

М. В. Феоктистова¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ ГОРОДОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В данной статье рассмотрены устройство и принцип работы очистных сооружений, виды загрязнений сточных вод, приведены предварительные расчёты для проектирования очистных сооружений.

Ключевые слова: водоснабжение, водоочистка, каналы, цикл, сточные воды, загрязнение, канализационная сеть, гигиенические требования, очистные сооружения.

M. V. Feoktistova¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR WATER TREATMENT OF CITIES AND INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. This article discusses the design and operation of treatment facilities, types of wastewater pollution, and provides preliminary calculations for the design of treatment facilities.

Keywords: a water supply, water treatment, channels, cycle, waste water, pollution, sewer network, hygiene requirements, treatment facilities.

Введение

О значении воды в жизни каждого человека и ее роли для бесперебойного функционирования народнохозяйственного механизма можно говорить много. Сознвая ценность воды, дефицит которой ощущается во многих регионах Земли, а в некоторых служит поводом для межгосударственных споров и даже вооруженных конфликтов, люди стараются расходовать ее максимально экономно. Например, шире использовать системы оборотного водоснабжения.

Потребление и использование воды в бытовой и производственной деятельности населения неизбежно приводит к ее обогащению различными элементами. Справедливо подметить, что сколько человек воды потребляет, столько возвращается обратно. Совершенно естественно, что прежде чем вернуть ее в природу, необходимо провести качественную очистку до соответствующих норм предельно допустимой концентрации [1,2].

Процессы водоподготовки – это надежный барьер, защищающий окружающую среду от бесчисленного числа загрязнителей. Качество технической воды для промышленных технологических процессов определяет качество продукции, продолжительность эксплуатации оборудования, расходы на его обслуживание. Качественная водоподготовка технической воды оберегает гидравлические форсунки, мембраны, клапаны, водогрейное оборудование, теплообменники.

Разного рода загрязнения ухудшают качество не только поверхностных вод, а на сегодняшний день в большей степени и подземных вод. Это самый весомый фактор, заставляющий улучшать весь спектр оборудования для обработки воды (подготовки и обработки питьевой, технической воды, сбора и обработки сточных вод и осадков). Указанная проблема актуальна также и для небольших поселков Иркутской области, Республики Бурятии, таких как Северомуйск, Окусикан, Таксимо, Новый Уоян и др., которые расположены на БАМе [3].

Городские и локальные очистные сооружения

Сегодня применяют различные системы обработки воды. Очистка и подготовка воды выполняются с использованием физических (например, магнитная обработка воды), биоло-

гических, химических методов. В данной статье внимание уделяется в основном биологической очистке [4].

Очистные сооружения (ОС) – это набор технологического оборудования, позволяющего очистить сточные воды до установленных нормативных показателей с учетом местных требований. В дальнейшем, возможен сброс осветленных вод в водоем или городскую канализацию на доочистку, которая нужна для очистки, например от кишечной палочки или содержания мышьяка, который попадет в воду из грунтовых вод. Так же, возможен рецикл воды и повторное применение на технические нужды различных предприятий.

На городские ОС приходит смесь бытовых (хозяйственно-фекальных) стоков от населения, производственных стоков от предприятий и ливневых после выпадения осадков или таяния снега.

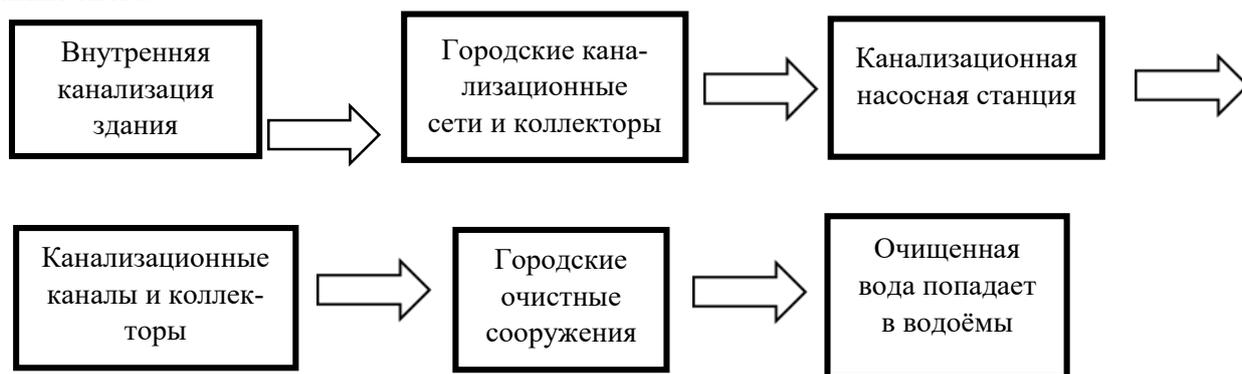


Рис. 1. Схема движения бытовых стоков канализации городов

Локальные ОС устанавливаются на предприятиях, для снятия основного количества загрязняющих веществ в промышленных стоках перед сбросом их в городской коллектор, или перед возвращением обратно в технологический процесс.

Вода загрязняется в результате следующих факторов:

1. от жителей населенных пунктов, персонала предприятий (бытовые или хозяйственно-фекальные сточные воды);
2. при использовании её в технологических целях (производственные);
3. выпадения осадков (дождевые воды) или таяния снега (талые воды).

Расход сточных вод, поступающих на обработку, напрямую зависит от количества жителей. Следовательно, норма водоотведения равна норме водопотребления. Для большого объема жидкости нужны соответствующие емкости и резервуары.

При проектировании канализационных сетей населенного пункта учитывается нагрузка на трубопроводы, которые подбирают из расчета пропускной способности требуемого количества стока. Чтобы не проводить сложный и дорогостоящий монтаж коллекторов очень большого диаметра, в больших городах строятся несколько станций очистки.

Таким образом, мегаполис делится на несколько «городов» (локальных зон), а уже для каждого из них проектируется и строится своя станция очистки.

С точки зрения технологии все стандартно: механическая очистка, отстаивание, биологическая очистка [2,4,5], вторичное отстаивание, обеззараживание. Основная особенность лишь в том, это какой вид имеют сооружения для данных этапов обработки. Из-за снижения количества разбавляемой чистой воды часть ранее построенных сооружений законсервирована или используется в других целях. В этом также заключается особенность устройства ОС: старые каналы песколовки становятся промежуточным резервуаром, коридор аэротенка преобразуется и немного по-другому работает.

И если раньше станция очистки сточных вод была значительно удалена от города, то сейчас располагается вблизи новых жилых комплексов. По той же причине, на подобных ОС устанавливаются распылители, которые выпускают специальные вещества, нейтрализующие запахи стоков.

Классификация загрязнений сточных вод

Бытовые сточные воды (хозяйственно-фекальные) загрязнены веществами минерального, органического и бактериологического происхождения. В повседневной деятельности, мы умываемся, принимаем душ, посещаем туалет, готовим пищу, моем продукты и посуду, стираем белье, убираемся в доме. Сюда же относится работа медицинских учреждений, объектов общественного питания, спортивных залов, санаториев. Примерно 50% загрязнителей наполняют органические составляющие, далее фосфор, азотные группы, жиры, белки, коллоидные примеси.

Наибольшую опасность с санитарной точки зрения представляют органические загрязнения, так как при гниении они выделяют ядовитые газы (сероводород, аммиак, углекислый газ), возникает процесс гниения, зарождаются микробы вызывающие брюшной тиф, дизентерию и другие смертоносные заболевания.

Таблица 1

Классификация загрязнения сточных вод

Сточные воды		
Тип	Вид загрязнения	Способ очистки
Бытовые-хозяйственные	58 % — органика, 42 % — минеральные вещества. Высокое содержание азотсодержащих соединений и фосфатов, жиры, белки, коллоидные примеси. Продукты жизнедеятельности населения, бактерии и микроорганизмы.	Механическая (использование решетки и сита; первичные отстойники песколовки; мембранные элементы) и биологическая (использование септиков, биофильтров, активный ил, анаэробные микроорганизмы).
Производственные	Нефтепродукты, органические красители, фенолы, поверхностно-активные вещества (ПАВ), сульфаты, хлориды и тяжёлые металлы	Механические способы очистки (удаление крупных твердых частиц). Химические методы (реагенты растворяют нерастворимые в воде вещества). Физико-химические (выводятся остатки неорганических веществ, расщепляются органические загрязнения). Биологическая очистка
Дождевые и талые	Минеральные примеси, химические соли, земля, песок	Физико-химическая очистка; сорбция; флотация; центрифугирование; гиперfiltrация; ионообменная, электрохимическая очистка; нейтрализация; эвапорация; экстракция; выпаривание, последующее испарение и кристаллизация.

Расчет очистных сооружений

Создание современной системы очистки сточных вод требует навыка производства инженерных расчетов и конкретного практического опыта. Первым шагом на этом пути является сбор достоверной информации об объекте, на котором образуются стоки. Существенное значение для этого имеет вид отрасли (мясная, молочная, кондитерская, масложировая, переработка овощей и фруктов; кулинарный цех, кафе, ресторан и пр.), так как дает представление об основных видах и источниках загрязнения.

Обычно основными источниками загрязнений являются мойка: сырья (в мясной промышленности) и технологического оборудования. Мощность проектируемого или модернизируемого предприятия и ассортимент продукции дают понимание того, какой объем стоков придет на очистку (существуют отраслевые нормы водопотребления на выработку тонны того или иного продукта). Важнейшее значение имеют, конечно, среднечасовой и среднесуточный объем сточных вод, а также их пиковый объем. И, наконец, направление водоотведения

(куда будет сбрасываться очищенная вода). Этот показатель сразу же определит, кто и каким образом регламентирует допустимый уровень загрязнений в очищенной воде, и, соответственно, цену вопроса. Направлением водоотведения определяется состав необходимого оборудования. При сбросе очищенных стоков в канализационный коллектор вполне возможно обойтись его минимальным набором (грубая очистка и физико-химическая обработка). При сбросе в природный водоем этого совершенно недостаточно, и, соответственно, предопределяет дополнительные затраты на биологическую очистку и доочистку.

Обеспечение требований к качеству очищенных вод требует ежедневного контроля со стороны эксплуатационных служб в отношении не только технического состояния сооружений, но и технологических параметров их работы. Ниже приведены основные технологические параметры работы сооружений биологической очистки сточных вод, реализующих технологии удаления азота и фосфора, и примеры их расчета.

В ходе технологического контроля рассматриваемых ОС рекомендуется определять следующие расчетные параметры:

- 1) нагрузка по поступающим загрязнениям;
- 2) гидравлическое время пребывания сточной воды в сооружении;
- 3) отношение количества питательных веществ, поступающих со сточными водами, к массе микроорганизмов активного ила (нагрузка на активный ил);
- 4) общий возраст активного ила;
- 5) эффективность удаления загрязняющих веществ;
- 6) минимальная требуемая концентрация азота и фосфора в поступающих на биологическую очистку сточных вод.

Таблица 2

Исходные данные

Число жителей города	тыс. чел	N_p	200
Норма водоотведения	л/чел. в сутки	q	290
Расход пром. стоков	тыс. м ³ /сут	$Q_{пр}$	2,2
Концентрация взвешенных веществ	мг/л	C	200
Органическая загрязнённость по БПК	мг/л	БПК	540
Количество работающих аэротэнков	кол-во	N_a	4
Объём аэротэнков	м ³	V_a	9000
Зональность активного ила	%	z	30
Доза активного ила	г/л	x_a	2
Доза избыточного активного ила	г/л	x_w	8
Расход избыточного активного ила.	м ³ /сут	Q_w	700
Концентрация веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод	мг/л	C_ϕ	3
Расход воды (при 95%-ной обеспеченности) в створе реки у места выпуска	м ³ /с	q_p	8,5
Расстояние от места выпуска сточных вод до расчётного створа по течению реки	м	L	120
Средняя скорость течения	м/с	V_{cp}	0,5
Средняя глубина водоёма	м	H_{cp}	3

1) Нагрузка по рассматриваемым загрязнениям M (кг/сут) определяется по формуле [2]:

$$M(C) = \frac{C \times Q}{1000}, \quad (1)$$

где C — концентрация рассматриваемого загрязнения, мг/л или мг/м³; Q — расход сточных вод, поступающих на биологическую очистку, м³/сут.

В свою очередь показатель Q определяется в зависимости от суммарного расхода бытовых и производственных сточных вод:

$$Q = Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}. \quad (2)$$

Среднесуточный расход бытовых сточных вод $Q_{\text{быт}}$ вычисляется как произведение расчетного числа жителей N_p на норму водоотведения q .

$$Q_{\text{быт}} = N_p \times q = 200 \times 290 = 58000 \text{ тыс. м}^3 / \text{сут},$$

$$Q = 58000 + 2,2 = 58002,2 \text{ тыс. м}^3 / \text{сут}.$$

Нагрузку будем рассматривать от концентрации взвешенных веществ (C) и от органической загрязненности БПК (биохимическое потребление кислорода):

$$M(C) = \frac{200 \times 58002,2}{1000} = 11600,66 \text{ тыс. мг} / \text{сут} = 1160 \text{ кг} / \text{сут},$$

$$M(\text{БПК}) = \frac{540 \times 58002,2}{1000} = 31321,188 \text{ тыс. мг} / \text{сут} = 31321,741 \text{ кг} / \text{сут}.$$

2) Гидравлическое время пребывания сточной воды в сооружении представляет собой отношение объема сооружения (V_a) к расходу поступающих в него сточных вод.

Для аэротэнков (резервуар прямоугольного сечения, по которому протекает сточная вода, смешанная с активным илом, где происходит биохимическая очистка сточной воды) гидравлическое время пребывания сточной воды t_{at} (ч) определяется по формуле:

$$t_{at} = \frac{V_a \times N_a}{Q} \times 24 = \frac{9000 \times 4}{58002,2} \times 24 = 14,9 \text{ ч}.$$

3) Нагрузка на активный ил:

$$\frac{F}{M}(C) = \frac{C}{x_a \times (1-z) \times t_a}; \quad (3)$$

где z – зональность ила (30%), доза активного ила $x_a = 2$ г/л.

Нагрузка на активный ил от концентрации взвешенных веществ (C):

$$\frac{F}{M}(C) = \frac{200}{2 \times (1-0,3) \times 14,9} = 9,6 \text{ мг} / \text{г} \cdot \text{час}.$$

Нагрузка на активный ил от органической загрязненности БПК (биохимическое потребление кислорода):

$$\frac{F}{M}(C) = \frac{540}{2 \times (1-0,3) \times 14,9} = 25,9 \text{ мг} / \text{г} \cdot \text{час}.$$

4) Общий возраст активного ила θ (сут) представляет собой отношение количества активного ила, находящегося в системе, к количеству ила, отводимого из системы, и определяется по формуле:

$$\theta = \frac{V_a \times N_a \times x_a}{x_w \times Q_w} = \frac{9000 \times 4 \times 2}{8 \times 700} = 12,6 \text{ сут}. \quad (4)$$

где $x_w = 8$ г/л - доза избыточного активного ила; $Q_w = 700$ м³/сут - расход избыточного активного ила.

5) Эффективность удаления загрязняющих веществ как в целом на канализационных очистных сооружениях, так и на отдельных сооружениях, определяется по формуле:

$$\eta = \frac{C_{cm} - C_{om}}{C_{cm}} \times 100\%, \quad (5)$$

где C_{cm} - концентрация рассматриваемого загрязнения на входе в сооружение, мг/л или мг/м³; C_{om} - концентрация рассматриваемого загрязнения на выходе из сооружения, мг/л или мг/м³;

$C_{om} = r \times \left(\frac{\gamma \times Q}{q_p} + 1 \right) + C_\phi$, где r - разрешенное увеличение содержания загрязняющего вещества в воде водного объекта в расчетном створе, его значение можно найти из табл.3.

В расчётах будем использовать данные из столбца табл. 3, где тип использования-хозяйственно-питьевое.

Таблица 3

Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов

Показатели состава водного объекта	Тип использования			
	санитарно-бытовое		рыбохозяйственное	
	хозяйственно-питьевое	культурно-бытовое	воспроизводство ценных пород рыб	для других рыбохозяйственных целей
Взвешенные вещества мг/л	0,25	0,75	0,25	0,75
БПК мг/л	≤ 3	≤ 6	≤ 3	

γ – коэффициент смещения сточных вод с водой водоёма, куда будут сбрасываться очищенные сточные воды. Коэффициент смещения определяется по полуэмпирической формуле:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{q_p}{Q} e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}, \quad (6)$$

где q_p - расход воды (при 95%-ной обеспеченности) в створе реки у места выпуска $\text{м}^3/\text{с}$; L - расстояние от места выпуска сточных вод до расчётного створа по течению реки, м;

α - коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения: $\alpha = \phi^3 \sqrt{\frac{V_{cp} \times H_{cp}}{200 \times q}}$,

где ϕ - коэффициент извилистости реки, его определим из табл. 4.

Таблица 4

Определение коэффициента извилистости

Типы извилистости русел	Значение коэффициента извилистости
Относительно прямолинейные	<1.1
Очень слабо извилистые	1.10-1.20
Слабо извилистые	1.21-1.40
Умеренно извилистые	1.41-1.60
Извилистые	1.61-1.80
Сильно извилистые	1.81-2.00
Чрезвычайно извилистые	>2.00

Для нашего расчёта условно принимаем, что река слабо извилистая, поэтому $\phi = 1,4$; средняя скорость течения V_{cp} и средняя глубина водоёма H_{cp} известна по исходным данным, поэтому значение коэффициента составило $\alpha \approx 0,134$.

Далее находим значение коэффициента смещения, при расходе $Q = 671,29 \text{ м}^3/\text{с}$:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-0,134 \sqrt[3]{120}}}{1 + \frac{8,5}{671,29} e^{-0,134 \sqrt[3]{120}}} = 0,48.$$

Концентрацию взвешенных веществ и концентрацию БПК на выходе из сооружения находим соответственно:

$$C_{om}(C) = 0,25 \times \left(\frac{0,48 \times 671,29}{8,5} + 1 \right) + 3 = 12,7 \text{ мг / л};$$

$$C_{om}(БПК) = 3 \times \left(\frac{0,48 \times 671,29}{8,5} + 1 \right) + 3 = 119,7 \text{ мг / л}.$$

Найдем эффективность удаления взвешенных веществ и загрязнение БПК:

$$\eta(C) = \frac{300 - 12,7}{300} \times 100\% = 95,8\%;$$

$$\eta(C) = \frac{540 - 119,7}{540} \times 100\% = 77,8\%.$$

б) Для создания рабочих условий роста микроорганизмов в сточной воде должно быть достаточное количество биогенных элементов - азота и фосфора, которые находятся из простого соотношения концентраций БПК:N:P и соответствует 100:5:1.

Из простой пропорции найдём минимальную требуемую концентрацию азота и фосфора в поступающих на биологическую очистку сточных вод:

$$N = \frac{540 \times 5}{100} = 27 \text{ мг / л}; P = \frac{540 \times 1}{100} = 5,4 \text{ мг / л}.$$

Таким образом, были составлены исходные данные для 18 вариантов на основе [2] с учетом дополнений (рис.2). По приведенному выше алгоритму по разработанной программе в Excel представлены на рис. 3 результаты расчетов.

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Технологии водоочистки сточных вод																		
2	Исходные данные																		
3	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4																			
5	Место расположения города (область, край)	Челябинская	Свердловская	Вологодская	Оренбургская	Свердловская	Нижегородская	Тверская	Курганская	Омская	Тюменская	Пермский	Новосибирская	Красноярский	Иркутская	Забайкальский	Тюменская	Татарстан	
6																			
7	Число жителей города, тыс. чел	20	40	65	80	100	130	150	180	200	230	250	30	200	110	60	190	70	
8	Норма водоотведения л/чел. в сутки	200	210	200	230	240	250	250	270	290	300	300	210	270	240	200	270	230	
9	Расход пром. стоков тыс. м3/сут	1,95	4,39	1,5	4,25	5,37	2,59	3,48	2,95	2,2	3,5	5,72	4,86	4,39	2,7	3,5	1,7	4,5	
10	Концентрация взвешенных веществ, мг/л	250	340	300	400	700	150	450	300	200	300	400	750	500	300	650	150	430	
11	Органическая загрязненность по БПК мг/л	300	600	350	520	800	460	800	900	540	200	900	700	950	800	700	460	750	
12	Доза активного ила г/л	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	
13	Количество работающих аэротенков	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	2	4	3	2	4	2	
14	Объём аэротенков	5000	5000	6000	7000	8000	8000	8000	9000	9000	9000	9000	5000	9000	7000	5000	9000	5000	
15	Зональность активного ила, %	25	30	20	30	25	30	20	25	30	25	30	30	20	35	25	30	25	
16	Концентрация веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод	2,5	2,6	2,8	3	2,7	2,1	2,9	2,7	3	2,3	2,5	2,9	2,3	2,7	2,8	2,7	3	
17	Расход воды (при 95%-ной обесш) в створе реки у места выпуска	8,2	8,8	9,3	10	9,5	9	10,6	8,5	8,5	13,6	15,2	8,1	13,6	9,5	9,3	8,5	10	
18	Расст от места вып-ка сточных вод до расчёт створа по теч реки	100	130	140	150	120	110	140	160	120	130	160	150	140	170	180	190	200	
19	Сред скорость течения	0,3	0,34	0,38	0,4	0,46	0,56	0,38	0,47	0,5	0,42	0,33	0,25	0,42	0,48	0,38	0,47	0,4	
20	Средняя глубина водоема	2,1	2,5	3	3,5	3,8	2,7	2,3	3,2	3	4	4,1	2	4	3,8	3	3,2	3,5	

Рис.2. Исходные данные для 18-ти вариантов в Excel

Расчет	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Qбыт	4000	8400	13000	18400	24000	32500	37500	48600	58000	69000	75000	10500	54000	26400	12000	51300	16100	
Нагрузка по пост-загрязнениям	Qd	4001.95	8404.39	13001.50	18404.25	24005.37	32502.59	37503.48	48602.95	58002.20	69003.50	75005.72	10504.86	54004.39	26402.70	12003.50	51301.70	16104.50
M(Cj)	1000.49	2857.49	3900.45	7361.70	16803.76	4875.39	16876.57	14580.89	11600.44	20701.05	30002.29	7878.65	27002.20	7920.81	7802.28	7695.26	6924.94	
M(БПК)	1200.59	5042.63	4550.53	9570.21	19204.30	14951.19	30002.78	43742.66	31321.19	13800.70	67505.15	7353.40	51304.17	21122.16	8402.45	23598.78	12078.38	
гидравлическое время пребывания сточной воды в сооружении	t _{ст}	119.942	57.113	44.30258	36.5133	31.99284	23.62889	20.4781	17.7767	14.896	12.5211	11.51912	45.69314	15.9987	25.451942	39.98834	16.84155	29.805334
нагрузка на активный ил	F/M(Cj)	1.39	4.25	4.23	7.82	14.59	4.53	13.73	11.25	9.59	15.97	24.80	11.72	19.53	9.07	10.84	6.36	9.62
общий возраст активного ила	Θ _{tot}	3.21	3.39	4.29	7.88	9.43	9.86	10.29	16.07	12.86	13.50	14.14	4.11	15.43	9.38	4.64	17.36	5.00
средний возраст активного ила	Θ _а	1.607	1.696	2.143	3.938	4.714	4.929	5.143	8.036	6.429	6.750	7.071	2.054	7.714	4.688	2.321	8.679	2.500
коэф. учит гидр факторы смешения	α	0,1018	0,1098	0,1189	0,1243	0,1362	0,1321	0,1042	0,1344	0,1343	0,1192	0,1069	0,0946	0,1192	0,1362	0,1189	0,1344	0,1243
коэф-т смешения сточи вод с водой водоема	γ	0,29	0,37	0,41	0,44	0,46	0,45	0,40	0,50	0,47	0,44	0,43	0,36	0,44	0,50	0,43	0,52	0,47
коэф. вл. частиц	Сот(C)	3,2	3,9	4,7	5,6	6,3	7,0	7,3	11,3	12,6	9,0	8,8	4,5	7,6	6,9	4,7	12,1	5,4
коэффици. БПК	Сот(БПК)	10,5	17,8	25,9	34,3	45,9	61,4	55,2	105,4	118,0	82,8	78,6	21,9	66,5	53,6	25,2	115,1	32,0
эффективность удал. взвеш. частиц	η(C)	98,7344	98,8622	98,42599	98,5976	99,09973	95,30717	98,3877	96,24717	93,7079	96,9984	97,78862	99,40192	98,4705	97,684899	99,28233	91,95562	98,740261
загрязнения БПК	η(C БПК)	96,5103	97,0296	92,61019	93,4005	94,2597	86,65849	93,1041	88,28868	78,1464	58,6208	91,26151	96,86758	93,0034	93,294548	96,40316	74,9785	95,732998
эффе. удаления загрязняющих веществ	N	15,0	30,0	17,5	26,0	40,0	23,0	40,0	45,0	27,0	10,0	45,0	35,0	47,5	40,0	35,0	23,0	37,5
	P	3	6	3,5	5,2	8	4,6	8	9	5,4	2	9	7	9,5	8	7	4,6	7,5

Рис.3. Результаты расчётов по программе в Excel

Заключение

Тема водоочистки всегда актуальна, так как процессы водоподготовки обеспечивают высокое качество питьевой воды, а оно во многом определяет качество жизни человека и его здоровье. Стремление рационально использовать водные ресурсы, только повышает необходимость совершенствования оборудования для водоподготовки и очистки воды. Технические возможности и экономическая эффективность водоснабжения, водоотведения, обработки промышленных и сточных вод во многом зависят от качества технических устройств обработки воды, применяемых в системах водоподготовки.

В данной работе был отработан алгоритм для предварительного расчёта водоочистных сооружений гипотетического города с заданными параметрами (таблица 2) на основе биологической очистки, который можно в дальнейшем использовать для проектирования очистных сооружений и дальнейшей разработки мероприятий по обеззараживанию воды [6,7,8]. Предложен необходимый минимум параметров (нагрузка по поступающим загрязнениям; нагрузка на активный ил; общий возраст активного ила; эффективность удаления загрязняющих веществ; минимальная требуемая концентрация азота и фосфора) для расчёта биологической очистки сточных вод. По изложенному алгоритму и разработанной программе в Excel были рассчитаны остальные 17 вариантов ОС. Исходные данные и результаты расчетов приводятся на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

В перспективе планируется рассмотрение конкретной задачи с реальным объектом по приведенному алгоритму. В качестве реального объекта предполагается взять водоочистные сооружения, расположенные в районе реки Селенги, в г. Улан-Удэ, в республике Бурятия. Отметим, что только по официальным данным Росводресурса в 2015 году в водные объекты Байкальской природной территории было сброшено более 500 миллионов кубометров. Из них почти 40 – это недостаточно очищенные стоки коммунального хозяйства. Центральной экологической зоне в водные объекты сброшено более 2 миллионов кубометров неочищенных сточных вод. Проверка очистных сооружений в Улан-Удэ показала, что правобережные и левобережные очистные сооружения не обеспечивают должного очистки сточных вод, сбрасываемых в Селенгу. Также лабораторными исследованиями установлено превышение показателей по бактериям, кишечной палочке и обеззараживание от возбудителей паразитарных болезней не проводится. Такие неутешительные новости заставляют задумываться о проблеме очистки воды, и разработкой мер по дополнительному её обеззараживанию.

ОС левого берега Селенги эксплуатируются больше 25 лет без капремонта и реконструкции. Сброс недостаточно очищенных стоков осуществляется в Селенгу.

Представленный в статье подход для предварительного расчета ОС можно использовать при выполнении выпускных квалификационных работ студентами ФСЖД при написании ими раздела «Инженерная деталь» для проектирования водоочистных сооружений небольших поселков и городов, расположенных на территории Восточной Сибири, а также локальных ОС в мегаполисах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевникова А. В. Дезинфекция и водоподготовка. Компания Grundfos, Россия, 109544 Москва. С. 3-28.
2. Николаенко Е. В., Авдин В. В., Сперанский В. С. Проектирование очистных сооружений канализации: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. С. 4-9.
3. Полищук, С.С., Каимов, Е.В., Исаев, С.А. Исследования и оценка обводнённости железнодорожного тоннеля [Текст] / С.С. Полищук, С.А. Исаев, Е.В. Каимов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Десятой международной научно-практической конференции, 21–24 мая 2019 г., Иркутск. – Иркутск: ИрГУПС, 2019 .– Т.1 – С. 516–520.
4. Представительство ГРУНДФОС, Россия, 109544 Москва. Теория и практика систем водоотведения, 2014. С. 82-113.
5. Харьковина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод Волгоград: изд-во «Панорама», 2015.С. 263-345.
6. https://www.profiz.ru/eco/6_2016/o4istka_ras4et/ «Очистка сточных вод от азота и фосфора: эффективная эксплуатация и расчет очистных сооружений».
7. <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieSNiP2040385Proekt.html/> «Пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод»
8. <https://www.agk-eco.ru/statyi/raschet-ochistnyih.html/> «Расчет очистных сооружений».

REFERENCES

1. Kozhevnikova A.V *Dezinfektsiya i vodopodgotovka* [Disinfection and water treatment. Grundfos company], pp. 3–28.
2. Nikolaenko E.V., Avdin V.V., Speransky V.S *Proyektirovaniye ochistnykh sooruzheniy kanalizatsii* [Design of sewage treatment plants], 2006, pp. 4–9
3. Polishchuk, S.S., Kaimov, E.V., Isaev, S.A *Issledovaniya i otsenka obvodnennosti zheleznodorozhnogo tonnelya* [Research and assessment of water cut of the iron-tremble tunnel]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region], 2019, No. 10, pp. 516–520.
4. Representation GRUNDFOS. *Teoriya i praktika sistem vodootvedeniya* [Theory and practice of drainage systems], 2014, pp. 82-113.
5. Kharkina O.V. *Effektivnaya ekspluatatsiya i raschet sooruzheniy biologicheskoy ochistki stochnykh vod* [Efficient operation and calculation of biological wastewater treatment facilities], *Izdatel'stvo Panorama* [Publishing House Panorama], 2015, pp. 263-345.
6. https://www.profiz.ru/eco/6_2016/o4istka_ras4et/ «*Ochistka stochnykh vod ot azota i fosfora: effektivnaya ekspluatatsiya i raschet ochistnykh sooruzheniy*» [Wastewater treatment from nitrogen and phosphorus: efficient operation and calculation of treatment facilities].
7. <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieSNiP2040385Proekt.html/> «*Posobiye k SNiP 2.04.03-85 Proyektirovaniye sooruzheniy dlya ochistki stochnykh vod*» [Guide to SNiP 2.04.03-85 Design of wastewater treatment plants].
8. <https://www.agk-eco.ru/statyi/raschet-ochistnyih.html/> «*Raschet ochistnykh sooruzheniy*». [Calculation of treatment facilities].

Информация об авторах

Феоктистова Маргарита Владимировна - студентка группы СЖД. 1-18-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: bambuk09990@gmail.com.

Authors

Margarita Vladimirovna Feoktistova - student of the railway group 1-18-1, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: bambuk099990@ gmail.com.

Для цитирования

Феоктистова М.В. Технологии и оборудование для водоочистки городов и промышленных предприятий [Электронный ресурс] / М. В. Феоктистова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2020. — №3. — Режим доступа: <http://mnv.ircups.ru/toma/28-20>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 20.05.2020)

For citation

Feoktistova M.V. *Tekhnologii i oborudovanie dlya vodoochistki gorodov i promyshlennyh predpriyatij* [Technologies and equipment for water treatment of cities and industrial enterprises]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 3. [Accessed 20/05/20]