

Развитие методики расчёта нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов с учётом региональных особенностей водных объектов

© 2023. Ю. А. Тунакова¹, д. х. н., профессор, зав. кафедрой,
С. В. Новикова¹, д. т. н., профессор, В. С. Валиев², с. н. с.,
Е. В. Байбакова¹, аспирант,

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева (КАИ),
420126, Россия, г. Казань, ул. Четаева, д. 18,

²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, д. 28,
e-mail: juliaprof@mail.ru

Проблема регулирования сброса жидких отходов в водные объекты является актуальнейшей задачей и осуществляется на основе установления нормативов допустимого сброса (НДС). Многие авторы отмечают, что ключевой проблемой установления НДС является использование в качестве пороговых значений предельно допустимых концентраций (ПДК), определяемых без учёта региональных особенностей формирования состава природных вод и их способности к разбавлению сточных. Нами предложено развитие методики расчёта НДС, исходя из условия, что обеспечение отведения жидких отходов на уровне НДС не приведёт к изменению класса качества воды, определённого с использованием удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ). Обоснованы территориальные пороговые концентрации (ТПК) на основании анализа многолетних массивов данных гидрохимических наблюдений, которые позволяют учесть региональные особенности геохимического фона водных объектов, в том числе и по содержанию веществ двойного генезиса. А также, в неявном виде, ТПК позволяют учесть гидрологические и гидрохимические факторы, обеспечивающие способность природных вод к разбавлению стоков жидких отходов. Полученные ТПК предлагается использовать для расчёта допустимых концентраций веществ в сточных водах вместо ПДК. Нормативы допустимого сброса устанавливаются путём циклической итерации значений ТПК на 10%, с параллельным расчётом УКИЗВ, до перехода индекса в другой класс качества воды. В данной статье приведены результаты апробации предлагаемого развития методики расчёта НДС для жидких отходов от ОАО «Казанский завод синтетического каучука», сбрасываемых в р. Волга. Полученные результаты расчёта обосновывают более жёсткие требования к величине НДС для веществ преимущественно антропогенного происхождения. Для некоторых веществ двойного генезиса величина НДС получилась выше, что позволяет предъявлять более адекватные требования к водопользователям для очистки стоков жидких отходов.

Ключевые слова: жидкие производственные отходы, сброс, водные объекты, региональные особенности, пороговые концентрации, нормативы допустимого сброса, расчёт.

Development of the methodology for calculating the standards of permissible discharge of liquid industrial wastes taking into account regional peculiarities of water bodies

© 2023. Y. A. Tunakova¹ ORCID: 0000-0002-8826-8639, S. V. Novikova¹ ORCID: 0000-0001-8207-1010,
V. S. Valiev² ORCID: 0000-0002-8848-5326, E. V. Baibakova¹ ORCID: 0000-0002-9281-0216

¹Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI,
18, Chetaeva St., Kazan, Russia, 420126,

²Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences,
28, Daurskaya St., Kazan, Russia, 420087,
e-mail: juliaprof@mail.ru

regional peculiarities of formation of natural water composition and its ability to dilute wastewater. We have proposed the development of the methodology for calculating SPD, based on the condition that ensuring the disposal of liquid wastes at the level of permissible discharge standards will not lead to a change in the water quality class determined using the specific combinatorial index of water pollution (SCIWP). In the previous publication we have substantiated territorial threshold concentrations (TTC) based on the analysis of long-term data sets of hydrochemical observations, which allow us to take into account regional features of the geochemical background of water bodies, including the content of substances of dual genesis. They also implicitly allow taking into account hydrological and hydrochemical factors that ensure the ability of natural waters to dilute liquid waste effluents. The obtained TTCs are proposed to be used for calculation of permissible concentrations of substances in wastewater instead of MAC. SPD is established by cyclic iteration of TTC values by 10%, with parallel calculation of SCIWP, until the index is transferred to another water quality class. This paper presents the results of approbation of the proposed development of the methodology of SPD calculation for liquid waste from Open JSC “Kazan Synthetic Rubber Plant” discharged into the Volga River. The obtained calculation results make more stringent requirements to the value of SPD for substances mainly of anthropogenic origin. For some substances of dual genesis, the value of SPD was higher, which allows us to make more adequate requirements to water users for treatment of sewage effluents.

Keywords: liquid industrial waste, discharge, water bodies, regional peculiarities, threshold concentrations, standards of permissible discharge, calculation.

Жидкие отходы, образованные в ходе производственного процесса, и подлежащие сбросу в поверхностные водные объекты после очистки, являются одним из основных источников загрязнения поверхностных вод. В настоящее время основным государственным инструментом регулирования сбросов жидких отходов, образующихся на производствах, является установление нормативов допустимого сброса (НДС). Многие специалисты-практики выступают с конструктивной критикой действующего подхода обоснования НДС, отмечая, что при нормировании сбросов отдельных веществ и установлении антропогенной нагрузки на водные объекты применяются неадекватные требования, что является одной из причин неудовлетворительного качества поверхностных вод, в частности, основной водной артерии Российской Федерации – р. Волга [1–10]. Авторы подчёркивают, что действующая методика обоснования НДС не учитывает природные особенности водоёмов и водотоков, что приводит к тому, что для водопользователей, осуществляющих сброс жидких отходов, могут быть обоснованы неоправданно жёсткие нормативы, прежде всего, по веществам двойного генезиса. В частности, результаты мониторинговых исследований показывают, что в воде р. Волга фоновое содержание меди, марганца и цинка выше ПДК, что не влечёт за собой деградиционных процессов в речной экосистеме [9]. В силу природных особенностей водных объектов ПДК веществ двойного генезиса не могут быть обеспечены даже при введении жёстких требований к НДС. Фоновое содержание веществ выше уровня ПДК в поверхностных водных объектах привело к необходимости создания методик по расчёту НДС, ориентированных на применение фоновых концентраций [11].

В последние годы усиление научной дискуссии по вопросу обоснования НДС связано

с переходом на применение наилучших доступных технологий (НДТ). Действующая методика расчёта НДС (с применением ПДК) противоречит принципам нормирования на основе НДТ, а также принципам водоохранного законодательства [12]. Необходимость перехода к системе обоснования НДС на основе пороговых концентраций с учётом региональных особенностей формирования составов природных вод обоснована в работах отечественных и зарубежных учёных [13–16], что позволит учесть разнообразие состояний конкретных водных объектов, а также адекватно определять требуемые водоохранные мероприятия.

До сих пор научной проблемой остаётся обоснование пороговых концентраций, которые станут основой для расчёта НДС. В работе [17] нами обоснован подход для определения диапазонов территориальных пороговых концентраций (ТПК), отличающихся по значениям гидрохимических показателей водных объектов, с апробацией на конкретных участках Волжско-Камского бассейна. Был использован метод нейросетевого кластерного анализа и привлечена экспертная оценка для фиксации относительно стабильных во времени и пространстве гидрохимических состояний природных вод, использованные методы обоснованы в работах [18, 19].

Целью данного исследования является модернизация методики расчёта НДС для сбросов жидких отходов с использованием ТПК при условии, что это не приведёт к изменению класса качества воды, определённого по величине УКИЗВ.

Объекты и методы исследования

За основу расчёта НДС взята действующая методика, утверждённая Приказом МПР от 29.12.20 №1118 [11]. При расчёте допусти-

мой концентрации i -го вещества в сточных водах $C_{НДС}$ мы предлагаем использовать вместо ПДК ТПК. Использование ТПК позволяет учесть региональные особенности геохимического фона по содержанию веществ двойного генезиса, например, сульфатов, марганца, железа, хлоридов, фенола, кальция, магния и т. д. В связи с тем, что эти показатели получены путём оценки конкретных водных объектов, их значения могут быть выше ПДК в силу специфики регионального фона этих веществ. Физически ТПК представляют собой расчётную величину, полученную путём статистической обработки многолетних массивов локализованных данных гидрохимического анализа, основанную на анализе квартильных размахов и медиан.

Мы предлагаем проводить расчёт допустимых концентраций веществ в сточных водах по формуле:

$$C_{НДС} = N \cdot (ТПК_i - C_{СР_i}) + C_{СР_i} \quad (1)$$

где $ТПК_i$ – территориальная пороговая концентрация i -го вещества; $C_{СР_i}$ – медианное (фоновое) значение концентрации i -го вещества; N – кратность общего разбавления жидких отходов в водном объекте, равная произведению кратности начального разбавления (n_n) на кратность основного разбавления (n_o).

При расчёте $C_{НДС}$ по предлагаемому подходу использовалось медианное значение концентраций, принятое как фоновое. Распределение концентраций большей части гидрохимических показателей не соответствовало нормальному, в связи с чем была использована медиана.

Предлагаемая модернизация методики расчёта НДС при сбросе жидких отходов основана на предположении, что значимых изменений в гидрохимическом составе поверхностных вод не происходит, если сохраняется изначальный класс качества воды, определённый по УКИЗВ. Соответственно, значения допустимых концентраций при расчёте НДС должны подбираться таким образом, чтобы формирующиеся после сброса концентрации веществ, присутствующих в жидких отходах, сохраняли класс качества воды в водном объекте.

Этапы методики следующие:

- 1) нахождение значений ТПК в соответствии с подходом, изложенным в работе [18];
- 2) определение в соответствии с РД 52.24.622-2001 фоновых концентраций по

многолетним данным гидрохимических наблюдений;

3) проведение расчёта фонового значения УКИЗВ и определение класса качества воды по обязательному перечню веществ с добавлением к нему показателей, присутствующих в нормируемом сбросе жидких отходов, если они отсутствуют в обязательном перечне;

4) циклическая итерация значений ТПК на 10% с пошаговым вычислением величин УКИЗВ. Цикл осуществляется до тех пор, пока получаемый в результате расчёта УКИЗВ класс качества воды сохраняется в пределах исходного. Цикл прекращается при переходе индекса на другой класс качества. Величина 10% получена опытным путём, шаг в 10% от стартовой концентрации оказался наиболее оптимальным. Необходимо изменять концентрации только тех веществ, которые содержатся в составе жидких отходов.

5) фиксация предельных значений ТПК и использование их вместо ПДК;

6) расчёт допустимых значений концентраций на основе ТПК, полученных после всех итераций на предыдущем этапе;

7) расчёт значения НДС с использованием полученной допустимой концентрации для каждого вещества в составе жидких отходов.

Для расчёта фонового УКИЗВ использовали многолетний массив данных гидрохимических наблюдений в р. Волга (ниже 4,7 км г. Казани). Выбор объекта связан с тем, что этот участок Волги принимает сбросы жидких отходов разного состава. Наблюдения проводили с марта 2014 г. по декабрь 2021 г. по гидрохимическим показателям, включённым в перечень обязательных веществ для расчёта УКИЗВ: аммоний-ион, биохимическое потребление кислорода за пять суток ($БПК_5$), железо, растворённый кислород, марганец, медь, нефтепродукты, никель, нитраты, нитриты, сульфаты, фенол, химическое потребление кислорода ($ХПК$), хлориды, цинк, фосфат-ион, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), формальдегид, сульфиды.

Апробация предлагаемого развития методики расчёта НДС проведена на примере сбросов жидких отходов ОАО «Казанский завод синтетического каучука» (Выпуск 1: р. Волга). Комбинаторные индексы загрязнённости воды отдельных показателей рассчитаны по РД 52.24.643-2002 в соответствии с обязательным перечнем показателей. Расчёт УКИЗВ (S_{y0}) проводили по формуле:

$$S_{y.d.} = \frac{S_j}{N}, \quad (2)$$

где S_j – комбинаторный индекс загрязнённости воды в j -м створе; N – число учитываемых в оценке показателей.

Класс качества воды определён по шкале, представленной в РД 52.24.643-2002 (приложение В). Все гидрохимические показатели определяли с применением действующих методик измерений. Статистическую обработку результатов исследований проводили с применением программы Statistica 6.

Результаты и обсуждение

Рассчитанное значение УКИЗВ сопоставляли со шкалой классов качества, представленной в РД 52.24.643-2002. Используя многолетний массив данных, получен УКИЗВ, соответствующий фоновым значениям гидрохимических показателей, который составил 2,9, что соответствует классу качества «загрязнённая За». Используя этапы методики, приведённые выше, получены ТПК, скорректированные с учётом УКИЗВ, и $C_{идс}$, которые позволяют сохранить класс качества воды при сбросе. В нашем случае, нам необходимо достигнуть, но не превысить, значения $S_{y.d.} = 4,0$, так как это значение является границей между 3 и 4 классами качества воды.

В таблице 1 приведены значения ПДК, ТПК и медианные (фоновые) концентрации, обоснованные в соответствии с РД 52.24.622-2001.

Анализ результатов, представленных в таблице 1, показал, что полученные по описанным выше этапам методики значения ТПК по ионам аммония, нитритам, сульфатам, фосфатам и БПК₅ выше ПДК_{р/х.} и медианных (фоновых) показателей.

По фосфат-ионам и медианное (фоновое) содержание, и ТПК значительно выше ПДК. В этом случае в соответствии с п. 15 Постановления Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 при расчёте НДС должны быть применены значения нормативов, установленных на уровне значений показателей природных фоновых концентраций химических веществ в этом речном бассейне или его части.

Следует отметить, что в таблице 1 указаны пороги только сбрасываемых веществ в составе жидких отходов. По целому ряду сбрасываемых веществ (АПАВ, формальдегид, сульфиды, хлориды, нитраты) превышений ПДК не было достигнуто за многолетний период наблюдений, поэтому значения $S_{обобщ.}$ этих веществ равно 0. В этом случае в качестве пороговых концентраций при расчёте НДС следует использовать действующие ПДК этих веществ.

В таблице 2 представлены результаты расчёта допустимых концентраций веществ в

Таблица 1 / Table 1

Значения территориальных пороговых концентраций в сравнении с предельными допустимыми концентрациями веществ для водных объектов рыбохозяйственного назначения и медианными (фоновыми) концентрациями / Indicators of territorial threshold concentrations in comparison with the maximum permissible concentrations of substances for fishery water bodies and median (background) concentrations

Вещества в составе жидких отходов, подлежащие нормированию Substances in the composition of liquid waste subject to regulation	ПДК _{р/х.} Maximum permissible concentration	ТПК Territorial threshold concentration	$C_{срi}$ Median (background) concentration
NH ₄ ⁺ , мг/л / mg/L	0,5	0,8	0,38
БПК ₅ , мг/л / Biochemical oxygen demand, mg/ L	2	3,4	1,62
Нефтепродукты, мг/л / Petroleum products, mg/ L	0,05	0,0058	0,0028
NO ₃ ⁻ , мг/л / mg/ L	40	40	1,61
NO ₂ ⁻ , мг/л / mg/ L	0,08	0,14	0,07
SO ₄ ²⁻ , мг/л / mg/ L	100	114,6	54,5
Cl ⁻ , мг/л / mg/ L	300	300	11,3
PO ₄ ³⁻ , мг/л / mg/ L	0,2	0,55	0,26
СПАВ, мг/л / Synthetic surfactants, mg/ L	0,5	0,5	0,005
CH ₂ O, мг/л / mg/ L	0,1	0,1	0,001
Сульфиды, мг/л / Sulfides, mg/ L	0,005	0,005	0,0001

Таблица 2 / Table 2

Допустимые концентрации веществ в сточных водах, содержащихся в жидких отходах завода
Permissible concentrations of substances contained in the liquid waste of the plant

Вещество, содержащееся в жидких отходах Substance contained in liquid waste	Действующая методика According to the current methodology	Модернизированная методика Modernized methodology
SO ₄ ²⁻ , мг/л / mg/L	99,09	113,46
PO ₄ ³⁻ , мг/л / mg/L	0,255	0,544
Cl ⁻ , мг/л / mg/L	294,23	294,23
Нефтепродукты, мг/л / Petroleum products, mg/L	0,049	0,0056
БПК ₅ , мг/л / Biochemical oxygen demand, mg/L	3,202	3,359
NO ₃ ⁻ , мг/л / mg/L	39,23	39,23
NO ₂ ⁻ , мг/л / mg/L	0,0797	0,13836
NH ₄ ⁺ , мг/л / mg/L	0,4976	0,79
Сульфиды, мг/л / Sulfides, mg/L	0,0049	0,0049
CH ₂ O, мг/л / mg/L	0,098	0,098
СПАВ, мг/л / Synthetic surfactants, mg/L	0,49009	0,4856

Таблица 3 / Table 3

Результаты расчёта нормативов допустимых сбросов по модернизированной и действующей методикам и фактическим сбросом (кг/ч) жидких отходов завода / Results of calculation of permissible discharge standards according to the experimental methodology and the current methodology and the actual discharge (kg/hour) of liquid wastes of the plant

Название вещества Name of the substance	Фактический сброс Actual reset	НДС _{дейст.} / The standard of ermissible discharge is valid	НДС _{модер.} / The standard of modernized methodology
SO ₄ ²⁻	80,362	159,263	182,36
PO ₄ ³⁻	0,37	0,4095	0,875
Cl ⁻	15,59	472,8959	472,909
Нефтепродукты Petroleum products	0,085	0,079	0,009
БПК ₅ / Biochemical oxygen demand	2,89	3,20	5,399
NO ₃ ⁻	2,79	63,06	63,06
NO ₂ ⁻	0,12	0,1281	0,22
NH ₄ ⁺	0,66	0,79	1,27
Сульфиды / Sulfides	0,008	0,008	0,008
CH ₂ O	0,148	0,16	0,16
СПАВ / Synthetic surfactants	0,66	0,79	0,78

сточных водах, содержащихся в жидких отходах рассматриваемого завода по действующей методике [11] расчёта $C_{НДС}$ и по предлагаемой модернизации методики расчёта $C_{НДС}$.

Расчёт НДС, как по действующей методике, так и нормативной требует определения кратности общего разбавления сточных вод в водотоке (N). Этот показатель был рассчитан в соответствии с методикой [11]. Получено значение 0,98, что соответствует значению, указанному в проекте НДС для имеющегося одиночного сброса жидких отходов.

В таблице 3 приведены результаты расчёта НДС по предлагаемым этапам методики (НДС_{модер.}) в сравнении с действующей методикой (НДС_{дейст.}) и фактическими значениями сброса жидких отходов. Исследования жидких отходов предприятия выполнено аккредитованной лабораторией с применением утверждённых методов химического анализа.

Полученные с использованием предлагаемой модернизации методики расчёта НДС результаты предъявляют более жёсткие требования к величине НДС для веществ преимущественно антропогенного проис-

хождения (нефтепродукты). Для некоторых веществ двойного генезиса (сульфаты, фосфаты, БПК₅, ионы аммония, нитриты) величина НДС, определённая по действующей методике (НДС_{дейст.}), получилась меньше, чем величина НДС, рассчитанная по модернизированной методике (НДС_{модер.}), причём существенно меньше для фосфатов. Для веществ, содержание которых в р. Волга не достигает ПДК, изменение величины НДС по модернизированной методике (сульфиды, формальдегид, СПАВ, хлориды, нитраты) является незначительным.

Заключение

Поверхностные водные объекты характеризуются значительной пространственной неоднородностью и природными особенностями формирования состава вод. Способность к разбавлению жидких производственных отходов определяется гидрологическими и гидрохимическими характеристиками водного объекта. Предельно допустимые концентрации некоторых веществ, в том числе двойного генезиса, не могут быть обеспечены в силу природных особенностей водных объектов даже при жёстких методах регулирования антропогенного воздействия. Данные особенности необходимо учитывать при расчёте нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов в поверхностные водные объекты. При расчёте действующих НДС в настоящее время учитываются лишь гидрологические критерии кратности разбавления. Нами предложен подход для расчёта НДС веществ, входящих в состав жидких отходов, прежде всего двойного генезиса, для учёта региональных особенностей формирования состава природных вод. Расчёт пороговых концентраций предложено осуществлять на основе анализа массивов данных гидрохимических наблюдений, что позволяет учесть региональные особенности состава природных вод и их способность к разбавлению стоков жидких отходов. С другой стороны, должно обеспечиваться сохранение класса качества воды, поэтому предложен способ корректировки пороговых концентраций по значениям УКИЗВ. Внедрение предложенного развития действующей методики нормирования сбросов жидких отходов позволит: снизить неоправданно высокие затраты на водоочистку; ранжировать проблемы по загрязнению водных объектов компонентами жидких отходов; сформировать научно-обоснованную программу поэтапного

снижения сбросов жидких отходов в пределах речных бассейнов.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению № 075-03-2023-032 от 16.01.2023 (номер темы FZSU-2023-0005).

Литература

1. Лепихин А.П. Проблемы регулирования антропогенного воздействия на водные объекты // Водное хозяйство России. 2004. № 4. С. 318–345.
2. Строков А.А. Особенности нормирования качества воды при разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 3. С. 105–109.
3. Беспалова К.В. Определение нормативов допустимого сброса веществ двойного генезиса в водные объекты Нижней Волги с учётом их природных особенностей // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. № 8 (80). С. 68–74.
4. Ласкорин Б.Н., Лукьяненко В.И. Стратегия и тактика охраны водоёмов от загрязнения // Вестник РАН. 1992. № 11. С. 45–63.
5. Мусихина Т.А. Региональные нормативы содержания химических элементов в поверхностных водах // Экология и промышленность России. 2001. № 5. С. 26–28.
6. Караушев А.В., Шварцман А.Я. Нормирование сбросов сточных вод в реки с учётом их режима // «Качество вод и научные основы их охраны»: Труды V Всесоюз. гидрологического съезда. Т. 5. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 17–28.
7. Гагарина О.В. Проблемы нормативного обеспечения разработки и установления нормативов допустимого воздействия на водные объекты // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. Выпуск 1. С. 20–26.
8. Селезнёв В.А., Селезнёва А.В., Беспалова К.В. Разработка бассейновых нормативов качества воды (на примере водных объектов нижней Волги) // Водное хозяйство России. 2013. № 2. С. 42–53.
9. Селезнёва А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2007. 105 с.
10. Селезнёва А.В. Разработка превентивных мер борьбы с «цветением» воды на крупных водохранилищах // Экология и промышленность России. 2010. № 7. С. 38–43.
11. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей (утверждена Приказом Минприроды России от 29 декабря 2020 года № 1118 с изменениями

на 18 мая 2022 года) [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/573275596?ysclid=lmprw9mffxx671679246> (Дата обращения: 15. 09.2023).

12. Саакян Ю.З., Григорьев А.В., Кравец Е.А., Рудаков Е.Н., Фаддеев А.М., Шкарупа А.А. Анализ «Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» в общем контексте водоохранного законодательства // Водоснабжение и санитарная техника. 2020. № 2. С. 25–30.

13. Никаноров А.М., Черногаева Г.М., Беляев С.Д. Фундаментальные и прикладные проблемы качества поверхностных водных ресурсов // VII Всероссийский гидрологический съезд: тезисы пленарных докл. СПб., 2013. С. 43–53.

14. Беляев С.Д. К вопросу о нормировании водопользования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2004. Т. 6. № 5. С. 445–459.

15. Brown S. A note on environmental risk and the rate of discount // Journal of Environmental Economics and Management. 1983. V. 10. P. 282–286.

16. Карадашина Л.Ф., Хохлявин С.А., Сурсяков В.Н. Опыт управления водными ресурсами в Европейском Союзе и его значение для России // Водохозяйственный комплекс России: проблемы, технологии, менеджмент. 2002. Т. 4. № 5. С. 406–413.

17. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Байбакова Е.В., Валиев В.С. Методология определения региональных пороговых концентраций для расчёта нормативов допустимого сброса жидких производственных отходов в поверхностные воды // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 28–33.

18. Тунакова Ю.А., Новикова С.В., Иванов Д.В., Шагидуллин А.Р., Валиев В.С., Мораиш А.Х. Подходы для установления пороговых концентраций приоритетных загрязняющих веществ в компонентах урбоэкосистемы // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 23–28.

19. Банникова О.А., Бычкова Е.Н. К вопросу об установлении региональных стандартов качества воды // Водное хозяйство России. 2011. № 6. С. 54–68.

References

1. Lepikhin A.P. Problems of regulation of anthropogenic impacts on water bodies // Water economy of Russia. 2004. No. 4. P. 318–345.

2. Stokov A.A. Features of water quality rationing in the development of standards for permissible impact on water bodies // Bulletin RUDN, series Ecology and Life Safety. 2014. No. 3. P. 105–109 (in Russian).

3. Bepalova K.V. Determination of standards for permissible discharge of substances of dual genesis into the water bodies of the Lower Volga, taking into account their natural features // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2014. No. 8 (80). P. 68–74 (in Russian).

4. Laskorin B.N., Lukyanenko V.I. Strategy and tactics for protecting water bodies from pollution // Vestnik RAN. 1992. No. 11. P. 45–63 (in Russian).

5. Musikhina T.A. Regional standards for the content of chemical elements in surface waters // Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2001. No. 5. P. 26–28 (in Russian).

6. Karashev A.V., Shvartsman A.Ya. Standardization of wastewater discharges into rivers, taking into account their regime // Trudy V Vsesoyuz. gidrologicheskogo sezda “Water quality and scientific basis for their protection”. V. 5. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. P. 17–28 (in Russian).

7. Gagarina O.V. Problems of regulatory support for the development and establishment of standards for permissible impact on water bodies // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle. 2010. V. 1. P. 20–26 (in Russian).

8. Seleznev V.A., Selezneva A.V., Bepalova K.V. Development of basin water quality standards (using the example of water bodies of the Lower Volga) // Vodnoe khozyaystvo Rossii. 2013. No. 2. P. 42–53 (in Russian).

9. Selezneva A.V. From monitoring to standardization of anthropogenic load on water bodies. Samara: Izd-vo SamNTs RAN, 2007. 105 p. (in Russian).

10. Selezneva A.V. Development of preventive measures to combat water blooms in large reservoirs // Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2010. No. 7. P. 38–43 (in Russian).

11. Methodology for developing standards for permissible discharges of pollutants into water bodies for water users (approved by Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 29, 2020 No 1418 as amended on May 18, 2022) [Internet recourse] <https://docs.cntd.ru/document/573275596?ysclid=lmprw9mffxx671679246> (Accessed: 15. 09.2023) (in Russian).

12. Saakyan Yu.Z., Grigoriev A.V., Kravets E.A., Rudakov E.N., Faddeev A.M., Shkarupa A.A. Analysis of “Methods for developing standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies for water users” in the general context of water protection legislation // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2020. No. 2. P. 25–30 (in Russian). doi: 10.35776/MNP.2020.02.05

13. Nikanorov A.M., Chernogaeva G.M., Belyaev S.D. Fundamental and applied problems of surface water quality // VII Vseros. Hydrol. Congress: theses of plenary reports. Sankt-Peterburg: Hydrometeoizdat, 2013. P. 43–53 (in Russian).

14. Belyaev S.D. On the issue of rationing water use // Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2004. V. 6. No. 5. P. 445–459 (in Russian).

15. Brown S. A note on environmental risk and the rate of discount // Journal of Environmental Economics and Management. 1983. V. 10. P. 282–286.

16. Karadashina L.F., Khokhlyavin S.A., Sursyakov V.N. Experience of water resources management in the European

Union and its significance for Russia // Russian Water Industry: problems, technologies, management. 2002. V. 4. No. 5. P. 406–413 (in Russian).

17. Tunakova Yu.A., Novikova S.V., Baybakova E.V., Valiev V.S. Methodology for determining regional threshold concentrations for calculating standards for permissible discharge of liquid industrial waste into surface waters // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 4. P. 28–33 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-028-033

18. Tunakova Y.A., Novikova S.V., Ivanov D.V., Shagidullin A.R., Valiev V.S., Morais A.J. Approaches for establishing threshold concentrations of priority pollutants in urban ecosystem components // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 3. P. 23–28 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-023-028 2020

19. Bannikova O.A., Bychkova E.N. To the issue of establishing regional water quality standards // Water economy of Russia. 2011. No. 6. P. 54–68 (in Russian).