

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**EARTH SCIENCES**

УДК 504.45

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2024-68-1-72-78>

Поступило в редакцию 22.12.2023

Received 22.12.2023

С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, К. О. Рябычин*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь***МИКРОПЛАСТИК В ВОДОЕМАХ ПРИБРЕЖНЫХ ОАЗИСОВ ВОСТОЧНОЙ
АНТАРКТИДЫ (НА ПРИМЕРЕ ОАЗИСА ХОЛМЫ ТАЛА, ЗЕМЛЯ ЭНДЕРБИ)***(Представлено академиком В. Ф. Логиновым)*

Аннотация. Приведены впервые полученные для пресноводных водоемов Восточной Антарктиды данные о содержании в воде частиц микропластика (на примере оазиса Холмы Тала, Земля Эндерби). Исследования выполнены во время 15-й Белорусской антарктической экспедиции в 2022/2023 гг. с отбором и фильтрацией воды из трех озер и одного временного водоема. Фильтрация осуществлялась в два этапа: в полевых условиях через планктонную сеть для концентрирования пробы и затем в лаборатории через фильтры типа «Белая лента». Высушенные фильтры после доставки в Минск проанализированы с помощью микроскопа, цифровой камеры и соответствующего программного обеспечения. Установлено, что частицы микропластика присутствуют во всех проанализированных пробах: доминируют волокна, на долю которых приходится 81 % общего количества частиц микропластика. Размер частиц, представленных фрагментами неправильной формы пластмасс, в 90 % случаев составляет менее 1 мм. Размер волокон в 91 % случаев находится в диапазоне от 1 до 5 мм с максимальным значением 16,4 мм. Показана важность развития исследований и оценки уровней микропластикового загрязнения водоемов Антарктики с учетом сезонных изменений их состояния, морфометрических и других особенностей.

Ключевые слова: пресноводные водоемы, микропластик, частицы, волокна, Антарктида

Для цитирования. Какарека, С. В. Микропластик в водоемах прибрежных оазисов Восточной Антарктиды (на примере оазиса Холмы Тала, Земля Эндерби) / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик, К. О. Рябычин // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2024. – Т. 68, № 1. – С. 72–78. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2024-68-1-72-78>

Sergey V. Kakareka, Tamara I. Kukharchyk, Kiryl O. Rabychyn*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus***MICROPLASTICS IN THE FRESH WATERS OF THE COASTAL OASIS OF THE EAST ANTARCTICA
(ON AN EXAMPLE OF THE THALA HILLS, ENDERBY LAND)***(Communicated by Academician Vladimir F. Loginov)*

Abstract. The first data on the content of microplastic particles in freshwater reservoirs of the East Antarctica (by the example of the Thala Hills Oasis, Enderby Land) are presented. The studies were made during the 14th BAE in 2022/2023 with the selection and filtration of water from three lakes and one temporary reservoir. Filtration was carried out in two stages: in the field conditions through a plankton network to concentrate a sample and then in the laboratory through White Ribbon filters. Dried filters after delivery to Minsk were analyzed using a microscope, digital camera and consulting software. It was found that microplastic particles were present in all analyzed samples. Fibers dominated in all samples, amounting to 81 % of the total microplastic particles. The particle size, represented by fragments of irregularly shaped plastics, is less than 1 mm in 90 % of cases. The fiber size in 91 % of cases ranges from 1 to 5 mm with a maximum value of 16.4 mm. The importance of developing research and assessing the levels of microplastic pollution in Antarctic fresh water is shown with the consideration of seasonal changes in their condition, morphometric and other features.

Key words: freshwater bodies, microplastics, particles, fibers, Antarctica

For citation. Kakareka S. V., Kukharchyk T. I., Rabychyn K. O. Microplastics in the fresh waters of the coastal oasis of the East Antarctica (on an the example of the Thala Hills, Enderby Land). *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2024, vol. 68, no. 1, pp. 72–78 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2024-68-1-72-78>

Введение. Загрязнение пластиком компонентов природной среды Антарктиды и Южного океана обсуждается в научной литературе с 1980-х годов [1–3]. Огромное количество пластика в океане выдвинуло эту проблему в перечень глобальных проблем современности. Особое внимание в последнее десятилетие уделяется частицам с размерами менее 5 мм, получившим название «микропластик», которые из-за малых размеров являются биодоступными для организмов по всей пищевой цепи и представляют угрозу живым организмам [4–6].

Частицы микропластика зафиксированы в пробах морской воды и донных отложениях у побережья моря Росса [7], донных морских отложениях вблизи станции Ротера на острове Аделэйд [8], в поверхностных водах у Антарктического полуострова [9], в поверхностных и глубинных водах моря Уэдделла [10].

В отношении пресноводных водоемов исследования пока не проводились. Имеются лишь данные о содержании частиц микропластика в ручье на полуострове Байерс острова Ливингстон [11]. Полученные результаты для данного водотока, а также наличие микропластика в поверхностных отложениях ледника на острове Кинг-Джордж [12] и в снежном покрове в районе острова Росс [13] подтверждают распространение данного типа загрязнения и в наземных экосистемах Антарктики, несмотря на ее удаленность и отсутствие антропогенных источников, типичных для других континентов.

Вышесказанное явилось основанием постановки исследований в районе горы Вечерней, Холмов Тала, Земли Эндерби, в ходе которого ставились задачи апробации методов отбора и фильтрации проб воды и получение первых данных о возможных концентрациях микропластика в пресноводных водоемах Восточной Антарктиды.

Материалы и методы исследования. *Общие сведения о районе проведения работ и объектах.* Исследования выполнены в восточной части Холмов Тала, Земля Эндерби, Восточная Антарктида во время 14-й Белорусской антарктической экспедиции в 2022/2023 гг. Отбор проб осуществлялся из озер Нижнее, Верхнее-1 и Верхнее-3, расположенных в долине, вытянутой между грядками практически параллельно берегу моря Космонавтов, и водоема на сопке Рубин. Общая характеристика данных водоемов приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Основные параметры исследованных озер и временных водоемов восточной части Холмов Тала

Table 1. The main parameters of investigated lakes and temporary pond of east Thala Hills, Enderby Land

Название водоема Name of the reservoir	Район Area	Долгота Longitude	Широта Latitude	Абсолютная высота, м Absolute height, m	Площадь, м ² Area, m ²	Глубина максимальная, м Maximum depth, m
оз. Нижнее	Долина между грядками м. Доступный и г. Вечерней	46,15284	-67,65750	40,3	15000	4,0
оз. Верхнее-1		46,14685	-67,65680	44	520	0,7
оз. Верхнее-3		46,15449	-67,65706	42	830	–
Временный водоем	Сопка Рубин	46,18552	-67,65971	72	150	–

Все озера проточные, снежно-ледникового питания. Самое большое озеро Нижнее, расположенное на отметках 40,3 м н. у. м., является приемником вод из системы вышерасположенных озер, получивших название Верхнее. Максимальная глубина – 4 м, толщина льда варьирует от 0,7 до 2 м. Озеро практически никогда не вскрывается полностью ото льда.

Озера Верхнее-1 и Верхнее-3 являются мелководными и, как правило, полностью освобождаются ото льда в летний период. В 2023 г. озеро Верхнее-1 вскрылось полностью к середине января; озеро Верхнее-3 в данном сезоне вскрывалось частично.

Методы фильтрации воды. Для улавливания частиц микропластика выполнялась фильтрация проб поверхностных вод с помощью планктонной сети с диаметром отверстий 45 мкм. В нижней части сетки расположен приемный стакан объемом 50 мл с отводом для слива концентрированной пробы с металлическим лабораторным зажимом (зажим Мора). В месте пробоотбора через сеть вручную с использованием емкости с известным объемом пропускалось необходимое количество воды. На озере Нижнем для забора воды использовалась мотопомпа с заранее измеренным расходом. Перед проведением пробоотбора для предотвращения пере-

крестного загрязнения сеть промывалась водой из водоема, из которого должен производиться отбор, объемом не менее либо равным объему будущей пробы.

После процесса концентрирования стенки сетки еще раз промывались по всей внутренней площади для смыва вероятных частиц внутрь приемного стакана, после чего его содержимое сливалось в чистую стерильную пробирку и доставлялось на станцию. По прибытию проба воды из пробирки сразу переливалась на чистый фильтр и фильтровалась через фильтр «Белая лента». После фильтрации фильтр оставлялся в воронке для высыхания (под крышкой из фольги). Далее складывался в 4 раза и помещался в стерильную чашку Петри с указанием даты отбора пробы, водоема и объема воды, пропущенного через сеть и/или фильтр. Чашки Петри тщательно запаковывались и хранились на станции до отправки в Беларусь.

Определение частиц микропластика. После доставки проб в Минск пробы фильтров после извлечения из чашки Петри анализировались с использованием цифровой камеры для микроскопа TourCam и соответствующего программного обеспечения. Каждая замеченная частица фиксировалась в виде фотографии и сохранялась в определенный каталог, содержащий информацию о пробе. После получения изображений всех частиц с поверхности всех фильтров проводился подсчет частиц с выделением фрагментов неправильной формы, пленок и волокон. Фиксировался цвет частиц и их размер. Содержание частиц микропластика в пробах, полученных для озер Нижнее, Верхнее-1, Верхнее-3 и временного водоема на сопке Рубин, оценивалось с учетом всех форм частиц и объема профильтрованной воды; результаты представлялись как количество частиц в одном метре кубическом (ед/м³).

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что во всех профильтрованных пробах присутствуют частицы микропластика; их содержание варьирует от 16 до 608 ед/м³ (табл. 2). Минимальные концентрации получены для озера Нижнее и временного водоема на сопке Рубин, максимальные – для озера Верхнее-3.

Т а б л и ц а 2. Содержание частиц микропластика в пробах поверхностных вод озиса Холмы Тала, Земля Эндербри

Table 2. Content of microplastic particles in surface water samples from the Thala Hills, Enderby Land

Название водоема Name of the reservoir	Дата фильтрации Filter date	Объем воды, пропущенный через фильтр, л Volume of water passed through the filter, l	Количество частиц на фильтре, ед. Number of particles on the filter, units		Содержание частиц микропластика, ед/м ³ Content of microplastic particles, units/m ³
			волокна fibers	фрагменты fragments	
оз. Нижнее	29.03.2023	500	8	0	16
оз. Верхнее-1	07.02.2023	120	16	1	142
оз. Верхнее-3	15.02.2023	120	55	18	608
Временный водоем, сопка Рубин	08.02.2023	60	1	0	17

Частицы микропластика в пробах воды представлены волокнами и фрагментами неправильной формы (рис. 1).

Во всех пробах доминируют волокна, на долю которых приходится около 80 % всех частиц (рис. 2). В оз. Верхнее-3 соотношение волокон и фрагментов составляет соответственно 75 и 25 %.

Анализ выявленных частиц микропластика показал, что размер частиц, представленных фрагментами неправильной формы пластмасс, в 90 % случаев составляет менее 1 мм при диапазоне от 0,26 до 1,96 мм (рис. 3, а). Размеры волокон изменяются от 0,17 до 16,4 мм, хотя основное количество данных частиц микропластика (91 %) находится в нижнем диапазоне значений (рис. 3, б). Средний размер фрагментов оценивается в 0,52 мм, волокон – 2,10 мм.

По цвету частицы микропластика дифференцируются на синие, черные/темно-серые, красные и оранжевые. Из общего количества частиц на долю синих и черных/темно-серых приходится по 42 и 43 % соответственно (рис. 4). Достаточно часто встречаются красные частицы (14 %) и в единичных случаях – оранжевые (1 %). При этом характерно, что частицами красного цвета

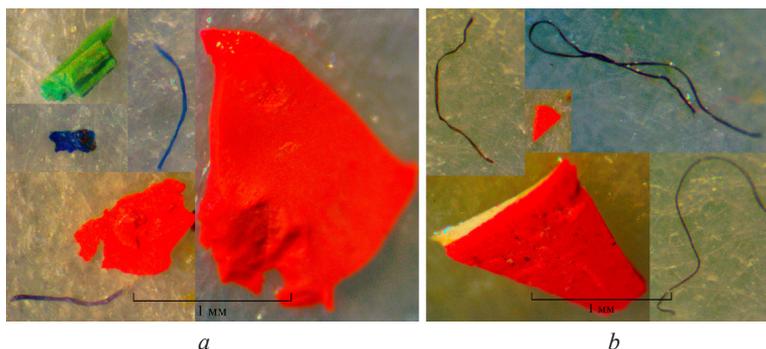


Рис. 1. Примеры обнаруженных частиц микропластика в пробах воды из водоемов оазиса Холмы Тала: *a* – оз. Нижнее, *b* – оз. Верхнее-3

Fig. 1. Examples of detected microplastic particles in the water samples from the Thala Hills: *a* – Nizhnee lake, *b* – Verhnee-3 lake



Рис. 2. Распределение частиц микропластика в пробах воды из водоемов оазиса Холмы Тала

Fig. 2. Distribution of microplastic particles in the waters samples from the Thala Hills

являются лишь фрагменты неправильной формы пластмасс (один фрагмент синего цвета), тогда как синих, темных и оранжевых – лишь волокна.

Установлено, что частицы микропластика присутствуют на фильтрах после фильтрации не только нескольких десятков литров воды, но и небольших объемов (1 и 5 л). Так, при фильтрации 1 л воды зафиксированы лишь волокна темного цвета, 5 л – волокна, фрагменты и шарик (возможно полистирол). По цвету дифференциация аналогична вышеописанной.

Полученные первые количественные оценки содержания частиц микропластика в пресноводных аквальных системах оазиса Вечерний подтверждают новый тип их загрязнения – микропластиковое. Зафиксированные концентрации (16–608 ед/м³) существенно выше значений, представленных в [11] для вод ручья п-ва Байерс на острове Ливингстон, где их диапазон находился в пределах 0,47–1,43 ед/1000 м³. Следует отметить, что водоток на полуострове Байерс характеризует территорию, удаленную от антарктических станций, тогда

как озера в оазисе Вечерний испытывают достаточно длительное антропогенное воздействие. Различия в содержании микропластика могут быть также обусловлены разными предпосылками

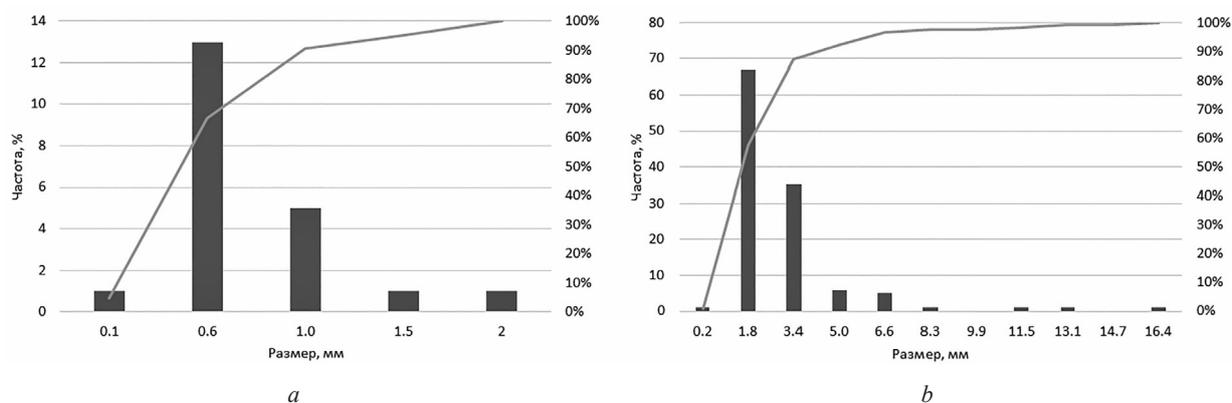


Рис. 3. Гистограммы распределения частиц микропластика в пробах воды из водоемов оазиса Холмы Тала по размерам: *a* – частиц; *b* – волокон

Fig. 3. Histograms of microplastic particle size distribution in the waters samples from the Thala Hills: *a* – particles; *b* – fibers

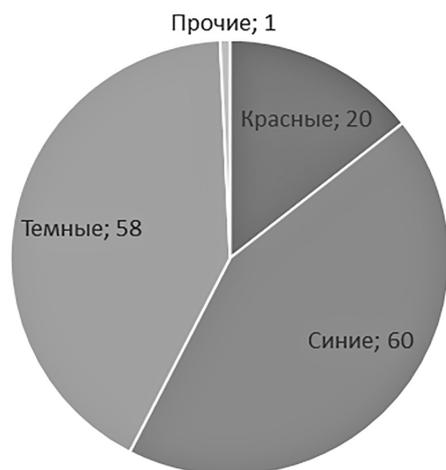


Рис. 4. Распределение частиц микропластика в пробах воды из водоемов оазиса Холмы Тала по цвету

Fig. 4. Distribution of microplastic particles in the waters samples from the Thala Hills by color

водоемов и водотоков аккумуляции и/или выноса загрязняющих веществ.

Как известно, освоение оазиса Вечерний было начато с конца 1970-х годов и определенные изменения химического состава снеговых вод и поверхностных водоемов были показаны нами ранее [14]. Учитывая близость озер к сооружениям бывшей полевой базы и станции, которые находятся на расстоянии от менее 50 до 200 м от них, логично ожидать поступления в них загрязняющих веществ. Временный водоем на сопке Рубин по сравнению с исследуемыми озерами является самым удаленным от станции (около 1,5 км) и, вероятно, в меньшей степени испытывает воздействие. Выявленные же различия в содержании микропластика в озерах Нижнее, Верхнее-1 и Верхнее-3, представляющих собой связанную систему, обусловлены их морфологическими особенностями, ледовым режимом. Можно предположить, что повышенное количество частиц микропластика в озерах Верхнее-3 и Верхнее-1 связано с их открытой поверхностью в летнее время. Что касается озера Нижнее, то постоянный лед мощностью до 2 м в не-

которой степени экранирует поступление в аквальною систему твердых частиц с атмосферными выпадениями или ветровым переносом. Привнос микропластика возможен с тальми снеговыми водами, а также водами вышележащих в гипсометрическом отношении озер Верхнее-1 и Верхнее-3.

Наличие фрагментов пластмасс красного цвета в воде озер указывает на важность локальных источников загрязнения, поскольку такие частицы, судя по их цвету и форме, представляют собой фрагменты краски со зданий. В Антарктиде отшелушивание красок и покрытий с окрашенных зданий, инфраструктурных сооружений и различных транспортных средств в местах базирования научных станций, износ и разрушение различных изделий из полимерных материалов рассматривается как один из источников поступления микропластика в окружающую среду [15]. По данным [16], поступление в Антарктику частиц волокон осуществляется преимущественно с воздушными массами.

Как известно, талые снеговые и ледовые воды являются основным источником питания пресноводных водоемов Антарктики. Однако изучение содержания частиц микропластика в снежном покрове начато относительно недавно и результаты характеризуют лишь некоторые регионы данного континента. Например, в районе острова Росса вблизи новозеландской антарктической станции Скотт-Бэйс микропластик был идентифицирован во всех образцах антарктического снега при средней концентрации 29 ед/л [13], что в пересчете на метр кубический составляет 29000 ед. Авторами было показано, что источники поступления микропластика были как местные (поскольку выявленные полимеры соответствовали полимерам, используемым в одежде и оборудовании с близлежащих исследовательских станций), так и поступления с дальним переносом воздушных масс [13]. Аналогичный вывод был сделан и в отношении источников микропластика на леднике Коллинз на острове Кинг-Джордж [12].

В оазисе Холмы Тала вследствие длительного периода его использования наиболее вероятными источниками поступления частиц волокон в водоемы может быть износ одежды полярников, истирание различных синтетических тросов, а также сточные воды. Но как и в других регионах трансграничный перенос волокон микропластика также не исключается. В отношении типов полимеров пока нет данных. На основании результатов исследований в районе итальянской станции Марио Зуккелли в районе залива Терра Нова в море Росса было установлено, что волокна представлены полиэтилентерефталатом и целлюлозно-полиамидными композитами, что соответствовало полимерному составу верхней технической одежды, используемой персоналом.

Заключение. Впервые для Восточной Антарктиды получены количественные оценки содержания частиц микропластика в пресноводных водоемах. Диапазон замеренных концентраций в пробах воды составил 16–608 ед/м³, что согласуется с результатами исследований, касающихся удаленных регионов на других континентах. На основании морфологии частиц, их размеров и цвета установлены наиболее вероятные источники поступления частиц микропластика в водоемы, включающие рассеяние частичек полимерных покрытий с различных сооружений станции и транспортных средств, а также волокон с синтетической одежды и полярного снаряжения.

Приведенные данные подчеркивают важность изучения частиц микропластика в пресноводных водоемах этого полярного региона, являющихся на многих станциях источниками питьевой воды, с оценкой уровней загрязнения их микропластиком с учетом сезонных изменений их состояния, морфометрических и других особенностей. Изучение, помимо проб воды, донных отложений, а также снежного покрова и почвы в пределах водосборов позволит определить вклад локальных источников в загрязнение водоемов. В целом, комплексные исследования целесообразны для разработки и принятия природоохранных мер по предотвращению рассеяния частиц микропластика с различными техногенными потоками.

Список использованных источников

1. Bonner, W. N. Neck collars on fur seals, *Arctocephalus gazella* at South Georgia / W. N. Bonner, T. S. McCann // *British Antarctic Survey Bulletin*. – 1982. – Vol. 57. – P. 73–77.
2. Croxall, J. Entanglement in man-made debris of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia / J. Croxall, S. Rodwell, I. Boyd // *Marine Mammal Science*. – 1990. – Vol. 6, N 3. – P. 221–233. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1990.tb00246.x>
3. High abundances of microplastic pollution in deep-sea sediments: evidence from Antarctica and the Southern Ocean / E. M. Cunningham [et al.] // *Environmental Science Technology*. – 2020. – Vol. 54, N 21. – P. 13661–13671. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03441>
4. Zhang, M. Marine plastic pollution in the polar south: Responses from Antarctic Treaty System / M. Zhang, M. Haward, J. McGee // *Polar Record*. – 2020. – Vol. 56, N 36. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1017/s0032247420000388>
5. Plastics everywhere: first evidence of polystyrene fragments inside the common Antarctic collembolan *Cryptopygus antarcticus* / E. Bergami [et al.] // *Biology Letters*. – 2020. – Vol. 16, N 6. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0093>
6. Macro- and Microplastics in the Antarctic Environment: Ongoing Assessment and Perspectives / E. Rota [et al.] // *Environments*. – 2022. – Vol. 9, N 7. – Art. 93. <https://doi.org/10.3390/environments9070093>
7. Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR / A. Cincinelli [et al.] // *Chemosphere*. – 2017. – Vol. 175. – P. 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
8. Microplastics in marine sediments near Rothera Research Station, Antarctica / S. Reed [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. – 2018. – Vol. 133. – P. 460–463. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.068>
9. Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula / A. L. d. F. Lacerda [et al.] // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9. – Art. 3977. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40311-4>
10. Microplastics in the Weddell Sea (Antarctica): a forensic approach for discrimination between environmental and vessel-induced microplastics / C. Leistschneider [et al.] // *Environmental Science & Technology*. – 2021. – Vol. 55, N 23. – P. 15900–15911. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c05207>
11. First detection of microplastics in the freshwater of an Antarctic Specially Protected Area / M. González-Pleiter [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. – 2020. – Vol. 161. – Art. 111811. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111811>
12. A pilot study about microplastics and mesopelagic in an Antarctic glacier / M. González-Pleiter [et al.] // *The Cryosphere*. – 2021. – Vol. 15, N 6. – P. 2531–2539. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2531-2021>
13. First evidence of microplastics in Antarctic snow / A. R. Aves [et al.] // *The Cryosphere*. – 2022. – Vol. 16, N 6. – P. 2127–2145. <https://doi.org/10.5194/tc-16-2127-2022>
14. Major and trace elements content in freshwater lakes of Vecherny Oasis, Enderby Land, East Antarctica / S. Kakareka [et al.] // *Environmental Pollution*. – 2019. – Vol. 255, N 1. – Art. 113126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113126>
15. Preliminary investigation on effects of size, polymer type, and surface behavior on the vertical mobility of microplastics in a porous media / V. P. Ranjan [et al.] // *Science of the Total Environment*. – 2023. – Vol. 864. – Art. 161148. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161148>
16. The transport and fate of microplastic fibers in the Antarctic: The role of multiple global processes / E. M. Cunningham [et al.] // *Frontiers in Marine Science*. – 2022. – Vol. 9. – Art. 1056081. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1056081>

References

1. Bonner W. N., McCann T. S. Neck collars on fur seals, *Arctocephalus gazella* at South Georgia. *British Antarctic Survey Bulletin*, 1982, vol. 57, pp. 73–77.

2. Croxall J., Rodwell S., Boyd I. Entanglement in man-made debris of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Marine Mammal Science*, 1990, vol. 6, no. 3, pp. 221–233. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1990.tb00246.x>
3. Cunningham E. M., Ehlers S. M., Dick J. T., Sigwart J. D., Linse K., Dick J. J., Kiriakoulakis K. High abundances of microplastic pollution in deep-sea sediments: evidence from Antarctica and the Southern Ocean. *Environmental Science Technology*, 2020, vol. 54, no. 21, pp. 13661–13671. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03441>
4. Zhang M., Haward M., McGee J. Marine plastic pollution in the polar south: Responses from Antarctic Treaty System. *Polar Record*, 2020, vol. 56, no. 36, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1017/s0032247420000388>
5. Bergami E., Rota E., Caruso T., Birarda G., Vaccari L., Corsi I. Plastics everywhere: first evidence of polystyrene fragments inside the common Antarctic collembolan *Cryptopygus antarcticus*. *Biology Letters*, 2020, vol. 16, no. 6. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0093>
6. Rota E., Bergami E., Corsi I., Bargagli R. Macro- and Microplastics in the Antarctic Environment: Ongoing Assessment and Perspectives. *Environments*, 2022, vol. 9, no. 7, art. 93. <https://doi.org/10.3390/environments9070093>
7. Cincinelli A., Scopetani C., Chelazzi D., Lombardini E., Martellini T., Katsoyiannis A., Fossi M. C., Corsolini S. Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere*, 2017, vol. 175, pp. 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024>
8. Reed S., Clark M., Thompson R., Hughes K. A. Microplastics in marine sediments near Rothera Research Station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 2018, vol. 133, pp. 460–463. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.068>
9. Lacerda A. L. d. F., Rodrigues L. d. S., van Seville E., Rodrigues F. L., Ribeiro L., Secchi E. R., Kessler F., Proietti M. C. Plastics in sea surface waters around the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, art. 3977. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40311-4>
10. Leistenschneider C., Burkhardt-Holm P., Mani T., Primpke S., Taubner H., Gerdt G. Microplastics in the Weddell Sea (Antarctica): a forensic approach for discrimination between environmental and vessel-induced microplastics. *Environmental Science & Technology*, 2021, vol. 55, no. 23, pp. 15900–15911. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c05207>
11. González-Pleiter M., Edo C., Velázquez D., Casero-Chamorro M. C., Leganés F., Quesada A., Fernández-Piñas F., Rosal R. First detection of microplastics in the freshwater of an Antarctic Specially Protected Area. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, vol. 161, art. 111811. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111811>
12. González-Pleiter M., Lacerda G., Edo C., Lozoya J. P., Leganés F., Fernández-Piñas F., Rosal R., Teixeira-de-Mello F. A pilot study about microplastics and mesopelagic in an Antarctic glacier. *The Cryosphere*, 2021, vol. 15, no. 6, pp. 2531–2539. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2531-2021>
13. Aves A. R., Revell L. E., Gaw S., Ruffell H., Schuddeboom A., Wotherspoon N. E., LaRue M., McDonald A. J. First evidence of microplastics in Antarctic snow. *The Cryosphere*, 2022, vol. 16, no. 6, pp. 2127–2145. <https://doi.org/10.5194/tc-16-2127-2022>
14. Kakareka S., Kukharchyk T., Kurman P. Major and trace elements content in freshwater lakes of Vecherny Oasis, Enderby Land, East Antarctica. *Environmental Pollution*, 2019, vol. 255, no. 1, art. 113126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113126>
15. Ranjan V. P., Joseph A., Sharma H. B., Goel S. Preliminary investigation on effects of size, polymer type, and surface behaviour on the vertical mobility of microplastics in a porous media. *Science of the Total Environment*, 2023, vol. 864, art. 161148. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161148>
16. Cunningham E. M., Seijo N. R., Altieri K. E., Audh R. R., Burger J. M., Bornman T. G., Fawcett S., Gwinnett C. M. B., Osborne A. O., Woodall L. C. The transport and fate of microplastic fibers in the Antarctic: The role of multiple global processes. *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9, art. 1056081. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1056081>

Информация об авторах

Какарека Сергей Витальевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий лабораторией. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: sk001@yandex.ru.

Кухарчик Тамара Иосифовна – д-р геогр. наук, профессор, гл. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tkukharchyk@gmail.com.

Рябычин Кирилл Олегович – мл. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ryabychin.ltp.bas@gmail.com.

Information about the authors

Kakareka Sergey V. – D. Sc. (Engineering), Professor, Head of the Laboratory. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, Skorina Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sk001@yandex.ru.

Kukharchyk Tamara I. – D. Sc. (Geography), Professor, Chief Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, Skorina Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tkukharchyk@gmail.com.

Ryabychin Kiryl O. – Junior Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, Skorina Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ryabychin.ltp.bas@gmail.com.