

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

---

УДК 628.35

**А. Л. ВАСИЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **С. М. ГУСЕЙНОВА**, ст. преп. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; **М. А. ПАТОВА**, доц. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОЗВРАТНЫХ ПОТОКОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87;  
эл. почта: k\_viv@nngasu.ru

*Ключевые слова:* возвратные потоки, очистка сточных вод, загрязнение водных объектов, биологическая очистка, фильтрат, биогенные вещества, загрязнение азотом и фосфором, очистные сооружения.

---

*Рассматриваются вопросы негативного воздействия городских стоков на водные объекты, загрязнение воды биогенными веществами, проведен анализ количественных и качественных характеристик возвратных вод городских очистных сооружений и их влияния на эффективность очистки сточных вод.*

---

На сегодняшний день поступление биогенных элементов, таких как азот и фосфор со сточными водами в водные объекты, является серьезной проблемой, сопровождающейся изменением состояния водных экосистем в связи с процессами эвтрофикации и, как следствие, ухудшением качества природных вод.

Азот и фосфор попадают в природные воды различными способами: разложение организмов, выделения гидробионтов, поступление газообразного азота из атмосферы, но существенное количество азота и фосфора в поверхностные воды поступает в результате человеческой деятельности, с бытовыми, промышленными сточными водами, а также с сельскохозяйственными стоками.

Так, например, загрязнение бассейна р. Волги связано с поступлением сточных вод промышленных предприятий, канализационных систем населенных пунктов и многочисленных сельскохозяйственных объектов. По данным государственных докладов, воды на участках водохранилища у г. Нижний Новгород относятся к категории «грязных» [1]. Выявлено, что основным источником поступления аммонийного и нитритного азота в водоемы в Нижнем Новгороде являются хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды. Также в последние годы наблюдается увеличение среднегодовых концентраций: аммонийного азота до 2 ПДК, нитритного до (3–4) ПДК [1, 2].

В процессе биологической очистки на станциях образуются потоки, которые возвращаются в начало очистных сооружений и могут оказывать влияние на эффективность очистки. Данные обстоятельства определяют актуальность изучения и анализа влияния возвратных потоков на эффективность биологической очистки сточных вод. Более подробное изучение данной темы позволит предложить



альтернативные варианты уже имеющимся традиционным методам очистки сточных вод для более эффективного удаления соединений азота и фосфора.

Анализ влияния возвратных потоков на эффективность биологической очистки сточных вод был проведен на примере очистных сооружений традиционной биологической очистки на территории Нижегородской области.

Сточные воды представляют собой смесь промышленных и хозяйственно-бытовых вод. Промышленные сточные воды составляют около 20 % от общего объема поступающих сточных вод. Они содержат соли тяжелых металлов, нефтепродукты, фенолы и др. загрязнения.

Общая производительность сооружений составляет 1200,0 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, занимают площадь 270 га, строились с (1969–1975) г. (I очередь), с (1979–1990) г. (II очередь).

В настоящее время среднесуточный расход сточных вод составляет 770,6 тыс. м<sup>3</sup>.

Сточные воды представляют собой смесь промышленных и хозяйственно-бытовых вод. Промышленные сточные воды составляют около 20 % от общего объема поступающих сточных вод. Они содержат соли тяжелых металлов, нефтепродукты, фенолы и др. загрязнения.

Поступление городских сточных вод на станцию осуществляется по трем коллекторам. Проходя через приемную камеру, стоки смешиваются и усредняются. Полная биологическая очистка включает следующие основные этапы: механическую очистку, биологическую очистку, доочистку, обработку осадков.

В ходе работы был проведен анализ показателей сточной воды на каждой стадии очистки.

Сбрасываемые сточные воды по всем показателям относятся к категории «низкоконцентрированные» [3].

Характеристика сточных вод на последующих этапах очистки позволяет проследить изменение концентрации таких показателей, как: ХПК, БПК<sub>5</sub>, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион – на каждом этапе очистки сточных вод.

Концентрации БПК<sub>5</sub>, ХПК и взвешенных частиц в сточной воде постепенно снижаются на каждом этапе очистки, концентрация фосфатов после первичных отстойников (этапа осветления) увеличивается на 0,7 мг/дм<sup>3</sup>, но после биологической очистки в аэротенках наблюдается постепенное снижение концентрации (рис. 1, 2).



Рис. 1. Содержание фосфатов на основных этапах очистки сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>



Рис. 2. Значение показателя ХПК на этапах очистки сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>

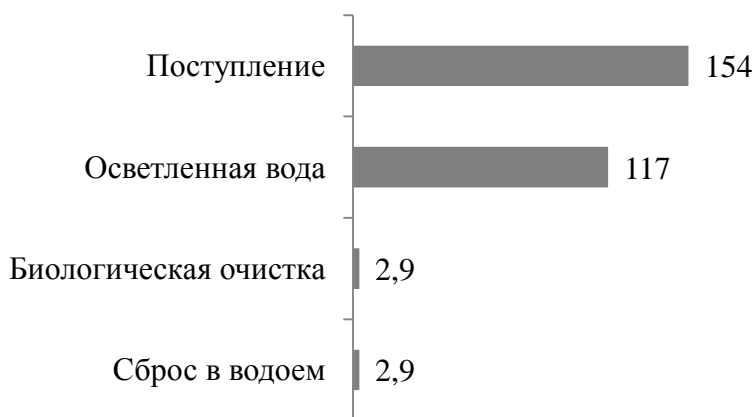


Рис. 3. Значение показателя БПК<sub>5</sub> на основных этапах очистки сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>

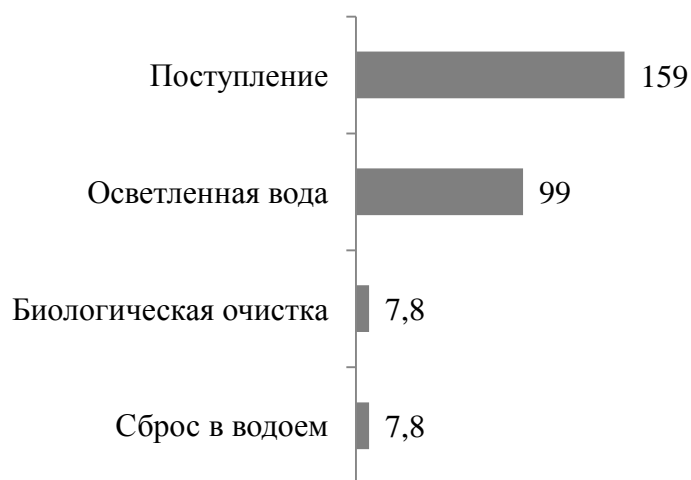


Рис. 4. Содержание взвешенных веществ на основных этапах очистки сточных вод, мг/дм<sup>3</sup>



Таким образом, основная очистка сточных вод от соединений фосфора, ХПК, БПК<sub>5</sub> и взвешенных частиц происходит на аэротенках (рис. 3, 4). Увеличение концентрации фосфатов после этапа осветления (рис.1) указывает на влияние возвратных потоков, которые возвращаются в начало очистных сооружений без очистки.

Характеристика городских сточных вод представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика городских сточных вод (общий поток)**

Месяцы года	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup> при 105 °С	ХПК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	Аммоний-ион, мг/дм <sup>3</sup>	Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
Январь	149	507	180	491	35,01	0,238	0,57
Февраль	121	580	161	562	33,88	0,313	1,35
Март	163	386	152	575	36,08	0,268	1,19
Апрель	220	448	199	519	34,56	0,208	0,92
Май	158	305	128	474	36,69	0,088	0,81
Июнь	137	323	132	533	36,54	0,050	0,48
Июль	131	248	135	545	33,51	0,138	0,38
Август	178	545	132	553	34,58	0,031	0,29
Сентябрь	140	407	159	613	31,83	0,094	0,39
Октябрь	173	324	176	585	35,26	0,161	0,36
Ноябрь	166	379	134	591	39,27	0,161	0,45
Декабрь	170	381	154	648	36,13	0,232	0,39

Эффективность очистки сточных вод имеет следующие показатели:

- эффективность очистки сточных вод от соединений фосфора – 80 %;
- эффективность очистки сточных вод от ХПК – 92 %;
- эффективность очистки сточных вод от БПК<sub>5</sub> – 98 %;
- эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ – 95 %.

Годовые показатели составляют: 154 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> по БПК<sub>5</sub>; 404 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> по ХПК; 35 мг/дм<sup>3</sup> по иону аммония.

В ИТС 10-2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов», приведены характерные диапазоны концентраций загрязнений сточных вод.

Сточные воды, поступающие на очистку, можно считать среднеконцентрированными по таким показателям, как: БПК<sub>5</sub>; ХПК; ион аммония [3].



После прохождения зданий решеток происходит соединение основного потока сточных вод с возвратными водами для повторной очистки. Количество поступающих сточных вод составляет около 250 000 тыс. м<sup>3</sup>, в то время как количество фильтрата за год составляет около 350 тыс. м<sup>3</sup>.

Таким образом, объем поступающих в начало очистных сооружений возвратных потоков составляет 0,14 % от общего объема сточных вод, прошедших очистку на станции.

По характеристике фильтрата, после механического обезвоживания осадка сточных вод и по данным табл. 2, можно судить о степени его загрязнения.

Фильтрат в таком случае является высококонцентрированным по показателю аммоний-ион. В связи с этим, даже с учетом разбавления основным потоком сточных вод, обеспечивается дополнительная нагрузка на очистные сооружения.

Таблица 2

**Результат количественного анализа сточных вод (место отбора проб: канал дренажных вод на участке механического обезвоживания осадка)**

Показатель	Значение
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	140
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	566
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	256
БПК <sub>5</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	42,5
Ион-аммония, мг/дм <sup>3</sup>	213
Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,128
Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	2,62

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать вывод о том, что возврат иловых вод в начало очистных сооружений увеличивает нагрузку на них по органическим и взвешенным веществам, азоту и фосфору, что способствует недостаточно эффективной очистке сточных вод.

Установлено, что на рассматриваемых очистных сооружениях местами образования наиболее высококонцентрированных по азоту и фосфору возвратных потоков является участок механического обезвоживания осадка.

Таким образом, актуальной является задача очистки от фосфора и азота высококонцентрированных возвратных потоков, таких, например, как иловая вода после сбрасывания осадка в метантенках и фильтрат после обезвоживания осадка.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ежегодник 2021. Качество поверхностных вод Российской Федерации / ред. М. М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону : Гидрохимический институт, Росгидромет. – 2022. – URL: <https://gidrohim.com/node/2796>. – Текст : электронный.



2. Ежегодник 2022. Качество поверхностных вод Российской Федерации / ред. М. М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону : Гидрохимический институт, Росгидромет. – 2023. – URL: <https://gidrohim.com/node/2803>. – Текст : электронный.

3. Анализ эффективности биологической очистки городских сточных вод от соединений азота и фосфора / А. Л. Васильев, С. М. Гусейнова, С. А. Луков, Т. Л. Боровкова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2024. – № 1 (69). – С. 70–77.

**VASILEV** Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; **GUSEINOVA** Sayad Muhtarovna, senior teacher of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; **PATOVA** Maria Alexandrovna, associate professor of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

### **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF RETURN FLOWS ON THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER**

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering  
65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-87;  
e-mail: [k\\_viv@nngasu.ru](mailto:k_viv@nngasu.ru)

*Key words:* return flows, wastewater treatment, water pollution, biological treatment, leachate, nutrients, nitrogen and phosphorus pollution, wastewater treatment plants.

---

*The article discusses the negative impact of urban wastewater on water bodies, water pollution with nutrients, analyzes the quantitative and qualitative characteristics of return water from urban wastewater treatment plants and their impact on the efficiency of wastewater treatment.*

---

#### REFERENCES

1. Ezhegodnik 2021. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii [Annual 2021. Quality of surface waters of the Russian Federation] / red. M.M. Trofimchuk. Rostov-na-Don: Gidrokhimicheskiy institut, Rosgidromet. 2022. – URL: <https://gidrohim.com/node/2796>.
2. Ezhegodnik 2022. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii [Annual 2021. Quality of surface waters of the Russian Federation] / red. M.M. Trofimchuk. Rostov-na-Don: Gidrokhimicheskiy institut, Rosgidromet. 2023. – URL: <https://gidrohim.com/node/2803>.
3. Vasilev, A. L. Guseynova S. M., Patova M. A. Analiz effektivnosti biologicheskoy ochildki gorodskikh stochnykh vod ot soedineniy azota i fosfora [Analysis of the effectiveness of biological treatment of urban wastewater from nitrogen and phosphorus compounds] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2024. № 1 (69). P. 70–77.

© А. Л. Васильев, С. М. Гусейнова, М. А. Патова, 2024  
Получено: 11.07.2024 г.