

УДК 628.312

**Т. И. Дрововозова, Н. Н. Паненко**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Целью исследования являлся анализ экологического состояния участков водных объектов в зонах влияния очистных сооружений канализации городского хозяйства, на примере малых рек Нижнего Дона – Тузлов и Грушевка, и установление основных проблем высокого уровня их химического загрязнения. Известно, что важнейшим элементом регулирования качества водных объектов является нормирование водной среды. Для оценки отводимых сточных вод проводился анализ концентраций содержащихся в них веществ с применением математической обработки статистических данных. Проверка нормального закона распределения концентраций загрязняющих веществ осуществлялась по критерию согласия Пирсона с заданным уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  и числом степеней свободы  $S = k - 3 = 4$ . Анализ фоновых концентраций рек Грушевка и Тузлов выше места выпуска сточных вод (СВ) с очистных сооружений канализации (ОСК) городов Шахты и Новочеркаска показал значительное загрязнение сульфатами, биогенными элементами, высокое значение показателя ХПК. Выявлено, что вода в реках Грушевка и Тузлов по своему качеству относится к категории «грязной» в соответствии с РД 52.24.643-2002. Рассматриваемые реки характеризуются низкими значениями расходов, что наиболее сильно проявляется в годы с 95% обеспеченностью, когда их расход практически равен нулю. В результате этого не обеспечивается необходимый уровень разбавления поступающих в них сточных вод. Теоретическая оценка концентраций загрязняющих веществ в отводимых СВ с ОСК г. Новочеркаска на основе теории о нормальном распределении показала, что выборочная средняя концентрация из совокупности значений для фосфатов (по фосфору) равна 2,57; для нитрат-ионов – 58,24; для иона аммония – 1,02; для нитрит-ионов – 0,72 мг/дм<sup>3</sup>; БПК – 28,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что в большинстве случаев превышает допустимую к отведению концентрацию. Следовательно, сброс таких сточных вод в водный объект, особенно в малые реки, без дополнительной доочистки не допустим.

Ключевые слова: малые реки, уровень загрязненности водного объекта, нормальное распределение, биогенные элементы, экологическая безопасность.

**T. I. Drovovozova, N. N. Panenko**

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

## **THE ECOLOGICAL STATE OF SMALL RIVERS IN ROSTOV REGION**

The aim of the study was to analyze the ecological status of water bodies in areas affected by sewage treatment plants of the urban economy, by the example of small rivers of the Lower Don – the Tuzlov and the Grushevka and to determine the main problems of their high level of chemical pollution. It is known that the most important element of regulating water bodies quality is the rationing of water environment. To assess the wastewater dis-

charged, the concentration of substances contained in it was analyzed with mathematical processing of statistical data. The normal law of the distribution of pollutant concentrations was checked by the chi-squared test by Pearson with a given significance level  $\alpha = 0.05$  and the number of degrees of freedom  $S = k - 3 = 4$ . Analysis of the background concentrations of the Grushevka and Tuzlov rivers above the wastewater (WW) withdrawal point from the sewage treatment facilities (STF) of the towns Shakhty and Novocherkassk showed the significant contamination with sulphates, biogenic elements, a high value of the COD. It was found that water in the Grushevka and Tuzlov rivers is classified by its quality as “dirty” in accordance with GD 52.24.643-2002. The considered rivers are characterized by low flow rates, which is most pronounced in years with 95% availability, when their discharge is almost zero. As a result, the required level of dilution of wastewater entering them is not ensured. The theoretical assessment of pollutants concentrations in discharged WW from STF of Novocherkassk based on the theory of normal distribution showed that the random average concentration from values for phosphates (by phosphorus) is 2.57; for nitrate ions – 58.24; for ammonium ion – 1.02; for nitrite ions – 0.72 mg/dm<sup>3</sup>; BOD – 28.25 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> which exceeds the concentration allowed for abstraction in most cases. So the discharge of such wastewater into a water body, especially into small rivers, is not permissible without additional purification.

Key words: small rivers, the level of water body pollution, normal distribution, biogenic elements, environmental safety.

**Введение.** На территории бассейнов малых рек (длиной до 100 км), на которую приходится 1/3 суммарного многолетнего стока, проживает значительная часть городского и сельского населения. За последние 15–20 лет интенсивное хозяйственное использование водных ресурсов и прилегающих земель привело к истощению, обмелению и загрязнению рек. Бесконтрольное изъятие воды, уничтожение водоохраных полос и осушение верховых болот привело к массовой гибели малых рек. Особенно ярко этот процесс наблюдается в лесостепных и степных зонах, а также вблизи крупнейших промышленных центров [1–11]. Малые реки в зоне степей Ростовской области являются основными источниками водоснабжения населенных пунктов, промышленности и сельскохозяйственного производства. Ростовская область характеризуется малоснежной зимой и продолжительным жарким летом, что негативно сказывается на водности малых рек и, следовательно, их экологическом состоянии. На юге лесостепной зоны отмечается тенденция исчезновения ручейков и родников, подпитывающих малые реки, что в свою очередь приводит к заиливанию рек, зарастанию их болотной растительностью, заболачиванию и засолению степных

земель, уменьшению стока и ухудшению качества воды. Многолетний сброс сточных вод в объемах, сравнимых с годовым объемом стока, привел к неспособности многих рек к самоочищению, превратив их в открытые канализационные коллекторы [12–17].

В связи с этим остро встает вопрос оценки экологической безопасности отводимых в малые реки сточных вод с очистных сооружений канализации, что и определило актуальность данной работы.

Цель работы – провести анализ экологического состояния участков водных объектов в зонах влияния очистных сооружений канализации городского хозяйства, на примере малых рек Нижнего Дона – Тузлов и Грушевка, и установить основные проблемы высокого уровня их химического загрязнения. Для оценки уровня загрязнения водного объекта на основании статистических методов определить вероятность превышения гигиенических нормативов для теоретической оценки экологической безопасности отводимых в природную водную среду сточных вод.

**Материалы и методы.** Важнейшим элементом регулирования качества водных объектов является нормирование качества водной среды. Для оценки качества отводимых сточных вод проведен анализ концентраций веществ в отводимых сточных водах на основе теории о нормальном распределении в программе MathCAD. Проверка нормального закона распределения концентраций осуществлялась по критерию согласия Пирсона с заданным уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  и числом степеней свободы  $S = k - 3 = 4$ .

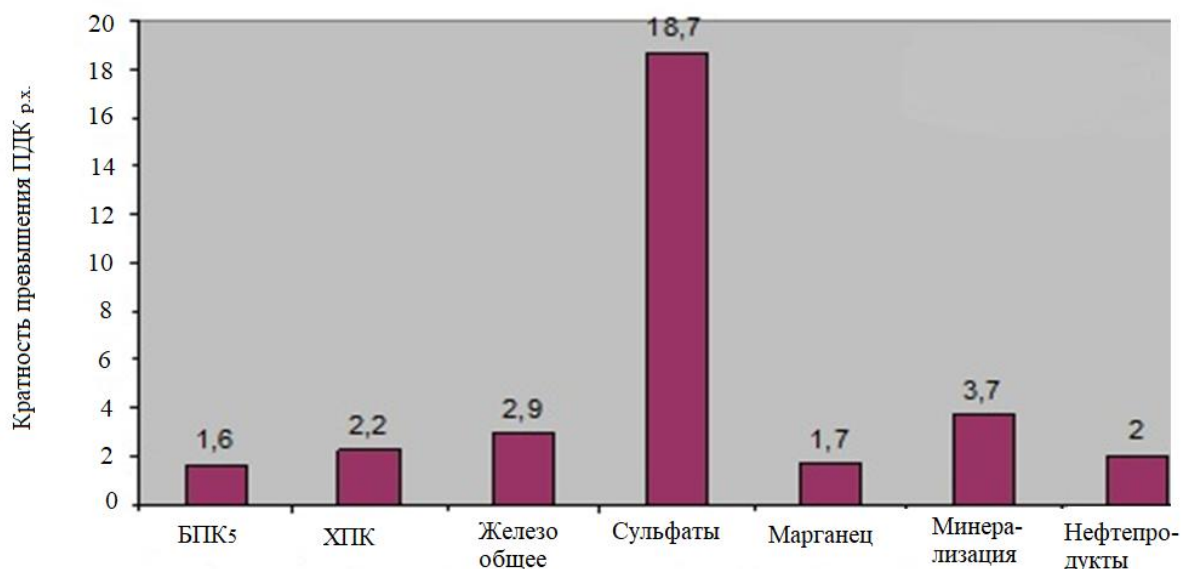
**Результаты исследований.** Объектом исследования являлись реки Ростовской области – Тузлов и впадающая в него река Грушевка, в створах которых расположены выпуски сточных вод городов Шахты и Новочеркаска (рисунок 1).



1 – место выпуска сточных вод с ОСК г. Шахты;  
2 – место выпуска сточных вод с ОСК г. Новочеркаска

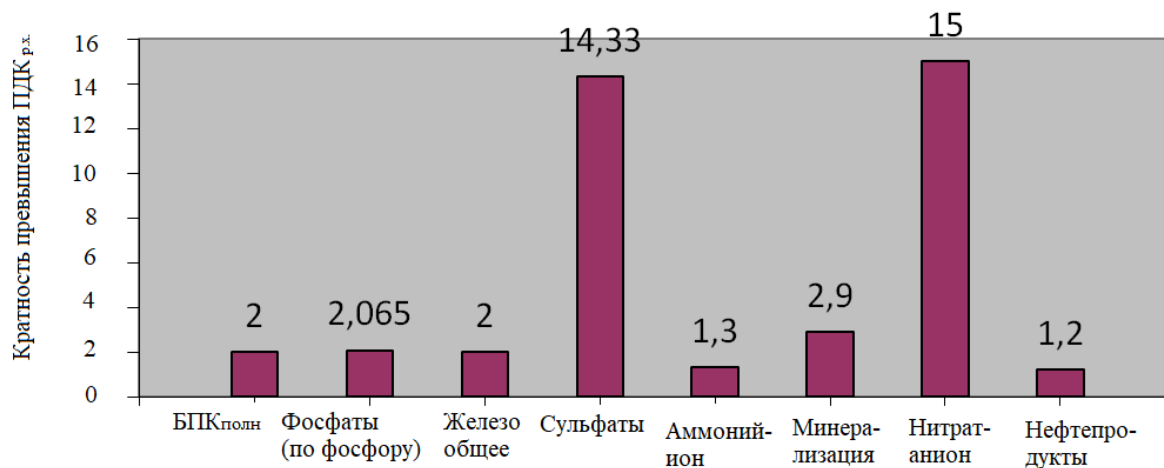
**Рисунок 1 – Гидрографическая схема малых рек Нижнего Дона**

Вода реки Грушевка по своему качеству относится к сульфатному классу, группе натрия. Средняя величина растворенного в воде кислорода, составила  $8,87 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , значение  $\text{БПК}_5$  равнялось  $1,6 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ , величина ХПК, в среднем, составляла  $2,3 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Содержание сульфатов составило  $18,4\text{--}19,1 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Величина минерализации в среднем составляла  $3,7 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Содержание железа общего составляло –  $3,0 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Средняя величина нефтепродуктов составила  $2,0 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$  в 2013 году. Средняя величина марганца, составила  $1,7 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Содержание меди было на уровне  $1,0 \text{ ПДК}_{\text{р.х.}}$ . По остальным определяемым показателям средние величины не превышали  $\text{ПДК}_{\text{р.х.}}$ . Критическими показателями загрязнения являются сульфат-ионы (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Диаграмма превышения ПДК<sub>р.х.</sub> загрязняющими веществами в р. Грушевка в районе пос. Красногорняцкий, выше места выпуска сточных вод с ОСК г. Шахты**

Рассмотрение фоновых концентраций реки Тузлов выше места выпуска сточных вод с ОСК г. Новочеркаска также показало высокое загрязнение сульфатами, кроме того, высокие значения показателей ХПК и фосфатов (по фосфору), а также нитрат-анионов, которые могут быть объяснены их частичным поступлением из реки Грушевки (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Диаграмма превышения ПДК<sub>р.х.</sub> загрязняющих веществ в р. Тузлов (находится выше места выпуска сточных вод с Кадамовских очистных сооружений)**

В целом, по результатам наблюдений можно заключить, что вода в реках Грушевка и Тузлов по своему качеству относится к «грязной» в со-

ответствии с руководящим документом РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям» [12–17].

Применяемые схемы очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод на очистных сооружениях канализации городских хозяйств не обеспечивают требуемого уровня экологической безопасности отводимых сточных вод, вследствие чего так называемые «очищенные» сточные воды становятся фактором негативного воздействия на природные водные экосистемы. Проведенная экологическая оценка химического состава отводимых сточных вод с очистных сооружений канализации городов Шахты и Новочеркасска показала высокие фактические концентрации биогенных элементов и показателя ХПК в сточных водах, что свидетельствует о высокой экологической опасности отводимых сточных вод (таблица 1).

**Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах ОСК городов Шахты и Новочеркасска после прохождения полного цикла очистки**

Наименование показателя	Фактическая концентрация ЗВ в очищенных СВ ОСК г. Шахты, мг/дм <sup>3</sup>			Фактическая концентрация ЗВ в очищенных СВ ОСК г. Новочеркасска, мг/дм <sup>3</sup>		ПДК <sub>р.к.</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [18]
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2014 г.	
Взвешенные вещества	16,44	15,91	15,80	9,6	10,0	–
ХПК	29,44	31,39	29,60	28	29,4	–
Ион аммония	1,73	1,73	1,62	0,28	0,31	0,4
Нитрат-ионы	31,60	30,20	30,10	55,8	57,0	40,0
Нитрит-ионы	0,11	0,11	0,11	0,096	0,10	0,02
Фосфаты (по фосфору)	0,82	0,088	0,8	2,6	2,3	0,05

Для обеспечения микробиологической безопасности отводимых сточных вод в водные объекты на исследуемых очистных сооружениях, воду предварительно хлорируют дозой 4,2–6 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на активный хлор, что неизбежно приводит к образованию хлорорганических производных, учитывая высокое значение показателя ХПК.

Основной задачей повышения экологической безопасности отводимых в водный объект сточных вод с существующих ОСК в соответствии

с достижением технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ) является выполнение требований по удалению соединений азота и фосфора, а именно: аммонийного азота, азота нитритов, азота нитратов, фосфора фосфатов. Действующие ОСК запроектированы и построены в тот период, когда требования к очистке сточных вод от загрязняющих веществ, предъявлялись только по органическим веществам (БПК, ХПК) и взвешенным веществам. В настоящее время состав сточных вод усложнился и помимо органических соединений и взвешенных веществ к наиболее «жестким» технологическим показателям стали относиться соединения азота и фосфора [19–22].

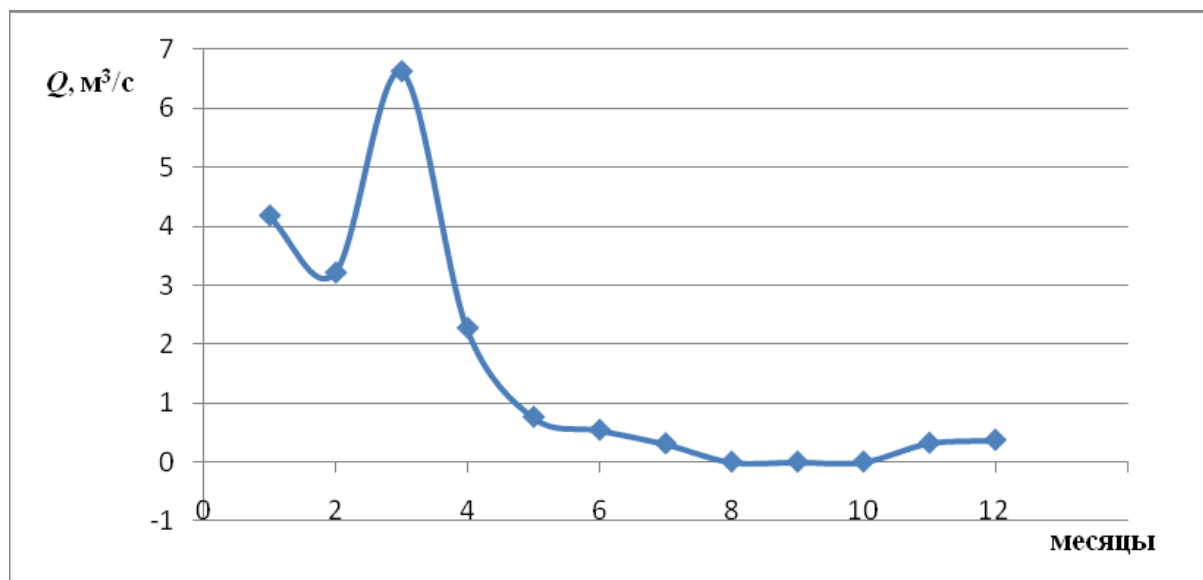
С 2019 года начинают действовать требования Федерального закона № 219-ФЗ [22], о переходе всех ОСК, производительностью более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут, на нормирование по комплексным экологическим разрешениям. В части очистки сточных вод будет требоваться достижение технологических показателей наилучших доступных технологий, установленных в ИТС 10-2015 [20]. Для большинства сооружений в зависимости от их производительности и состояния водного объекта, в который осуществляется сброс, потребуется достижение концентраций, указанных в таблице 2.

**Таблица 2 – Наиболее «жесткие» технологические показатели НДТ для сооружений биологической очистки [20]**

Наименование показателя	Значение концентрации показателя, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК <sub>р.х.</sub> , мг/дм <sup>3</sup> [18]
Взвешенные вещества	10	–
БПК <sub>5</sub>	8	не более 6
Азот аммонийный	1	0,5 (0,04 для олиготрофных)
Азот нитритов	0,1	0,02
Азот нитратов	9	40
Фосфор фосфатов	0,7	0,2 (0,05 для олиготрофных)

Динамика загрязнения и самоочищения водной среды в первую очередь зависит от процесса разбавления, как одного из существенных факторов снижения концентрации загрязняющего вещества в водной среде. Процесс разбавления напрямую зависит от расхода реки.

Малые реки характеризуются низкими значениями расходов. Например, для реки Тузлов в границах земель г. Новочеркаска распределение речного стока по месяцам года при 95% обеспеченности представлено следующим образом (рисунок 4) [16].



**Рисунок 4 – Изменение расхода реки в течение года**

Из данных рисунка 4 видно, что, начиная с июля по декабрь, расход  $Q$  находится на уровне  $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ , в период с августа по октябрь  $Q = 0 \text{ м}^3/\text{с}$ . С учетом минимальной производительности очистных сооружений канализации, принятой в 20 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$  ( $q = 0,27 \text{ м}^3/\text{с}$ ), разбавление сточных вод при поступлении в водный объект практически отсутствует.

**Результаты и обсуждения.** Проведена теоретическая оценка превышений гигиенических нормативов концентраций загрязняющих веществ в СВ, отводимых в водный объект, на основе теории случайных функций [23–26].

Получены функции плотности нормального распределения для концентраций фосфатов по фосфору, нитрат-ионов, нитрит-ионов, ионов аммония и показателя ХПК, которые позволили сделать прогноз числа превышений ПДК<sub>р.х.</sub> в водном объекте на примере ОСК г. Новочеркаска. Проверка нормального закона распределения концентраций осуществлялась по крите-



рию согласия Пирсона с заданным уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  и числом степени свободы  $S = k - 3 = 4$ .

Результаты вычисления статистических параметров для биогенных элементов и показателя БПК<sub>полн</sub> по критерию согласия Пирсона представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Статистические параметры проверки по критерию согласия Пирсона**

Показатель	$C_{\text{факт}}^2$	$C_{\text{теор}}^2 (0,05; 4)$
$\text{PO}_4^{3-}$	0,949	9,5
$\text{NO}_3^-$	2,773	
$\text{NH}_4^+$	2,461	
$\text{NO}_2^-$	0,953	
БПК <sub>полн</sub>	2,224	

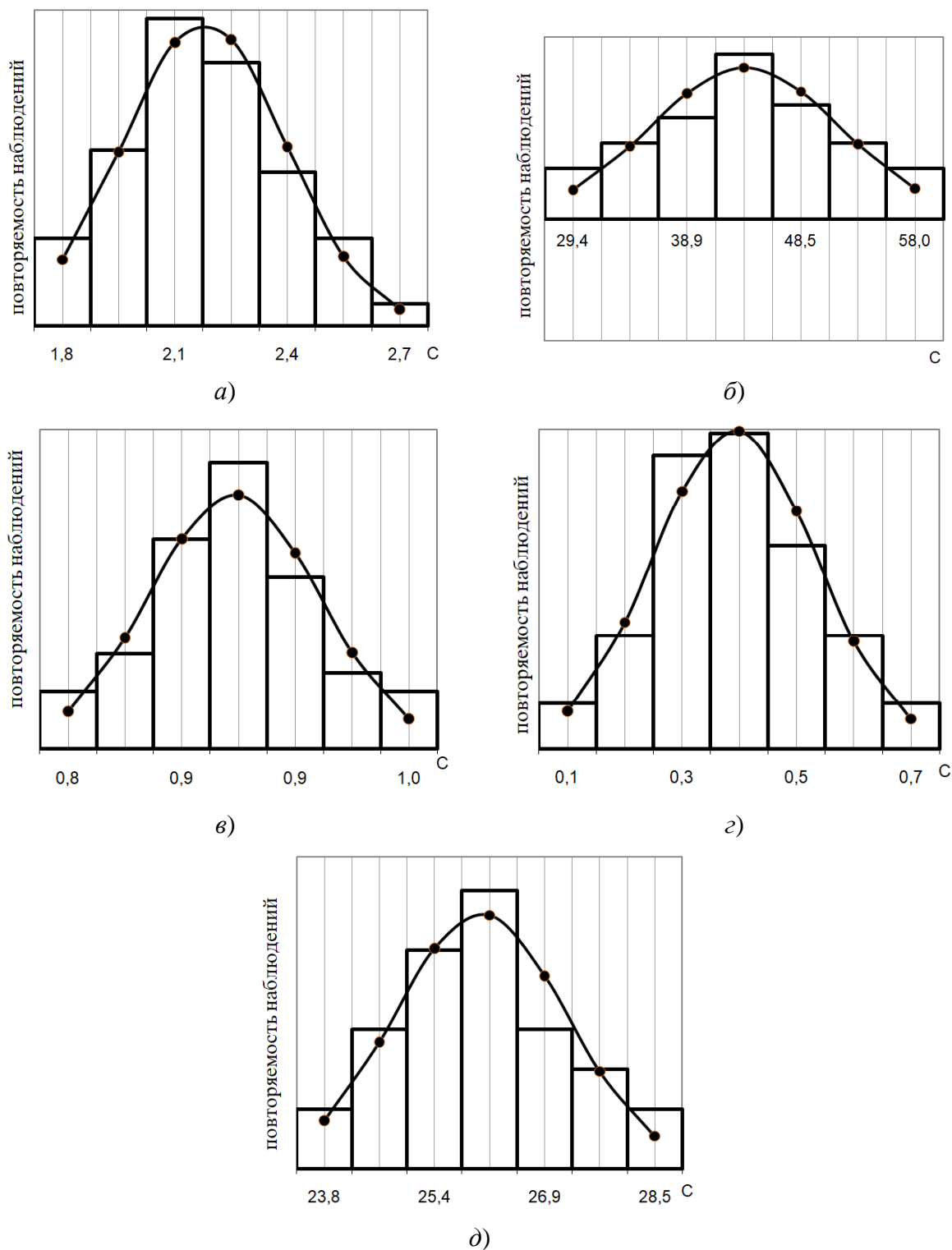
Поскольку во всех случаях  $C_{\text{факт}}^2 < C_{\text{теор}}^2$ , то гипотеза о нормальном распределении подтверждается.

Для створа выпуска сточных вод с ОСК г. Новочеркаска функции плотности нормального распределения максимальных среднегодовых концентраций загрязняющих веществ описываются уравнениями, приведенными в таблице 4.

**Таблица 4 – Функции плотности нормального распределения среднегодовых концентраций ЗВ**

Показатель	$f(C)$
$\text{PO}_4^{3-}$	$f(C) = \frac{1}{0,46\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C_i - 2,57)^2}{2 \cdot 0,2116}}$
$\text{NO}_3^-$	$f(C) = \frac{1}{15,98\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C_i - 58,24)^2}{2 \cdot 255,3604}}$
$\text{NH}_4^+$	$f(C) = \frac{1}{0,13\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C_i - 1,02)^2}{2 \cdot 0,0169}}$
$\text{NO}_2^-$	$f(C) = \frac{1}{0,29\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C_i - 0,72)^2}{2 \cdot 0,0841}}$
ХПК	$f(C) = \frac{1}{2,45\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C_i - 28,25)^2}{2 \cdot 6,0025}}$

Гистограммы и теоретические кривые функции плотности нормального распределения концентраций рассматриваемых загрязняющих веществ для ОСК г. Новочеркаска представлены на рисунке 5.



а) фосфаты; б) нитраты; в) ион аммония; г) нитриты; д) ХПК

**Рисунок 5 – Гистограмма и теоретическая кривая распределения максимальной среднегодовой концентрации**

Полученные теоретические кривые распределения максимальной среднегодовой концентрации ЗВ показали, что наиболее часто повторяющиеся концентрации в отводимых СВ для фосфатов лежат в интервале 2,1–2,9; для нитрат-ионов – 53–62; нитрит-ионов – 0,44–0,8; ионов аммония – 0,9–1,15 мг/дм<sup>3</sup>; показателя ХПК – 26–31 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что в большинстве случаев превышает и ПДК<sub>р.х.</sub>, и технологические показатели НДТ.

Проведен анализ относительной частоты превышения ПДК<sub>р.х.</sub> в зависимости от количества испытаний для компонентов загрязнителей в отводимых сточных водах, прошедших традиционную очистку.

Рассчитано среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  от фактической концентрации ЗВ в очищенных сточных водах  $C_{ct}$ , сбрасываемых в водный объект, от их ПДК<sub>р.х.</sub>, характеризующее уровень загрязнения водной среды при поступлении таковых вод в водный объект по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\text{ПДК}_{р.х.i} - C_{cti})^2},$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;

$n$  – количество определений;

$\text{ПДК}_{р.х.i}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{cti}$  – фактическая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в очищенных сточных водах, мг/дм<sup>3</sup>.

Рассчитан коэффициент  $V$ , являющийся относительной характеристикой, отражающей долю изменчивости фактической концентрации по отношению к ПДК<sub>р.х.</sub>:  $V = \frac{\sigma}{\text{ПДК}_{р.х.}}$ . Если значение коэффициента  $V$  превышает 2,0, то это свидетельствует о высоком и экстремально высоком загрязнении водного объекта.

Статистические характеристики при обработке экспериментальных данных проводились на основании количества испытаний, проведенных

в производственной лаборатории ОСК г. Новочеркаска в течение года (таблица 5).

**Таблица 5 – Статистические характеристики уровня загрязнения водной среды**

Показатель	Количество определений за год $n$	Число превышений ПДК <sub>р.х.</sub> $m$	Относительная частота $v = \frac{m}{n}$	$\sigma$	$V$
Фосфаты по фосфору	366	366	1	0,512	2,56
Нитрат-ионы	732	672	0,92	39,4	0,98
Ионы аммония	732	732	1	0,67	1,7
Нитрит-ионы	732	732	1	2,9	115,71
ХПК	732	244	0,33	4,65	0,15
Хлорид-ионы	36	0	0	140,97	0,47
Сульфат-ионы	36	0	0	176,48	0,35
Железо общее	36	6	0,16	0,154	0,51

Полученные характеристики позволяют обосновать выбор компонентов загрязнителей для теоретической оценки экологической безопасности, сбрасываемых в водный объект сточных вод, среди которых фосфаты по фосфору, азотсодержащие ионы и показатель ХПК.

**Выводы.** На основании результатов исследований оценки воздействия на водные объекты в зонах влияния природно-технических систем – очистных сооружений канализации городского хозяйства можно сделать следующие основные выводы.

Анализ современного экологического состояния участков поверхностных водных объектов в зоне влияния очистных сооружений канализации показал высокий уровень загрязнения по показателю ХПК, по содержанию биогенных элементов, отрицательно сказывающихся на жизнедеятельности гидробионтов.

Теоретическая оценка концентраций веществ в отводимых СВ с ОСК г. Новочеркаска на основе теории о нормальном распределении показала, что выборочная средняя концентрация из совокупности значений для фосфатов (по фосфору) равна 2,57; для  $\text{NO}_3^-$  – 58,24; для  $\text{NH}_4^+$  – 1,02; для  $\text{NO}_2^-$  – 0,72 мг/дм<sup>3</sup>; БПК – 28,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что в большинстве случаев

превышает допустимую к отведению концентрацию. Следовательно, такие СВ без дополнительной доочистки сбрасывать в водный объект, особенно в малые реки, нельзя.

Изменчивость концентраций характеризуется средним квадратическим отклонением для  $\text{PO}_4^{3-}$  (P) – 0,46; для  $\text{NO}_3^-$  – 15,98;  $\text{NO}_2^-$  – 0,29;  $\text{NH}_4^+$  – 0,13 мг/дм<sup>3</sup>; БПК – 2,45 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

На основании проверки по критерию согласия Пирсона концентрации рассматриваемых веществ подчиняются нормальному закону распределения. Получены функции плотности нормального распределения концентраций  $\text{PO}_4^{3-}$  (P),  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , БПК.

Исходя из единства действий природы и природно-технических систем, экологическое состояние водных объектов определяется процессами взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения между природными (биотическими, абиотическими) и природно-техническими (в виде очистных сооружений канализации городского хозяйства) компонентами, в результате которых происходит загрязнение водной среды в зонах влияния очистных сооружений канализации городского хозяйства, как доминирующего фактора экологической безопасности.

### **Список использованных источников**

- 1 Хоружая, Т. А. Оценка экологической опасности / Т. А. Хоружая. – М.: Кн. сервис, 2002. – 208 с.
- 2 Данилов-Данильян, В. И. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект: учеб. пособие / В. И. Данилов-Данильян, М. Ч. Залиханов, К. С. Лосев. – Изд. 2-е, перераб. – М., 2007. – 288 с.
- 3 Шмаль, А. Г. Факторы экологической безопасности – экологические риски / А. Г. Шмаль. – Бронницы: Изд-во МП «ИКЦ БНТВ, 2010. – 192 с.
- 4 Большеротов, А. Л. Система оценки экологической безопасности строительства / А. Л. Большеротов. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010. – 216 с.
- 5 Vega, A. S. Water Quality: Trends and Challenges / A. S. Vega, K. Lizama, P. A. Pastén // Global Issues in Water Policy. – 2018. – Vol. 21. – P. 25–51.
- 6 The multiscale effects of stream restoration on water quality / J. Thompson, C. E. Pelc, W. R. Brogan, T. E Jordan // Ecological Engineering. – 2018. – Vol. 124. – P. 7–18.
- 7 Finding clean water habitats in urban landscapes: professional researcher vs citizen science approaches / E. McGoff, F. Dunn, L. M. Cachazo, P. Nicolet, N. C. Ewald // Science of the Total Environment. – 2017. – Vol. 581-582. – P. 105–116.

8 In the eye of the beholder: Assessing the water quality of shoreline parks around the Island of Montreal through citizen science / D. Lévesque, A. Cattaneo, G. Deschamps, C. Hudon // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 579. – P. 978–988.

9 The sex system of the population of *Sagittaria Saittifolia* as an indicator of the ecological status of a river / T. Konchina, V. Sidorskaya, S. Oparina, E. Baronova, E. Zhestkova // *Vide. Tehnologija. Resursi – Environment, Technology, Resources: 11 th international scientific and practical conference on environment technology resources*. – 2017. – Vol. 1. – P. 150–155.

10 Anthropogenic changes in the fluxes to estuaries: Wastewater discharges compared with river loads in small rias / M. A. Álvarez-Vázquez, R. Prego, N. Ospina-Alvarez, A. V. Filgueiras, C. Vale // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 2016. – Vol. 179. – P. 112–123.

11 Micro and macroscale drivers of nutrient concentrations in urban streams in South, Central and North America / S. A. Loiselle, D. G. F. Cunha, S. Shupe, P. P. Belmont, A. Baruch // *PLoS ONE*. – 2016. – Vol. 11(9). – P. 162–184.

12 Косолапов, А. Е. О разработке методологии подготовки комплексных планов восстановления и устойчивого функционирования бассейнов малых и средних рек / А. Е. Косолапов, Н. Т. Дандара, М. В. Капустин // *Общество. Среда. Развитие*. – 2017. – № 3. – С. 96–90.

13 Дорожкин, Е. В. Анализ современного состояния малых рек бассейна Дона / Е. В. Дорожкин, В. А. Никаноров // *Стратегические проблемы водопользования России: сб. науч. тр.* – М.: Новочеркасск: НОК, 2008 – С. 364–372.

14 Темников, В. И. Состояние окружающей среды в Южном федеральном округе / В. И. Темников // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2005. – № 3. – С. 6–10.

15 Река Тузлов. План управления бассейном / А. Е. Косолапов, Н. Т. Дандара, В. Н. Шкура [и др.]. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2007. – 165 с.

16 Никаноров, А. М. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало, О. С. Решетняк. – Ростов н/Д.: НОК, 2006. – 308 с.

17 Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002: утв. и введ. в действие Федер. службой по гидрометеорологии и мониторингу окруж. среды 03.12.02 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm>, 2019.

18 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 12 октября 2018 года): Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>, 2019.

19 Данилович, Д. А. Пути достижения технологических показателей НДТ в объемах существующих сооружений биологической очистки городских сточных вод / Д. А. Данилович, С. В. Харькин // *Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения*. – 2017. – № 1. – С. 39–53.

20 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов: ИТС 10-2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200128670>, 2019.

21 Данилович, Д. А. Опыт технологического аудита на основе отраслевого справочника по НДТ (на примере реконструированных канализационных очистных сооружений «Заостровье») / Д. А. Данилович // *Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения*. – 2017. – № 3. – С. 12–25.

22 О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/550773021>, 2019.

23 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 479 с.

24 Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 5-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 400 с.

25 Mathcad 6.0 Plus. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. – 2-е изд., стер. – М.: Филинь, 1997. – 712 с.

26 Дьяков, В. Mathcad 2001: учеб. курс / В. Дьяков. – СПб.: Питер, 2001. – 624 с.

## References

1 Khoruzhaya T.A., 2002. *Otsenka ekologicheskoy opasnosti* [Environmental Risk Assessment]. Moscow, Book Service Publ., 208 p. (In Russian).

2 Danilov-Danil'yan V.I., Zalikhanov M.Ch., Losev K.S., 2007. *Ekologicheskaya bezopasnost'. Obshchie printsipy i rossiyskiy aspekt: ucheb. posobie* [Ecological Safety. General Principles and Russian Aspect: study manual]. 2<sup>nd</sup> ed. mod., Moscow, 288 p. (In Russian).

3 Schmal' A.G., 2010. *Factory ekologicheskoy bezopasnosti – ekologicheskie riski* [Environmental Safety Factors – Environmental Risks]. Bronnitsy, Moscow, IKTs BNTV Publ., 192 p. (In Russian).

4 Bol'sherotov A.L., 2010. *Sistema otsenki ekologicheskoy bezopasnosti stroitel'stva* [System for the Assessment of Environmental Safety of a Construction]. Moscow, Assoc. Civil Engin. Universities Publ., 216 p. (In Russian).

5 Vega A.S., Lizama K., Pasten P.A., 2018. Water Quality: Trends and Challenges. *Global Issues in Water Policy*, vol. 21, pp. 25-51. (In English).

6 Thompson J., Pelc C.E., Brogan W.R., Jordan T.E., 2018. The multiscale effects of stream restoration on water quality. *Ecological Engineering*, vol. 124, pp. 7-18. (In English).

7 McGoff E., Dunn F., Cachazo L.M., Nicolet P., Ewald N.C., 2017. Finding clean water habitats in urban landscapes: professional researcher vs citizen science approaches. *Science of the Total Environment*, vol. 581-582, pp. 105-116. (In English).

8 Lévesque D., Cattaneo A., Deschamps G., Hudon C., 2017. In the eye of the beholder: Assessing the water quality of shoreline parks around the Island of Montreal through citizen science. *Science of the Total Environment*, vol. 579, pp. 978-988. (In English).

9 Konchina T., Sidorskaya V., Oparina S., Baronova E., Zhestkova E., 2017. The sex system of the population of *Sagittaria Saittifolia* as an indicator of the ecological status of a river, *Vide. Tehnologija. Resursi – Environment, Technology, Resources: 11<sup>th</sup> international scientific and practical conference on environment technology resources*, vol. 1, pp. 150-155. (In English).

10 Álvarez-Vázquez M.A., Prego R., Ospina-Alvarez N., Filgueiras A.V., Vale C., 2016. Anthropogenic changes to the fluxes to estuaries: Wastewater discharges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 179, pp. 112-123. (In English).

11 Loiselle S., Cunha D.G.F., Shupe S., Belmont P.P., Baruch A., 2016. Micro and macroscale drivers of nutrient concentrations in urban streams in South, Central and North America. *PLoS ONE Publ.*, vol. 11(9), pp. 162-184. (In English).

12 Kosolapov A.E., Dandara N.T., Kapustin M.V., 2017. *O razrabotke metodologii podgotovki kompleksnykh planov vosstanovleniya i ustoychivogo funktsionirovaniya basseynov malykh i srednikh rek* [On the development of methodology for preparation of integrated plans for the restoration and sustainable operation of basins of small and medium-sized riv-

ers]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*. [Society. Environment. Development], no. 3, pp. 96-90. (In Russian).

13 Dorozhkin E.V., Nikanorov V.A., 2008 *Analiz sovremennogo sostoyaniya malykh rek basseyna Dona* [Analysis of the current state of the Don basin small rivers]. *Strategicheskie problemy vodopol'zovaniya Rossii: sb. nauch. tr.* [Strategic Problems of Water Use in Russia: Proceedings]. Moscow, Novocherkassk, NOK Publ., pp. 364-372. (In Russian).

14 Temnikov V.I., 2005. *Sostoyanie okruzhayushchey sredy v Yuzhnom federal'nom okruge* [Environment conditions in the Southern Federal District]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life Safety], no. 3, pp. 6-10. (In Russian).

15 Kosolapov A.E., Dandara N.T., Shkura V.N. [et al.], 2007. *Reka Tuzlov. Plan upravleniya basseynom* [River Tuzlov. Basin Management Plan]. Novocherkassk, SRSTU (NPI) Publ., 165 p. (In Russian).

16 Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Reshetnyak O.S., 2006. *Reki Rossii v usloviyakh chrezvychaynykh ekologicheskikh situatsiy* [Rivers of Russia in Emergency Environmental Situations]. Rostov n/Don, NOK Publ., 308 p. (In Russian).

17 RD 52.24.643-2002. *Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryazneniya poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam* [Method for Integrated Assessment of the Degree of Surface Waters Pollution by Hydrochemical Indicators], available: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm>, 2019. (In Russian).

18 *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [On Approval of Water Quality Standards for Fishery Water Bodies Including Standards for Maximum Permissible Concentrations of Harmful Substances in Waters of Fishery Water Bodies]. Order of Ministry of Agriculture RF, no. 552, available: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>, 2019. (In Russian).

19 Danilovich D.A., Kharkin S.V., 2017. *Puti dostizheniya tekhnologicheskikh pokazateley NDT v ob"emakh sushchestvuyushchikh sooruzheniy biologicheskoy ochistki gorodskikh stochnykh vod* [Ways to achieve technological indicators of BAT in the volumes of existing biological sewage treatment facilities]. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya* [Best Available Water Supply and Drainage Technologies], no. 1, pp. 39-53. (In Russian).

20 ITC 10-2015. *Ochistka stochnykh vod s ispol'zovaniyem tsentralizovannykh sistem vodootvedeniya poseleniy, gorodskikh okrugov* [Wastewater Treatment Using Centralized Sewerage Systems for Settlements, Urban Districts], available: <http://docs.cntd.ru/document/1200128670>, 2019. (In Russian).

21 Danilovich D.A., 2017. *Opyt tekhnologicheskogo audita na osnove otraslevogo spravochnika po NDT (na primere rekonstruirovannykh kanalizatsionnykh ochistnykh sooruzheniy «Zaostrov'e»)* [Experience of technological audit on the basis of the business reference book on BAT (on the example of reconstructed sewage treatment facilities “Zaostrovye”)]. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya* [Best Available Water Supply and Drainage Technologies], no. 3, pp. 12-25. (In Russian).

22 *O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon “Ob okhrane okruzhayushchey sredy” i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii* [On Amendments to the Federal Law On Environmental Protection and Certain Legislative Acts of the Russian Federation]. Federal Law no. 219-FZ, available: <http://docs.cntd.ru/document/550773021>, 2019. (In Russian).

23 Gmurman V.E., 2001. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: ucheb. posobie dlya vuzov* [Theory of Probability and Mathematical Statistics: study manual for universities]. 7<sup>th</sup> ed. Moscow, Higher School Publ., 479 p. (In Russian).

24 Gmurman V.E., 2001. *Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike: ucheb. posobie dlya vuzov* [A Guide to Problem Solving on Prob-



ability Theory and Mathematical Statistics: study manual for universities]. 5<sup>th</sup> ed. Moscow, Higher School, 400 p. (In Russian).

25 *Mathcad 6.0 Plus. Finansovye, inzhenernye i nauchnye raschety v srede Windows 95* [Financial, Engineering and Scientific Calculations in the Environment of Windows 95]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, Filin' Publ., 1997, 712 p. (In Russian).

26 D'yakov V., 2001. *Mathcad 2001: ucheb. kurs* [Mathcad 2001: study course]. SPb., Peter Publ., 624 p. (In Russian).

---

**Дрововозова Татьяна Ильинична**

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующий кафедрой экологических технологий природопользования

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

**Drovovozova Tatiana Ilinichna**

Degree: Doctor of Technical Sciences,

Title: Associate Professor

Position: Department Chair

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

**Паненко Наталья Николаевна**

Должность: ведущий специалист по учебно-методической работе

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru

**Panenko Natalia Nikolaevna**

Position: Leading Specialist in Educational and Methodical Work

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: panya-86@mail.ru