

НОРМИРОВАНИЕ МИКРОПЛАСТИКА И ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ БАСЕЙНОВЫХ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ (БДК)

Э. А. БЛИНОВА¹⁾, В. В. ЧЕРНАЯ²⁾

¹⁾Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина,
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Россия

²⁾Рязанский государственный медицинский университет, Министерство здравоохранения Российской Федерации,
ул. Высоковольтная, 9, 390013, г. Рязань, Россия

В исследовании обосновывается необходимость включения микропластика в перечень контролируемых показателей сточных вод и разработки бассейновых допустимых концентраций (БДК) для приоритетных загрязняющих веществ поверхностных водных объектов. Предлагается новая концепция нормирования, учитывающая региональные особенности водосборов, а также методические подходы к лабораторному контролю за микропластиком. Рассмотрены организационные, правовые и экологические аспекты внедрения данного подхода в систему водопользования Российской Федерации (РФ). Для включения микропластика в перечень контролируемых показателей необходима разработка и утверждение методики измерений с использованием спектроскопии Фурье (FTIR) и/или Раман-спектроскопии. В результате глубокого изучения и анализа сложившейся системы экологической оценки поверхностных вод и перечня оцениваемых показателей загрязнения вод нами разработаны предложения по введению БДК и нормированию загрязнения частицами пластика. Показатель «микропластик» не закреплен в природоохранных регламентах РФ и работа по включению этого показателя в систему нормирования носит инновационный характер. В статье проведен обзор по приоритетным загрязняющим веществам поверхностных вод разных регионов России, представлены основные экологические проблемы крупных водотоков по бассейновым округам и гидрографическим районам Российской Федерации на основании анализа гидрохимической информации Государственной наблюдательной сети (ГНС) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета) за период с 2021 по 2024 г. Подробно рассмотрены проблемы водопользования в Окском бассейне. Показано, что внедрение и применение комплексного подхода к возрождению рек на основе бассейнового принципа – один из путей решения проблем устойчивого водопользования, в том числе туристско-рекреационного природопользования. Проведен анализ существующих российских исследований содержания микропластика в окружающей среде. Предложена упрощенная формула расчета накопления микропластика в сточных водах. Многолетний анализ устойчивости урбоэкосистем и организации санитарно-гигиенического мониторинга свидетельствует, что сохранение экосистемных «благ» и комфорта возможны только при грамотном экологическом управлении территориями, в том числе речными бассейнами.

Ключевые слова: микропластик; БДК; водосборный бассейн; региональные особенности; загрязнение вод.

Образец цитирования:

Блинова ЭА, Черная ВВ. Нормирование микропластика и приоритетных загрязняющих веществ поверхностных водных объектов на основе бассейновых допустимых концентраций (БДК). *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2025;4:83–92.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-4-83-92>

For citation:

Blinova EA, Chernaya VV. Regulation of microplastics and priority pollutants in surface water bodies based on basin permissible concentrations (BPC). *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2025;4:83–92. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-4-83-92>

Авторы:

Элеонора Анатольевна Блинова – кандидат биологических наук, доцент кафедры географии, экологии и туризма.
Виолетта Вячеславовна Чёрная – кандидат географических наук, доцент кафедры медицины катастроф и скорой медицинской помощи.

Authors:

Eleonora A. Blinova, PhD (biology), associate professor at the department of geography, ecology and tourism.
eleonora.gladkova@mail.ru
Violetta V. Chernaya, PhD (geography), associate professor at the department of disaster medicine and emergency medical care.
harmony19721911@gmail.com

REGULATION OF MICROPLASTICS AND PRIORITY POLLUTANTS IN SURFACE WATER BODIES BASED ON BASIN PERMISSIBLE CONCENTRATIONS (BPC)

E. A. BLINOVA^a, V. V. CHERNAYA^b

*^aRyazan State University named after S. A. Yesenin,
46 Svobody Street, Ryazan 390000, Russia*

*^bRyazan State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation,
9 Vysokovoltnaja Street, Ryazan 390013, Russia*

Corresponding author: V. V. Chernaya (harmony19721911@gmail.com)

A multi-year analysis of the ecosystem and sanitary-hygienic functions of Russian cities shows that the ecosystem «benefits», which are only possible under proper environmental and hygienic management, are losing their function year by year. Statistical data on discharges and concentrations of hydropollutants do not fully reflect the actual situation regarding the quality of surface waters in the Russian Federation: information describing the volumes and dynamics of pollutant discharges into water bodies is often presented in a generalized form. As a result of an in-depth study and analysis of the existing system for environmental assessment of surface waters and the list of evaluated pollution indicators, we have developed proposals for introducing basin permissible concentrations (BPC) and regulating plastic particle pollution. «Microplastic» is not enshrined in the environmental regulations of the Russian Federation, and efforts to include this parameter in the regulatory system are of an innovative nature. A new concept of regulation is proposed, taking into account the regional characteristics of water catchments, as well as methodological approaches to laboratory control of microplastics. The organizational, legal, and environmental aspects of implementing this approach in the water management system of the Russian Federation are considered. In order to include microplastics in the list of controlled indicators, it is necessary to develop and approve a measurement methodology using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and/or Raman spectroscopy. The article observes the priority pollutants in surface water from different regions of Russia, and presents the main environmental problems of major watercourses in the basin districts and hydrographic regions of the Russian Federation, based on the analysis of hydrochemical information from the State Observation Network (SON) of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) for the period from 2021 to 2024. A long-term analysis of the urban ecosystems sustainability and of the sanitary and hygienic monitoring organization shows that the preservation of ecosystem «benefits» and comfort is possible only with proper environmental management of territories (including river basins).

Keywords: microplastic; BPC; watershed; regional characteristics; water pollution.

Введение

Существующая система нормирования качества поверхностных вод в Российской Федерации основана на предельно допустимых концентрациях (ПДК) загрязняющих веществ, закрепленных в действующих нормативных документах. Однако появление новых, ранее не учитываемых ксенобиотиков, а именно микропластика (полифенольных и бензольных соединений), требует пересмотра действующих подходов к экологическому регулированию и контролю. Микропластик в последние десятилетия стал глобальной экологической проблемой. Его присутствие в водных экосистемах связано с долговечностью, способностью накапливать и переносить токсиканты, а также негативным воздействием на гидробионтов и здоровье человека [1]. В воду попадает больше загрязняющих веществ, чем это отражено в официальной статистике, а показателя «микропластик» нет ни в одном официальном природоохранном документе. Программы экологического мониторинга ограничены гидрометрическими, гидрохимическими и микробиологическими показателями. Суммарное загрязнение водных объектов определяется массой каждого сбрасываемого в них загрязняющего вещества, их взаимодействием и трансформациями. Сведения о массе сброса загрязняющих веществ в водные объекты представляют хозяйствующие субъекты, и достоверность этих данных вызывает сомнения у многих экологов и специалистов. Искажение водопользователями реальных объемов сбросов и концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водных объектах приводит к использованию недостоверной информации при принятии управленческих решений. Качество воды некоторых крупных, средних и особенно мелких водных объектов остается крайне неудовлетворительным. В 2019–2021 гг. Рязанским государственным медицинским университетом им. акад. И. П. Павлова впервые в Рязанской обл. был организован экспертный независимый мониторинг поверхностных водных объектов Рязанской обл. [2]. Между данными официальной статистики и данными независимых экспертных оценок было выявлено несоответствие.

Существующие подходы и обобщенные параметры загрязняющих веществ, соотнесенные с ПДК без учета ландшафтно-географической привязки и токсикологических особенностей поллютанта, не

обеспечивают достоверность и должные уровни оценки состояния водных ресурсов, их защиту от антропогенного и техногенного загрязнения. Разработка для каждого водного бассейна (или участка бассейна) региональных критериев нормирования – бассейновых допустимых концентраций (БДК) – позволит учесть природные особенности формирования гидрохимического фона. БДК – это экологический регуляторный подход, который может использоваться для определения максимально допустимых уровней загрязняющих веществ в поверхностных водах с учетом специфических условий конкретного речного бассейна или водосбора. В отличие от единых нормативов, применяемых ко всем регионам, БДК (возможно, в виде корректировочных коэффициентов) могут учитывать уникальные ландшафтно-экологические, гидрологические и социально-экономические особенности конкретного бассейна, в том числе характер речной долины, особенности литологии и почво-грунтов, сезонные изменения и способность к самоочищению, типы и интенсивность промышленных, сельскохозяйственных факторов, особенности системы расселения населения и др.

Материалы и методы исследования

Изучены, проанализированы и систематизированы данные государственных стандартов и нормативов в области санитарии и гигиены, локальные акты в области мониторинга окружающей среды, данные федеральных и региональных статистических сборников: ежегодников Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Проведена оценка уровня загрязненности поверхностных вод г. Рязани и районов Рязанской обл. на основе Нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, утвержденных приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552.

Поскольку в Российской Федерации отсутствуют официально утвержденные методики измерения микропластика в сточных и природных водах, возникает необходимость восполнить существующий правовой и методический пробел, препятствующий объективной оценке реального уровня загрязнения. В настоящее время регулирование вопросов водоотведения и очистки сточных вод осуществляется, в частности, Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 «О порядке холодного водоснабжения и водоотведения», которое устанавливает требования к составу, свойствам и условиям приема сточных вод, отводимых в системы канализации населенных пунктов. Однако данный нормативный акт не содержит положений, касающихся контроля содержания микропластика, что ограничивает возможности оценки фактического загрязнения и разработки мероприятий по его снижению. Вместе с тем для комплексного анализа нормативно-правовой базы необходимо рассматривать не только перечень веществ, подлежащих контролю при сбросах в системы канализации, но и перечень загрязняющих веществ, сбрасываемых в поверхностные водные объекты. Данные вопросы регулируются, в частности, Распоряжением Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909-р (ред. от 05.06.2024) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ», Приказом Минприроды России от 24.02.2014 №112 «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов» (зарегистрировано в Минюсте России 18.07.2014 № 33149), Постановлением Правительства РФ от 16.05.2022 № 886 «Перечень и масса загрязняющих веществ, разрешенных к сбросу в водные объекты (приложение к разрешению на временные сбросы загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в водные объекты». Но в указанных документах микропластик не включен в число загрязняющих веществ, подлежащих нормированию и контролю, несмотря на его возрастающее экологическое значение и выявленную способность к аккумуляции в водных экосистемах. Это указывает на необходимость актуализации действующих перечней загрязняющих веществ и разработки методик измерения микропластика как в сточных, так и в поверхностных водах, с последующим включением данного показателя в систему государственного экологического мониторинга и нормативного регулирования.

Методические аспекты лабораторного контроля микропластика должны определять базовые ориентировочные значения содержания (мг/л или частиц/л) на основе существующих международных исследований. Так, установлено, что в прибрежных и эстуарных районах концентрация микропластика может достигать 100–1000 мг/л, в то время как в открытом море она составляет 0–10 мг/л. Максимальная концентрация микропластика в поверхностной воде может достигать около 8,0 г/л [3]. ISO 16094 применяется для анализа микропластиков в чистых водных образцах, таких как ультрачистая вода, питьевая вода и подземная вода с низким содержанием органических веществ и других взвешенных частиц (1–100 мг/л или ниже). Из-за низких концентраций микропластиков в таких водах крайне важно избегать загрязнения на каждом этапе отбора и анализа проб. Для согласования данных о концентрации микропластиков в различных единицах измерения (мг/л и частиц/л) необходим пересчет. Например, статья [4] предлагает методы

такого пересчета. В отчете WHO по микропластикам в питьевой воде указано, что средняя концентрация микропластиков в распределительных системах составляет 5,5 частиц/л [5]. Конечная цель разработки единого метода – это определение фактических объемов поступления микропластика в поверхностные воды, оценка эффективности технологий очистки сточных вод и формирование базы данных для повышения качества очистки сточных вод и снижения загрязнения водных объектов. Для включения микропластика в перечень контролируемых показателей необходима разработка и утверждение методики измерений с использованием спектроскопии Фурье (FTIR) и/или Раман-спектроскопии. Кроме того, четкая стандартизация отбора проб, включающая фильтрацию, предварительное удаление органики и фиксацию частиц позволит снизить погрешность на этапе пробоподготовки. Так, Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН проводит исследования содержания частиц микропластика в Ладожском озере с 2018 г., а для растворения органической взвеси в пробах воды используется реактив Фентона [6]. В публикации [19] авторов Новосибирского института органической химии СО РАН предлагается сбор проб воды и/или донных осадков; предварительная обработка – удаление минеральной матрицы и обработка органики (кипячение в переуксусной кислоте + реагент Фентона), а затем дальнейший анализ методом пиролиза-газовой хроматографии-масс-спектрометрии (Py-GC/MS), позволяющий количественно определить массу пластиковых частиц. Эта процедура, как указано авторами, обеспечивает готовность пробы к инструментальному анализу примерно за 3 ч и обозначает перспективу стандартизации количественного мониторинга микропластика в пресных водных системах.

Результаты исследования и их обсуждение

Микропластик как загрязнитель не имеет природного фона, специфичного для конкретного бассейна, и поэтому не может быть напрямую «вшит» в сам норматив БДК, как, например, железо или марганец. Поэтому реформа системы нормирования качества поверхностных водных объектов должна включать два параллельных процесса: внедрение в практику концепции БДК и введение отдельного универсального норматива для микропластика в системе ПДК/технологический норматив/НДС, но с обязательным контролем на всех выпусках, в том числе при расчете суммарной нагрузки на конкретный бассейн. При этом обязательно уточнение терминологии и разграничений, какие вещества регулируются посредством системы БДК, а какие путем общих нормативов для всей страны.

Согласно СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г., введен с 1 января 2001 г.) обязательный контроль и установленные нормативы распространяются на следующие загрязняющие вещества: биохимическая потребность в кислороде (БПК₅); химическое потребление кислорода (ХПК); аммоний-ион (NH_4^+), нитрат-ион (NO_3^-), нитрит-ион (NO_2^-); нефтепродукты, фенолы; тяжелые металлы (железо (общ.), медь, цинк, никель, марганец и др.); взвешенные вещества. В СанПиН 2.1.5.980-00 и Постановлении Правительства РФ № 644 (от 29.07.2013, в ред. от 28.11.2023) перечислены нормы для веществ, которые нормируются и подлежат контролю. Следовательно, любые другие вещества, не включенные в этот перечень, являются формально «ненормируемыми». Примерами таких ненормируемых по СанПиН, но потенциально опасных веществ могут быть современные устойчивые органические загрязнители (например, ПАУ, ПХД, микропластик, новые пестициды и фармацевтика), некоторые специфические химические загрязнители (например, сложные азоторганические соединения, биоактивные вещества, редкие тяжелые металлы или микроэлементы). Таким образом, дополнительно, в целях мониторинга качества вод принято выделять приоритетные загрязняющие вещества в водных объектах (по ряду публикаций авторов Российского государственного гидрометеорологического университета, Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г. Ф. Морозова и др.) – это соединения, которые оказывают высокое или экстремально высокое влияние на качество вод бассейна по совокупности параметров. Среди таких веществ – соединения тяжелых металлов, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорорганические соединения (ХОС), нефтепродукты, нитраты и др.

Анализ информации по веществам-загрязнителям поверхностных вод разных регионов РФ [8–11] за граничащий с периодом авторских исследований период, позволил сделать вывод о сохранении тенденции загрязнения токсичными веществами и сформулировать следующие обобщения. Итак, по РФ в первом списке по числу превышений в 2024 г. выделялись марганец (15 %), легкоокисляемые органические вещества (15 %), нитритный азот (14 %) и цинк (9 %). *Свердловская обл.* – кадмий, молибден, мышьяк, свинец. *Ростовская обл. (р. Дон)* – соединения марганца, легкоокисляемые органические вещества, нитритный азот, цинк. *Новосибирская обл.* – марганец, другие менее частые: ионы железа и цинка. В 2023 г. Новосибирская обл. оказалась в числе лидеров по количеству случаев высокого и экстремально высокого загрязнения (130 случаев); из них наиболее часто фиксировали марганец, а также ионы железа и цинка. *Челябинская обл.* – марганец, взвешенные вещества. В 2023 г. Челябинская обл. также была в числе

регионов-лидеров по количеству загрязненных объектов (72 случая). *Рязанская обл.* – общее железо, никель, марганец, цинк. Превышения ПДК фиксировались на озере около мкр. Недостоево (общее железо до 62 ПДК, никель до 47 ПДК) и в ручье-притоке р. Быстрица (общее железо до 96 ПДК, марганец до 74 ПДК, цинк до 72 ПДК). *Московская обл.* – аммонийный азот и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы (медь, кадмий, никель и др.). Нефтепродукты и тяжелые металлы (медь, кадмий, никель) определены как частые загрязнители рек Подмоскovie. Реки (Москва, Ока, Клязьма) относятся к категориям «грязных» и «очень грязных» поверхностных вод. *Тульская область* – сбросы недостаточно очищенных стоков приводят к загрязнению поверхностных вод аммонийным/нитритным азотом, фосфатами, сульфатами, хлоридами, фенолом и нефтепродуктами. *Тамбовская обл.* – железо, марганец, органические загрязнители (влияющие на сапробность воды), общая жесткость/сухой остаток. В подземных (и связанных с ними водоисточниках) водах области железо оказалось в 93 % случаев превышающим ПДК. В ряде регионов России такие показатели вполне обусловлены естественным геохимическим фоном – составом горных пород, почв и подземных вод. Так, железо, марганец в Тамбовской обл. во многом обусловлены природными причинами: высоким содержанием болотных отложений и глинистых слоев, обогащенных марганцем. В подмосковных водоносных горизонтах (особенно в Московском и Подольско-Мячковском артезианских бассейнах) часто фиксируются повышенные концентрации железа и марганца естественного происхождения. Это связано с восстановительными условиями подземных вод и составом осадочных пород (глины, известняки, мергели). В поверхностных водах такие превышения тоже могут фиксироваться, особенно в малых реках с болотными притоками. Железо, марганец, сульфаты в поверхностных водах Тульской обл. также могут быть связаны с геохимией меловых и девонских пород, а также с процессами выщелачивания. В районах бывшей добычи полезных ископаемых (уголь, железные руды) возможны как природные, так и техногенные аномалии. В некоторых притоках р. Оки в Рязанской обл. определялись повышенные концентрации железа и марганца, фтора именно природного происхождения (болотные массивы, торфяники). Но здесь нередко они усиливаются техногенной нагрузкой (сбросы сточных вод, агрохимикаты).

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) не является прямым показателем концентрации конкретного химического вещества, однако очень часто этот показатель превышает нормы. Это интегральный показатель, отражающий количество растворенного кислорода, необходимого для биохимического окисления органических веществ и некоторых неорганических восстановителей в воде. Поступление органики → рост БПК₅ → кислородный дефицит в малых реках. Нормировать с помощью БПК целесообразно не отдельные соединения, а группы загрязняющих веществ и общее качество воды, связанное с органической нагрузкой. Это легкоокисляемые органические вещества (сахара, крахмалы, спирты, жиры, белки, содержащиеся в стоках пищевой, целлюлозно-бумажной, текстильной промышленности, бытовых сточных водах), органические соединения природного происхождения (гуминовые вещества, продукты разложения растений), некоторые неорганические восстановители (сульфиды, соли сероводорода, нитриты, двухвалентное железо (Fe²⁺), марганец (Mn²⁺), аммоний. БПК (чаще БПК₅) десятилетиями входит в стандартные нормативы качества воды СанПиН 1.2.3685-21, ГОСТы и нормативы водоотведения. Однако, на наш взгляд, БПК особенно важно дополнительно контролировать в бассейнах с высокой долей органической нагрузки.

Центральный и Южный ФО (Московская, Рязанская, Тамбовская области, Краснодарский край) имеют большое количество коммунальных и сельскохозяйственных сточных вод.

Промышленные регионы с целлюлозно-бумажным и пищевым производством: Архангельская, Ленинградская, Вологодская области; Поволжье. Эти отрасли формируют стоки с высоким содержанием легкоокисляемых органических соединений.

Регионы с низкой естественной проточностью и высокой эвтрофикацией: поверхностные воды Верхнего Поволжья, Подмоскovie, Среднего Поволжья, степные водохранилища Юга России. В таких условиях даже умеренные поступления органики критичны, поскольку самоочищение идет медленно.

Текущий норматив БПК фиксирует лишь сам факт превышения, но не показывает динамику источников органики. В ряде регионов (например, в бассейнах малых рек Подмоскovie, Тамбовщины, Рязанской и Тульской областей) БПК следует контролировать чаще, чем это предусмотрено отчетностью, так как малые водотоки чувствительны к любому органическому сбросу и диффузному загрязнению. Дополнительный контроль позволяет выявлять локальные очаги загрязнения (стоки ЖКХ, животноводческих комплексов), оценивать эффективность очистных сооружений, прогнозировать риски «заморов» рыбы и кислородного дефицита. В ЦФО есть водотоки, где превышения по БПК₅ фиксируются регулярно: Московская обл. – р. Москва (ниже черты города, участки в районе/ниже Коломны), р. Яуза (городские участки), р. Пахра, р. Нерская; Тульская обл. – р. Упа в г. Туле и ниже по течению, р. Ока, р. Плава, р. Шат. Тамбовская обл. – р. Цна (г. Тамбов, участки выше/ниже города), р. Ворона, р. Кашма, р. Савала. Число критических показателей загрязненности воды в 2022 г. менялось по отдельным водным объектам от полного их отсутствия до 1–3; в реках Москва и Рожая – до 4; реках Пахра, Зака, Пекша, Воймега – до 5. Чаще критического уровня достигала загрязненность

воды легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅), аммонийным и нитритным азотом, в отдельных створах – соединениями цинка, железа, органическими веществами (по ХПК).

Исчерпывающий отчет гидрохимической информации, полученной Государственной наблюдательной сетью (ГНС) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета), составляется на основе ограниченного количества постов наблюдений. Карта-схема системы государственного мониторинга поверхностных вод (ГМС) Росгидромета по состоянию на 2021 г. свидетельствует, что система более развита в Центральной России и Западной Сибири, менее – на территории Дальнего Востока, северных территориях [7].

В России система охраны и управления водными ресурсами организована по бассейновому принципу, это закреплено в Водном кодексе РФ (2006 г., с последующими изменениями). В стране выделено 20 бассейновых округов (БО). Каждый объединяет реки, озера и водохранилища, относящиеся к единому речному бассейну. Гидрографические районы отражают природное деление территории по стоку. Бассейновые округа создавались для управления водами и потому учитывают хозяйственные и административные особенности. В табл. 1, 2 приведены экологические особенности БО и гидрографических районов РФ.

Таблица 1

Бассейновые округа Российской Федерации: основные особенности и проблемы (составлено авторами по [12])

Table 1

Basin Districts of the Russian Federation: Main Features and Problems (compiled by the authors from source [12])

	Бассейновый округ	Административный центр	Основные особенности
1	Амурский	Хабаровск	Муссонный климат, дождевые паводки, трансграничные загрязнения (КНР)
2	Ангаро-Байкальский	Иркутск	Байкал как уникальный источник пресной воды; угроза загрязнения промышленными стоками, туризм
3	Балтийский	Калининград	Международное значение, поступление загрязнений в Балтийское море, морской флот, эвтрофикация
4	Волго-Каспийский	Нижний Новгород	Высокая хозяйственная нагрузка, судоходство, сбросы промышленных и коммунальных стоков
5	Донской	Ростов-на-Дону	Дефицит воды, засухливость, загрязнение сельхозстоками
6	Енисейский	Красноярск	Гидроэнергетика, крупные ГЭС, загрязнение горно-металлургической промышленностью
7	Западно-Каспийский	Махачкала	Засухливость, низкий сток, риски опреснения и дефицита пресной воды, нефтедобыча
8	Западно-Сибирский	Тюмень	Болота, таежная зона, нефтегазодобыча, труднодоступность
9	Камчатский	Петропавловск-Камчатский	Особоохраняемые природные территории, нерест лососевых
10	Кубанский	Краснодар	Интенсивное сельское хозяйство, высокие нагрузки на реки, водохозяйственные конфликты
11	Лено-Индигирский	Якутск	Вечная мерзлота, труднодоступность, золотодобыча
12	Нижнеобский	Ханты-Мансийск	Нефтегазоносные районы, загрязнения нефтепродуктами
13	Нижневолжский	Астрахань	Обмеление дельты Волги, сокращение биоразнообразия, засоление
14	Онежско-Ладожский	Санкт-Петербург	Озера – стратегические источники питьевой воды; загрязнение сточными водами, рекреационная нагрузка
15	Печорский	Сыктывкар	Слабо освоенные территории, экологическое воздействие добычи углеводородов
16	Тихоокеанский	Владивосток	Низкая освоенность, ценные рыбные ресурсы, морской флот
17	Уральский	Екатеринбург	Высокая промышленная нагрузка, трансграничный бассейн р. Урал
18	Хатангский	Норильск	Арктический бассейн, малонаселенность, металлургия
19	Центрально-Арктический	Архангельск	Впадение рек в Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское моря; суровые климатические условия
20	Черноморский	Краснодар	Рекреационное значение, туристическая нагрузка, риски загрязнения в сезон, морской флот

Таблица 2

Гидрографические районы Российской Федерации (составлено авторами по [13])

Table 2

Hydrographic regions of the Russian Federation (compiled by the authors from source [13])

	Район	Основные реки	Особенности	Экологические проблемы
1	Балтийский	Нева, Луга, Нарва	Небольшая площадь, густонаселенность	Загрязнение сточными водами, эвтрофикация, трансграничные стоки
2	Черноморский (включая Азовский)	Кубань, Дон, Днепр (частично в РФ)	Теплый климат, высокая хозяйственная нагрузка	Дефицит пресной воды, загрязнение сельхозстоками, заиление, трансграничное загрязнение
3	Баренцевский	Печора, Северная Двина (частично)	Слабая освоенность, холодный климат	Добыча углеводородов, локальное загрязнение сточными водами
4	Карский	Обь, Енисей, Таз, Надым	Крупнейший бассейн, значительная часть Сибири	Нефтегазовая промышленность, загрязнение тяжелыми металлами и нефтепродуктами
5	Восточно-Сибирский	Лена, Яна, Индигирка, Колыма	Огромная площадь, вечная мерзлота	Труднодоступность, локальные загрязнения при добыче полезных ископаемых
6	Каспийский	Волга, Урал, Терек, Сулак	Высокая хозяйственная нагрузка, крупнейший речной бассейн Европы	Сброс промышленных и коммунальных стоков, эвтрофикация, обмеление Волги, трансграничное загрязнение
7	Тихоокеанский	Амур, Уссури, Анадырь, Камчатка	Дальний Восток, значительные рыбные ресурсы	Трансграничное загрязнение (КНР), риски снижения численности лососевых

При нормировании и контроле качества вод целесообразно опираться именно на бассейновый принцип. Это связано с тем, что загрязнение и водопользование развиваются в пределах конкретных бассейнов рек, а хозяйственные и экологические меры должны координироваться именно в рамках бассейнового округа. В то же время гидрографическое районирование остается важным для понимания общих закономерностей распределения стока и трансграничных процессов. Внедрение и применение комплексного подхода на основе бассейнового принципа – один из путей решения проблем возрождения рек и формирования устойчивого туристско-рекреационного природопользования на территориях речных бассейнов. Например, концепт Федеральной программы «Восстановление эколого-ресурсного потенциала Окского бассейна – основа устойчивого туристско-рекреационного природопользования» в субъектах РФ, по которому протекает как сама река в основном русле, так и ее основные притоки [14]. В реки Окского бассейна загрязняющие вещества попадают тремя основными способами:

- Непосредственно – при сливании и сбрасывании сточных вод, отходов в водоток.
- Вместе с дождевыми и талыми снеговыми водами – при сильном загрязнении и замусоривании поверхности и грунтов. Диффузное загрязнение стока источниками, минуя централизованные очистные сооружения, и/или для которого традиционная очистка не предусмотрена либо не применима. Этот вид загрязнения – результат хозяйственной деятельности в пределах территории речного бассейна, поступает в водные объекты преимущественно с талыми и дождевыми водами.

Источники диффузного загрязнения – городские и селитебные территории, площадки промышленных предприятий, сельскохозяйственные угодья, объекты строительства и транспортной инфраструктуры, участки добычи рудных и нерудных полезных ископаемых, полигоны промышленных и твердых коммунальных отходов, несанкционированные свалки, обрушающиеся берега рек, каналов и водохранилищ, участки земли с нарушенным почвенным покровом, объекты накопленного экологического ущерба и пр. [15]. Использование реагентов для борьбы с гололедом приводит к увеличению минерализации воды – хлориды различных металлов (натрия, магния, кальция, калия), карбамид, гипс, цианиды и другие вещества.

- В составе загрязненных грунтовых вод – при грунтовом питании водоемов и водотоков.

Наиболее значимым представляется тот факт, что в отдельных водных объектах, по данным лабораторий экологического контроля г. Рязани и Рязанской обл. в 2017–2019 гг., максимальные разовые концентрации

соединений 1 и 2 классов опасности критически превышали уровни высокого и экстремально высокого загрязнения [2]:

- озеро вблизи мкр. Недостоево – общее железо (до 62 ПДК); никель (до 47 ПДК);
- ручей без названия, приток р. Быстрица вблизи мкр. Недостоево – общее железо (до 96 ПДК); марганец (до 74 ПДК); цинк (до 72 ПДК);
- озеро с. Недостоево (Рязанский р-н) – марганец (до 47 ПДК); цинк (до 77 ПДК);
- ручей без названия, приток р. Быстрица с. Недостоево (напротив с. Перекаль) – общее железо (до 89 ПДК); марганец (до 170 ПДК); цинк (до 170 ПДК);
- р. Армшанка у д. Николаевка (Михайловский р-н) – общее железо (до 117 ПДК) и др.

Первостепенная задача по линии разработки БДК – это определение природного фона и допустимых нагрузок по каждому бассейну для приоритетных веществ (Fe, Mn, Cu, Zn и т. д.).

Общепринятой стандартизированной методики подсчета микропластика в воде, почве или биологических образцах на сегодняшний день не существует. Основные причины:

1. Разнообразие частиц: микропластик бывает разного размера (от $<1 \mu\text{m}$ до 5 мм), формы (фрагменты, волокна, сферы) и химического состава, поэтому для разных типов частиц нужны свои методы: с использованием фильтрации, химического растворения органического материала, плотностной сепарации и т. д.
2. Разные методы идентификации имеют разную чувствительность и погрешность: визуальный подсчет, инфракрасная спектроскопия (FTIR), рамановская спектроскопия, пиролиз–ГХ–МС и др.
3. Отсутствие единых единиц измерения (количество частиц на литр воды, масса на объем или по площади фильтра) [16].

Биологический институт ТГУ проводит исследования микропластика в воде, почве и живых организмах. Так, результаты трехлетнего мониторинга содержания микропластика в поверхностных водах р. Томь (приток Оби) в пределах г. Томска показали, что в ее поверхностных водах концентрация микропластика достигала $70,1 \pm 15,7$ частиц/ м^3 , а в донных отложениях наблюдалось обратное соотношение по количеству частиц. Лед рек аккумулирует микропластик в количестве до $38\,900 \pm 20\,430$ частиц/ м^3 , что значительно выше по сравнению с содержанием частиц в воде реки. Кроме того, исследование показало межвидовые отличия в содержании микропластика в желудочно-кишечном тракте и жабрах таких рыб, как речной окунь, обыкновенный ерш, стерлядь и сибирский елец [17]. ЮФУ, совместно с Южным научным центром РАН, занимается изучением микропластика в природных и сточных водах. Исследования включают разработку методов пробоотбора и обработки проб, а также качественного и количественного определения микропластика. Ученые Института геохимии и аналитической химии РАН разработали метод проточного выделения и концентрирования микропластика из природных вод с использованием растительного масла. Он показал 100%-ную эффективность выделения микропластика из модельных пресных и морских вод. Разработанный способ может быть применен для экологических задач, связанных с оценкой содержания микропластика в природных водах, а также может быть перспективным для очистки сточных вод. Институт водных и экологических проблем СО РАН занимается исследованием водных и экологических проблем, включая мониторинг загрязнения водных ресурсов микропластиком. Исследования направлены на снижение риска и уменьшение последствий природных и техногенных катастроф, связанных с загрязнением поверхностных водных объектов [18].

Отсутствие единого подхода к этим методам остается актуальной проблемой для научного сообщества и практиков. В настоящее время сравнивать данные разных исследований не представляется возможным. Для обеспечения нормативного регулирования показателя «микропластик» недостаточно внести изменения только в Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644. Необходим последовательный и комплексный подход, включающий:

- установление предельно допустимых концентраций (ПДК) микропластика в поверхностных и сточных водах;
- включение микропластика в Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 N 2909-р (ред. от 05.06.2024) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ»);
- разработку, утверждение и внесение в государственный реестр методики измерений содержания микропластика в сточных и природных водах;
- введение нормирования микропластика в составе разрешительной документации – в проектах нормативов допустимых сбросов (НДС), разрешениях на водопользование в системе экологического мониторинга;
- корректировку подзаконных актов, регулирующих прием сточных вод в системы водоотведения (в том числе Постановление Правительства РФ № 644), с целью учета нового показателя в контрольных перечнях.

Очевидно, что упрощенная формула накопления микропластика, поступающего со сточными водами, может быть выражена как $\text{накопление} = \text{поступление} \times \text{время} / \text{объем водного объекта}$. Однако такое приближение применимо преимущественно к водоемам (озерам, водохранилищам), где процессы самоочищения относительно медленны. В реальных условиях распределение микропластика происходит не только в водной толще, но и в водотоках (реках, ручьях), где значимую роль играют гидродинамические процессы переноса – турбулентная диффузия, седиментация и повторное взмучивание частиц. Кроме того, существенная доля микропластика переходит в донные отложения, которые выступают в роли долговременного депо загрязнения. Если учесть все эти факторы и разложение/распад/фрагментацию микропластика со временем, то формула усложнится до дифференциального уравнения.

Заключение

Современные города являются основным источником микропластика. Цикл производства, использования и утилизации пластика сосредоточен в городских агломерациях. Городской транспорт оставляет значительный «пластиковый» след: частицы резины и пластика стираются с шин и попадают в воздух, почву и водные системы. Одежда из синтетических материалов (полиэстер, нейлон) выделяет микропластиковые волокна при стирке, которые проникают в городскую канализационную систему. Многие косметические и чистящие средства – гели, пасты и моющие средства содержат пластиковые гранулы, которые через стоки попадают в водные объекты. Неправильная утилизация упаковки, бутылок и других пластиковых изделий приводит к их разрушению и превращению в микрочастицы под воздействием солнечного света, ветра и воды. Использование таких пластиковых материалов, как краски, герметики и строительные пленки, создает его дополнительные источники. А далее водотоки, протекающие по селитебным территориям, плоскостной сток уносят микропластик в морские и океанические экосистемы. Частицы микропластика с дорог, строительных площадок, несанкционированных свалок поднимаются в приземный слой атмосферы, перемещаются, а затем оседают на почву и воду. Накопление микропластика ухудшает качество почвы, снижает ее плодородие и препятствует нормальному развитию растений, однако этот аспект загрязнения еще слабо изучен. Химические вещества, используемые при производстве пластика, напрямую связаны с серьезными заболеваниями. Так, бисфенол А (БФА) ассоциируется с ишемической болезнью сердца, а фталаты (ДЭГФ) – с повышенной смертностью среди пожилого населения и сокращением продолжительности жизни.

Применение БДК особенно актуально для тех химических веществ, у которых имеются природные (зональные, зонально-азональные) особенности биогеохимических концентраций и миграции, по которым есть многолетние достоверные данные о превышениях фоновых концентраций (например, биогенные элементы, радионуклиды). Важно применение БДК и для веществ, по которым ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин, например, вещества двойного генезиса (природного и антропогенного), металлы (медь, марганец, цинк). В этом случае реализация концепции БДК будет способствовать снижению нагрузки на природопользователей в части платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), а следовательно, объективируется возможность возмещения вреда окружающей среде. Однако некоторые загрязнители оказывают долговременный вред (ущерб) на экосистему, влияя на живые организмы при концентрациях ниже ПДК. В таких случаях ни показатель БДК, ни ПДК не способны защитить биоту от негативного влияния гидрополлютантов.

Многолетний анализ устойчивости водных бассейнов староосвоенных территорий, организации санитарно-гигиенического мониторинга и экологического управления водосборами показывает, что сохранение экосистемных «благ» и комфорта, здоровья среды и человека возможны только при грамотном экологическом менеджменте и реализации актуальных современных подходов в государственной природоохранной политике.

Библиографические ссылки

1. Кочуров БИ, Блинова ЭА. Оценка экологических последствий использования полимерных изделий. *Теоретическая и прикладная экология*. 2020;(4):210–215.
2. Чёрная ВВ, Воронин РМ, Сучков ИА, Горнов ВА, Дерягина ЛЕ. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод в Рязанской области. *Экология человека*. 2021;(8):28–35.
3. Zhang J, Li Z, Liang J, Liu G, Luo Y, Zhang Q. Study on the mass concentration distributions of marine microplastics in estuaries and coastal areas. *Water*. 2025;17:1136. DOI: 10.3390/w17081136.
4. Leusch FDL, Ziajahromi S. Converting mg/L to particles/L: reconciling the occurrence and toxicity literature on microplastics. *Environmental Science and Technology*. 2021;55(17):11470–2. DOI: 10.1021/acs.est.1c04093. PMID:34370451.
5. World Health Organization. Microplastics in drinking-water. Geneva: WHO; 2019.
6. Иванова ЕВ, Тихонова ДА. Оценка содержания частиц микропластика в Ладожском озере. *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2022;(6):58–67.

7. Состояние и загрязнение окружающей среды в Российской Федерации. 2021. Ежегодный доклад. Москва: Росгидромет; 2022. 268 с.
8. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации, 2023 г. Москва: Росгидромет; 2024. 412 с.
9. Сводные данные о качестве поверхностных вод Московской области. Москва: ЦГМС; 2023.
10. Обзор состояния и загрязнения окружающей природной среды Тульской области за 2023 год. Тула: ЦГМС; 2024.
11. Состояние поверхностных вод Тамбовской области. Бюллетень. Тамбов: ЦГМС; 2025.
12. Бассейновые округа Российской Федерации. Справочные материалы. Москва: Росводресурсы; 2023. 65 с.
13. Гидрографическое районирование территории Российской Федерации. Справочные материалы. Москва: Росводресурсы; 2023. 72 с.
14. Чёрная ВВ, Кочуров БИ, Макарова ЛЮ, и др. Эколого-ресурсный потенциал Окского бассейна и туризм. Монография. Москва: Русайнс; 2024. 190 с.
15. Данилов-Данильян ВИ, и др. Проблема снижения диффузного загрязнения водных объектов и повышение эффективности водоохранных программ. *Водные ресурсы*. 2020;47(5):503–14. DOI: 10.31857/S0321059620050053.
16. Guide for the visual identification and classification of plastic particles [Internet, cited 15 August 2025]. MERI; 2019. Available from: https://ise.usj.edu.mo/wp-content/uploads/2019/05/MERI_Guide-to-Microplastic-Identification_s.pdf. DOI: 10.13140/RG.2.2.27505.45927.
17. Воробьев ЕД, и др. Внутригодовая динамика содержания микропластика в поверхностных водах реки Томи. В: *Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком «MicroPlasticsEnvironment-2022» (МРЕ-2022)*. Томск: Томский государственный университет; 2022. с. 58–62.
18. Ершова АА, и др. Методические особенности выделения частиц микропластика из проб грунта водных объектов. *Гидрометеорология и экология*. 2024;76:524–541.
19. Sotnikova YS, et al. The development of an analytical procedure for the determination of microplastics in freshwater ecosystems. *Analytical Methods*. 2024;16(46):8019–8026.

References

1. Kochurov BI, Blinova EA. *Otsenka ekologicheskikh posledstviy ispolzovaniya polimernykh izdelii*. [Assessment of the environmental consequences of polymer products using]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2020;(4):210–215. Russian.
2. Chyornaya VV, Voronin RM, Suchkov IA, Gornov VA, Deryagina LE. *Monitoring zagryazneniya atmosfernoego vozdukhа i poverkhnostnykh vod v Ryazanskoj oblasti* [Monitoring of atmospheric air and surface water pollution in the Ryazan Region]. *Ekologiya cheloveka*. 2021;(8):28–35. Russian.
3. Zhang J, Li Z, Liang J, Liu G, Luo Y, Zhang Q. Study on the mass concentration distributions of marine microplastics in estuaries and coastal areas. *Water*. 2025;17:1136. DOI: 10.3390/w17081136.
4. Leusch FDL, Ziajahromi S. Converting mg/L to particles/L: reconciling the occurrence and toxicity literature on microplastics. *Environmental Science and Technology*. 2021;55(17):11470–2. DOI: 10.1021/acs.est.1c04093. PMID:34370451.
5. World Health Organization. Microplastics in drinking-water. Geneva: WHO; 2019.
6. Ivanova EV, Tikhonova DA. *Otsenka soderzhaniya chastits mikroplastika v Ladozhskom ozere* [Assessment of the microplastic particle content in Ladoga Lake]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2022;(6):58–67. Russian.
7. *Sostoyaniye i zagryazneniye okruzhayushchei sredy v Rossiiskoi Federatsii. Ezhegodnyi doklad* [Environmental conditions and pollution in the Russian Federation]. Moscow: Roshydromet; 2022. 268 p. Russian.
8. *Ezhegodnik kachestva poverkhnostnykh vod Rossiiskoi Federatsii* [Annual Report of the Surface Waters Quality in the Russian Federation. 2023 year]. Moscow: Roshydromet; 2024. 412 p. Russian.
9. *Svodnye dannye o kachestve poverkhnostnykh vod Moskovskoi oblasti* [Summary data of surface water quality in the Moscow Region]. Moscow: TsGMS; 2023. Russian.
10. *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchei prirodnoi sredy Tulskei oblasti za 2023 god* [Overview of the environment state and pollution in the Tula Region in 2023]. Tula: TsGMS; 2024. Russian.
11. *Sostoyaniye poverkhnostnykh vod Tambovskoi oblasti. Byulleten* [The Surface Waters Status in the Tambov Region. Bulletin]. Tambov: TsGMS; 2025. Russian.
12. *Basseinovyie okruga Rossiiskoi Federatsii: spravochnye materialy* [Basin Districts of the Russian Federation: Reference Materials]. Moscow: Rosvodresursy; 2023. 65 p. Russian.
13. *Gidrograficheskoe raionirovaniye territorii Rossiiskoi Federatsii. Spravochnye materialy* [Hydrographic Zoning of the Russian Federation. Reference Materials]. Moscow: Rosvodresursy; 2023. 72 p. Russian.
14. Chyornaya VV, Kochurov BI, Makarova LYU, et al. *Ekologo-resursnyy potencial Okskogo bassejna i turizm: monografiya* [Environmental and Resource Potential of the Oka Basin and Tourism. Monography]. Moscow: Rusajns; 2024. 190. Russian.
15. Danilov-Danilyan VI, et al. *Problema snizheniya diffuznogo zagryazneniya vodnykh obektov i povyschenie effektivnosti vodookhrannykh programm*. [The problem of reducing diffuse pollution of water bodies and increasing the effectiveness of water conservation programs]. *Vodnye resursy*. 2020;47(5):503–514. DOI: 10.31857/S0321059620050053. Russian.
16. Guide for the visual identification and classification of plastic particles [Internet, cited 15 August 2025]. MERI; 2019. Available from: https://ise.usj.edu.mo/wp-content/uploads/2019/05/MERI_Guide-to-Microplastic-Identification_s.pdf. DOI: 10.13140/RG.2.2.27505.45927.
17. Vorobyov ED, et al. *Vnutrigodovaya dinamika soderzhaniya mikroplastika v poverkhnostnykh vodakh reki Tomi* [Intrageneral dynamics of microplastics content in surface waters of the Tom River]. In: *Materials of the I All-Russian Conference with international participation on microplastics pollution of the environment «MicroPlasticsEnvironment-2022» (MPE-2022)*. Tomsk: Tomskiy gosudarstvennyi universitet; 2022. p. 58–62. Russian.
18. Ershova AA, et al. *Metodicheskie osobennosti vydeleniya chastits mikroplastika iz prob grunta vodnykh obiektov* [Methodological features of microplastics particles isolation]. *Hidrometeorologiya i ekologiya*; 2024;76:524–541. Russian.
19. Sotnikova YS, et al. The development of an analytical procedure for the determination of microplastics in freshwater ecosystems. *Analytical Methods*. 2024;16(46):8019–8026.

Статья поступила в редколлегию 25.08.2025.
Received by editorial board 25.08.2025.