

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В НЕКОТОРЫХ ВОДОЁМАХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

А.К. Хусанов¹, М. А. Абдувалиева², Ж.А. Низомов², А.А. Яхъёев²

¹Андижанский Государственный Университет, Узбекистан

Аннотация. Считается, что реки являются основными путями переноса микропластика в морские и озерные экосистемы, а поглощение микропластика пресноводной биотой представляет собой риск, связанный с загрязнением микропластиком, но исследований экологии микропластика в пресноводных экосистемах мало. Поглощение микропластика рыбой, вероятно, зависит от обилия его в окружающей среде и аспектов экологии рыб, но эти взаимосвязи редко рассматриваются. Мы измерили обилие и состав микропластика в рыбе и поверхностных водах из основных притоков. Микропластик был обнаружен в рыбе и поверхностных водах на всех участках. Будущие исследования должны быть сосредоточены на понимании перемещения микропластика из точечных и диффузных источников в водные экосистемы, что будет способствовать усилиям по борьбе с загрязнением внутренних вод.

Ключевые слова: микропластик, рыба, Карадарья, экология, нейстоновые сети, микроцуп.

a_xusanov75@adu.uz; abduvalieva@adu.uz; abdumuxtor.yaxyoyev@mail.ru ; nizomovjasurbek@adu.uz.

ФЕРГАНА ӨРӨӨНҮНҮН КЭЭ БИР СУУ САКТАГЫЧТАРЫНДА МИКРО- ПЛАСТИКАЛАРДЫ ИЗИЛДӨӨ

А.К. Хусанов¹, М. А. Абдувалиева², Ж.А. Низомов², А.А. Яхъёев²

¹Андижан Мамлекеттик Университети, Ўзбекистан

Аннотация. Дарыялар микропластиктерди деңиз жана көл экосистемаларына ташуунун негизги жолдору болуп саналат жана микропластиктердин тузсуз суунун биотасына кирүүсү микропластиканын булганышы менен байланышкан коркунуч болуп саналат, бирок тузсуз суу экосистемаларында микропластиктердин экологиясы боюнча изилдөөлөр чектелген. Микропластиктердин балыктын кабыл алынышы айланачөйрөнүн көптүгүнө жана балык экологиясынын аспектилеринен көз каранды, бирок бул мамилелер сейрек каралат. Биз ири куймалардан келген балыктагы жана жер үстүндөгү суулардагы микропластиктердин көптүгүн жана курамын өлчөдүк. Микропластика балыктардын жана жер үстүндөгү суулардын бардык жерлеринен табылган. Келечектеги изилдөөлөр микропластиктердин чекиттик жана диффузиялык булактардан суу экосистемаларына жылышын түшүнүүгө багытталышы керек, бул ички суунун булганышы менен күрөшүү аракеттерине салым кошот.

Негизги сөздөр: микропластик, балык, Карадарья, экология, нейстон торлору, микрорознд.

RESEARCH OF MICROPLASTICS IN SOME RESERVOIRS OF THE FER- GHANA VALLEY

A.K. Khusanov¹, M. A. Abduvalieva², J.A. Nizomov², A.A. Yaxyoyev²

¹Andijan State University, Uzbekistan

Abstract. Rivers are considered the main routes for the transport of microplastics to marine and lake ecosystems, and the absorption of microplastics by freshwater biota creates a risk associated with microplastic pollution, but there is practically no research on the ecology of microplastics in freshwater ecosystems. The uptake of microplastics by fish probably depends on the amount of microplastics in the environment and aspects of fish ecology, but these relationships are rarely taken into account. We measured the amount

and composition of microplastics in fish and surface waters of the main tributaries. Microplastics were found in fish and surface waters at all sites. Future research should focus on understanding the movement of microplastics from point and scattered sources into aquatic ecosystems, which will contribute to efforts to combat pollution of inland waters.

Keywords: *microplastics, fish, Karadarya, ecology, nylon nets, microshup.*

На долю пластика приходится ~10% всех бытовых отходов и 50–80% отходов на пляжах и в океанах [9]. Пластиковый мусор в экосистемах вызывает все большую озабоченность по всему миру. Ежегодно в морскую среду попадает около 20 миллионов тонн пластика, и, по прогнозам, к 2050 году пластиковый мусор превысит количество рыбы в океане [4;8]. Пластик в изобилии встречается в самых отдаленных, необитаемых частях мира, таких как Баренцево море (Северный Ледовитый океан), остров Хендерсон (южная часть Тихого океана) и глубины океана [1]. Источниками пластикового мусора для водных экосистем являются сточные воды, отходы очистных сооружений, промышленное производство, синтетический текстиль и разложение более крупного антропогенного мусора (AL; мусор) на более мелкие части [5].

В то время как растущее количество исследований показывает, что пластик вездесущий во всем мире, его биологические и экологические эффекты менее известны. Микропластик (частицы <5 мм) находится в центре внимания исследований взаимодействия между пластиком и биотой, включая микробы, беспозвоночных, рыб, птиц и водных млекопитающих [5;15]. Микропластик может абсорбировать гидрофобные соединения, такие как стойкие органические загрязнители и загрязняющие вещества, вызывающие новую озабоченность (например, триклозан и полиароматические углеводороды (ПАУ)). После попадания в организм соединения могут десорбироваться в анаэробной среде кишечника и абсорбироваться тканями животных [6,17]. Это может ускорить биоаккумуляцию микропластика и адсорбированных компонентов, когда они перемещаются по пищевым цепям посредством трофического переноса [11]. Например, до 60 нг/г⁻¹ сухого веса пирена (ПАУ) было измерено в жаберной ткани мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) после употребления микропластика, подвергнутого воздействию пирена [2].

Попадание микропластика в организм также может снизить усвоение питательных веществ через закупорку пищеварительного тракта и раздражение эпителиальной слизистой оболочки [19,13]. Наконец, микропластик поддерживает уникальные микробные сообщества по сравнению с естественной средой обитания и субстратами и может способствовать появлению патогенных «автостопщиков», таких как бактерии *Campylobacteraceae* и *Vibrio* [14,15]. Несмотря на то, что экология микропластика является быстро растущей областью исследований, большинство исследований сосредоточены на морских организмах и среде обитания, и меньше исследований проводилось в реках. Понимание распространения, движения и биологических взаимодействий микропластика в пресных водах имеет решающее значение для документирования его глобального воздействия [16;18]. В дополнение пресные воды представляют собой важные места для предотвращения и борьбы с микропластиком. Особенности ландшафта водосборного бассейна (например, землепользование, прибрежная растительность и геоморфология) влияют на перенос и концентрацию частиц в реках [7], но лишь в немногих исследованиях изучалось, как особенности ландшафта влияют на численность и биологические взаимодействия микропластика в пресных водах.

Материал и методика

Объектами исследований для проб материалов поверхностных вод являются реки Андижанской, Наманганской и Ферганской областей, а для проб рыб – притоки Карадарьи, которая течет по всей Ферганской долине. Отбор проб из водоемов и гидробионтов осуществлялся в течении 2022-2023 г.г. в республике Узбекистан. Пробы из Наман-

ганской части долины были взяты с рек Говасой, Чодаксай, Касансай и Чартаксай, а из Ферганы и Андижан образцы взяты из рек Сох и Андижансай соответственно. С помощью микрошупа, патентованного Андижанским Государственным Университетом, с сачком нейстонового типа, установленного на глубине 50 см на 15 минут, улавливали плавающий пластик из верхнего –15 см слоя воды. Из каждой реки были взяты 3 отдельные пробы где после они были упакованы и отправлены в лабораторию Томского Государственного Университета [12].

Лабораторный анализ поверхностных вод был проведен в соответствии с модифицированным протоколом путем окисления органических веществ в микропластиковых частицах с использованием перекиси водорода и разделению их по плотности, а для извлечения микропластика из кишечника и жабр рыб использовалась метод кислотного расщепления мягких тканей. Исходные данные были математически обработаны с помощью программы Microsoft Excel-2010 [12]. Определяли среднее арифметическое, стандартную ошибку среднего арифметического (SE), минимальное и максимальное значение, стандартное отклонение (SD) и коэффициент вариации (Cv).

Результаты и обсуждение

Анализ проб воды из водоемов Ферганской долины показал наличие микропластиковых частиц во всех пробах в средних концентрациях от 2,89 до 7,00 шт/м³. Большая часть этих частиц – это нитевидные синтетические волокна и фрагменты полимерных частиц, разных цветов, размером от 0,15 до 4,0 мм. Для изучения относительных различий между исследуемыми реками сравнили соотношение средних концентраций между ними, что составляло >4 на трех участках из шести, а именно для рек Говасой, Касансой и Чартаксай 7,00±3,23, 4,67±0,91 и 4,33±1,64 шт/м⁻³, соответственно. Тогда, как для рек Сох, Андижансай и Чодаксай этот показатель имеет <4, с среднеарифметическими значениями для Сох – 3,89±1,68, Андижансай – 3,07 ±1,30 и по сравнению самими малыми количествами среди них выступает Чодаксай с 2,89±0,78.

Анализ проб рыб из реки Карадарья Ферганской долины показал наличие микропластиковых частиц во всех пробах рыб, в частности, для ЖКТ – от 1 до 5 (ед./экз.), для жабр – 1-12,67 (ед./экз.). А масса в размерах от 0,15 до 3 мм колеблется от 0,57-45,45 ед./г. для жабы, 21,96-333,58 ед./г. для ЖКТ объектов

Волокна были наиболее распространенными типами микропластика и для рыб и для поверхностных вод, в то время как фрагментные и пленочные полимеры встречались очень редко. Для каждой категории образцов микропластика для рек средняя концентрация волокон в каждом месте существенно выше (83,7%) и в то же время этот показатель значительно ниже для фрагментов и плёнок – 14,4 и 1,9% соответственно. Для рыб средняя концентрация волокон составляла около 92 %, плёнок –3% и фрагментов – 5%

Идентификация частиц по химическому составу проводилась для всех проб с различными размерами (от 0,15 до 4,0 мм). Анализ полимеров показал, что изолированный материал состоит из часто встречающихся пластиковых соединений. Наши образцы состояли из полимеров полиэтилентерефталата (PET), полиэфирсульфона (PES blends), термоэластопластов (TPE), нейлонов (PA), полипропилена (PP), полициклогексилдиметилтерефталата (PCT), полиметилпентена (PMP blends), полифениленсульфона (PPSU).

Сравнение значений микропластика в толще воды из этого исследования с опубликованными результатами требует рассмотрения методологии и местоположения. Предыдущая работа с использованием нейстоновых сетей в пресноводных экосистемах показала более низкие значения, чем те, которые были задокументированы с помощью отбора проб. В исследовании, в котором измерялось содержание микропластика в 29 притоках Великих озер Лаврентия с использованием нейстоновых сетей, концентрация микропластика варьировалась от 0,05 до 32 частиц м⁻³ и положительно связана с увели-

чением городского землепользования [3]. Концентрация микропластика в реке Сена в Париже составила 3–106 частиц м^{-3} при использовании того же метода [10]. В отличие от этого, в заливе Мэн концентрация микропластика составила 3 400–10 000 частиц м^{-3} [4], что примерно на порядок больше, чем наши результаты.

Вывод. Эти коллективные результаты показывают, что загрязнение микропластиком широко распространено в пресноводных средах обитания и что реки являются источниками загрязнения микропластиком экосистем, расположенных ниже по течению. Масштабирование результатов микропластика на большие объемы воды и периоды времени потребует пристального внимания к воспроизведению и учету различных речных местообитаний. Для этого мы предлагаем собирать больше проб по всей ширине реки, с интегрированным по глубине и несколько раз в год. Кроме того, мы предлагаем исследователям одновременно измерять микропластик на поверхности бентоса, в толще воды и плавающий на поверхности воды.

Литература

1. Andrady, A. L. The plastic in microplastics: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 119, 12–22 (2017).
2. Avio, C. G. et al. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environ. Pollut.* 198, 211–222 (2015).
3. Baldwin, A. K., Corsi, S. R. & Mason, S. A. Plastic debris in 29 Great Lakes tributaries: Relations to watershed attributes and hydrology. *Environ. Sci. Technol.*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02917> (2016).
4. Barrows, A. P. W., Neumann, C. A., Berger, L. & Shaw, S. D. Grab vs. neuston tow net: a microplastic sampling performance comparison and possible advances in the field. *Anal. Methods* 1–8, <https://doi.org/10.1039/C6AY02387H> (2016).
5. Blight, L. K. & Burger, A. E. Occurrence of plastic particles in sea-birds from the Eastern North Pacific. *Mar. Pollut. Bull.* 34, 323–325 (1997).
6. Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J. & Thompson, R. C. Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. *Curr. Biol.* 23, 2388–2392 (2013).
7. Chazdon, R. L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science.* 320, 1458–1460 (2008).
8. Cole, M. et al. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47, 6646–6655
9. Derraik, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852 (2002).
10. Dris, R. et al. Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris. *Environ. Chem.*, <https://doi.org/10.1071/EN14167> (2015).
11. Farrell, P., Farrell, P. & Nelson, K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.* 177, 1–3 (2013).
12. Frank Yulia, Alijon Khusanov, Mansur Yuldashov, Egor Vorobiev, Svetlana Rakhmatullina, Alexey Rednikin, Sherzodbek Tashbaev, “Microplastics in the Syr Darya River Tributaries, Uzbekistan.” *Water* 2023, Vol. 15, Page 3698 15(20): 3698. doi:10.3390/W15203698.
13. Gregory, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, 2013–2025 (2009).
14. McCormick, A. R. et al. Microplastic in surface waters of urban rivers: Concentration, sources, and associated bacterial assemblages. *Ecosphere* 7 (2016).
15. McCormick, A., Hoellein, T. J., Mason, S. A., Schluep, J. & Kelly, J. J. Microplastic is an Abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environ. Sci. Technol.* 48, 11863–11871 (2014).
16. McCormick, A. R. & Hoellein, T. J. Anthropogenic litter is abundant, diverse, and mobile in urban rivers: Insights from cross ecosystem analyses using ecosystem and community ecology tools. *Limnol. Oceanogr.* 61, 1718–1734 (2016).
17. Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T. & Teh, S. J. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Sci. Rep.* 3, 1–7 (2013).
18. Sheavly, S. B. & Register, K. M. Marine debris & plastics: Environmental concerns, sources, impacts and solutions. *J. Polym. Environ.* 15, 301–305 (2007).
19. Wright, S., Thompson, R. C. & Galloway, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178, 483–492 (2013).