

О загрязненіи и самоочищеніи рѣкъ.

§ 1. ПОСЛѢДСТВІЯ ЗАГРЯЗНЕНІЯ РѢКЪ.

Съ самыхъ незапамятныхъ временъ рѣки являлись естественными коллекторами для пріема сточныхъ водъ, расположенныхъ на нихъ городовъ, фабрикъ и заводовъ.

Такое положеніе вещей, создающееся въ силу естественныхъ условій, повело къ загрязненію рѣкъ, каковое особенно усилилось въ послѣдней половинѣ прошлаго столѣтія по мѣрѣ роста городовъ и интенсивномъ развитіи промышленности.

Безпрепятственный спускъ сточныхъ водъ въ рѣки для городовъ и фабрикъ всегда представлялся выгоднымъ, такъ какъ онъ уничтожалъ ихъ расходы по очисткѣ сточныхъ водъ. Но, съ другой стороны, загрязненіе рѣкъ нарушало серьезно какъ гигиеническіе, такъ и матеріальные интересы жителей нижележащихъ городовъ и селеній, которые, нерѣдко, заводили съ городами на этой почвѣ судебные процессы.

Посмотримъ теперь болѣе подробно, какой вредъ причиняетъ населенію загрязненіе рѣкъ. Прежде всего, загрязненная сточными водами рѣка не можетъ служить источникомъ водоснабженія для нижележащихъ мѣстностей. Опасность отъ пользованія подобной водой заключается, съ точки зрѣнія гигиены, въ возможности распространенія черезъ воду эпидемическихъ болѣзней. Къ такимъ болѣзнямъ гигиена прежде всего относитъ двѣ болѣзни: брюшной тифъ и холеру, распространеніе которыхъ черезъ воду было доказано для многихъ мѣстностей ¹⁾. Примѣромъ водяной холерной эпидеміи является г. Кіевъ, который въ 1907 году пережилъ серьезную эпидемію, достигшую сильнаго развитія изъ-за зараженія Днѣпровской воды холерными вибрионами. Но, кромѣ этихъ болѣзней, нѣкоторыми учеными приписывается водѣ распространеніе и другихъ болѣзней, возбудители которыхъ легко попадаютъ въ рѣки вмѣстѣ съ экскрементами людей и животныхъ ²⁾.

Между тѣмъ, однимъ изъ весьма распространенныхъ источниковъ водоснабженія являются рѣки, въ особенностяхъ у насъ, въ Россіи, гдѣ населеніе нерѣдко не сознаетъ послѣдствій пользованія для питья водой подобнаго качества. За послѣднее время въ Западной Европѣ сильно выдвинулся вопросъ о

¹⁾ Recherches sur la durée de la vie des microbes pathogènes dans l'eau. Arch. de med. exper. et d'anat. pathol., 1889; Borntrager, Zum Thema Bakteriologie und Wasserversorgung.

²⁾ Loeffler, Die Verbreitung von Krankheiten durch das Wasser, 1896

снабженіи городовъ грунтовой и артезіанской водой и былъ весьма удачно разрѣшенъ для многихъ городовъ Германіи ¹⁾, но и тамъ значительное количество небольшихъ городовъ, селъ и деревень попрежнему пользуется рѣчной водой для водоснабженія.

Но если населеніе городовъ и не пользуется рѣчной водой для питья, тѣмъ не менѣе, оно предпочитаетъ употреблять эту воду, какъ болѣе мягкую, для стирки бѣлья или для какихъ-либо промышленныхъ цѣлей. Кромѣ того, оно можетъ пользоваться рѣчной водой для купанья и для водопоя скота, что при ея загрязненіи не можетъ остаться безразличнымъ для здоровья. Наконецъ, загрязненная рѣчная вода не можетъ не образовать и загрязненнаго льда, что при маломъ распространеніи ледодѣлательныхъ заводовъ также можетъ быть опаснымъ для здоровья.

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что загрязненіе рѣкъ сточными водами является особенно опаснымъ для здоровья судовыхъ командъ, нерѣдко вынужденныхъ пользоваться для питья рѣчной водой.

Кромѣ непосредственной опасности для нашего здоровья, загрязненіе рѣкъ можетъ причинять населенію вредъ и съ матеріальной точки зрѣнія. Прежде всего, загрязненіе водныхъ протоковъ сточными городскими и фабричными водами можетъ причинять огромный вредъ рыбному населенію рѣкъ и тѣмъ самымъ приносить огромные убытки рыболовству и рыбоводству. Въ тѣхъ государствахъ, гдѣ рыба является распространеннымъ пищевымъ продуктомъ, или гдѣ рыболовство является однимъ изъ источниковъ обложенія, загрязненіе сточныхъ водъ можетъ отозваться на благосостояніи населенія и доходахъ казны. Въ видѣ примѣра приведемъ, что у насъ въ Россіи по даннымъ министерства финансовъ, въ 1899 г. ²⁾ насчитывается до 500.000 рыболововъ, которые вылавливаютъ ежегодно до 70.000.000 пудовъ рыбы.

Вредное дѣйствіе сточныхъ водъ на жизнь рыбъ заключается не только въ непосредственномъ введеніи различныхъ ядовъ, какъ это, напримѣръ, имѣетъ мѣсто при спускѣ нефтяныхъ водъ въ рѣки, но, главнымъ образомъ, въ окисленіи попадающихъ въ водные протоки органическихъ веществъ, т.-е. въ потребленіи кислорода, необходимаго для жизни рыбъ. Кромѣ того, на жабрахъ рыбъ могутъ отлагаться частицы грязи, что затрудняетъ процессъ ихъ дыханія.

Въ мѣстностяхъ съ густымъ населеніемъ и очень развитой промышленностью послѣдствія загрязненія сточными водами водныхъ протоковъ такъ сильно сказались, что совершенно исчезла

¹⁾ Лундбергъ. Типичные примѣры снабженія городовъ Западной Европы грунтовой водой.

²⁾ Торгово-промышленная Россія, 1899 г.

всякая рыбная жизнь въ малыхъ и среднихъ рѣкахъ. Прии́ровъ рѣкъ, гдѣ исчезла рыбная жизнь, насчитывается очень много.

Надъ вопросомъ о вредномъ вліяніи сточныхъ водъ на рыбъ работали R. Wagner, Grandeau, König¹⁾, Naselhoff, Dunkan, Weigelt²⁾, проф. Хлопинъ³⁾, д-ръ Никитинъ, Чермакъ⁴⁾, Арнольдъ и др. Изъ этихъ работъ особенно интересны опыты Weigelt, который подтвердилъ, что уменьшеніе въ водѣ протоковъ кислорода послѣ введенія въ нихъ органическихъ веществъ дѣйствительно причиняетъ огромный вредъ рыбамъ. Крайнимъ предѣломъ содержанія кислорода въ 1 литрѣ воды онъ считаетъ для самыхъ устойчивыхъ въ этомъ отношеніи рыбъ (карповъ) 2—3 кб. сант.; иначе говоря, при уменьшеніи въ 2,5—3,5 разъ нормальнаго содержанія кислорода въ водныхъ протокахъ еще возможна жизнь карповъ. Самыми чувствительными къ недостатку кислорода являются форели и лососи, затѣмъ идутъ судаки и окуни, и, наконецъ, самыми нетребовательными являются лини, карпы и караси. Такимъ образомъ, по преобладанію той или иной породы рыбъ можно имѣть извѣстное представленіе о степени загрязненности изслѣдуемой рѣки. Во всякомъ случаѣ, только постоянное нахожденіе рыбъ въ рѣкѣ указываетъ до извѣстной степени на чистоту воды, тогда какъ случайное нахожденіе ихъ можетъ говорить только о приспособляемости рыбъ къ условіямъ водоема. Но при сужденіи о чистотѣ водъ по нахожденію въ ней рыбъ нужно имѣть въ виду, что очень чистая вода бѣдна рыбой, такъ какъ въ ней находится мало для нихъ питательныхъ веществъ. Въ этомъ случаѣ спускъ нѣкоторыхъ количествъ не загнившихъ сточныхъ водъ изъ кухонь, какъ содержащихъ извѣстное количество органическихъ веществъ, можетъ являться весьма желательнымъ⁵⁾.

Кромѣ вреда для рыбной промышленности, загрязненіе водныхъ протоковъ сточными водами является вреднымъ во многихъ другихъ отношеніяхъ. Такъ, въ рѣкахъ легко образуются отмели изъ грязи во всѣхъ тѣхъ пунктахъ ея, гдѣ имѣется недостаточная скорость для передвиженія наносовъ. Къ такимъ пунктамъ прежде всего нужно отнести устья выпускныхъ сточныхъ каналовъ и ливнеотводныхъ трубъ въ тѣхъ случаяхъ, когда концы устьевыхъ и ливнеотводныхъ трубъ не доведены до стержня рѣки, или когда скорость движенія воды въ рѣкѣ меньше ско-

¹⁾ König, Die Verunreinigung der Gewässer, 1899.

²⁾ Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern nebst Beiträgen zur Beurteilung unserer natürlichen Fischgewässer, 1900.

³⁾ Проф. Хлопинъ. Загрязненіе проточныхъ водъ хозяйственными и фабричными отбросами, 1902.

⁴⁾ Вѣстникъ Рыбопромышленности, 1896.

⁵⁾ W. Cronheim. Frisches Abwasser, als Zusatz zu Fischteichen, 1905.

рости движенія сточныхъ водъ въ водосточныхъ каналахъ ¹⁾. Далѣе подобныя явленія легко наблюдаются у низкихъ береговъ, въ изгибахъ и заливахъ рѣки и у выправительныхъ сооружений.

Интенсивность осажденія грязи въ рѣкахъ возрастаетъ по мѣрѣ спада водъ и достигаетъ своего максимума при горизонтѣ самыхъ низкихъ водъ. Едва ли нужно доказывать, что отложенія грязи могутъ причинять непосредственный вредъ для судоходства и вызывать непосредственные расходы на удаленіе грязи землечерпаніемъ.

Грязевыя отмели, содержащія въ своемъ составѣ значительное количество органическихъ веществъ, представляютъ собой такія скопленія, гдѣ могутъ происходить энригично процессы гніенія. Образующіеся при процессахъ гніенія газы (сѣроводородъ, углекислота, болотный газъ) могутъ по мѣрѣ успѣшности ихъ образованія выдѣляться изъ воды и заражать окружающій воздухъ. Подобные процессы усиливаются въ жаркое время года, при горизонтахъ низкаго стоянія водъ, а при вѣтренной погодѣ вонючіе газы могутъ относиться на значительныя разстоянія. Если же эти запахи достигаютъ поселеній, то изъ-за нихъ населеніе прекращаетъ провѣтриваніе своихъ помѣщеній, т.-е. дышитъ испорченнымъ комнатнымъ воздухомъ.

При проникновеніи этихъ газовъ во внутрь жилыхъ домовъ они свой запахъ передаютъ находящейся въ нихъ мебели, платью и пищевымъ продуктамъ, что дѣлаетъ послѣдніе негодными къ употребленію. Еще сильнѣе подобныя явленія оказываются въ тѣхъ участкахъ рѣки, которые, будучи подперты плотинами, использованы для сельскохозяйственныхъ или промышленныхъ цѣлей. Въ этихъ случаяхъ образовавшіеся пруды, въ сущности, представляютъ собой громадныя бассейны съ интенсивнымъ развитіемъ гнилостныхъ процессовъ, такъ какъ здѣсь вслѣдствіе застаиванія отложенія грязи усиливаются. Правда, плотины всегда имѣютъ спускныя трубы, снабжаемыя затворами, для удаленія грязи изъ пруда. Но, такъ какъ съ подобнымъ удаленіемъ грязи связана потеря подпертой скопленной воды, влекущая за собой приостановку въ работѣ водяныхъ двигателей, то къ этой прочисткѣ могутъ прибѣгать часто лишь на многоводныхъ рѣкахъ, гдѣ скопленіе воды происходитъ быстро. Въ водохранилищахъ на рѣкахъ, кромѣ выдѣленія вонючихъ газовъ, замѣчается усиленное произрастаніе различныхъ видовъ водорослей, которыя легко могутъ попадать въ установленныя при плотинахъ турбины и препятствовать ихъ правильному дѣйствію.

Само собой разумѣется, что въ естественныхъ водохранилищахъ-озерахъ также легко образуются отложенія грязи, такъ какъ въ озерахъ вода движется только во время вѣтровъ, бла-

¹⁾ В. Ф. Ивановъ. Канализація населенныхъ мѣстъ.

годаря движенію волнъ. Но при незначительныхъ количествахъ сточныхъ водъ и большемъ объемѣ озеръ вредъ отъ спуска ихъ въ озеръ нѣсколько ослабляется за счетъ потребления рыбами органическихъ веществъ. Тѣмъ не менѣе, если озера являются источниками водоснабженія, спускъ въ нихъ неочищенныхъ водъ долженъ быть устраненъ, какъ это можно видѣть изъ примѣра Чикаго, который, желая получать болѣе чистую воду, выдвинулъ свои водопріемники въ Мичиганскомъ озерѣ на значительное разстояніе отъ берега и прекратилъ спускъ сточныхъ водъ въ это озеро, устроивъ для этой цѣли специальный спускной каналъ къ р. Иллинойсу.

Также далеко не безвреднымъ является загрязненіе морскихъ бухтъ и портовъ, хотя здѣсь имѣются нѣсколько болѣе благоприятныя условія, благодаря дѣйствию приливовъ и отливовъ и энергичной работѣ волнъ. Извѣстны въ литературѣ примѣры г.г. Неаполя и Марселя, которые были вынуждены отвести устья своихъ выводныхъ коллекторовъ на значительное разстояніе отъ города.

Кромѣ того, загрязненіе морскихъ бухтъ приноситъ реальный вредъ морскимъ купаньямъ, гдѣ, естественно, цѣнится чистота морской воды. Примѣромъ такого загрязненія является наша Ялта, гдѣ, вѣроятно, наступитъ скоро моментъ, когда купанье въ Ялтинскомъ порту будетъ воспрещено.

Такимъ образомъ, спускъ сточныхъ водъ въ водные протоки приноситъ человѣчеству серьезный вредъ для здоровья и причиняетъ также значительные матеріальные убытки. Для предотвращенія вредныхъ послѣдствій спуска сточныхъ водъ санитарные инженеры придумали немало способовъ для очистки сточныхъ водъ, описаніе которыхъ не входитъ въ задачи настоящей статьи. Но при ихъ примѣненіи необходимо правильно оцѣнивать то явленіе въ рѣкахъ, которое носитъ въ наукѣ названіе самоочищенія рѣкъ и которое заключается въ способности рѣки на нѣкоторомъ разстояніи отъ начального пункта загрязненія возстановливать свой физическій, химическій и біологическій составъ.

§ 2. ИЗСЛѢДОВАНІЯ ЗАГРЯЗНЕНІЯ И САМООЧИЩЕНІЯ РѢКЪ.

Изученіемъ вопроса о самоочищеніи рѣкъ стали заниматься болѣе полвѣка тому назадъ, причемъ инициатива въ этомъ вопросѣ, какъ и во многихъ другихъ вопросахъ санитарнаго благоустройства, принадлежитъ Англіи, гдѣ были образованы въ 1866—1868 г.г. комиссіи для изученія вопроса о загрязненіи рѣкъ (Rivers Pollution Commissions.) Работы этихъ комиссій, изучившихъ загрязненія рѣкъ Tamise, Lees, Galder, Mersey, Irwell, Darween, показали, что въ этихъ рѣкахъ происходятъ процессы окисленія очень медленно, и что протяженіе изслѣдованныхъ рѣкъ недостаточно для полученія полного эффекта самоочище-

нія рѣкъ. Примѣру Англіи послѣдовали и другія страны континента, гдѣ появился и появляется до настоящаго времени рядъ многочисленныхъ и всестороннихъ изслѣдованій, посвященныхъ вопросу о загрязненіи рѣкъ.

Такъ, въ 1877—1881 г. Hulwa ¹⁾ производилъ изслѣдованіе состава воды р. Одера послѣ спуска въ нее сточныхъ водъ г. Бреславля. Результаты изслѣдованій средняго химическаго состава р. Одера, произведенныхъ Hulwa, показаны въ слѣдующей таблицѣ 1 (цифры обозначаютъ количество веществъ въ миллиграммахъ въ 1 литрѣ воды).

Т а б л и ц а 1.

№	Пункты взятія пробъ воды изъ р. Одера.	Плотный остатокъ.	Потери при прокаливаніи.	Потребленіе марганцево-кислаго калия.	Органич. вещества разсчит. по потребл. КМп О ₄ .	Аммиакъ.	Хлоръ.	Азотъ, кислоти.
1	Ниже г. Ohlau.	155,0	29,0	10,58	52,9	0,07	8,87	1,0
2	У водопров. при вступленіи Одера въ гор. Бреславль.	168,9	37,8	16,66	83,3	0,076	8,78	0,89
3	Непосредств. за устьемъ главнаго отведеннаго коллектора	532,8	179,2	98,25	491,25	10,34	29,76	0,85
4	На разстояніи 9 кил. отъ устья канализационной сѣти у Mas-selwitz.	179,0	43,3	17,19	85,95	0,48	10,411	0,67
5	На разстояніи 14 кил. отъ устья сѣти послѣ впаденія въ Одеръ притоковъ Weide и Weisstritz.	194,0	28,0	23,068	115,34	0,175	11,36	1,50
6	На разстояніи 32 кил. отъ устья сѣти, ниже Dyhernfurth.	185,4	34,2	17,06	85,30	0,154	11,31	1,28

Если судить о загрязненіи рѣки по содержанію въ составѣ ея воды органическихъ веществъ, какъ это дѣлаетъ Hulwa, то можно видѣть изъ этой таблицы, что имѣется рѣзкое загрязненіе у устья канализационной сѣти, которое почти исчезаетъ на разстояніи 9 километровъ съ тѣмъ, чтобы вновь нѣсколько воз-

¹⁾ Franz Hulwa, Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung des Stadt Breslau, Journ. f. Gesbel. und Wasserv., 1883.

расти послѣ впаденія рѣчекъ Weide u. Weistritz и вернуться къ прежнему составу уже на разстояніи 32 километровъ.

Далѣе въ томъ же 1884 г. проф. Fleck ¹⁾ изслѣдовалъ загрязненіе трехъ саксонскихъ рѣкъ (Luppe, Roeder, Wesenitz).

Затѣмъ Durand Claye ²⁾, (1885 г.) изслѣдовалъ загрязненность р. Сены, доказалъ послѣдовательное улучшеніе химическаго состава ея сточныхъ водъ по мѣрѣ удаленія отъ Парижа.

Честъ перваго бактериологическаго изслѣдованія состава рѣки принадлежитъ Frank ³⁾, который въ 1886 году изучилъ рѣки Spree и Navel на протяженіи Берлинъ—Сакровъ (таблица II).

Т а б л и ц а II.

№	Пункты взятія пробъ воды изъ р. Шпрее и Гавеля.	Расстояніе пунктовъ отъ Берлина въ километр.	Колебанія въ числѣ зеро- дыней въ 1 куб. сант.	Среднее число зародышей въ 1 куб. сант.	Средн. потреб- леніе КМп Ои мм/лтр.
1	При вступленіи Шпрее въ Берлинъ у Oberbaum- brücke	—	1900—65000	9000	19,7
2	Мѣстечко Pichelsdorf. . .	33	6300—893000	183000	21,4
3	" Gatow	36	9000—486000	137000	20,4
4	" Cladow	38	2900—650000	131000	20,6
5	" Sacrow	45	1700—296000	10200	19,6

Изъ этой таблицы можно заключить, что для изслѣдован-ныхъ рѣкъ очищеніе съ бактериологической точки зрѣнія достигается въ томъ же пунктѣ Sacrow, что и для очищенія съ химической точки зрѣнія.

Десять лѣтъ спустя (1896 г.), когда уже были уничтожены всѣ спуски сточныхъ водъ въ эти рѣки, было сдѣлано новое химическое и бактериологическое изслѣдованіе состава Spree и Navel г.г. Dirksen u Spitta ⁴⁾, которымъ было установлено, что составъ воды не улучшился; это объяснялось, главнымъ образомъ, увеличеніемъ судоходства и устройствомъ рѣчныхъ портовъ на этихъ рѣкахъ, что даетъ прямая указанія на инныя причины загрязненія рѣкъ, кромѣ устьевъ водостоковъ.

Далѣе слѣдуетъ упомянуть о работахъ по изслѣдованію

¹⁾ Fleck, Selbstreinigung der Luppe, Roeder und Wesenitz jahresbericht der Königl. chem. Zentralstelle in Dresden, 1884.

²⁾ Bechmann, Distributions d'eau et assainissement, 1899.

³⁾ Zeitschrift für Hygiene. 1888.

⁴⁾ Archiv für Hygiene, XXXV.

нять во вниманіе то время, которое должна затратить вода, чтобы пройти разстояніе между изслѣдуемыми пунктами.

4. Пробы воды необходимо брать по нѣсколько разъ въ день, чтобы можно было оцѣнить часовыя колебанія химическаго и бактеріологическаго состава рѣкъ.

5. Необходимо бутылки снабжать соотвѣтственными надписями немедленно послѣ взятія пробъ.

Въ этихъ правилахъ Kruse нельзя не видѣть нѣкоторой попытки упорядочить технику взятія пробъ воды, такъ какъ, въ дѣйствительности, при посредствѣ подобныхъ изслѣдованій нельзя не отмѣтить большія затрудненія, если не полную невозможность точно установить траекторію движенія водяной струи въ рѣкѣ.

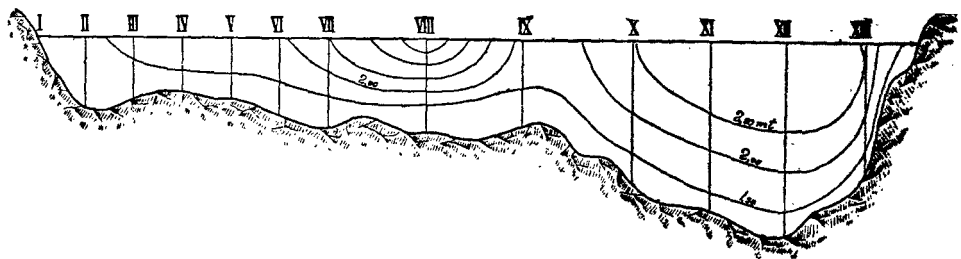
Трудность эта заключается въ неполномъ смѣшеніи рѣчной воды со сточной, въ неравномѣрномъ притокѣ сточныхъ водъ въ рѣки и въ неравномѣрномъ движеніи самой рѣчной воды.

Неполное смѣшеніе рѣчной воды со сточной водой, главнымъ образомъ, происходитъ благодаря недоведенію устьевой трубы канализаціонной сѣти до стрежня рѣки. Это явленіе аналогично подобному явленію, которое замѣчается при впаденіи какого-либо притока въ рѣку: всегда на значительномъ разстояніи отъ пункта слиянія можно замѣтить разницу въ цвѣтѣ воды. Этимъ, конечно, и объясняется разница въ составѣ рѣчной воды на протяженіи любого живого сѣченія, какъ это можно видѣть и изъ чертежа 2.

Неравномѣрность притока сточныхъ водъ въ рѣки не требуетъ доказательствъ и зависитъ отъ характера и колебаній водопотребленія. Колебанія въ количествѣ сточныхъ водъ, разумѣется, обуславливаютъ собой колебанія и въ количествѣ органическихъ веществъ. Такъ, напр., по даннымъ Lubberger'a, для г. Фрейбурга количество органическихъ веществъ въ 1 литрѣ воды измѣняется отъ 30 миллиграммовъ до 250 миллиграммовъ. Неравномѣрность движенія воды рѣкѣ оказываетъ серьезное вліяніе на результаты изслѣдованія состава рѣчной воды. Поэтому при точныхъ изслѣдованіяхъ было бы необходимо раздѣлить живое сѣченіе рѣки вертикалями (черт. 3) и въ каждой вертикали брать пробы на разныхъ глубинахъ для полученія средняго состава воды, при чемъ эти пробы желательно отбирать въ теченіе каждаго часа для оцѣнки часовыхъ колебаній состава воды. Но даже при этихъ сложныхъ приемахъ нельзя добиться полной точности рѣшенія вопроса, такъ какъ движеніе воды въ рѣкѣ представляетъ собой движеніе неустановившееся.

Подобный приемъ ¹⁾ былъ примѣненъ при изслѣдованіяхъ вліянія сточныхъ водъ Дрездена на р. Эльбу. Для производства изслѣдованій въ каждомъ изъ выбранныхъ живыхъ сѣченій было

¹⁾ Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats über die Einleitung der Abwässer Dresdens in die Elbe. Erstattet von Gärtner und Kubner, 1902.



Черт. 3.

намѣчено 12 вертикалей, и въ каждой вертикали въ теченіе часа брались пробы. Такъ какъ изслѣдованіе производилось въ теченіе 14 часовъ, то число пробъ въ каждомъ живомъ сѣченіи было $12 \times 14 = 168$.

Въ Россіи, по даннымъ проф. Хлопина ¹⁾, вопросъ о загрязненіи рѣкъ является мало освѣщеннымъ. Встрѣчающіяся въ литературѣ отдѣльныя изслѣдованія, если не считать изслѣдованій рѣкъ: Невы, Москвы и нѣкоторыхъ др., являются случайными и часто произведенными по совершенно постороннимъ причинамъ практическаго характера, главнымъ образомъ, на почвѣ контрактовъ гор. самоуправленій съ водопров. обществами.

Изъ изслѣдованій, сдѣланныхъ въ Россіи для изученія вопроса о самоочищеніи рѣкъ, слѣдуетъ отмѣтить работу д-ра М. Б. Коцина ²⁾, который производилъ изслѣдованіе химическаго состава воды р. Москвы въ 1867—1889 гг. Эти изслѣдованія выяснили, что самоочищеніе р. Москвы не достигается на разстояніи 20 верстъ отъ города. Затѣмъ безусловный интерес представляетъ произведенное въ 1904—1905 гг. О. Ф. Киркоромъ ³⁾ изслѣдованіе химическаго состава р. Реси и ея притоковъ, загрязненныхъ сточными водами расположенныхъ на нихъ 80 заводовъ (свеклосахарныхъ, винокуренныхъ, медоваренныхъ, сукожныхъ, кожевенныхъ, мыловаренныхъ и пивоваренныхъ).

Наконецъ, нѣкотораго вниманія заслуживаетъ недавно произведенное изслѣдованіе состава р. Дона, предпринятое съ цѣлью изученія вліянія спуска неочищенныхъ сточныхъ водъ изъ канализаціонной сѣти г. Ростова-на-Дону на громадную смертность населенія въ лежащей ниже его станицѣ Гниловской ⁴⁾.

Изъ ознакомленія съ вышеприведенными и многими другими работами, посвященными вопросу о загрязненіи и самоочи-

¹⁾ Проф. Хлопинъ. Загрязненіе проточныхъ водъ, 1902.

²⁾ М. Б. Коцинъ. Изслѣдованіе Москвы-рѣки, 1869.

³⁾ О. Ф. Киркоръ. Матеріалы по вопросу о колебаніяхъ состава рѣчной воды. Химическое изслѣдованіе рѣки Реси 1904—1905 гг.

⁴⁾ О выпускѣ въ рѣку Донъ сточныхъ водъ канализаціи г. Ростова-на-Дону, въ связи съ вопросомъ объ ихъ очищеніи, 1903.

щеніи рѣкъ, можно прійти къ заключенію, что всѣ рѣки обла даютъ способностью возстановливать свой физическій, химическій и біологическій составъ на извѣстномъ разстояніи отъ начального пункта загрязненія, если онѣ имѣютъ при этомъ достаточное протяженіе, и если по ихъ теченію города и заводы расположены на разстояніяхъ большихъ, чѣмъ это требуется для успѣшности процесса самоочищенія рѣки.

§ 3. САМООЧИЩЕНИЕ РѢКЪ.

Процессъ самоочищенія рѣкъ представляетъ собой совокупность цѣлаго ряда сложныхъ процессовъ (механическихъ, физическихъ и біохимическихъ) и заключается въ слѣдующемъ. По мѣрѣ удаленія отъ источника загрязненія, сточныя воды механически осаждаютъ на днѣ рѣки тяжелыя частицы и увлекаютъ при этомъ часть содержащихся въ сточныхъ водахъ бактерій. Одновременно съ этимъ взвѣшенныя частицы измельчиваются по мѣрѣ движенія ихъ въ рѣкѣ и, подвергаясь дѣйствію кислорода воздуха и воды, окисляются и нитрифицируются при помощи бактерій, водорослей и низшихъ организмовъ, совершающихъ свою обычную біологическую работу. Само собой разумѣется, что самоочистительная способность рѣкъ не только различна для разныхъ рѣкъ, но даже и для разныхъ пунктовъ одной и той же рѣки, такъ какъ она зависитъ отъ взаимодѣйствія цѣлаго ряда переменныхъ факторовъ.

Такъ, самоочистительная способность зависитъ:

1. Отъ успѣшности механическаго осажденія взвѣшенныхъ частицъ, содержащихся въ сточныхъ водахъ, въ рѣкѣ, которое, въ свою очередь, зависитъ отъ конфигураціи и режима рѣчныхъ потоковъ (скоростей и расходовъ рѣкъ); также не безъ вліянія на этотъ процессъ остается устройство устья выпускного коллектора, которое должно быть доведено до стрѣжня рѣки.

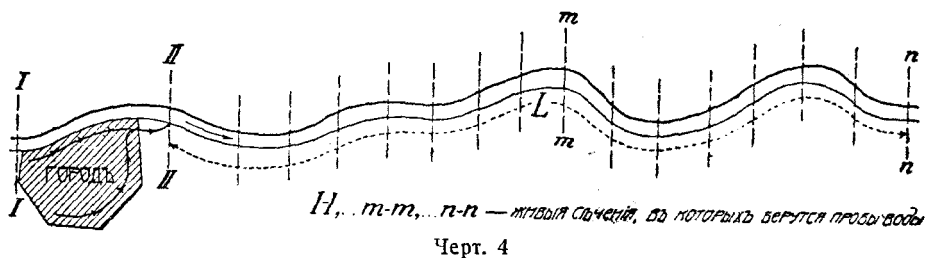
2. Отъ коэффициента разжиженія сточныхъ водъ рѣчными (а), т.-е. отношенія максимальнаго расхода сточныхъ водъ къ расходу рѣки при самомъ низкомъ горизонтѣ.

3. Отъ физическаго, химическаго и біологическаго состава сточныхъ и рѣчныхъ водъ; сопоставленіе анализовъ рѣчной воды до входа ея въ полосу загрязненія и въ любомъ пунктѣ ниже ея даетъ возможность опредѣлить степень загрязненности.

4. Отъ біологической работы бактерій, альгъ и низшихъ растений, выполняющихъ свою обычную роль при процессахъ разложенія, окисленія и нитрификаціи.

5. Отъ температуры рѣчной воды и отъ солнечнаго свѣта, которые оказываютъ вліяніе на біологическую работу бактерій и пр. Такимъ образомъ, если мы возьмемъ за модуль загрязненія рѣки количество кислорода въ миллиграммахъ, необходимаго

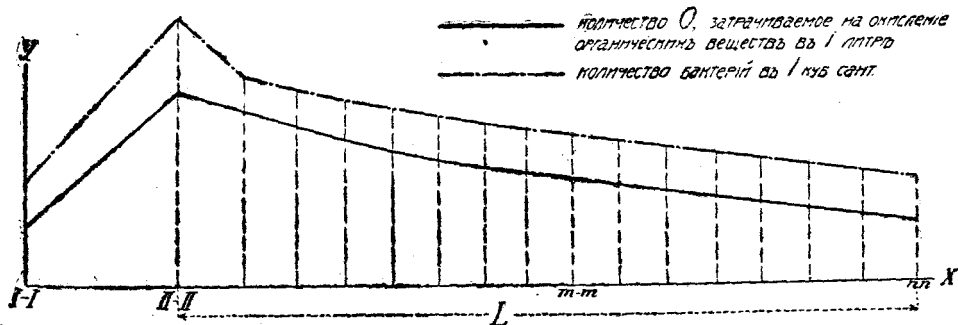
для окисленія органическихъ веществъ, содержащихся въ 1 литрѣ воды, и количество бактерий въ 1 куб. сантиметрѣ, то явленіе самоочищенія рѣки на извѣстномъ протяженіи L можно изобразить графически (черт. 4 и 5).



Черт. 4

Но при изученіи явленія самоочищенія рѣкъ необходимо имѣть въ виду, что одни факторы производятъ лишь видимое самоочищеніе, а другіе—дѣйствительное.

Въ самомъ дѣлѣ, при большомъ разжиженіи сточныхъ водъ рѣчными вслѣдствіе усиленнаго осажденія сравнительно на незначительномъ разстояніи отъ источника загрязненія нельзя будетъ замѣтить потока сточныхъ водъ. Подобное самоочищеніе только кажущееся, такъ какъ осажденный илъ, какъ это указывалось выше, богатъ подверженными гніенію органическими веществами и бактеріями, которыя, по многочисленнымъ изслѣдованіямъ, не утрачиваютъ своей жизнеспособности. Такимъ образомъ, при дѣйстви осажденія происходитъ лишь относительное уменьшеніе въ водѣ загрязняющихъ веществъ и бактерий, не превращая первыхъ въ безразличныя соединенія и не дѣлая вторыхъ безвредными.



Черт. 5.

Наоборотъ, другіе факторы, какъ движеніе рѣчной воды съ опредѣленной скоростью, вызывающее взбалтываніе ея съ воздухомъ, протяженіе рѣкъ, жизнедѣятельность бактерий и водо-

рослей, свѣтъ и температура—обусловливаютъ собой дѣйствительное самоочищеніе рѣки.

Средняя скорость движенія рѣчной воды для успѣшности самоочищенія не должна быть ни мала, ни велика, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ самоочищеніе замедляется. Если скорость ничтожна, то происходитъ болѣе медленное поглощеніе кислорода изъ воздуха, а, слѣдовательно, и болѣе медленное окисленіе органическихъ веществъ, т.-е. для успѣшности самоочищенія потребуется большая длина рѣки. При болѣе же скорости, затрудняются процессы осажденія и взвѣшныя частицы безъ значительныхъ измѣненій проносятся на большую длину.

Впрочемъ, говоря о роли раствореннаго кислорода въ водѣ, нужно имѣть въ виду, что онъ нуженъ не столько для химическихъ процессовъ, сколько для жизнеспособности бактерий и другихъ низшихъ организмовъ.

Изъ низшихъ организмовъ играютъ роль для процессовъ самоочищенія водоросли и альги. Далѣе слѣдуетъ упомянуть о значеніи зеленыхъ водорослей для самоочищенія рѣкъ, установленномъ изслѣдованіями Loewe и Bokorny ¹⁾.

Только общее изученіе всѣхъ этихъ факторовъ въ примѣненіи къ мѣстнымъ условіямъ можетъ дать понятіе о самоочистительной способности изслѣдуемой рѣки, которая, однако, можетъ быть опредѣлена только непосредственнымъ опытомъ.

§ 4. КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗЖИЖЖЕНІЯ И ЗАГРЯЗНЕНІЯ.

Тѣмъ не менѣе, во второй половинѣ прошлаго столѣтія многіе ученые пытались выработать простыя нормы, для рѣшенія вопроса о допустимости сточныхъ водъ въ рѣки. Первая попытка принадлежитъ англичанину Letheby (1867), который находилъ, что въ рѣкахъ послѣ спуска сточныхъ водъ наступитъ самоочищеніе при $\alpha = 1:20$.

Далѣе Rettenkofer ²⁾ считалъ допустимымъ спускъ сточныхъ водъ въ рѣкѣ, если $\alpha = 1:15$ и средняя скорость движенія воды въ рѣкѣ не меньше средней скорости движенія сточной воды въ каналахъ. При примѣненіи этого правила, рѣка съ расходомъ въ 1 куб. мет. въ сек. и при среднемъ потребленіи на человѣка въ часъ въ 8 литровъ могла бы принять сточныя воды отъ $\frac{3600 \times 1000}{120} = 30000$ жителей, тогда какъ по нормамъ Letheby только отъ 22500 жителей.

Fleck ³⁾ на основаніи своихъ опытовъ надъ саксонскими рѣками пришелъ къ заключенію, что въ выраженіе для мормы,

¹⁾ Bokorny, Ueber die organische Ernährung grüner Pflanzen und ihre Bedeutung in der Natur, Biologisches Zentralblatt, 1897.

²⁾ Journ. für Gasb., 1890—1891.

³⁾ XII и XIII Jahresbericht der kgl. chem. Zentralstelle für öff. Gesundheitspflege in Dresden, 1884.

разрѣшающей спускъ сточныхъ водъ въ рѣку, необходимо ввести скорость движенія рѣчной воды, такъ какъ она играетъ въ процессахъ самоочищенія огромную роль: она способствуетъ энергичному перемѣшиванію рѣчной и сточной водъ, способствуетъ распредѣленію плавающихъ и взвѣшенныхъ веществъ на большой длинѣ рѣчного ложа и увеличиваетъ способность рѣчной воды къ поглощенію изъ воздуха кислорода, столь важнаго для окисленія органическихъ веществъ. Формула Fleck'a: $E \leq 10000 qv$, гдѣ E —число жителей, сточныя воды которыхъ могутъ быть спущены въ рѣку, q —секундный расходъ воды въ куб. метрахъ и v —средняя скорость движенія воды въ метр. Для $q=1$ куб. метр., $v=0,5$ — $E=5000$, т.-е. нормы Fleck'a строже нормъ Pettenkofer'a.

Далѣе Baumeister даетъ для E иное выраженіе: $E \leq \frac{Q v}{(1+c) k}$, гдѣ Q —суточный расходъ воды въ куб. метр., v —скорость, c —показываетъ отношеніе между неканализованной и канализованной площадями города, k —коэффициентъ загрязненія, равный по Baumeister'у 5; c при полной канализации города = 1, при ея отсутствіи = 0.

Такимъ образомъ, формула Baumeister'a не разрѣшаетъ спуска сточныхъ водъ ни въ рѣки съ малымъ расходомъ, ни съ медленнымъ теченіемъ.

Врих²⁾, полагая, что при опредѣленіи α слѣдуетъ исходить изъ содержанія свободнаго кислорода въ рѣчной водѣ, даетъ нормы отъ 5 до 15 куб. метр. суточного расхода рѣки на 1 жителя, при чемъ меньшія нормы соотвѣтствуютъ v —скорости теченія въ рѣкѣ, большей 1 метра, большія нормы— v , равной 0,3 мет. средняя норма въ 10 куб. метр. на человѣка соотвѣтствуетъ $v=0,6$ метр. По даннымъ Врихъ, въ рѣку съ расходомъ 1 куб. метра въ секунду можно спустить воды отъ 8640 человѣкъ.

Далѣе Nussbaum³⁾ предлагалъ принимать для α значенія 1:10—1:25 для проточныхъ водъ и 1:200 для стоячихъ.

Наконецъ, Stearns (Америка) давалъ для α значеніе 1:130.

Всѣ вышеприведенныя формулы, устанавливая значеніе коэффициентовъ разжиженія и загрязненія, мало освѣщаютъ другіе факторы, обусловливающіе собой процессъ самоочищенія. Поэтому, естественно, что на эти формулы смотрѣли лишь какъ на весьма приближенный способъ оцѣнки самоочистительной способности рѣкъ, не придавая подобнымъ формуламъ абсолютнаго значенія.

¹⁾ Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, 1892.

²⁾ Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Leipzig, 1894.

³⁾ Nussbaum, Leitfaden der Hygiene, 1902.

§ 5. НОРМЫ ДЛЯ СПУСКА СТОЧНЫХЪ ВОДЪ ВЪ РѢКИ И ИХЪ ОЦѢНКА.

Поэтому одновременно съ разработкой формулъ по разжиженію сточныхъ водъ рѣчными разрабатывался и иной методъ, основанный уже не на самоочищеніи рѣкъ, а на нормировкѣ состава сточныхъ водъ, который считалось возможнымъ допустить въ рѣки безъ опасенія ихъ загрязненія. Самыя старыя нормы (1870) были даны второй Англійской комиссіей по загрязненію рѣкъ, которая считала возможнымъ допустить сточныя воды въ рѣки лишь въ томъ случаѣ, если онѣ не содержатъ въ 1 литрѣ воды болѣе:

а) 30 mgr. минеральныхъ или 10 mgr. органическихъ взвѣшенныхъ веществъ..

b) 20 mgr. связаннаго органическаго углерода.

c) 8 mgr. " " азота.

d) 0,5 mgr. мышьяка.

e) 0,5 mgr. нефти или углеводовъ.

f) 20 mgr. металловъ (за исключеніемъ калия, натрія, кальція и магnezіи).

g) 10 mgr. свободнаго хлора (послѣ окисленія сѣрной кислотой).

h) 10 mgr. сѣры въ формѣ сѣроводорода или растворимаго соединенія съ металломъ или металлоидомъ.

Кромѣ того, сточныя воды не должны были обладать кислотностью выше 2 гр. HCl или щелочностью выше 1 гр. NaOH, а также не имѣть окраски въ бѣломъ фарфоровомъ сосудѣ при толщинѣ слоя воды въ 30 мм.

Разумѣется, проведеніе такихъ нормъ въ жизнь вызвало непреодолимые затрудненія на практикѣ, такъ какъ, съ одной стороны, не представляется возможнымъ выработать какія-либо общія нормы для всѣхъ рѣкъ безъ различія ихъ свойствъ, а, съ другой, техника очистки сточныхъ водъ стояла въ то время на слабой степени развитія.

Этимъ объясняется, что послѣдующій англійскій законъ (1876) уже предписывалъ мѣстнымъ властямъ при разрѣшеніи вопроса о допустимости спуска сточныхъ водъ въ водные потоки принимать во вниманіе и мѣстныя условія.

Также въ 1876 г. былъ въ Англіи изданъ законъ, который уже раздѣлялъ рѣки на двѣ категоріи: рѣки, воды которыхъ являлись источникомъ водоснабженія, и рѣки, изъ которыхъ населеніе не брало воды для питья. Для первой категоріи по этому закону сохранялись нормы 1870 года за малыми изыятіями, а для вторыхъ допускались болѣе льготныя нормы (количество минеральныхъ веществъ увеличилось до 50 милгр., органическихъ до 20 милгр., органическаго азота до 10 милгр., хлора и сѣры до 20 милгр.).

Изданіе подобныхъ нормъ отразилось и на жизни другихъ

государствъ, которые также стремились подражать англійскимъ нормамъ.

Такъ, можно указать: Швейцарію (1886). Великое герцогство Баденское (1882), Эльзась-Лотарингію (1884), и др.

Россія на путь изданія нормъ вступила очень недавно, въ то время, когда уже подобныя нормы были осуждены специалистами. Такъ, въ 1908 году были выработаны довольно строгія мѣры медицинскимъ совѣтомъ ¹⁾, встрѣтившія энергичное осужденіе среди специалистовъ на водопроводныхъ сѣздахъ ²⁾.

Къ выработкѣ подобныхъ нормъ, устанавливающихъ для всѣхъ рѣкъ общія требованія, можно, дѣйствительно, отнести только отрицательно. Прежде всего, рѣки различаются другъ отъ друга по своимъ топографическимъ и гидрологическимъ свойствамъ; далѣе, однѣ изъ нихъ служатъ интересамъ судоходства и являются болѣе или менѣе регулирующими, а другія, наоборотъ, не годятся даже для простого сплава. Затѣмъ, однѣ изъ нихъ служатъ источниками для водоснабженія, другія вслѣдствіе своихъ природныхъ свойствъ (высокая жесткость) не могутъ быть таковыми. Наконецъ, на однѣхъ лежатъ поселенія близко другъ отъ друга, на другихъ же разстоянія между городами измѣряются десятками верстъ. Всѣ эти обстоятельства совершенно не учитываются подобными нормами. Если же коснуться специально русскихъ нормъ, то онѣ покажутся всякому чрезмѣрно строгими, совершенно не считающимися съ реальными условіями въ Россіи. Въ самомъ дѣлѣ, если мы вспомнимъ, съ какими трудностями сопряжена у насъ канализація городовъ и какъ мало городовъ у насъ до настоящаго времени обзавелось канализаціей, то станетъ ясно, что подобныя нормы могутъ лишь затормозить проведеніе въ жизнь канализаціонныхъ устройствъ. Для того, чтобы удовлетворить подобнымъ нормамъ, городамъ пришлось бы примѣнять самые усовершенствованные способы очистки сточныхъ водъ, что, разумѣется, сопряжено съ значительными затратами и поэтому является непосильнымъ для тощихъ гор. бюджетовъ. Между тѣмъ, если мы примемъ во вниманіе, что цѣлый рядъ крупныхъ городовъ расположенъ у мощныхъ рѣкъ (Волги, Днѣпра, Дона), то такія требованія являются излишними и съ санитарной точки зрѣнія. Поэтому, обыкновенно города предпочитаютъ утопать въ собственныхъ нечистотахъ, чѣмъ устраивать канализацію ³⁾, не имѣя средствъ для очистки сточныхъ водъ.

Въ силу сказаннаго, намъ представляется необходимымъ выбирать способъ очистки для даннаго города въ зависимости отъ свойствъ той рѣки, въ которую предназначается выпускъ

¹⁾ П. В. Голубятниковъ. Справочникъ по санитарной Technikѣ.

²⁾ См. Труды IX. Водопроводнаго Сѣзда, выпускъ III.

³⁾ Проф. Хлопкинъ. Матеріалы по оздоровленію городовъ Саратова, Самары, Царицына и Астрахани. 1911.

сточныхъ водъ города, т.-е. необходимо принимать во вниманіе мѣстные условія и по нимъ вырабатывать мѣстные нормы для состава очищенныхъ сточныхъ водъ города.

Дѣйствительно, если рѣка обладаетъ значительной самоочистительной способностью, развѣ не явилось бы вполне достаточнымъ съ санитарной точки зрѣнія удовлетвориться простѣйшей механической очисткой, а не требовать непременно устройства полей орошенія?

Наконецъ, если бы сказался и вредъ при такомъ рѣшеніи вопроса черезъ 10—20 лѣтъ, то существующая механическая станція не должна быть совершенно заброшена при переходѣ на болѣе усовершенствованные способы очистки, а лишь составить необходимое звено въ рядѣ новыхъ сооружений, играя роль сооруженія для предварительной обработки сточныхъ водъ, безъ которыхъ не могутъ обойтись ни поля орошенія, ни біологическія станціи.

Если же возникла бы опасность зараженія рѣки во время эпидемій, то въ этихъ случаяхъ было бы возможнымъ прибѣгать къ полной дезинфекціи сточныхъ водъ, что является возможнымъ и при примѣненіи механической очистки.

Въ заключеніе мы считаемъ нужнымъ указать, что высказываемые нами взгляды вполне согласуются съ положеніемъ этого вопроса въ такой культурной странѣ, какъ Германия, гдѣ спускъ сточныхъ водъ въ рѣки всякій разъ разрѣшается въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

Проф. Вяч. Ивановъ.