



**Первая Всероссийская конференция
«Микропластик в науке о полимерах»**

19-21 октября 2023 г.

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**Великий Новгород
НовГУ
2023**

УДК 691.175.5/.8, 504.75
ББК 24.7

Первая Всероссийская конференция «Микропластик в науке о полимерах»: сборник тезисов.— Великий Новгород: НовГУ, 2023.— 110 с.

Сборник содержит тезисы пленарных докладов конференции, устных и стендовых докладов секций.

УДК 691.175.5/.8, 504.75
ББК 24.7

© НовГУ, 2023

Организаторы конференции:

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
Отделение химии и наук о материалах Российской академии наук
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

При поддержке:



ПАО «Сибур Холдинг»



**Фонд
Экология**

Фонд Экология



Лабконцепт

ООО «Лабконцепт»

Организационный комитет:

С.В. Люлин – председатель
Ш.Р. Поздняков – сопредседатель
А.А. Ярославов – сопредседатель
Е.Г. Багрянская
Ю.С. Боровиков
С.Н. Калмыков
С.Г. Радионова
А.Р. Хохлов

Программный комитет:

С.Н. Калмыков – председатель
М.П. Егоров
И.А. Балова
Д.С. Воробьев
И.Ю. Коган
Т.А. Кузнецова
О.Г. Синяшин

Локальный комитет:

Ю.С. Боровиков – председатель
А.А. Васильева – секретарь
С.М. Гуркова
В.А. Исаков
А.П. Новикова
Е.Л. Тульцев
О.А. Фихтнер
К.Н. Харламов

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

Четверг, 19 октября 2023 г.

10.00 – 10.30	Открытие конференции <i>Выступления почетных гостей и организаторов:</i> Губернатор Новгородской области А.С. Никитин; Руководитель Росприроднадзора С.Г. Радионова; Председатель программного комитета, вице-президент РАН, академик РАН С.Н. Калмыков; Заместитель председателя правления АО «Россельхозбанк» А.В. Кузнецова; Управляющий директор ПАО «СИБУР Холдинг» Д.Ю. Борисова; Председатель локального оргкомитета конференции, ректор НовГУ Ю.С. Боровиков;		
Пленарная сессия, председатель: <i>А.А. Ярославов</i>			
10.30 – 11.00	С.В. Люлин	Секция 1	Микропластик – отложенная проблема тысячелетия?
11.00 – 11.30	Ш.Р. Поздняков	Секция 1	Унификация подходов к определению микропластика в водных объектах
11.30 – 12.00	М.А. Проскурнин	Секция 2	Методы анализа и мониторинга субмикро- и нанопластика: современное состояние, проблемы и перспективы
12.00 – 12.20	Кофе-брейк		
Председатель: <i>С.С. Карлов</i>			
12.20 – 12.40	П.В. Красильников	Секция 1	Микропластик в растениях, почве и почвенной биоте
12.40 – 13.00	Д.С. Воробьев	Секция 2	Опыт применения спектроскопии комбинационного рассеяния для анализа микропластика в природных пробах
13.00 – 13.45	Краткие устные представления (3 мин) отдельных постерных докладов		
13.45 – 15.00	Обед, стендовые доклады		
Пленарная сессия, председатель: <i>С.В. Люлин</i>			
15.00 – 15.30	А.А. Гуртовенко	Секция 3	Взаимодействие микропластика с биологическими системами: компьютерное моделирование
15.30 – 16.00	J.M. Kenny	Секция 1	Environmental friendly plastics based on biodegradable polymers, composites and nanocomposites
16.00 – 16.30	И.П. Чубаренко	Секция 2	Микропластик в природных льдах: от наблюдений через эксперимент к принципам

16.30 – 17.00	С.С. Карлов	Секция 3	Жизненный цикл биоразлагаемых полимеров: образование микропластика
17.00 – 17.20	Кофе-брейк		
Председатель: Е.Г. Багрянская			
17.20 – 17.40	Ю.А. Франк	Секция 1	Микропластик в рыбах рек Сибири
17.40 – 18.00	М.К. Ремчуков	Секция 1	Особенности вторичной переработки полимерных отходов в России: потенциал и основные барьеры
18.00 – 18.20	А.В. Хрипун	Секция 2	Оборудование для обнаружения и идентификации микропластиков: обзор, текущее состояние и перспективы
18.20 – 18.40	Н.А. Золотова	Секция 3	Исследования влияния микропластика на здоровье
20.00 – 22.00	Конференц-ужин		

Пятница, 20 октября 2023 г.

9.00 – 10.00	Заседание Секции по проблемам микропластика Научного совета РАН по глобальным экологическим проблемам. Обсуждение проекта резолюции конференции. Предложения по позиции Российской Федерации на МПК-3.		
Пленарная сессия, председатель: <i>Ш.Р. Поздняков</i>			
10.00 – 10.30	Т.А. Кузнецова	Секция 1	Особенности обращения с пластиковыми отходами в Российской Федерации
10.30 – 11.00	Е.Г. Багрянская	Секция 2	Анализ микропластика методами ИК-спектроскопии, пиролизической газовой хроматографии и другими методами
11.00 – 11.30	А.А. Ярославов	Секция 3	Микропластик: Когда он становится токсичным?
11.30 – 12.00	Кофе-брейк		
Председатель: А.А. Гуртовенко			
12.00 – 12.20	Е.А. Филимонова	Секция 1	Микропластик в подземных водах
12.20 – 12.40	Ю.С. Сотникова	Секция 2	Разработка нового способа пробоподготовки образцов природной и сточной воды для анализа содержания микропластика

12.40 – 13.00	Н.Н. Шевченко	Секция 3	Монодисперсные полимерные частицы: синтез и применение в качестве модельных объектов
13.00 – 13.20	А.В. Березина	Секция 3	Моделирование влияния биогеохимических процессов на перенос микропластика в Северном Ледовитом океане
13.20 – 14.20	Краткие устные представления (3 мин) отдельных постерных докладов		
14.20 – 15.40	Обед, стендовые доклады		
Председатель: И.П. Чубаренко			
15.40 – 16.00	О.Н. Ерина	Секция 1	Микропластик в озерах и водохранилищах мира: Результаты глобального исследования
16.00 – 16.20	А.А. Ефимова	Секция 3	Экспериментальное моделирование микропластика
16.20 – 16.40	И.В. Медведева	Секция 2	Применение магнитной экстракции для определения и удаления микропластика из воды
16.40 – 17.00	О.В Ильина	Секция 3	Влияние наночастиц полистирола на различные жизненные показатели фитопланктона
17.00 – 17.20	С.В. Пахомова	Секция 2	Обеспечение качества и контроль качества исследований микропластика: необходимый шаг к гармонизации методов
17.20 – 18.00	Подведение итогов конференции. Принятие резолюции конференции. Церемония закрытия.		

Суббота, 21 октября 2023 г. (дополнительное мероприятие)

11.00 – 13.00	Демонстрационный отбор проб воды в реке Волхов с последующим анализом с целью унификации процесса количественного определения микропластика в природных водах. В 10.00-10.30 сотрудники Томского государственного университета монтируют пробоотборник системы «Манта» ПП-3 (патент РФ № 210299), настраивают его и в 10.30-11.00 делают пробный отбор. Данный пробоотборник используется для отбора проб микропластика из поверхностного слоя воды (10-15 см) с целью количественного анализа. Устройство позволяет одновременно отбирать пробы в трех параллельных повторностях. Пробоотборник снабжен тремя конусовидными сетями с ячейкой 330 мкм с приемными емкостями, а также расходомером для учета объема профильтрованной воды. Устройство устанавливается на глубине не менее 0.5 м с берега или с плав. средства на 15 минут для сбора твердых
---------------	---

	частиц. При наличии водного потока ПП-3 позиционируется по направлению течения; в условиях непроточного водоема осуществляется траление на скорости не более 0.7 м/с. В 11.00 все участники конференции (оставшиеся) выходят на берег р.Волхов к выбранной стенке, где происходит демонстрация прибора и контрольный отбор пробы. Собранные частицы концентрируются в приемных емкостях и этикетируются. В 11.30-12.00 отобранная проба транспортируются в химическую лабораторию Новгородского государственного университета, куда перемещаются все участники конференции. В 12.00-13.00 в химической лаборатории осуществляется пробоподготовка образцов микропластика, отобранных в р. Волхов, для их последующего анализа методом инфракрасной спектроскопии и рентгенофлуоресцентной спектроскопии*. Далее выполняется демонстрационная идентификация полимеров, входящих в состав образцов микропластика методом инфракрасной спектроскопии многократного нарушенного полного внутреннего отражения и определение наличия тяжелых металлов на поверхности образцов микропластика методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии*. *Если будет отобрано достаточное количество микропластика и концентрации элементов будут выше предела обнаружения.
--	--

**Программа кратких устных представлений (3 мин) отдельных постерных докладов
19 октября 2023 г. 13.00 – 13.45 (3-минутные устные представления)**

№	Авторы	Название доклада
	Микропластик в окружающей среде	
1	Весман Анна Викторовна	Микропластик в Баренцевом море: доступные данные и потенциальные пути переносов
2	Жданов Игорь Андреевич	Поверхностный микропластик в акватории Охотского и Японского морей
3	Ильина Олеся Васильевна	Пластиковое загрязнение поверхностных вод южной части Керченского пролива
4	Кантаков Геннадий Афанасьевич	К вопросу познания "Пластикового парадокса" на примере морских экосистем Арктики и Субарктики
5	Качалова Екатерина Алексеевна	Биодеградируемые упаковочные материалы на основе природных полисахаридов
6	Краскевич Денис Александрович	Актуальные вопросы гигиенической оценки загрязнения пластиком воздуха и потенциальный риск воздействия на здоровье населения
7	Кузьмина Анастасия Алексеевна	Личинки жуков <i>Zophobas morio</i> как объект актуализации знаний о загрязнении почв микропластиком
8	Лисина Анастасия Андреевна	Сток микропластика в Волге по результатам

		экспедиционных исследований 2020-2023 гг.
9	Подзорова Мария Викторовна	Роль биоразлагаемых полимерных материалов в решении проблемы микропластика
10	Якубова Лариса Юрьевна	Анализ полимерных материалов, как источника микропластика
Аналитические методы определения и характеристики микропластика		
11	Абрамова Любовь Сергеевна	Применение метода ЯМР-спектроскопии для определения фталатов в мышечной ткани рыб
12	Герасимов Роман Сергеевич	Инструментальные подходы в расшифровке химической структуры полимерных материалов при их обратном инжиниринге и идентификации их фрагментов в объектах окружающей среды
13	Ермолин Михаил Сергеевич	Методы выделения микропластика из проб воды и донных отложений
Модельные подходы в исследовании микропластика		
14	Бочеригова Ирина Юрьевна	Влияние циклов заморозки/таяния на распределение частиц микропластика по вертикали в морском льду: лабораторный эксперимент

**Программа стендовых докладов
19 октября 2023 г. 13.45 – 15.00 (стендовая сессия)**

№	Авторы	Название доклада
Микропластик в окружающей среде		
1	Березникова Наталья Андреевна	Переработка частиц пенополистирола с помощью личинок <i>Zophobas morio</i>
2	Воробьев Егор Данилович	Оценка загрязнения поверхностных вод реки Енисей микропластиком
3	Ершова Александра Александровна	Исследование загрязнения морским мусором и микропластиком региона Антарктики
4	Исаков Владимир Александрович	Исследование микропластика в удобрениях пролонгированного действия
5	Клушина Светлана Ивановна	Миграция микропластика в почвах на примере полимера – WET OASIScv: Модельный фильтрационный эксперимент
Аналитические методы определения и характеристики микропластика		
6	Давыдова Надежда Константиновна	Исследования взаимодействия синтетических полимеров с природными биомакромолекулами
7	Проскурнин Михаил Алексеевич	Фототермическая спектроскопия для характеристики микро- и нанопластика
Модельные подходы в исследовании микропластика		
8	Блаженко Александра Александровна	Изучение влияния микропластиковых частиц на биологической модели <i>Oryctolagus cuniculus</i>
9	Бонарцев Антон Павлович	Исследование влияния наноразмерных продуктов деградации матриц из поли-3-оксибутирата на рост мезенхимальных стволовых клеток

**Программа кратких устных представлений (3 мин) отдельных постерных докладов
20 октября 2023 г. 13.00 – 13.45 (3-минутные устные представления)**

№	Авторы	Название доклада
Микропластик в окружающей среде		
15	Малыгина Наталья Сергеевна	Атмосферное поступление микропластика в бассейн Телецкого озера (Северо-восточный Алтай)
16	Поливанова Татьяна Константиновна	Связь изменчивости распределения плавающего микропластика в Карском море с океанологическими условиями
17	Рак Анна Николаевна	Влияние кратковременного воздействия микропластика на жизненные показатели и устойчивость к меди пресноводных ракообразных <i>Daphnia magna</i> в ряду поколений
18	Рауэн Татьяна Владимировна	Влияние потребления микропластика на локомоцию клеток динофлагелляты OXYRRHIS MARINA
19	Ротов Валентин Максимович	Комплексная система мер по снижению пластикового загрязнения и потенциального риска воздействия на здоровье человека
20	Тихонова Дарья Алексеевна	Оценка пространственного распределения микропластика на акватории и в толще крупного водного объекта (на примере Ладожского озёра)
21	Федосеев Андрей Николаевич	Моделирование распределения микропластика в объектах окружающей среды в глобальном масштабе
22	Смолокуров Артем Валерьевич	Микропластик: Что могут сделать общественные организации, чтобы изменить ситуацию
Аналитические методы определения и характеристики микропластика		
23	Носова Анастасия Олеговна	Аналитические аспекты обнаружения ПВХ-микропластика в почве
24	Толстунов Михаил Сергеевич	Термогравиметрия и дифференциально-сканирующая калориметрия микропластика при анализе поверхностных и сточных вод
25	Юрасов Юрий Игоревич	Выбор методик отбора и определения количественного и качественного содержания микропластика в природной поверхностной и сточных водах

**Программа стендовых докладов
20 октября 2023 г. 13.45 – 15.00 (стендовая сессия)**

	Авторы	Название доклада
Микропластик в окружающей среде		
10	Политаева Наталья Анатольевна	Мониторинг содержания микропластика в Невской губе Финского залива
11	Рахматуллина Светлана Наильевна	Детекция микропластика в ЖКТ речного окуня в реках Вологодской области и Ямало-Ненецкого автономного округа
12	Редников Алексей Романович	Микроразмерные частицы искусственных полимеров в снежном покрове на территории Западной Сибири
13	Юлдашева Малика Бердияровна	Разработка метода количественного учета атмосферного микропластика с использованием пылевых ловушек
Аналитические методы определения и характеристики микропластика		
14	Половяненко Дмитрий Николаевич	Определение массового содержания микропластика в воде с применением методов пиролизической газовой хроматографии с масс-детектированием и термического анализа
15	Хусанов Алижон Каримович	Микропластик в реке Карадарья: первые данные
Модельные подходы в исследовании микропластика		
16	Проскурнина Елена Васильевна	Биологическая активность и токсичность микро- и нанопластика по отношению к экспрессии генов ключевых сигнальных путей клеток человека: модель исследования

Программа пленарных докладов:

PL-01	Люлин С.В. Микропластик – отложенная проблема тысячелетия?
PL-02	Поздняков Ш.Р. Унификация подходов к определению микропластика в водных объектах
PL-03	Проскурнин М.А. Методы анализа и мониторинга субмикро- и нанопластика: современное состояние, проблемы и перспективы
PL-04	Гуртовенко А.А. Взаимодействие микропластика с биологическими системами: компьютерное моделирование
PL-05	Kenny José M. Environmentally friendly plastics based on biodegradable polymers, composites and nanocomposites
PL-06	Чубаренко И.П. Микропластик в природных льдах: от наблюдений через эксперимент к принципам
PL-07	Карлов С.С. Жизненный цикл биоразлагаемых полимеров: образование микропластика
PL-08	Сотникова Ю.С., Нефедов А.А., Шундрин И.К., Карпова Е.В., Половяненко Д.Н., Винс К.П., Березова Л.Е., Багрянская Е.Г. Анализ микропластика методами ИК-спектроскопии, пиролитической газовой хроматографии и другими методами
PL-09	Ярославов А.А., Панова И.Г., Лойко Н.Г., Николаев Ю.А. Микропластик: когда он становится токсичным?

Программа устных докладов:

O-01	Березина А.В., Якушев Е.В. Моделирование влияния биогеохимических процессов на перенос микропластика в Северном Ледовитом океане
O-02	Ефимова А.А., Гроховская Т.Е., Ярославов А.А. Экспериментальное моделирование микропластика
O-03	Золотова Н.А., Джалилова Д.Ш., Цветков И.С., Макарова О.В. Исследования влияния микропластика на здоровье
O-04	Красильников П.В. Микропластик в растениях, почве и почвенной биоте
O-05	Ильина О.В., Лазарева А.М., Ипатова В.И. Влияние наночастиц полистирола на различные жизненные показатели фитопланктона
O-06	Медведева И.В., Бахтеева Ю.А., Филинкова М.С., Уймин М.А. Применение магнитной экстракции для определения и удаления микропластика из воды
O-07	Пахомова С.В. Обеспечение качества и контроль качества исследований микропластика: необходимый шаг к гармонизации методов
O-08	Сотникова Ю.С., Карпова Е.В., Половяненко Д.Н., Кондратьева В.И., Пономаренко С.М., Багрянская Е.Г. Разработка нового способа пробоподготовки образцов природной и сточной воды для анализа содержания микропластика
O-09	Филимонова Е.А., Преображенская А.Е., Гутникова Л.О., Чистякова

	А.В., Веселовский Р.В. Микропластик в подземных водах - миф или реальность?
О-10	Франк Ю.А., Рахматуллина С.Н., Поскребышева Ю.Р., Тюзин М.С., Филинова С.А., Интересова Е.А., Воробьев Д.С. Микропластик в рыбах рек Сибири
О-11	Шевченко Н.Н., Якобсон О.Д., Лаишевкина С.Г., Шабсельс Б.М. Монодисперсные полимерные частицы: синтез и применение в качестве модельных объектов

Программа коротких устных докладов:

ОР-01	Весман А.В., Оплетина Е.В. Микропластик в Баренцевом море: доступные данные и потенциальные пути переносов
ОР-02	Жданов И.А., Поливанова Т.К., Калашникова В.М., Бирицкая С.А., Пахомова С.В., Якушев Е.В. Поверхностный микропластик в акватории Охотского и Японского морей
ОР-03	Ильина О.В., Ильинский В.В., Елисеев А.А., Сапожников Ф.В., Завьялов П.О. Пластиковое загрязнение поверхностных вод южной части Керченского пролива
ОР-04	Кантаков Г.А., Гаврило М.В. К вопросу познания "Пластикового парадокса" на примере морских экосистем Арктики и Субарктики
ОР-05	Качалова Е.А., Зарубин Д.Н., Саломатина Е.В., Смирнова Л.А. Биodeградируемые материалы на основе модифицированных полисахаридов
ОР-06	Краскевич Д.А., Щербаков Д.В., Жернов Ю.В., Митрохин О.В., Антонова Е.И., Архипова Н.И., Ротов В.М. Актуальные вопросы гигиенической оценки загрязнения пластиком воздуха и потенциальный риск воздействия на здоровье населения
ОР-07	Кузьмина А.А. Личинки жуков <i>Zophobas morio</i> как объект актуализации знаний о загрязнении почв микропластиком
ОР-08	Лисина А.А., Сазонов А.А., Фролова Н.Л. Сток микропластика в Волге по результатам экспедиционных исследований 2020-2023 гг
ОР-09	Подзорова М.В., Тертышная Ю.В. Роль биоразлагаемых полимерных материалов в решении проблемы микропластика
ОР-10	Якубова Л.Ю., Подзорова М.В., Анпилова А.Ю. Анализ полимерных материалов, как источника микропластика
ОР-11	Козин А.В., Абрамова Л.С., Гусева Е.С., Лаврикова К.А. Применение метода ЯМР-спектроскопии для определения фталатов в мышечной ткани рыб
ОР-12	Герасимов Р.С. Инструментальные подходы в расшифровке химической структуры полимерных материалов при их обратном инжиниринге и идентификации их фрагментов в объектах окружающей среды
ОР-13	Ермолин М.С. Методы выделения микропластика из проб воды и донных отложений
ОР-14	Бочерикова И.Ю., Чубаренко И.П. Влияние циклов замерзания/таяния на распределение частиц микропластика по вертикали в морском льду: лабораторный эксперимент

ОР-15	Малыгина Н.С., Бирюков Р.Ю., Касуров Д.А., Курятникова Н.А., Шигимага А.А., Черных Д.В. Атмосферное поступление микропластика в бассейн Телецкого озера (Северо-восточный Алтай)
ОР-16	Поливанова Т.К., Жданов И.А., Березина А.В., Пахомова С.В., Якушев Е.В. Связь изменчивости распределения плавающего микропластика в Карском море с океанологическими условиями
ОР-17	Рак А.Н., Гершкович Д.М., Ильина О.В. Влияние кратковременного воздействия микропластика на жизненные показатели и устойчивость к меди пресноводных ракообразных <i>Daphnia magna</i> в ряду поколений
ОР-18	Рауэн Т.В., Муханов В.С., Лях А.М. Влияние потребления микропластика на локомоцию клеток динофлагелляты <i>Oxyrrhis marina</i>
ОР-19	Краскевич Д.А., Ротов В.М., Архипова Н.И., Щербаков Д.В., Антонова Е.И., Жернов Ю.В., Митрохин О.В. Комплексная система мер по снижению пластикового загрязнения и потенциального риска воздействия на здоровье человека
ОР-20	Тихонова Д.А., Поздняков Ш.Р., Иванова Е.В., Каретников С.Г. Оценка пространственного распределения микропластика на акватории и в толще крупного водного объекта (на примере Ладожского озера)
ОР-21	Федосеев А.Н., Макарова А.С. Моделирование распределения микропластика в объектах окружающей среды в глобальном масштабе
ОР-22	Смолокуров А.В., Ершова А.А., Макеева И.Н. Микропластик: Что могут сделать общественные организации, чтобы изменить ситуацию
ОР-23	Носова А.О., Варфоломеева А.Е., Успенская М.В. К вопросу обнаружения ПВХ микропластика в почве
ОР-24	Толстунов М.И., Попов А.В., Шляпцева С.А., Губаева И.Ш. Термогравиметрия и дифференциально-сканирующая калориметрия микропластика при анализе поверхностных и сточных вод
ОР-25	Юрасов Ю.И., Клещенко А.В., Савицкий Р.М., Анцифорова М.А., Данилина Э.М., Пашенко А.С., Пляка П.С., Юдин А.В., Назаренко А.В., Ермолаев А.И., Юдина Н.В., Толстунов М.И. Выбор методик отбора и определения количественного и качественного содержания микропластика в природной поверхностной и сточных водах

Программа стендовых докладов:

P-01	Березникова Н.А., Веженкова И.В. Переработка частиц пенополистирола с помощью личинок <i>Zophobas morio</i>
P-02	Воробьев Е.Д., Рахматуллина С.Н., Воробьев Д.С., Франк Ю.А. Оценка загрязнения поверхностных вод реки Енисей микропластиком
P-03	Ершова А.А., Весман А.В. Микропластик и морской мусор в Российской Антарктике
P-04	Исаков В.А., Власова Е.Н., Люлин С.В. Исследование микропластика в удобрениях пролонгированного действия
P-05	Клушина С.И., Умарова А.Б. Миграция микропластика в почвах на примере полимера - WET OASIS: модельный фильтрационный эксперимент

P-06	Давыдова Н.К., Сергеев В.Н. Исследования взаимодействия синтетических полимеров с природными биомакромолекулами
P-07	Хабибуллин В.Р., Волков Д.С., Проскурнин М.А. Фототермическая спектроскопия для характеристики микро- и нанопластика
P-08	Беспалова О.Н., Блаженко А.А., Пачулия О.В., Коган И.Ю. Изучение влияния микропластиковых частиц на биологической модели <i>Oryctolagus cuniculus</i>
P-09	Чеснокова Д.В., Бонарцев А.П., Воинова В.В. Исследование влияния наноразмерных продуктов деградации поли-3-оксибутирата на стволовые клетки
P-10	Политаева Н.А., Поздняков Ш.Р., Полугудина И.А. Мониторинг микропластика в Невской губе Финского залива
P-11	Рахматуллина С.Н., Поскребышева Ю., Тропин Н.Ю., Франк Ю.А. Детекция микропластика в ЖКТ речного окуня в реках Вологодской области и Ямало-Ненецкого автономного округа
P-12	Редникин А.Р., Рахматуллина С.Н., Воробьев Д.С., Франк Ю.А. Микроразмерные частицы искусственных полимеров в снежном покрове на территории Западной Сибири
P-13	Юлдашева М.Б., Франк Ю.А., Джамбекова Г.С., Воробьев Д.С. Разработка метода количественного учета атмосферного микропластика с использованием пылевых ловушек
P-14	Половяненко Д.Н., Нефедов А.А., Шундрин И.К., Сотникова Ю.С., Пономаренко С.М., Багрянская Е.Г. Определение массового содержания микропластика в воде с применением методов пиролитической газовой хроматографии с масс-детектированием и термического анализа
P-15	Хусанов А.К., Франк Ю.А., Воробьев Е.Д., Рахматуллина С., Ташбаев Ш.А., Маматкаримова С., Юлдашев А.С., Воробьев Д.С. Микропластик в реке Карадарья: первые данные
P-16	Проскурнина Е.В., Костюк С.В. Биологическая активность и токсичность микро- и нанопластика по отношению к экспрессии генов ключевых сигнальных путей клеток человека: модель исследования
	Березова Л.Е., Сотникова Ю.С., Половяненко Д.Н., Винс К.П., Багрянская Е.Г. Разработка процедуры отбора проб сточной и природной поверхностной воды для анализа содержания микропластика

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пленарные лекции (PL-01 – PL-09)	16
Устные доклады (O-01 – O-11)	27
Краткие устные доклады (OP-01 – OP-25)	44
Стендовые доклады (P-01 – P16)	83

ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКЦИИ

PL-01 МИКРОПЛАСТИК — ОТЛОЖЕННАЯ ПРОБЛЕМА ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ?

Люлин С.В.

*Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург, Россия
s.v.lyulin@gmail.com*

Сегодня человечество не может обойтись без синтетических полимеров, уровень производства которых растет практически экспоненциально. Однако, низкая стоимость и высокая стабильность полимеров, ненадлежащее отношение к вышедшим из употребления пластиковым изделиям и отсутствие достаточной инфраструктуры по их переработке и утилизации приводят к существенному загрязнению окружающей среды пластиковым мусором, который при разрушении образует небольшие частицы размером менее 5 мм, называемые микропластиком. Именно к микропластику приковано огромное общественное внимание.

Проблема распространения микропластика часто становится предметом домыслов и спекуляций, а предлагаемые решения могут иметь явные признаки манипулирования общественным мнением, особенно со стороны крупных компаний, заинтересованных во внедрении неконкурентных или необоснованных с точки зрения экологической безопасности решений. В то время, как мониторинг присутствия микропластика в окружающей среде характеризуется сбором информации о частицах достаточно больших размеров (обычно более 300 мкм, в редких случаях более 30 мкм), они вряд ли представляют существенную опасность здоровью человека. Большей потенциальной опасностью по аналогии с другими мелкими частицами обладают микропластиковые частицы субмикронного и нанометрового диапазона, но их обнаружение и характеристика чрезвычайно трудоемки. Именно их исследование вместе с изучением процессов ассимиляции микропластика в окружающей среде наиболее актуальны в настоящее время.

Автор выражает благодарность Фонду Экология за оказанную финансовую поддержку при проведении данного исследования.

PL-02 УНИФИКАЦИЯ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Поздняков Ш.Р.

*Институт исследований континентальных водных объектов РГГМУ,
Санкт-Петербург, Россия
tbgmaster@mail.ru*

В настоящее время остро встает вопрос мониторинга масштабов и распространения микропластикового загрязнения. На данном этапе организации этих работ важнейшими задачами являются переход к единым диапазонам измерений, едиными методами отборов проб и в единых единицах измерений.

Общепринятая верхняя размерная граница микропластика равная 5 мм. Что же касается нижней границы, то она различается у каждой группы исследователей, что приводит к несравнимости результатов по количественным показателям. В случае организации централизованного мониторинга такое положение недопустимо и требует закрепления нижнего диапазона или установления границ оценки при решении конкретных задач. И важно учесть, что чем меньше крупность частиц микропластика, тем большее значение они могут оказывать на процессы переноса загрязнений в водных объектах. Дело в том, что при уменьшении среднего диаметра частиц при переходе от одного размерного диапазона к другому, площадь их удельной поверхности в единице объема изменяется практически на порядок. Т.е. частицы микропластика субмикронных размеров способны переносить существенно больше сорбированных на их поверхности веществ. Кроме того, сорбционная способность мелких частиц к различным загрязняющим веществам резко возрастает. Поэтому, при организации мониторинговых работ требуется максимально учесть исключительную роль мельчайших фракций микропластика в переносе загрязняющих элементов в водных объектах.

Далее, приходится констатировать, что в настоящее время нет единого подхода к выражению результатов измерений. Применяются следующие выражения для оценок концентрации микропластика- штук на м² площади, грамм на м², штук на м³, грамм на м³, грамм на кг сухого веса, штук на мл, грамм на л и т.д. Нормализация согласованной системы измерений позволила бы сравнивать результаты. Наиболее приемлемой для унифицированных мониторинговых работ было бы представление в штуках на метр кубический объема. Это наиболее часто применяемая различными группами ученых величина. И в данном случае учитывается и том факт, что масса частиц микропластика в единице объема куба при рассмотрении различных фракций практически одинакова, а количество и общая площадь поверхности различается на порядок при переходе к разным размерным диапазонам, т.е. является более информативной характеристикой.

Для выражения концентрации микропластика в единице объема водной среды предлагается следующее унифицированное обозначение

$$S_m () = n (\text{частиц/м}^3),$$

где в скобках должно указываться нижнее значение размеров определяемых частиц в мкм, например, 50. В этом случае возможность сравнимости результатов будет обеспечена.

Практические работы показывают, что наиболее приемлемыми методами отборов

проб для условий водотоков и оценки площадного распространения микропластика на больших акваториях являются использование сеток Manta, но здесь существенной проблемой встает точная оценка объемов проб. К серьезному недостатку данного метода можно отнести также возможность использования его только для поверхностных слоев воды. Для отборов проб на водоемах, причем с различных глубин и с точным определением объемов целесообразно использовать насосные установки для забортных отборов воды. Объем воды, в данном случае измеряется с точностью до 1 мл и может осуществляться с глубин нескольких сот метров.

PL-03 МЕТОДЫ АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА СУБМИКРО- И НАНОПЛАСТИКА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Проскурнин М.А.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Москва, Россия
proskurnin@gmail.com*

В кратком обзорном докладе будет рассмотрено современное состояние в области химического анализа частиц пластика нанометрового и субмикрометрового характеристического размера. Будет проведено краткое сравнение методологии анализа субмикропластика и нанопластика, отличия от методологии химического анализа микропластика, объекты и задачи химического анализа этих аналитов. Будут приведены примеры применения различных методов для идентификации и количественного анализа нанопластика, обсуждены текущие проблемы и задачи развития методологии химического анализа в этой области.

PL-04 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИКРОПЛАСТИКА С БИОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Гуртовенко А.А.

*Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург, Россия
a.gurtovenko@gmail.com*

Ежегодно в мире производят сотни миллионов тонн полимеров, существенная часть этих полимеров в конечном счете накапливается в окружающей среде, преимущественно в океане. Под действием внешних факторов пластиковый мусор медленно разрушается, приводя к появлению микропластика – полимерных частиц размером менее 5 мм. В последние годы частицы микропластика были обнаружены в воде, воздухе и почве, в обитателях морей, в млекопитающих, а также в организме человека. Все это в совокупности привело к тому, что в настоящее время микропластик рассматривается как потенциальная угроза человеку и среде его обитания. Существенно, что воздействие микропластика на биологические системы во многом определяется размером частиц. Так, наибольшую опасность представляют собой частицы микропластика размером 100 нм и меньше – так называемый нанопластик. Такие частицы способны проникать через мембраны внутрь клеток, приводя к разрушению органелл, окислительному стрессу, иммунному отклику, повреждению генного материала и т.д. К сожалению, чем меньше размер полимерных частиц, тем сложнее их обнаруживать, выделять и исследовать с помощью существующих экспериментальных методов. В такой ситуации незаменимым инструментом для изучения микропластика – и особенно нанопластика – становится компьютерное моделирование. В частности, современные методы компьютерного моделирования в совокупности с моделями высокого разрешения дают возможность получить уникальную микроскопическую информацию о частицах нанопластика, а также о молекулярных механизмах взаимодействия нанопластика с биологическими системами. В данном докладе будет представлен детальный обзор современного состояния дел в компьютерном моделировании частиц нанопластика в физиологически-релевантном окружении. Особое внимание будет уделено взаимодействию наноразмерных полимерных частиц с модельными биологическими мембранами. Кроме того, в докладе будут обозначены возможные направления будущих исследований в данной области.

PL-05 ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PLASTICS BASED ON BIODEGRADABLE POLYMERS, COMPOSITES AND NANOCOMPOSITES

Kenny José M.^{1,2}

1 - Department of Civil and Environmental Engineering, University of Perugia

2 - European Center for Nanostructured Polymers, Terni, Italy

jose.kenny@unipg.it

Polymer composites are already relevant in many industrial applications that have changed our lives in the last 70 years: aeronautical, naval, car, furniture, domestic appliances, sport goods, electronic and biomedical devices are only some of the industrial sectors where polymer composites have provided clear advantages with respect to traditional materials. However, the compelling concern regarding the environmental impact of polymers and polymer composites, and the growing presence of microplastics, requires the development of environmental friendly solutions, including circular economy concepts and the use of renewable and biodegradable materials. Taking these concerns in consideration, there is a growing interest in the development of composite and nanocomposite with bio-polymeric matrix and biobased reinforcements. In particular, our research group has been a pioneer on the development of natural fiber composites and, in recent years, we have developed a consistent research program on biobased and biodegradable polymer nanocomposites.

Following this approach, cellulose and lignin have attracted special attention due to its renewable nature, wide variety of source materials, low cost and density, high surface functionality and reactivity. The combination of bioresorbable and sustainable polymers with bio-based nanostructures opened new perspectives in the self-assembly of nanomaterials for different applications with tuneable mechanical, thermal and degradative properties reducing the burden of microplastics in the environment.

Advanced modification chemistry has generated a high number of functional cellulose and lignin-based polymer compounds integrated with both the intrinsic features of bio nanoparticles and additional properties of polymers, nevertheless limiting the effects to the micro dimension. We started to focus the research on reinforcing polymer composites through nanosized cellulose and lignin and how they could affect, when dispersed in different biopolymers (i.e. gluten, PLA, PVA, chitosan) the optical, thermal, mechanical, dimensional stability, desintegrability, antioxidant activities and antibacterial performance of bio-nanocomposites. The potential synergic effect between lignin and cellulosic nanostructures has been also investigated, demonstrating how this innovative strategy could enlarge the use of green based nanoparticles to the food packaging sector. In this lecture a review of the activities of our research group in the functionalization of cellulose and lignin nanoparticles and their incorporation in different polymeric matrices will be presented. The processing behaviour of the nanocomposites and their physicochemical properties are reported and reviewed in a critical analysis with other international research groups.

The results obtained in this research program confirm the feasibility of the processing and development of cellulose and lignin based bionanocomposites for different environmentally friendly industrial applications with particular attention to food packaging.

PL-06 МИКРОПЛАСТИК В ПРИРОДНЫХ ЛЬДАХ: ОТ НАБЛЮДЕНИЙ ЧЕРЕЗ ЭКСПЕРИМЕНТ К ПРИНЦИПАМ

Чубаренко И.П.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
irina_chubarenko@mail.ru*

Частицы микропластика (МП, <5 мм) обнаруживаются в морском льду в существенно большем количестве, чем в морской воде. Натурные исследования показывают, что распределение частиц по вертикали внутри кернов льда неоднородно, отмечается дефицит мелких частиц (<1 мм), и особенно волокон. В попытке найти объяснение наблюдаемой в природных льдах картине загрязнения, в докладе представлены результаты трёх серий лабораторных экспериментов: (i) по формированию пресного и солёного льда из воды, содержащей различные пластиковые частицы, (ii) по образованию пузырьков на пластиковых частицах различных форм и размеров, (iii) по влиянию циклов заморозки/таяния на перераспределение пластиковых частиц в кернах льда.

Обсуждаются сведения научных и прикладных исследований о наиболее общих физических процессах, лежащих в основе взаимодействия льда и пластиковых частиц. Гидрофобность пластика приводит к вытеснению частиц из воды и льда в пузырьки воздуха и каналы рассола. Значительная разница в термических свойствах льда и пластика способствует концентрации МП на поверхности льда во время циклов заморозки/таяния. Хотя при низких температурах окружающей среды, падающих в полярных регионах уверенно ниже температур стеклования/хрупко-пластичного перехода обычных пластмасс, недостаток мелкого МП предполагает, что фрагментации пластика во льду (без дополнительных механических воздействий) не происходит. Сравниваются процессы заморозки пресного и морского льда, обсуждается влияние вертикальной конвекции при формировании льда на поведение частиц МП. Проницаемость морского льда, особенно в периоды таяния, может способствовать перераспределению субмиллиметровых частиц МП по каналам рассола, тем самым обеспечивая возможность изменения картины загрязнения во времени. В целом, анализ выявил целый ряд конкурирующих факторов, влияющих на распределение МП во льду.

В дальнейших натурных исследованиях уровня и особенностей картины загрязнения льдов частицами пластика представляется полезным соблюдать следующие правила: тщательно отбирать пробы с верхней поверхности льда, включая слой снега; предотвращать утечки рассола при отборе, транспортировке и обработке проб; при сегментировании ледяного керна принимать во внимание особенности вертикальной структуры льда.

Исследования проводятся при поддержке РФФИ, проект № 19-17-00041.

PL-07 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ: ОБРАЗОВАНИЕ МИКРОПЛАСТИКА

Карлов С.С.^{1,2}

1 - МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

*2 - Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва, Россия
s.s.karlov@chemistry.msu.ru*

Хорошо известно, что одной из основных экологических проблем современности является загрязнение окружающей среды (в основном водной среды и суши) пластиковым мусором. С учетом того, что одним из основных конкурентных преимуществ традиционных видов пластика, получаемых в основном из продуктов нефтепереработки, перед другими конструкционными материалами является инертность пластика: как химическая, так и микробиологическая. Однако благодаря этой инертности после окончания срока использования и при нарушении регламента переработки изделия из пластика оказываются в окружающей среде, где до их полного разложения может пройти сотни лет.

Одним из путей решения данной проблемы, помимо отдельного сбора пластикового мусора и его глубокой переработки, является использование так называемых биоразлагаемых полимеров. Подобные полимеры в специальных условиях (компостирование) разлагаются на биосовместимые (в том числе биорезорбируемые) продукты распада обычно за очень короткие сроки - от нескольких месяцев до 2-3 лет. Без использования специальных условий скорость разложения заметно падает, и время разложения может составлять в зависимости от условий от нескольких лет до нескольких десятков лет. При этом стадии разложения биоразлагаемых полимеров в виде макропластика и мегапластика, а также мезопластика принципиально не отличаются от аналогичных стадий для полимеров на основе альфа-олефинов. При распаде под действием различных факторов образуются частицы микропластика и нанопластика, воздействие на живую природу которых до конца не изучено, хотя вопросу разложения биоразлагаемых полимеров в последнее время уделяется значительное внимание [1,2].

В обзорном докладе будут проанализированы пути распада наиболее часто используемых в настоящее время видов биоразлагаемых полимеров, к которым относятся природные пластики (целлюлоза и ее производные, а также полигидроксиалканоаты), а также синтетические пластики (полилактид, полигликолид, поликапролактон, а также иные перспективные производные, включая сополимеры). Будет обсуждена возможность образования на ранних стадиях разложения продуктов, структура которых потенциально может наносить вред окружающей среде. Также будет уделено внимание проблеме биоразлагаемого микропластика, как носителя не связанных с пластиком вредных факторов (органических и неорганических экотоксикантов, биологических агентов).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-13-00391)

Список литературы:

1. Colwell J., Pratt S., Lant P., Laycock B. Sci. Total Environ. **894**, 165025 (2023).
2. Shruti V.C., Kutralam-Muniasamy G. Sci. Total Environ. **697**, 134139 (2019).

PL-08 АНАЛИЗ МИКРОПЛАСТИКА МЕТОДАМИ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ, ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ И ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

Сотникова Ю.С.¹, Нефедов А.А.¹, Шундрин И.К.¹, Карпова Е.В.¹,
Половяненко Д.Н.¹, Винс К.П.², Березова Л.Е.³, Багрянская Е.Г.¹

*1 - Новосибирский институт органической химии
им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск, Россия*

*2 - Центр лабораторного анализа и технических измерений по сибирскому
федеральному округу, Новосибирск, Россия*

*3 - Государственный научно-исследовательский институт промышленной
экологии, Москва, Россия
egbagryanskaya@nioch.nsc.ru*

В последние годы проблема загрязнения окружающей среды микропластиком становится все более серьезной и требующей совершенствования и развития аналитических методов для качественного и количественного анализа. Наиболее сложным аспектом в анализе микропластика является определение его количества в пробе (число частиц микропластика и их масса). Наиболее распространенными методами инструментального анализа микропластика являются: инфракрасная спектроскопия с Фурье преобразованием, рамановская спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, пиролитическая газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием и термогравиметрия с дифференциальной сканирующей калориметрией.

В данной работе представлен комплексный подход к исследованию содержания микропластика в природной поверхностной и сточной воде. Разработанный подход включает 3 основные стадии: отбор проб воды, пробоподготовка и исследование методами сканирующей электронной микроскопии, ИК спектроскопии, пиролитической газовой хроматографии и термогравиметрии. Отбор проб природной поверхностной и сточной воды осуществляли с помощью устройства, состоящего из набора сит из нержавеющей стали и фрагмента фильтрующей полиамидной ткани с размером ячеек 0.1 мм. Проба, отобранная на фильтр и упакованная в фольгу, представляла собой логистически удобный формат для доставки в лабораторию. В лаборатории НИОХ СО РАН полученные пробы были подготовлены для дальнейшего анализа. Для этого была разработана процедура пробоподготовки, включающая стадии удаления органических биологических компонентов с помощью надуксусной кислоты и отделения микропластика от неорганических компонентов, таких как песок и стекло, с помощью растительного масла.

Установлено, что сконструированное устройство для отбора проб воды позволяет проводить отбор в любом даже самом труднодоступном месте, а разработанная методика пробоподготовки позволяет эффективно удалять биологические компоненты, мешающие количественному определению микропластика в природной и сточной воде. В результате данного исследования было определено содержание микропластика в следующих объектах окружающей среды: природная поверхностная и/или сточная вода р. Обь, р. Селенга, оз. Байкал.

PL-09 МИКРОПЛАСТИК: КОГДА ОН СТАНОВИТСЯ ТОКСИЧНЫМ?

Ярославов А.А.¹, Панова И.Г.¹, Лойко Н.Г.², Николаев Ю.А.²

1 - Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

*2 - Федеральный исследовательский центр “Фундаментальные основы биотехнологии” РАН, Москва, Россия
yaroslav@belozersky.msu.ru*

Термин микропластик используют для описания большой и разнородной группы полимерных объектов, размер которых в каждом из направлений не превышает 5 мм. Разложение микропластика уменьшает его размер до микронного уровня и меньше, что позволяет полученным частицам встраиваться в клеточные мембраны, проникать во внутриклеточное пространство, блокировать активные центры на поверхности клеток и формировать дефекты в клеточной мембране, тем самым влияя на функционирование клеток.

Параллельно с этим микропластик может сорбировать на своей поверхности различные токсичные вещества как низкомолекулярные, так и полимерной природы. Такое взаимодействие может влиять на токсичность адсорбированного материала и полученного комплекса в целом.

В докладе на примере модельных реакций с участием синтетических полимеров и полимерных микрочастиц обсуждаются фундаментальные аспекты формирования комплексов микропластика с токсикантами, их структура, динамика и механизм биологического действия.

УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

О-01 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПЕРЕНОС МИКРОПЛАСТИКА В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

Березина А.В.^{1,2}, Якушев Е.В.²

1 - Институт океанологии РАН, Москва, Россия

*2 - Норвежский институт водных исследований NIVA, Норвегия
fisa4247@gmail.com*

Биогеохимические процессы в значительной степени влияют на физические свойства микропластика (МП), прежде всего, его плотность и, следовательно, плавучесть. Однако, роли экосистемных и биогеохимических процессов в переносе МП в морской среде посвящено крайне ограниченное количество исследований. В ходе работы была создана первая численная модель, названная BioPlast, учитывающая трансформацию свойств МП в океане со временем, его вертикальный перенос и захоронение в осадках под действием экосистемных и биогеохимических процессов [Berezina et al., 2021]. BioPlast был встроен в совместную модель гидродинамики океана и биогеохимических процессов.

В качестве биогеохимического блока использована модель OxyDep, которая воспроизводит временную изменчивость концентраций фитопланктона, зоопланктона, растворенного и взвешенного органического вещества. В качестве гидрофизической модели на первом этапе применена двухмерная модель 2DBP (2D benthic-pelagic transport model), рассматривающая процессы в водном столбе и донных осадках совместно. На втором этапе использована известная трехмерная модель ROMS (Regional Ocean Modeling System) с разрешением 20 км. Биогеохимический модуль и МП модуль BioPlast соединены с транспортной моделью посредством платформы FABM (Framework for Aquatic Biogeochemical Modelling).

BioPlast был применен в связке с моделью 2DBP для акватории Осло-фьорда и трехмерной моделью ROMS для оценки распространения МП в Северном Ледовитом океане (СЛО).

На примере Осло-фьорда было показано, что в летний период под влиянием экосистемных процессов усиливается перенос МП из поверхностного слоя на дно. Главную роль при этом играет биообрастание, которое происходит наиболее интенсивно во время цветения фитопланктона.

В СЛО было исследовано распространение МП из рек, впадающих в Белое, Баренцево, Карское и Восточно-Сибирское моря, а также из северной части Атлантического океана, в отсутствие других источников. Было показано, что за 8 лет МП распространяется по всему СЛО, за исключением Канадского бассейна. По разным сценариям, МП Атлантического происхождения доминирует в западной части Евразийского сектора СЛО; по «верхней» оценке, МП из Северной Атлантики занимает практически всю акваторию СЛО. Только в локальных акваториях (в приустьевых зонах, в проливе Фрама) наблюдается кратковременное очищение поверхностного слоя от МП из-за биообрастания и седиментации с детритом. Это объясняется частично низкой продуктивностью рассматриваемой акватории и коротким периодом цветения фитопланктона, частично ограничениями модели.

Исходный код модели был опубликован на портале GitHub, что дает возможность другим разработчикам в научном сообществе предлагать дополнения и улучшения, и способствует дальнейшему развитию модельного подхода в этой области.

Berezina A., Yakushev E., Savchuk O. et al. Water. V. 13. № 19, P. 2690 (2021)

О-02 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПЛАСТИКА

Ефимова А.А., Гроховская Т.Е., Ярославов А.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
ephimova@genebee.msu.ru

Проблема накопления микро- и нанопластика в окружающей среде является чрезвычайно актуальной. Несмотря на растущий интерес ученых к этой области, полученной на сегодняшний день информации о возможном влиянии микропластика на экосистемы и живые организмы недостаточно, а большинство работ сводится к определению концентрации полимерных частиц в воде и анализу их состава. При этом в данных работах речь идет, в основном, о частицах, размер которых лежит в диапазоне от 100 мкм до 5 мм. Возможное негативное воздействие микропластика на живые организмы заключается в его способности к адсорбированию и транспортировке на своей поверхности токсичных веществ и бактерий, в том числе патогенных. Частицы нанометрового размера могут способствовать образованию дефектов в мембране клеток организмов, в которые попал микропластик.

Разложение полимеров под действием внешних факторов приводит к появлению частиц, обладающих высокой гетерогенностью и неоднородностью, разнообразием составов и морфологий, а также способностью к быстрой фрагментации в окружающей среде. Поэтому поиск адекватных модельных систем, которые воспроизводили бы размеры и основные свойства частиц микро- и нанопластика, являлись бы агрегативно устойчивыми в водных средах и обладали бы способностью связывать различные вещества-загрязнители, представляет актуальную задачу. Мы предлагаем использовать в качестве модели микро- и нанопластика суспензии частиц, полученных из чайных пакетиков различного состава, инкубированных в водной среде в температурном диапазоне от 20 до 100°C. Частицы несут отрицательный заряд, их средний размер лежит в диапазоне от 100 до 1000 нм. Концентрация частиц варьируется от $\sim 2 \times 10^7$ - 2×10^8 частиц/мл.

Работа выполнена в рамках проекта: “Современные проблемы химии и физико-химии высокомолекулярных соединений” (AAAA-A21-121011990022-4).

О-03 ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МИКРОПЛАСТИКА НА ЗДОРОВЬЕ

Золотова Н.А., Джалилова Д.Ш., Цветков И.С., Макарова О.В.

*Научно-исследовательский институт морфологии человека
имени академика А.П. Авцына Федерального государственного бюджетного
научного учреждения "Российский научный центр хирургии
имени академика Б.В. Петровского", Москва, Россия
natashazltv@gmail.com*

Люди постоянно поглощают микропластик (МП) с водой и пищей, вдыхают с воздухом. Поэтому важным вопросом загрязнения окружающей среды МП является оценка его влияния на здоровье человека. Для исследования токсических свойств различных веществ в качестве модельных организмов чаще всего используют лабораторных грызунов.

Нами был проведен поиск статей в базах данных Pubmed и Scopus по ключевым словам, «Microplastic+Mouse» и «Microplastic+Rat» за 2017-2021 гг и проанализированы модели воздействия на организм МП. Виды и линии животных, дозы и типы МП и методы его введения, длительность воздействия в работах значительно разнятся. Большинство (80%) исследований выполнены на мышах, преимущественно, беспородных ICR (CD-1) и линии C57BL/6, реже – Balb/c и Swiss; 20% – на крысах Wistar и Sprague-Dawley. В 43% работ животные получали микропластик перорально с водой из поилки или через желудочный зонд. В единичных работах МП добавляли в корм, вводили внутривентриально, использовали ингаляцию или интратрахеальное введение. В 83% работ использовали частицы полистирола диаметром 0,02-500 мкм, в 20% – частицы полиэтилена размером 0,4-150 мкм. Дозы при пероральном воздействии составляли 0,01-100 мг/кг/сут [1].

По результатам разных работ МП выявлялся в кишечнике, печени, почках, легких, селезенке, сердце, яичниках и семенниках, вызывал биохимические изменения, структурные повреждения и нарушения функции этих органов, влиял на развитие потомства, усиливал негативные эффекты различных загрязнителей. Однако, в связи с значительно варьирующими моделями экспериментов, полученные данные фрагментарны и противоречивы [1].

При пероральном потреблении первой мишенью воздействия МП является желудочно-кишечный тракт. По данным литературы, у мышей, получавших МП, в толстой кишке наблюдаются дисбиоз кишечной микрофлоры, активация провоспалительных сигнальных путей, нарушения антиоксидантной защиты и развитие окислительного стресса, повреждения эпителиального барьера толстой кишки, характеризующиеся стимуляцией апоптоза и пролиферации эпителиальных клеток кишечника, снижением числа бокаловидных клеток, экспрессии муцина и секреции слизи, снижением экспрессии генов, кодирующих белки плотных контактов и повышение проницаемости кишечного барьера. Также показано, что МП может приводить к более тяжелому течению экспериментального колита [2].

Нашей научной группой проведено исследование изменений толстой кишки мышей после 6 недель потребления с питьевой водой частиц полистирола диаметром 5 мкм в дозе 2,3 мг/кг/сут. МП вызвал увеличение числа эндокринных клеток, повышение содержания в бокаловидных клетках высокосульфатированных

муцинов, увеличение числа иммунных клеток в слизистой оболочке толстой кишки, что указывает на активацию защитных механизмов [2].

Требуется проведение дальнейших исследований со стандартизацией модели воздействия микропластика.

Список литературы:

1. Zolotova N., Kosyreva A., Dzhililova D., Fokichev N., Makarova O. PeerJ. **10**, e13503, (2022).
2. Zolotova N., Dzhililova D., Tsvetkov I., Makarova O. Toxics. **11**, 730. (2023).

О-04 МИКРОПЛАСТИК В РАСТЕНИЯХ, ПОЧВЕ И ПОЧВЕННОЙ БИОТЕ

Красильников П.В.

*Факультет почвоведения Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
krasilnikov@soil.msu.ru*

В последнее десятилетие активно развиваются исследования загрязнения окружающей среды микропластиком, т.е. частицами пластика диаметром менее 5 мм. Большое количество работ было посвящено микропластику в морских и озёрных экосистемах, поскольку из водной среды его проще извлекать. В последние же несколько лет усилился интерес к микропластику в почве, где, как оказалось, он также присутствует в значимых количествах. Особенно интересно присутствие в почвенных экосистемах нанопластика, то есть частиц размером менее 100 нм. Выяснилось, что нанопластик может активно передвигаться внутри почвы с водными потоками, а также проникать сквозь клеточные стенки корней и поступать внутрь растений. Считается, что нанопластик оказывает негативное воздействие на растения и на почвенную биоту при попадании в организм, хотя до настоящего времени не вполне понятны механизмы воздействия нанопластика на растения и животных. Исследование нанопластика в системе почва-растения и почва-почвенная биота достаточно сложно. Микропластик размером более 100 нм достаточно легко выделяется из почвы и диагностируется визуально под микроскопом. Его негативное воздействие на растения, как считается, сводится к изменению поверхностных физических и физико-химических свойств почвы, а также к транспортировке тяжёлых металлов и иных загрязняющих веществ к корневым системам. Иная ситуация с нанопластиком: пока отсутствует надёжная методика его выделения из почв и идентификации в природных системах почва-растение или почва-почвенная биота. В настоящее время основным источником информации являются модельные лабораторные эксперименты, у которых также имеется ряд ограничений. Результаты, опубликованные в последние годы, несколько противоречивы. Некоторые исследования показали ярко выраженную токсичность нанопластика для растений, другие же не обнаружили заметного негативного эффекта проникновения нанопластика в растительные ткани. Дальнейший прогресс в знаниях о поведении и функциях нанопластика в почвах, растениях и почвенной биоте связан с развитием методической и приборной базы исследований.

О-05 ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛА НА РАЗЛИЧНЫЕ ЖИЗНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА

Ильина О.В., Лазарева А.М., Ипатова В.И.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
lazanna1998@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние наночастиц полистирола на *Scenedesmus quadricauda* в диапазоне концентраций от 1 до 50 мг/л в хроническом эксперименте. Отмечено изменение численности и размеров клеток в присутствии полистирола. Также менялась эффективность фотосинтеза клеток фитопланктона, количество клеток в ценобиях и соотношение живых и мертвых клеток в культуре.

Ключевые слова: биотестирование, нанопластик, полистирол, *Scenedesmus quadricauda*.

Для оценки влияния частиц нанопластика на тест-объект *Scenedesmus quadricauda* применяли хронический тест длительностью 14 суток. Культуру микроводоросли подвергали воздействию суспензии первичного полистирола (EPS) с размером частиц 100 нм, полученного из коммерческих источников в концентрациях 1, 5, 10 и 50 мг/л.

При концентрациях 1 и 5 мг/л нанопластика (НП) на 1 сут опыта отмечена достоверная стимуляция роста культуры с разницей по сравнению с контролем на 38 и 49% соответственно, при 10 мг/л - достоверное угнетение на 3 сут и достоверная стимуляция на 7 сут, а при 50 мг/л значимых отличий по сравнению с контролем не выявлено.

Подобная кратковременная значимая стимуляция роста культуры при малых концентрациях НП может служить показателем интенсификации обменных процессов и ускорения деления клеток в ответ на стресс, вызванный добавкой частиц НП.

Сравнение полученных данных в присутствии наночастиц полистирола в исследованном диапазоне концентраций 1-50 мг/л с данными по численности клеток в присутствии микрочастиц полистирола в концентрации 3 г/л (Лазарева и др., 2021), свидетельствует о том, что наночастицы полистирола на 3 порядка токсичнее микрочастиц.

Достоверное снижение величины эффективности фотосинтеза в присутствии НП обнаружено уже на 1 сут при 5, 10 и 50 мг/л в пределах 6-20%.

Таким образом при воздействии НП ответная реакция популяции клеток микроводоросли происходит сразу и отмечена в эксперименте уже на 1 сут или в виде стимуляции численности клеток при малых дозах 1 и 5 мг/л, или снижением эффективности работы фотосинтетического аппарата клеток, начиная с 5 мг/л.

Оценка токсикологических эффектов нанопластика по таким тест-параметрам, как изменение доли ценобиев с нетипичным количеством клеток в культуре и встречаемости клеток различных размерных категорий также показывает снижение размеров и числа клеток в ценобиях в присутствии НП.

Предварительные данные по оценке токсичности наночастиц полистирола на пресноводный вид зеленой хлорококковой микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*, являющийся важным звеном в пищевой сети пресноводных экосистем, тем не менее позволяют заключить, что многие структурные и физиологические показатели состояния популяции видов сообществ

фитопланктона могут быть нарушены, что в дальнейшем может привести к серьезным нарушениям пищевой сети и последствиям для функционирования водных экосистем в целом.

Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ, проект № 23-Ш07-44

Список литературы:

1. Лазарева А.М., Ипатова В.И., Ильина О.В., Тодоренко Д.А., Маторин Д.Н., Байжуманов А.А. Токсическое влияние микрочастиц пластика на культуру *Scenedesmus quadricauda*: взаимодействие между микрочастицами пластика и водорослью. Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 16. Биология. 2021, 76(4), 225–233.

О-06 ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА ИЗ ВОДЫ

Медведева И.В.^{1,2}, Бахтеева Ю.А.¹, Филинкова М.С.¹, Уймин М.А.¹

1 - *Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

2 - *Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*
ivmedko@mail.ru

Предлагается применить метод магнитной экстракции микропластика для приготовления образцов воды в процессе определения его содержания. Метод основан на сочетании процесса гетероагрегации определяемых частиц пластика с добавляемыми магнитными носителями и процесса магнитной сепарации гетероагрегатов в неоднородном магнитном поле. Магнитные носители - композитные наночастицы с железосодержащим ядром, покрытые оболочкой из углерода или кремнезема с прикрепленными функциональными группами, способные за счет электростатических взаимодействий присоединять микро- и наночастицы пластиков. Подбором прикрепленных групп и регулировкой химических условий (рН, ионной силы раствора и т. д.) можно регулировать эффективность извлечения примесей из воды и, в перспективе, их селективное отделение от воды.

Экспериментально изучалась магнитная экстракция микрочастиц полиэтилена (МРЕ, 20 – 100 мкм) и полиэтилентерефталата (МРЕТ, 10-20 мкм) в водном растворе (0.1 г/л) с использованием в качестве магнитных носителей композитных наночастиц, содержащих магнитное ядро из железа и оболочку из углерода с присоединенными аминогруппами – Fe@C-NH₂ (FNP, 4-6 нм).

Определяющими процессами в эффективности магнитной экстракции являются: 1-гетероагрегация, которая зависит от соотношения количеств магнитных и немагнитных частиц, электрического поверхностного заряда частиц, времени предварительной выдержки для протекания процесса гетероагрегации; 2-магнитная сепарация, зависящая от размера образовавшихся агрегатов и от градиента постоянного магнитного поля. В данном исследовании применялась магнитная седиментация в слабоградиентном магнитном поле $4 \text{ T}^2/\text{м} < B_z \cdot dB_z/dz < 400 \text{ T}^2/\text{м}$, создаваемом системой постоянных магнитов (NdFeB). Определены оптимальные конфигурации систем плоских постоянных магнитов и условия седиментации. С помощью этого метода можно концентрировать дисперсии микрочастиц пластиков РЕ и РЕТ более чем в 100 раз.

Выявлен круг проблем, которые необходимо решать для широкого применения этого метода. Среди них: разработка композитных магнитных наночастиц с максимальной способностью захвата микропластиков в воде, изучение условий гетероагрегации микрочастиц пластиков с магнитными частицами в водных средах разного состава, создание портативных магнитных систем для магнитной сепарации концентрата от воды.

Список литературы:

Bakhteeva I.A., Medvedeva I.V., Filinkova M.S., et al. Removal of microplastics from water by using magnetic sedimentation // Int. J. Environmental Science and Technology, (2023) <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04776-1>

О-07 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОПЛАСТИКА: НЕОБХОДИМЫЙ ШАГ К ГАРМОНИЗАЦИИ МЕТОДОВ

Пахомова С.В.

*Норвежский институт водных исследований, Норвегия
s-pakhomova@yandex.ru*

Сопоставимость данных является одной из основных проблем в области исследований загрязнения микропластиком (МП) природных объектов. В применяемых на данный момент методах определения содержания МП разные исследовательские группы используют разные методы (при пробоотборе, пробородготовке, анализе и представлении данных) исходя из возможностей, доступного оборудования и задач исследования. Каждый этап исследования вносит неопределенности и даже возможные ошибки в получаемые результаты. В настоящее время, различные научные группы стремятся гармонизировать методы исследования МП для возможности сравнения уровней загрязнения и тенденций в разных регионах. Это включает глобальные усилия по разработкам методов, создание стандартных материалов, проведение межлабораторных сравнений и контроля качества анализов. Ряд научных групп активно работает в этом направлении: Объединенная группа экспертов по научным аспектам защиты морской окружающей среды (GESAMP) и Техническая группа Рамочной директивы морской стратегии по Морскому мусору (MSFD), рабочая группа Арктического совета (Arctic Council), Программа арктического мониторинга и оценки (Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP).

В последние годы проведено множество исследований, посвященных количественному определению МП в биологических образцах и образцах из окружающей среды, но возможность загрязнения частицами МП во время пробоотбора и лабораторного анализа до недавнего времени не принималась во внимание. При проведении анализа холостых проб в различных исследованиях было обнаружено, что содержание МП в холостых пробах сопоставимо с результатами анализа образцов окружающей среды. Основной проблемой анализа оказалось значительное загрязнение, которое не позволяет отличить образцы исследования от холостых образцов. Таким образом, результаты исследований, в которых не проводились проверка качества анализа и контроль загрязнения, могут являться артефактами из-за загрязнения при работе с образцами и не могут представлять собой надежные данные. Вышеизложенное приводит к пересмотру методических подходов в исследованиях микропластика и ставит вопрос обеспечения и контроля качества исследований микропластика в качестве приоритетного.

В рамках международного проекта WEPAL-QUASIMEME/NORMAN был разработан способ производства стандартных образцов МП (размер 120-350 мкм) в виде растворимых в воде таблеток. Данные образцы вместе с образцами гранул различного состава (размер 2-4 мм) были использованы для проведения межлабораторного эксперимента (34 лаборатории) для оценки качества анализа МП. Результаты показали, что при определении частиц размером меньше 0.5 мм существуют проблемы в определении как качественного (33-80% правильных результатов), так и количественного состава (стандартное отклонение количества

частиц от среднего 29-91%). При идентификации крупных частиц МП, 2-4 мм, также были ошибочные определения, правильные результаты составили 56-100%. Таким образом, результаты первого межлабораторного эксперимента показали, что методы анализа МП срочно нуждаются в гармонизации и должны включать проверку качества анализа.

О-08 РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ПРОБОПОДГОТОВКИ ОБРАЗЦОВ ПРИРОДНОЙ И СТОЧНОЙ ВОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА

Сотникова Ю.С.¹, Карпова Е.В.¹, Половяненко Д.Н.¹, Кондратьева В.И.²,
Пономаренко С.М.², Багрянская Е.Г.¹

*1 - Новосибирский институт органической химии
им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск, Россия*

*2 - Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии, Москва, Россия
sotnikova@nioch.nsc.ru*

Количественное определение микропластика в окружающей среде является трудоемким процессом, который требует существенных временных затрат до нескольких суток для образца. В первую очередь это связано со сложной пробоподготовкой образцов природной и сточной воды, которые, помимо пластиковых частиц, содержат значительное количество различных биологических материалов (водоросли, рыба чешуя, оболочки икринок и т.д.) и неорганических компонентов, таких как песок и стекло. Для сокращения время и повышения эффективности анализа необходимо разрабатывать альтернативные методики пробоподготовки.

В данной работе представлен подход к пробоподготовке образцов природной и сточной воды для последующего анализа содержания микропластика. Разработку данного способа осуществляли с использованием приготовленного тестового образца, состоящего из микрочастиц пластика (<5мм), песка, измельченной травы и фрагментов кожи рыбы. Микрочастицы пластика получали путем измельчения различных видов доступных промышленных пластиков в мельнице при охлаждении жидким азотом. В процессе пробоподготовки для удаления биологических органических объектов использовали раствор надуксусной кислоты. Для отделения песка от микропластика использовали такое свойство пластика, как олеофильность. Поэтому проводили эксперименты по извлечению частиц пластика в слой растительного масла, располагающегося над слоем воды в делительной воронке. При исследовании тестовых образцов с различным содержанием частиц пластика/песка/травы/кожи рыбы установлено, что степень извлечения частиц микропластика после фильтрации масляного слоя составляет до 90%.

Разработанная методика пробоподготовки апробирована на реальных образцах природной и сточной воды, отобранных в р. Обь. В результате установлено, что данная методика позволяет эффективно удалять биологические компоненты, мешающие количественному определению микропластика в природной и сточной воде и может использоваться для потокового анализа большого количества образцов.

О-09 МИКРОПЛАСТИК В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ - МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Филимонова Е.А.¹, Преображенская А.Е.¹, Гутникова Л.О.¹, Чистякова А.В.^{1,2},
Веселовский Р.В.^{1,2}

1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*2 - Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
ea.filimonova@yandex.ru*

Исследование загрязнения частицами микропластика (МП размером <5 мм) поверхностных вод суши и их донных отложений широко проводится во всем мире, в то время как изучению частиц микро- и нанопластика (НП размером <100 нм) в подземных водах посвящено лишь несколько зарубежных статей. Частицы полимеров выявлены в терригенных водоносных горизонтах (ВГ) (Виктория, Австралия; Потchefструм, ЮАР; Шираз, Иран) и карстовых ВГ (Иллинойс, США) [Esfandiari, 2022; Panno, 2019; Samandra, 2022].

Авторами опробованы закарстованный каменноугольный ВГ на Звенигородской биологической станции (Московская область, РФ) и аллювиально-нижнетульский водоносный комплекс (ВК) на Андреевском месторождении подземных вод (Калужская область, РФ). Отбор подземных вод осуществлялся в конце откачки из скважины с помощью фильтрационной установки. Этап извлечения МП проводился по методике NOAA, модифицированной для анализа полимерных частиц в поверхностных водах. На этапе идентификации проводилась визуальная характеристика частиц с помощью оптического микроскопа Olympus BX53M, тип полимеров определялся на рамановском спектрометре EnSpectr 532. Ниже представлено исследование частиц МП в аллювиально-нижнетульском ВК.

Содержание частиц МП в подземных водах составило около 2300 шт/м³ и 900 шт/м³ без учета микроволокон. Визуальный анализ показал присутствие только частиц вторичного МП, представленного микроволокнами и фрагментами (61% и 39% соответственно), первичный МП отсутствует. Идентификация химического состава пробы выявила следующие типы полимеров: нейлон (53%), сульфат/карбоксиметил-целлюлоза (11%), полиуретан (6%), полифенилен (3%). Значительная часть частиц (27%) не подлежит идентификации из-за высокой степени деградации частицы, но визуально определяются как полимерные частицы [Филимонова Е.А. и др, 2023]. Карбоксиметилцеллюлоза используется в качестве загустителя зубной пасты, пищевых продуктов, косметических средств, а также как загуститель и стабилизатор глинистых суспензий при бурении скважин. Возможно, выявленные микрочастицы карбоксиметилцеллюлозы в исследуемом ВГ остались от бурового раствора. Потенциальными источниками обнаруженных нейлоновых микроволокон являются предприятия легкой промышленности г. Перемышль, сточные воды, бытовой мусор. Микрочастицы полифенилена и полиуретана могли сформироваться при истирании шин автотранспорта, проезжающего по проходящей рядом автодороге Р-92, деградации бытового мусора или промышленного мусора предприятий машиностроения и металлообработки в городе Чекалин, через который проходит река Ока выше по ее течению.

Список литературы:

Казак и др. Микро- и нанопластик в природных водах России и проблемы его

определения. Вестн. Моск. ун-та. Серия 4: Геология. № 6. С. 110-123. (2022). *Филимонова Е.А. и др.* Микропластик в подземных водах: Первые результаты исследований на территории России. Всерос. науч. конф. с междунар. уч. «Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования». Краснодарский Край, Россия (2023). С. 512-517. *Esfandiari A. et al.* Distribution and transport of microplastics in groundwater (Shiraz aquifer, southwest Iran) Water Research 220. **118622**. (2022). *Panno S.V. et al.* Microplastic Contamination in Karst Groundwater Systems. Groundwater. 57. pp. 189-196. (2019). *Samandra, S. et al.* Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. Science of The Total Environment. **802**, **149727**. (2022)

О-10 МИКРОПЛАСТИК В РЫБАХ РЕК СИБИРИ

Франк Ю.А., Рахматуллина С.Н., Поскребышева Ю.Р., Тюзин М.С., Филинова С.А.,
Интересова Е.А., Воробьев Д.С.

Томский государственный университет, Томск, Россия
yulia.a.frank@gmail.com

Организмы разных трофических уровней могут поглощать микропластик (МП) из окружающей среды. Исследование накопления микрочастиц искусственных полимеров в диких рыбах крупных рек Сибири и влияния МП на их физиологию актуально с точки зрения поддержания промысловых запасов и потенциальной передачи частиц в пищевых цепях вплоть до человека. Пресноводные рыбы могут рассматриваться также как ключевые рецепторы и биоиндикаторы микропластикового загрязнения пресных рек и озер. Целью исследования является количественная оценка, выявление закономерностей и последствий поглощения МП пресноводными рыбами рек Сибири в природных и лабораторных популяциях. Проведен количественный учет МП в ЖКТ рыб из речных систем Оби, Пура и Енисея. Для этого проанализированы выборки ельца сибирского (*Leuciscus baicalensis*) из рек Томь, Нижняя Тунгуска и Енисей, окуня речного (*Perca fluviatilis*) из Томи, Енисея и р. Пякупур, ерша обыкновенного (*Gymnocephalus cernua*) из р. Енисей и пеляди (*Coregonus peled*) из р. Обь ($n=187$). Первичный микроскопический анализ частиц в щелочном гидролизате органов ЖКТ (в 10% КОН) проводили с помощью стереомикроскопа Micromed MC2 (Наблюдательные приборы, Россия) с цифровой камерой и теста горячей иглой. Учитывали пластиковые частицы 0.15 – 5.00 мм, категоризируя их по размерам и форме. Для верификации полимерного состава МП использовали электронную микроскопию, совмещенную со спектроскопией комбинационного рассеяния (μРаман). Анализ проводили на базе Материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ с использованием конфокального Рамановского спектрометра InVia Basic (Renishaw, Великобритания) с микроскопом DM 2500 M (Leica, Германия).

Зафиксировано присутствие МП размерами 0.15–5.00 мм в ЖКТ 107 из 187 исследованных рыб в речных системах Оби, Пура и Енисея (57.2 % выборки). Среднее содержание микропластиковых частиц (среднее арифметическое $\pm$ стандартная ошибка) составило 2.43 ± 0.31 ед./особь или, в пересчете на общую массу тела, 58.5 ± 8.36 ед./кг. Для части рыб (*P. fluviatilis* из р. Пякупур, $n=20$) учтено также содержание МП в жабрах, которое было выше, чем в ЖКТ и в среднем составило 4.04 ± 0.46 ед./особь. Отмечено следующее распределение МП, найденного в рыбах, по форме: волокна > фрагменты нерегулярной формы > пленки > сферы. По полимерному составу в изученных образцах заметно преобладали частицы PET и PP.

Статистический анализ данных с использованием t-критерия Стьюдента позволил выявить более высокое ($p < 0.01$) содержание МП в ЖКТ рыб из бассейнов Оби и Пура (в среднем 3.85 ед./особь) по сравнению с рыбами Енисея (1.86 ед./особь). Среди исследованных рыб речной системы Енисея потребление МП бентофагами *G. cernua* было значимо выше ($p < 0.05$), чем эврифагами *L. baicalensis* и хищниками *P. fluviatilis*. Эврифаги (на примере ельцов), в свою очередь, потребляли больше МП ($p < 0.05$) по сравнению с окунями, во взрослом состоянии ведущими преимущественно хищнический образ жизни. В реках системы Оби *L.*

baicalensis (эврифаги) потребляли больше МП ($p < 0.05$) по сравнению с планктофагами *C. peled*.

В лабораторных условиях проведены эксперименты по аккумуляции и эффектам микросфер полистирола (PS) в личинках *C. peled*. В серии экспериментов выявлено потребление рыбами PS диаметром 2 мкм пропорционально их концентрации в воде ($r_s = 0.956$; $p < 0.01$). PS-МП вызывал изменения активности пищеварительных и антиоксидантных ферментов у личинок пеляди. В присутствии МП возрастала ($p < 0.05$) удельная активность α -амилазы и неспецифических эстераз уже через 24 ч. Выраженный стимулирующий эффект МП ($p < 0.05$) на активность панкреатического трипсина и липаз, как и кишечной аминопептидазы N, наблюдался только после 6 суток воздействия. Отмечено также достоверное повышение удельной активности каталазы у личинок пеляди через 6 суток экспозиции с микросферами PS, что свидетельствует об МП-индуцированной модуляции окислительного стресса.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-00720 «Распространение и аккумуляция микропластика в реках Сибири») и Программы развития Томского государственного университета (Приоритет–2030).

О-11 МОНОДИСПЕРСНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ МОДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Шевченко Н.Н., Якобсон О.Д., Лаишевкина С.Г., Шабсельс Б.М.

*Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург, Россия
natali.shevchenko29@gmail.com*

В последние годы в области химии высокомолекулярных соединений возникли новые задачи по разработке полимерных дисперсий, отвечающих специфическим требованиям не только к диаметру частиц, но также к строению и свойствам их поверхностного слоя (толщина, функциональность, степени гидрофобности, стабильности поверхностной структуры). Эти требования были сформулированы в связи с появлением новых возможностей использования полимерных частиц в биотехнологии. Актуальной задачей является направленный синтез монодисперсных полимерных частиц для их исследования в качестве модельных объектов.

С целью получения монодисперсных полимерных частиц на основе стирола или метилметакрилата исследованы особенности безэмульгаторной эмульсионной сополимеризации. Показано, что данный метод позволяет получать частицы ПСт и ПММА диаметром от 100 нм до 1500 нм (рис.1). Структуру поверхностного слоя частиц можно варьировать путем введения в реакционную систему сомономеров.

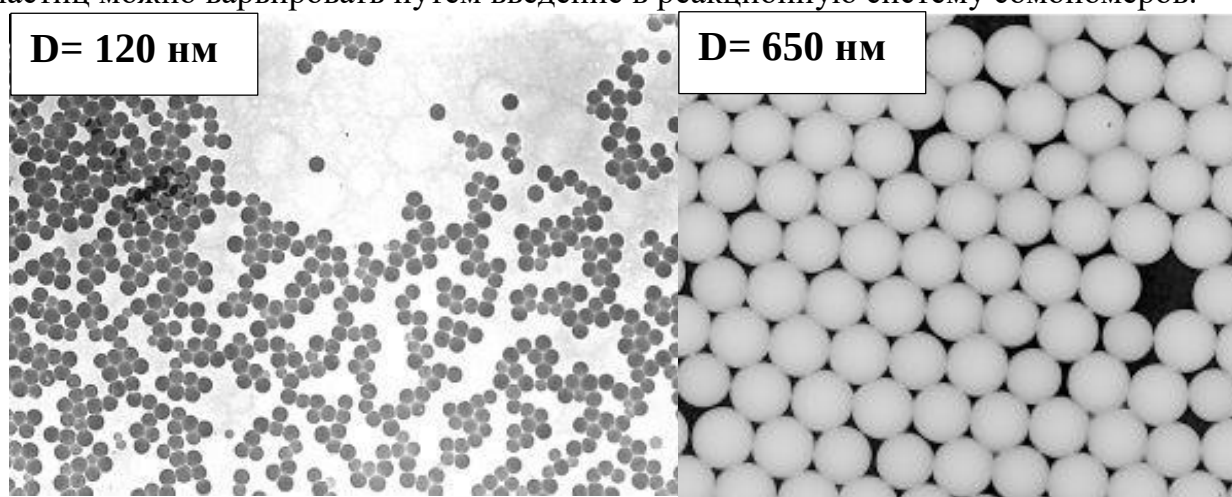


Рисунок 1. ПЭМ монодисперсных частиц ПСт

Таким образом, полученные частицы могут быть использованы для дальнейшего исследования в качестве модельных объектов.

Авторы выражают благодарность Фонду Экология за оказанную финансовую поддержку при проведении данного исследования.

КРАТКИЕ УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ

ОР-01 МИКРОПЛАСТИК В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ: ДОСТУПНЫЕ ДАННЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПУТИ ПЕРЕНОСОВ

Весман А.В.¹, Оплетина Е.В.²

*1 - Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург,
Россия
anna.vesman@aari.ru*

Баренцево море имеет сложную систему поверхностных и глубинных течений, наиболее общим свойством которой является движение воды против часовой стрелки. Наиболее мощным и устойчивым течением, определяющим гидрологический режим района, является теплое Нордкапское течение. Оно заходит в Баренцево море с запада и по мере продвижения на восток разделяется на несколько ветвей, несущих более теплые воды из более населенных районов Атлантики. *Эрик ван Себилл* в 2012 [1] году продемонстрировал возможность накопления пластикового мусора в Баренцевом море, вызванного притоком атлантических вод и циркуляцией вод в этом районе. С тех пор всё больше внимания уделяется проблеме пластикового загрязнения в Арктическом регионе. В настоящем исследовании представлен обзор всех имеющихся данных по Баренцевоморскому региону. По мере того, как мы получаем больше данных, становится возможным выделить некоторые возможные источники пластикового загрязнения региона, помимо атлантических вод. Для изучения возможных источников и путей перемещения пластика в Баренцевом море было проведено моделирование переноса частиц с помощью пакета программ с открытым кодом PARCELS [2]. Источниками микропластика, использованными для численного исследования, были выбраны местное рыболовство, приток Атлантических вод и Мурманск (как крупная портовая территория).

Список литературы:

- [1] Van Sebille E., England M. H., Froyland G. Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters //Environmental Research Letters. – 2012. – Т. 7. – №. 4. – С. 044040.
- [2] Delandmeter P., Van Sebille E. The Parcels v2. 0 Lagrangian framework: new field interpolation schemes //Geoscientific Model Development. – 2019. – Т. 12. – №. 8. – С. 3571-3584.

ОР-02 ПОВЕРХНОСТНЫЙ МИКРОПЛАСТИК В АКВАТОРИИ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ

Жданов И.А.¹, Поливанова Т.К.², Калашникова В.М.³, Бирицкая С.А.⁴,
Пахомова С.В.⁵, Якушев Е.В.^{1,5}

1 - Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

2 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*3 - Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, Россия*

4 - Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

5 - Норвежский институт водных исследований, Норвегия

zhdanovaeroplast@gmail.com

Акватории Охотского и Японского моря на данный момент – практически неизученные территории с точки зрения загрязнения микропластиком. В Японском и Охотском морях ведется активная промысловая деятельность, так же воды Охотского моря омывают западную часть заповедных территорий полуострова Камчатка. Поэтому можно сказать, что исследование загрязнения данных акваторий является довольно актуальным. В качестве устройства лова применялась нейстонная сеть с размером ячеи 330 мкм. Минимальный размер определяемых частиц – 0,5 мм. Так же в исследовании не учитывались текстильные волокна (при этом учитывались технические). Пробы отбирались в рамках рейса Дальневосточного Плавучего Университета на борту судна «Профессор Мультиановский» (рейс 23/4). Всего было отобрано 90 проб в акваториях юго-восточной и юго-западной оконечности полуострова Камчатка, а так же в открытой части Охотского и Японского морей. Экспедиция проводилась в августе-сентябре 2023 года. Все потенциальные пластиковые частицы идентифицированы при помощи ИК-спектрометра с Фурье преобразованием в условиях чистой лаборатории в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Лаборатория взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов).

По полученным данным, акватория, прилегающая к юго-восточной оконечности Камчатки, загрязнена микропластиком незначительно. Пробы, отобранные в бухтах этой части полуострова практически полностью свободны от частиц микропластика в поверхностном слое, включая Авачинскую бухту (частицы микропластика не обнаружены), на которую приходится значительная антропогенная нагрузка за счет близости Петропавловска-Камчатского. Юго-западная часть, напротив, испытывает сравнительно большее загрязнение. По-видимому, это обусловлено особенностями акватории Охотского моря: замкнутостью водоема и циклоническая система течений. Оба этих фактора будут препятствовать дальнейшему транспорту частиц микропластика за пределы данной акватории. Из основных потенциальных источников загрязнения можно выделить активный промысел и судовую активность, а так же береговой сток с островов и материка, который имеют высокую плотность населения. Наибольшие концентрации наблюдаются в открытой части Охотского и Японского морей (концентрации порядка 2,5-3 штук/м³). В Японском море наблюдалось снижение концентрации при движении в сторону берега. Исключением стали только станции напротив города Находка – города-порта с активным судоходством. Полученные данные в значительной степени превышают данные исследований, проводившихся в соседних акваториях (методы пробоотбора, анализа совпадают), что позволяет сказать о достаточно высоком уровне загрязнения данной акватории.

ОР-03 ПЛАСТИКОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЮЖНОЙ ЧАСТИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

Ильина О.В.¹, Ильинский В.В.¹, Елисеев А.А.², Сапожников Ф.В.³, Завьялов П.О.³

1 - МГУ им. М.В.Ломоносова, Биологический факультет, Москва, Россия

2 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Факультет наук о материалах, Москва, Россия

3 - Институт Океанологии РАН им. П.П. Шишова, Москва, Россия

marmak2017@yandex.ru

Впервые представлены результаты анализа содержания микропластика в поверхностных водах Керченского пролива. Пролит играет существенную роль в формировании особенностей гидролого-гидрохимического режима Черного и Азовского морей, которые он соединяет. В связи с напряженной геополитической

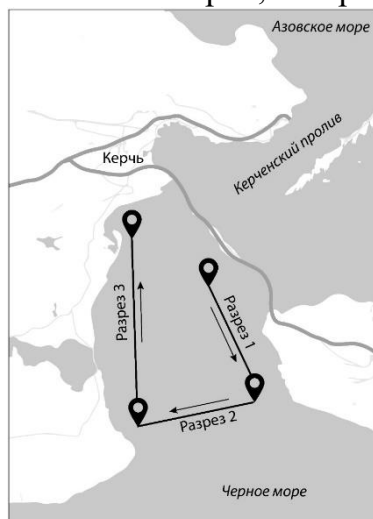


Рисунок 1. Схема расположения разрезов по отбору микропластика в Керченском проливе.

обстановкой в регионе все виды исследований на акватории Керченского пролива затруднены; тем не менее высокий уровень антропогенной нагрузки не вызывает сомнений.

Траление производилось в ходе летней экспедиции 2021 г. на трех разрезах (рис. 1). Во всех трех пробах обнаружены образцы пластиковых материалов. Идентифицировано 493 частицы с линейными размерами от 0,2 до 260 мм, имеющих форму пленки (77%), фрагментов (11%), микроволокон (5%), канатных волокон (6%) и пены (1%). В количественном соотношении доля микропластика составила 71%, в массовом соотношении – 2,9%. Полученные показатели концентрации пластика в поверхностных водах, усредненные по трем разрезам, составили 14 600 частиц/км² и 96,13 г/км², что

соответствует высокому уровню пластикового загрязнения (Cózar et al., 2014).

Был определен состав тринадцати частиц, масса которых составила 86,1% от общей массы выборки. Восемь частиц были идентифицированы как полипропилен (42,1% общей массы), и пять – как полиэтилен (44,0% общей массы).

Пробоотбор осуществлялся при устойчивом южном ветре: в этих условиях развивается черноморский тип течений (Еремеев и др., 2003). В южной части пролива течение направлено непосредственно с акватории Черного моря. Для прибрежной зоны Черного моря вблизи побережья Болгарии описаны концентрации флотирующего пластика, сравнимые с показателями, полученными в данной работе (Berov, Klaun, 2020). Основная доля загрязнения предположительно приходится на бытовые отходы, включающие пищевую и упаковочную пленку. Также на всех разрезах обнаружены образцы канатных волокон, вероятно связанные с отходами судоходства и рыболовного промысла.

Работы по пробоподготовке и анализу проб выполнены в рамках выполнения НИР № ЦИТИС 121032300131-9. Обработка данных выполнена при поддержке Программы развития МГУ, проект № 23-Ш07-44.

Список литературы:

Еремеев В. Н., Иванов В. А., Ильин Ю. П. Океанографические условия и экологические проблемы Керченского пролива. Морський екологічний журнал, № 3. **Т. II**, с 27-40, (2003). *Berov D., Klayn S.* Microplastics and floating litter pollution in Bulgarian Black Sea coastal waters. Marine Pollution Bulletin. **Vol. 156**, 111225, (2020). *Cózar A., Echevarría F., González-Gordillo J. I., Irigoien X., Úbeda B., Hernández-León S., Palma Á. T., Navarro S., García-de-Lomas J., Ruiz A.* Plastic debris in the open ocean. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **Vol. 111**, pp. 10239–10244, (2014).

ОР-04 К ВОПРОСУ ПОЗНАНИЯ "ПЛАСТИКОВОГО ПАРАДОКСА" НА ПРИМЕРЕ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ

Кантаков Г.А., Гаврило М.В.

*независимый исследователь
npodeco@gmail.com*

В докладе затрагивается проблема современных исследований распределения пластика в различных частях морских и прибрежных арктических и субарктических экосистем. Она состоит в количественной оценке баланса пластика, т.е. его поступления и элиминации из оборота в морских экосистемах исследуемых регионов. Нестатическая, нестационарная картина динамики количественного содержания и распределения пластика в морских экосистемах определяет приоритетность проработки методологических аспектов мониторинга пластика, как на стадии пробоотбора, так и на стадии лабораторного анализа, для целей корректной оценки пространственного распределения и динамики явления. Несмотря на бурный рост исследований и количества публикаций в последние 6 – 7 лет, понимание актуальной ситуации с количеством и судьбой пластика в морских экосистемах российской Арктики и Субарктики, включая северную часть Тихого океана, находится на самой начальной стадии. Поэтому важна проработка методологических подходов как можно оперативнее. Общепринято при исследованиях пластика его деление по размерным категориям на нано-, микро- и макропластик, что обеспечивает определенное единство методических подходов при сборе данных и их сравнимость.

В докладе основное внимание уделяется микропластику. Представлены результаты ловов сетью «Манта» с ячейей 335 мкм в различных морях Арктики и севера Тихого океана, а также анализов на содержание пластика в некоторых организмах, включая экскременты чаек (Карское море) и содержимое желудочно-кишечных трактов лососей из района Алеутских островов. При рассмотрении количественных характеристик сетных ловов и качественных параметров содержания микропластика в биоте, кроме размера, особое внимание уделялось форме частиц (фрагменты, пленки, волокна). Делается вывод о вездесущности микропластиковых частиц, в особенности, волокон. Предполагается, что биота играет не меньшую роль в перераспределении микропластика в экосистемах, чем абиотические (физические и химические) факторы. Что, возможно, объясняет глобальный пластиковый парадокс, когда суммарное поступление пластика в Мировой океан не приводит к резкому увеличению его содержания в морской среде, заставляя исследовать элиминацию пластика из окружающей среды не только через абиотические процессы, но и за счет его вовлечения в биологические процессы, в т.ч. в пищевые цепи. Тем не менее, последние обобщения по сетным ловам за 40 лет истории их применения позволяют говорить о постепенном росте глобального количества морского микропластика в Мировом океане. Если это и так, то морские экосистемы Арктики и Субарктики, скорее всего, ожидают новый цикл роста нагрузки пластикового загрязнения, для исследования которого нужна развитая сеть аналитических центров, разработка и согласование общих методологических подходов, унификации методик сбора и идентификации материала из различных компонентов морских экосистем. Обсуждается постановка целевых параметров в исследованиях, например, выявление предельного уровня насыщения пластиком различных экосистем Арктики и Субарктики, что станет задачей на многие годы вперед и приблизит адекватное, научно обоснованное познание загрязнения и оборота пластика в Мировом океане.

ОР-05 БИОДЕГРАДИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ

Качалова Е.А., Зарубин Д.Н., Саломатина Е.В., Смирнова Л.А.

*Нижегородский Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, Россия
katerina_k1997@mail.ru*

По данным отчета ООН в год образуется порядка двух миллиардов тонн бытовых отходов, одна шестая часть, которых приходится на полимерные упаковочные материалы. Но не утилизированные пластиковые бутылки и пакеты, остающиеся в окружающей среде, еще не самое страшное. Страшнее то, чего мы не видим, но что оказывает на нас негативное влияние - речь идёт о микропластике. В погоне за трендом на экологичность и желанием придать упаковочным материалам способность к биоразложению были разработаны добавки, работающие по принципу оксо-разложения, одна из которых называется D2W. По задумке создателей она должна разлагать полиэтилен и полипропилен до безопасного углекислого газа, воды и биогумуса. Для успешной «работы» добавки необходимы определенные условия: температура, влажность, контакт с воздухом; но на тех полигонах, где отходы просто захораниваются и засыпаются слоями песка, таких условий просто нет. Поэтому зачастую D2W превращает обычный полиолефиновый мусор в микропластик. Так в попытках спастись от одной экологической катастрофы люди создали другую.

Для решения данной проблемы используют биополимеры, способные разлагаться без вреда для окружающей среды. Наиболее доступными среди них с непрерывно возобновляемыми сырьевыми источниками являются полисахариды - крахмал и хитозан.

Целью работы явилось получение материалов на основе комбинации модифицированных хитозана (ХТЗ) и крахмала (КР), изучение их свойств.

Наряду с задачей модификации полисахаридов встает проблема совместимости ХТЗ и КР: ХТЗ растворяется в кислой среде, а КР - в щелочной. Для решения последней проведена привитая полимеризация акриламида (АА) на КР. Выбор АА в качестве модификатора обусловлен растворимостью ПАА в широком диапазоне рН среды. Преследуя задачу получения биodeградируемого продукта, была выбрана минимальная концентрация АА, которая обеспечивала растворимость привитого сополимера в диапазоне значений рН от 2 до 11 (соотношение составило 1:2 по массе). Это обеспечило беспрепятственную совместимость ХТЗ и модифицированного КР в водном растворе. Модификация ХТЗ производилась с помощью энантового альдегида, выступающего в роли пластификатора, а также был добавлен глицерин для придания пленкам эластичности.

В результате были получены пленочные материалы, характеризующиеся следующими свойствами:

- предел прочности на разрыв 35 МПа;
- относительное удлинение 33%;
- переход от высокой кристалличности к аморфному состоянию полимеров;
- биodeградация под действием плесневых грибов *AspergillusNiger* в течение 28 дней;

- пленки обладают очень низкой удельной проницаемостью и достаточно высокой селективностью по парам газов CO_2/N_2 , CO_2/O_2 ;
- барьерные свойства выше, чем у БОПП пленок на 36%, что говорит о перспективности использования их в качестве упаковочных материалов.

Таким образом создание материалов на основе природных биополимеров является актуальной задачей на пути решения проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком и снижения количества его образования в дальнейшем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-13-00342.

ОР-06 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛАСТИКОМ ВОЗДУХА И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РИСК ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Краскевич Д.А.^{1,2}, Щербаков Д.В.¹, Жернов Ю.В.¹, Митрохин О.В.¹,
Антонова Е.И.³, Архипова Н.И.², Ротов В.М.²

*1 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), Москва, Россия*

2 - ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве", Москва, Россия

*3 - Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем
биоэкологии и биотехнологии УлГПУ им. И.Н. Ульянова, Ульяновск, Россия
dkraskevich@gmail.com*

В последние годы в научных публикациях значительное внимание уделяется оценке загрязнения пластиком питьевой воды, почвы, пищевых продуктов и других объектов окружающей среды. В Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (1989) и Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (2001) на основании потенциального неблагоприятного воздействия микропластиков на здоровье человека, соединения, содержащие пластик считаются приоритетными переносчиками загрязняющих веществ.

Актуальность. По некоторым оценкам мировой рынок медицинских пластиков вырос с 25,1 млрд. долларов США в 2020 году до 29,4 млрд долларов США к 2021 году. Пластмассы широко используются во всем мире вследствие их антикоррозионной устойчивости и низкой себестоимости.

Обсуждение. Условно все пластиковые загрязнители могут быть разделены на четыре категории в зависимости от размера: крупноразмерные пластики > 25 мм, среднеразмерные (5-25 мм, микропластики <5 мм и нанопластики (<100 нм). Пластик накапливается в окружающей среде в силу своей стабильности к разложению. Микропластики могут поступать в окружающую среду от различных типов источников, включая водные объекты и почву. С течением времени микропластики продолжают распадаться на более мелкие частицы.

Известно, что атмосферный воздух в городах характеризуется высокими концентрациями мелкодисперсной пыли, переносимой по воздуху от различных источников загрязнения. Однако до настоящего времени нет достаточной информации о распределении микропластиков в атмосферном воздухе городов, а также форме и размерах пластика.

В некоторых опубликованных исследованиях, характеризующих морфологию микропластика в атмосферном воздухе, сообщалось что наиболее распространенной формой волокна является его длина > 5 мкм, а отношение длины к диаметру - 3 мкм.

Фрагменты, волокна и пленки являются наиболее распространенными формами пластиков, встречающимися в различных объектах окружающей среды по всему миру. Существуют серьезные пробелы в знаниях относительно чувствительности микропластика к длине волны солнечного спектра и реакции дозы излучения на процесс фотофрагментации. Кроме того, микропластик может являться сорбентом для таких элементов, как кадмий, цинк, никель и свинец.

В городах микропластик накапливается в почве и дорожной пыли. Износ

автомобильных шин является источником поступления микропластиков в атмосферный воздух в результате механического истирания о дорожное полотно.

Заключение. До настоящего времени не известно, в какой степени влияние содержание микропластиков в атмосферном воздухе представляет угрозу для общественного здравоохранения. На уровне международных (ООН) и других организаций осуществляется подготовка международных договоров, направленных на сокращение загрязнения пластиком. Понимание судьбы пластика в окружающей среде имеет решающее значение для количественной оценки биологического воздействия пластиковых отходов. В частности, необходимо более подробно проанализировать предполагаемую долговечность пластиков в контексте деградации пластика в результате реакций окисления и фрагментации.

ОР-07 ЛИЧИНКИ ЖУКОВ *ZOPHOBAS MORIO* КАК ОБЪЕКТ АКТУАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ МИКРОПЛАСТИКОМ

Кузьмина А.А.

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, Россия
28akuz@mail.ru

Одной из крупнейших современных мировых проблем является загрязнение окружающей среды синтетическими полимерами. Основным местом миграции пластика в наземных экосистемах являются почвы. При попадании частиц пластика в почву происходит как его абиотическая деструкция, так и неизбежное взаимодействие с педобионтами и в первую очередь - с детритофагами. Взаимодействие почвенных животных с пластиком на сегодняшний день изучено слабо, однако, интерес к этому вопросу возрастает. Одним из объектов активного изучения в настоящее время являются личинки жуков *Zophobas morio*, или, как их называют в литературе, «суперчерви» («superworms»). Личинки жуков-зофобасов непривередливы к корму и способны поглощать практически любой органический субстрат, что делает их удобным объектом исследований. Благодаря микробиому желудочно-кишечного тракта, эти личинки способны к частичной деградации пенополистирола. Эти данные были подтверждены группой австралийских ученых (Sun et al., 2022) в экспериментах, посвященных возможностям микробных сообществ кишечника «суперчервей» к биodeградации пенополистирола. Данный эксперимент был взят за основу при проведении научно-популярного опыта, осуществленного сотрудниками Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева в рамках Фестиваля «Наука на Стрелке» (проект реализуется при поддержке гранта Минобрнауки России в рамках федерального проекта «Популяризация науки и технологий»). Было создано 3 опытные группы по 45 личинок в каждой. В первой группе рацион зофобасов состоял из овсяных отрубей, во второй - из овсяных отрубей и пенополистирола, в третьей группе личинки питались исключительно пенополистиролом. Личинки, благодаря хорошо развитому грызущему ротовому аппарату, активно проделывали ходы в пластике, тем самым измельчая и частично поглощая его. На протяжении всего опыта фиксировались изменения массы личинок - через 3 недели в каждой опытной группе была отмечена прибавка в массе, однако, в группе с рационом из пенополистирола прибавка была минимальной (менее 10%). После трех недель кормления из каждой группы были отобраны по 15 личинок, которые благополучно окуклились и завершили свое превращение в жуков. Масса куколок и размеры взрослых жуков также были минимальными в группе, питавшейся исключительно пластиком.

Проведенный научно-популярный эксперимент позволил наглядно продемонстрировать взаимодействие почвенной биоты и синтетических полимеров и повысить интерес к проблеме загрязнения почв пластиком. Также в ходе эксперимента наблюдались отмеченные ранее в литературе особенности взаимодействия личинок *Zophobas morio* и пенополистирола. Однако, были сделаны и другие наблюдения, которые ранее не фиксировались. Так, было отмечено, что потребление пластика происходит опосредованно во время прогрызания нор. Личинки зофобасов чувствительны к свету, поэтому в первую

очередь они используют пластик, как защиту от прямых солнечных лучей, нежели как кормовую базу. Также широко исследуется положительное влияние «суперчервей» на биodeградацию полистирола, однако, этот процесс имеет и обратную сторону, которая, как правило, в работах не отмечается. При потреблении пластика эти личинки производят большое количество микропластика, который ранее не изучался. Проведенные наблюдения могут стать хорошей основой для планирования дальнейших исследований в сфере загрязнения окружающей среды микропластиком.

Автор выражает благодарность Фонду Экология за оказанную финансовую поддержку при проведении данного исследования.

Список литературы:

Sun J., Prabhu A., Aroney S., Rinke C. *Insights into plastic biodegradation: community composition and functional capabilities of the superworm (Zophobas morio) microbiome in styrofoam feeding trials*. Microbial Genomic. **8(6)**, 1-19, (2022)

ОР-08 СТОК МИКРОПЛАСТИКА В ВОЛГЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2020-2023 ГГ

Лисина А.А., Сазонов А.А., Фролова Н.Л.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
Россия*

lisanastya99@mail.ru

Реки – главный экспортер микропластика в Мировой океан. С речным стоком в мировой океан попадают десятки тысяч тонн микропластика в год (Kapp et al. 2018), что составляет 65-90% от общего годового поступления загрязнителя в Мировой океан (Hurley et al, 2018). В связи с этим некоммерческий фонд «Без рек как без рук» и Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова в 2020-2023 гг. организовали серию экспедиций на Волгу с целью исследования микропластикового загрязнения крупнейшей европейской реки на разных участках ее течения.

Отбор проб проводился на отдельных протяженных участках выше и ниже по течению от крупных волжских городов. Определены концентрации микропластика в поверхностном слое воды, исследован состав частиц и их фракционная структура.

При отборе пробы сеть LEI-MANTA300 с размером ячейки 300 мкм, буксировалась за судном при скорости движения около 5 км/ч в течение, как минимум, получаса. Сеть промывалась, все неотфильтрованные частицы перемещались в емкость и консервировались в спиртовом растворе для последующего лабораторного анализа. Для удаления природных органических веществ пробу помещали на магнитную мешалку с подогревом и добавляли 30-процентный раствор перекиси водорода. При визуальном анализе с использованием стереомикроскопа осуществлялся подсчет частиц каждой из фракций – фрагменты, волокна, пленки, затем образцы взвешивались.

Частицы микропластика удавалось обнаружить во всех отобранных пробах воды. Концентрации колебались от 0.156 шт./м³ до 4.100 шт./м³, при этом среднее значение составило 0.901 шт./м³. Максимальное содержание микропластика зафиксировано ниже по течению от очистных сооружений крупных городов (г. Тверь – 3.769 шт./м³, г. Нижний Новгород – 1.907 шт./м³, г. Казань – 4.100 шт./м³, г. Волгоград – 1.344 шт./м³). Однако наличие микропластика в Волге приурочено не только к крупным населенным пунктам. Даже в самых верховьях р. Волга существует фоновое загрязнение микропластиком. Фоновые концентрации (в пробах выше по течению от крупных населенных пунктов) сохранялись на уровне 0.250 шт./м³.

Полученные результаты показывают, что содержание микропластика в воде Волги в разы меньше, чем в Рейне (до 11.1 шт./м³), Эльбе (до 13.2 шт./м³), Дунае (до 14.2 шт./м³), Темзе (до 24.8 шт./м³). Концентрации микропластика на р. Гудзон (США) оцениваются в сотни частиц в 1м³, а в месте впадения р. Ханьшуй в р. Янцзы (Китай) - в тысячи частиц.

Список литературы:

Hurley, R., Woodward, J., Rothwell, J.J. Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature Geosci.* **11(4)**. 251–257 (2018).
Kapp, K.J., Yeatman, E. Microplastic hotspots in the Snake and Lower Columbia rivers: A journey from the greater Yellowstone ecosystem to the Pacific Ocean. *Environmental Pollution.* **241**. 1082-1090 (2018).

ОР-09 РОЛЬ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ МИКРОПЛАСТИКА

Подзорова М.В.¹, Тертышная Ю.В.^{1,2}

*1 - Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва,
Россия*

*2 - Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля Российской
академии наук, Москва, Россия
mariapdz@mail.ru*

Большое количество пластиковых изделий попадает в окружающую среду в результате деятельности человека. К сожалению, из-за ограничений технологии вторичной переработки и их длительного срока службы большие куски пластика, попавшие в окружающую среду, разлагаются под совокупным воздействием биологических и абиотических факторов, например за счет механического износа, ультрафиолетового излучения и термического разложения, с образованием более мелких кусочков пластика размером <5 мм, которые обозначаются как «микропластики». Текущие исследования выявили присутствие микропластика во многих водных экосистемах. Кроме того, микропластик также был обнаружен в телах людей и животных, а также в тканях растений. Микропластики привлекли внимание всего мира из-за их токсического воздействия на водные организмы, включая воспаление, нарушения обмена веществ, подавление роста, проблемы с размножением.

Одна из отраслей, в которой активно применяются полимерные материалы и непосредственно связанной с окружающей средой является сельское хозяйство. Большая часть неорганической мульчи не поддается биологическому разложению и должна быть удалена в конце сезона сбора урожая, но значительная часть полиэтиленовой мульчи остается на полях и постепенно преобразуется в микропластик. В настоящее время разрабатываются новые биоразлагаемые полимерные мульчирующие материалы, которые даже при фрагментации продолжают разрушаться под действием биотических и абиотических факторов. Из доступного ассортимента полимеров полилактид, поликапролактон и полигидроксibuтират являются ключевыми кандидатами для применения в агропромышленном комплексе.

В результате исследования пленочных материалов на основе полилактида с поликапролактоном установлено, что после испытаний в почве в течении 28 дней наличие 10 мас. % поликапролактона ускоряет процесс биодеструкции. Анализ фотодеструкции показал, что матрица полилактида подвержена воздействию ультрафиолетового излучения и наличие поликапролактона немного сдерживает фотолиз. Результаты подтверждаются методами дифференциальной сканирующей калориметрии и ИК-спектроскопией.

Таким образом, композиционные материалы на основе полилактида с добавкой поликапролактона имеют хорошие перспективы в сельском хозяйстве. А также будут способствовать снижению образования вредного микропластика.

Работа выполнена при финансовой поддержке РЭУ им. Г.В. Плеханова.

ОР-10 АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, КАК ИСТОЧНИКА МИКРОПЛАСТИКА

Якубова Л.Ю.¹, Подзорова М.В.¹, Анпилова А.Ю.^{1,2}

*1 - Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва,
Россия*

*2 - Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля Российской
академии наук, Москва, Россия
lara.yakubova.02@list.ru*

Воздействие отходов содержащих микропластик (<5 мм) достигло планетарного масштаба: по оценкам, к 2040 году в морскую среду мира попадет 710 миллионов тонн пластиковых отходов. Расчеты показали, что в настоящее время в Мировом океане плавает по меньшей мере 5,25 триллиона частиц микропластика, и до 90% из них могут оставаться в толще воды или в конечном счете оседать и накапливаться в морских отложениях, а самое главное они попадают в пищевые цепочки. Например, было показано, что частицы микропластика влияют на способность микробов перерабатывать углерод и другие питательные вещества, иногда приводя к накоплению тяжелых металлов или даже генетическим сдвигам, таким как усиление устойчивости к антибиотикам.

Необходимо отметить, что микропластик это не только измельченные полимерных материалов, но и микроволокна от синтетической одежды при стирке, микрочастицы автомобильных шин, которые попадают в водную среду. Но не меньший интерес и опасения представляет микропластик в продуктах питания.

Попадание микропластика в организм человека в основном происходит через пищу и напитки. Установлено, что большинство городских источников воды загрязнены микропластиком. Существует высокая тенденция к попаданию микропластика в организм через питьевую воду. Таким образом, продукты питания на уличных прилавках, такие как уличная еда, овощи и фрукты, потенциально могут быть загрязнены микропластиком, переносимым по воздуху. Широкое использование пластикового мульчирования и твердых биологических веществ на сельскохозяйственных полях приводит к образованию микропластика, который может изменить свойства почвы, а образование нанопластиков может биоаккумулироваться в овощных культурах посредством трофического транспорта. Анализ современных полимерных материалов, конечно все больше склоняет исследователей к разработке биоразлагаемых композиций. Несмотря на то, что биополимеры также могут фрагментироваться, в дальнейшем их разрушение под воздействием факторов окружающей среды и микроорганизмов происходит гораздо быстрее. Например, в исследованиях в области применения полилактида чаще отмечается его медленная деградация в обычных почвенных условиях, при этом в процессе компостирования биодеструкция протекает активно. В то же время разработка новых композиционных материалов на основе полилактида позволяет получать материалы с улучшенными свойствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РЭУ им. Г.В. Плеханова.

ОР-11 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТАЛАТОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЫБ

Козин А.В., Абрамова Л.С., Гусева Е.С., Лаврикова К.А.

ФГБНУ "ВНИРО", Москва, Россия
abramova@vniro.ru

Пластик составляет не менее 85% всего морского мусора и по прогнозам, количество пластиковых отходов, попадающих в водную среду, увеличится примерно вдвое с 2016 года к 2030 году или почти утроится к 2040 году [1]. Однако наибольшую опасность представляют не полимеры, из которых изготовлены материалы, а присутствующие химические соединения, например, фталаты, которые в водной среде разлагаются, попадают в организм и проявляют токсичность [2]. С использованием метода ЯМР-спектроскопии показано наличие фталевой кислоты в 13 из 113 образцов атлантической трески и ни у одного из выращиваемых на фермах атлантического лосося из Норвежского моря [3]. Авторами сделано заключение, что наличие фталевой кислоты можно рассматривать как индикатор переваривания пластика морскими организмами.

Целью исследований являлось определение содержания фталатов в мышечной ткани рыбного сырья методом ЯМР-спектроскопии. В качестве объектов исследований использовали образцы филе трески мороженое (*Gadus morhua*), заготовленное в Норвежском море и атлантического лосося (*Salmo salar*) из естественной среды обитания (Мурманская область, река Тулома).

Подготовку образцов для ЯМР спектроскопии проводили в соответствии с методикой [3]. Спектры регистрировали на приборе «Bruker Avance III» («Bruker Biospin GmbH», Германия) с рабочей частотой по протонам 600 МГц. В результате обработки ^1H -ЯМР спектров экстрактов мышечной ткани трески и лосося идентифицированы и количественно определены ряд аминокислот, нуклеотидов, нуклеозидов и азотистых соединений. Наличие сигналов при химических сдвигах, характерных для фталевой кислоты (7.48 м [(CH)₂, ring] и 7.42 м [(CH)₂, ring]) не обнаружено ни на одном спектре. Можно предположить, что при исследовании образцов трески, согласно результатам [3] присутствие фталевой кислоты и ее эфиров объясняется миграцией пластификатора из упаковки, так как продукция приобретена в торговой сети и была упакована в модифицированной атмосфере, что требует использование специальных пленочных материалов. Проведено исследование образца семги, упакованного в пакет из полимерного материала (полиэтилентерефталат), предназначенного для варки. На спектрах экстрактов мышечной ткани образца семги, обработанного на пару в течение 30 минут обнаружена фталевая кислота в количестве 0,22 мг/100 г продукта, в то время как в исходном образце данное соединение отсутствовало. Можно предположить, что при температурной обработке фталевая кислота переходит из пленки в мышечную ткань. Предложенный метод может быть использован для количественного определения фталевой кислоты и ее водорастворимых эфиров в других водных объектах. При исследовании наличия пластика необходимо различать источник загрязнения, который может быть обусловлен средой обитания или последующим контактом с упаковочными полимерными материалами.

Список литературы:

1. United Nations Environment Programme From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi. (2021).
2. *Ventrice, P., Ventrice, D., Russo, E., De Sarro, G.* Environmental toxicology and pharmacology, **V.36(1)**, P. 88. (2013)
3. *Shumilina E, Skavang PK, Dikiy A.* Marine Environmental Research. **V.188** P.105973.(2023).

ОР-12 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В РАСШИФРОВКЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ ОБРАТНОМ ИНЖИНИРИНГЕ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИХ ФРАГМЕНТОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Герасимов Р.С.

*«Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»
(ФГБУ «ВНИГНИ»), Москва, Россия
gerasimovrs@mail.ru*

Большинство зарубежных технологий в сфере производства полимерных материалов на сегодняшний день стали труднодоступными, и отечественная отрасль активней функционирует в сфере импортозамещения, а также усовершенствования собственных разработок. При этом для расшифровки рецептуры производства (обратный инжиниринг) широко используются инструменты для идентификации химической структуры полимерных объектов. На сегодняшний день одним из наиболее информативных методов при идентификации полимеров и функциональных добавок является пиролитическая хроматография, базирующаяся на термической деструкции образца при повышенной температуре в инертной атмосфере с последующим хроматографическим разделением этих продуктов. Набор продуктов пиролиза, получаемых в том или ином режиме нагрева (одностадийный пиролиз или программируемый пиролиз) как правило является уникальными, а метод зачастую демонстрирует убедительные результаты даже при анализе образцов с незначительной разницей в составе. В дополнение, в докладе представлены примеры анализа реальных полимерных объектов, как сырья, так и готовых изделий или фрагментов полимерных материалов, обнаруженных в окружающей среде, где ключевыми задачами были идентифицировать природу полимера, решить технологическую проблему, связанную с повышением качества исследуемого материала или сравнить два-три схожих по своим свойствам образца, имеющих минорные отличия в своем составе.

Список литературы:

1. С. Мадорский. Термическое разложение органических полимеров. // Москва. Издательство «МИР», 1967г.
2. К. В. Алексеева. Пиролитическая хроматография. // Москва. Издательство «Химия», 1985 г.
3. Г.С. Попова, В.П. Будтов, В.М. Рябикова, Г.В. Худобина. Анализ полимеризационных пластмасс. // Ленинград. Издательство «Химия», 1988 г.
4. В.Г. Заикин. Масс-спектрометрия синтетических полимеров. // Москва. ВМСО, 2009 г.
5. T. Shin, O. Hajime, C. Watanabe. Pyrolysis-GCMS Data Book of Synthetic Polymers. // Elsevier, 2012

ОР-13 МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА ИЗ ПРОБ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Ермолин М.С.

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
Москва, Россия
ermolin@geokhi.ru*

Водные экосистемы являются основным резервуаром для микропластика, поступающего в окружающую среду. Оценка содержания микропластика в природных водах и донных отложениях является актуальной задачей, решение которой необходимо при оценке степени загрязнения водных объектов, выявления источников загрязнения, а также потенциальных рисков для обитателей водоемов и потребителей воды. Оценка содержания микропластика в природных водах и донных отложениях, а также корректность его идентификации и анализа напрямую зависит от стадии пробоподготовки, которая главным образом заключается в отделении микропластика от мешающих компонентов природных проб. Природные воды и донные отложения являются сложными многокомпонентными системами, содержащими как твердые минеральные частицы, так и частицы органической природы растительного и животного происхождения, которые необходимо удалить для последующей идентификации и анализа микропластика. На сегодняшний день не существует универсального аналитического подхода к выделению микропластика из природных вод и донных отложений. В докладе обобщена информация о существующих методах выделения микропластика из проб природных вод и донных отложений, включая методы разделения частиц по размеру (фильтрация и просеивание), методы разделения частиц по плотности, методы, основанные на разложении (окислительном, щелочном, кислотном, ферментативном) природного органического вещества пробы, а также нетрадиционные методы выделения микропластика, такие как, например, выделение в масляную фазу. В докладе подробно рассмотрена каждая группа методов, оценены их возможности и эффективность.

Автор выражает благодарность Российскому научному фонду (проект № 23–13–00263).

ОР-14 ВЛИЯНИЕ ЦИКЛОВ ЗАМЕРЗАНИЯ/ТАЯНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА ПО ВЕРТИКАЛИ В МОРСКОМ ЛЬДУ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Бочерикова И.Ю.^{1,2}, Чубаренко И.П.²

1 - Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

2 - Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия

ibocherikova@yandex.ru

Исследования подтверждают сильное загрязнение природного льда частицами микропластика (МП), причём многие из этих частиц имеют плотность, превышающую плотность окружающей воды. Картина распределения частиц МП по вертикали в природных льдах описывается всеми исследователями как хаотичная, нерегулярная. Анализ ранее полученных результатов натурных и лабораторных исследований показал, что основным механизмом захвата тяжёлых частиц МП при формировании льда является возникновение на их поверхности пузырьков воздуха. Известно, что морской лёд проницаем, особенно в периоды его таяния, таким образом возможно перераспределение частиц МП в его толще. Задачей лабораторных экспериментов было выяснение характеристик распределения частиц микропластика по вертикали в морском льду после циклов замерзания/таяния. Поскольку тонущие частицы МП могут оказаться в толще льда и всплывая с пузырьками со дна сосуда, и стекая по каналам с поверхности льда при таянии, была проверена эффективность работы обоих механизмов.

Серия лабораторных экспериментов включала работы с замораживанием соленой (30‰) воды, в которую были добавлены частицы размолотого PS (плотность 1.05 г/см³, размер от 0.2 мм до 0.5 мм). Частицы PS добавлялись либо на дно сосуда с водой перед замерзанием, либо частицы смешивали со снегом и выкладывали на поверхность уже замерзшего керна.

Все керны (10 штук) подверглись процессу замерзания и таяния путём теплообмена через поверхность, стенки и дно сосудов были теплоизолированы. Замороженные керны прогревали от -20 °С до -1 °С на дне, затем снова включалось охлаждение. После нескольких (1-5-10) циклов замерзания/таяния керны извлекались, делились на секции (верх, середина и низ) и растапливались. Затем измерялись объём, солёность воды и масса PS в каждом слое.

Результаты анализа показывают, что при циклах замерзания/таяния морского льда происходит и перемещение пластиковых частиц с поверхности в толщу льда по каналам с рассолом, и всплытие со дна с пузырьками воздуха; последний механизм более эффективен в распределении МП по всему объёму льда. Отмечена существенная шероховатость поверхности льда из-за её протаивания вокруг частиц МП, что в естественных условиях должно заметно влиять на альбедо льда.

Исследования проводятся при поддержке РНФ, проект № 19-17-00041.

ОР-15 АТМОСФЕРНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКА В БАССЕЙН ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ АЛТАЙ)

Малыгина Н.С., Бирюков Р.Ю., Касуров Д.А., Курятникова Н.А., Шигимага А.А.,
Черных Д.В.

*ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия
natmgn@gmail.com*

Воздушная среда является значимым резервуаром для микропластика (МП) на что указывает ряд опубликованных результатов по содержанию этих антропогенных микрочастиц в воздухе городских, сельских и антропогенно не нарушенных территориях. К настоящему времени убедительно показано, что МП в атмосфере может переноситься на очень значительные расстояния (до тысяч км) от источников, а затем оседать и аккумулироваться в различных наземных и водных экосистемах. При этом атмосферный канал поступления и перераспределения МП остается наименее изученным (González-Pleiter et al., 2021). В отличие от других сред, живые организмы напрямую из воздушной среды могут получать частицы МП, в первую очередь в процессе дыхания, что в дальнейшем может представлять серьезную опасность для здоровья. В течении трех сезонов было оценено атмосферное осаждение микропластика для относительно антропогенно не нагруженной территории – бассейна Телецкого озера (Северо-восточный Алтай). Так, средние значения потоков поступления МП для первого теплого периода (2021 г.) составили $90,4 \pm 32,0$ шт./м²/день. В последующий за ним холодный период (2021-2022 гг.) потоки МП в бассейн озера снизились практически в два раза ($46,3 \pm 17,1$ шт./м²/день), но во второй теплый период (2022 г.) количество атмосферного поступления МП в среднем составило $99,7 \pm 36,9$ шт./м²/день, что близко к результатам первого периода. Атмосферное осаждение микропластика в бассейне Телецкого озера как в теплые, так холодный период, было ниже (на 1/3 и в 3 раза, соответственно) средних значений для национальных парков США – 132 шт./м²/день (Brahney et al., 2020).

Список литературы:

Gonzalez-Pleiter M., Edo C., Aguilera A., Viúdez-Moreiras D., Pulido-Reyes G., Gonzalez-Toril E., Osuna S., de Diego-Castilla G., Legan'es F., Fernandez-Pinas F. Occurrence and transport of microplastics sampled within and above the planetary boundary layer // *Sci. Total Environ.* – 2021. – № 761. – P. 143213.
Brahney J., Hallerud M., Heim E., Hahnenberger M., Sukumaran S. Plastic rain in protected areas of the United States // *Science.* – 2020. – № 368 (6496). – P. 1257-1260

ОР-16 СВЯЗЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАВАЮЩЕГО МИКРОПЛАСТИКА В КАРСКОМ МОРЕ С ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Поливанова Т.К.¹, Жданов И.А.², Березина А.В.³, Пахомова С.В.³, Якушев Е.В.³

1 - Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

2 - Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*3 - Норвежский Институт водных исследований, Норвегия
bari.polivanova@gmail.com*

За последние 60 лет производство пластика в мире выросло до 360 млн т в год. Местом скопления пластика являются глобальные океанические круговороты. Северный Ледовитый океан менее подверженный загрязнению в силу своей изолированности и низкой антропогенной нагрузке. Основным источником загрязнения являются воды Атлантики, которые проникают в Северный Ледовитый океан через пролив Фрама. Микропластиком принято называть фрагменты или частицы пластика с размерами до 5 мм. Определение нижней границы на данный момент строго не установлено и варьируется в пределах от 1 до 330 мкм. Основные источники загрязнения микропластиком Арктики: речной сток, судоходная деятельность, Атлантические воды и ледовый перенос. В Северный Ледовитый океан поступает 11 % мирового стока пресной воды, основной вклад в который вносят реки Обь (510 м³), Енисей (630 м³) и Лена (530 м³). Распределение речного микропластика сильно зависит от распределения Обь-Енисейского и Ленского плюмов. Их положения и площадь определяет изменчивость стратификации и циркуляции поверхностного микропластика в арктических морях. Поэтому оценка вклада различных источников загрязнения, их межгодовая и сезонная изменчивость, а также связь распределения микропластика с гидрофизическими и гидрохимическими характеристиками моря является актуальной задачей для исследования. В данной работе использованы данные по содержанию микропластика (0.5 – 5 мм) в поверхностном слое, собранные с помощью нейстонной сети и в подповерхностном слое, отобранные с помощью фильтрационной системы с глубины 3 м, а также данные по солености, температуре, растворенному кислороду и pH подповерхностного слоя, полученные с помощью датчиков Ryo Workbench и SBE. Пробоотбор проводился в 2020 году 58 рейсе НИС «Академик Иоффе». Для определения и идентификации собранных частиц микропластика применялся ИК-Фурье спектрометр (FT-IR), с помощью которого можно точно определить тип полимеров. В 2020 г в Карском море было отобрано 18 проб с поверхностного слоя и 20 проб с подповерхностного слоя. Анализ пространственного распределения частиц микропластика показал, что максимальные концентрации микропластика наблюдаются в западной части Карского моря, в водах с более высокой соленостью, где средняя концентрация микропластика составила 0.017 и 1.5 шт/м³ для поверхностного и подповерхностного слоя соответственно. Воды восточной части Карского моря, характеризующиеся меньшей соленостью, содержали меньше микропластика – 0.011 и 0.8 шт/м³ для поверхностного и подповерхностного слоя соответственно. При этом частицы в подповерхностном слое малосоленых вод были представлены в основном волокнами, вероятно вынесенными реками Обь и Енисей, тогда как в

высокосолёных водах большую часть найденных частиц составляли фрагменты. В поверхностном слое наибольшие концентрации микропластика (0.03 шт/м^3) наблюдались у пролива Карские ворота. Исследование даёт возможность доказать, что переносимый морским и речным путём микропластик, имеет разные физические и химические характеристики, что позволяет различить морской и речной пластик. Пространственное распределение двух типов пластика определяется распространением и трансформацией связанных с ним водных масс, трансформированных атлантических вод и речных шлейфов. Тем самым это даёт возможность использовать оценку свойств микропластика для идентификации водных масс.

ОР-17 ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОПЛАСТИКА НА ЖИЗНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УСТОЙЧИВОСТЬ К МЕДИ ПРЕСНОВОДНЫХ РАКООБРАЗНЫХ *DAPHNIA MAGNA* В РЯДУ ПОКОЛЕНИЙ

Рак А.Н., Гершкович Д.М., Ильина О.В.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
rakannabio@ya.ru

Загрязнение окружающей среды пластиковым мусором является необратимой и глобальной по масштабам проблемой для экосистем. Особую озабоченность вызывают мелкие частицы пластика, образующиеся при разложении более крупного мусора, так называемый вторичный микропластик (МП). Опубликованные исследования показали, что частицы МП (размер от 0,1 мкм до 5 мм) широко распространены в водных экосистемах (Duis et al., 2016). Частицы МП, чьи размеры сопоставимы с естественными пищевыми частицами, могут поглощаться планктонными организмами, играющими ключевую роль в водных пищевых цепях. Также стоит учитывать большое отношение площади поверхности частиц МП к их объёму и их физико-химические свойства, способствующие накоплению и переносу загрязняющих веществ, таких как тяжелые металлы и стойкие токсические соединения (Holmes et al., 2012). Таким образом, необходимо понимание долгосрочных комбинированных эффектов МП и загрязняющих веществ, связанных с МП, для оценки фактических экологических рисков, связанных с загрязнением водной среды.

По данным литературы известно о побочных эффектах от воздействия МП на *Daphnia magna* Straus, таких как иммобилизация, смертность и аномальное эмбриональное развитие (An et al., 2021). Однако только несколько работ посвящены влиянию МП на несколько поколений и восстановлению организмов после воздействия МП (Martins et al., 2018; Schür et al., 2020). В нашей работе мы использовали в качестве тест-объектов пресноводных ракообразных *D. magna*. Был проведен хронический тест с оценкой выживаемости и плодовитости особей на протяжении четырех поколений (F0-F3). Начиная с первого помёта из экспериментальной среды удалялся МП. В своём исследовании мы предполагаем, что загрязнение медью в природных водах чаще носит долговременный характер, в то время как высокие концентрации МП в водной среде непостоянны.

Результаты настоящего исследования показали, что даже кратковременное воздействие МП на популяцию планктонных организмов может вызвать негативные последствия, устранение которых может происходить вплоть до третьего поколения. Смягчение воздействия ионов тяжелых металлов в присутствии МП может снизить эффективность проведения экологического мониторинга.

Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ, проект № 23-Ш07-44
Список литературы:

An D., Na J., Song J., Jung J. Chemosphere. **271**, 129591, (2021). Duis K., Coors A. Environmental Sciences Europe. **28**, 1-25, (2016). Holmes L. A., Turner A., Thompson R. C. Environmental Pollution. **160**, 42–48, (2012). Martins A., Guilhermino L. Science of the Total Environment. **631**, 421-428, (2018). Schür C., Zipp S., Thalau T., Wagner M. Environmental Pollution. **260**, 113904, (2020).

ОР-18 ВЛИЯНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА НА ЛОКОМОЦИЮ КЛЕТОК ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ *OXYRRHIS* MARINA

Рауэн Т.В., Муханов В.С., Лях А.М.

ФИЦ ИнБЮМ РАН, Севастополь
taschi@mail.ru

Проблема загрязнения Мирового океана пластиковыми отходами, которые составляют около 85 % морского мусора, с каждым годом становится все более актуальной. Одним из основных экологических рисков для морских организмов является микропластик (МП) - частицы размером < 5 мм, которые образуются в процессе деградации полимерной основы под воздействием внешних факторов. В водной среде, благодаря малым размерам и положительной плавучести, МП включается в пищевые цепи гидробионтов, что часто приводит к эффекту ложного насыщения, блокировке пищеварительной системы, угнетению репродукционного потенциала, и т. д. Потребление МП отмечали у детритофагов, ракообразных, двусторчатых моллюсков и др. Известны также факты потребления МП одноклеточными зоопланктонными организмами, что указывает на их роль в его изъятии из водной среды с последующим переносом на более высокие трофические уровни. В то же время, влияние потребления МП одноклеточными на их физиологию, поведенческие паттерны, в частности, локомоцию, вертикальные и горизонтальные миграции практически не изучены. Ранее было установлено, что гетеротрофные динофлагелляты *Oxyrrhis marina* (Dujardin, 1841) активно потребляют пластиковые микросферы (MS), заглатывая в некоторых случаях до 5–6 шт, что приводит к изменению формы и размеров их клеток.

В данной работе методы проточной цитометрии применяли для анализа динамики потребления динофлагеллятой микроводорослей *Isochrysis galbana* – их естественной добычи, и пластиковых микросфер (MS) такого же размера. С помощью компьютерного метода анализа видеозаписей движения *O. marina* оценивали влияние диеты, включающей эти компоненты, на скорость и траектории движения его клеток. Показано, что клетки *O. marina* активно потребляли MS, хотя темпы их выедания были ниже, чем микроводорослей. В сравнении с контролем, питание микроводорослями или MS вело к более значимому увеличению размеров клеток динофлагеллят, причем максимальные размеры (до 40 мкм) были достигнуты при потреблении MS. Увеличение размеров клеток *O. marina*, не вело к заметному снижению их подвижности и нарушению локомоции. Более того, в опыте с MS наблюдали максимальные средние скорости движения их клеток на завершающей стадии эксперимента. Отсутствие пищевых объектов в среде (в контроле) вело к снижению скорости движения, процента подвижных клеток и спрямленности траекторий клеток динофлагеллят. В присутствии пищевых объектов (как микроводорослей, так и МП) треки движения *O. marina* были более извилистыми, однако эти отличия не были статистически значимыми. «Холостое питание» динофлагеллят МП не обеспечивало их питательными веществами и вело к статистически значимому снижению их численности (в сравнении с контролем и опытом с микроводорослями), что могло быть обусловлено неоправданно высокими энергозатратами клеток на постоянный поиск, фагоцитоз и экскрецию MS. Признаков отказа хищника от подобного

«холостого» питания не было выявлено, наоборот – подвижность клеток со временем возрастала, что только ухудшало ситуацию. В целом, явных нарушений в локомоторном поведении динофлагеллят *O. marina* при их «питании» МП не было выявлено, однако его негативные последствия наступали, в результате несоответствия энергетической стоимости питания и затрат на его обеспечение и выражались в значимом сокращении популяции. Эти результаты указывают на важность изучения влияния биоаккумуляции пластиковых частиц на физиологические и поведенческие паттерны морских организмов и подчеркивают актуальность проблемы МП в морской среде.

ОР-19 КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ПЛАСТИКОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Краскевич Д.А.^{1,2}, Ротов В.М.², Архипова Н.И.², Щербаков Д.В.¹, Антонова Е.И.³,
Жернов Ю.В.¹, Митрохин О.В.¹

*1 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), Москва, Россия*

2 - ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве", Москва, Россия

*3 - Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем
биоэкологии и биотехнологии УлГПУ им. И.Н. Ульянова, Ульяновск, Россия
vitman28@yandex.ru*

Последние 15 лет ознаменовались небывалым ростом производства пластика. Ежегодно выпускается более 300 миллионов тонн этого материалы для использования в самых разных областях. Ожидается, что к 2050 году производство пластика удвоится.

Актуальность. Программой ООН по охране окружающей среды (UNEP) готовится международный юридически обязательный документ по загрязнению пластиком, в том числе в морской среде, который будет включать в себя меры по сокращению использования пластика, повышению его переработки и утилизации, а также предотвращению выбросов пластиковых отходов в окружающую среду.

Обсуждение. Для координации мероприятий по снижению потенциального риска для здоровья населения загрязнения окружающей среды пластиком, ООН рекомендует странам-участницам разрабатывать Национальные планы действий (НПД). НПД должны разрабатываться на основе национальных решений относительно оптимальных способов имплементации положений будущего международного Договора. Общие элементы и некоторые минимальные требования к НПД могут быть согласованы и включены в соответствующую часть будущего «международного юридически обязательного договора по загрязнению пластиком, в том числе в морской среде» после того, как будет уточнён блок основных обязательств.

Российская Федерация в последние годы уделяет большое внимание сокращению пластиковых отходов за счет совершенствования инфраструктуры раздельного сбора и переработки отходов из пластика, а также их вовлечения в оборот в качестве вторичного сырья. Разработан федеральный проект «Формирование комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами» целью которого заявлено увеличение доли твердых коммунальных отходов, направленных на обработку до 60% и на утилизацию до 36% за счет увеличения мощностей.

Начиная с 2022 года, по инициативе Правительства Российской Федерации, реализуется федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» по созданию системы, при которой отходы подлежат переработке для вторичного использования. В рамках национального Плана мероприятий по развитию технологий и отрасли утилизации полимерных отходов государством формируется система сертификации вторичных полимеров на основе материально-сырьевого баланса доли вторичного полимера в готовой композиции или расплаве полимера.

Заключение. Для обеспечения безопасной среды обитания человека и снижения потенциального риска неблагоприятного воздействия загрязнения пластиком на

здоровье человека необходимо: сократить использование пластика в производстве и потреблении; замена его на альтернативные материалы (биоразлагаемые полимеры, бумага, стекло и металл); уменьшение упаковки и использования многоразовых контейнеров; снижение выбросов пластиковых отходов в окружающую среду, путем разработки строгих правил и нормативов по утилизации отходов; установки систем очистки на производственных предприятиях; принятия мер по борьбе с незаконным выбросом отходов и т.д.

На наш взгляд, особое внимание следует уделять созданию системы отбора и анализа проб содержания пластика в объектах окружающей среды, а также организовать действенную систему мониторинга содержания пластиковых загрязнений в объектах среды обитания человека.

ОР-20 ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА НА АКВАТОРИИ И В ТОЛЩЕ КРУПНОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА)

Тихонова Д.А.^{1,2}, Поздняков Ш.Р.³, Иванова Е.В.¹, Каретников С.Г.¹

1 - Институт озероведения РАН - СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

*2 - Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
Россия*

*3 - ИИКВО РГГМУ, Санкт-Петербург, Россия
tdasha94@mail.ru*

Исследования концентраций микропластика в водоемах, как правило, касаются только поверхностного слоя водной толщи. В основном это связано с методикой пробоотбора, например, с использованием различных нейстонных сетей. Однако оценка содержания микропластика в водоеме только по поверхностному слою является недостаточной. Такие измерения не могут быть транслированы в нижележащие слои и не позволяют получить информацию о вертикальном распределении микропластика и его поведении в водной толще. Вместе с тем, такие исследования приобретают особое значение в условиях крупных водных объектов, имеющих значительные глубины. Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН проводит исследования микропластика в Ладожском озере с 2018 г. Первоначальные измерения позволили получить информацию о пространственном распределении микропластика в поверхностном слое данного водного объекта, выявили зависимости концентраций от близости к урбанизированным территориям и показали необходимость дальнейшего исследования механизмов не только горизонтального, но и вертикального распределения микропластика в водной толще.

Для исследования вертикального распределения микропластика в ИНОЗ РАН была разработана специальная фильтровальная установка, благодаря которой обеспечивался отбор проб на различных водных горизонтах. С использованием данной установки был выполнен отбор проб воды не только в поверхностном слое водной толщи, но и на горизонтах до 70 м в зависимости от глубины озера в точке отбора. Параллельно с отбором проб воды измерялось вертикальное распределение температуры в водной толще с помощью CTD-зонда.

Результаты исследования показали различия в концентрациях микропластика при различных гидрофизических условиях. При равномерном распределении температур по всей водной толще различия между содержаниями микропластика в поверхностном слое и водной толще оказались незначимы. При прямой плотностной стратификации и наличии слоя температурного скачка были выявлены существенные различия в распределении концентраций микропластика над и под данным слоем.

С помощью спектроскопии комбинационного рассеяния получен ряд спектров обнаруженных частиц пластика. В рамках данных работ наиболее часто встречающимися типами полимеров оказались полипропилен и полиэтилентерефталат/полиэстер.

В ходе дальнейших работ по изучению вертикального распределения микропластика в водной толще целесообразно провести количественную оценку зависимостей содержания частиц микропластика на разных глубинах от их

плотностей. При этом следует отметить, что получение и расшифровка спектров частиц может быть значительно затруднена ограниченным количеством спектров в базе данных, люминесценцией и деградацией отдельных частиц. Дополнительно затруднения могут возникать при сепарации частиц от органического вещества, а также при переносе данных частиц на предметное стекло для последующего анализа. Всё это в сочетании с возможной длительностью самого процесса получения спектра при слабом сигнале рассеяния от исследуемого вещества может приводить к затруднениям при исследовании частиц микропластика, присутствующих в естественных средах, что требует тщательной дальнейшей методической проработки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме FMNG-2019-0003 “Разработка комплексных методов исследования и оценки характеристик твердых частиц в наномасштабном диапазоне размеров в водных объектах с различной степенью антропогенной нагрузки”.

Исследования проведены с использованием оборудования ресурсных центров Научного парка СПбГУ “Геомодель” и “Оптические и лазерные методы исследования вещества”.

ОР-21 МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ГЛОБАЛЬНОМ МАСШТАБЕ

Федосеев А.Н., Макарова А.С.

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва,
Россия
andrew7080@yandex.ru*

В настоящее время поведение и подвижность токсичность природных и антропогенных нано- и микрочастиц пластика в окружающей среде недостаточно изучены. При этом необходимо учесть, что пластики становятся одной из самых обсуждаемых тем в СМИ, политических и научных сообществах, и часто полимеры классифицируют как опасные для окружающей среды вещества, поэтому проблема создания новых эффективных подходов к изучению поведения нано- и микрочастиц в окружающей среде безусловно является актуальной. Важнейшим этапом решения вышеуказанной проблемы является оценка источников происхождения природных и антропогенных нано- и микрочастиц, а также моделирование их поведения (распространения) в окружающей среде с использованием математических методов.

В ведущейся нами работе для анализа поведения (распространения) частиц микропластика в используется модель USEtox. Одним из основных преимуществ USEtox является тот факт, что в основе расчета лежит оценка жизненного цикла. Другими преимуществами модели являются: открытый код и ее поддержка ЮНЕП в качестве основного инструмента оценки глобальных химических нагрузок.

Необходимо отметить, что авторами были внесены существенные изменения в модель USEtox, которые позволили учитывать в глобальном масштабе перенос веществ с водными массами (это введение крайне актуально для оценки глобальной миграции частиц микропластика). Внесенные изменения позволили успешно использовать как прямые, так и итерационные методы для решения системы полученных СЛАУ. В результате проведенных исследований, было установлено, что метод Якоби наилучшим образом подходит для оценки поведения веществ на сетке 0.5 на 0.5 градусов.

Сейчас ведется работа по созданию новых алгоритмов оценки коэффициентов массообмена нано- и микропластика с атмосферой и водоемами. Алгоритмы позволят получать большие объемы ГИС-данных о миграции и переносе веществ с водными и воздушными потоками и их накоплении в различных компонентах окружающей среды в глобальном и региональном (Россия) масштабах для сетки с разрешением $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$. Создается программное обеспечение для оценки нано/микропластиковой нагрузки в глобальном и региональном (Россия) масштабах и ее визуализации с использованием ГИС (см. рис). В оценках учитывается пространственно-временное распределение скорости поступления, миграции и трансформации нано- и микропластика в окружающей среде.

ОР-22 МИКРОПЛАСТИК: ЧТО МОГУТ СДЕЛАТЬ ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЧТОБЫ ИЗМЕНИТЬ СИТУАЦИЮ

Смолокуров А.В.^{1,2,3}, Ершова А.А.^{1,2,3}, Макеева И.Н.^{1,2,3}

3 - АРМЭОД «Чистый север - чистая страна», Россия

4 - Лаборатория PlasticLab, Россия

5 - АНО «Губернаторский центр «Вместе мы сильнее», Россия

nickdarentt@mail.ru

Наше экологическое движение активно занимается исследованием микропластикового загрязнения Российской Арктики с 2020 года.

С самого начала нашей работы мы придаем особое значение серьезности и научной достоверности наших исследований, поэтому установили сотрудничество с ведущими научно-исследовательскими лабораториями страны.

Впервые был применен опыт сотрудничества научного сообщества и волонтерского движения, создав прочную основу настоящей «гражданской науки» в Архангельской области и в Российской Арктике в целом в области изучения экологической проблемы 21 века — загрязнение микропластиком.

В рамках подготовки к нашей первой экспедиции при поддержке Фонда президентских грантов, которая проходила в регионе Белого моря в 2020 году, мы привлекли ученых из Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова, Северного Арктического Федерального университета им. М.В. Ломоносова и Российского государственного гидрометеорологического университета (Лаборатория ПластикЛаб), которые оказали неоценимую экспертную помощь в начале проекта.

В полевой этап экспедиции в 2020 г. с нами отправились молодые ученые из специализированной научно-исследовательской лаборатории по изучению проблемы морского мусора и микропластика – лаборатория ПластикЛаб (РГГМУ). А лабораторная обработка проб проходила в двух научных лабораториях: в лаборатории ПластикЛаб РГГМУ и в лаборатории биомониторинга САФУ.

Важнейшим итогом первого исследования микропластика в регионе Белого моря в 2020 году стала разработка и публикация в открытом доступе «Методического пособия по мониторингу микропластика в водной среде с использованием гражданской науки» — первого в своем роде в Российской Федерации.

Другим не менее важным итогом данной работы стала публикация научных результатов в международном рецензируемом журнале рейтинга Q1 «Marine Pollution Bulletin», где подробно представлены наши результаты о загрязнении микропластиковыми частицами в регионе Белого моря.

Нами было впервые установлено, что реки Архангельской области являются важным источником микропластика в Белое море. В 2020 г. в Северной Двине и ее притоке – р. Вага – были зафиксированы самые высокие концентрации микропластика (до 6 шт/м³).

Экспедиция широко освещалась в прессе — более 150 упоминаний не только в России, но и за рубежом, а по итогам экспедиции снято более 8 роликов для экологического просвещения и знакомства зрителей с удивительной природой севера.

Исследования 2020 года стали основой нашего дальнейшего углубленного исследования этой проблемы в Российской Арктике. Нам стало ясно, что для

понимания источников микропластика и путей его распространения в этом регионе необходимо исследовать прилегающую акваторию Баренцева моря и, в частности, Нордкапское течение, ветви которого омывают побережья Кольского полуострова, простираясь до Печорского моря.

В 2021 году наш флагманский проект по изучению влияния Нордкапского течения на загрязнение микропластиком южной части Баренцева моря был удостоен Международной Премией "МЫВМЕСТЕ". И уже в 2022 году мы совместно с научно-исследовательской лабораторией ПластикЛаб (РГГМУ) отправились по запланированному маршруту.

В 2022 году мы провели исследования в рамках нашего флагманского проекта «Экологическая экспедиция по исследованию содержания микропластика в Нордкапском течении Арктического бассейна» поддержанного Международной Премией МЫВМЕСТЕ.

Напомним, что Нордкапское течение является мощным теплым течением, определяющим климат и гидрологические условия всей южной части Баренцева моря. Оно входит в Баренцево море с запада, огибая мыс Нордкап в Норвегии, и, по сути, является продолжением известного всем Гольфстрима. Только здесь у берегов Кольского полуострова Нордкапское течение по мере продвижения на восток разделяется еще на несколько ветвей: Прибрежное и Северное течения, Мурманское и Колгуевское.

И, конечно же, являясь мощным теплым поверхностным течением, Нордкапское течение очевидно переносит частицы микропластика в акваторию Баренцева моря из Северной Атлантики. Но насколько его роль является ведущей в загрязнении Баренцева моря? И является ли это течение единственным источником микропластика в нашем регионе? Вот на эти вопросы и отвечают результаты наших исследований 2022 года.

Все ветви Нордкапского течения важны в изучении переноса таких загрязнителей морской среды, как микропластик. Поэтому в 2022 году мы отбирали пробы вдоль всего побережья Кольского полуострова — Полуостров Рыбачий, Териберка, ЗАТО г. Островной, а также на побережьях у поселка Варандей в Печорском море.

Впервые в этом регионе нами отобраны образцы не только морской воды, но и донных отложений в прибрежной зоне. А чтобы сравнить содержание микропластика в прибрежной зоне и в открытой части моря, мы провели дополнительные исследования в рамках программы «Арктический Плавающий Университет — 2022».

Немного о методах: в этот раз мы использовали специальные пробоотборные системы, разработанные лабораторией ПластикЛаб, которые позволяют максимально изолировать полученный образец от внешнего загрязнения микропластиком в связи с закрытой конструкцией фильтровальных систем. Ведь, как мы уже показывали ранее, чистота проведения пробоотбора и лабораторной обработки проб является ведущим фактором достоверности полученных данных о содержании микропластика.

Обработка проб проводилась в лаборатории ПластикЛаб (РГГМУ) и в ЦКП «Арктика» строго в соответствии с международными требованиями к лабораторным протоколам исследований.

Мы стремимся к научной точности и надежности в наших исследованиях, поэтому продолжаем тесно сотрудничать с ведущими научными организациями России в области исследования микропластикового загрязнения морской среды.

Приведем несколько обобщенных результатов нашего проекта «Экологическая экспедиция по исследованию содержания микропластика в Нордкапском течении Арктического бассейна» 2022 года:

1. Самые высокие концентрации микропластика мы зафиксировали в 2022 году в прибрежной зоне Кольского полуострова в зоне влияния Мурманского течения (ЗАТО Островной, 110 шт/м³), а также в районе п-ова Варандей (40 шт/м³), где влияние течения уже не прослеживается, а ведущую роль в поступлении загрязнителей принимает на себя сток реки Печора.

2. При этом микропластика в открытом море значительно меньше, чем в прибрежной зоне Баренцева моря, что говорит о важнейшей роли береговой зоны в поступлении пластика в морскую среду. Действительно, можно выделить два важных источника микропластика на суше в этом регионе:

- крупный пластиковый мусор, выбрасываемый на берег морем (куски рыболовных сетей, верёвок, ящиков),

- многочисленные свалки (строительный мусор, бытовые отходы), например, на п-ове Варандей.

3. Самые встречаемые типы синтетических полимеров в пробах 2022 года – полипропилен (PP) и полиэтилен (PE), причем в донных отложениях полиэтилена более 50%. Напомним, что именно эти полимеры широко используются при изготовлении упаковки.

4. До 85% всех микропластиковых частиц являются частицами так называемого «настоящего» микропластика, то есть размерной категории менее 1 мм, а около половины – до 300 мкм. Этот результат очередной раз подтверждает важность использования соответствующих пробоотборных устройств при исследовании микропластика, ведь использование сетей с более крупной ячейкой приводит к значительному недоучету мелких частиц микропластика.

В целом, можно заключить, что, помимо очевидного вклада Нордкапского течения (и его ветвей) в загрязнение прибрежных акваторий Баренцева моря микропластиком, важнейшее значение имеют такие источники пластика, как свалки отходов в прибрежных населенных пунктах и стоки северных рек.

Мы исследуем загрязнение микропластиком в регионе Белого и Баренцева морей с 2020 года. Наши результаты имеют важное значение для понимания масштабов проблемы загрязнения микропластиком в регионе Баренцева моря и Российской Арктики в целом и способствуют разработке эффективных стратегий борьбы с этим явлением.

Мы гордимся нашими достижениями и продолжаем работать над исследованиями, направленными на защиту окружающей среды и сохранение чистоты Севера.

ОР-23 К ВОПРОСУ ОБНАРУЖЕНИЯ ПВХ МИКРОПЛАСТИКА В ПОЧВЕ

Носова А.О., Варфоломеева А.Е., Успенская М.В.

*Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
mast225856@yandex.ru*

Проблема загрязнения почв микропластиком с каждым годом становится актуальнее. С 2012 года наблюдается рост количества опубликованных исследований [1]. Поливинилхлорид (ПВХ) нашел применение в различных сферах деятельности и сейчас является одним из наиболее производимых и используемых среди пластмасс материалов (третье место по объемам производства) [2]. Согласно результатам исследований наличие ПВХ микропластика в почве может отрицательно влиять на почву и биоту по, в том числе, причине миграции различных добавок, улучшающих свойства материала [3, 4]. На данный момент не определена предельно допустимая концентрация данного загрязнителя в почве, не существует стандартизированной методики обнаружения. В целом, предлагаемые подходы состоят из нескольких этапов, однако важно учитывать, что для разных типов пластмасс, вероятно, необходим различный подход при планировании.

Например, ПВХ – материал, обладающий достаточно высокой плотностью (до 1,56 г/см³) и данное обстоятельство ограничивает выбор растворов для разделения почвы и микрочастиц ПВХ. В основном, предлагаются различные плотные растворы, такие как, например, ZnCl₂, ZnBr₂, NaI, однако компоненты для них могут быть дороги или небезопасны для персонала или окружающей среды. Представляется возможным использование бинарного раствора NaCl и Ca(NO₃)₂. Его плотность может достигать 1,60 г/см³, а необходимые компоненты доступны и относительно безопасны. При нагревании ПВХ имеет свойство разлагаться, в отличие от других распространенных полимеров, в две стадии, а также характеризуется температурой стеклования около 80°C, поэтому методы термического анализа, такие как ТГА и ДСК, могут быть перспективными для обнаружения ПВХ микропластика в образцах почвы при наличии соответствующей пробоподготовки: окисления пробы 30% H₂O₂ в присутствии катализатора Fe²⁺ (для ТГА) и последующего разделения с помощью раствора NaCl и Ca(NO₃)₂ (для ДСК).

В целом, поиск оптимальных подходов к аналитическим этапам обнаружения микропластика в почвах является актуальной задачей. Перспективным для исследований вопросом может быть и определение предельно допустимой концентрации данного загрязнителя в почве в том числе для решения вопроса о необходимом пределе обнаружения.

Список литературы:

1. Yang, T., Liu, J., Zhu, H., Zhu, L., Kong, T., & Tai, S. Sustainability, **15**(9), 7122 (2023).
2. Huang, Z., Sun, M., Zheng, Y., Han, Y., Liu, H., & Shen, J. Journal of Chromatography A, **1690**, 463778 (2023).
3. Luo, Y., Al Amin, M., Gibson, C. T., Chuah, C., Tang, Y., Naidu, R., & Fang, C. Environmental Pollution, **298**, 118857.
4. Li, Z., Yang, Y., Chen, X., He, Y., Bolan, N., Rinklebe, J., ... & Sonne, C. Chemosphere, 137637 (2022).

ОР-24 ТЕРМИОГРАВИМЕТРИЯ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ МИКРОПЛАСТИКА ПРИ АНАЛИЗЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Толстунов М.И.^{1,2}, Попов А.В.^{1,2}, Шляпцева С.А.¹, Губаева И.Ш.^{1,2}

1 - Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия

*2 - Федеральный Исследовательский Центр Южный Научный Центр
Российской Академии Наук, Ростов-на-Дону, Россия
miftol@yandex.ru*

Микропластик – один из современных загрязнителей окружающей, вредное воздействие которого отложено во времени и может «выстрелить» в ближайшее время и негативно сказаться на нашей жизни или последующих поколений. Очень разнообразные свойства полимерных материалов (пластиков) определяют разносторонний и широкий круг использования данных материалов, а при увеличении его использования растут и отходы и как следствие увеличивается выброс микропластика в окружающую среду. Сам микропластик представляет собой фазу полимерного материала различного гранулометрического состава и по большинству физико-химических свойств должен быть аналогичен с исходными пластиками. Таким образом, многие методы анализа пластиков подходят и для анализа микропластика. Термические методы анализа позволяют с определенными ограничениями качественно и количественно определить состав пластика [1-2]. В работе обсуждается термогравиметрический анализ (ТГ) и дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) микропластика.

По кривым ТГ получают информацию о разложении пластика и сам профиль кривой разложения зачастую характерен для каждого типа полимера и в некоторых случаях может использоваться в целях идентификации. Начало потери массы часто определяет верхний предел термостойкости материала. Но могут происходить значительное разрушение структуры полимера, например, в результате сшивания, и это может уже иметь место до того момента, когда произойдёт заметные изменения массы. Часто профили потери массы полимеров сложны и состоят из нескольких перекрывающихся стадий. Распространённым способом преодоления этого является снижение скорости нагрева, чтобы добиться более полного разделения каждой стадии процесса разложения. Такой подход увеличивает время проведения эксперимента.

ДСК применяют для исследования разных явлений и определения различных свойств, таких как физических превращений (фазовые переходы в том числе полиморфные превращения, изменения агрегатного состояния, стеклование и т. д.); химических реакций (полимеризация, сшивка и отверждение эластомеров и термореактивных материалов и т. д.); термической стабильности в различных средах; теплоёмкости. Для минимизации влияния эффектов памяти материала проводят предварительное расплавление при измерении. Но при некоторых случаях такое выполнить не представляется возможным и необходимо использовать данные однократного нагрева. Поэтому для надёжной оценки необходимо использовать результаты нескольких измерений в различных условиях, в инертной атмосфере для оценки характерных фазовых превращений, а также характерного профиля термолиза и в окислительной атмосфере для характерной термоокислительной деструкции полимера. Таким образом при выполнении

эксперимента необходимо использовать данные, полученные разными методами.

Работа выполнена в рамках научного проекта «Разработка методологии определения количественного и качественного содержания микропластика в природной поверхностной воде» и ГЗ ЮНЦ РАН (121100500084-2).

Список литературы:

1. *Dobkowski Z.* Thermal analysis techniques for characterization of polymer materials // Polymer degradation and stability. **91 (3)**, 488–493, (2006)
2. *Reading M.* Controlled rate thermal analysis and related techniques // Handbook of thermal analysis and calorimetry. NY, Norwich: William Andrew Publishing, 2002.

ОР-25 ВЫБОР МЕТОДИК ОТБОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПРИРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ И СТОЧНЫХ ВОДАХ

Юрасов Ю.И., Клещенко А.В., Савицкий Р.М., Анцифорова М.А., Данилина Э.М.,
Пащенко А.С., Пляка П.С., Юдин А.В., Назаренко А.В., Ермолаев А.И.,
Юдина Н.В., Толстунов М.И.

ИОНЦ РАН, Ростов-на-Дону, Россия
yusotr@ya.ru

Микропластик – частицы полимерных материалов размером меньше 5 миллиметров. Традиционно его разделяют на два типа – первичный и вторичный. Первичный – это гранулы в составе косметических средств и бытовой химии, вторичный – образуется при разрушении (деградации) полимерного мусора.

Важной задачей в исследованиях по качественному и количественному анализу вод является подбор правильной методики, которая может быть применена природоохранными организациями в потоковых измерениях, так как содержание отходов полимерных материалов с каждым годом растет [1]. При выборе методики отбор проб микропластика необходимо руководствоваться предварительными мировыми и отечественными оценками количества пластиковых (полимерных) отходов в данных водоемах, чтобы при отборе получать значимые количества материала для качественного и количественного исследования вод. Также обработке результатов исследования необходимо каждый раз применять статистические методы чтобы не вызвать сомнения в правильности отбора проб и количества определенного микропластика.

При отборе проб можно использовать, как метод траления сеткой [1], так и метод с использованием насосов с метрологическими регистраторами объема прокаченной воды (например, счетчик водопроводной воды) и сертифицированных лабораторных сит. У первого метода отбора большим преимуществом является достаточный объем пропущенной через сетку воды, но при этом данный объем необходимо правильно интерпретировать, а точно зафиксировать данный объем сложно. Во втором случае объем можно регистрировать сертифицированными, не дорогостоящими приборами но объем прокаченной воды, в единицу времени, в десятки раз меньше.

При выборе физико–химических методов для количественного и качественного анализа микропластика, таких как электронная микроскопия, оптическая, инфракрасная, рамановская спектроскопия, термогравиметрический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, необходимо учитывать, что данные методы являются исследовательскими и требуют высококвалифицированных специалистов, так как специфика определения микрочастиц пластика (до 0.3 мм) пока во многом зависит от человеческого фактора, не смотря на множество баз данных различных полимеров, автоматически интерпретирующих спектры указанными методами. Таким образом, можно заключить, что каждый метод идентификации и оценки содержания микропластика необходимо применять не по отдельности, а в совокупности с другими методами для минимизации возможных ошибок. В докладе описаны приведенные методы отбора и анализа.

Работа выполнена в рамках научного проекта «Разработка методологии определения количественного и качественного содержания микропластика в природной поверхностной воде» и ГЗ ЮНЦ РАН (122011900153-9, 121100500084-2, 122020100352-6).

Список литературы:

1. Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И., Лобчук О.И., Исаченко И.А., Буканова Т.В. Микропластик в морской среде.— Москва: Научный мир, 2021. — 520 с.

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

Р-01 ПЕРЕРАБОТКА ЧАСТИЦ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА С ПОМОЩЬЮ ЛИЧИНОК ZOPHOBAS MORIO

Березникова Н.А., Веженкова И.В.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия
natalibereznikova9@gmail.com*

В данной работе рассматривается альтернатива захоронению и термическому разложению пенополистирола – его переработка личинками *Zophobas morio*. [1]

Личинки *Zophobas morio* широко используются в качестве кормовых насекомых для террариумных животных и в качестве кормовой добавки в животноводстве и птицеводстве. [2][3]

Для проведения эксперимента приобретенные в один день гусеницы были разделены на три группы по три колонии. В качестве пищи первой группе был дан сухой и влажный корм, второй – пенополистирол. Третья группа была оставлена без пищи. Все колонии содержались при одинаковых условиях, их изначальный размер составлял 50 особей.

В среднем личинки поглощали пенополистирол со скоростью 5 мг/день на особь. Выживаемость особей составила 63%, доля случаев каннибализма – 42%. 67% выживших особей способны совершить полный цикл превращения.

Чтобы проверить, способны ли личинки *Zophobas morio* разлагать поглощенный ими пенополистирол, была проведена инфракрасная-Фурье спектроскопия экскрементов личинок. На рисунке 1 представлен результат анализа.

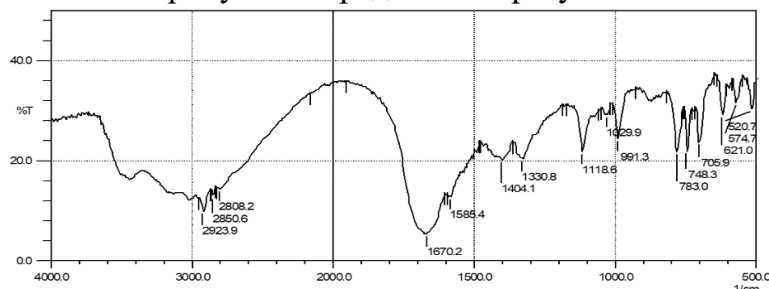


Рис. 1. Инфракрасный спектр пропускания образца фекалий личинок, питавшихся пенополистиролом

В инфракрасном спектре фекалий личинок, питавшихся пенополистиролом, не наблюдается пиков поглощения на волновых числах больше 3000, а также на волновых числах 1492,8 и 1454,2. Это может указывать на отсутствие бензольного кольца в веществах, составляющих продукты жизнедеятельности личинок.

Список литературы:

1. Sun J., Prabhu A., Aroney S.T.N. Microbial genomics. **8**, 1–19, (2022).
2. Nagdalian A. A., Pushkin S. V., Rzhepakovsky I. V., Povetkin S. N., Simonov A. N., Verevkin M. N. Entomology and Applied Science Letters. **2**, 108–113, (2020).
3. Benzertiha A., Kierończyk B., Kołodziejcki P., Pruszyńska-Oszmałek E., Rawski M., Józefiak D., Józefiak A. Poultry Science. **99**, 196–206, (2020).

Р-02 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ЕНИСЕЙ МИКРОПЛАСТИКОМ

Воробьев Е.Д., Рахматуллина С.Н., Воробьев Д.С., Франк Ю.А.

*Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет,
Томск, Россия*

vorobievegor@gmail.com

Данные о распространении микропластика (МП) в пресноводных объектах России остаются скудными и практически не представлены на карте мировых исследований. Сибирские реки, такие как Обь, Енисей, Лена, протекают по обширным территориям, имеют огромный речной сток, значимы для поддержания биоразнообразия и как источники жизненно важных ресурсов для местного населения. В связи с этим, исследование крупных рек Сибири на загрязненность МП очень актуально.

Целью исследования является масштабный скрининг содержания МП в поверхностных водах р. Енисей для оценки уровня и особенностей загрязнения. Для этого был проведен отбор проб воды из поверхностного слоя (15 см) по трансекте от истока до приустьевой части реки, выполнен количественный учет МП, определены морфология и полимерный состав частиц, оценена зависимость концентраций МП в разных точках отбора от внешних факторов.

Отбор проб поверхностных вод р. Енисей выполнен в период летней межени 2022 г. Выбрано 12 точек от места образования Большого Енисея в г. Кызыл (республика Тыва) до наиболее северной доступной точки – г. Дудинка (Таймырский Долгано-Ненецкий р-н, Красноярский край). Для отбора верхнего слоя воды пробоотборник «Манта ПП-3» с диаметром ячее 0.33 мм размещали по направлению течения и закрепляли на 15 минут для сбора пластиковых частиц, плавающих в верхнем слое воды. Пробы воды в каждой точке отобраны в трех повторностях. Объем проб воды определен с помощью расходомера Hydro-Bios, установленного на пробоотборнике и в разных точках составлял от 0.41 (Игарка) до 10.58 (Дивногорск) куб. м. После последовательного просеивания через сита с диаметром ячее 5 мм и 0.33 мм в лабораторных условиях, собранную фракцию подвергали дальнейшей обработке. Органический материал расщепляли с использованием перекиси водорода (37%) в присутствии 0.05 М раствора ионов Fe^{2+} в качестве катализатора. Чтобы отделить пластиковые частицы от минеральных частиц, разделение по плотности проводили в растворе NaCl (1.20 г/мл). Частицы собирали на мембранных фильтрах из стекловолокна с диаметром пор 1.0 мкм путем вакуумной фильтрации для последующего анализа. Чтобы предотвратить загрязнение проб, все использованные материалы и инструменты были либо из стекла, либо из нержавеющей стали, где это возможно, одежда из хлопчатобумажной ткани. Для оценки потенциальной контаминации в процессе пробоподготовки проанализированы контрольные пробы.

Первичный микроскопический анализ частиц вели с использованием стереомикроскопа Micromed MC2, оборудованного цифровой камерой и программным обеспечением TourView 3.7.6273). При идентификации для определения полимерных частиц проводили тест горячей иглой. Пластики при этом оплавляются, в то время как органические частицы темнеют или сгорают. Учитывали пластиковые частицы от 150 мкм до 5 мм. Для анализа полимерного

состава МП использовали электронную микроскопию, совмещенную со спектроскопией комбинационного рассеяния («микро-Раман»). Анализ проводили на базе Материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ с использованием конфокального Рамановского спектрометра InVia Basic (Renishaw, Великобритания), оснащенного микроскопом DM 2500 M (Leica, Германия).

В ходе исследования были получены данные о концентрации и морфологических характеристиках частиц МП в воде р. Енисей за период июнь-август 2022 г. Содержание частиц МП более 150 мкм в поверхностных водах Енисея колебалось в разных точках от 0.10 ± 0.09 до 2.33 ± 1.20 ед./м³ с преобладанием волокон (56%) и фрагментов (35%). Наиболее распространенной категорией частиц по размеру был МП 300-1000 мкм по максимальной оси, его доля в среднем по пробам составила 47%. К настоящему времени завершён спектроскопический анализ частиц из проб воды р. Енисей, отобранных в точке Y-08-22-1 вблизи Минусинска. Были выявлены такие полимеры, как полиэтилен высокой плотности (HDPE), полиэтилентерефталат (PET), нейлон, полиэтилентерефталат-гликоль (PETG), полиэфирсульфон (PES). Количественный состав полимеров был следующим: PET (28 %), HDPE (24 %), PES (24 %), нейлон и PETG (по 12 %).

Отличия в средних содержаниях МП по точкам пробоотбора в большинстве случаев не были статистически значимыми. Однако в воде р. Енисей вблизи села Сизая Шушенского р-на (точка Y-08-22-3) наблюдались минимальные концентрации МП по сравнению с другими населёнными пунктами, отличия достоверны ($p < 0.05$). На этом участке реки снижение концентрации МП в поверхностной воде может быть обусловлено каскадом гидротехнических сооружений (плотин ГЭС) выше по течению. Содержание МП в поверхностных водах Енисея в разных точках от истока до приустьевых участков не зависело от плотности населения в ближайших населённых пунктах. При корреляционном анализе была выявлена зависимость концентраций МП от скорости течения реки. Существует статистически значимая сильная отрицательная корреляция ($r = -0.706$, $p < 0.05$), которая выражает отрицательную зависимость содержания частиц от скорости течения реки. Отрицательная корреляция между количественным содержанием частиц в поверхностном слое воды и скоростью течения реки обусловлена особенностями гидродинамических условий, наиболее вероятно – турбулентностью потока.

Таким образом, в ходе исследования установлено, что содержание МП в водах р. Енисей сравнительно невелико и не превышает 2.33 ед./м³. Среди частиц преобладают микроволокна и микрофрагменты. Полимерный состав частиц в пробах из Минусинска представлен PET > HDPE = PES > нейлон = PETG. Концентрации микропластика в речной воде обратны скорости течения и близости гидротехнических сооружений. Достоверных отличий по содержанию МП в поверхностных водах р. Енисей между истоком и приустьевой частью не выявлено.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-00720 «Распространение и аккумуляция микропластика в реках Сибири»).

Р-03 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИМ МУСОРОМ И МИКРОПЛАСТИКОМ РЕГИОНА АНТАРКТИКИ

Ершова А.А.¹, Весман А.В.^{1,2}

*1 - Российский государственный гидрометеорологический университет
(РГГМУ), Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт
(АНИИ), Санкт-Петербург, Россия
plasticlab.2019@gmail.com*

Исследования загрязнения микропластиком морской среды полярных регионов Российской Федерации проводятся лабораторией ПластикЛаб РГГМУ с 2019 года. В ходе ежегодных исследований разработаны и успешно апробированы пробоотборные устройства для отбора проб морской воды, а также отработаны подходы к лабораторному анализу проб, что позволяет вести многолетний мониторинг полярных регионов России на основе единого методического подхода. Пробоотборные устройства имеют патент РФ, объем отбираемой пробы не менее 1 м³, что позволяет определить достоверные концентрации микропластика в водной толще. Методика ПластикЛаб позволяет определять частицы микропластика размером до 100 мкм. Проведенные ПластикЛаб исследования в Арктике показали актуальность проблемы загрязнения микропластиком акваторий всех морей Арктики, в особенности Баренцева и Карского морей. Показана ключевая роль Нордкапского течения в формировании микропластиковой нагрузки в этом регионе. Максимальные концентрации микропластика как в воде, так и в донных отложениях наблюдаются в прибрежной части, что говорит о важности источников загрязнения на суше.

На основе накопленного многолетнего опыта исследований в Российской Арктике в 2022 году начаты исследования микропластикового загрязнения Южного океана и берегов Антарктики в рамках Российской Антарктической экспедиции совместно с АНИИ. Данный регион на сегодняшний день является наименее изученным регионом мира в отношении загрязненности морским мусором и микропластиком. Получены первые данные о загрязнении морским мусором берегов острова Кинг-Джордж в районе станции Беллинсгаузен в рамках экспедиций РАЭ-67 и РАЭ-68 в 2022-2023 гг. Показано, что количество пластикового мусора на побережьях в среднем на порядок ниже, чем на побережьях Арктики: не более 100 штук на 100-метровый участок пляжа, тогда как в Арктике количество предметов мусора на берегах архипелага Новая Земля достигает 3000 штук на 100 м. При этом морской мусор также преимущественно состоит из пластика (бутылки, куски рыболовецких бுவ и сетей - до 90 %).

В рамках исследований в Антарктике получены первые пробы морской воды Южного океана и снега в районе нескольких антарктических станций. Предварительные результаты анализа проб показали наличие частиц микропластика в пробах поверхностного слоя морской воды (некоторые виды полиэтиленов), а также значительное количество целлюлозных волокон с различными пигментами, что говорит о присутствии микрочастиц антропогенного происхождения в водах Южного океана. Образцы снега содержат значительное количество окрашенных частиц (волокон антропогенного происхождения) вблизи антарктических станций.

Таким образом, несмотря на барьерную роль антарктического циркумполярного течения проблема пластикового мусора и микропластика актуальна и для Антарктического региона.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 23-27-00456 «Исследование загрязнения региона Антарктики морским мусором и микропластиком».

Р-04 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПЛАСТИКА В УДОБРЕНИЯХ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

Исаков В.А.¹, Власова Е.Н.², Люлин С.В.¹

1 - НовГУ, Великий Новгород, Россия

2 - ИВС РАН, Санкт-Петербург, Россия

isakov-vla@yandex.ru

В настоящее время одной из основных стратегий повышения эффективности сельскохозяйственного производства является использование удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ [1].

Для получения удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ гранулы минеральных удобрений покрывают полимерными оболочками из наиболее дешевых инертных гидрофобных материалов (полиэтилен, акриловые полимеры, полиуретан и их сополимеры) невосприимчивых к биodeградации в естественной среде и способных адсорбировать на своей поверхности различные по природе токсичные загрязнители [2-4].

Проведено исследование состава полимерного покрытия гранул минеральных удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ торговых марок Basacote (производитель «Compo Expert», Германия) и Osmocote (производитель «ICL», Нидерланды) (табл. 1).

Таблица 1

Основные характеристики минеральных удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ

Марка удобрения	Срок действия, мес.	Размер гранул, мм	Содержание макроэлементов						
			N _{общ} , %	N _{NO3} , %	N _{NH4+} , %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	MgO, %	S, %
Basacote Plus 3M	3-4	2,5-3,5	15,0	7,0	8,0	8,0	12,0	2,0	5,0
Basacote Plus 6M	5-6	2,5-3,5	15,0	7,0	8,0	8,0	12,0	2,0	5,0
Basacote Plus 12M	10-12	2,5-3,5	15,0	7,0	8,0	8,0	12,0	2,0	5,0
Osmocote Bloom 2-3M	2-3	1,5-2,0	12,0	5,3	6,7	7,0	18,0	-	-
Osmocote Pro 5-6M	5-6	1,5-2,0	19,0	-	-	9,0	10,0	2,0	-
Osmocote Exact High K 8-9M	8-9	1,5-2,0	12,0	4,8	6,2	7,0	19,0	1,5	-

Полимерное покрытие отделяли от наполнителя, промывали дистиллированной водой и высушивали. Состав полимерного покрытия определяли методом инфракрасной спектроскопии (рис. 1, 2).

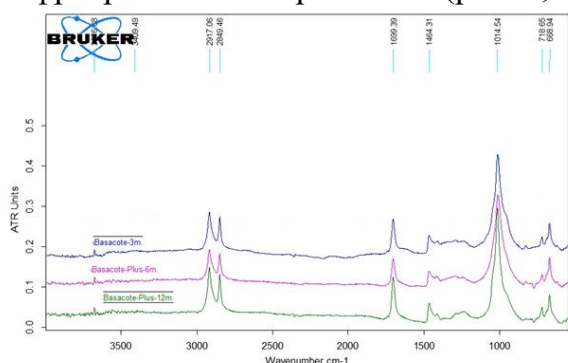


Рис. 1. Инфракрасные спектры полимерных покрытий удобрений торговой марки Basacote

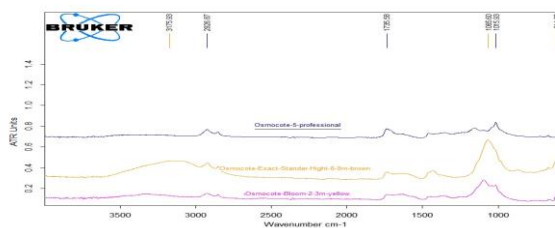


Рис. 2. Инфракрасные спектры полимерных покрытий удобрений торговой марки Osmocote

Анализ инфракрасных спектров полимерных покрытий удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ торговой марки Basacote показывает, что базовым полимером в покрытии является сополимер полиэтилен-полиакриловая кислота (ЕАА). В полимерных покрытиях с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ торговой марки Osmocote присутствуют полиакриламид, полиакриловая кислота и ее эфиры (акрилаты).

По результатам проведенного исследования состава полимерного покрытия гранул минеральных удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ торговых марок Basacote и Osmocote можно сделать вывод, что для производства данных удобрений производители используют небiorазлагаемые полимеры. Таким образом, решение проблемы повышения эффективности сельскохозяйственного производства за счет использования удобрений с замедленным/контролируемым высвобождением питательных веществ приводит к загрязнению окружающей среды микропластиком, остающемся в почве после внесения удобрений.

Авторы выражают благодарность Фонду Экология за оказанную финансовую поддержку при проведении данного исследования.

Список литературы:

1. Patcharakamon Nooeaid, Piyachat Chuysinuan, Wiparat Pitakdantham et al. Journal of Polymers and the Environment. **Vol. 29**. PP. 552–564. (2021).
2. Liang Dong, Du Changwen, Ma Fei et al. Agriculture, Ecosystems and Environment. **Vol. 286**. (2019).
3. Amer Ali Shah, Fariha Hasan, Abdul Hameed et al. Biotechnology Advances. **Vol. 26**. PP. 246-265. (2008).
4. Itzel Gaytán, Manuel Burelo, Herminia Loza-Tavera. Applied Microbiology and Biotechnology. **Vol. 105**. PP. 991-1006 (2021).

P-05 МИГРАЦИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПОЧВАХ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИМЕРА - WET OASIS: МОДЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Клушина С.И., Умарова А.Б.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва,
Россия
spieks70@gmail.com*

Большинство исследований загрязнения окружающей среды микропластиком (МП) сосредоточено на анализе океанических вод. В последние годы все большее число ученых обеспокоено загрязнением почв, как источника (Kumar M. et al. 2020) попадания МП в океаны. Среди различных типов особое беспокойство вызывают широко используемые фенолформальдегидные смолы, в частности, для изготовления флористической пены. Целью работы явилось исследование передвижения частиц флористической пены марки Oasis® в песчаном субстрате - очищенном просеянном кварцевом песке с диаметром частиц 0,5-1 мм.

Результаты исследования. Микроскопирование пены позволило обнаружить сотовую структуру, состоящую из смоляных оснований и мембранных пленок, образующих стенки ячеек. Пена легко поддается дроблению, образуя вторичный микропластик.

Методом сорбции над парами насыщенных растворов солей построены кривые десорбции воды, форма которых свидетельствует о полимолекулярной адсорбции и указывает на макропористое сложение.

Для исследования миграции МП в дисперсных субстратах был проведен фильтрационный эксперимент. Песчаный субстрат помещался в стеклянные колонки объемом 38,7(см²), на его поверхность или на глубину 1 см располагали растертую пену. Затем субстрат увлажняли до полной влагоемкости, после чего на поверхность подавали воду, и в условиях малонапорной фильтрации осуществляли сбор фильтрата по 50 мл, с последующим анализом на содержание МП. Колонки послойно препарировались для определения присутствия частиц МП на срезах.

Исследование фильтрата выявило наличие МП в каждой порции фильтрата, начиная с первых, что свидетельствует о его высокой миграционной способности в дисперсных средах.

Послойные срезы показали, что он дифференцируется по размеру и числу частиц с максимумом содержания в слое заложения. С глубиной наряду с сокращением его количества, уменьшается размер частиц. В нижних слоях наблюдается незначительное увеличение их количества без изменения крупности, что может свидетельствовать об эффекте лизиметрической границы при прерывании сплошности потока.

Вывод. Таким образом, фильтрационные эксперименты показали, что микропластик типа пластмасс флористической пены в раздробленном состоянии способен быстро мигрировать с водными потоками в песчаных почвах, независимо от глубины его расположения в субстрате.

Исследование проведено в рамках Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды»

Список литературы:

Kumar M. et al. Microplastics as pollutants in agricultural soils //Environmental Pollution. T. 265. С. 114980. (2020).

Р-06 ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ С ПРИРОДНЫМИ БИОМАКРОМОЛЕКУЛАМИ

Давыдова Н.К., Сергеев В.Н.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук,
Москва, Россия
davydova@ineos.ac.ru*

Синтетические сополимеры, способные взаимодействовать с природными биомакромолекулами с образованием комплексов, представляют большой интерес для биомедицинских приложений [1].

Нами синтезированы низкомолекулярные водорастворимые линейные сополимеры на основе акриламида, 3-(N,N-диметиламинопропил)-акриламида, N-(2-дибензиламино-этил)-акриламида, 1-(4-метилпиперазин-1-ил)-пропенона.

Расчет распределения функциональных групп в сополимерах проведен на основании данных ЯМР-спектроскопии. Определены частоты и интенсивности пиков, относящихся к соответствующим триадам сополимеров. Показано, что на конфигурацию общей цепи сополимеров оказывают влияние мономеры с объемным заместителем в амидной группе.

Получены и исследованы комплексы катионных сополимеров с ДНК бактериофага λ [2-5].

Полученные результаты важны для расширения возможностей практического применения органических полимерных материалов в биомедицине.

Работа выполнена в рамках Государственного задания №075-03-2023-642 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Список литературы:

1. Deming T.J., Klok H.-A., Armes S.P., Becker M.L., et al. Polymers at the Interface with Biology. *Biomacromolecules* 2018, 19 (8), 3151-3162.
2. Davydova N. K., Sinitsyna O. V., Yaminsky I. V., et al. Synthesis and Study of New Copolymers Capable of Forming Molecular Complexes with DNA. *Macromol. Symp.* 2012, 321–322, 84–89.
3. Sinitsyna O., Davydova N., Sergeev V., et al. Design of nanostructured surfaces of the DNA-active film-like acrylamide/N-(2-dibenzylamino-ethyl)-acrylamide. *The Proceedings of the 1st International Porous and Powder Materials Symposium & Exhibition*, 2013, 581-585.
4. Sinitsyna O. V., Davydova N. K., Sergeev V. N., et al. Nanostructured films by the selfassembly of bioactive copolymer. *RSC Adv.* 2014, 4, 55565–55570.
5. Davydova N. K., Sinitsyna O. V., Sergeev V. N., et al. Towards DNA sensing polymers: interaction between acrylamide/3-(N, N-dimethylaminopropyl)-acrylamide and DNA phage λ at various N/P ratios. *RSC Adv.* 2016, 6, 58212–58217.

Р-07 ФОТОТЕРМИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ МИКРО- И НАНОПЛАСТИКА

Хабибуллин В.Р., Волков Д.С., Проскурнин М.А.

*Химический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
proskurnin@gmail.com*

Во многих исследовательских и прикладных задачах, включая биомедицинские и технологические, размер всего объекта или его характеристической части определяет его свойства. Это в полной мере относится к задачам качественной и количественной оценки микропластика и нанопластика в объектах различной природы, а также установлению их воздействия на реальные системы, в особенности фотохимических процессов и явлений ускоренной или замедленной теплопередачи за счет действия наночастиц полимеров.

Решение таких задач требует чувствительных методов обнаружения, анализа и испытания как множественных, так и единичных объектов от микро- до нанометрового размера. При этом во многих случаях необходимо одновременно определять концентрационные характеристики с учетом дисперсного состояния вещества и оценивать, часто в динамике, физические характеристики этих объектов.

Для решения таких комплексных задач может быть использована термооптическая спектроскопия как группа методов молекулярной абсорбционной и одновременно тепловой спектроскопии. В их основе лежит превращение поглощенного излучения в тепло за счет безызлучательной релаксации возбужденных состояний. Это приводит к возникновению оптической анизотропии, т. е. в исследуемом объекте образуется индуцированный тепловым полем оптический элемент. Связь оптических характеристик этого *термооптического* элемента и количества вещества составляет основу применения термооптической спектроскопии в химическом анализе и прикладных физических исследованиях: измерения светопоглощения на уровне оптических плотностей до 10^{-7} и пикомолярных концентраций в объемах до фемтолитров и в поверхностных слоях. При этом термооптическая спектроскопия является в то же время и *фототермическим* методом, т.е. сигнал зависит от теплофизических характеристик объекта, определяющих динамику установления теплового стационарного состояния под действием излучения и само это стационарное состояние. Таким образом, термооптические методы предоставляют информацию как о светопоглощении, так и о теплофизических свойствах исследуемых объектов.

Для самого распространенного термооптического метода, термолинзовой спектроскопии, на основе разработанного подхода к описанию фототермических эффектов в дисперсных системах и неравномерно поглощающих объектах, показаны возможности определения частиц микро- и нанопластика и оценки их размера. Вместе с количественным определением целевых веществ возможно с достаточной точностью как определять температуропроводность (как следствие, теплопроводность) объекта в целом, так и оценивать тепловые характеристики дисперсных частиц. Это возможно за счет одновременного анализа времяразрешенных динамических и стационарных сигналов. Этот подход применен для оценки характеристик водных дисперсий наночастиц, при этом за счет различия в характеристических временах процессов можно различать фото- и

термоиндуцированные процессы. Продемонстрированы возможности динамической (корреляционной) термолинзовой спектроскопии (аналог спектроскопии динамического рассеяния света для фототермических явлений) и двумерных корреляционных термолинзовых измерений.

P-08 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОПЛАСТИКОВЫХ ЧАСТИЦ НА БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ *ORYCTOLAGUS CUNICULUS*

Беспалова О.Н., Блаженко А.А., Пачулия О.В., Коган И.Ю.

*ФГБНУ "Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии
и репродуктологии имени Д.О. Отта", Санкт-Петербург, Россия
alexandrablazhenko@gmail.com*

Биологически активные загрязнители окружающей среды оказывают значительное воздействие на экосистемы, дикую природу и здоровье человека. Было показано, что микропластики и нанопластики вызывают повышенный окислительный стресс, воспаление, изменение метаболизма, приводящее к повреждению клеток, что в конечном итоге влияет на гомеостаз тканей и организма у многих видов животных и клеток человека. Однако полное воздействие этих пластиковых частиц на живые организмы до конца не изучено. Исследования на грызунах показали, что микро- и нанопластики могут нарушать кишечный барьер, накапливаться в различных органах, вызывать дисбактериоз кишечника, снижать секрецию слизи, индуцировать метаболические изменения и вызывать нейротоксичность, помимо других патофизиологических эффектов. Более крупные млекопитающие, такие как кролики (*oryctolagus cuniculus*), также могут поглощать микропластик перорально. *Oryctolagus cuniculus* является биологической моделью, которая может использоваться в акушерстве. Перспективным направлением является изучение влияния микропластика на эту биологическую модель. Кроме того, мы предполагаем, что *Oryctolagus cuniculus* обеспечивает выгодную высокопроизводительную модельную систему для определения влияния пластиковых частиц на размножение животных, используя конечные точки репродуктивного поведения и клеточные показатели. Благодаря данной модели становится возможным адекватное изучение влияния микропластика и биохимическое подтверждение этого влияния на плаценту и плод животного. Планируется определить летальную дозу при пероральном введении частиц микропластика, а также концентрацию этого вещества в плаценте и плодах.

Р-09 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОДУКТОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЛИ-3-ОКСИБУТИРАТА НА СТВОЛОВЫЕ КЛЕТКИ

Чеснокова Д.В., Бонарцев А.П., Воинова В.В.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия
ant_bonar@mail.ru

Проблема присутствия микропластика (микро- и наноразмерных частиц небиоразлагаемых пластиков) в окружающей среде, питьевой воде и продуктах питания приобретает все большее значение. Однако влияние микро- и наноразмерных продуктов деградации биоразлагаемых полимеров на живые клетки остается малоизученной проблемой, тогда как использование биоразлагаемых полимеров для изготовления упаковки и предметов повседневного обихода приобретает все большие масштабы. В работе был использован биоразлагаемый полимер бактериального происхождения, поли-3-оксибутират (ПОБ), полученный нами с помощью контролируемого биосинтеза [1]. Из ПОБ были получены пористые микросферы со средним диаметром 120 и 500 мкм. Для получения микро- и наноразмерных продуктов деградации ПОБ проводили моделирование деградации микросфер из ПОБ в бессывороточной культуральной среде ДМЕМ. Инкубацию пористых микросфер из ПОБ проводили в течение 6 сут. при перемешивании на шейкере. Для отбора среды образцы центрифугировали при 13000 об/мин в течение 10 минут, использовали также и среду без центрифугирования. В качестве контроля использовали бессывороточную ростовую среду, инкубированную при тех же условиях с порошком низкомолекулярного (9 кДа) порошка ПОБ, который был использован как модель полимера, образовавшегося в результате активного процесса разложения. Оценка образующихся фракций микро- и наночастиц полимера в ходе его деструкции производилась с помощью метода динамического рассеяния света на приборе Zetasizer Nano ZS. Для оценки цитотоксичности образовавшихся микро- и наночастиц ПОБ мезенхимальные стволовые клетки (МСК), выделенные из жировой ткани, культивировали в течение 1, 5, 7 и 21 суток в среде моделирования биodeградации ПОБ, содержащей продукты деструкции полимера, после чего проводили стандартный ХТТ-тест на жизнеспособность клеток. Кроме того, с помощью ализаринового красного производили дифференциальное окрашивание клеток на отложение солей кальция. Продукты разложения полимера после 6 дней инкубации можно разделить на 5 фракций: 0,5-1,5, 100-150, 500-800, 1000-2000 и 4000-5500 нм. Продукты распада полимера оказывают значительное влияние на рост МСК, подавляя его, а в случае продуктов распада больших микросфер даже их центрифугирование, которое удаляет значительную фракцию нано- и микрочастиц, не устраняет этот эффект. Среда с низкомолекулярным порошком и на больших сроках – 21 сут. оказывает угнетающий эффект на рост клеток, тогда как в остальных экспериментальных образцах количество клеток было не меньше, чем в контроле со стандартной средой без полимерных частиц. По истечении 3-х недель культивирования МСК в среде с продуктами деградации полимера происходила минерализация - отложение солей кальция. Кроме того, часть клеток значительно изменила свою морфологию, которая стала похожа на морфологию остеоцитов – клетки стали звездчатой формы с длинными отростками. Таким образом, можно предположить, что микро- и наноразмерные продукты деградации

ПОБ вызывают остеогенную дифференцировку МСК.

Список литературы:

Zhuikov V.A., Zhuikova Y.V., Makhina T.K., Myshkina V.L., Rusakov A., Useinov A., Voinova V.V., Bonartseva G.A., Berlin A.A., Bonartsev A.P., Iordanskii A.L. Polymers (Basel), 2020, **12**, E728.

Р-10 МОНИТОРИНГ МИКРОПЛАСТИКА В НЕВСКОЙ ГУБЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

Политаева Н.А.¹, Поздняков Ш.Р.², Полугудина И.А.¹

1 - *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Россия
politaevana1971@gmail.com*

Цель данной работе проведение мониторинговых исследований на содержание микропластика в водах Финского залива, в районе Невской Губы. Финский залив является восточный точкой рукава Балтийского моря, между тремя странами: Финляндией, Россией и Эстонией. На данный момент экологическим состоянием Финского залива озабочены ученые многих стран, так как он играет ключевую роль в восточной части бассейна Балтийского моря. Ежегодно через акваторию перевозят более 100 тонн грузов свыше чем 2 тысячами судами. Акватория залива столкнулась еще с одним видом загрязнение – микропластиком. Для изучения содержания микропластика в водах и донных отложениях Финского залива был произведен отбор проб на популярных пляжах района Невской губы г. Санкт-Петербурга весной 2023г. Для точности исследования на каждом пляже были выбраны несколько точек отбора проб на расстоянии ~ 10 м. друг от друга, таким образом в каждой области были отобраны 4 пробы, из которых было получено усредненное значения количества микропластика. Методика исследования проб для выявления микропластика описана в статье [1]. Анализ полученных образцов проводили с использованием оптического микроскопа. Во всех исследуемых пробах были обнаружены микрочастицы пластика различной формы, размеров и цветов, но преобладают частицы нитевидной формы. Обнаруженные микропластики, содержали полиэтилен или полипропиленовый материал, которые являются результатом антропогенной деятельности. При сравнении участков отбора проб было показано, что наиболее загрязненными участками Невской губы являются Пляж Лахты и Жемчужный пляж. Основными причинами загрязнения данных территорий микропластика могут являться яхт-клубы Балтиец и Геркулес и Петербургский нефтяной терминал, также данные районы являются активно застраиваемыми районами Санкт-Петербурга за последние 5 лет в данных районах было построено множество жилых домов и одно из самых популярных строений Санкт-Петербурга – Лахта Центр. В качестве рекомендаций по снижению образования микропластика предлагается очищать сточные воды от содержания микропластика, минимизировать попадание отходов в водные объекты и проводить очистку водоемов. На данный момент не существует оптимальных методов извлечения микро частиц пластика из водных объектов и окружающей природной среды в целом. Можно очистить лишь локальные загрязнения, например, сточные вода предприятия, запустив в отстойник бактерию *Ideonella sakaiensis*. Данная бактерия принадлежит к роду *Ideonella* семейства *Comamonadaceae*, она способно разрушать и потреблять пластик, преимущественно ПЭТ, она использует его в качестве единственного источника энергии.

Список литературы:

Ш.Р. Поздняков, Е.В. Иванова, А.В. Гузеева, Е.П. Шалунова, К.Д. Мартинсон, Д.А.

Тихонова Исследование содержания частиц микропластика в воде, донных отложениях и грунтах прибрежной территории Невской губы Финского залива: статья – Водные ресурсы 2020, Т. 47, № 4, стр. 411-420.

Р-11 ДЕТЕКЦИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ЖКТ РЕЧНОГО ОКУНЯ В РЕКАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Рахматуллина С.Н.¹, Поскребышева Ю.¹, Тропин Н.Ю.², Франк Ю.А.¹

1 - Томский Государственный Университет, Томск, Россия

2 - Вологодский филиал ФГБНУ "ВНИРО", Вологда, Россия
svetik_98_76@bk.ru

Загрязнение окружающей среды микроскопическими частицами синтетических полимеров является проблемой во всем мире из-за глобального потребления пластиковых изделий. Микропластик (МП) не растворим в воде и является стойким загрязнителем искусственного происхождения, который способен оказывать негативное влияние на физическое состояние гидробионтов (рыбы, моллюски), а также мигрировать по трофическим цепям. Так как рыбный промысел на территории России является одним из основных источников пищевых ресурсов населения, исследование пресноводных рыб на содержание МП весьма актуально.

Целью исследования является количественная оценка и характеристика МП в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) окуней, которые являются объектом промысла в разных регионах. Для целей исследования был проведен отлов рыб *Perca fluviatilis* из двух рек в географически удаленных регионах: р. Нагажма Вологодской области ($n=15$) и р. Пякупур Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа ($n=20$). Определены биометрические показатели: общая длина (L , мм), стандартная длина (l , мм), общая масса тела (Q , г) и масса тела без внутренних органов (q , г). Пол рыб определяли по половым железам. Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), включая желудок, пищевод и кишечник извлекали и замораживали в индивидуальной таре до проведения лабораторного анализа.

Гидролиз ЖКТ проводили для каждой особи индивидуально, используя 100 мл раствора КОН (10%) при температуре 55 °С в течение 48 ч. После расщепления тканей полимерные частицы извлекали путем разделения по плотности в насыщенном растворе NaCl (~1.20 г/мл). Полученный раствор пропускали через фильтр из стекловолокна с диаметром пор 1.00 мкм, при помощи вакуумной установки для сбора МП на подложке. Визуальный осмотр и тест горячей иглой проводили с помощью микроскопа Micromed MC2, оборудованного цифровой камерой и программным обеспечением TourView 3.7.6273, с дальнейшим определением качественного полимерного состава частиц путем микроскопии, совмещенной со спектроскопией комбинационного рассеяния («микро-Раман»). Анализ полимерного состава проводили на базе Материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ с использованием конфокального Рамановского спектрометра InVia Basic (Renishaw, Великобритания), оснащенного микроскопом DM 2500 M (Leica, Германия). Каждую частицу классифицировали по размеру и форме (волокна, фрагменты, сферы и пленки).

В ходе исследования были проанализированы 35 особей окуня (20 из р. Пякупур и 15 из р. Нагажма), среднее содержание частиц МП в ЖКТ составило в среднем по двум выборкам 6.95 ± 8.16 частиц на особь. 10 из 15 исследованных особей окуня из р. Нагажма содержали частицы МП, что составило 66.7 % выборки (11.1 ± 7.43 частицы на особь или 212.5 ± 184.4 на кг общей массы тела). В окунях из р.

Пякупур МП обнаружен во всех исследованных особях, в среднем детектировано 3.86 ± 2.42 частиц на особь или 28.0 ± 16.7 на кг). Применение t-критерия Стьюдента выявило существенные различия в потреблении МП между окунями из двух рек пресноводных водоемов ($p < 0.01$). При этом поглощение МП рыбами в исследуемых популяциях не коррелировало с их линейно-весовыми характеристиками и половыми признаками. Такое различие, вероятно, связано с более выраженной антропогенной нагрузкой в Вологодской области по сравнению с ЯНАО.

Частицы МП, извлеченные из ЖКТ окуней р. Нагажма и р. Пякупур были разделены на 2 категории: волокна и фрагменты неправильной формы. Другие типы МП –сферы и пленки – в образцах не обнаружены. Микроволокна преобладали в окунях из обеих выборок, и составляли 89.2 и 96.1 % в особях из рек Нагажма и Пякупур, соответственно. Остальные частицы были представлены фрагментами нерегулярной формы, их доля составляла 10.8 % для окуней из р. Нагажма и 4.00 % для окуней из р. Пякупур. Наиболее распространенными категориями частиц по размеру для окуней из р. Нагажма были 2000-000 мкм (25.3 %) и 300- 1000 мкм (24.1 %) по наибольшей оси. Кроме того, в ЖКТ окуней встречен микропластик с размерами 150-300 мкм (18.1 %), 3000 – 4000 мкм (14.5 %) и 4000-5000 мкм (1.20 %). В окунях из р. Пякупур преобладали частицы размерами 300-1000 мкм (35 %), по 26 % от суммы частиц было представлено категориями 1000-2000 и 2000-3000 мкм. Небольшая доля частиц представлена размерным рядом 150-300 мкм (9 %) и 4000-5000 мкм (4 %). В ходе спектроскопического исследования, выполненного для МП из ЖКТ окуней р. Нагажма, были выявлены такие полимеры, как полистирол (PS) и полипропилен (PP). Количественный состав полимеров был следующим: PS (64%) и PP (36%).

Таким образом, в ходе исследования окуней из р. Нагажма и р. Пякупур, частицы обнаружены в ЖКТ 86 % рыб из проанализированных 35 особей. В ЖКТ окуней обнаружены микроволокна и микрофрагменты искусственных полимеров. Волокна преобладали в обеих выборках окуней, составляя 89.2 и 96.0 % от суммы частиц, соответственно. Результаты исследования подтверждают попадание МП в организм пресноводных рыб в реках России, таких как р. Нагажма Вологодской области и р. Пякупур Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа. В окунях, выловленных из р. Нагажма, содержание МП было значимо выше ($p < 0.01$). Полученные данные подчеркивают необходимость дальнейшего изучения накопления и трофического переноса МП в пресноводных пищевых ресурсах.

Р-12 МИКРОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ ИСКУССТВЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Редникин А.Р., Рахматуллина С.Н., Воробьёв Д.С., Франк Ю.А.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
Россия
alexrednikin@yandex.ru*

На сегодняшний день одной из самых актуальных глобальных экологических проблем является загрязнение окружающей среды микропластиком и другими синтетическими полимерами. Частицы пластика микронного размера были обнаружены во всех сферах нашей планеты [Ramkumar et al., 2021], к настоящему времени получены доказательства их негативного влияния на живые организмы [Fu et al., 2020; Li et al., 2023]. Исследования атмосферного микропластика (АМП) начались сравнительно недавно [Dris et al., 2015], поэтому механизмы распространения частиц и объемы их атмосферного переноса на многих территориях, в том числе и в России, ещё неизвестны.

В ходе нашего исследования были изучены атмосферные осадки (снежный покров) на территории Западной Сибири. Данный регион характеризуется сочетанием районов с высокой степенью урбанизации и активной антропогенной деятельностью (Новосибирская, Кемеровская, Омская область) и с меньшей плотностью населения (Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий автономный округ). Образцы снега были собраны в конце февраля 2021 года в 22 точках с помощью металлического пробоотборника с диаметром сечения 78.5 см². После транспортировки в лабораторию снег был растоплен при комнатной температуре. Обработка проб проводилась в несколько этапов, включая сепарацию по плотности с применением NaCl, окисление органических остатков, сбор частиц на мембране из стекловолокна, визуальный анализ частиц с помощью микроскопа с применением теста горячей иглой, а также использование микроскопии, совмещенной со спектроскопией комбинационного рассеяния (микро-Раман) для определения типа полимера.

В результате микрочастицы синтетических полимеров были обнаружены во всех пробах снега. Наибольшее количество зафиксировано вблизи Омска – 14119 частиц на м² снежного покрова, а минимальное количество в Ханты-Мансийске – 99 ед./м². Однако в районах с низкой плотностью населения и сравнительно низкой горнодобывающей и промышленной деятельностью за зимний период также накапливалось значительное количество микрочастиц пластика: 1331 и 807 ед./м² вблизи автозимника (Томская область) и на границе северного полярного круга (Тазовский район ЯНАО), соответственно. В 8 точках преобладали частицы автомобильных шин, в остальных сайтах большую часть составляли пластиковые микрочастицы. В отдельных точках частицы шин среди микроразмерных фрагментов полимерных изделий отсутствовали. Преобладающим морфотипом микрочастиц синтетических полимеров являлись волокна. При анализе полимерного состава частиц выяснилось, что чаще всего в образцах встречаются смеси полимеров на основе полисульфона (более 40 %), применяющиеся как инженерные термопластики [Alfredo Campo, 2008], вискоза (обработанная природная целлюлоза – 19.3 %) и волока полиэстера (8.6 %).

Таким образом, мы можем сделать вывод, что на территории Западной Сибири отсутствует прямая корреляция между концентрациями микрочастиц синтетических полимеров и плотностью населения, а основным фактором распространения АМП являются метеорологические условия. Благодаря анализу состава полимеров с применением микро-Рамановской спектроскопии были выявлены потенциальные источники АМП, включающие автомобильные шины, инженерные термопластики и текстильные материалы.

Исследование выполнено при поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет–2030).

Цитируемые источники:

Ramkumar Mu. et al. Gondwana Research. **118**, pp. 4-12 (2021). *Fu D. et al.* Marine Pollution Bulletin. **153**, 110963 (2020). *Li Y. et al.* Science of the Total Environment. **855**, 158922 (2023). *Dris R. et al.* Environmental Chemistry, CSIRO Publishing, pp.2015 (2015). *Alfredo Campo E.* Selection of Polymeric Materials. William Andrew Publishing, 2008.

Р-13 РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА АТМОСФЕРНОГО МИКРОПЛАСТИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЛОВУШЕК

Юлдашева М.Б.¹, Франк Ю.А.¹, Джамбекова Г.С.², Воробьев Д.С.¹

1 - Томский государственный университет, Томск, Россия

*2 - Международный центр молекулярной аллергологии при Агентстве
инновационного развития Республики Узбекистан
malika.yuldasheva.567@mail.ru*

Микропластик (МП) представлен пластиковыми частицами размерами до 5 мм по максимальной оси, циркулирующими в окружающей среде, разнообразными по форме, цвету и полимерному составу. Если на ранних этапах исследований проблема МП считалась сугубо «океанической», то в настоящее время микропластиковое загрязнение отмечено не только гидросфере, но и в атмосфере, в почвенном покрове, в геологических средах и в биосфере (Rochman and Hoellein, 2020). Среди факторов, способствующих образованию и накоплению МП в природе, можно назвать следующие: неправильная утилизация пластиковых отходов, применение пластиковых микрогранул в составе косметических средств и промышленных абразивов, а также широкое использование человечеством искусственных полимерных материалов, включая текстиль. Производство и потребление синтетического текстиля постоянно увеличивается из-за роста населения и так называемой «быстрой моды». Фрагменты волокон искусственных полимеров длиной от 1 мкм до 5 мм, выделяющиеся в процессе стирки, сушки и эксплуатации одежды и домашнего текстиля, считаются важнейшим источником загрязнения окружающей среды (Periyasamy, Tehrani-Bagha, 2022).

Атмосфера – важный путь переноса МП в его глобальном цикле (Allen et al., 2019). Доказано, что АМП, в особенности полимерные микроволокна, попадает в организм человека через дыхательную систему, накапливается в органах дыхания и может оказывать негативное воздействие на здоровье (Amato-Lourenço et al., 2022). Цель данной работы – разработка методологии количественного учета АМП с применением пыльцевых ловушек. Пыльцевые ловушки устанавливают и используют для аэрополинологического мониторинга. Одновременно с основным назначением данных ловушек, их можно применять для контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха частицами МП без дополнительных затрат на отбор проб.

Исследование проводили на примере пыльцевой ловушки Lanzoni VPPS2010, установленной в г. Навои, Узбекистан (40°06'57"N 65°22'16"E), установленной на высоте 25 м. Отбор проб атмосферы проводили в течение ноября 2022 г. и марта 2023 г. Для улавливания частиц использовалась гравитационная ловушка «Lanzoni», которая позволяет рассчитать количество частиц в объеме воздуха. Частицы оседают на клейкую ленту, намотанную на активный барабан устройства, который вращается со скоростью 2 мм/час. Визуальный анализ частиц на фрагментах ленты проводили с помощью стереомикроскопа Micromed MC2, снабженного цифровой камерой TourView USB 2.0 CMO S и программным обеспечением TourView 3.7.6273. Для выявления частиц искусственных полимеров применяли тест горячей иглой или «hot needle test» как описано ранее (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

В ноябрьских пробах выявлено $0,05 \pm 0,02$ единиц МП на м^3 воздуха. В марте 2023 г. в воздухе учтено $0,21 \pm 0,11$ единиц МП на м^3 . Достоверных различий в содержании АМП, выявленном с помощью пылевой ловушки, между месяцами не выявлено ($p > 0.05$). Подавляющее большинство частиц МП в пробах было представлено волокнами. Из 16 учтенных частиц только одна отнесена к фрагменту неопределенной формы (в пробе за 3-ю неделю ноября). Большая часть частиц относилась к размерной категории от 1 000 до 2 000 мкм, преобладали частицы белого, синего и красного цветов.

Таким образом, установлено, что с помощью пылевых ловушек возможно проводить отбор проб и количественный учет МП в атмосферном воздухе. Так, в воздухе г. Навои в ноябре 2022 г. и в марте 2023 г. учтено в среднем за месяц 0,05 ед. МП и 0,21 ед. на м^3 , соответственно. Преобладающей формой частиц были волокна длиной 1000 - 2000 мм. Для разработки и внедрения масштабной системы мониторинга требуется подобрать метод анализа полимерного состава МП, однако полученные данные доказывают возможность контроля микропластикового загрязнения атмосферы.

Исследование выполнено при поддержке Первой стипендиальной программы фонда «Эл-Юрт умиди» Республики Узбекистан и Программы развития Томского государственного университета (Приоритет–2030).

Цитируемые источники:

1. Rochman C.M., Hoellein T. The global odyssey of plastic pollution. Thinking big about small particles reveals new features of the microplastic cycle. *Science*. 2020. – Vol. 368. P.1184–1185.
2. Periyasamy A.P., Tehrani-Bagha A. A review on microplastic emission from textile materials and its reduction techniques. *Polym. Degrad. Stab.* 2022. Vol. 199, 109901.
3. Amato-Lourenço L.F., Carvalho-Oliveira R., Júnior G.R., Santos Galvão L. dos, Ando R.A., Mauad T., Presence of airborne microplastics in human lung tissue, *J. Hazard. Mater.* 416 (2021) 126124.
4. Allen S., Allen D., Phoenix V.R., Le Roux G., Durántez Jiménez P., Simonneau A., Binet S., Galop D., Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nat. Geosci.* 2019. 12. 339–344.

Р-14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОГО СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С МАСС-ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ И ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Половяненко Д.Н.¹, Нефедов А.А.¹, Шундрин И.К.¹, Сотникова Ю.С.¹,
Пономаренко С.М.², Багрянская Е.Г.¹

*1 - Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО
РАН, Новосибирск, Россия*

*2 - Государственный научно-исследовательский институт промышленной
экологии, Москва, Россия
dpolo@nioch.nsc.ru*

Частицы пластика размером менее 5 мм, называемые микропластиком (МП), находятся в центре внимания большого количества экологических исследований во всем мире. Данные частицы представляют опасность для живых организмов и являются новым широко изучаемым загрязнителем. Однако в образцах окружающей среды количественная оценка МП по-прежнему остается серьезной проблемой. Особые свойства МП (очень высокая молекулярная масса, плохая растворимость в большинстве растворителей) не позволяют использовать классические аналитические методы, такие как ГХ-МС или ВЭЖХ-МС. В недавних публикациях обсуждались две разные аналитические стратегии. Методы ИК-Фурье-спектроскопии и Рамановской спектроскопии, позволяющие определять тип полимера, количество частиц и их размеры, являются одними из наиболее широко используемых в мире. Однако для мониторинга МП, определения источников, а также распределения МП в экологических системах, по нашему мнению, более информативным является представление количества МП в формате массовой концентрации, чем количество частиц. Для этой цели с учетом особенностей методов могут быть использованы методы пиролитической ГХ-МС и термогравиметрического анализа.

В данной работе представлены результаты разработки подхода количественного определения микропластика в природной и сточной воде с использованием пиролитической газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием и термогравиметрии. Подбор условий проведения анализа проводили с использованием тестовых образцов – частиц пластика размером менее 5 мм, полученных в лаборатории путем измельчения крупных фрагментов различных видов доступных промышленных пластиков в мельнице при охлаждении жидким азотом.

Установлено, что результатом анализа методом термогравиметрии является суммарная массовая концентрация пластика в образце. В то время, как методом пиролитической ГХ-МС установлена возможность идентификации и отдельного количественного определения ряда наиболее широко используемых типов пластика.

Пробы природной и сточной воды, отобранные в р. Обь, были проанализированы методами пиролитической ГХ-МС и термогравиметрии в условиях, разработанных в рамках данной работы.

Р-15 МИКРОПЛАСТИК В РЕКЕ КАРАДАРЬЯ: ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ

Хусанов А.К.¹, Франк Ю.А.², Воробьев Е.Д.², Рахматуллина С.², Ташбаев Ш.А.¹,
Маматкаримова С.¹, Юлдашев А.С.¹, Воробьев Д.С.²

*1 - Андижанский государственный университет, Андижан, Республика
Узбекистан*

*2 - Научно исследовательский Томский государственный университет, Томск,
Россия
a_xusanov75@adu.uz*

Массовое производство пластиковых материалов началось с середины XX века и с тех пор широко они используются во всех сферах человеческой деятельности. Текущий годовой объем глобального производства пластиковых изделий составляет более 390 миллионов тонн (<http://plasticseurope.org>). Причины образования микропластика (МП) размерами <5 мм включают неправильную утилизацию и последующую фрагментацию отходов, а также повсеместное применение искусственных полимерных материалов, включая текстиль. Благодаря малым размерам и стойкости в окружающей среде МП распространяется по разным частям Земли и циркулирует в почвах, гидросфере, атмосфере и биосфере (Bank and Hansson, 2019).

Реки считаются важнейшими транспортными путями МП. Одним из главных драйверов, стимулирующих количественные оценки загрязнения рек и проточных озер МП, является вынос микрочастиц в океаны со стоком. В случае регионов, не связанных с океанами, приоритетным становится вопрос о качестве поверхностных пресных вод, которые являются ценным ресурсом и поддерживают биоразнообразие.

По данным недавнего исследования (Kumar et al., 2022) страны Азии загрязнены микрочастицами пластика в большей степени, чем другие регионы мира. Однако водотоки стран Центральной Азии, включающей Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан, не изучены на предмет содержания и циркуляции МП. Несмотря на то, что актуальность проблемы пластикового загрязнения и значимость исследований по количественной оценке содержания МП в водотоках Узбекистана очевидны, до сих пор не было попыток проанализировать его содержание в поверхностных водах Республики.

Цель данной работы – предварительный скрининг содержания МП в поверхностных водах и донных отложениях р. Карадарья. Эта река является левой частью Сырдарьи, которая берет свое начало в Кыргызстане и протекает Ферганской долине по территории Узбекистана. Оканчивается она у г. Наманган, сливаясь с р. Нарын. Отбор проб поверхностных вод и донных отложений исследуемой реки проводили в октябре 2022 г. на территории Андижанского района Республики Узбекистан (40°53'30.5"N 72°30'29.5"E). Пробы поверхностных вод в трех повторностях отбирали пробоотборником системы Манта собственной конструкции, который дает возможность улавливать плавающие частицы из верхнего 15-сантиметрового слоя речной воды. Пробы донных отложений были взяты с площади 1/80 м² с помощью дночерпателя системы Петерсена, также в трех параллельных повторностях. Для извлечения МП из проб речной воды и донных отложений использовали модифицированные протоколы, основанные на окислении органического вещества пероксидом и разделении частиц по плотности

как описано ранее (Frank et al., 2023). Визуальный анализ частиц проводили с помощью стереомикроскопа Micromed MC2, снабженного цифровой камерой TourView USB 2.0 CMO S и программным обеспечением TourView 3.7.6273 с применением теста горячей иглой.

Среднее содержание частиц МП в поверхностных водах р. Карадарья составило 4.28 ± 0.09 ед./м³. Детектированы частицы в размерном диапазоне от 0.3 до 3.0 мм. Подавляющее большинство частиц (65.3 %) попадали в категорию 0.3-1.0 мм. В воде реки заметно доминировали микроволокна (87.0 %). Помимо волокон обнаружены пленки и микрофрагменты нерегулярной формы, на долю которых пришлось 10.2% и 6.1% от общей суммы МП, соответственно. Проведена также количественная оценка содержания МП в донных отложениях Карадарьи. Средняя концентрация частиц на килограмм сухого грунта составила 333 ± 11.5 ед. В пересчете на площадь дна содержание МП составило 22160 ± 7678 ед./м². В донных отложениях детектирован МП размерами от 0.15 до 5.0 мм с преобладанием частиц 0.3-1.0 мм (46.0 %) и 1.0-2.0 мм (32.0 %) по наибольшей оси. МП был представлен волокнами (86.0 %) и фрагментами нерегулярной формы (14.0 %).

Таким образом, установлено, что р. Карадарья подвержена микропластиковому загрязнению. Среднее содержание МП в поверхностных водах Карадарьи составило 4.28 ± 0.09 ед./м³, в донных отложениях выявлено 333 ± 11.5 ед./кг. на килограмм сухого грунта, соответственно. Преобладающей формой частиц были волокна размерами 0.3-1.0 мм по максимальной оси. Хотя полученные данные являются первым доказательством загрязнения р. Карадарьи, изучение распространения и циркуляции МП в водных объектах Узбекистана требует проведения масштабных исследований для выявления источников загрязнения.

Исследование выполнено при поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет–2030) и программы «Микропластик в окружающей среде» Андижанского государственного университета.

Цитируемые источники:

1. Plastics Europe. Plastics – The Facts 2022. Available online: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/> (accessed on 11 January 2023).
2. Bank M.S. and Hansson S.V. 2019. The Plastic Cycle: A novel and holistic paradigm for the Anthropocene. *Environmental Science and Technology*. V. 53, P. 7177–7179. doi:10.1021/acs.est.9b02942.
3. Lebreton L.C.M., van der Zwet J., Damsteeg J.W., Slat B., Andrady A., Reisser J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communication*. V. 8, No. 15611. doi: 10.1038/ncomms15611.
4. Kumar P., Inamura Y., Bao P.N., Abeynayaka A., Dasgupta R., Abeynayaka H.D.L. 2022. Microplastics in freshwater environment in Asia: A systematic scientific review. *Water*. V. 14, No. 1737. doi: 10.3390/w14111737.
5. Frank Y.A., Vorobiev D.S., Kayler O.A., Vorobiev E.D., Kulinicheva K.S., Trifonov A.A., Soliman Hunter T. 2021. Evidence for microplastics contamination of the remote tributary of the Yenisei River, Siberia. The pilot study results. *Water* 13, 3248. doi: 10.3390/w13223248

Р-16 БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТОКСИЧНОСТЬ МИКРО- И НАНОПЛАСТИКА ПО ОТНОШЕНИЮ К ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ КЛЮЧЕВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА: МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проскурнина Е.В., Костюк С.В.

*Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова, Москва,
Россия
proskurnina@gmail.com*

В связи с масштабным производством и применением пластмасс проблема воздействия микропластика на окружающую среду и человека приобретает особую актуальность. Необходимы систематические исследования токсичности и генотоксичности по отношению к клеткам человека и животных [1]. Токсичность нано- и микрочастиц связана, в частности, с воздействием активных форм кислорода (АФК) на биомолекулы и сигнальные пути [2]. Под АФК понимают разнообразные по химическому строению, биохимической функции, месту и эффектам производные молекулярного кислорода. При низких, физиологических, концентрациях АФК обеспечивают нормальное функционирование иммунной системы и клеточного цикла. При высоких концентрациях АФК развивается оксидативный стресс, ведущий к повреждению ДНК, развитию воспаления, канцерогенезу, дегенеративным процессам.

Ранее для исследования токсичности и генотоксичности неорганических и органических наночастиц (наноразмерный диоксид церия, фуллерены, графен) был предложен подход, включающий следующие этапы: 1) изучение про- и антиоксидантных свойств частиц по отношению к основным активным формам кислорода на молекулярных моделях (супероксидному анион-радикалу, пероксиду водорода, гидропероксидам липидов); 2) изучение проникновения наночастиц в клетки, их накопления и образования внутриклеточных АФК; 3) исследование цитотоксичности и генотоксичности по выживаемости клеток, оцененной при помощи МТТ-теста и определению митохондриального потенциала, окислению ДНК и уровню одно- и двухцепочечных разрывов ДНК, 4) изучение активации АФК-зависимых сигнальных путей оксидативного стресса, воспаления и противовоспалительного ответа по экспрессии генов и белков, таких как NOX4, NF-kB, NRF2, HO-1, PRAR-γ; 5) изучение адаптивного ответа по активности систем репарации ДНК, апоптоза и аутофагии, 6) исследование активации микро-РНК.

В качестве исходных материалов могут быть использованы любые охарактеризованные частицы микро- и нанопластика. В качестве клеточных культур целесообразно использовать клетки легких, кожи и сосудов, являющиеся основной мишенью воздействия микропластика при попадании в организм человека (эмбриональные фибробласты легких человека, фибробласты кожи, клетки эндотелия), также другие культуры нормальных, стволовых и раковых клеток. Реализация указанного подхода основана на использовании флуоресцентной микроскопии, хемилюминесценции, метода полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией, проточной цитофлуориметрии, технологии NanoString, культуральных методов.

Список литературы:

1. Azfaralariff, A.; Mat Lazim, A.; Amran, N.H.; Mukhtar, N.H.; Bakri, N.D.; Azrihan, N.N.; Mohamad, M. Mini review of microplastic pollutions and its impact on the environment and human health. *Waste Manag Res* **2023**, *41*, 1219-1226, doi:10.1177/0734242X231155395.
2. Xuan, L.; Xiao, L.; Huang, R. The geno-toxicological impacts of microplastic (MP) exposure on health: mechanistic pathways and research trends from a Chinese perspective. *Environ Sci Process Impacts* **2023**, *25*, 26-36, doi:10.1039/d2em00301e.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ ОТБОРА ПРОБ СТОЧНОЙ И ПРИРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА

Березова Л.Е.¹, Сотникова Ю.С.², Половяненко Д.Н.², Винс К.П.³, Багрянская Е.Г.²

*1 - ФГБУ Государственный научный исследовательский институт
промышленной экологии, Москва, Россия*

*2 - ФГБУН Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова
СО РАН, Новосибирск, Россия*

*3 - ФГБУ Центр лабораторного анализа и технических измерений по
сибирскому федеральному округу, Новосибирск, Россия
laber_62@mail.ru*

Существующие методы, используемые для отбора проб природной и сточной воды для анализа содержания минеральных загрязнителей и микропластика, часто требуют больших затрат времени, наличие квалифицированного персонала, сложных методов и дорогостоящего оборудования. В настоящее время существует потребность в разработке способа отбора проб, который будет: 1) максимально простым с точки зрения оборудования и исполнения; 2) позволять получать достоверные воспроизводимые результаты; 3) требовать минимальных затрат времени при отборе; 4) позволять получать логистически выгодную транспортировку отобранных проб в лабораторию.

В данной работе представлена стратегия отбора проб с использованием устройства, состоящего из набора сит из нержавеющей стали и фрагмента фильтрующей полиамидной ткани с размером ячеек 0.1 мм. Отбор проб поверхностной природной и сточной воды осуществляли с помощью мерных металлических емкостей объемом 1/5/10 л. Пропуская отобранную пробу через фильтр было установлено, что даже большое количество взвешенных частиц не влияет на скорость фильтрации с использованием предлагаемой конструкции. Данное преимущество возникает благодаря использованию сит большого диаметра - 200 мм. После пропускания определенного объема воды (20, 50, 100 л) фильтр извлекали и упаковывали в металлическую фольгу, затем в полиэтиленовый zip-пакет с фиксацией номера пробы и координаты точки отбора. Затем упакованные фильтры отправлялись в НИОХ СО РАН для проведения измерений.

Экспериментальную проверку пригодности использования данной системы пробоотбора проводили на следующих объектах окружающей среды: природная поверхностная и/или сточная вода р. Обь, р. Селенга, оз. Байкал.

В результате работы установлено, что данная система отбора позволяет получить пробу в легком и логистически выгодном для транспортировки формате небольшого размера. Главным преимуществом данного способа является возможность его использования в любом даже самом труднодоступном месте, что позволяет отнести данную систему к унифицированному устройству. Так, данную систему использовали для отбора проб прибрежной природной воды, сточной (вытекающей из трубы) воды, а также из отдаленного от берега реки месте, осуществляя фильтрацию и упаковку пробы в водном транспортном средстве.