

Анализ микрочастиц пластиков с помощью лазерной системы визуализации химического состава Agilent 8700 LDIR

М. И. Мельник¹

УДК 543.42

Загрязнение окружающей среды микрочастицами пластиков (микропластиком) достигло угрожающих масштабов. Микропластик повсеместно обнаружен в Мировом океане, от поверхности до дна, от льдов Арктики до вод Антарктики. Это является угрозой не только для окружающей среды, но и для здоровья человека. Один из источников загрязнения мирового океана микропластиком – микроскопические волокна пластика, которые составляют от 15 до 31% от общего количества загрязняющей океан пластмассы. В количественном выражении это около 9,5 млн тонн микропластика в год.

Используемые сегодня методы подготовки и анализа проб микропластиков зачастую приводят к загрязнению пробы, отнимают много времени или не дают возможности обрабатывать достаточный объем материала для того, чтобы получать репрезентативные данные. Agilent разработал для анализа микрочастиц пластиков новое, не имеющее аналогов оборудование и метод визуализации химического состава на основе прямой лазерной ИК-спектроскопии – Agilent 8700 LDIR. На базе системы Agilent 8700 создано автоматизированное решение для идентификации, измерения размеров и полуколичественного определения самых мелких микропластиков и подготовки отчетов по результатам этого анализа.

Agilent 8700 LDIR с автоматизированной методикой программы Agilent Clarity был опробован на реальных образцах, отобранных в Индийском океане с помощью системы фракционирования микрочастиц пластиков Geesthacht (GIMPF), которая позволяла выделять из морской воды большие объемы взвешенных твердых частиц размером 10 мкм и более. Метод визуализации химического состава на основе прямой лазерной ИК-спектроскопии и Agilent 8700 LDIR показал высокую эффективность и надежность для поиска и характеристики микрочастиц и микроволокон пластиков в различных образцах.

Ключевые слова: микрочастицы пластиков, идентификация и определение размера микрочастиц, лазерная система визуализации химического состава, Agilent 8700 LDIR, автоматизированное решение, программное обеспечение Agilent Clarity

Загрязнение окружающей среды микрочастицами пластиков (микропластик) достигло невероятных масштабов. Микропластик повсеместно обнаружен в Мировом океане, от поверхности до дна, от льдов Арктики до вод Антарктики. В океане пластиковые

пакеты, бутылки, коктейльные трубочки, гигиенические прокладки, подгузники и медицинские маски постепенно распадаются на мелкие частицы. И это представляет собой угрозу не только для окружающей среды, но и для здоровья человека.

Микропластиком считаются все частицы полимеров размером меньше пяти миллиметров. Однако,

¹ ООО «Энерголаб», Москва, М. Melnik@energolab.com.

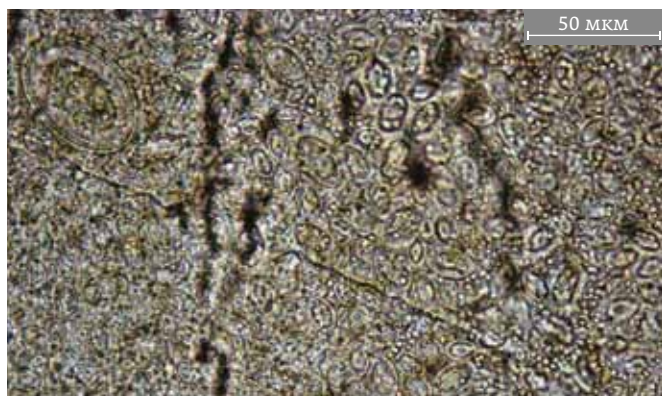


Рис. 1. Клетки диатомовых водорослей *Coscinopsis* sp., покрывающие поверхность полиэтиленовой пленки

как правило, наибольший интерес представляют самые мелкие частицы микропластика – размером меньше 100 мкм. Они не видны невооруженным глазом, их свойства отличаются от свойств естественных частиц и при этом микропластики заметно изменяются со временем пребывания в окружающей среде. Микрочастицы пластика могут легко проникать в пищевую цепочку.

В ходе дополнительных исследований ученые выяснили, что одним из источников загрязнения мирового океана микропластиком являются микроскопические волокна, которые отслаиваются при стирке синтетической одежды или от автомобильных шин при езде. В некоторых областях этот источник загрязнения наносит океану больший ущерб, чем загрязнение от обычных, видимых глазу отходов.

В одном из последних отчетов Международного союза охраны природы говорится, что микроволокна пластика составляют от 15 до 31% от общего количества загрязняющей океан пластмассы. В количественном выражении это около 9,5 млн тонн микропластика в год.

Микропластик и микроволокна попадают в глубины океана, соединяясь с частицами биологического происхождения в комки – агрегаты. На формирование агрегатов влияют биопленки из бактерий и одноклеточных водорослей, которые легко формируются на поверхности микропластика (рис. 1 и 2). В таком виде микропластики могут проникать в организмы широкого круга живых существ. В том числе и в планктон, составляющий основу морской пищевой цепи (рис. 3).

Проглоченные микропластические частицы повреждают органы и выделяют внутри организма опасные химические вещества – от разрушающего гормональный фон бисфенола А (БФА) до пестицидов.

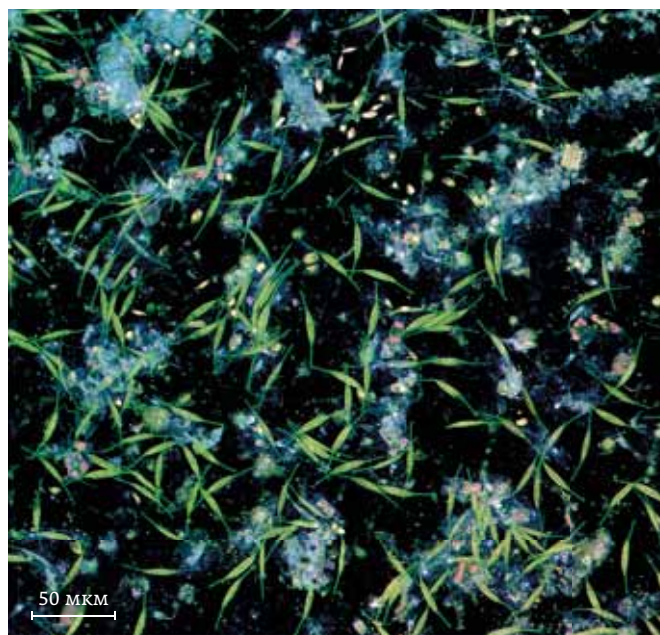


Рис. 2. Биопленка на поверхности микрочастиц пластика

Такое влияние нарушает защитные функции организма, а также останавливает рост и размножение клеток. Как микропластики, так и выделяемые ими химические вещества накапливаются в пищевой цепи, потенциально влияя на целые экосистемы, включая здоровье почв, в которых мы выращиваем растения для употребления в пищу. Микропластики в воде, которую мы пьем, и в воздухе, которым мы дышим, также могут напрямую поражать людей.

Чтобы изучить влияние микропластика на окружающую среду и определить уровень засоренности, необходимы методы анализа, позволяющие определять состав, размер и количество микрочастиц различных пластиков.

В настоящее время в большинстве исследований при подготовке и анализе проб используется методика, рекомендованная NOAA [1].

Для идентификации обычно применяют ИК-микроскопы высокого разрешения, для подсчета

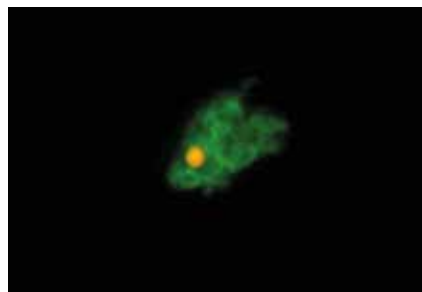


Рис. 3. Микропластик в клетке голубой мидии



Рис. 4. Система визуализации химического состава Agilent 8700 LDIR

частиц – бинокулярные микроскопы с 10–100-кратным рабочим увеличением. Такие методы имеют ограничения по размеру определяемых частиц – от 150 мкм и больше, кроме того, требуют очень много времени для визуального подсчета частиц.

Однако, наибольший интерес представляют собой микрочастицы, размером меньше 100 мкм. Они не видны невооруженным глазом и могут легко проникать в пищевую цепочку. Поэтому именно самые мелкие микрочастицы пластика представляют собой интерес с точки зрения биологии и токсикологии, ведь чем меньше частица, тем она опасней. Для определения химического состава этих мельчайших частиц обычно применяются методы колебательной спектроскопии, которые отнимают много времени. Например, сканирующие ИК-фурье-микроскопы имеют очень маленькое поле зрения. Из-за этого у них плохое соотношение сигнал / шум и им нужно больше минуты на анализ одной микрочастицы пластика. Матричные ИК-фурье- и рамановские микроскопы тоже слишком медленны для таких задач.

Сегодня отсутствуют гармонизация и типовые регламенты испытаний для подготовки и анализа проб микрочастиц пластиков, что привело к появлению множества прикладных методик, которые зачастую приводят к загрязнению пробы, отнимают много времени и не позволяют обрабатывать достаточный объем материала для того, чтобы быть репрезентативными.

Agilent разработал новый метод и оборудование для анализа микрочастиц пластиков с помощью визуализации химического состава на основе прямой лазерной ИК-спектроскопии (рис. 4).

Не имеющий аналогов метод визуализации химического состава с помощью направленного инфракрасного излучения (LDIR) реализован в Agilent 8700 – лазерной системе визуализации и спектроскопии. Agilent 8700 LDIR использует самую современную технологию квантово-каскадного лазера (QCL), разработанного компанией Agilent, в сочетании с быстросканирующей оптикой для создания четких, высококачественных изображений и получения спектральных данных для идентификации. Технология включает интуитивно понятное программное обеспечение Agilent Clarity, предназначенное для быстрой и подробной визуализации больших областей образца при минимальном количестве манипуляций при загрузке образца и запуске аналитического метода.

Система Agilent 8700 LDIR обеспечивает детальный анализ большого количества образцов за короткое время и дает достаточно статистических данных для определения состава различных проб – таблеток, подложек, тканей, полимеров, волокон и др. Благодаря этому исследователь может быстрее получать результаты, принимать более обоснованные, быстрые решения относительно дальнейших исследований, сокращая как затраты, так и время анализа.

На базе системы Agilent 8700 LDIR создано автоматизированное решение для идентификации, характеристики и полуколичественного определения самых мелких микрочастиц пластиков, подготовки отчетов по результатам таких анализов. Новое решение позволяет за считанные минуты проводить идентификацию и характеристику микрочастиц пластиков размером до 10 мкм.

Agilent 8700 LDIR избавлен от большинства недостатков присущих методам, которые обычно применяются для анализа микрочастиц пластиков. В системе 8700 LDIR сочетание квантово-каскадного лазера с точечным детектором и быстросканирующей оптикой позволяет за считанные секунды снять ИК-спектр большого количества микрочастиц и определить их размер и химический состав.

Автоматизированное решение на базе Agilent 8700 LDIR включает сам спектрометр, специализированное программное обеспечение Clarity и библиотеку спектров различных пластиков, которая собрана по данным из надежных источников.

Процедура анализа очень проста, полностью автоматизирована и включает минимум шагов – поместите образец в 8700 LDIR и закройте дверцу, ПО Clarity делает все остальное.

Первое сканирование за считанные минуты обнаруживает все частицы – ПО Clarity снимает спектры только там, где обнаружены частицы. Нет

необходимости во внешних пакетах программ, весь анализ автоматизирован на одном приборе и с одним ПО.

Автоматизированное решение на базе Agilent 8700 LDIR было опробовано на реальных образцах. Пробы отбирали в Индийском океане с помощью системы фракционирования микрочастиц пластиков Geesthacht (GIMPF), которая позволяет выделять из морской воды большие объемы взвешенных твердых частиц размером 10 мкм и более.

Отобранные образцы фракции 10–300 мкм очищали от органических и неорганических компонентов матрицы. Очищенные пробы диспергировались в 50%-ном этаноле и осаждались на предметные стекла с отражающим ИК-излучение покрытием (7,5×2,5 см, MirrIR, Kevley Technologies). Затем предметные стекла анализировали на просвет автоматизированной системой Agilent 8700 LDIR. Для всех анализов применялся протокол, имеющийся в программном обеспечении Agilent Clarity. Чувствительность устанавливалась на максимум, а спектральное разрешение на 8 см⁻¹.

Автоматизированная методика программы Agilent Clarity позволяет снимать ИК-спектр каждой частицы в режиме реального времени, выполнять поиск по базе данных (более 420 эталонных спектров) и проводить обработку данных. Статистическая обработка, а также пороговые значения для регистрации совпадения спектров адаптированы к целям анализа. После выполнения автоматизированных измерений результаты дополнительно проверяли вручную в режиме трансфлексии ИК-излучения через пробу, а также выборочно с использованием функции микроНПВО прибора LDIR.

На настоящий момент пока еще недоступны сертифицированные, эталонные стандарты микрочастиц

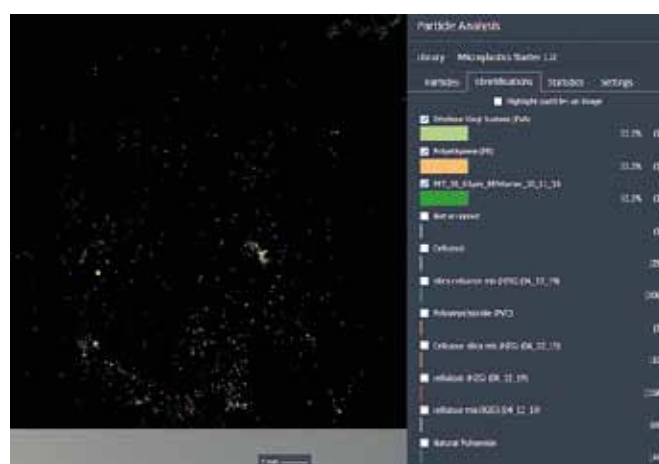


Рис. 5. ИК-изображение в псевдоцветах и статистика по типам полимеров для анализа сертифицированного эталонного стандарта планктона (BCR-414), полученные с помощью автоматизированной методики анализа LDIR

пластиков. Поэтому для валидации методики применяли полученные на месте эталонные частицы полиэтилена, полиэтилентерефталата, полипропилена и поливинилиденхлорида размером 20–500 мкм [2]. Описанная выше методика позволила правильно идентифицировать более 95% частиц. В работе также использовали сертифицированный эталонный стандарт с совпадающей матрицей (планктон, BCR-414, JRC) (рис. 5). Для всех анализов использовали расширенную библиотеку спектров LDIR Agilent 8700 с добавлением спектров частиц пластиков природного и антропогенного происхождения.

Концентрация микрочастиц пластика размером более 20 мкм в пробах колебалась в диапазоне от 10 до 226 частиц или волокон на м³ (табл. 1). В пробах

Таблица 1. Объем профильтрованной воды и количество микрочастиц пластика в каждой пробе

Проба	Объем пробы, м³	Общее количество частиц и волокон	Количество микрочастиц и микроволокон пластиков	Тип наиболее распространенных микрочастиц пластиков (кол-во)	Концентрация микрочастиц пластиков, 1 / м³
1	2,3	3150	47	ПЭТ (20)	21
2	5,7	524	54	ПЭТ (32)	10
3	1,1	2112	67	ПЭТ (22)	62
4	1,3	16687	293	Акрилаты / полиуретаны / лаки (116)	226
5	1,3	2938	109	ПЭТ (40)	86
6	1,4	5110	239	Акрилаты / полиуретаны / лаки (69)	165
7	1,4	857	15	ПС (5)	11

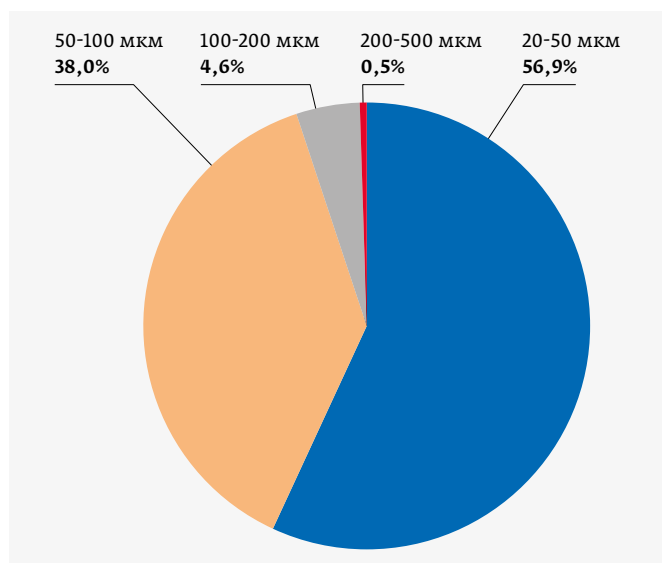


Рис. 6. Доля частиц различных размеров среди идентифицированных микропластиков и волокон

были идентифицированы 30 471 частица природного и 635 частиц синтетического происхождения, а также 14 различных кластеров полимеров. Самыми распространенными кластерами полимеров были

акрилаты/полиуретаны/лаки (39,2%), полиэтилен-терефталат (26,0%), хлорированный полиэтилен (7,1%), поливинилхлорид (6,0%), полиэтилен (5,2%), полипропилен (5,2%) и резина (4,3%). 94,9% всех микропластиков и микроволокон имели размер менее 100 мкм (рис. 6).

После почти полной очистки от матрицы 97,4% идентифицированных частиц оказались природного происхождения (ИК-спектры целлюлозы, силикатов, угля, хитина и природных полиамидов), и только 2,6% были синтетическими полимерами различного состава (рис. 7). Согласно Domogalla-Urbansky et al. (2018), соотношение синтетических и природных микропластиков лежит в диапазоне от 1:100 до 1:1000 [3].

В отличие от других исследований, в которых анализировалась только часть суспендированной пробы или небольшая площадь отфильтрованной пробы [2, 4], протокол минерализации и метод LDIR в сочетании с предметным стеклом большого размера позволили проанализировать каждую пробу целиком. Этот метод измерения позволяет снизить погрешность, вносимую экстраполяцией.

Как показано на рис. 8, очень важно анализировать спектр каждой частицы, не ограничиваясь только

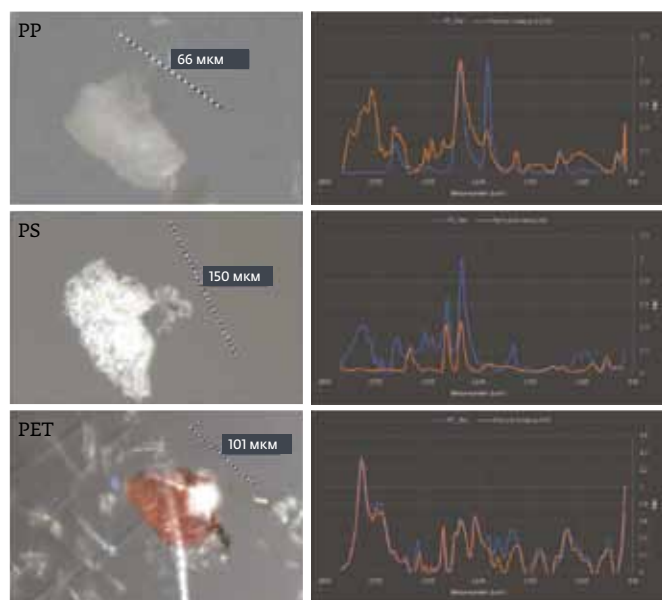


Рис. 7. Различные типы микропластиков размером менее 300 мкм, обнаруженные в пробах воды из Индийского океана. Спектры полипропилена (вверху) и полистирола (в центре) были записаны вручную, а полиэтилентерефталата (внизу) – в автоматическом режиме

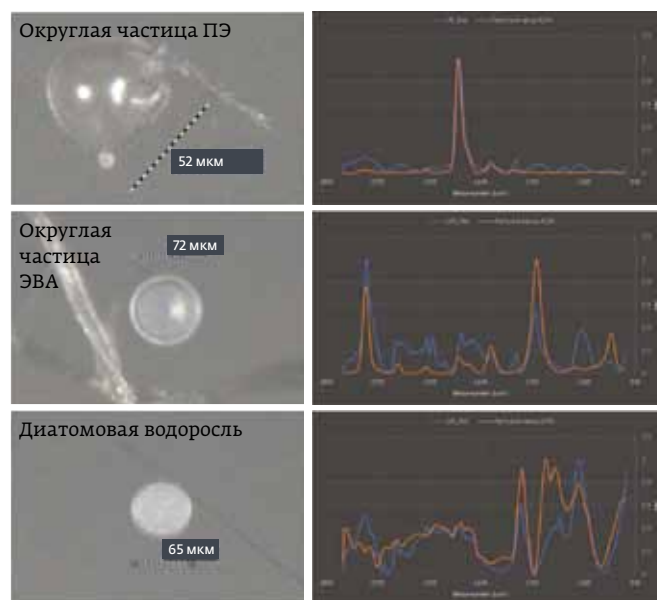


Рис. 8. Изображения (слева) и ИК-спектры (в сравнении с наилучшим совпадением из библиотеки) двух округлых микропластиков (полиэтилена и этиленвинилацетата). На нижнем изображении показана диатомовая водоросль, идентифицированная в пробе с помощью анализа LDIR



ВАШ ПОСТАВЩИК ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ



ВЫБИРАЯ НАС - ВЫ ВЫБИРАЕТЕ ЛУЧШЕЕ!



Авторизованный
дистрибьютор



WASSON-ECE
INSTRUMENTATION

SCP SCIENCE

MARKES
international

DiSTEK
CREATING A STRIP

Metrohm

CDS
Analytical

SARTORIUS



CMAPTXROM®

HITEC
LORENSBURG

Microtrac
Tensar Solutions in Particle Characterization

TANAKA

CONOSTAN®
Oil Analysis Standards



Rigaku
Leading With Innovation

ПАМО
ПРЕДСТАВЛЯЕТ
СЕРВИС

LabTech



Anton Paar

Miele
PROFESSIONAL



WWW.ENERGOLAB-AE.COM

sales@energolab.com

+7 (495) 926-02-14

+7 (495) 926-02-15

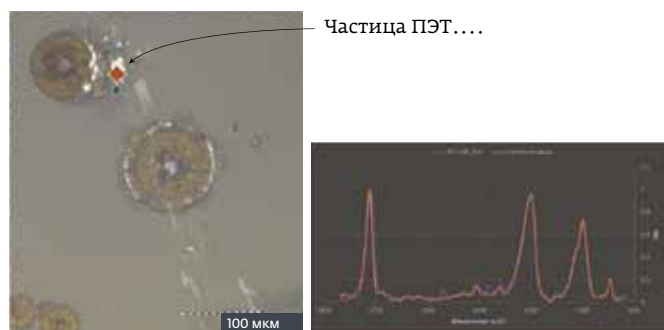


Рис. 9. Видимое изображение (слева) и ИК-спектр, полученный с помощью функции микроНПВО (в сравнении с лучшим совпадением из библиотеки) частицы ПЭТ (помеченной оранжевым маркером), соединенной с диатомовой водорослью

визуальной идентификацией, так как зачастую бесцветные частицы очень похожи на частицы природного происхождения (даже для округлых частиц).

На рис. 9 представлен пример микрочастицы пластика, соединенной с природной частицей, в данном случае диатомовой водорослью. Чтобы подтвердить тип полимера, применялась функция микроНПВО, что показало очень хорошее совпадение с библиотечным спектром. Исследователям удалось даже прижать кристалл непосредственно к частице, прикрепленной к диатомовой водоросли, чтобы проверить результат автоматизированного анализа.

Учитывая коэффициент вытянутости (соотношение сторон), равный трем [5], большинство микрочастиц пластиков были фрагментами, а не микроволокнами.

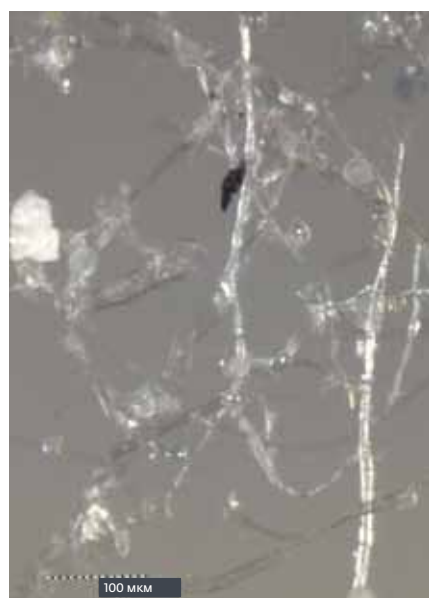


Рис. 10. Видимое изображение агрегата волокон целлюлозы и природных частиц, записанное LDIR

Распознавание волокон – непростая задача, особенно для подходов, использующих распознавание по одной точке, однако LDIR позволяет легко идентифицировать волокна (как показано на рис. 6) в образцах из окружающей среды.

Для анализа запутанных волокон (на присутствие включений полимеров), а также агрегатов частиц (рис. 10) применяется функция сканирования на длине волны выбранного вручную пика (рис. 11) или функция гиперспектрального сканирования системы Agilent 8700 LDIR.

Многопиковый анализ в сочетании с режимом микроНПВО позволяет получить ценную информацию о частицах, выборочно покрытых биопленками.

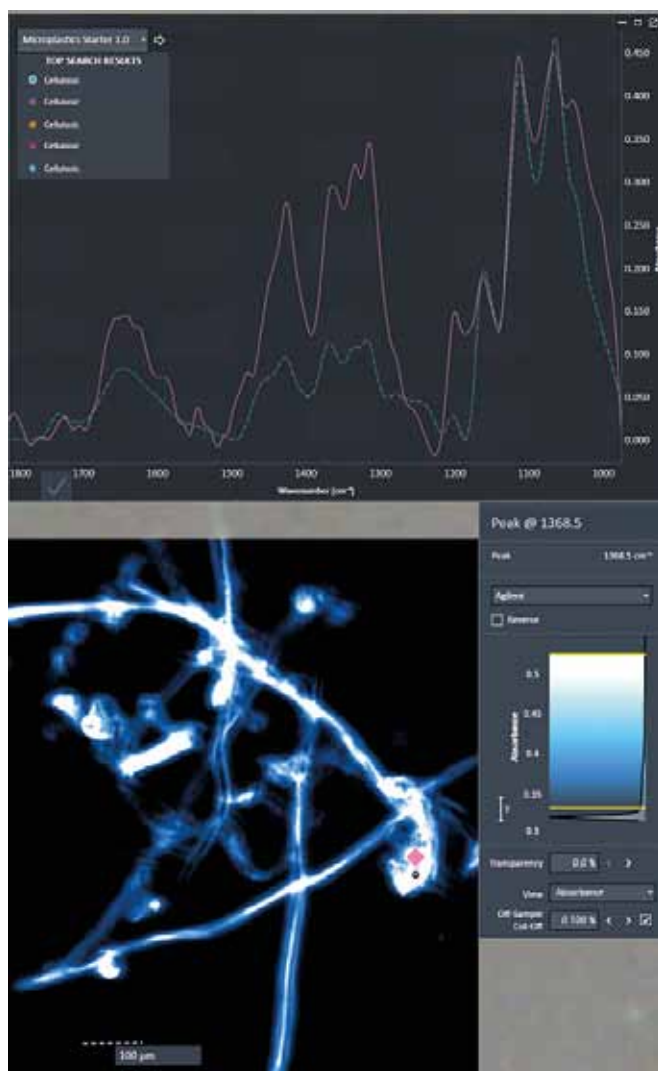


Рис. 11. ИК-изображение на длине волны выбранного пика ($\bar{\nu}=1368,5 \text{ см}^{-1}$) (внизу справа) и ИК-спектр (вверху) агрегата волокон целлюлозы и частиц природного происхождения, показанного на рис. 10

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ:

в центре внимания, в центре Москвы



НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ

www.oilandgasforum.ru

21-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА НЕФТЕГАЗ-2022



www.neftegaz-expo.ru

18–21 апреля 2022

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



12+

Реклама



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ЭКСПОЦЕНТР



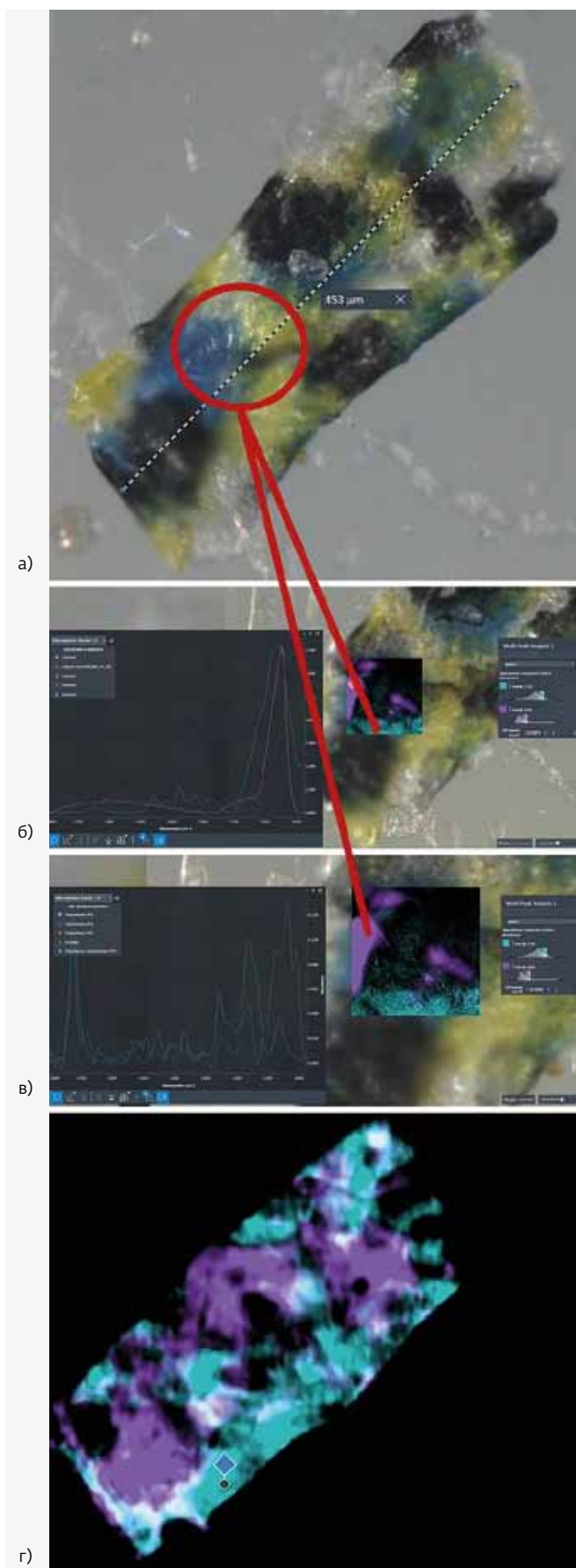
Например, на рис. 12 представлена большая частица полиуретана, некоторые участки которой показывают отчетливый ИК-спектр целлюлозы, в то время как другие участки – спектры полиуретана и акрилата. Оба результата подтверждены анализом вручную на просвет через пробу и с помощью микроНПВО. Метод LDIR позволяет не только хорошо разделить спектры от таких участков разного состава агрегированных частиц из окружающей среды, но и дает возможность изучать частицы, состоящие из смесей полимеров и композитов. Многопиковый анализ помогает идентифицировать различные компоненты таких смесей в микрочастицах пластиков из окружающей среды.

Метод визуализации химического состава на основе прямой лазерной ИК-спектроскопии (LDIR), реализованный в системе Agilent 8700 LDIR, показал высокую эффективность и надежность для поиска и характеристики микрочастиц и микроволокон пластиков в пробах морской воды большого объема. Результаты указывают на сравнительно высокую загрязненность проанализированных образцов микрочастицами пластиков.

Результаты автоматизированного метода были тщательно проверены визуальными наблюдениями как минимум пятью измерениями вручную в режиме трансфлексии ИК-излучения и выборочно анализом в режиме микроНПВО. Для фракции с размером частиц более 300 мкм результаты LDIR, полученные с использованием признанной базы данных спектров микрочастиц пластиков, и результаты традиционного ИК-фурье-анализа в режиме НПВО хорошо совпадали друг с другом. Расширение базы данных типичными спектрами матрицы позволило дополнительно повысить точность методики.

Благодаря высокой скорости и максимальной степени автоматизации Agilent 8700 LDIR демонстрирует хороший потенциал и широкие возможности для анализа микрочастиц пластиков. Это оборудование и автоматизированное решение на его базе может стать стандартным микроспектроскопическим методом в ходе крупномасштабных исследований микропластиков, а также стандартным решением для мониторинга, при котором скорость сбора данных имеет решающее значение.

Рис. 12. Частица полиуретана, предположительно частично покрытая биопленкой (а) во время анализа в многопиковом режиме (г) демонстрирует сильное поглощение при $\tilde{\nu}=1045\text{ см}^{-1}$ и $\tilde{\nu}=1730\text{ см}^{-1}$ (б, в). Спектр фиолетовых участков хорошо согласуется с эталонным спектром целлюлозы (б), а голубых со спектром полиуретана и акрилатов (в)



Литература / References

1. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. Masura, Julie; Baker, Joel; Foster, Gregory; Arthur, Courtney (NOAA Marine Debris Division, Silver Spring, MD, 2015).
2. Hildebrandt L., Voigt N., Zimmermann T., Reese A. and Proefrock D. Evaluation of continuous flow centrifugation as an alternative technique to sample microplastic from water bodies. Marine Environmental Research. 2019;151: 104768.
3. Lorenz C., Roscher L., Meyer M. S., Hildebrandt L., Prume J., Löder M. G. J., Primpke S. and Gerdt G. Spatial distribution of microplastics in sediments and surface waters of the southern North Sea. Environmental Pollution. 2019;252:1719–1729.
4. Domogalla-Urbansky J., Anger P. M., Ferling H., Rager F., Wiesheu A. C., Niessner R., Ivleva N. P. and Schwaiger J. Raman microspectroscopic identification of microplastic particles in fresh-water bivalves (*Unio pictorum*) exposed to sewage treatment plant effluents under different exposure scenarios. Environmental Science and Pollution Research. 2019;26(2):2007–2012.
5. Cole M. A novel method for preparing microplastic fibers. *Scientific Reports*. 2016;6(1):34519.

Статья получена 12.01.2022

Принята к публикации 28.02.2022

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 760 руб.

СПЕКТРОСКОПИЯ Бёккер Ю.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2021. – 528 с.,
ISBN 978-5-94836-220-5

Спектроскопия как средство описания атомов, ионов и молекул с помощью типовых длин волн, измеряемых при возбуждении, принадлежит сегодня к важнейшим и самым распространенным методам инструментальной аналитики. Специальные измерительные устройства, в том числе абсорбционные и эмиссионные спектрометры, обеспечивают точное определение количественного и качественного состава газообразных, жидких и твердых веществ.

В книге дается обзор разных методов атомной и молекулярной спектрометрии и рассматриваются многие аналитические проблемы, решаемые в лабораториях промышленных предприятий, в естественнонаучных и технических учреждениях, а также проблемы изучения и защиты объектов окружающей среды. В книге представлена широкая гамма существующих методов исследования, а также перечень приборов с руководством по их применению.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; knigi@technosphere.ru, sales@technosphere.ru

IV СЪЕЗД АНАЛИТИКОВ РОССИИ

25/IX–01/X 2022, г. Москва

К ЮБИЛЕЮ
АКАДЕМИКА
Ю.А. ЗОЛотова

ПРОГРАММА СЪЕЗДА

1. Конференция «Аналитика России»:
 - Спектроскопические методы (без рентгеновских)
 - Масс-спектрометрические методы
 - Электрохимические методы
 - Биохимические методы
 - Анализ конкретных объектов (без экологических) и определение важнейших аналитов
 - Общие вопросы аналитической химии (метрология, хемометрика, наноаналитика, проточный анализ, автоматизация и др.).
2. Конференция по рентгеновским методам анализа
3. Конференция «Хроматография: теория и аналитическое применение» (к 150-летию со дня рождения М.С. Цвета)
4. Конференция «Экоаналитика»
5. Конференция «Нефть и нефтепродукты как объекты аналитического контроля и научных исследований»
6. Симпозиум по преподаванию аналитической химии и подготовке кадров высшей квалификации
7. Симпозиум по аналитическому приборостроению
8. Симпозиум «Актуальные вопросы качества химического анализа и аккредитации лабораторий»
9. Годичная сессия Научного совета РАН по аналитической химии
10. Круглые столы, выставки приборов и книг, лекции, конкурсы, культурная программа

ОРГКОМИТЕТ СЪЕЗДА

Колотов В.П., д.х.н., чл.-корр. РАН – сопредседатель
Цизин Г.И., д.х.н. – сопредседатель
Шпигун О.А., д.х.н., чл.-корр. РАН – сопредседатель
Широкова В.И., к.х.н. – ученый секретарь

Апери В.В., д.х.н.
Барановская В.Б., д.х.н.
Большов М.А., д.ф.-м.н.
Буряк А.К., чл.-корр. РАН
Вершинин В.И., д.х.н.
Григорович К.В., д.т.н., академик РАН
Дзантиев Б.Б., д.х.н.
Евтюгин Г.А., д.х.н.
Залетина М.М., к.х.н.
Карцова Л.А., д.х.н.
Киселева И.Н., к.х.н.
Кучменко Т.А., д.х.н., профессор РАН
Лосев В.Н., д.х.н.
Майстренко В.Н., д.х.н., чл.-корр. АН РБ
Москвин Л.Н., д.х.н.
Мясоедов Б.Ф., д.х.н., академик РАН
Проскурнин М.А., д.х.н., профессор РАН
Спиваков Б.Я., д.х.н., чл.-корр. РАН
Стожко Н.Ю., д.х.н.
Темердашев З.А., д.х.н.
Филиппов М.Н., д.ф.-м.н.
Хамизов Р.Х., д.х.н.
Шеховцова Т.Н., д.х.н.
Штыков С.Н., д.х.н.

ПРЕЗИДЕНТ СЪЕЗДА – д.х.н., академик РАН
Золотов Ю.А.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Золотов Ю.А., д.х.н., академик РАН – председатель
Колотов В.П., д.х.н., чл.-корр. РАН – зам.
председателя
Залетина М.М., к.х.н.
Проскурнин М.А., д.х.н., профессор РАН
Филиппов М.Н., д.ф.-м.н.
Цизин Г.И., д.х.н.
Шеховцова Т.Н., д.х.н.
Шпигун О.А., д.х.н., чл.-корр. РА

Научный совет РАН по аналитической химии
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН
Ассоциация аналитических центров (ААЦ «Аналитика»)
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

КОНТАКТЫ

Широкова Валентина Ивановна:
analystscongress@geokhi.ru
Тел. (495) 939-70-13

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА И КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ

- 15 февраля 2022 г. – начало регистрации участников съезда и приема тезисов докладов
- 15 июня 2022 г. – окончание приема тезисов докладов
- 15 июля 2022 г. – программа съезда

Регистрация участников и прием тезисов будет проводиться в электронном виде в личном кабинете участника съезда.

Приглашаем Вас и Ваших коллег принять участие в работе съезда!

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОМПАНИЙ

Если Ваша компания хотела бы стать спонсором четвертого Съезда аналитиков России, принять участие в выставке продукции, оборудования, литературы, выступить с презентацией, разместить информацию и рекламные материалы на страницах сайта съезда, в сборнике материалов съезда, разложить печатные материалы в портфели участников и др. Добро пожаловать!

Предусмотрено несколько уровней спонсорского участия, подразумевающего различный перечень условий. Пожалуйста, обращайтесь в Организационный комитет.

Приглашаем заинтересованные компании принять участие в работе съезда!

Размер оргвзноса составляет 5 тыс. руб.
Для молодых сотрудников – 3 тыс. руб.

Оргвзнос включает расходы на аренду помещений и технических средств, типографские расходы, «портфель участника» и др.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ СЪЕЗДА

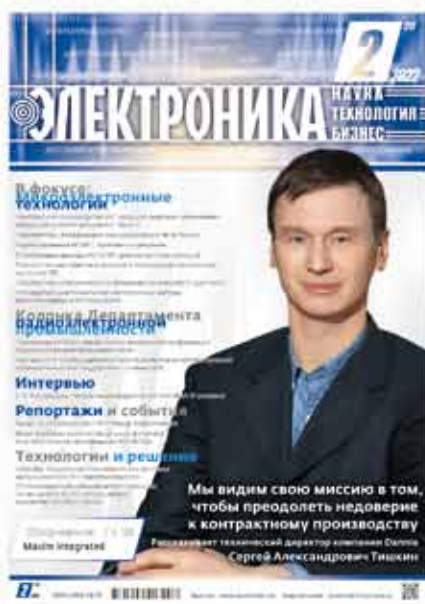
Съезд будет проведен в Научно-методическом Центре (НМЦ) профсоюза работников АПК, г. Москва, поселение Московский, Новомосковского административного округа. Проживание в гостинице НМЦ, примерная стоимость номера 4/2 тыс. руб. (одно/двухместное размещение). Питание заказывается и оплачивается отдельно. Проезд до НМЦ на метро до станции «Филатов луг» далее авт. 189 до остановки «Школа профсоюзов» (около 10-15 мин.).

*Вместе
в будущее!*



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**100% ГАРАНТИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ВСЕХ НОМЕРОВ**



Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru



Стоимость 1450 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosphere.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru



Стоимость 1300 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru



Стоимость 1800 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru