

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МАТЕРИАЛЫ
I ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОПЛАСТИКОМ
«MicroPlasticsEnvironment-2022»
(MPE-2022)**

**02–06 августа 2022 г.
п. Шира, Хакасия**

Общая редакция Ю.А. Франк

Томск
Издательство Томского государственного университета
2022

УДК 504.064.2:504.4.054:574.5
ББК 28
М34

М34 Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком «MicroPlasticsEnvironment-2022» (МРЕ-2022), 02–06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия / общ. ред. Ю.А. Франк. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2022. – 132 с.

ISBN 978-5-907572-03-4

В сборнике представлены материалы докладов конференции по загрязнению окружающей среды микропластиком.

Рассматриваются распространение, источники загрязнения, поведение, биодоступность и биоаккумуляция частиц микропластика в водной среде и прибрежных зонах, методология изучения микропластика.

Для широкого круга специалистов: экологов, гидрохимиков, гидрофизиков, биологов, токсикологов.

УДК 504.064.2:504.4.054:574.5
ББК 28

*Сборник материалов опубликован при финансовой поддержке
Программы развития Томского государственного университета
(Приоритет-2030).*

ISBN 978-5-907572-03-4 © Томский государственный университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е. Распределение микропластика в толще воды и отложениях Балтийского моря	7
Казмирук В.Д. Микропластик в водных объектах: источники и некоторые особенности поведения частиц	11
Симакова А.В., Вареницина А.А., Бабкина И.Б., Андреева Ю.В., Багиров Р.Т.-о., Франк Ю.А. Количественная оценка онтогенетического переноса микропластика у насекомых с метаморфозом на примере кровососущих комаров <i>Aedes aegypti</i> L. (Diptera: Culicidae)	16
Поздняков Ш.Р., Иванова Е.В., Тихонова Д.А. Исследование загрязнения микропластиком акватории и пригоков Ладожского озера	19
Рахматуллина С.Н., Лемешко Я.Р., Воробьев Е.Д., Бабкина И.Б., Воробьев Д.С., Франк Ю.А. Детекция микропластика в желудочно-кишечном тракте пресноводных рыб на примере обитателей речной системы Оби	24
Ишмухаметов И.Р., Баташева С.Н., Фахруллина Г.И., Фахруллин Р.Ф. Экспресс-идентификация микропластика в фибробластах человека на основе усиленной темнопольной микроскопии и глубокого обучения	29
Кизеев А.Н., Сюрин С.А. Микропластик как фактор риска для функционирования арктических водных экосистем и здоровья человека	33
Степанова Н.Ю., Шевчук К.А., Кузьмин Л.С., Гайсин А.Р. Содержание микропластика в абиотических и биотических компонентах Мешинского залива (республика Татарстан)	38
Казмирук В.Д. Почему в зарослях макрофитов много микропластика: действующие механизмы	43
Бирицкая С.А., Долинская Е.М., Теплых М.А., Ермолаева Я.К., Пушница В.А., Бухаева Л.Б., Лавникова А.В., Коркина Т.В., Голубец Д.И., Карнаухов Д.Ю., Зилов Е.А. Поглощение и выведение флуоресцентных частиц микропластика брюхоногими моллюсками озера Байкал	48
Колобов М.Ю., Таланина Е.Б. Многолетняя динамика содержания микропластика в поверхностных водах озера Байкал	53
Воробьев Е.Д., Трифонов А.А., Рахматуллина С.Н., Воробьев Д.С., Франк Ю.А. Внутригодовая динамика содержания микропластика в поверхностных водах реки Томи	58

Холмогорова Н.В., Чуйко Г.М. Методы отбора и фиксации проб пресноводного макрозообентоса для детекции микропластика	63
Куранова В.Н., Рогачева Ю.А., Рахматуллина С.Н., Франк Ю.А. Потребление микропластика сибирской лягушкой <i>Rana amurensis</i> Boulenger, 1886 в Западном Прибайкалье на разных стадиях онтогенеза	67
Полякова М.С., Ильина О.В., Ильинский В.В., Блиновская Я.Ю., Алексеева Ю.Г., Соколова А.В. Загрязнение озера Байкал пластиком: генезис, количественные показатели и перспективы ликвидации	73
Кривошлык П.Н., Чубаренко И.П. Зависимость содержания микропластика от гранулометрических показателей осадков прибойной зоны Балтийского моря	78
Бочерикова И.Ю., Чубаренко И.П. Частицы пластика в морском и пресном льду: результаты лабораторного эксперимента	82
Погожева М.П., Котова Е.И., Микушева М.А., Кожевников А.Ю., Данилова Е.В., Якушев Е.В. Мониторинг плавающего морского мусора, поступающего в Белое море с водами р. Северная Двина и р. Онега	86
Мерзляков О.Э., Ручкина К.В. Микропластик в почвах: разработка методик детекции на примере агропочв Западной Сибири	91
Франк Ю.А., Воробьев Е.Д., Трифонов А.А., Лемешко Я.Р., Воробьев Д.С. Загрязнение речной экосистемы микропластиком на примере притока Енисея, р. Нижняя Тунгуска	95
Погожева М.П., Березина А.В., Жданов И.А., Осадчиев А.А., Ханке Г., Якушев Е.В. Распределение плавающего морского мусора в арктических морях России в связи с океанографическими характеристиками	101
Тропин Н.Ю. Пищевые стратегии пресноводных рыб и потребление ими микропластика	106
Лобчук О.И., Лазарюк А.Ю., Чубаренко И.П. Результаты обработки керна льда из бухты Новик (Японское море)	110
Никитин О.В., Насырова Э.И., Кузьмин Р.С., Миннегулова Л.М., Латыпова В.З. Влияние микрочастиц полистирола на морфофункциональные показатели <i>Daphnia magna</i>	113
Ершова А.А., Ерёмкина Т.Р. Мониторинг морского мусора на пляжах и в водной толще в российской части Финского залива	118
Макеева И.Н., Ершова А.А. Особенности детекции микропластика в донных отложениях	122
Педченко А.П. Оценка содержания микропластика в водах арктических морей: результаты мониторинга 2019–2020 гг.	126

CONTENT

Chubarenko I.P., Esiukova E.E. Distribution of microplastics in water column and sediments of the Baltic sea.....	7
Kazmiruk V.D. Microplastics in waters: the sources and some features of particle behavior.....	11
Simakova A.V., Varenitsina A.A., Babkina I.B., Andreeva Yu.V., Bagirov R.T-o., Frank Y.A. Ontogenetic transfer of microplastics in insects with metamorphosis on the example of bloodsucking mosquitoes <i>Aedes aegypti</i> L. (Diptera: Culicidae)	16
Pozdnyakov Sh.R., Ivanova E.V., Tikhonova D.A. The study of microplastic pollution of lake Ladoga and its tributaries	19
Rakhmatullina S.N., Lemeshko Y.R., Vorobiev E.D., Babkina I.B., Vorobiev D.S., Frank Y.A. Detection of microplastics in the gastrointestinal tract of freshwater fish: example of the Ob river system inhabitants.....	24
Ishmukhametov I.R., Batasheva S.N., Fakhrullina G.I., Fakhrullin R.F. Express identification of microplastics in human fibroblasts based on enhanced darkfield microscopy and deep learning	29
Kizeev A.N., Syurin S.A. Microplastics as a risk factor for the functioning of arctic aquatic ecosystems and for human health	33
Stepanova N.Yu., Shevchuk K.A., Kuzmin L.S., Gaisin A.R. Microplastic content in abiotic and biotic components of the Meshinsky bay (Republic of Tatarstan)	38
Kazmiruk V.D. Why the macrophyte thickets have large quantities of microplastics? The mechanisms underlying this phenomenon	43
Biritskaya S.A., Dolinskaya E.M., Teplykh M.A., Ermolaeva Ya.K., Pushnitsa V.A., Bukhaeva L.B., Lavnikova A.V., Korkina T.V., Golubets D.I., Karnaukhov D.Yu., Zilov E.A. Uptake and excreting fluorescent parts of microplastics by gastropods of Lake Baikal	48
Kolobov M.Yu., Talanina E.B. Long-term dynamics of microplastics in surface waters of Lake Baikal	53
Vorobiev E.D., Trifonov A.A., Rakhmatullina S.N., Vorobiev D.S., Frank Y.A. Intra-annual dynamics of microplastic content in the surface water of the River Tom	58
Kholmogorova N.V., Chuiko G.M. Methods of sampling and fixation of freshwater macrozoobenthos for the detection of microplastics	63
Kuranova V.N., Rogacheva Y.A., Rakhmatullina S.N., Frank Y.A. Microplastic uptake by Siberian frog <i>Rana amurensis</i> Boulenger, 1886 in the West Baikal region at different ontogenetic stages	67

Polyakova M.S., Ilyina O.V., Il'insky V.V., Blinovskaya Ya.Yu., Alexeeva Yu.G., Sokolova A.V. Plastic pollution of the Lake Baikal. Abundance, composition and prospects for cleanups	73
Krivoshlyk P.N., Chubarenko I.P. Dependence of microplastic content on granulometric indicators in the sediments of the surf zone of the sea	78
Bocherikova I.Yu., Chubarenko I.P. Plastic particles in sea and fresh ice: Results of the laboratory experiment	82
Pogojeva M.P., Kotova E.I., Mikusheva M.A., Kozhevnikov A.Yu., Danilova E.V., Yakushev E.V. Monitoring of floating riverine litter input of the Northern Dvina and Onega rivers to the White sea	86
Merzlyakov O.E., Ruchkina K.V. Microplastics in soils: development of the detection methods on the example of agro-soils in West Siberia	91
Frank Y.A., Vorobiev E.D., Lemeshko Y.R., Trifonov A.A., Vorobiev D.S. Microplastic pollution of a riverine system: example of the Yenisei tributary, the Nizhnyaya Tunguska River	95
Pogojeva M.P., Berezina A.V., Zhdanov I.A., Osadchiev A.A., Hanke G., Yakushev E.V. Distribution of floating marine macro-litter in relation to oceanographic characteristics in the Russian Arctic seas	101
Tropin N.Y. Feeding strategies in freshwater fish and microplastic consumption	106
Lobchuk O.I., Lazaryuk A.Yu., Chubarenko I.P. Results of ice core processing from Novik bay (Sea of Japan)	110
Nikitin O.V., Nasyrova E.I., Kuzmin R.S., Minnegulova L.M., Latypova V.Z. Effects of polystyrene microparticles on the morphofunctional parameters of <i>Daphnia magna</i>	113
Ershova A.A., Eremina T.R. Monitoring of marine litter on the beaches and in the water column in the Russian part of the Gulf of Finland	118
Makeeva I.N., Ershova A.A. Features of microplastic detection in bottom sediments	122
Pedchenko A.P. Assessment of microplastic content in the waters of the Arctic seas: monitoring results 2019–2020	126

МЕТОДЫ ОТБОРА И ФИКСАЦИИ ПРОБ ПРЕСНОВОДНОГО МАКРОЗООБЕНТОСА ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ МИКРОПЛАСТИКА

Н.В. Холмогорова¹, Г.М. Чуйко²

¹ Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия,
Nadjaholm@mail.ru;

² Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
п. Борок Ярославской обл., Россия, *gchuiko@ibiw.ru*

Аннотация. Дается краткое описание процедуры отбора и фиксации основных групп пресноводного макрозообентоса для последующего определения содержания в нем микропластика и оценки его влияния на организм животных с использованием биохимических биомаркеров.

Ключевые слова: пресные воды, макрозообентос, методы отбора и фиксации проб, микропластик

Многочисленные исследования последних лет показали, что микропластики (размер ≤ 5 мм) распространены повсеместно в воде, почве и воздухе и доступны широкому кругу организмов [1]. Однако исследований по биоаккумуляции и оценке токсического эффекта микропластиков для живых организмов пока недостаточно.

По данным обзора [2] в публикациях по накоплению микропластика пресноводными гидробионтами преобладают три таксона животных: ракообразные (31%), рыбы (18%) и моллюски (10%). При этом информация о микропластике в организмах водных насекомых, олигохет, полихет и пиявок фрагментарна. Важным элементом (этапом) в изучении биоаккумуляции и биологических эффектов микропластиков у гидробионтов является унификация методов сбора и фиксации животных для последующего физико-химического анализа, что позволяет максимально снизить влияние этих процедур на конечный результат.

Цель работы – обобщить имеющиеся литературные данные о методах сбора, фиксации и хранения представителей пресноводного макрозообентоса с целью последующего качественного и количественного определения в них микропластиков.

Как показывает обзор литературы отбор бентосных организмов для определения микропластика можно проводить всеми существующими методами от ручного сбора до использования сложных приборов ко-

личественного учета. Отбор представителей зарослевой фауны без учета численности беспозвоночных на вес макрофитов удобнее производить гидробиологическим сачком или скребком. Пробы макрозообентоса на мягких грунтах отбираются с помощью скребков, гидробиологических сачков, дночерпателей (Экмана-Берджа, Ван Вина, Петерсона), донного трала или закидной драги. Драгой пользуются с берега для облова удаленного участка литоральной зоны озера либо глубоководного участка реки, драгируя навстречу потоку. Отобранные донные отложения промывают в ситах и животных выбирают пинцетом. Литореофильных беспозвоночных отбирают путем смыва с камней или вручную. Живые организмы более заметны и легче поддаются выборке. В связи с этим весьма желательно разобрать пробы непосредственно на месте их сбора. Это лучше делать в белой эмалированной кювете с тонким слоем воды.

Наиболее благоприятными периодами для отлова личинок амфибиотических насекомых (веснянок, подёнок, ручейников, стрекоз и двукрылых) являются весна (май – начало июня) и начало осени (конец августа – сентябрь), когда вылет насекомых либо не начался, либо закончился, а их личинки уже достигли сравнительно крупных размеров.

При выборе двустворчатых моллюсков, являющихся активными фильтраторами, предпочтение отдается двум наиболее массовым группам: сем. Unionidae (pp. *Unio*, *Anadonta* и др.) [3] и сем. Dreissenidae [4]. Наиболее эффективным орудием сбора крупных одиночных двустворчатых моллюсков сем. Unionidae, обитающих преимущественно на мелководье (глубина до 0,5 м), является зубчатый сачёк с ячейей сетки 0,5–1,5 см. На ббльших глубинах (0,5–3 м) удобно использовать различные виды закидных драг, например драгу Тенсена с зубьями по краям рамки и сетью с ячейей 0,5–1,5 см [3] или «кошку-грабли» [5] в разных модификациях. При этом «кошку-грабли» можно забрасывать в воду с берега или с лодки и подтягивать на тросе. Драгу чаще используют для траления, протаскивая её на тросе за моторным маломерным судном на малой скорости. В глубоководной части водного объекта (свыше 3 м) предпочтительнее использовать дночерпатели различной модификации.

Более мелких двустворчатых моллюсков из сем. Dreissenidae, прикрепляющихся к субстрату и образующих скопления в виде достаточно больших колоний-поселений из отдельных друз, состоящих из десятка и более особей и обитающих на глубинах более 1 м, собирают, преимущественно, с помощью драги Тенсена или «кошки-граблей». В отдельных случаях, когда поселения дрейссены образуются на топ-

ляках деревьев или стоящих в воде сваях, их собирают вручную или с помощью гидробиологического сачка со скребком.

Моллюски должны быть собраны с избытком, с учетом возможного повреждения во время транспортировки и отбора необходимых размерно-весовых групп [5]. Отловленных моллюсков фиксируют в 4% растворе формалина или этиловом спирте. Если планируется определять биохимические биомаркеры влияния на моллюсков микропластика [6], животных сразу после отлова помещают в жидкий азот и хранят в нем или в морозильной камере (-18°C) после доставки проб в лабораторию до проведения необходимого анализа. Перед анализом у моллюсков отделяют мягкие ткани от раковины и проводят процедуру экстракции микропластика или готовят пробы для определения биомаркеров любым из известных способов с целью последующего их количественного и качественного анализа физико-химическими методами. При необходимости определения микропластика или биомаркеров в отдельных органах, их препарируют. У оставшихся раковин промеряют линейные размеры: длину, высоту и ширину. Кроме того, определяют массу с целью последующего расчета массы мягких тканей.

Неправильное хранение проб может спровоцировать изменение гранулометрического состава микропластиков в результате частичного разрушения их частиц или их агрегации и, как следствие, невозможность их обнаружения доступными методами. Поэтому при хранении и транспортировке проб желательно использовать процедуры, позволяющие сохранить микропластик в том виде, в котором он был извлечен из окружающей среды [7].

Основные способы хранения и консервации проб макрозообентоса: 1) высушивание при комнатной температуре и хранение в темноте до анализа; 2) замораживание (при температуре до -20°C); 3) использование различных растворов-фиксаторов (70% этанол, 4–5% раствор формалина). Поврежденные в ходе отлова и транспортировки организмы следует отбраковывать. Целесообразно заменять потенциальные источники пластикового загрязнения (пластиковую лабораторную посуду, пластиковые сита и приборы) на металлические или стеклянные изделия, однако в случае сетей и некоторых других инструментов такую замену произвести технически невозможно [7].

Список источников

1. Brahney J., Hallerud M., Heim E., Hahnenberger M., Sukumaran S. Plastic rain in protected areas of the United States // *Science*. 2020. V. 368. P. 1257–1260.

2. Castro-Castellon A.T., Horton A.A., Hughes J.M.R. Ecotoxicity of microplastics to freshwater biota: considering exposure and hazard across trophic levels // *Science of the Total Environment*. 2021.
3. Жадин В.И. Сем. Unionidae. Новая серия. Фауна СССР. Моллюски. Москва ; Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР, 1938. 169 с.
4. Скоробогатов Я.И. Дрейссена: систематика, экология, практическое значение. М. : Наука, 1994. 240 с.
5. Шкорбатов Г.Л., Скоробогатов Я.И. Методы изучения двустворчатых моллюсков // *Тр. ЗИН АН СССР*. Л., 1990. 208 с.
6. Чуйко Г.М., Томилина И.И., Холмогорова Н.В. Комплексная оценка биоэкологических и химических систем: учебное пособие. Ярославль : ЯрГУ, 2018. 140 с.
7. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. 2018. № 1. С. 149–157.

METHODS OF SAMPLING AND FIXATION OF FRESHWATER MACROZOOBENTHOS FOR THE DETECTION OF MICROPLASTICS

N.V. Kholmogorova¹, G.M. Chuiko²

¹ *Udmurt state University, Izhevsk, Russia, nadjaholm@mail.ru*

² *Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia,
gchuiko@ibiw.ru*

Abstract. A brief description of the procedures for selecting and fixing the main groups of freshwater macrozoobenthos for subsequent determination of the microplastic content in it and evaluation of its effect on the animal body using biochemical biomarkers is given.

Keywords: freshwater, macrozoobenthos, sampling and fixation procedures, microplastics