

СЕКЦИЯ 3. ИНЖЕНЕРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ.

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОЕМОВ

А.В. Епифанов, А.А. Прохорова

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна*

Приведен анализ результатов расчета кратности разбавления сточных вод методом Лапшева в зависимости от гидрологических и морфометрических параметров водоемов. Определены параметры, оказывающие наибольшее влияние на величину кратности разбавления сточных вод.

Ключевые слова: кратность разбавления, нормирование сбросов, водоемы.

Одним из видов антропогенного воздействия на водоемы является сброс сточных вод. Степень негативного воздействия сбросов сточных вод зависит от аккумулярующей способности водоемов, зависящей в том числе, от их разбавляющей способности. Способность природной воды разбавлять сточные воды выражается кратностью разбавления.

В российской системе нормирования сбросов сточных вод, кратность разбавления сточных вод рассчитывают согласно приказу Минприроды №1118 об утверждении методики расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей [1]. Расчет НДС включает два основных этапа: определение кратностей разбавления (начальной, основной и общей) в водном объекте и определение допустимого содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов на выпуске сточных вод [2, 3, 4].

Для расчета кратности разбавления необходима следующая основная информация [1]:

1. Данные о фоновых концентрациях загрязняющего вещества в водном объекте.
2. Морфометрическая, гидрологическая и гидрохимическая характеристика водного объекта.
3. Сведения о категории водного объекта.

Задача исследования заключалась в оценке степени влияния различных морфометрических и гидрологических параметров водоема, а также параметров сточных вод на величину кратности разбавления сточных вод [5,6].

Расчет кратности разбавления сточных вод был проведен с помощью программ НДС «Эколог», «ГИМС Река» и формул, представленных в методике расчета НДС [1]. Приведенное выше программное обеспечение реализует следующие методы расчета кратности разбавления сточных вод:

А) Для водоемов: методы расчета общего разбавления: метод Лапшева и метод Руффеля.

Б) Для морей: метод Лапшева для расчета общего разбавления.

В) Для водотоков:

- методы расчета основного разбавления: метод Фролова-Родзиллера (ВОДГЕО), экспресс-метод ГГИ (метод 1), метод ТПИ (метод 2), метод Караушева (метод 3).

-метод расчета начального разбавления Лапшева.

Расчет кратности разбавления проводится по неблагоприятным сезонам года: периодам зимней и летней межени.

Модельные эксперименты были проведены при различных значениях: скорости ветра над водоемом, глубины водоема, расстояния до контрольного створа и расхода сточных вод. Исходные данные для проведения трех модельных экспериментов приведены в таблице.

Таблица 1. Исходные данные для расчета кратности разбавления

№ эксперимента	Расход сточных вод, м ³ /ч	Скорость ветра, м/с	Средняя глубина у точки выпуска, м	Расстояние до контрольного створа, м
1	50 - 10 000	12/3/8	5/7/9	500/2000/250
2	80/100/110	1 - 30	5/7/9	500/2000/250
3	80/100/110	12/3/8	0,5 - 50	500/2000/250
4	80/100/110	12/3/8	5/7/9	10 - 500

Зависимость кратности общего разбавления от расхода сточных вод, скорости ветра, средней глубины водоема в месте сброса сточных вод и расстояния до контрольного створа представлена на рисунках 1-4.

Результаты ручного и программного расчетов кратности разбавления во всех экспериментах совпали.

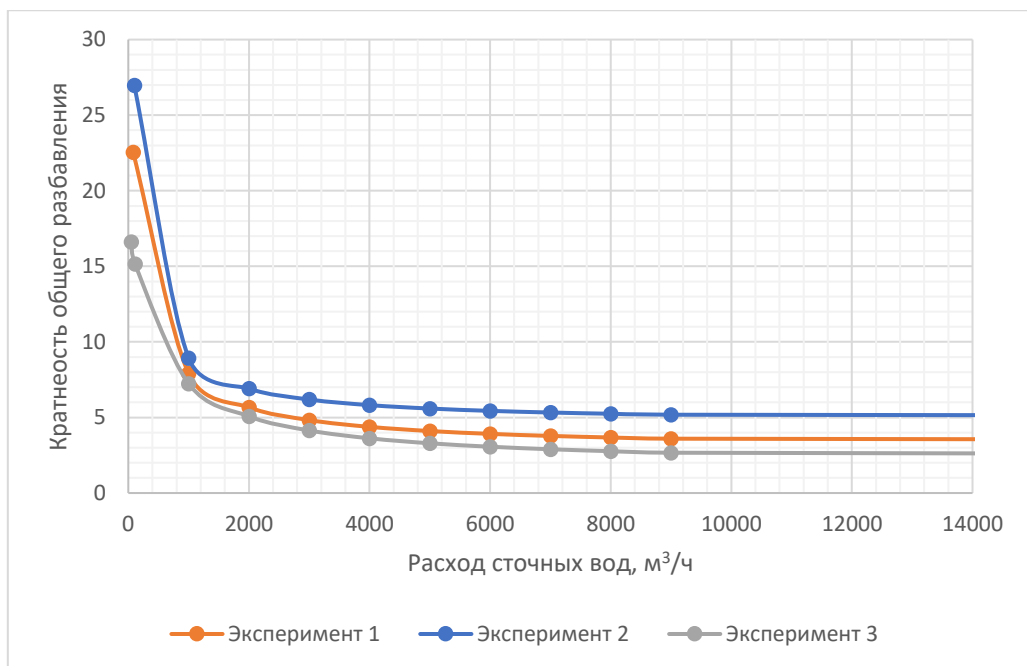


Рис. 1. Зависимость кратности общего разбавления от расхода сточных вод

Зависимость кратности разбавления от расхода сточных вод имеет гиперболический вид. В проведенных экспериментах до отметки в 1000 м³/ч значение кратности общего разбавления снижается линейно, а после 8000 м³/ч практически не изменяется, почти достигая максимального теоретического значения.

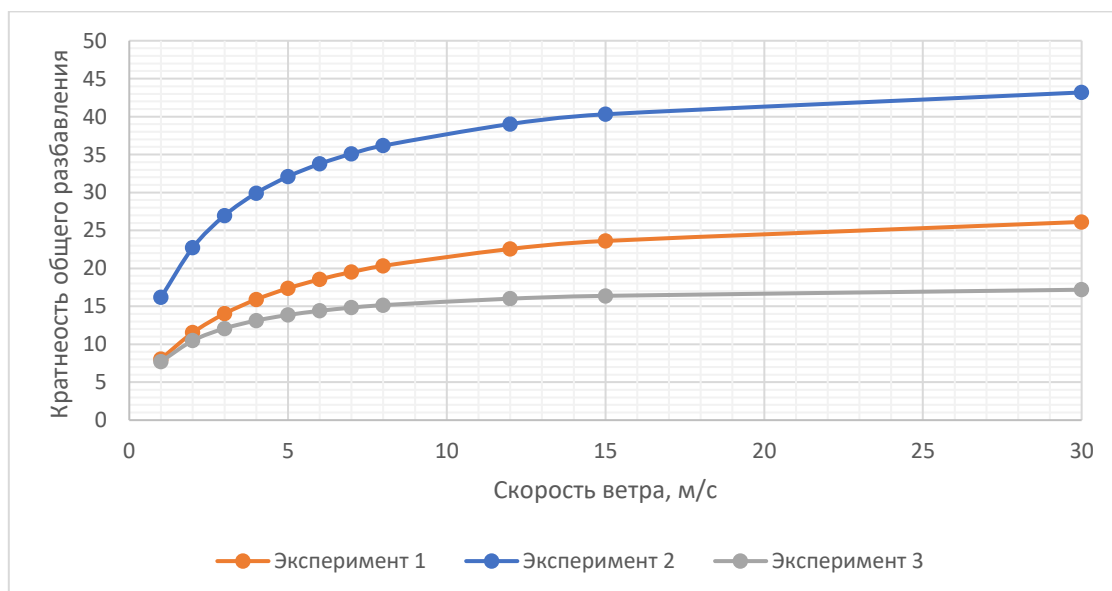


Рис. 2. Зависимость кратности общего разбавления от скорости ветра

График зависимости кратности общего разбавления от скорости ветра имеет логарифмический вид функциональной связи (основание логарифма больше нуля). При увеличении скорости ветра над поверхностью водоема до

отметки в 15 м/с (по эксперименту 3) кратность разбавления растет экспоненциально, при дальнейшем увеличении скорости зависимость становится линейной.

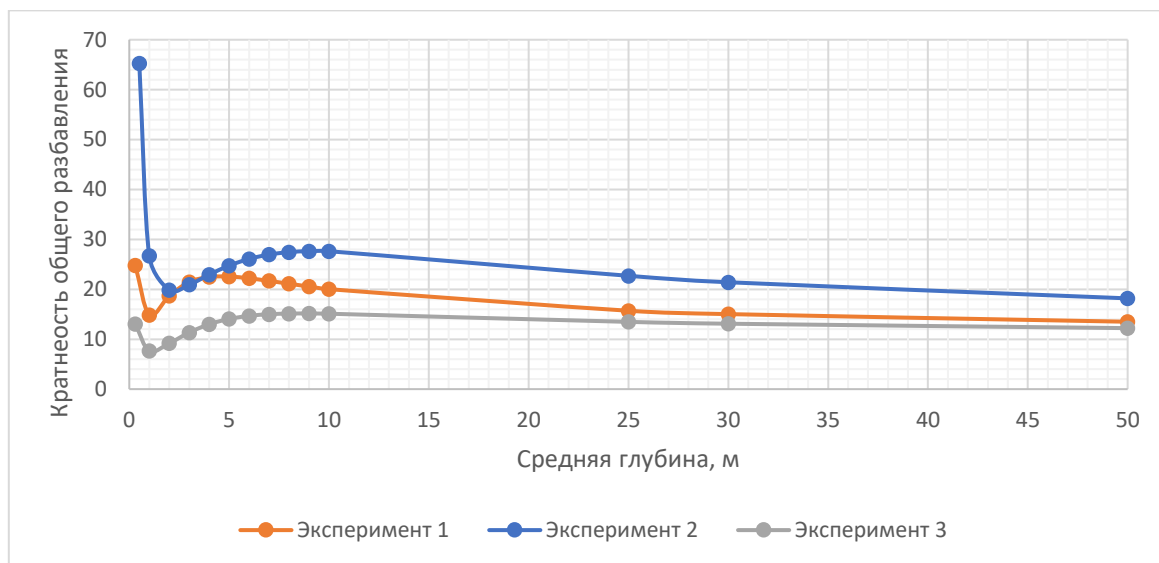


Рис. 3. Зависимость кратности общего разбавления от средней глубины в месте сброса сточных вод

При средней глубине водоема в месте сброса сточных вод менее 2 м (эксперимент 2) и 1 м (эксперимент 1,3) наблюдается резкое увеличение кратности разбавления. До 4м (эксперимент 1), до 8 м (эксперимент 2) и до 7 м (эксперимент 3) кратность разбавления возрастает, после чего начинает снижаться по линейной зависимости.

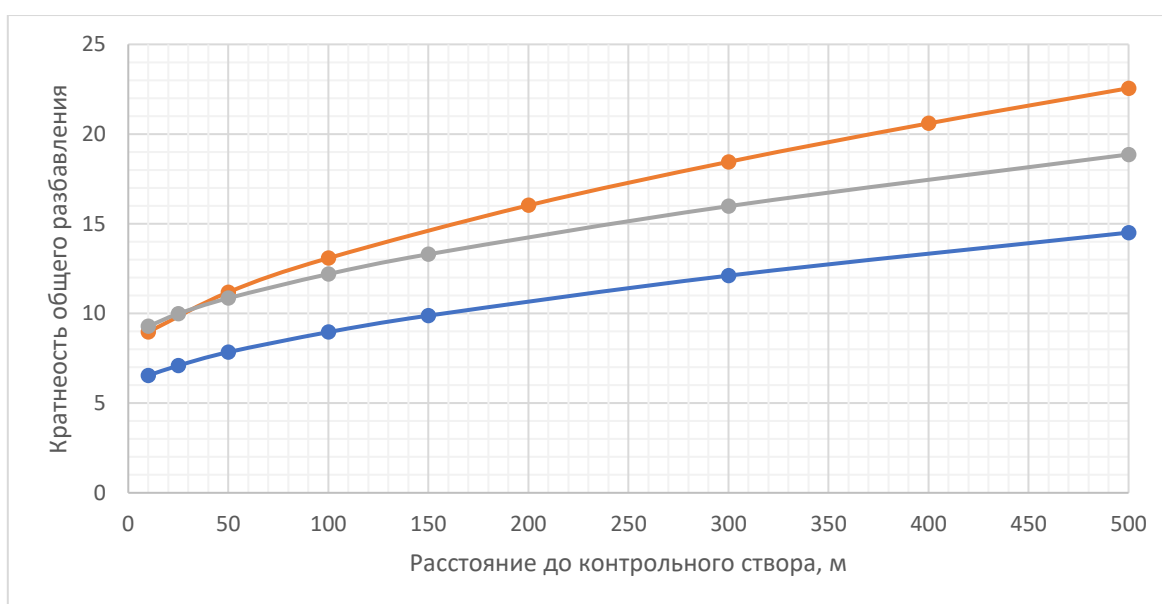


Рис. 4. Зависимость кратности общего разбавления от расстояния до контрольного створа

Расстояние до контрольного створа практически линейно влияет на кратность разбавления сточных вод.

Выводы:

На основе 12 модельных экспериментов проведен анализ влияния расхода сточных вод, скорости ветра, глубины в месте сброса сточных вод и зоны рассеивания на величину кратности разбавления загрязняющих веществ в водоеме. Показано, что при малых расходах сточных вод кратность разбавления зависит от них практически линейно. Максимальная кратность разбавления наблюдается при малых глубинах водного объекта в месте сброса сточных вод и с ростом глубины резко сокращается, достигая минимальных значений. С дальнейшим увеличением глубины кратность разбавления начинает расти.

Начальное увеличение скорости ветра приводит к логарифмическому росту кратности разбавления, в дальнейшем рост кратности разбавления становится линейным.

Библиографический список

1. Караушев А.В. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных сточных вод: монография. Ленинград.: Гидрометеоздат, 1981. 176 с.
2. Российская Федерация. Законы. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей: утверждено приказом Минприроды России №1118 от 29 декабря 2020 года: введено в действие с 29.12.2020: с изм. на 18.05.2022. [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596?ysclid=1fxqr3k2gz451878294> (дата обращения: 22.08.2023).
3. Мышкие А.Д. Смешанные функционально-дифференциальные уравнения // Современная математика. Фундаментальные направления. М.: МАИ, 2003. Т. 4. С. 5-120.
4. Пименов В.Г., Паначев М.А. Численные алгоритмы и программы для решения смешанных функционально-дифференциальных уравнений // Теория управления и математическое моделирование, Ижевск: ИЖГТУ, 2012. С. 60-61.
5. Палагин, Е. Д. Определение кратности разбавления при нормировании сброса сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 12. – С. 47-53.
6. Шишлянников, Д. С. Математический анализ диффузии загрязнений в жидкости // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т. 5, № 8-2(34-2). – С. 289-292.