

Факторы, влияющие на эффективность биологической очистки сточных вод

Ю.П. Анисимов¹, Ю.А. Попов²

¹Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулева, 199034, г. Санкт-Петербург, набережная
Макарова д.8

²Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО, 191123, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская д.22

Аннотация: В современном мире с быстрым темпом развития человеческой цивилизации все чаще встает вопрос о негативном техногенном влиянии на экологию в целом и на гидросферу в частности.

С ростом численности и плотности населения увеличивается потребление природных ресурсов, и, как следствие, возрастает нагрузка на существующие инженерные коммуникации, повышаются нормативные требования, в том числе и по экологичности, к вновь создаваемым объектам инженерной инфраструктуры.

Необходимо отметить прямую зависимость численности населения и объемов потребления водных ресурсов, которые постоянно растут, что в свою очередь влечет за собой увеличение количества сточных вод.

С учетом изменений экологического законодательства и повышения требований к качеству очистки сточных вод, отводимых в водные объекты, остро встает вопрос поиска новых методов расчета и создания эксплуатационных моделей канализационных очистных сооружений.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, вторичный отстойник, активный ил, методика расчета.

Основные существующие методы очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях (КОС) можно классифицировать следующим образом:

- механическая очистка;
- биологическая очистка;
- физико-химическая очистка;
- мембранные технологии очистки;
- обеззараживание очищенной сточной воды.

В мировой практике в подавляющем большинстве случаев, ввиду оптимального соотношения цена/качество, применяются КОС, состоящие из

блоков механической очистки, биологической очистки и сооружений обработки осадков сточных вод (см. Рис. 1).



Рис. 1. Вариант схемы очистных сооружений

1 – решетки; 2 – песколовки; 3 – первичные отстойники; 4 – аэротенки; 5 – вторичные отстойники; 6 – песковые площадки; 7 – илоуплотнители; 8 – фильтр-пресс; 9 – вывоз отходов.

В такой компоновке очистных сооружений наиболее важным является блок биологической очистки сточных вод [1, 2].

Первой стадией очистки сточных вод является механическая очистка. Под механической очисткой стоит понимать удаление из сточных вод нерастворимых загрязнений. Это осуществляется с помощью составных элементов (сооружений) КОС, таких как решетки и сита (необходимы для отделения крупных фракций загрязнений), песколовки (необходимы для отделения минеральных примесей, плотность которых намного выше плотности воды) и отстойники (необходимы для отстаивания и удаления нерастворимых загрязнений, плотность которых как выше, так и ниже плотности воды). Эффективность работы сооружений механической очистки зависит от расходов сточных вод и от концентрации в них нерастворимых загрязняющих веществ.

Следующей и основной стадией очистки сточных вод является биологическая очистка. Под биологической очисткой понимается очистка

сточных вод при помощи биоценоза микроорганизмов и бактерий (активный ил). Данный биоценоз использует в качестве питательных веществ органические и неорганические загрязнения, которые находятся в сточных водах. Для организации биологической очистки (см. Рис.2.) на КОС предусматриваются составные элементы (сооружения), такие как аэротенки (необходимы для создания и поддержания комфортных условий жизнедеятельности активного ила) и вторичные отстойники (необходимы для отделения активного ила от очищенных сточных вод путем отстаивания). Качество биологической очистки зависит от многих факторов, в том числе от показателей активного ила: его концентрации, состава и возраста.



Рис. 2. Блок-схема биологической очистки сточных вод

СВ – сточная вода, ОВ – очищенная вода, ОС – осадок, АИ – активный ил

Необходимо отметить, что во многом именно от работы вторичных отстойников зависит качество работы КОС в целом. Именно поэтому при проектировании сооружений очистки сточных вод большое внимание должно уделяться расчету этих сооружений.

Расчет вторичных отстойников в соответствии с нормативной документацией (СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», Москва Стандартинформ 2019) можно представить в виде блок-схемы (см. Рис. 3.).



Рис. 3. Блок-схема расчета вторичных отстойников

1. Расчет гидравлической нагрузки:

$$q_{ssa} = \frac{4.5 * K_{SS} * H_{set}^{0.8}}{(0.1 * J_i * a_i)^{0.5 - 0.01 * a_t}}$$

где:

q_{ssa} – гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 * \text{ч})$;

K_{SS} – коэффициент объемного использования вторичных отстойников, принимается от 0,35 - 0,5;

H_{set} – глубина проточной части до уровня стояния ила, м;

J_i – иловый индекс, $\text{см}^3 / \text{г}$;

a_i – концентрация взвешенных веществ после биоокислителя (аэротенка), принимается не более 15 г/л;

a_t – концентрация взвешенных веществ в очищенной (осветлённой) воде, принимается не менее 10 мг/л;

2. Расчет площади, м^2 :

$$F = \frac{q_w}{q_{ssa}}$$

Где:

q_w – расход сточных вод ($\text{м}^3/\text{ч}$);

3. Расчет количества осадка, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$Q_{mud} = \frac{q_w \cdot (a_i - a_t)}{(100 - \rho_{mud}) \cdot Y_{mud} \cdot 10^4}$$

где:

a_i – концентрация взвешенных веществ в поступающей воде;

a_t – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде;

ρ_{mud} – влажность осадка, %;

Y_{mud} – плотность осадка, $\text{г}/\text{см}^3$;

4. Расчет расхода осветленной (очищенной) воды:

$$Q_o = q_w - Q_{mud}$$

Согласно действующей нормативной документации на территории Российской Федерации (СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения», Москва Стандартинформ 2019) при проектировании и расчете элементов КОС рекомендовано использовать метод математического (эксплуатационного) моделирования. Но на практике, ввиду сложностей, возникающих при разработке указанных моделей, проектные организации не придают этому вопросу должного внимания, а ограничиваются только подбором элементов (блоков) КОС по типовым проектам. Помимо этого, дополнительные трудности на этапе проектирования вызывает прогнозирование режимов подачи воды главной канализационной насосной станцией очистных сооружений, которые зависят не только от производительности системы водоотведения, но и от режимов работы канализационных сетей и сетевых сооружений. Поэтому разработка математических (эксплуатационных) моделей КОС на работу по расчетным расходам (СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения»,

Москва Стандартинформ 2019) в полной мере не отражает их фактическую работу при колебаниях расходов поступающих сточных вод, так как учет неравномерности поступления стоков, изменения количества и качества поступающих загрязнений не осуществляется [3]. Особенно это ярко выражается на моделях сооружений биологической очистки. К факторам, влияющим на качество удаления загрязняющих веществ, помимо указанных выше и учитываемых в применяемых моделях, относятся: конструктивные особенности сооружений, время обработки воды в зонах аэротенков, продолжительность отстаивания во вторичных отстойниках и ряд лимитирующих факторов, таких как количество подаваемого кислорода, доза ила и т.д. При этом важно отметить, что состав активного ила непостоянен и может меняться в зависимости от времени года (см. Рис. 4, 5.), а также внешних факторов, условий эксплуатации КОС и состава очищаемых сточных вод [4 - 10]. Основные факторы и параметры процесса очистки, воздействующие на свойства активного ила, можно представить в виде схемы (см. Рис. 6.).

Проведённые исследования на КОС Санкт-Петербурга показывают значительные отличия в проектных и фактически поданных расходах сточных вод и значений коэффициентов часовой неравномерности. Фактические значения коэффициентов суточной неравномерности и колебания часовых расходов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, приведены на Рис. 7, 8.

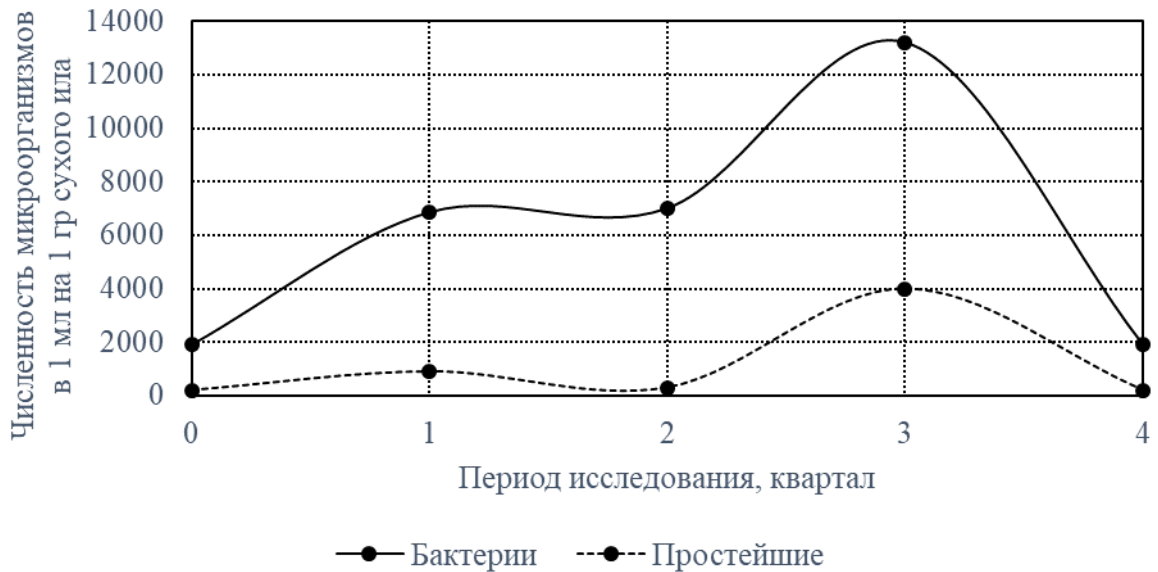


Рис. 4. Годовое изменение численности бактерий и простейших в активном иле на КОС Санкт-Петербурга.

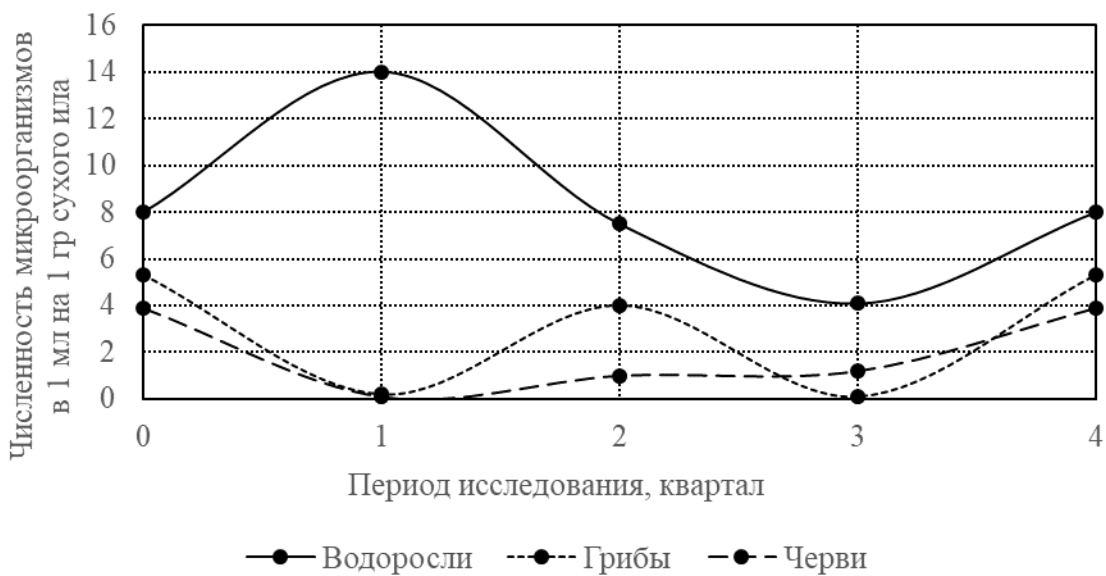


Рис. 5. Годовое изменение численности водорослей, грибов и червей в активном иле на КОС Санкт-Петербурга.

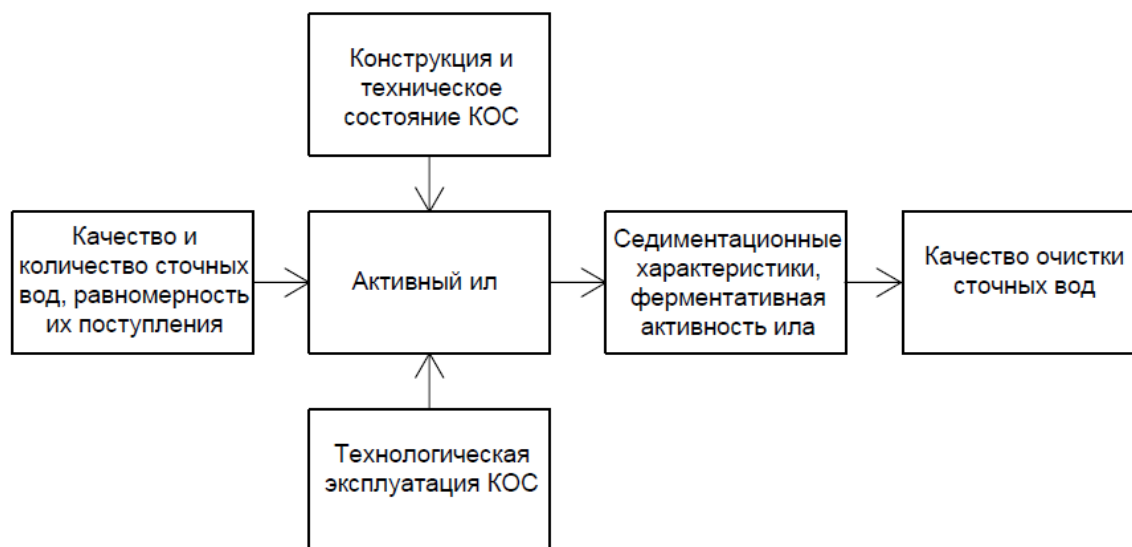


Рис. 6. Основные факторы и параметры процесса очистки сточных вод, воздействующие на биохимические и седиментационные характеристики активного ила

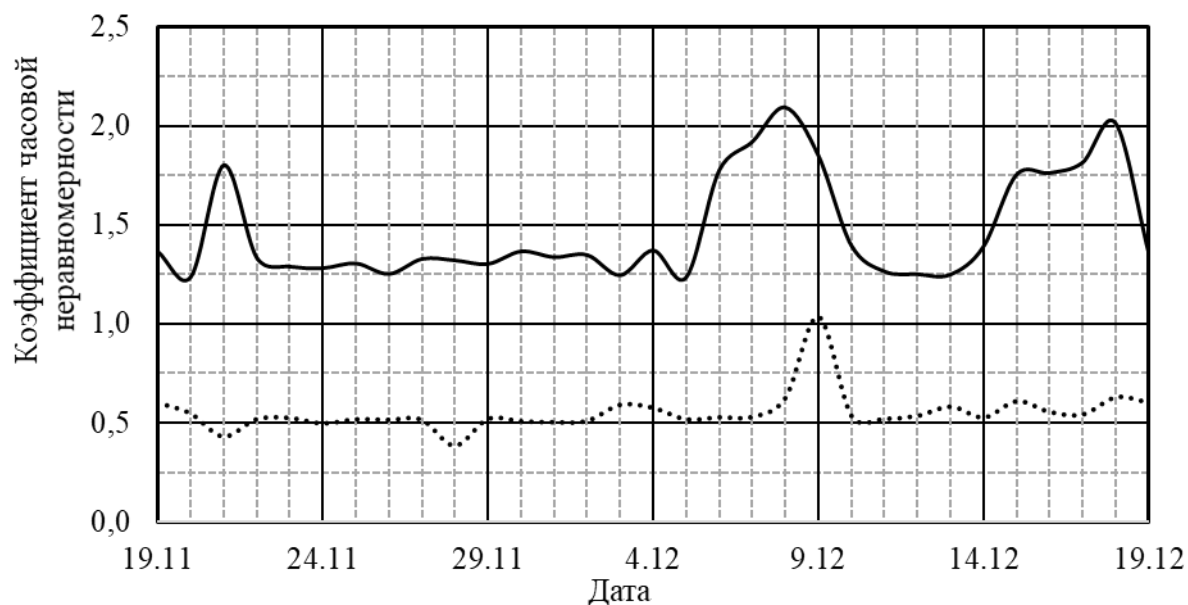


Рис. 7. Результаты исследования фактических значений суточного коэффициента неравномерности притока сточных вод на КОС Санкт-Петербурга:

(—) – максимальный за сутки; (·····) – минимальный

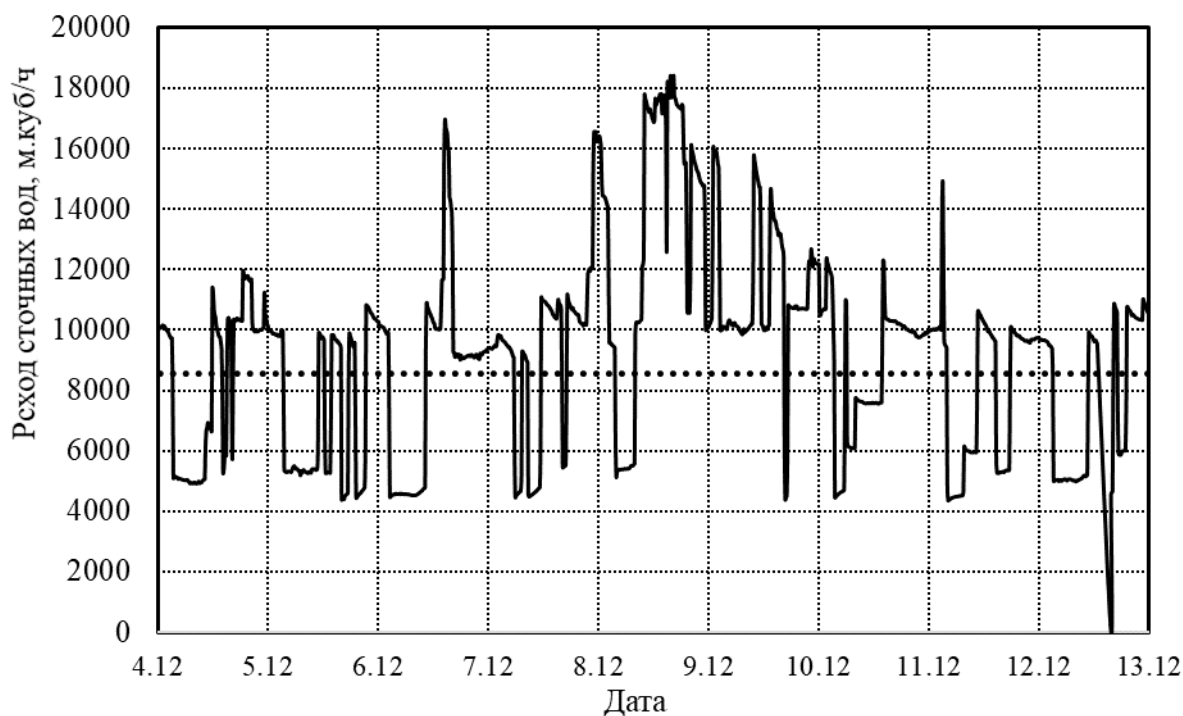


Рис. 8. Расход сточных вод на КОС Санкт-Петербурга
в период с 4.12.20 по 13.12.20???

(—) – фактический; (.....) – средний

Нормативные значения коэффициентов часовой неравномерности для расходов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, находятся в пределах $K_{ч.max} = 1,2 - 1,4$, $K_{ч.min} = 0,4 - 0,6$.

Несоответствие фактических и расчетных значений коэффициентов часовой неравномерности поступления стоков на КОС приводит к нарушениям расчетных режимов эксплуатации КОС и снижению качества удаления загрязнений из стоков.

Для обеспечения требуемых показателей загрязнений на выпуске очищенных сточных вод необходима разработка математических (эксплуатационных) моделей, позволяющих учитывать многофакторность процесса очистки сточных вод, и включающих в себя учет неравномерности

поступления и контроль качества сточных вод, контроль количества и качества активного ила в рециркуляционном потоке и т.д.

Выводы:

1. Существующие методы расчета вторичных отстойников, в соответствии с действующей нормативной документацией и технической литературой, выполняются по параметрам сточной воды на их границах. Оценка их работы осуществляется только по значениям концентраций взвешенных веществ на выпуске сточных вод в объект-приемник.

2. Режимы работы рециркуляционных потоков из вторичного отстойника и внутренних рециркуляционных потоков аэротенков соответствуют только проектным характеристикам. Параметры активного ила в рециркуляционных потоках блока биологической очистки постоянно не контролируются и не корректируются.

3. Соответствие качества очистки сточных вод современным требованиям природоохранного законодательства возможно только при разработке математических (эксплуатационных) моделей всего комплекса сооружений.

Литература

1. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачёв Е.А. Водоотведение. - М.: ИНФРА М, 2007. С.406.

2. Ганичева Л.З., Оценка состояния поверхностных вод в промышленных городах Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1702 рус.

3. Серпокрылов Н. С., Петренко С. Е., Борисова В. Ю. Повышение эффективности и надежности очистки сточных вод на разных стадиях эксплуатации очистных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602

4. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротехниками. - М.: АКВАРОС, 2003. - 507 с.
5. Дрегуло А.М. Диссертация на соискание ученой степени канд. биол. наук «Проблемы эколого-химической детоксикации активного ила и его использование в биологической очистке сточных вод». Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, СПб, 2014. 144 с.
6. Пахомов А.Н., Стрельцов С.А., Козлов М.Н., Харькина О.В., Хамидов, М.Г., Ершов Б.А., Белов, Н.А. Опыт эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора // Водоснабжение и санитарная техника. - 2010. - №10-1. С.35-41.
7. Харькина О.В., Харькин С.В. Проблемы эксплуатации сооружений очистки сточных вод и их решения: вспухание и пенообразование активного ила // Справочник эколога. - 2015. - №2. С.85-96.
8. Харькина О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод. - Волгоград: Панорама, 2015. - 433 с.
9. Henze M., C.PL. Grady Jr., Gujer W., Marais GvR, Matsuo T. Activated sludge model № 1. // IAWQ Scientific and Technical Report. № 1. IAWQ, London, 1987. pp. 1-38.
10. Mathieu S. and Etienne P. Estimation of Wastewater Biodegradable COD Fractions by Combining Respirometric Experiments in Various SO/XO Ratios // Wat. Res. 2000. 34(4).

References

1. Voronov Yu.V., Alekseev E.V., Salomeev V.P., Pugachyov E.A. Vodootvedenie. [Wastewater disposal]. М.: INFRA M, 2007, 406 p.
2. Ganicheva L.Z. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1702.
3. Serpokrylov N. S., Petrenko S. E., Borisova V. Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1602.

4. Zhmur N.S. Teknologicheskie i bioximicheskie processy` ochistki stochny`x vod na sooruzheniyax s ae`rotexnikami. [Technological and biochemical processes of wastewater treatment at facilities with aerotechnics]. M.: AKVAROS, 2003. 507 p.

5. Dregulo A.M. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kand. biol. nauk «Problemy` e`kologo-ximicheskoj detoksikacii aktivnogo ila i ego ispol`zovanie v biologicheskoj ochistke stochny`x vod» [Problems of ecological and chemical detoxification of activated sludge and its use in biological wastewater treatment]. Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j universitet texnologii i dizajna, SPb, 2014.144 p.

6. Paxomov A.N., Strel`czov S.A., Kozlov M.N, Xar`kina O.V., Xamidov M.G., Ershov B.A., Belov, N.A. Vodosnabzhenie i sanitarnaya texnika. 2010. №10-1. Pp.35-41.

7. Xar`kina O.V., Xar`kin S.V. Spravochnik e`kologa. 2015. №2. pp.85-96.

8. Xar`kina O.V. E`ffektivnaya e`kspluatatsiya i raschet sooruzhenij biologicheskoj ochistki stochny`x vod. [Effective operation and calculation of biological wastewater treatment plants]. Volgograd: Panorama, 2015. 433 p.

9. Henze M., C.PL. Grady Jr., Gujer W., Marais GvR, Matsuo T. Activated sludge model №1. IAWQ Scientific and Technical Report. № 1. IAWQ, London, 1987. pp. 1-38.

10. Mathieu S. and Etienne P. Wat. Res. 2000. 34(4)