

## РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

**А. В. Епифанов, М. А. Мозгушин**

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»,  
Санкт-Петербург, Россия*

**Ключевые слова:** контроль за сбросом сточных вод; методика расчетов нормативов допустимых сбросов; расчет норматива допустимых сбросов; сброс сточных вод; сточные воды.

**Аннотация:** Проведен анализ недостатков действующей системы экологического нормирования сбросов сточных вод водопользователями. Определены границы применимости методов расчета кратности разбавления сточных вод, используемых при расчете нормативов допустимых сбросов. Предложены математические модели расчета процессов переноса загрязняющих веществ от сброса сточных вод в водные объекты.

### Введение

Экологическое нормирование сбросов сточных вод водопользователей осуществляется на основе расчетов нормативов допустимых сбросов, проводимых согласно приказу Минприроды РФ от 29.12.2020 № 1118 [1] (далее – методика НДС), который в 2021 году заменил действовавший с 2007 г. приказ Минприроды РФ от 17.05.2021 № 333 [2]. С 1 сентября 2025 г. планируется введение в действие новой методики расчета нормативов допустимых сбросов. Показаны проблемы нормирования сбросов сточных вод актуальные на настоящий момент времени, которые не учтены в проекте изменения методики НДС.

В статье подробно рассмотрены вопросы нормирования сбросов сточных вод в черте населенных пунктов, расчета расстояния до контрольного створа, выбора методов расчета кратности разбавления сточных вод, перечня нормируемых микроорганизмов.

---

Епифанов Андрей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов; Мозгушин Максим Александрович – аспирант кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», e-mail: maxim120897@mail.ru; Санкт-Петербург, Россия.

## Нормирование сбросов сточных вод

### 1. Нормирование сбросов сточных вод в черте населенных пунктов.

Определение местоположения контрольного створа при сбросе сточных вод в водные объекты культурно-бытовой и хозяйственно-питьевой категорий водопользования регулируется п. 4 методики НДС, согласно которого расстояние до контрольного створа не может превышать 500 м и рассчитывается в соответствии с формулой (23.4) данной методики с учетом принятия значения показателя разбавления  $\chi$ , равным 0,9, и определяется в соответствии с требованиями к размещению пунктов контроля за составом сточных вод и качеством воды водных объектов в соответствии с СанПиН 2.1.3684-21: согласно п. 102, при сбросе сточных вод в черте населенных мест пункт производственного контроля за сбросом сточных вод должен быть расположен непосредственно у места сброса [3].

Соответственно, если выпуск предприятия расположен в черте населенного пункта, то контрольный створ должен быть расположен в месте сброса сточных вод и на выпуске сточных вод должны быть обеспечены нормативы качества воды. Согласно п. 6 методики НДС, для оценки качества вод поверхностных водных объектов рыбохозяйственного значения, используемых одновременно для целей хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения и(или) в других целях, норматив качества устанавливается на уровне наименьшего из санитарно-гигиенического (ПДК<sub>с/г</sub>) или рыбохозяйственного (ПДК<sub>р/х</sub>) норматива.

Например, по железу ПДК<sub>с/г</sub> = 0,3 мг/л, а ПДК<sub>р/х</sub> = 0,1 мг/л. Таким образом, предприятие должно будет обеспечить на сбросе сточных вод концентрацию железа, равную 0,1 мг/л, несмотря на то что сброс даже 0,3 мг/л не противоречит требованиям СанПиН 2.1.3684-21 [3].

Решением проблемы могла бы стать возможность установления двух пунктов контроля, в месте сброса сточных вод и на расстоянии от их выпуска. Тогда в месте сброса концентрация сточных вод предприятия в городской черте должна была бы не превышать гигиенические нормативы, а в контрольном створе на расстоянии от выпуска сточных вод – нормативы качества воды (наименьшее значение из санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных нормативов).

Данный подход будет полностью отвечать требованиям п. 102 СанПиН 2.1.3684-21 и не приведет к дополнительным затратам на экологический мониторинг водных объектов водопользователями, так как, согласно методики НДС, водопользователи и так проводят мониторинг водных объектов в месте сброса сточных вод и контрольном створе.

Другим решением могло бы стать исключение из п. 4 методики НДС требования руководствоваться СанПиН 2.1.3684-21 [3] при определении местоположения контрольного створа с добавлением в алгоритм определения допустимой концентрации на сбросе  $S_{НДС}$  фразы «При сбросе сточных вод в черте населенных пунктов  $S_{НДС}$  не может превышать величины гигиенического норматива качества воды».

Тогда, например, если допустимая расчетная концентрация железа с учетом разбавления сточных вод от места выпуска до контрольного

створа составит 0,5 мг/л, то  $C_{\text{НДС}}$  будет ограничена гигиеническим нормативом и составит 0,3 мг/л, что обеспечит требования СанПиН 2.1.3684-21 [3] и не предъявит завышенных требований к предприятию.

2. Важным изменением приказа Минприроды РФ от 29.12.2020 № 1118 [1], по сравнению с приказом Минприроды РФ от 17.05.2021 № 333 [2], стало наличие формулы расчета расстояния до контрольного створа с учетом принятия значения показателя разбавления  $\chi$ , равным 0,9,

$$x = \frac{0,14q \sqrt{\frac{N}{\tilde{H}}}}{\chi(q + Q)\varphi} B, \quad (1)$$

где  $q$  – расход сточных вод на выходе из выпуска, м<sup>3</sup>/с;  $N$  – характеристическое число;  $\tilde{H}$  – безразмерная глубина реки, м;  $Q$  – расчетный расход водотока, м<sup>3</sup>/с;  $\varphi$  – коэффициент извилистости;  $B$  – средняя ширина русла реки на рассматриваемом участке, м.

Так как в данную формулу входит расход воды в водных объектах, то она применима только для водотоков, так как в водоемах и морях отсутствует понятие расхода воды и методика НДС не содержит рекомендаций, как определять расстояние до контрольного створа при сбросе сточных вод в водоемы и моря.

Согласно методике НДС, формула расчета расстояния до контрольного створа применяется при выборе контрольного створа предприятия для расчета расстояния от места выпуска сточных вод до створа наиболее полного перемешивания речной и сточной воды (90 %) (контрольный створ), а также для расчета расстояния до створов с заданными значениями максимальных концентраций.

Формула расчета расстояния до контрольного створа методики НДС предложена в работе [4]. Однако показатель разбавления  $\chi$ , равный 0,9, не характеризует местоположение контрольного створа наиболее полного перемешивания речной и сточной воды. Местоположение створа наиболее полного перемешивания речной и сточной воды характеризует коэффициент смешения, равный 0,9, который показывает, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа.

Согласно п. 5.1.2.3 РД 52.24.309–2016 [5], способы определения створа полного смешения представлены в [6] и [7]. Расстояние до створа практически полного перемешивания рассчитывается методом Фролова–Родзиллера на основе информации о коэффициенте смешения [7]. Аналогичная формула приведена в книге [8]

$$X_{\text{п.п}} = \left[ \frac{2,3}{\alpha} \lg \frac{\gamma_1 Q + q}{(1 - \gamma_1) q} \right]^3, \quad (2)$$

где  $\gamma_1$  – требуемое значение коэффициента смешения;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения на данном участке водотока.

Считаем целесообразным проводить расчет расстояния до контрольного створа согласно (2).

Кроме этого, даже для водотоков расчет расстояния до контрольного створа невозможен, так как в формула (23.7) методики НДС приведена некорректно

$$C = \frac{v_p}{\sqrt{H}}, \quad (3)$$

где  $v_p$  – средняя скорость течения реки, м/с,  $H$  – средняя глубина реки, м.

При  $10 < C < 60$  параметр  $M = 0,7C + 6$ , при  $C > 60$  параметр  $M = 48 = \text{const}$ . Произведение  $M$  на  $C$ , где  $C$  – коэффициент, характеризующий интенсивность турбулентного перемешивания в реках, имеет размерность м<sup>0,5</sup>/с.

Очевидно, что в формуле, представленной в методике НДС, допущена ошибка, так как для подавляющего большинства рек рассчитанное значение коэффициента  $C$  по формуле (23.7) будет значительно ниже 10, а соответственно значения величины  $M$  найти не удастся.

Корректная формула выглядит [8]

$$C = \frac{v_p}{\sqrt{HI}}, \quad (4)$$

где  $I$  – уклон реки.

Данная ошибка была уже признана контролирующими органами:

– Федеральным агентством по рыболовству (письмо №11135-ВС/УО от 16.12.2021 г.);

– Федеральным агентством водных ресурсов (письмо №ВН-02-21/11562 от 17.12.2021 г.).

3. Сложнейшей задачей расчета НДС является *определение кратности разбавления сточных вод*.

Методы расчета кратности разбавления сточных вод, согласно действующей методике НДС, приведены в табл. 1. Представленные методы разработаны в XX в. для упрощения расчетов кратности разбавления сточных вод при недостатке вычислительных ресурсов. В методе расчета кратности разбавления сточных вод (метод 1) согласно формуле (23.6) методики НДС обратная кратность разбавления вычисляется

$$\frac{S_{\max}}{S_{\text{ст}}} = \frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{ст}}} + \frac{0,14q \sqrt{\frac{N}{H}}}{\chi(q+Q)\varphi}, \quad (5)$$

где  $S_{\text{ст}}$ ,  $S_{\max}$  – концентрации загрязняющего вещества в сточных водах и ее максимальное значение соответственно;  $S_{\text{п}}$  – средняя концентрация загрязняющего вещества в створе достаточного перемешивания.

В первоисточнике [8] говорится, что расчет ведется по приведенным концентрациям, однако данная информация и формула для расчета  $S_{\text{п}}$  отсутствуют в действующей редакции методики НДС.

Таблица 1

## Методы расчета кратности разбавления сточных вод

Методы, изложенные в [4]		
<i>Водотоки</i>		
Номер метода	Название метода	Граничные условия, указанные в методике [4]
1	Фролова–Родзиллера и Лапшева	$0,0025 \leq q/Q \leq 0,1$
2	ТПИ	Метод используется для небольших водотоков с коэффициентом извилистости меньше 1,5
3	Караушева	–
4	ГГИ	Зависимость $Q_{ст}/Q_p = f(\eta_{зар})$ в пределах от $10^{-6}$ до 1
<i>Водоёмы</i>		
1	Руффеля	Зоны смешения не превышают 10 м, расстояние от выпуска до контрольного створа вдоль берега в первом случае не превышает 20 км, расстояние от выхода сточных вод до берега против выпускного оголовка во втором случае не превышает 0,5 км
2	Лапшева	Метод используется в случае, если не выполняются условия применимости предыдущего метода

Примечание: методы ТПИ и ГГИ – методы, разработанные соответственно Томским политехническим и Государственным гидрологическим институтами.

При сбросе сточных вод в водотоки расчет кратности разбавления проводят по формуле Фролова–Родзиллера при условии выполнения неравенства

$$0,0025 \leq q/Q \leq 0,1. \quad (6)$$

В некоторых случаях кратность разбавления сточных вод, определенная по методу Фролова–Родзиллера, значительно ниже фактической кратности разбавления сточных вод. Фактическая кратность разбавления сточных вод может быть найдена по формуле

$$n = \frac{C_{ст} - C_{ф}}{C_{кс} - C_{ф}}, \quad (7)$$

где  $C_{ст}$ ,  $C_{ф}$ ,  $C_{кс}$  – концентрации вещества на сбросе сточных вод, в фоновом и контрольном створах соответственно.

Очевидно, что фактическая кратность разбавления является величиной, определяемой на конкретный момент времени, характеризуемый своими гидрологическими (расходом воды, уровнем и скоростью течения), морфометрическими (глубиной, шириной и т.д.) условиями, а расчет кратности разбавления по методике НДС ведется для неблагоприятных гидрологических условий.

Однако можно сопоставить фактические и расчетные значения кратности разбавления сточных вод, полученные для фактических гидрологических и морфометрических условий, и на основе проведенного сопоставления принять решение об оптимальном методе расчета кратности разбавления сточных вод. При этом следует учитывать, что все измеряемые величины, и в первую очередь концентрации загрязняющих веществ, определяются с погрешностью, как правило, в 5 – 15 %. Поэтому расчет фактической кратности разбавления сточных вод целесообразно проводить по всем нормируемым загрязняющим веществам с последующей статистической обработкой полученных результатов.

Расчеты кратности разбавления в водотоках по методу 3 показали, что требуется разработка границ применимости, так как метод не учитывает соотношения расходов природной и сточной воды. При расходе сточных вод больше расхода воды в реке данный метод дает некорректные результаты.

Результаты расчета кратности разбавления по приведенным методам показали значительные расхождения полученных результатов. Величины кратностей разбавления, рассчитанные методами Фролова–Родзиллера, Лапшева и ГПИ, оказались меньше максимальной теоретической кратности разбавления [9 – 11].

Таким образом, на современном этапе развития компьютерной техники предлагается использовать исходные уравнения конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ [8, 12 – 14]. Решение уравнений представлено в [8, 12, 15]. Однако использование детальных моделей потребует значительного количества исходных данных и необходимости аппроксимации моделей к нормируемым участкам водотоков. Поэтому детальные модели целесообразно начать внедрять с объектов 1 категории НВОС (негативное воздействие на окружающую среду).

### **Заключение**

Определены недостатки методики НДС. Предложен алгоритм определения допустимой концентрации при сбросе сточных вод в черте населенных пунктов. Показаны недостатки и ошибки действующего алгоритма определения расстояния от места выпуска сточных вод до контрольного створа. Представлен расчет расстояния до контрольного створа на основе метода Фролова–Родзиллера. Выявлены ошибки действующей методики НДС при расчете кратности разбавления сточных вод методом ГПИ.

Результаты расчета кратности разбавления по четырем приведенным методам показали значительные расхождения полученных результатов. В перспективе целесообразно детализировать границы применимости методов расчета кратности общего разбавления с учетом индивидуальных особенностей моделируемого водного объекта.

Учитывая вышеизложенное, в работе предложены математические модели возможных процессов переноса загрязняющих веществ от сброса сточных вод в водные объекты. Использование математических методов расчета требует значительного увеличения исходных морфометрических и гидрологических сведений о водном объекте, а соответственно и затрат водопользователей на эти исследования. Поэтому разработка данных моделей целесообразна объектами 1 категории НВОС в добровольном порядке или со значительным переходным периодом. Во многих случаях разработка таких моделей выгодна самим водопользователям, так как позволяет определить реальную ассимилирующую способность водных объектов и разработать экологически обоснованные нормативы допустимых сбросов.

#### *Список литературы*

1. Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей : Приказ Минприроды России от 29.12.2020 № 1118 (ред. от 08.05.2024). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596?ysclid=m8adak5j1198686435> (дата обращения: 15.03.2025).

2. Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей : Приказ Минприроды России от 17.05.2021 № 333. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603727896?ysclid=m8alrc5pk2491612834> (дата обращения: 15.03.2025).

3. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3 (ред. от 14.02.2022) Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177?marker=7DI0K8> (дата обращения: 15.03.2025).

4. Бесценная, М. А. Экспресс-метод расчета разбавления сточных вод в реках / М. А. Бесценная // Гигиена и санитария. – 1970. – № 18. – С. 109 – 110.

5. Руководящий документ от 03.04.2017 РД 52.24.309–2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши». URL: <https://docs.cntd.ru/document/495872993?ysclid=m8amjxkikf283177591> (дата обращения: 15.03.2025).

6. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Л. : ГГИ, 1973. – 101 с.

7. Руководящий документ от 01.01.2003 РД 52.24.309-2016 «Методические указания. Уточнение местоположения створов (пунктов) наблюдений и режимов отбора проб на основе использования трассерных методов изучения гидродинамических характеристик водных объектов». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036930?ysclid=m8an3idvus82359730> (дата обращения: 15.03.2025).

8. Караушев, А. В. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 286 с.

9. Мозгушин, М. А. Разработка алгоритма расчета кратности разбавления сточных вод / М. А. Мозгушин, А. В. Епифанов // Вестник Санкт-Петербургского

государственного университета технологии и дизайна. – 2023. – № 3. – С. 70 – 73. doi: 10.46418/2079-8199\_2023\_3\_11

10. Разработка программного обеспечения для расчета модели ветровых течений / А. В. Епифанов, Н. Ю. Абрамов, М. А. Епифанова, В. И. Клязмин, Г. Я. Фролов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2022. – № 1. – С. 87 – 91. doi: 10.46418/2079-8199\_2022\_1\_13

11. Фролов, Г. Я. Разработка эмпирического метода оценки применимости стационарной модели расчета ветровых течений / Г. Я. Фролов, А. В. Епифанов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2021. – № 2. – С. 78 – 82. doi: 10.46418/2079-8199\_2021\_2\_11

12. Дружинин, Н. И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши / Н. И. Дружинин, А. И. Шишкин. – Л. : Гидрометеоиздат, 1989. – 390 с.

13. Лепехин, А. П. К Шестидесятилетию наиболее известного метода расчета процессов разбавления / А. П. Лепехин // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2010. – № 5. – С. 81 – 95.

14. Клеванный, К. А. Прогноз изменений в режиме течений и концентрациях загрязняющих веществ Невской губе, связанных с окончанием строительства сооружений защиты С.-Петербурга от наводнений / К. А. Клеванный // Акватерра. – 2002. – № 1. – С. 81 – 83.

15. Клеванный, К. А. Использование программного комплекса Cardinal / К. А. Клеванный, Е. В. Смирнова // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – № 1. – С. 152 – 160.

#### References

1. available at: <https://docs.cntd.ru/document/573275596?ysclid=m8adak5j1198686435> (accessed 15 March 2025).

2. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/603727896?ysclid=m8alrc5pk2491612834> (accessed 15 March 2025).

3. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573536177?marker=7DI0K8> (accessed 15 March 2025).

4. Bestsennaya M.A. [Express method for calculating the dilution of wastewater in rivers], *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 1970, no. 18, pp. 109-110 (In Russ., abstract in Eng.).

5. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/495872993?ysclid=m8amjxkikf283177591> (accessed 15 March 2025).

6. *Prakticheskiye rekomendatsii po raschetu razbavleniya stochnykh vod v rekakh, ozerakh i vodokhranilishchakh* [Practical recommendations for calculating the dilution of wastewater in rivers, lakes and reservoirs], Leningrad: State Hydrometeorological Institute, 1973, 101 p. (In Russ.).

7. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200036930?ysclid=m8an3idvus82359730> (accessed 15 March 2025).

8. Karashev A.V. *Metodicheskiye osnovy otsenki antropogennogo vliyaniya na kachestvo poverkhnostnykh vod* [Methodological foundations for assessing the anthropogenic impact on the quality of surface waters], Leningrad: Gidrometeorizdat, 1987, 286 p. (In Russ.).

9. Mozgushin M.A., Epifanov A.V. [Development of an algorithm for calculating the dilution factor of wastewater], *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design], 2023, no. 3, pp. 70-73 (In Russ., abstract in Eng.).

10. Epifanov A.V., Abramov N.Yu., Epifanova M.A., Klyaztmin V.I., Frolov G.Ya. [Development of software for calculating the wind current model], *Vestnik Sankt-*

*Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design], 2022, no. 1, pp. 87-91. (In Russ., abstract in Eng.).

11. Frolov G.Ya., Epifanov A.V. [Development of an empirical method for assessing the applicability of a stationary model for calculating wind currents], *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design], 2021, no. 2, pp. 78-82. (In Russ., abstract in Eng.).

12. Druzhinin N.I., Shishkin A.I. *Matematicheskoye modelirovaniye i prognozirovaniye za-gryazneniya poverkhnostnykh vod sushi* [Mathematical modeling and forecasting of land surface water pollution], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989, 390 p. (In Russ.).

13. Lepekhin A.P. [On the Sixtieth Anniversary of the Most Famous Method for Calculating Dilution Processes], *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye* [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management], 2010, no. 5, pp. 81-95. (In Russ., abstract in Eng.).

14. Klevanny K.A. [Forecast of Changes in the Current Regime and Concentrations of Pollutants in the Neva Bay Associated with the Completion of the Construction of Flood Protection Facilities in St. Petersburg], *Akvaterra* [Aquaterra], 2002, no. 1, pp. 81-83. (In Russ., abstract in Eng.).

15. Klevanny K.A., Smirnova E.V. [Using the Cardinal Software Package], *Zhurnal universiteta vodnykh kommunikatsiy* [Journal of the University of Water Communications], 2009, no. 1, pp. 51-60. (In Russ., abstract in Eng.).

---

## Calculation of Standards for Discharge of Wastewater by Water Consumers

A. V. Epifanov, M. A. Mozgushin

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,  
St. Petersburg, Russia*

**Keywords:** control over discharge of wastewater; methodology for calculating standards for permissible discharges; calculation of the standard for permissible discharges; discharge of wastewater; wastewater.

**Abstract:** The analysis of the shortcomings of the current system of environmental regulation of wastewater discharges by water consumers was carried out. The limits of applicability of the methods for calculating the dilution factor of wastewater used in calculating the standards for permissible discharges have been determined. Mathematical models for calculating the processes of pollutant transfer from wastewater discharge into water bodies have been proposed.

---

© A. V. Епифанов, М. А. Мозгушин, 2025