl приводитъ между прочимъ слѣдующія свои соображенія относительно преимуществъ озонированнаго водоснабженія:

„Послѣ того, какъ удалось при помощи озона изъ сырой воды сравнительно дурного качества, дѣлать воду въ техническомъ смыслѣ свободною отъ бактерій,—методъ обработки воды озономъ можетъ конкурировать съ песчаными фильтрами. Поэтому было бы своевременно подумать, не слѣдуетъ ли стремиться къ устройству озоннаго водоснабженія изъ гигиеническихъ соображеній и не выгодно ли это по причинамъ экономическимъ“.

„Гигиеническія основанія, говоряція въ пользу озоннаго водоснабженія, могутъ быть выражены кратко слѣдующимъ образомъ“:

„Песчаная фильтрація, этотъ до сихъ поръ почти единственный методъ для освобожденія воды отъ бактерій, какъ доказано опытами Фрэнкеля и Пифке, есть способъ, дѣйствующій не вполне надежно и потому—опасный. Если даже песчаный фильтръ работаетъ равномерно, при богатой бактеріями сырой водѣ, зародыши эти всегда проходятъ сквозь фильтръ. Посредствомъ бактериологическаго изслѣдованія фильтрованной воды можно узнать, исправно ли дѣйствуетъ фильтръ, но изслѣдованіе это можетъ быть окончено не ранѣе, какъ черезъ 3 дня, поэтому отъ контроля прежде всего ускользаютъ небольшія отклоненія отъ нормальнаго состоянія поверхности фильтра въ отношеніи образованія на ней фильтрующей илестой пленки, и отклоненія эти возможно бываетъ замѣтить лишь тогда, когда полученная очищенная вода уже израсходована, или когда она уже вызвала эпидемію“.

„При озонированномъ водоснабженіи сложный и опасный песчаный фильтръ замѣняется озонною колонною. Если въ достаточной мѣрѣ озаботились, чтобы каждая частица [воды] приходила въ тѣсное однократное соприкосновеніе съ достаточнымъ количествомъ озона, то смерти не избѣжить ни одинъ живой организмъ,—озонъ представляетъ сильный ядъ для бактерій.—Такимъ образомъ, въ замѣнъ механическаго (?) дѣйствія на воду песчаного фильтра является токсическое (отравляющее) дѣйствіе озонирующей колонны. Относительно же того, что техника, въ настоящее время, въ состояніи при помощи озона производить питьевую воду, по меньшей мѣрѣ равную по качеству водѣ, полученной при помощи песчаной фильтраціи, имѣются достаточныя доказательства какъ въ вышеприведенныхъ опытахъ, такъ и въ наблюденіяхъ Тиндала, Эрменгема и Мармье“.

„Экономическія условія, о чемъ здѣсь слѣдуетъ хотя бы кратко упомянуть, говорятъ въ пользу озоннаго водоснабженія. Для доказательства этого положенія достаточно сравнить стоимость устройства и эксплуатаціи песчаныхъ фильтровъ со стоимостью и издержками, обусловливаемыми приобрѣтеніемъ и эксплуатаціей приборовъ для озонирования воды“.

1. Издержки на приобрѣтеніе земельныхъ участковъ при песчаныхъ фильтрахъ гораздо большія, чѣмъ при озонномъ водоснабженіи. Въ первомъ случаѣ песчаные фильтры требуютъ большой поверхности земли, во второмъ случаѣ постройки производятся въ вышину (колонна), а не въ ширину.

2. Издержки на устройство и содержаніе песчаныхъ фильтровъ уничтожаются или во всякомъ случаѣ сокращаются болѣе, чѣмъ на $\frac{3}{4}$ даже и въ томъ случаѣ, если вытекающая изъ озонирующей колонны вода требуетъ еще улучшенія посредствомъ быстроаго коксового или песчаного фильтра, такъ какъ улучшенная озономъ вода, разумѣется, можетъ фильтроваться гораздо быстрѣе, чѣмъ сырая вода черезъ настоящій песчаный фильтръ.

3. Если въ данномъ мѣстѣ существуетъ центральная электрическая станція, то озонное водоснабженіе съ выгодною можетъ быть присоединено къ этой послѣдней. То, что издержки на устройство и эксплуатацію озоннаго водоснабженія при этомъ значительно сократятся, не требуетъ особыхъ доказательствъ.

„Описанные выше опыты обезпечиваютъ обширное пользованіе озономъ для озонирования поверхностныхъ водъ въ будущемъ для снабженія питьевой водою большихъ городовъ“.

„Можно, даже не впадая въ несвоевременность и преувеличеніе, идти далѣе, и я съ своей стороны не опасаясь утверждать, что техника стерилизаціи воды посредствомъ озона уже въ настоящее время достигла такой степени совершенства, которая обязываетъ изучать методъ озонирования воды каждый городъ, принужденный пользоваться для своего водоснабженія поверхностными водами, прежде чѣмъ рѣшиться обратиться къ дорого стоящей и всегда опасной песчаной фильтраціи“.

Таковы заключенія г. Th. Weyl. Слѣдуетъ замѣтить, что полученные имъ результаты озонирования значительно менѣе совершенны, чѣмъ результаты опытовъ другихъ изслѣдователей,

о которыхъ говорилось выше. Зависѣло это несомнѣнно отъ того, что г. Th. Weyl сдѣлалъ крупную ошибку: онъ озонировалъ воду нефилътрированную, и даже совѣтуетъ въ случаѣ необходимости филътрировать ее послѣ озонированія, тогда какъ всѣми остальными изслѣдованіями выяснено, что слѣдуетъ поступать какъ разъ наоборотъ.

Испытанія д-ра Ohlmüller доказали, что только вода бѣдная органическими веществами прекрасно поддается озонированію, вода же богатая безжизненными органическими веществами поглощаетъ на окисленіе ихъ много озона, отвлекая его отъ дѣйствія на живые организмы. При условіи предварительнаго филътрированія озонированіе воды будетъ одинаково успѣшно, какъ бы велико ни было число содержащихся въ водѣ бактерій, органическая масса которыхъ такъ мала, что не вліяетъ на количество озона необходимаго для стерилизаціи воды.

Изъ всего вышеизложеннаго видно, что до настоящаго времени изслѣдованія надъ озонированіемъ воды были произведены въ связи съ приборами трехъ системъ: прибора Тиндаля, (Шнеллера), съ которыми работали Э. Ванъ-Эрменгемъ, — прибора Абрагама и Мармье, испытанные Лилльской комиссіей, и прибора Сименса и Гальске (Фрѣлиха), съ которыми работалъ Ф. Вейль.

Изслѣдованія надъ двумя послѣдними системами продолжаются и въ настоящее время: станція озонированія Сименса и Гальске въ Мартиникенфельдѣ уже снабжена механическимъ филътромъ Висбаденской системы Крѣнке для предварительнаго филътрированія подлежащей озонированію воды, и проводимая способность ея увеличена до 35 куб. метр. въ сутки.

Въ г. Лиллѣ при Пастеровскомъ институтѣ устроена новая станція для озонированія воды по системѣ Мармье и Абрагама. Она рассчитана на 30 куб. метровъ воды въ сутки и включаетъ въ себѣ колонну діаметромъ въ 1 метръ. Изслѣдованія на ней производятся подъ руководствомъ Директора Лилльскаго Пастеровскаго института д-ра A. Calmette.

Та же система была выставлена на Парижской выставкѣ 1900 года, при чемъ величина приборовъ была рассчитана на

200.000 куб. метровъ (16.000.000 ведеръ) въ сутки. Этотъ экспонатъ былъ удостоенъ высшей награды.

Считая, что изложенныя выше изслѣдованія по вопросу объ озонированіи воды являются прочнымъ основаніемъ для развитія практическаго примѣненія этого способа стерилизаціи рѣчныхъ, поверхностныхъ и грунтовыхъ водъ, назначаемыхъ для водоснабженія, слѣдуетъ стремиться къ прочной практической постановкѣ этого дѣла. Доктора-гигиенисты уже поработали надъ озонированіемъ воды и теперь настала очередь для санитарныхъ инженеровъ поработать надъ этимъ вопросомъ въ отношеніи усовершенствованія приборовъ сообразно съ запросами практики водопроводнаго дѣла.

Предлагая вниманію Пятаго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда этотъ докладъ, я ставлю по нему слѣдующіе тезисы:

1. Научныя основы озонированія воды представляются прочно установленными работами изслѣдователей въ Германіи, Голландіи, Бельгіи и Франціи. Озонированіе, сообщая водѣ стерильность, улучшаетъ всѣ цѣнимыя въ питьевой водѣ качества, а потому и представляется желательнымъ, чтобы процессъ озонированія воды получилъ широкое примѣненіе въ дѣлѣ снабженія городовъ рѣчными и поверхностными водами, не обезпеченными отъ загрязненія и не поддающимися достаточно полному освобожденію отъ бактерій путемъ фильтрованія какими бы то ни было фильтрами.

2. Такъ какъ озонированіе воды можетъ давать одинаково полное уничтоженіе бактерій, какъ бы велико ни было число ихъ, лишь бы вода была прозрачна, то безусловно необходимое предварительное фильтрованіе воды можетъ имѣть цѣлью лишь освѣтленіе воды, а не освобожденіе ея отъ бактерій.

По обсужденіи доклада Пятый Русскій Водопроводный Съѣздъ сдѣлалъ слѣдующее постановленіе.

При современномъ положеніи вопроса объ озонированіи воды представляется желательнымъ, чтобы этотъ способъ очищенія воды былъ испытанъ въ Россіи въ примѣненіи къ дѣлу снабженія городовъ рѣчными и поверхностными водами.
