МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВОВ ПДК ДЛЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ПРИРОДНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Е. О. Попова^{1*}, М. В. Медянкина², А. Г. Тригуб²

¹ООО “ЭкоСервис-А”, 107140 г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17А, стр. 1Б;
e-mail: *elena.porova.0202@gmail.com

²Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского,
109004 г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73

Поступила в редакцию 16.08.2024

Регулирование содержания загрязняющих веществ в водных объектах стало приобретать все большее практическое значение в начале 1960-х годов, при этом основное внимание уделялось сохранению качества воды и среды обитания рыб и других водных организмов. Сложившаяся система нормирования качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения на основе предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ не учитывает региональные особенности водных объектов. Тогда как региональные нормативы могут позволить наиболее полно реализовать принципы экосистемного подхода, учесть особенности сложившейся экосистемы, основываясь на анализе многолетних наблюдений, гидрохимических и токсикологических исследований. В статье приводятся основные методические подходы, конкретизирующие положения “Методических указаний по разработке региональных ПДК”. Основными этапами разработки региональных ПДК являются: обоснование возможности разработки региональных нормативов, определение территории, на которую распространяется их действие, и лабораторные исследования. При утверждении региональные ПДК имеют приоритет перед федеральными нормативами и ориентируются на сохранение водных экосистем.

Ключевые слова: региональные ПДК, экологическое нормирование, тест-объекты, воды с природными особенностями, ПДК, экологический мониторинг.

DOI: 10.47021/0320-3557-2024-36-41

Проблема влияния потенциально вредных веществ на водные организмы в России возникла и развивалась в результате усиливающегося загрязнения поверхностных вод вследствие роста населения и развития хозяйственной деятельности начиная с конца XIX–начала XX столетия [Филенко, Чуйко, 2017 (Filenko, Chuiko, 2017)].

С этого времени начинаются поиски подходов по оценке воздействия различных веществ на водные организмы на примере стоков фабричной промышленности, транспортировки нефти, переработки древесины и т.д. Исследования биологического действия и экологических последствий загрязнения воды на гидробионтов легли в основу развития нового направления в гидробиологии — водной токсикологии. Приоритетным результатом прикладных разработок водной токсикологии стало установление биологически обоснованных лимитов загрязнения водной среды — предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ (ЗВ) [Филенко, Чуйко, 2017 (Filenko, Chuiko, 2017)].

Проблемы нормативного регулирования поступления ЗВ в водные объекты стали приобретать практическое значение с конца 1950-х–начала 1960-х гг., хотя их важность и значимость обсуждались и ранее. На основе

проведения большого количества полевых и экспериментальных работ по изучению влияния сточных вод и их компонентов на водные объекты, представителей планктона и бентоса, рыб, выполненных ФГБНУ “ВНИРО” (ранее — лабораторией ВНИОРХ) под руководством А.Г. Гусева, были разработаны первые обобщенные требования к качеству воды рыбохозяйственных водоемов [Гусев, 1958 (Gusev, 1958)]. В основу разработки этих требований был положен принцип создания в водоемах нормальных условий обитания и воспроизводства рыб и других водных организмов и сохранности их хозяйственной ценности. В результате накопления практического опыта разработки нормативов ПДК загрязняющих веществ в воде рыбохозяйственных водоемов совершенствовался и порядок организации их разработки и утверждения [Гусев, 1968 (Gusev, 1968)].

Таким образом, основные положения по разработке ПДК учтены в “Методических указаниях по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения”, которые были утверждены приказом Росрыболовства № 695 от 04.08.2009 [Методические..., 2009 (Metodicheskie..., 2009)].

Действующие методические указания реализуют фундаментальный принцип экосистемного подхода при разработке нормативов — обязательное проведение исследований на тест-объектах разных трофических звеньев водного объекта (микроорганизмы, фито-, зоопланктон, фитобентос, зообентос и рыбы на разных стадиях развития), оценка влияния веществ на санитарные показатели водной среды, определение стабильности вещества в воде, способности его к накоплению в гидробионтах, исследование генотоксичности. В то же время одним из недостатков нормативов ПДК является отсутствие учета природных особенностей водных объектов.

Методические указания предусматривают возможность разработки нормативов ПДК веществ с учетом природных особенностей водных объектов (региональные ПДК). Как показывают многочисленные исследования и в России, и в других странах, токсичность многих веществ проявляется неодинаково в зависимости от физико-химических характеристик природной воды — величины pH, жесткости, содержания растворенного кислорода, температуры и т.д. В такой ситуации практически единственным реальным в обозримой перспективе шагом в сторону гармоничного развития водохозяйственного комплекса с учетом потребностей водопользователей при приоритетном сохранении водных экосистем является региональное рыбохозяйственное нормирование [Российские..., 2023 (Rossijskie..., 2023)].

Однако возможность применения положений методических указаний при разработке региональных ПДК ограничена неурегулированностью многих вопросов. Работа, которая проводилась в рамках заседаний научно-технического совета ФГБУ «ЦУРЭН» с 2017 г., основываясь на опыте рассмотрения научно-технических отчетов по разработке региональных нормативов, анализе фундаментальных токсикологических, гидробиологических, мониторинговых исследований, позволила подготовить единые требования и подходы, которые будут приведены в данной статье. Нижеприведенные рекомендации уточняют и конкретизируют положения, изложенные в разделе 7 «Методических указаний» [Методические..., 2009 (Metodicheskie..., 2009)].

Рекомендации по разработке и утверждению нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения с учетом природных особенностей водных объектов. Нормативы ПДК вредных

веществ с учетом природных особенностей водных объектов (региональные нормативы) разрабатываются с целью сохранения сформировавшегося под влиянием природных факторов состава воды водных объектов рыбохозяйственного значения [Методические..., 2009 (Metodicheskie..., 2009)].

В основе разработки региональных нормативов ПДК заложен экосистемный подход — учет особенностей функционирования сложившейся экосистемы (оценка состояния живых организмов всех трофических звеньев во взаимосвязи между собой и с окружающей средой, а также факторов, нарушающих саморегуляцию экосистемы и ведущих ее к дисбалансу).

Региональные нормативы разрабатываются для следующих веществ:

- для химических элементов, встречающихся в биогеохимических провинциях, где природные аномалии химического состава воды водных объектов устойчивы;
- или для техногенных аналогов природных веществ, сброс которых требует учета типа принимающего водного объекта и особенностей водосборной территории. К ним относятся вещества, способные повышать сапробность и эвтрофность вод (легко утилизируемые органические соединения и соединения биогенных элементов), изменять солевой режим (минерализацию) и pH природных вод, изменять концентрацию взвешенных (минеральных) веществ природного происхождения, а также соединения и комплексы гуминовых кислот.

Разработка региональных нормативов не предусматривается для веществ искусственного (не природного) происхождения.

Перечень веществ, для которых возможна разработка нормативов ПДК в водах водных объектов рыбохозяйственного значения с учетом природных особенностей (региональных нормативов), приведен в таблице.

Необходимость разработки региональных нормативов должна базироваться на ряде обоснований:

1. Имеющиеся данные многолетних наблюдений, включающие официальную информацию подразделений Росгидромета, других аккредитованных лабораторий, проводящих такого рода наблюдения, сведения единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении, государственном водном реестре, фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), а также литературные данные.

Перечень веществ, для которых возможна разработка нормативов предельно допустимых концентраций в водах водных объектов рыбохозяйственного значения с учетом природных особенностей водных объектов

List of substances for which it is possible to develop standards for maximum permissible concentrations in the waters of water bodies of fishery importance, taking into account the natural characteristics of water bodies

№	Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения Indicators of water quality of water bodies of fishery importance	№	Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения Indicators of water quality of water bodies of fishery importance
Главные ионы / The main ions		24	Марганец растворенный Dissolved manganese
1	Хлорид-анион Chloride anion	25	Медь растворенная Dissolved copper
2	Сульфат-анион Sulfate anion	26	Молибден растворенный Dissolved molybdenum
3	Калий Potassium	27	Мышьяк растворенный Dissolved arsenic
4	Кальций Calcium	28	Никель растворенный Dissolved nickel
5	Натрий Sodium	29	Олово растворенное Dissolved tin
6	Магний Magnesium	30	Роданид-анион (CNS ⁻) Rhodanide anion (CNS ⁻)
7	Карбонаты, бикарбонаты Carbonates, bicarbonates	31	Ртуть растворенная Mercury dissolved
Биогенные вещества / Biogenic substances		32	Рубидий Rubidium
8	Аммоний-ион (NH ⁴⁺) Ammonium ion (NH ⁴⁺)	33	Свинец Lead
9	Нитрат-ион (N-NO ₃) Nitrate-ion (N-NO ₃)	34	Селен растворенный Dissolved selenium
10	Нитрит-ион (N-NO ₂) Nitrite ion (N-NO ₂)	35	Стронций растворенный Strontium dissolved
11	Фосфор фосфатов и полифосфатов (P-PO ₄) Phosphorus of phosphates and polyphosphates (P-PO ₄)	36	Сульфит-анион Sulfite anion
Микрокомпоненты / Microcomponents		37	Сурьма Antimony
12	Алюминий Aluminum	38	Теллур растворенный Dissolved Tellurium
13	Барий растворенный Dissolved barium	39	Тиосульфат-анион Thiosulfate anion
14	Бериллий растворенный Beryllium dissolved	40	Сульфид-анион (S ₂ ⁻) Sulfide anion (S ₂ ⁻)
15	Бор (ионные формы, за исключением боргидридов) растворенный Boron (ionic forms, except borohydrides) dissolved	41	Таллий растворенный Thallium dissolved
16	Бромид-анион Bromide anion	42	Титан растворенный Dissolved titanium
17	Ванадий растворенный Vanadium dissolved	43	Фторид-анион Fluoride anion
18	Вольфрам растворенный Dissolved tungsten	44	Хлорат-анион (ClO ₃ ⁻) Chlorate anion (ClO ₃ ⁻)
19	Железо растворенное Dissolved iron	45	Хром трехвалентный растворенный Chromium trivalent dissolved
20	Йодид-анион Iodide anion	46	Хром шестивалентный растворенный Hexavalent chromium dissolved
21	Кадмий растворенный Cadmium dissolved	47	Цезий Caesium
22	Кобальт растворенный Dissolved cobalt	48	Цианид-анион Cyanide anion
23	Литий Lithium	49	Цинк растворенный Dissolved zinc
		50	Цирконий растворенный Zirconium dissolved

Эта информация и сведения должны указывать на устойчивое во времени превышение имеющихся федеральных ПДК по конкретному гидрохимическому или гидрофизическому показателю на фоновых участках или не подверженных прямому антропогенному воздействию водных объектах в пределах определенных территорий, т.е. наличие “аномальности” по этому показателю.

Критерии “аномальности” для разработки региональных ПДК:

- средние или средневзвешенные за год региональные значения концентраций вещества в воде водного объекта превышают федеральные ПДК_{р/х};

- максимальные за год значения концентраций вещества в воде водного объекта превышают ПДК_{р/х}.

Выбор числа лет наблюдений зависит от существенности отличия данных в предыдущие годы от данных в опорном (последнем) году наблюдений. Для выделения равноточного массива многолетних данных используют непараметрический критерий Вилкоксона и Манна-Уитни. Таким образом, в соответствии с указанным принципом формирования исходного массива данных, число лет систематических гидрохимических наблюдений, используемых для обоснования установления региональных нормативов, не ограничивается, но не может быть менее 1 года.

На основании анализа полученных данных делается вывод об устойчивости природной аномалии химического состава воды водных объектов.

2. Обоснование границ территории, на которой распространяется действие регионального норматива.

Региональные ПДК устанавливаются для речного бассейна или его части, водного объекта или его части (водохозяйственного участка).

Для обоснования границ территории проводятся полевые наблюдения длительностью не менее 1 года во все характерные сезоны. Минимальное число данных: 4 наблюдения в каждом характерном сезоне или по 2 наблюдения в открытый и подледный периоды.

Территории, для которых предполагается разработка нормативов с учетом природных особенностей водных объектов (биогеохимические провинции, районы с водными объектами определенной трофности, жесткости, минерализации воды и т.д.), должны быть охарактеризованы на основании наблюдений, проведенных за последний год по следующим показателям:

- повышенным или пониженным природным содержанием нормируемого ингредиента

в поверхностных водах территории по сравнению с действующим федеральным нормативом ПДК;

- по интегральным показателям качества воды на водосборе, в том числе, по содержанию основных компонентов воды и физико-химическим факторам;

- гидробиологическим показателям (описание структуры и состояния беспозвоночных гидробионтов и ихтиофауны, включающее их таксономические показатели; средние многолетние показатели численности и биомассы; пространственное и количественное распределение; сезонные и межгодовые изменения состава и распределения; показатели рыбопродуктивности и т.д.).

Выбор водоема для отбора проб и проведения наблюдений определяется максимальным отсутствием антропогенной нагрузки и “условно чистой водой” (отсутствием признаков деградации естественной экологической системы (изменение видовой или трофической структуры экосистем, их естественной продуктивности, морфологических или обменных свойств почв, исчезновение видов животных и растений, нарушение биологических циклов животных и растений). При наличии особо охраняемой природной территории, имеющей аналогичные с выбранным регионом природные условия, водный объект выбирается в пределах такой, особо охраняемой природной территории.

Фоновые створы могут быть определены в соответствии с РД 52.24.309-2016 [РД, 2016 (RD, 2016)].

Границы территории, на которую распространяется действие регионального норматива, наносятся на картографические материалы в векторном формате. В границах указанных координат норматив распространяется на все водные объекты рыбохозяйственного значения.

3. Особенности лабораторного этапа разработки региональных нормативов.

Нормативы определяются с использованием природной воды из водного объекта выбранного региона (“региональная вода”).

Перед началом исследований проводится количественный химический анализ региональной воды по основным показателям, включая предполагаемое к нормированию вещество.

В первую очередь, проводятся гидрохимические исследования: определяется pH, содержание растворенного кислорода, БПК₅, сапрофитная микрофлора, аммонийный азот, нитриты, нитраты по аттестованным методикам. Затем выполняются токсикологические исследования на всех группах гидробионтов — тест-объектах.

Нормативы определяются с использованием тест-объектов, предусмотренных Методическими указаниями, культивируемых на региональной воде (фитопланктон, зоопланктон, бентос, аквариумные виды рыб). Тест-объекты необходимо адаптировать к региональной воде не менее 14 сут. Если смертность тест-объектов за этот период превышает 10%, то адаптацию (акклимацию) продолжают еще 10 сут. Если гибель тест-объектов продолжается, ставится вопрос о замене вида или отказе от разработки норматива. Готовность культур к испытаниям определяют по ее физиологической чувствительности к стандартному токсиканту. В случае необходимости список тест-объектов может быть дополнен.

При антропогенном загрязнении вод территории (с учетом природных особенностей водных объектов) можно использовать токсикологические данные, полученные на воде и тест-объектах для водного объекта-аналога из незагрязненного района со схожими условиями формирования качества воды.

Если на вещество существует утвержденный общероссийский норматив, то региональный норматив может быть установлен по сокращенной схеме. Для этого на региональной воде должны быть проведены исследования на тест-объектах, оказавшихся лимитирующими при установлении общероссийского норматива (с учетом требований п. п. 7.3–7.5 Методических указаний).

При проведении исследований на тест-объектах выполняются контрольные опыты на региональной воде и на этой же воде, с добавлением различных концентраций нормируемого вещества. При проведении исследований на зоопланктоне проводится контроль реального

содержания нормируемого вещества в исследуемых концентрациях (после постановки опыта, в середине опыта и перед его завершением) относительно номинальных концентраций, рассчитанных по внесению.

Величины региональных нормативов ПДК веществ, с учетом природных особенностей водных объектов, указываются всегда в абсолютном значении, а не в допустимом превышении концентрации над фоновым уровнем. При утверждении регионального ПДК, данный норматив является приоритетным по отношению к федеральному нормативу.

Несмотря на то, что выработанные рекомендации были разработаны представителями подведомственных Росрыболовству учреждений (ФГБНУ “ВНИРО”, ФГБУ “ЦУРЭН”), а также МГУ им. Ломоносова и учреждениями, подведомственными Минприроды России, одобрены всеми членами Секции рыбохозяйственных нормативов ПДК НТС ФГБУ “ЦУРЭН” и на данный момент являются негласно обязательными при разработке региональных нормативов, они еще не нашли своего отражения в действующей системе нормативно-правовых актов.

Таким образом, необходимо продолжать работу по утверждению данных рекомендаций соответствующими компетентными органами власти. Разработка региональных ПДК для различных природных зон может значительно улучшить ситуацию управления водными ресурсами с оценкой максимальной допустимой нагрузки ЗВ двойного генезиса, при которой не оказывается статистически достоверное негативное воздействие ни на одно из звеньев трофической цепи в водной среде [Российские..., 2023 (Rossijskie..., 2023)].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гусев А.Г. Влияние промышленных сточных вод на водохранилища, рыб и их кормовые объекты и мероприятия по ликвидации и недопущению загрязнения // Материалы Всесоюзного совещания по вопросам рыбохозяйственного освоения водохранилищ (гидрология, гидрохимия, гидробиология). Л., 1958. С. 6–8.
- Гусев А.Г. Нормирование качества воды рыбохозяйственных водоемов // Всесоюз. научн. конф. по вопросам водной токсикологии: сб. тез докл. М.: Наука, 1968. С. 9–12.
- Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденные приказом Росрыболовства от 04.08.2009 № 695.
- РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Росгидромет (приказ от 20.12.2016 № 585). 100 с.
- Российские и мировые практики нормирования качества воды: ретроспектива, сравнительный анализ, пути развития / О.Н. Ерина, М.А. Терешина, М.В. Медянкина и др. // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Труды IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 25–28 мая 2023 года. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. С. 64–68.
- Филенко О.Ф., Чуйко Г.М. Водная экотоксикология в России: от прошлого к настоящему // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2017. Вып. 77(80). С. 124–142.

REFERENCES

- Filenko O.F., Chujko G.M. Vodnaya ekotoksikologiya v Rossii: ot proshlogo k nastoyashchemu [Aquatic ecotoxicology in Russia: from past to present — Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems]. *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences*, is. 77(80), pp. 124–142. (In Russia)
- Gusev A.G. Normirovanie kachestva vody rybohozyajstvennykh vodoemov [Rationing of water quality of fishery reservoirs]. *Vsesoyuzn. nauchn. konf. po voprosam vodnoj toksikologii: sb. tez dokl.* M., Nauka, 1968, pp. 9–12. (In Russia)
- Gusev A.G. Vliyanie promyshlennykh stochnykh vod na vodohranilishcha, ryb i ih kormovye ob`ekty i meropriyatiya po likvidacii i nedopushcheniyu zagryazneniya [The impact of industrial wastewater on reservoirs, fish and their feeding facilities and measures to eliminate and prevent pollution]. *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po voprosam rybohozyajstvennogo osvoeniya vodohranilishch (gidrologiya, gidrokhimiya, gidrobiologiya)*. L., 1958, pp. 6–8. (In Russia)
- Metodicheskie ukazaniya po razrabotke normativov kachestva vody vodnykh ob`ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh koncentraciy vrednykh veshchestv v vodah vodnykh ob`ektov rybohozyajstvennogo znacheniya [Methodological guidelines for the development of water quality standards for water bodies of fisheries importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries importance, approved by Order of the Federal Agency for Fisheries dated], utverzhennyye prikazom Rosrybolovstva ot 04.08.2009 № 695. (In Russia)
- RD 52.24.309-2016. Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudenij za sostoyaniem i zagryazneniem poverhnostnykh vod sushi [Organization and conduct of routine monitoring of the state and pollution of surface waters of the land]. Rosgidromet (prikaz ot 20.12.2016 № 585). 100 s. (In Russia)
- Rossijskie i mirovye praktiki normirovaniya kachestva vody: retrospektiva, sravnitel'nyj analiz, puti razvitiya [Modern problems of reservoirs and their catchments]. O. N. Erina, M. A. Tereshina, M. V. Medyankina [i dr.]. *Sovremennyye problemy vodohranilishch i ih vodosborov: Trudy IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 25–28 maya 2023 goda*. Perm', Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet, 2023, pp. 64–68. (In Russia)

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF MPC STANDARDS FOR WATER BODIES OF FISHERY IMPORTANCE, TAKING INTO ACCOUNT THEIR NATURAL FEATURES

E. O. Popova^{1,*}, M. V. Medyankina², A. G. Trigub²

¹Limited Liability Company “Ecoservice-A”

107140, Moscow, Russia; e-mail: *elena.popova.0202@gmail.com

²Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky
109004 Moscow, Russia

Revised 16.08.2024

The regulation of pollutants in water bodies began to gain increasing practical importance in the early 1960s, with the main focus on preserving water quality and the habitat of fish and other aquatic organisms. The current system of rationing the water quality of water bodies of fishery importance based on the maximum permissible concentrations of pollutants (MPC) does not take into account the regional characteristics of water bodies. Whereas regional regulations can allow the most complete implementation of the principles of the ecosystem approach, taking into account the peculiarities of the existing ecosystem, based on the analysis of long-term observations, hydrochemical studies and toxicological studies at test facilities. The article presents the main methodological approaches that specify the provisions of the Guidelines for the development of regional MPC. The main stages of the development of regional MPCs are: substantiation of the possibility of developing regional standards, determination of the territory to which the standard applies, and laboratory studies. When approving regional MPCs, they have priority over federal standards, and are focused on the conservation of aquatic ecosystems.

Keywords: regional MPC, environmental regulation, test facilities, waters with natural features, MPC, environmental monitoring