Оригинальная статья

УДК 504.4.054
DOI: 10.17277/voprosy.2026.03.pp.052-064

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ И ФАКТОРЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МИКРОРАЗМЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КРУПНЫХ ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ РОССИИ – ХАНКА И ИЛЬМЕНЬ

© А. Ю. Попова[1], А. П. Педченко[2], Я. Ю. Блиновская[1,3]✉

[1] *ФГБУН «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН», ул. Радио, 7, Владивосток, 690041, Российская Федерация;*
[2] *ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)», Окружной проезд, 19, Москва, 105187, Российская Федерация;*
[3] *ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», о. Русский, п. Аякс, 10, Владивосток, 690922, Российская Федерация*
✉ blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

Аннотация. Проблема микроразмерного загрязнения пресноводных объектов, в частности, озер, приобретает глобальный характер, однако сравнительные исследования водоемов, различающихся по географическому положению, гидрологическому режиму и антропогенной нагрузке, остаются единичными. Проведен анализ загрязнения поверхностной толщи вод трансграничного озера Ханка (Дальний Восток) и озера Ильмень (Северо-Запад). Отмечено, что при кажущемся сходстве источников поступления микрочастиц пространственное распространение и их качественный состав определяется локальными гидродинамическими условиями, морфометрическими параметрами озер и характером природопользования. Данные показатели следует учитывать при разработке стратегий мониторинга и оценки потенциального риска воздействия микроразмерного загрязнения на озерные экосистемы.

Ключевые слова: микропластик; микроразмерное загрязнение; озеро Ильмень; озеро Ханка; экологическая безопасность; экологический мониторинг.

Для цитирования. Попова А. Ю., Педченко А. П., Блиновская Я. Ю. Пространственная неоднородность и факторы распространения микроразмерного загрязнения в крупных озерных системах России – Ханка и Ильмень // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2026. – № 3(101). – С. 052–064. doi: 10.17277/voprosy.2026.03.pp.052-064

Spatial Heterogeneity and Micro-Pollution Propagation Factors in Large Lake Systems of Russia – Khanka and Ilmen

© Anna Yu. Popova[1], Andrey P. Pedchenko[2], Yana Yu. Blinovskaya[1,3]✉

[1] *Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, 7, Radio St., Vladivostok, 690041, Russian Federation;*

[2] *Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO),*
19, Okruzhnoy Proyezd, Moscow, 105187, Russian Federation;
[3] *Far Eastern Federal University,*
10, Ayaks Settlement, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russian Federation
✉ blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

Abstract. The problem of microsized particle pollution of freshwater features, in particular, lakes, is becoming global, but comparative studies of water bodies, differing in geographical location, hydrological regime and anthropogenic load, remain sporadic. The study analyzed the pollution of the surface water column of the transboundary Lake Khanka (Far East) and Lake Ilmen (North-West). The results obtained show that with the apparent similarity of sources of microparticles, the spatial distribution and their qualitative composition is determined by local hydrodynamic conditions, morphometric parameters of lakes and the nature of nature management. These indicators should be considered when developing strategies for monitoring and assessing the potential risk of exposure of lake ecosystems to micro-pollution.

Keywords: microplastics; microsized particle pollution; Lake Ilmen; Hanka Lake; environmental safety; environmental monitoring.

For citation. Popova A. Yu., Pedchenko A. P., Blinovskaya Ya. Yu. Spatial Heterogeneity and Micro-Pollution Propagation Factors in Large Lake Systems of Russia – Khanka and Ilmen, *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2026, no. 3(101), pp. 052-064. doi: 10.17277/voprosy.2026.03.pp. 052-064

Введение

Озера и другие поверхностные водоемы суши относятся к числу наиболее значимых мировых ресурсов пресной воды. В глобальном цикле миграции загрязнения, в том числе микроразмерного, реки и озера выполняют двоякую роль: выступая одновременно в качестве основных векторов переноса в Мировой океан и критических зон его накопления.

Под микроразмерным загрязнением следует понимать наличие в окружающей среде любых частиц антропогенного происхождения, линейные размеры которых находятся в диапазоне от 1 мкм до 5 мм. В их состав входят традиционно определяемые как микропластик искусственные полимеры, а также синтетические и полусинтетические волокна, техногенные минеральные частицы и микрокомпозиты широкого физико-химического состава. Попав в окружающую среду, частицы подвергаются существенной трансформации. Под действием ультрафиолетового излучения, механического и химического воздействий воды из исходных материалов выделяются различные вещества и соединения, в том числе и те, которые вводятся для придания заданные свойств и повышения функциональности, что может приводить к ряду токсикологических реакций, включая активацию окислительного стресса и усиление индукции в клетках гидробионтов и водной растительности [1].

В этом контексте особую важность приобретает оценка степени микроразмерного загрязнения и его качественный состав двух крупных озерных систем России: Ханка и Ильмень. Первое является крупнейшим пре-

сным водоемом Дальнего Востока, имеющим трансграничное положение. Северная его часть относится к КНР (провинция Хейлудзян), южная и центральная располагаются в Приморском крае (Российская Федерация). Ханка имеет важное сельскохозяйственное значение, являясь основным источником орошения рисовых угодий как со стороны КНР, так и РФ, а также характеризуется значительным рыбохозяйственным и рекреационным потенциалом. Кроме того, акватория выполняет важную водохозяйственную функцию [2]. Озеро Ильмень представляет собой крупный водоем ледникового происхождения, располагающийся в западной части Новгородской области. Его бассейн выполняет важную функцию для обеспечения прилегающих населенных пунктов водами хозяйственно-питьевого назначения. Также Ильмень выполняет рыбохозяйственные и рекреационные функции, что обуславливает высокие требования к качеству вод [3].

Обладая специфическими гидродинамическими режимами и значительным временем водообмена, озерные системы функционируют как природные резервуары и биогеохимические фильтры, где происходит трансформация, седиментация и вторичное вовлечение мелкоразмерного загрязнения в биологические круговороты.

Цель исследования – изучение состава и концентрации микрочастиц в бассейнах озер Ханка и Ильмень для понимания механизмов формирования глобального загрязнения гидросферы микрочастицами.

Материалы и методы

Выбор в качестве модельных объектов для изучения пространственной неоднородности и особенностей распространения микрочастиц озер Ханка и Ильмень обусловлен их морфометрическим сходством при существенных различиях в антропогенном происхождении загрязнения. Оба водоема представляют собой уникальный тип крупных мелководных озер со сходными показателями морфометрии (средними и максимальными глубинами, площадью поймы) и особенностями гидрологического режима (водностью, изменением уровня, площадью водосбора, наличием единственного стока). При этом исследуемые водные объекты различаются по уровню антропогенной нагрузки, обусловленной, с одной стороны, особенностями распределения поллютантов, с другой – общими закономерностями, которые позволят разработать оптимальную систему мониторинга микроразмерного загрязнения, а также оценить потенциальные угрозы отдельным компонентам окружающей среды.

Ключевой гидрологической особенностью озера Ильмень является аномально высокий коэффициент водообмена: при относительно малом объеме водной массы годовой приток и сток превышают его запасы более чем в шесть раз, обеспечивая полное обновление воды каждые два месяца [4]. Такая интенсивная проточность обеспечивает быстрое очищение акватории от загрязнения, которое беспрепятственно транспортируется в реку Волхов (единственный сток из озера).

Рассматривая гидрологию озера Ханка, следует отметить, что это малопроточный водоем. Из-за большого объема и относительно небольшого

Таблица 1

Физико-географические и экономические характеристики модельных озерных систем

Основные показатели	Озеро Ильмень	Озеро Ханка
Площадь водосборного бассейна, км^2	67200	21766
Площадь водоема, км^2	982	4070
Средний объем воды, км^3	2,85	18,5
Годовой приток/сток, км^3	В озеро (15) / из озера (17)	В озеро (1,94) / из озера (1,85)
Количество притоков/ стоков	52 /1 (р. Волхов)	24 / 1 (р. Сунгача)
Средняя/максимальная глубина, м.	4 / 10	4 / 10
Крупные населенные пункты	Великий Новгород, Старая Русса, Боровичи.	РФ: Спасск-Дальний, Камень-Рыболов, Хороль. КНР: Мишань, Цзиси
Население, чел.	Новгородская обл. (около 600 тыс.)	Около 337 тыс.
Производственные характеристики	Рыболовство, добыча полезных ископаемых (сапропеля, песка, гравия), водоснабжение, гидроэнергетика (Волховская ГЭС), рекреация, туризм	Сельское хозяйство, водопотребление, добыча полезных ископаемых, рыболовство, туризм

притока, вода в озере Ханка полностью обновляется примерно за 7 – 9 лет [5]. Единственный сток из озера через р. Сунгача затруднен из-за малого уклона местности, а сужение водной поверхности может увеличить концентрацию мелкоразмерного загрязнения. В таблице 1 приведены основные физико-географические и социально-экономические характеристики объектов исследования.

Окружающая среда в районе расположения озера Ильмень испытывает существенное антропогенное воздействие. Здесь функционируют крупные промышленные предприятия машиностроительного, металлургического и химического комплексов. Выраженное воздействие оказывает аграрный сектор и объекты энергетики. В структуре регионального рыбохозяйственного комплекса озеро Ильмень занимает лидирующие позиции, обеспечивая 80 – 90 % суммарного вылова в границах всего бассейна. Промысел в речных экосистемах бассейна не имеет повсеместного распространения и локализован лишь в устьевых районах основных притоков [4]. Объем и структура загрязняющих веществ определяются видами хозяйственной деятельности, ведущейся на прилегающей к озеру территории. Так, развитая сеть ферм молочно-мясного животноводства, сосредоточенная в поймах крупных рек, впадающих в Ильмень – Мста, Шелонь, Ловать – помимо биогенов привносят мелкодисперсные взвеси, и частицы синтетических полимеров, образующихся в результате износа агротехни-

ческих упаковочных материалов и инфраструктуры (упаковочной пленки для сенажа, пластиковых элементов оборудования, тары для удобрений), продукции промышленного рыболовства и рекреационной инфраструктуры вдоль западного и южного побережья.

Антропогенная трансформация экосистемы трансграничного бассейна озера Ханка обусловлена кумулятивным воздействием различных секторов хозяйственной деятельности. Ключевым фактором, влияющим на экологическое состояние акватории, выступает интенсивный аграрный комплекс, масштаб которого особенно выражен на китайской стороне бассейна. Таким образом, в структуре сбрасываемых вод доминирует широкий спектр биогенов, удобрений, пестицидов, а массовое применение полимерных пленок с добавлением в их состав биодеградируемых компонентов способствует насыщению среды продуктами фрагментации материалов, имеющих токсические свойства [6]. Дополнительное воздействие оказывают населенные пункты, рассредоточенные вдоль речных систем, несущих свои воды в озеро. Недостаточная эффективность имеющихся здесь очистных сооружений приводит к поступлению в гидрографическую сеть слабоочищенных хозяйственно-бытовых стоков. Ситуация осложняется давлением со стороны рыбопромыслового сектора и расширением рекреационных зон (преимущественно на территории КНР), что сопровождается прямым механическим и химическим загрязнением прибрежных зон. В совокупности данные факторы формируют сложный профиль антропогенной нагрузки, создавая условия для накопления в бассейне озера Ханка стойких загрязняющих веществ и мелкоразмерных частиц различного происхождения.

Сравнительный анализ качественного состава частиц осуществлялся на основе исследования материалов, полученных в сезон 2025 года, при этом в каждой пробе было обработано 100 % обнаруженных частиц. На рисунках 1 и 2 приведены схемы пробоотбора в модельных озерных системах. Для обеспечения сопоставимости данных выбраны станции, характеризующиеся гидрологической идентичностью:

– зоны речного стока (устья рек Веряжа, Веронда, Шелонь), являющиеся индикаторами поступающего в озеро загрязнения;

– зоны истока (истоки рек Сунгача и Волхов), выступающие в качестве контрольных точек, характеризующих суммарный вынос мелкоразмерного загрязнения из акваторий озер;

– зоны транзитного накопления (район кордона «Восточный» на озере Ханка и участок юго-западнее устья реки Ловать на озере Ильмень). Сходство данных локаций обусловлено их положением относительно основных речных выносов и ветрового переноса;

– малопроточные зоны водоемов, удаленные от основных речных выносов и рассматривающиеся как участки для оценки фонового состояния акваторий: восточная часть озера Ильмень и северо-западная часть озера Ханка.

Отсутствие установленных требований к осуществлению пробоотбора и неодинаковая техническая оснащенность обусловили различие методов получения данных. Однако для установления качественного состава частиц и понимания механизмов их миграции технология пробоотбора не играет решающей роли. В таблице 2 обозначены основные методические подходы, использованные при отборе проб в модельных системах.

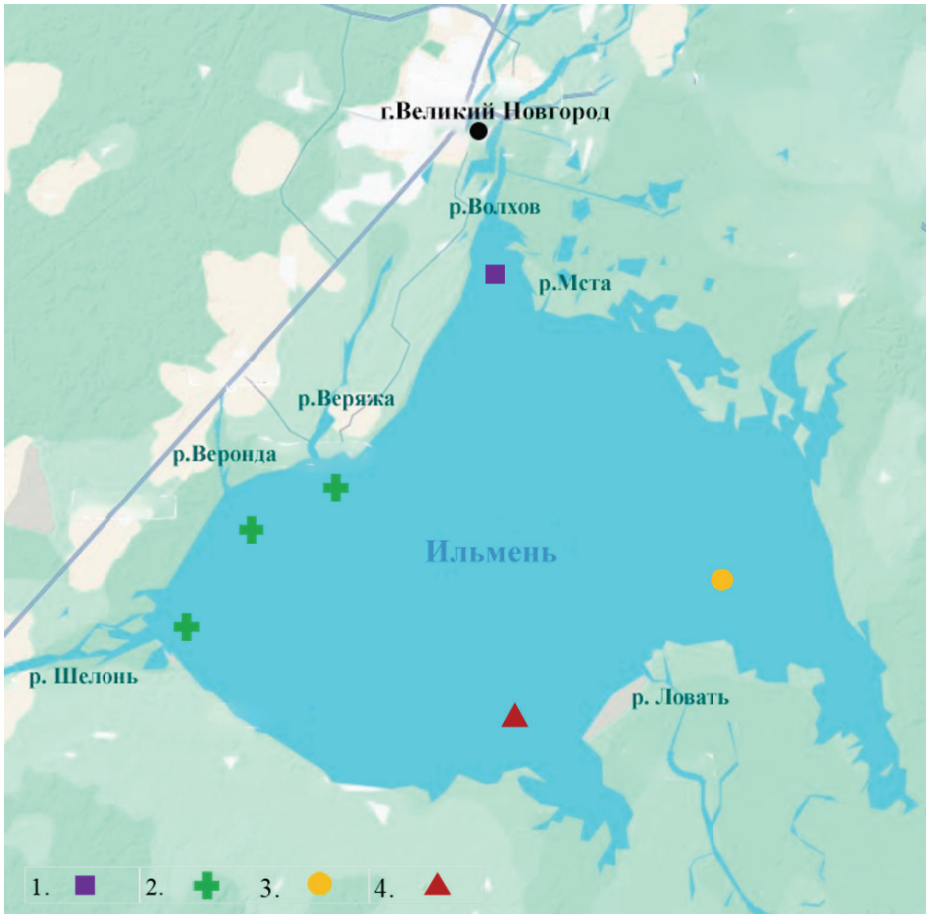


Рис. 1. Схема пробоотбора микроразмерных частиц на озере Ильмень:
1 – исток реки Волхов; 2 – устья рек Веряжа, Вероида, Шелонь;
3 – восточная часть озера Ильмень; 4 – западнее устья реки Ловать

Оценка количественного состава и определение концентрации микрочастиц проводилась по формуле

$$K_N = \frac{N}{V},$$

где K_N – концентрация частиц (индекс загрязнения), ед./м^3; N – количество частиц в пробе, ед.; V – объем прокачанной воды при отборе пробы, м^3.

Результаты и обсуждение

Анализ выявленных в результате пробоотбора частиц в модельных системах показал, что их качественный состав обусловлен спецификой антропогенного воздействия (рис. 3). Так, более 90 % зафиксированных в озере Ильмень элементов представлены фрагментами полимерных материалов, количество волокон, в отличие от озера Ханка, незначительно. Из традиционных полимеров в озере Ильмень отмечено преобладание полиэтилена низкой плотности (LPDE) и PP.



Рис. 2. Схема пробоотбора микроразмерных частиц на озере Ханка:
1 – исток р. Сунгача; 2 – устье реки Спасовка; 3 – северо-западная часть озера Ханка; 4 – кордон «Восточный»

Высокая концентрация данных частиц в устьевых участках рек Шелонь, Веряжа и Верондав западной части озера позволяет предположить, что в качестве основных источников загрязнения следует рассматривать смывы с береговых территорий, содержащие фрагменты упаковочных материалов, пленок. Также отмечается относительно высокое число элементов, идентифицируемых как целлюлозные волокна (CE). В бассейне озера Ханка доминирование полиэтилентерефталата (PET) и полиэстера (PES) указывает на интенсивное влияние коммунально-бытовых сточных вод. Поступление данных полимеров через устье реки Спасовка коррелирует с их высокой концентрацией в зоне транзитного переноса и последующим выносом через исток реки Сунгача, что свидетельствует о формировании устойчивого транзитного выноса частиц (продуктов износа текстиля и упаковочных материалов). Также отмечается наличие натуральных и полусинтетических волокон, например, вискозы.

Таблица 2

Методические подходы к отбору и подготовке проб

Параметры сравнения	Озеро Ильмень	Озеро Ханка
Метод отбора проб	Траловый (сеть Мантас размером ячеи 335 мкм и счетчиком протока воды)	Помповый (электронасос с каскадом планктонных сетей с размером ячей 100 и 10 мкм)
Длительность отбора, мин	10…15	15
Глубина отбора	Поверхностный слой (≈ 15 см)	1…2 м
Средний объем отфильтрованной воды на станции, $м^3$	73	0,33
Способ консервации проб для подавления активности биоты	4%-й раствор формалина	Охлаждение в холодильной установке
Пробоподготовка	Флотация, очистка проб 10 %-м раствором KOH), фильтрация через мембранные фильтры Владипор (0,45 мкм)	Вакуумная фильтрация без предварительной химической обработки на стекловолоконные фильтры (1,6 мкм)
Идентификация	ИК-микроскопия; ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье с приставкой НПВО	

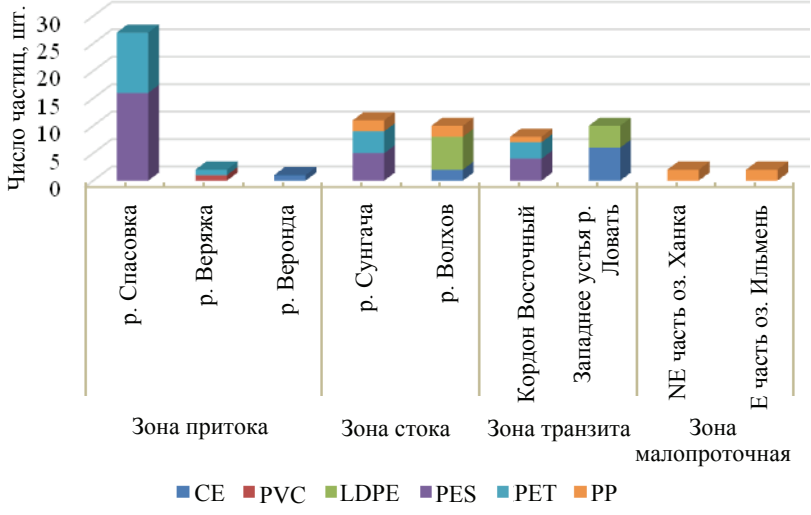


Рис. 3. Встречаемость микрочастиц в различных гидродинамических зонах модельных систем

Аккумуляция LDPE и CE в истоке реки Волхов свидетельствует о функционировании водотока как ключевого канала выноса легких фракций микрочастиц из озера. Присутствие полипропилена (PP) зафиксировано как в стоковых точках, так и в фоновых районах мониторинга (северо-восток озера Ханка и северо-восток озера Ильмень). Это объясняется вы-

сокой плавучестью и физико-химической стойкостью данного полимера. Его обнаружение на этих участках свидетельствует о формировании локального техногенного фона.

Наличие PVC (поливинилхлорид – ПВХ, содержащий фталатный пластификатор) в общем составе проб указывает на дополнительное химическое воздействие, связанное с разрушением изделий, широко применяемых в агротехническом и промышленном секторах исследуемых регионов.

Анализ исследований, проводимый в озерных системах других регионов мира, показывает повсеместное присутствие частиц в пресноводных объектах [7 – 10]. Однако, как отмечается в ряде тематических обзоров, отсутствие единого подхода к пробоотбору, стандартизированных протоколов и пробоподготовки на протяжении десятилетий препятствует объективному сопоставлению полученных данных [11 – 13]. Таким образом, расчет концентрации и корректное количественное сравнение загрязнения акваторий озер микрочастицами на сегодняшний день представляется затруднительным. Данное исследование не является исключением, поскольку в модельных системах отбор проб проводился различными методами (см. табл. 2). Вместе с тем полученные данные позволяют сделать вывод о низком уровне загрязнения озера Ильмень микрочастицами. Расчеты показывают, что в поверхностных водах озера, имеющего важное рыбохозяйственное значение для Новгородской области, среднее содержание микрочастиц не превысило 0,02 ед./м^3, что существенно ниже показателей, характерных для континентальных водных объектов Западной Европы и других озер Северо-Запада России. В наиболее изученном в данном аспекте Ладожском озере концентрация частиц варьирует от 0,05 до 1,45 ед./м^3. При этом в структуре частиц доминируют также PP и PET [14]. В Онежском озере концентрация возрастает до 1,2…1,8 ед./м^3, а в составе большую долю составляют CA и PES [15]. Такая ситуация связана с воздействием целлюлозно-бумажного комбината. В озерах Кольского полуострова среднее содержание микрочастиц колеблется в пределах 0,12…0,38 ед./м^3, и также отмечается значительное количество волокон. Что касается озера Ханка, то концентрация частиц здесь выше, чем в озере Ильмень и по результатам проведенных расчетов составляет 0,12…0,18 ед./м^3. Это связано преимущественно с привносом поллютантов впадающими реками и поверхностным смывом.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что гидрологический режим определяет характер распространения микрочастиц. В результате сравнения модельных озерных систем установлено, что интенсивный водообмен озера Ильмень способствует более быстрому выносу загрязнения, в отличие от озера Ханка, где затрудненный сток создает условия для его аккумуляции. Пространственное распределение частиц подчиняется выявленным гидродинамическим закономерностям: максимальные концентрации частиц зафиксированы в устьевых зонах, впадающих в озера рек (это подтверждает факт, что реки являются основными источниками загрязнения

Мирового океана). Транзитные потоки приурочены к истокам рек, вытекающих из озерных систем, а участки малопроточных зон концентрируют химически стойкие элементы, в частности PP, формирующие стабильны техногенный фон за счет ветрового переноса и связанных с ними поверхностных течений.

Качественный состав микроразмерного загрязнения отражает специфику региональной антропогенной нагрузки. Доминирующие в оере Ильмень фрагменты LPDE и CA предположительно связаны с сельскохозяйственной деятельностью. Преобладающие в озере Ханка PET и PES поступают в основном с хозяйственно-бытовыми стоками. Выявленные частицы DOP указывают на дополнительное загрязнение, связанное с использованием добавок для придания заданных свойств в базовый материал. Это обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований не только в части качественных и количественных показателей микроразмерного загрязнения, но и влияния их на озерные экосистемы.

Проведенное исследование и расчеты показывают, что концентрация частиц в озере Ханка существенно выше, чем в озере Ильмень (0,12… 0,18 ед./м^3 и менее 0,02 ед./м^3 соответственно). Методологические различия в проведении отбора проб не позволяют обеспечивать объективное сравнение степени загрязненности модельных систем. Однако полученные значения сопоставимы с данными, установленными в отношении крупных озер других регионов России, и значительно ниже иных регионов мира, что позволяет характеризовать обе модельные системы как малозагрязненные. По мнению авторов, разработка единой методической базы, учитывающей гидродинамические особенности водоемов, позволит однозначно установить механизмы накопления, переноса и трансформации микроразмерного загрязнения, а также получить адекватную оценку его воздействия на водные экосистемы, провести расчет экологических рисков, а также разработать комплекс природоохранных мероприятий.

Финансирование

Настоящее исследование не получило внешнего финансирования.

Funding

The present study did not receive any external funding.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Microplastic fibres from synthetic textiles: Environmental degradation and additive chemical content / Sait Sh., Sorensen L., Kubowicz S. [et al.] // Environmental Pollution. – 2021. – Vol. 268, Part B. – Art. 115745. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115745

2. Попова, А. Ю. Современные проблемы природопользования бассейна озера Ханка (в связи с климатическими и гидрологическими изменениями) / А. Ю. Попова, А. Н. Качур // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке : сборник статей. – Владивосток, 2019. – С. 96–106. doi: 10.35735/tig.2019.77.20.009

3. Колесникова, В. А. Состояние вод озера Ильмень за 2014–2022 гг. / В. А. Колесникова, М. П. Дружнова // Наука молодых: вызовы и перспективы : сборник материалов XI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Великий Новгород, 17 апреля 2024 года. – Великий Новгород, 2024. – С. 185–190.

4. Материалы, обосновывающие общий допустимый улов водных биологических ресурсов в водных объектах Новгородской области зоны ответственности Новгородского филиала ФГБНУ «ВНИРО» на 2025 год (с оценкой воздействия на окружающую среду) / рук. Е. С. Васильева. – URL: https://novgorod.vniro.ru/images/files/materialy_odu_2025_27.03.24.pdf (дата обращения: 20 июля 2026).

5. Болгов, М. В. Экстремальные уровни озера Ханка: природные вариации или антропогенное воздействие? / М. В. Болгов // Вестник Отделения наук о Земле РАН. – 2016. – № 8. –С. 1–14. doi: 10.2205/2016NZ000127

6. Крутько, Э. Т. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учебное пособие / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с.

7. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes / M. Eriksen, S. Mason, S. Wilson [et al.] // Marine Pollution Bulletin. – 2013. – Vol. 77, No. 1-2. – P. 177–182. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.007

8. Microplastics in Taihu Lake, China / L. Su, Y. Xue, L. Li [et al.] // Environmental Pollution. – 2016. – Vol. 216. – P. 711–719. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.036

9. Microplastics profile along the Rhine River / T. Mani, A. Hauk, U. Walter, P. Burkhardt-Holm // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5, No. 1. – Art. 17988. doi: 10.1038/srep17988

10. Загрязнение озера Байкал микропластиком / Л. Б. Бухаева, С. А. Бирицкая, М. А. Масленикова [и др.] // Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры : материалы VII научно-практической международной конференции, Новосибирск, 08–09 ноября 2023 года. – Новосибирск, 2023. – С. 136–140.

11. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities / A. A. Horton, A. Walton, D. J. Spurgeon, E. Lahive, C. Svendsen // The Science of the Total Environment. – 2017. – Vol. 586. – P. 127–141. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190

12. Li, J. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection / J. Li, H. Liu, J. Paul Chen // Water Research. – 2018. – Vol. 137. – P. 362–374. doi: 10.1016/j.watres.2017.12.056

13. Zobkov, M. Microplastics in Baltic Bottom Sediments: Quantification procedures and first results / M. Zobkov, E. Esiukova // Marine Pollution Bulletin. – 2017. – Vol. 114, No. 2. – P. 724–732. doi: doi : 10.1016/j.marpolbul.2016.10.060

14. Guzeva, A. V. Microplastics in the Surface Water of Lake Ladoga / A. V. Guzeva, Z. I. Slukovskii, A. V. Dudkina // Water Resources. – 2022. – Vol. 49, No. 5. – P. 812–821. doi: 10.1134/S0097807822050062

References

1. Sait Sh., Sorensen L., Kubowicz S. [et al.] Microplastic fibres from synthetic textiles: Environmental degradation and additive chemical content, *Environmental Pollution*, 2021, vol. 268, part B, art. 115745. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115745
2. Popova A. Yu., Kachur A.N. [Modern problems of nature management of the Khanka lake basin (due to climatic and hydrological changes)], *Geograficheskiye i geoekologicheskiye issledovaniya na Dal'nem Vostoke: sbornik statey* [Geographical and geoecological research in the Far East], Vladivostok, 2019, pp. 96-106, doi: 10.35735/tig.2019.77.20.009 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Kolesnikova V.A., Druzhnova M.P. [The state of the Lake Ilmen waters for 2014-2022], *Nauka molodykh: vyzovy i perspektivy: sbornik materialov XI Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science of the young: challenges and prospects: Proceeding ofthe National Scientific and Practical Conference], Velikiy Novgorod, 17 April 2024, Velikiy Novgorod, 2024, pp. 185-190 (In Russ.)
4. Available at: https://novgorod.vniro.ru/images/files/materialy_odu_2025_27.03.24.pdf (accessed 20 July 2026).
5. BolgovM.V. [Hanka Lake Extreme Levels: Natural Variation or Human Impact?], *Vestnik Otdeleniya nauk o Zemle RAN* [Bulletin of the Earth Sciences Division of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 8, pp. 1-14 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Krutko E.T., Prokopchuk N.R., Globa A.I. *Tekhnologiya biorazlagayemykh polimernykh materialov : uchebnoye posobiye* [Technology of Biodegradable Polymer Materials: A Study Guide], Minsk: BGTU, 2014, 105 p. (In Russ.)
7. Eriksen M., Mason S., Wilson S. [et al.] Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes, *Marine Pollution Bulletin*, 2013, vol. 77, no. 1-2, pp. 177-182. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.007
8. Su L., Xue Y., Li L. [et al.], Microplastics in Taihu Lake, China, *Environmental Pollution*, 2016, vol. 216, pp. 711-719. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.036
9. Mani T., Hauk A., Walter U., Burkhardt-Holm P. Microplastics profile along the Rhine River, *Scientific Reports*, 2015, vol. 5, no. 1, art. 17988. doi: 10.1038/srep17988
10. Bukhaeva L.B., Biritskaya S.A., Maslennikova M.A. [et al.] [Microplastic pollution of Lake Baikal], *Sovremennoye sostoyaniye vodnykh bioresursov i akvakul'tury: materialy VII nauchno-prakticheskoy mezhdunarodnoy konferentsii* [Current state of aquatic biological resources and aquaculture: Proceeding of the International Scientific and Practical Conference], Novosibirsk, 08-09 November 2023, Novosibirsk, 2023, pp. 136-140 (In Russ.)
11. Horton A.A., Walton A., Spurgeon D.J., Lahive E., Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities, *The Science of the Total Environment*, 2017, vol. 586, pp. 127-141. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190
12. Li J., Liu H., Paul Chen J. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection, *Water Research*, 2018, vol. 137, pp. 362-374. doi: 10.1016/j.watres.2017.12.056
13. Zobkov M., Esiukova E. Microplastics in Baltic Bottom Sediments: Quantification procedures and first results, *Marine Pollution Bulletin*, 2017, vol. 114, no. 2, pp. 724-732. doi: doi : 10.1016/j.marpolbul.2016.10.060
14. Guzeva A.V., Slukovskii Z.I., Dudkina A.V. Microplastics in the Surface Water of Lake Ladoga, *Water Resources*, 2022, vol. 49, no. 5, pp. 812-821. doi: 10.1134/S0097807822050062

Сведения об авторах

Попова Анна Юрьевна – ведущий инженер, ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН», Владивосток, Российская Федерация; e-mail: anna-41093@mail.ru

Педченко Андрей Петрович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)», Москва, Российская Федерация; ORCID 0009-0003-5481-1263; e-mail: pedchenko@vniro.ru

Блиновская Яна Юрьевна – доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН», Владивосток, Российская Федерация; профессор департамента природно-технических систем и техносферной безопасности, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Российская Федерация; ORCID 000-002-3137-0835; e-mail: blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

About the authors

Anna Yu. Popova – Lead Engineer, Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Science, Vladivostok, Russian Federation; e-mail: anna-41093@mail.ru

Andrey P. Pedchenko – Cand. Sc. (Geogr.), Leading Researcher, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russian Federation; ORCID 0009-0003-5481-1263; e-mail: pedchenko@vniro.ru

Yana Yu. Blinovskaya – D. Sc. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher, Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch of Russian Academy of Science, Vladivostok, Russian Federation; Professor of the Department of Natural and Technical System and Technosferical Safety, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation; ORCID 000-002-3137-0835; e-mail: blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

Дата поступления 07.08.2026;
после рецензирования 10.09.2026;
дата принятия 16.09.2026

© Попова А. Ю., Педченко А. П., Блиновская Я. Ю., 2026. Данная статья находится в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution (CC BY) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/