

и нитритов в особо охраняемых озерах не обнаружено, за исключением оз. Акташский провал Альметьевского района (53.5 мг/л нитратов при ПДК 45 мг/л)). Содержание ионов аммония в оз. Лесное Лаишевского района составило 8.1 мг/л (16 ПДК), в остальных озерах концентрации аммонийного иона не превышало ПДК_{рх}.

Максимальное содержание фосфат-иона зафиксировано в Камско-Устьинском районе в озерах Карамольское (2.2 ПДК) и Лесное (2.2 ПДК). В других озерах превышений по ПДК_{рх} не наблюдалось, что возможно связано с активным развитием в летний период высшей водной растительности и фитопланктона как потребителей минеральных форм фосфора.

Концентрация общего железа в озерах варьирует в широких пределах: от 0.1 до 0.7 мг/л. Превышение норматива ПДК_{рх} зафиксировано во всех исследуемых озерах, что скорее говорит о повышенном региональном геохимическом фоне этого иона, чем о факте загрязнения.

Таким образом, проведенный нами сравнительный анализ вод особо охраняемых озер за 2001 и 2019 гг. показал, что для большей части особо охраняемых озер имело место выраженная тенденция к увеличению концентраций загрязняющих веществ по ряду показателей. Широкий спектр хозяйственной и рекреационной деятельности на водосборах озер в сегодняшнее время: строительство дорог, сельскохозяйственное освоение земель, промышленная и селитебная застройки, забор воды на питьевые и хозяйственные нужды, рост биогенной нагрузки – все это в значительной степени отразилось на количественных и качественных характеристиках водных масс. Требуется кардинальный пересмотр стратегии и разработки комплекса научно-технических мероприятий для охраны и рационального использования водных объектов, особенно охраняемых.

УДК: 504.054+691.175

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРЕСНЫХ ВОД МИКРОПЛАСТИКОМ: НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ

Никитин О.В., доцент кафедры прикладной экологии
Латыпова В.З., профессор кафедры прикладной экологии
Миннегулова Л.М., студент
Насырова Э.И., аспирант

Казанский (Приволжский) федеральный университет
(г. Казань, Российская Федерация)

Аннотация. Одной из актуальных проблем последних десятилетий является загрязнение компонентов окружающей среды пластмассовыми отходами. Одной из составляющих проблемы является загрязнение поверхностных вод и мирового океана частицами микроскопического размера – частицами микропластика. При этом основное внимание долгое время уделялось лишь морским экосистемам, что находит свое отражение в наукометрических базах

данных. В последние годы наметился существенный рост публикаций, сокращающий этот разрыв. Частицы микропластика могут оказывать комплексное негативное воздействие на водные экосистемы, включая механизмы физического и химического действия. Учитывая это, а также тот факт, что в современных пресноводных экосистемах регистрируется существенный уровень загрязнения частицами микропластика, необходимо включение микропластика в программу мониторинга поверхностных вод, включая мониторинг по компонентам окружающей среды и по разным фракциям пластика.

Ключевые слова: микропластик, загрязнение, пресные воды, поверхностные воды, экологический мониторинг.

MICROPLASTICS POLLUTION OF FRESHWATER ENVIRONMENTS: THE NEED FOR MONITORING AND CONTROL

Nikitin O.V., Associate Professor, Department of Applied Ecology

Latypova V.Z., Professor, Department of Applied Ecology

Minnegulova L.M., student

Nasyrova E.I., PhD student

Kazan Federal University

Kazan, Russian Federation

Abstract. One of the important problems of recent decades is the pollution of environmental components by plastic waste. Part of the problem is the pollution of surface waters and the oceans by the microscopic size particles (microplastics). Focus of problem for a long time has been given only to marine ecosystems, which is reflected in scientific databases. In recent years, there has been a significant increase in publications, narrowing this gap. Microplastic particles can have a complex negative effect on aquatic ecosystems, including mechanisms of physical and chemical harmful effects. As a result of this, as well as the fact that a significant level of contamination by microplastic particles is recorded in modern freshwater ecosystems, it is necessary to include microplastics in a surface water monitoring program, including monitoring by environmental components and by different fractions of plastic particles.

Keywords: microplastic, pollution, freshwater, surface water, environmental monitoring.

Мировое производство пластмасс (синтетических органических полимеров) сильно возросло за последние десятилетия: с 1,7 млн т в 1950 году (Duis, Coors, 2016) до 348 млн т в 2017 году (Plastics..., 2018) и продолжает увеличиваться. Наиболее широко производимыми пластмассами являются полипропилен, полиэтилен, полистирол, полиэтилентерефталат и поливинилхлорид (Andrady, 2011). Вследствие больших объемов производства и долговечности, пластмассы встречаются в окружающей среде, что вызывает серьезные опасения.

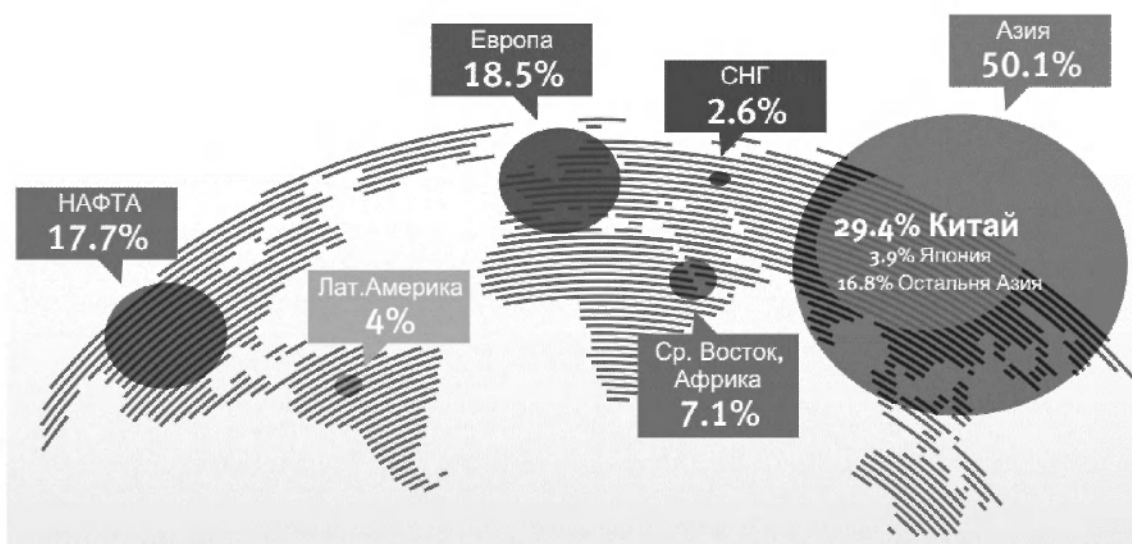


Рис. 1. Объемы производства пластмасс в мире; доля от 248 млн т (Plastics..., 2018)

Одной из составляющих проблемы является загрязнение поверхностных вод и мирового океана частицами микропластика. Под микропластиком преимущественно понимают мелкие полимерные частицы с размерами менее 5,0 мм (Barnes et al., 2009; Rocha-Santos, Duarte, 2015), включающие как пластиковые гранулы, изначально имеющие микроскопические размеры, так и фрагменты более крупных объектов. В литературе встречаются и иные варианты классификации частиц микропластика: <1 мм (Claessens et al., 2011), <2 мм (Ryan et al., 2009), 2–6 мм (Derraik, 2002) и <10 мм (Graham, Thompson, 2009). Микропластики также могут быть классифицированы как первичные и вторичные микропластики в зависимости от их фактического источника (Cole et al., 2011).

Следует выделить два основных процесса, приводящих к образованию микропластика: непосредственное попадание в водную среду (некоторые фрагменты (микро- и наночастицы), используемые в потребительских товарах, попадают в акваторию со сточными водами, например, гранулы, входящие в состав косметических скрабов, или промышленные синтетические абразивы) и выветривание более крупного мусора в водной среде. Измельчение крупных кусков происходит за счет работы микроорганизмов и бактерий, термоокисления, гидролиза, деформации и механического разрушения под воздействием солнечных лучей, ветра и волн (Козловский, Блиновская, 2015). Основные источники первичных и вторичных микропластиков представлены в таблице 1.

Основные источники первичных и вторичных микропластиков
(Duis, Coors, 2016)

Тип микропластика	Источники поступления
Первичные микропластики	Средства личной гигиены, такие как эксфолианты
	Специальные лекарственные средства, включая средства для полировки зубов
	Промышленные абразивы
	Буровые растворы
	Сырье для производства пластмасс
Вторичные микропластики	Пластиковые отходы
	Истирание пластика на свалках и объектах переработки
	Пластиковые рыболовные снасти
	Судовой мусор
	Отходы после рекреационной активности
	Пластмасса, присутствующая в органических отходах
	Краски, содержащие синтетические полимеры / истирание во время удаления краски
	Полимеры, используемые в компостирующих добавках
	Волокна, выделяемые из гигиенических средств
	Волокна, выделяемые из синтетического текстиля

До недавнего времени основное внимание было приковано к проблеме загрязнения микропластиком преимущественно морских экосистем. Это можно проиллюстрировать данными из базы данных научных публикаций Web of Science (Thomson Reuters). На запрос, содержащий термин «microplastic*», система выдает 3208 публикаций (первая в 1975 г.), из них только 282 (8,8 %) относятся к пресноводным системам (содержат термин «freshwater»). В последние годы наметился существенный рост публикаций, сокращающий этот разрыв – от 4,5 % публикаций в 2013 году до 13 % в 2019 (рис. 2).

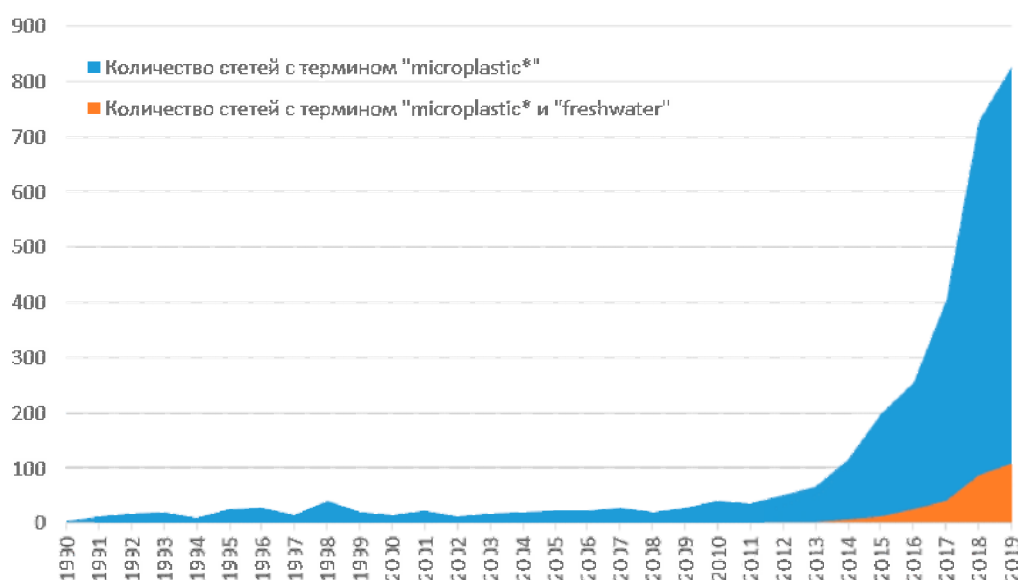


Рис. 2. Количество статей, посвященных микропластику в пресных водах

Из-за своего небольшого размера микропластики могут заглатываться многочисленными организмами, включая представителей зоопланктона и высших животных (моллюсков, ракообразных, рыб, птиц). Точные механизмы токсичности микропластика все еще плохо изучены, но их потенциальные токсические эффекты могут возникнуть в результате одного или нескольких из трех путей (da Costa et al., 2017): (1) стресс, вызванный поеданием частиц, включая расход энергии на экскрецию, закупорку пищеварительной системы и появление т.н. ложной сытости; (2) выделение добавок из пластмасс, включая пластификаторы и (3) воздействие загрязнителей, адсорбированных микропластиком, таких как стойкие органические загрязнители (СОЗ). Кроме того, было показано, что пластики, собранные из водной среды, также содержат другие загрязняющие вещества, в том числе органические химические вещества, адсорбированные из окружающей среды. Среди таких органических загрязнителей особую озабоченность вызывают СОЗ, которые включают полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды и хлорорганические пестициды (например, дихлордифенилтрихлорэтан, или ДДТ), поскольку они обладают высокой устойчивостью к деградации в окружающей среде (рис. 3). Следовательно, такие материалы могут представлять новые пути воздействия химических веществ при попадании в организм.



Рис. 3. Потенциальные эффекты от физического и химического воздействия микропластика. Последнее связано с сорбцией других загрязняющих веществ, таких как стойкие органические загрязнители, на поверхности частиц микропластика. Перечисленные эффекты наблюдались у множества организмов (da Costa et al., 2017).

Мониторинговые исследования показали, что, как и в морской среде, частицы микропластика повсеместно встречаются в различных пресноводных матрицах. Например, зарегистрированные концентрации микропластика в пробах поверхностных вод реки Рейн (Германия) в среднем составляют 892 777 частиц км² с пиковой концентрацией 3,9 млн частиц км². В речных донных отложениях количество частиц колеблется от 228 до 3763 и от 786 до 1368

частиц кг^{-1} (реки Рейн и Майн (Германия) соответственно). Высокие концентрации в поверхностных водах отмечены для р. Янцзы у плотины Три ущелья, Китай ($192\text{--}13617$ частиц км^2), что связано с отсутствием очистных сооружений в небольших городах, а также с проблемами инфраструктуры по переработке и удалению отходов. Эти исследования могут недооценивать фактические концентрации микропластика, потому что их разделение и идентификация основаны на методах визуального наблюдения и могут исключать их в диапазонах субмикронных размеров (Lambert, Wagner, 2018).

Воздействие микропластика не ограничивается представителями водных экосистем. Частицы микропластика обнаруживаются в организмах людей, при этом характер наносимых ими повреждений не установлен; указывают обычно возможные накопление в легких, закупорку сосудов, тромбообразование, канцерогенный эффект. Необходимо отметить, что в настоящее время не регламентирован и уровень загрязнения (ПДК) (Саванина и др., 2019). Также опасение вызывает тот факт, что загрязнение пресных вод частицами микропластика не ограничивается лишь поверхностными водами, они встречаются в подземных водах, в питьевой воде систем водоснабжения и бутилированной воде.

Таким образом, учитывая широкое распространение частиц микропластика в пресноводных экосистемах, потенциальный риск для гидробионтов и здоровья людей, необходимо включение микропластика в программу мониторинга поверхностных вод, включая мониторинг по компонентам окружающей среды и по разным фракциям пластика.

Литература:

1. Козловский Н.В., Блиновская Я.Ю. Микропластик – макропроблема мирового океана//Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №10-1. – С. 159-162.
2. Саванина Я.В., Барский Е.Л., Фомина И.А., Лобакова Е.С. Загрязнение водной среды микропластиком: воздействие на биологические объекты, очистка // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2019. – №2(12). – С. 54-58.
3. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // Mar. Pollut. Bull. – 2011. – Vol. 62. – P. 1596-1605.
4. Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R.C., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments // Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. – 2009. – Vol. 364(1526). – P.1985-1998
5. Claessens M., Meester S.D., Landuyt L.V., Clerck K.D., Janssen C.R. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast // Mar. Pollut. Bull. – 2011. – Vol. 62(10). – P. 2199-2204.
6. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review // Mar. Pollut. Bull. – 2011. – Vol. 62(12). – P. 2588-2597.
7. da Costa J.P., Duarte A.C., Rocha-Santos T.A.P. Microplastics –

occurrence, fate and behaviour in the environment // *Characterization and Analysis of Microplastics*. – Amsterdam: Elsevier, 2017. – P. 1-24.

8. Derraik J.G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review // *Mar. Pollut. Bull.* – 2002. – Vol. 44(9). – P. 842-852.

9. Duis K., Coors A. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects // *Environ. Sci. Eur.* – 2016. – Vol. 28(1). – P. 1-25.

10. Lambert S., Wagner M. Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: an overview // *Freshwater Microplastics*. – Springer, 2018. – P. 1-24.

11. Graham E.R., Thompson J.T. Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* – 2009. – Vol. 368(1). – P. 22-29.

12. *Plastics – the Facts 2018*. An analysis of European plastics production, demand and waste data. – Brussels: PlasticsEurope, 2018. – 61 p.

13. Rocha-Santos T., Duarte A.C. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment // *TrAC Trends Anal. Chem.* – 2015. – Vol. 65. – P. 47-53.

14. Ryan P.G., Moore C.J., van Franeker J.A., Moloney C.L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment // *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* – 2009. – Vol. 364(1526). – P. 1999-2012.

УДК 502.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА БИОМАССЫ КЛЕТОК РЯСКИ ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ В ФИТОРЕМЕДИАЦИИ

Арефьева О.А., кандидат биологических наук, доцент;

Ольшанская Л.Н., доктор химических наук, профессор;

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Ю.А. Гагарина»

(г. Саратов, Российская Федерация)

Аннотация: Поскольку растения ряски находят широкое применение в качестве фиторемедианта при очистке стоков, встает проблема утилизации или переработки отработанных растений, которые возможно будут накапливать в своих тканях токсиканты. Поэтому данный вопрос является актуальным. Исследования посвящены анализу биомассы водорослей, полученной после процесса фиторемедиации тяжелых металлов из воды.

Ключевые слова: ряска, фиторемедиация, тяжелые металлы, утилизация.