

EDN: **WGAKUM**

УДК 628.3.03

В. С. РОЖКОВ, П. Г. БЕРЁЗА, А. В. ВАЩУКФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В статье рассмотрены недостатки существующего подхода к прогнозированию и расчету концентраций загрязняющих веществ, поступающих от населенных пунктов на сооружения биологической очистки сточных вод. На основании проведенного анализа предложены теоретические и экспериментальные механизмы учета всех возможных факторов, оказывающих влияние на состав сточных вод, поступающих на канализационные очистные сооружения. Для учета поступления поверхностных сточных вод в систему канализации предложено использовать зависимости известного вида с уточнением коэффициентов, зависящих от местных условий. Установлено, что использование бытовых измельчителей оказывает существенное влияние на состав сточных вод, поступающих на биологическую очистку, что предоставляет дополнительные возможности по балансировке качественного состава стока. Для перспективного и эффективного контроля поступления промышленных сточных вод в системы городской канализации предложен оперативный метод измерения окислительно-восстановительного потенциала среды в точках (постах) сброса производственного стока.

Ключевые слова: сточные воды, поверхностные воды, промышленный сток, бытовые измельчители, окислительно-восстановительный потенциал.

ВВЕДЕНИЕ

Сточные воды населенных пунктов являются источником загрязнений природных водоемов, которые в настоящее время претерпевают значительные изменения по качеству воды за счет протекания ускоренной эвтрофикации [1, 2]. Высокое качество очистки сточных вод позволит предотвратить негативные процессы в природных водоемах. На эффективность обработки сточных вод оказывает значительное влияние исходный состав стоков, поступающих на сооружения биологической очистки.

АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ

Большинство (до 70 %) действующих канализационных очистных сооружений (КОС) не соответствуют современным требованиям по удалению органических загрязнений, соединений азота и фосфора [3]. В то же время, вновь строящиеся и реконструируемые КОС рассчитываются на некий усредненный состав поступающих сточных вод. Это приводит к некорректным проектным показателям сооружений биологической очистки, что часто выливается в завышение либо занижение объемов КОС [4]. В настоящее время при отсутствии фактических показателей стока, расчет ведется нормативам сброса загрязнений с одного жителя с учетом нормы водоотведения. Такой подход не учитывает ряд сопутствующих факторов, которые проанализированы в данной работе.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В зависимости от способа транспортировки поверхностных сточных вод на территории населенных пунктов применяют общесплавную, раздельную, неполную раздельную или полураздельную системы водоотведения. Состав сточных, поступающих на очистные сооружения в значительной мере зависит от существующей либо проектируемой схемы системы канализации. Даже при расчете полной раздельной системы канализации, действующие нормативы [5] указывают на необходимость

© В. С. Рожков, П. Г. Берёза, А. В. Ващук, 2023



учета дополнительного притока поверхностных и грунтовых вод, неорганизованно поступающего в самотечные сети канализации через люки колодцев и за счет инфильтрации грунтовых вод. То есть, неорганизованные притоки учитываются только при гидравлическом расчете канализационных коллекторов. Влияние этих процессов на разбавление и изменение состава сточных вод при проектировании очистных сооружений нормативной документацией не учитывается. В то же время, фактическая работа сооружений городской канализации в РФ, даже при полной раздельной схеме, не исключает массовое поступление дополнительных стоков промышленного, атмосферного и дренажного происхождения [6].

Поступление неорганизованного притока в систему городской канализации сильно зависит от времени года и интенсивности выпавших осадков. Дни максимального притока в городскую канализацию – это всегда дни затяжных дождей или интенсивного снеготаяния [3]. При среднегодовой величине неорганизованного дополнительного притока, составляющей обычно до 10 % от общего поступления сточных вод в систему городской канализации, его доля в периоды продолжительных интенсивных дождей возрастает до 25...40 % [6]. Вышеперечисленное является одним из факторов, приводящих к несоответствию состава сточных вод системам очистки и ведущих к невыполнению нормативов работы очистных сооружений [7, 8].

Основную массу веществ, присутствующих в сточных водах, составляют органические соединения и биогенные элементы. В сточной воде присутствуют сотни отдельных веществ, большая часть которых идентифицируется как белки, жиры, углеводы и растворенные вещества. Среди факторов, определяющих состав сточных вод, поступающих на очистку, можно выделить:

- поступление поверхностных сточных вод в систему канализации;
- степень благоустройства жилого фонда поселений;
- величина удельного водопотребления (норма водопотребления);
- состав и количество производственных сточных вод;
- интенсивность инфильтрационных процессов в трубопроводы канализации.

Учет каждого из приведенных факторов позволит более точно спрогнозировать качественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения городской канализации. Это позволит рассчитывать технологические режимы работы КОС как при проектировании, так и при эксплуатации действующих станций.

Для учета фактора поступления поверхностных сточных вод в систему канализации, для города Санкт-Петербурга авторами [9] предложена зависимость вида:

$$\frac{Q_{\text{сум}}}{Q_{\text{сух}}} = \left(\frac{h_a}{h_1} \right)^{n_d}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{сум}}$ – суточный расход смеси хозяйственно-бытовых и инфильтрованных поверхностных стоков в дождь, м³/сут;
 $Q_{\text{сух}}$ – суточный расход сточных вод, поступающих на очистку в сухую погоду, м³/сут;
 h_a – слой осадков, мм/сут;
 h_1 – осадки, не образующие стока (для г. Санкт-Петербурга ~1 мм/сут), мм/сут;
 n_d – безразмерный показатель степени, который предлагается определять по формуле:

$$n_d = A - B \cdot \lg q_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{ср}}$ – средний расход сточных вод в сухой период, л/с;
 A и B – эмпирические коэффициенты, от схемы канализации (общесплавная, раздельная) и местных условий.

В работе [9] определены коэффициенты A и B для общесплавной и раздельной канализации для условий г. Санкт-Петербург. Очевидно, что местные условия других населенных пунктов будут требовать обоснования собственных значений эмпирических коэффициентов в уравнении 2. Следует отметить, что предложенная методика также учитывает фактор инфильтрационных процессов в трубопроводы канализации.

Влияние степени благоустройства жилого фонда населенных пунктов (исключая вопросы, связанные с нормированием) заключается в возможном применении бытовых измельчителей у потребителя [10]. Это влияние, согласно существующим исследованиям [11], заключается в увеличении БПК_{полн} поступающих сточных вод на величину от 17 до 62 % и содержания взвешенных веществ на

1,9...7,1 %. Дополнительные расходы воды на работу бытовых измельчителей при этом возрастают на величину до 2,2 %, что не является значительным увеличением в контексте работы системы канализации. При этом содержание биогенных элементов также претерпевает изменения: общий азот в сточных водах увеличивается на 12...16 %, а содержание фосфора не изменяется [11]. Это объясняется наличием органического азота в продуктах переработки бытовых измельчителей. Согласно литературным источникам [10, 11], прирост активного ила на сооружениях биологической очистки, в случае массового применения бытовых измельчителей, увеличивается на 57...62 %.

Таким образом, использование бытовых измельчителей оказывает существенное влияние на состав сточных вод, поступающих на биологическую очистку. Это предоставляет дополнительные возможности по балансировке качественного состава стока на уровне степени благоустройства жилого фонда.

Фактор величины удельного водопотребления оказывает значительное влияние на качество образующихся стоков. За счет различной степени разбавления технологически нормируемых загрязнений (взвешенные вещества, БПК, ХПК, соединения азота и фосфора) при разной норме водопотребления их концентрации могут варьироваться в пределах 20 % от некоторой усредненной нормы.

Это связано с тем, что количество загрязнений от одного жителя в общем случае согласно [3] остается неизменным. Указанное количество загрязнений и концентрации для различных норм водопотребления приведено в таблице.

Таблица – Удельное количество загрязняющих веществ, поступающих от одного жителя, и концентрация в сточной жидкости

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут	Концентрация загрязнений в сточной воде, г/м ³ при норме водоотведения:		
		70	120	180
Взвешенные вещества	65,00	928,6	541,7	361,1
БПК ₅ неосветленной жидкости	60,00	857,1	500,0	333,3
Азот общий	13,00	185,7	108,3	72,2
Азот аммонийных солей	10,5	150,0	87,5	58,3
Фосфор общий	2,5	35,7	20,8	13,9
Фосфор фосфатов P-PO ₄	1,5	21,4	12,5	8,3

В таблице расчеты выполнены исходя из норм расхода воды для различных типов водопотребителей жилого фонда согласно действующего СП 30.13330.2020. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, в зависимости от нормы водопотребления, могут колебаться в значительных пределах, что нужно учитывать при прогнозировании состава стока на входе в очистные сооружения.

Промышленные предприятия, сбрасывающие сточные воды в канализационные системы населенных пунктов, оказывают значительное влияние на состав стоков, поступающих на КОС. В этом случае сточные воды могут содержать специфические загрязнения, не характерные для хозяйственно-бытового стока [12]. В распространенной практике работы систем водоотведения, предприятия ВКХ устанавливают нормативы максимально допустимых концентраций для сброса сточных вод в сети хозяйственно-бытовой канализации [3]. Данные нормативы не учитывают необходимые для биологической очистки соотношения органических веществ и биогенных элементов (БПК:N:P), что также может вести к разбалансировке работы КОС. Основным аспектом приема промышленного стока на городские очистные сооружения, на наш взгляд, является его прогнозируемость.

Большую проблему представляют несанкционированные сбросы от промышленных предприятий: как в части не учитываемых расходов жидкости, так и превышенных концентраций загрязнений [13]. Этот вопрос усложняется длительностью и трудоемкостью классического анализа состава стока, либо дороговизной оперативного контроля. Упростить контроль такого рода можно за счет оперативного измерения окислительно-восстановительного потенциала сточных вод в точках (постах) сброса производственного стока. С учетом разнообразия и особенностей технологических циклов предприятий, состав сточных вод также весьма разнообразен и характеризуется различными значениями ОВП (Eh) [14]. В случае резких колебаний Eh, это может указать предприятию ВКХ и контролирующим органам на факте санкционированного сброса таких вод в систему канализации. При этом следует учитывать возможное поступление поверхностных вод в соответствии с формулами 1–2.

ВЫВОДЫ

1. Существующий подход к прогнозированию и расчету концентраций загрязняющих веществ, поступающих от населенных пунктов на сооружения биологической очистки сточных вод, является не совершенным, поскольку не учитывает ряд факторов: естественных и антропогенных.

2. На основании проведенного анализа предложены теоретические и экспериментальные механизмы учета всех возможных факторов, оказывающих влияние на состав сточных вод, поступающих на канализационные очистные сооружения.

3. Перспективным и эффективным методом контроля поступления промышленных сточных вод в системы городской канализации может стать оперативный контроль окислительно-восстановительного потенциала среды в точках (постах) сброса производственного стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Smith, V. H. Eutrophication science: Where do we go from here? / V. H. Smith, D. W. Schindler. – Текст : непосредственный // Trends Ecol. Evol. – 2009. – Volume 24. – P. 201–207.
2. Васильева, М. В. Влияние сточных вод на водные объекты в Воронежской области / М. В. Васильева, А. А. Натарова. – Текст : электронный // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2016. – Том 1, № 7–1. – С. 141–145. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-stochnyh-vod-na-vodnye-obekty-v-voronezhskoy-oblasti> (дата обращения: 12.11.2022).
3. ИТС 10-2019. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов = Communal waste water treatment using urban centralized systems : утвержден приказом Росстандарта от 12 декабря 2019 г. N 2981 : дата введения 2020-09-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Бюро НДТ, 2019. – 416 с. – Текст : непосредственный.
4. Данилович, Д. А. Проектирование очистных сооружений канализации: как избежать негативного опыта / Д. А. Данилович. – Текст : непосредственный // НДТ. – 2018. – № 1. – С. 36–45.
5. СП 32.13330.2018. «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения» : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25 декабря 2018 г. N 860/пр : дата введения 2018-12-25 / исполнитель Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН). – Москва : Минстрой России, 2018. – 133 с. – URL: – <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/df7/SP-32.13330.2018.pdf> (дата обращения: 06.05.2023). – Текст : электронный.
6. Дубовик, О. С. Совершенствование биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора в условиях каскадной денитрификации / О. С. Дубовик, Р. М. Маркевич, К. В. Антонов. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 2. – С. 19–23.
7. Воробьева, В. С. Анализ систем ливневой и бытовой канализации: технические, организационные и экономические аспекты / В. С. Воробьева, Г. В. Истратова. – Текст : непосредственный // Отходы и ресурсы. – 2018. – Том 5, № 3. – С. 2.
8. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году : государственный доклад. – Москва : Минприроды России ; НИА-Природа. – 2017. – 760 с. – Текст : непосредственный.
9. Соловьева, Е. А. Методика определения расчетных показателей расхода и состава сточных вод / Е. А. Соловьева, Б. Г. Мишуков. – Текст : непосредственный // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 3(44). – С. 194–200.
10. Galil, N. I. Integrated solid waste systems including domestic garbage disposers / N. I. Galil, L. Yaacov. – Текст : непосредственный // Water Science and Technology. – 2001. – Volume 44. – P. 27–34.
11. Marashlian, N. The effect of food waste disposers on municipal waste and wastewater management / N. Marashlian, M. El-Fadel. – Текст : непосредственный // Waste Manage Res. – 2005. – Volume 23. – P. 20–31.
12. Крылова, Л. А. Анализ водопользователей и мониторинг сброса промышленных стоков в канализацию города / Л. А. Крылова, О. В. Яковлева, М. И. Морозенко. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12. – С. 149–154.
13. Мониторинг сброса промышленных стоков и их влияние на эффективность работы очистных сооружений г. Калуги / Л. А. Крылова, О. В. Яковлева, С. С. Стрельченко [и др.]. – Текст : непосредственный // Научные технологии. – 2017. – Том 18, № 10. – С. 43–48.
14. Chemical Oxidation Applications for Industrial Wastewaters / O. Tünay, I. Kabdaşlı, I. Arslan-Alaton, T. Ölmez-Hancı. – London : Published by IWA Publishing, 2010. – ISBN 9781843393078. – 362 p. – Текст : непосредственный.

Получена 20.09.2023

Принята 27.10.2023

В. С. РОЖКОВ, П. Г. БЕРЕЗА, О. В. ВАЩУК
ВПЛИВ ПРИРОДНИХ І АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА СКЛАД
МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», Російська Федерація, Донецька Народна Республіка, м. о. Макіївський, м. Макіївка

Анотація. У статті розглянуто недоліки існуючого підходу до прогнозування та розрахунку концентрацій забруднюючих речовин, що надходять від населених пунктів на спорудження біологічного очищення стічних вод. На підставі проведеного аналізу запропоновано теоретичні та експериментальні механізми обліку всіх можливих факторів, що впливають на склад стічних вод, що надходять на каналізаційні очисні споруди. Для врахування надходження поверхневих стічних вод у систему каналізації запропоновано використовувати залежність від відомого виду з уточненням коефіцієнтів, що залежать від місцевих умов. Встановлено, що використання побутових подрібнювачів істотно впливає на склад стічних вод, що надходять на біологічне очищення, що надає додаткові можливості щодо балансування якісного складу стоку. Для перспективного та ефективного контролю надходження промислових стічних вод у системи міської каналізації запропоновано оперативний метод вимірювання окисно-відновного потенціалу середовища у точках (постах) скидання виробничого стоку.

Ключові слова: стічні води, поверхневі води, промисловий стік, побутові подрібнювачі, окислювально-відновлювальний потенціал.

VITALIY ROZHKOVA, PAVEL BEREZA, OLEKSANDR VASHCHUK
INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE
COMPOSITION OF URBAN WASTEWATER

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Makeevka

Abstract. The article discusses the shortcomings of the existing approach to forecasting and calculating the concentrations of pollutants coming from settlements to biological wastewater treatment facilities. Based on the analysis carried out, theoretical and experimental mechanisms are proposed for taking into account all possible factors that affect the composition of wastewater entering the sewage treatment plant. To account for the inflow of surface wastewater into the sewerage system, it is proposed to use dependencies of a known type with the refinement of coefficients depending on local conditions. It has been established that the use of household shredders has a significant impact on the composition of wastewater supplied for biological treatment, which provides additional opportunities for balancing the qualitative composition of the wastewater. For long-term and effective control of industrial wastewater inflow into urban sewerage systems, an operational method for measuring the redox potential of the environment at the points (posts) of industrial effluent discharge is proposed.

Keywords: wastewater, surface water, industrial wastewater, domestic shredders, redox potential.

Рожков Віталій Сергєєвич – кандидат технічних наук, доцент кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ФГБОУ ВО «Донбасская національная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: биологическая очистка сточных вод, оборотные системы промышленного водоснабжения, очистка природных вод.

Берёза Павел Георгиевич – ассистент кафедры городского строительства и хозяйства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: транспортирование сточных вод, состав сточных вод, устройство систем бытовой канализации.

Ващук Александр Валерьевич – магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: состав сточных вод.

Рожков Віталій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: біологічне очищення стічних вод, оборотні системи промислового водопостачання, очищення природних вод.

Береза Павло Георгійович – асистент кафедри міського будівництва та господарства ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: транспортування стічних вод, склад стічних вод, влаштування систем побутової каналізації.

Ващук Олександр Валерійович – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: склад стічних вод.

Rozhkov Vitaliy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: biological wastewater treatment, circulating industrial water supply systems, natural water treatment.

Bereza Pavel – Assistant, Municipal Building and Economy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: wastewater transportation, wastewater composition, domestic sewerage systems.

Vashchuk Oleksandr – master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: composition of waste water.