

Химико-аналитический центр «Арбитраж»

От момента создания до настоящего времени

И. Б. Максакова¹

Химико-аналитический центр «Арбитраж» (далее – ХАЦ «Арбитраж») – многопрофильная аналитическая лаборатория, более 20 лет функционирующая на базе ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Основными направлениями деятельности являются работы, связанные с аналитическим сопровождением исследований в области мониторинга и охраны окружающей среды, безопасности пищевой продукции и сырья, испытания (в том числе для целей сертификации), паспортизация опасных отходов, разработка методик измерений, разработка национальных и межгосударственных стандартов, экспертные и арбитражные исследования.

В область аккредитации ХАЦ «Арбитраж» включены более 100 методик измерений, пригодных, в том числе, для выполнения измерений и контроля в сфере государственного регулирования. Это единственная в РФ лаборатория, аккредитованная на исследования пробы неизвестного состава.

Штат ХАЦ «Арбитраж» составляют специалисты с образованием в области химии, физики, экологии, метрологии. Центр оснащен современным аналитическим оборудованием для проведения исследований в области органической и неорганической химии (газовая и жидкостная хроматография и хромато/масс-спектрометрия, термогравиметрический анализ, ионная хроматография и капиллярный электрофорез, атомно-эмиссионная спектрометрия, масс-спектрометрия с ИСП, спектрофотометрия, флуориметрия и т. д.).

Ключевые слова: Химико-аналитический центр «Арбитраж» (ХАЦ), диоксины, нефтепродукты, стойкие органические вещества, оловоорганические соединения, пестициды, фуллерены, проба неизвестного состава, масс-спектрометрия, хроматография, аккредитация, экспертиза

Химико-аналитический центр «Арбитраж» (ХАЦ) организован на базе Лаборатории государственных эталонов в области аналитических измерений, входившей в состав отдела государственных эталонов в области физико-химических измерений ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» (далее – ВНИИМ) в июне 2004 года. В Лаборатории тогда работало пять

человек, а из аппаратного оснащения было только несколько приборов. Деятельность лаборатории была связана, прежде всего, с мониторингом состояния атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны, сточной и питьевой воды ВНИИМ, которые контролируются службами Роспотребнадзора и Ростехнадзора. Идеальный вдохновитель и первый руководитель Лаборатории – доктор технических наук Леонид Алексеевич Конопелько. Благодаря его активной деятельности и инициативе в 1996 году Лаборатория получила свой первый аттестат аккредитации

¹ ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», Санкт-Петербург, Россия; arbitrage@vniim.ru, i.b.maksakova@vniim.ru.

в Системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ) за номером РОСС RU.0001.510650.

В последующие годы Лаборатория расширила свои возможности в части приборного оснащения, в области аккредитации появились такие объекты, как газы и газовые смеси, нефть и нефтепродукты, пищевая продукция. Лаборатория принимала активное участие в крупных аналитических проектах (например, «Программа очистки рек и каналов Санкт-Петербурга на период 1999–2003 годов»). При проведении работ по данным проектам Лабораторией исследованы практически все водные объекты (вода, донные отложения и грунт) Санкт-Петербурга по широкому перечню показателей: группа тяжелых металлов, летучие органические соединения (ЛОС), формальдегид, фенол, ПАВ анионактивные, нефтепродукты, гранулометрический состав, анионы, γ -изомер ГХЦ (линдан), ДДТ, ДДЕ, ДДД, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и отдельно бенз(α)пирен, полихлорированные бифенилы (ПХБ) и др. Проведены исследования донных отложений и грунта при строительстве Морского фасада Санкт-Петербурга и многих других объектов.

В связи с расширением области деятельности и с появлением новых требований к аккредитованным лабораториям возникла необходимость пересмотра статуса Лаборатории, и в 2004 году принято решение о формировании и выделении в отдельное подразделение с новым названием – Химико-аналитический центр «Арбитраж».

Функционирование химико-аналитического центра «Арбитраж» в настоящее время

ХАЦ «Арбитраж» аккредитован на техническую компетентность в качестве испытательной лаборатории в национальной системе аккредитации (Росаккредитация) – аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510650; в органе по аккредитации ААЦ «Аналитика» – аттестат аккредитации № ААС.А.00020 от 06.10.2018; включен в Национальную часть Единого реестра органов по оценке соответствия Евразийского экономического союза (номер На-21 от 22.05.2019) на соответствие Техническим регламентам ЕАЭС. В 2023 году ХАЦ «Арбитраж» получил свидетельство о признании испытательной лаборатории в Федеральном автономном учреждении «Российский морской регистр судоходства» на проведение следующих видов работ: отбор проб и контрольные испытания (анализ) образцов противоблуждающих покрытий в соответствии с положениями

АФС-Конвенции и Физико-химические измерения и испытания (№ 23.03.01.06065.120).

Основными направлениями деятельности ХАЦ «Арбитраж» являются анализ объектов окружающей среды, биологических материалов, продуктов питания, химических веществ и материалов, исследования пробы неизвестного состава.

Основная цель – получение высококачественной аналитической информации для специалистов экологических, гигиенических, токсикологических, биомедицинских и других сообществ, удовлетворение нужд различных отраслей промышленности, включая металлургию, нефтегазовый комплекс, химическую промышленность и др., а также предоставление необходимых сведений для органов государственной власти, государственного и ведомственного контроля, судов и т. д.

Вот уже два десятилетия ХАЦ «Арбитраж» выполняет разнообразные виды химико-аналитических измерений для таких объектов, как выбросы промышленных предприятий и транспортных средств, атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны, почв, грунтов и донных отложений, воды и др. Список измеряемых показателей определен областью аккредитации Центра, которая составляет более 100 страниц.

Помещения ХАЦ «Арбитраж» (более 300 м²), включая специализированные комнаты (например, для пробоподготовки на диоксины/фураны), обеспечены всеми необходимыми для каждого типа работ условиями.

В приборное оснащение входит современное аналитическое оборудование (на основе спектральных, хроматографических, электрохимических,



Ирина Кондюкова проводит пробоподготовку на диоксины

гравиметрических и других методов измерений) от ведущих компаний-производителей аналитической техники (Agilent, Shimadzu, Perkin Elmer, Analytic Jena, Thermo Scientific, Mettler Toledo, ООО «Люмэкс», ЗАО СКБ «Хроматэк» и др.).

ХАЦ «Арбитраж» – это квалифицированные специалисты

Все виды деятельности в ХАЦ «Арбитраж» осуществляются квалифицированным персоналом с соответствующим образованием. На постоянной основе работают сотрудники, имеющие высшее образование в следующих областях: химия, физика, биология, экология, метрология, из них пять специалистов имеют ученую степень кандидата наук и один – доктора наук.

Доктор химических наук Анатолий Иванович Крылов – специалист, с приходом которого в 2003 году ХАЦ «Арбитраж» стал развиваться особенно интенсивно. Анатолий Иванович ввел в практику работ разведочный анализ – исследования пробы неизвестного состава, что позволило успешно решать сложные и нетривиальные аналитические задачи в интересах различных отраслей экономики и хозяйствующих субъектов (геохимия нефти и газа, внедрение новых альтернативных видов топлив и т.д.). Под его руководством выполнены и выполняются многие крупные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на разработку метрологического обеспечения в области органического анализа для пищевой и фармацевтической промышленности, медицинской диагностики, экологического контроля и мониторинга. Основным вкладом Анатолия Ивановича в работу ХАЦ «Арбитраж» стало внедрение в практику центра одной из наиболее сложных аналитических методик – методики определения полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) в различных матрицах. Под руководством Анатолия Ивановича в рамках работ по инженерно-экологическим изысканиям для строительства трубопровода «Северный поток – 2» [1] была освоена и верифицирована методика измерений оловоорганических соединений (ООС) в воде, донных отложениях, почвах, грунтах. Одновременно был разработан набор стандартных образцов растворов восьми приоритетных ООС в органических растворителях – ГСО 11410–2019/ГСО 11411–2019 (набор 8ООС-ВНИИМ). Подобные работы, основным идеологом которых является Анатолий Иванович, выполняются

ежегодно. Также ведутся работы по исследованию и методическому обеспечению измерений цебутрина в лакокрасочных материалах, используемых в судостроении. Данная работа проводится в рамках положений AFS-Конвенции по контролю за составом противообрастающих покрытий судов.

В Центре работают специалисты с большим опытом по исследованию объектов неизвестного состава: Людмила Васильевна Елисеева, Елена Михайловна Лопушанская, Сергей Геннадьевич Харитонов, Максим Игоревич Флеров, Анна Юрьевна Иванова, Лариса Олеговна Метелькова, Алена Юрьевна Михеева и др., научные сотрудники и ведущие инженеры центра, за плечами которых работа в Экспертно-криминалистической службе СЗ Таможенного Управления лаборатории, Института токсикологии, ЦЛАТИ по СЗФО, АО «ЦИКВ», РАН и пр. Благодаря таким специалистам ХАЦ «Арбитраж» имеет возможность браться за сложные аналитические задачи.

В Центре активно задействованы молодые специалисты Александра Германовна Будко, Елизавета Сергеевна Мельникова, Виктория Александровна Зирина, Сергей Владимирович Спирин, Марина Леонидовна Тупицына, Никита Васильевич Надточей и другие талантливые сотрудники. Несмотря на молодость, это уже серьезные специалисты, которые способны самостоятельно обслуживать сложное аналитическое оборудование (масс-спектрометр с ИСП, хромато-масс-спектрометры, рентгенофлуоресцентный спектрометр, атомно-эмиссионный спектрометр с МП и др.), разрабатывать и совершенствовать методические подходы в решении сложных задач.



Анна Иванова за работой на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975C



Мария Царькова за работой на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» фирмы ЗАО СКБ «Хроматэк»

Трудолюбие и ответственный подход к работе инженеров Анны Викторовны Коршуновой, Марины Юрьевны Палагиной, Екатерины Владимировны Фурсачик, Марии Александровны Царьковой и других сотрудников позволяют Центру участвовать в международных сличениях и российских проверках квалификации и входить в число лучших отечественных и мировых лабораторий. Кропотливая и ответственная работа менеджера по качеству Марии Владимировны Трухницкой способствует успешному прохождению проверок компетентности со стороны Росаккредитации и других надзорных структур.

Деликатное отношение специалиста по работе с заказчиками, ведущего инженера Галины Васильевны Бориско – залог успешного анализа потребностей заказчиков. Оформление выдаваемой аналитической информации (протоколы), комментарии к полученным результатам, сделанные Г. В. Бориско, поддерживают компетентность Центра на высоком профессиональном уровне.

Нельзя не оценить и вклад старшего лаборанта Екатерины Викторовны Подобрий: принять, описать, разложить, подготовить для анализа пробы, вести постоянную работу с программным обеспечением ФГИС Росаккредитации – это лишь малая часть работ, выполняемая Екатериной Викторовной.

Что сделано. Что делается. Что будет сделано

Ежегодно в ХАЦ «Арбитраж» проводится анализ более 1000 образцов и выполняются несколько десятков тысяч измерений элементов и показателей как в области аккредитации, так и за ее пределами.

Примеры подобных работ – исследования фуллеренов и лекарственных препаратов на их основе [2], анализ отложений в магистральных газовых трубопроводах, выяснения причин аварийных ситуаций (разливы нефти), анализ сложных отходов Полигона Красный Бор, хранилищ опасных отходов в Усолье-Сибирское, создание систем пассивного пробоотбора [3] на вещества: гидрофторид, гидрохлорид, аммиак, бензол, толуол, ксилол, фенол, формальдегид.

Из всего перечня работ можно выделить наиболее сложные измерения «Диоксинов и фуранов (ПХДД/ПХДФ)» в разных матрицах: почва, промышленные выбросы, вода, печень северных оленей и др. Среди стойких органических загрязнителей ПХДД/ПХДФ выделены в особую группу, так как обладают чрезвычайной токсичностью.

ХАЦ «Арбитраж» постоянно работает по экологическим проектам правительства Санкт-Петербурга. В 2005-м и 2020–2022 годах по заказу города (Комитета по природопользованию СПб) выполнено обследование атмосферного воздуха практически всех районов города по расширенной программе с целью формирования списка приоритетных загрязнителей для текущего мониторинга. Впервые в России более трех лет выполнялись работы (включая НИР) по разработке и внедрению систем пассивного пробоотбора для мониторинга атмосферы города. Проведенные совместно с Институтом метеорологии Финляндии исследования систем пассивного пробоотбора



Отбор проб диоксинов в отходящих газах вращающихся печей цементного производства



Markes TD100-xr – автоматическая система двухстадийной термодесорбции для анализа проб, отобранных пассивным отбором на автоматических станциях мониторинга атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

показали абсолютную сопоставимость получаемых результатов. В последние годы (2018–2023 гг.) система пассивного пробоотбора успешно используется для контроля ряда показателей в атмосферном воздухе санитарно-защитной зоны предприятия ООО «Киришинефтеоргсинтез».

Особо важно отметить такое направление деятельности ХАЦ «Арбитраж», как анализ пробы неизвестного состава. В область аккредитации центра входят «Методические рекомендации по исследованию проб неизвестного состава» МР-01-07 (ФР.1.31.2019.34143), которые предназначены для определения состава органических и неорганических соединений, априорная информация о которых недоступна или ограничена. Проблема анализа пробы неизвестного состава крайне актуальна для экологического мониторинга, для экспертизы пищевой, парфюмерной и фармацевтической продукции, а также для организаций, связанных с экспертизой состава строительных материалов, промышленных продуктов, полупродуктов и отходов, в практике таможенного контроля, судебно-медицинской экспертизы, то есть в тех областях, где аналитический контроль не может ограничиваться определением только нормируемых показателей.

В рамках анализа пробы неизвестного состава ХАЦ «Арбитраж» участвовал во многих крупных проектах, среди них «Проведение исследований на объекте „Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на полигоне токсичных промышленных

отходов «Красный Бор»». В настоящее время проводятся мониторинговые исследования на территории полигона. Они направлены на определение наличия и концентрации различных загрязнителей в почве, воздухе, воде и других элементах окружающей среды. Кроме того, изучается влияние этих загрязнителей на животный и растительный мир, а также на здоровье людей [4, 5]. Работы, выполняемые ХАЦ «Арбитраж», касались проб жидких отходов с карт, воды отводных каналов с карт полигона по показателям: полихлорированные терфенилы (ПХТ), летучие и среднелетучие органические соединения, анионный состав (NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , ацетаты, формиаты, карбонаты), ртуть, полный элементный состав, включая Р и S (методом атомно-эмиссионной спектроскопии с ИСП), ПХБ, карбонильные органические соединения, ПАУ, ПХДД/ПХДФ.

ХАЦ «Арбитраж» принимал участие в работах по расследованию причин экологической катастрофы в Камчатском крае, которая произошла в сентябре-октябре 2020 года вследствие загрязнения воды изначально неустановленными токсичными веществами.

Инженер М. А. Царькова:

«Я работаю на газовом хроматографе „Кристалл 5000.1” с пламенно-ионизационным детектором, производитель ЗАО СКБ „Хроматэк”, Россия. Хроматограф обладает широкими аналитическими возможностями и высокой чувствительностью, полностью автоматизирован и подходит как для проведения рутинных анализов, так и для реализации сложных методик, требующих применения специальных материалов и технических решений. Управление прибором и обработка данных осуществляется с помощью „Хроматэк Аналитик” – современной программной платформы для газовой хроматографии и масс-спектрометрии. ПО позволяет обрабатывать хроматограммы, выполнять расчеты и создавать отчеты для качественного и количественного анализа. Программа интуитивно понятна и проста в освоении. В отличие от хроматографов зарубежных производителей, в „Кристалле” сделано так, что до всех деталей можно добраться, специфических инструментов не требуется. Запасные части и расходные материалы доступны по цене и срокам поставки. Техническое обслуживание и несложный ремонт могут проводиться оператором, без привлечения сервисных инженеров производителя».

Ведущий инженер Л. В. Елисева:

«Самое главное при работе на системе капиллярного электрофореза „Капель 105М“ то, что производитель (ООО „Люмэкс-маркетинг“) находится в Санкт-Петербурге, что облегчает процессы общения с представителями компании, поставки оборудования, реактивов и материалов. Опытные специалисты фирмы обеспечивают гарантийное и постгарантийное обслуживание, к ним всегда можно обратиться за вопросом и советом. Техническое обслуживание прибора можно проводить самостоятельно, так как прибор прост в исполнении. Программное обеспечение прибора, доступное для пользователя, русскоязычное. „Капель“ возможно использовать для различных задач, таких как качественное и количественное измерение показателей, разработки методик и т. д. Проверенные самим производителем расходные материалы, запчасти и реактивы легко заказать, их своевременно доставят».

Трупы морских животных были обнаружены на Халактырском пляже, в Большой и Малой Лагерных бухтах и в бухте Бабыя, а также на дне океана. Многие исследовательские организации были подключены к расследованию причин катастрофы. ХАЦ «Арбитраж» по обращению GREENPEACE поручили провести работы по выяснению причин и поиску токсичных веществ. В результате проведенных Центром исследований предполагаемые токсичные вещества техногенного происхождения на уровне ПДК не обнаружены. Однако найдено вещество диаллилсульфид, имеющее природное происхождение. Полученные результаты подтверждают выводы о том, что гибель морских организмов в Авачинском заливе на Камчатке была вызвана не загрязнением воды химическими веществами техногенного характера, а аномально активным цветением морской воды, известным как «красный прилив». Токсины, которые в процессе жизнедеятельности выделяют представители рода *Cyprinodinium*[en] типа динофлагеллят, губительны для беспозвоночных животных.

Одной из важных и интересных работ было исследование роли водорослей типа *F. vesiculosus* в очистке морской воды от нефтепродуктов (НП). Предполагалось, что данный вид водорослей способен к аккумуляции, поглощению и включению НП в метаболизм растения. Исследована динамика деструкции НП

фукусом в воде. Выявлено, что нефтяное загрязнение морской среды приводит к возрастанию на поверхности фукусов общей численности бактерий, в том числе сапротрофных и углеводородоксилирующих [6].

Многие работы, выполняемые специалистами центра, связаны с методическим обеспечением различных технологий и производств. Наша страна широко использует технологии по переработке древесины. Это достаточно опасные, с точки зрения экологических аспектов, производства, где постоянно требуется мониторинг выбросов и сбросов в окружающую среду. Сотрудниками центра разработана селективная методика измерений массовой концентрации диоксида хлора как одного из наиболее токсичных химических продуктов, используемого в технологическом цикле целлюлозно-бумажных производств (ЦБК). Методика основана на методе капиллярного электрофореза, аттестована и широко применяется на производствах переработки древесины и ЦБК [7].

С решением проблем анализа сложных многокомпонентных систем связана работа по определению в воздухе такого показателя, как летучие компоненты ароматизаторов, применяемых в производстве жевательной резинки. Список ароматизаторов и их композиций достаточно обширен, а их компонентный состав не всегда известен, что не позволяет однозначно определить как перечень веществ, подлежащих измерению, так и адекватные средства градуировки. Сотрудниками ХАЦ «Арбитраж» разработаны алгоритмы решения поставленной задачи, а созданная методика измерений летучих компонентов ароматизаторов, применяемых в производстве жевательной резинки, успешно реализуется на практике



Подготовка систем для пассивной сорбции сотрудниками ХАЦ «Арбитраж»

для контроля воздуха санитарно-защитной зоны таких предприятий, как «Дирол-Кэдберри» и «РИГЛИ (МАРС)» [8].

Помимо работы как аккредитованного лица, ХАЦ «Арбитраж» участвует в исследованиях по созданию новых алгоритмов и методик измерений (МИ), разработке и созданию стандартных образцов, проведении различного рода экспертиз, а также работ по совершенствованию и гармонизации существующей в России методологической, методической и нормативной базы.

Наш Центр сотрудничает с различными организациями, в том числе с ГКУЗ ЛО «Бюро судебно-медицинской экспертизы». ХАЦ проводил экспертизу биологических объектов (кровь человека) на предмет наличия рокурония. Рокуроний (рокурония бромид) – недеполяризуемый миорелаксант, с короткой (ближе к средней) продолжительностью действия, обладающий всеми фармакологическими эффектами (кура-реподобными), свойственными этому классу лекарственных веществ. Исследование крови проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии/тандемной масс-спектрометрии (ВЭЖХ/МС/МС) в лаборатории хроматографии ХАЦ «Арбитраж». На масс-хроматограмме анализируемой пробы крови в установленных условиях зарегистрирован пик, по времени удерживания (R_t 1,95 мин) совпадающий с пиком стандартного образца рокурония. В качестве

стандартного образца был использован рокуроний в виде лекарственной формы (водный раствор с массовой концентрацией 10 мг/мл) [9].

Проектная изыскательная деятельность ХАЦ «Арбитраж» связана с работой по проекту «Проведение научно-исследовательских и практических химико-аналитических работ по анализу проб льда, воды, почво-грунтов и донных отложений на содержание углеводов в рамках проведения полевых геохимических исследований на лицензионных участках «ХМНС». Цель работы – определение не менее 80 углеводородных соединений в пробах льда, воды, донных отложений, почвы. В международной практике основным методом определения летучих и полунлетучих органических соединений является газовая хроматография с пламенно-ионизационным (ГХ/ПИД) или масс-спектрометрическим (ГХ/МС) детектированием. Для предварительного извлечения аналитов из проб существует несколько общепринятых стандартных подходов, одним из которых является твердофазная микроэкстракция. Методология основана на сорбции определяемых компонентов на волокно с полимерным покрытием и их последующей термической десорбции в предварительно нагретом инжекторе газового хроматографа.

Работы в области обеспечения единства измерений связаны с созданием нового типа стандартного образца (СО) состава раствора шести приоритетных фталатов (диметилфталат, диэтилфталат, ди(н-бутил)фталат, бензилбутилфталат, ди(2-этилгексил)фталат, ди(н-октил)фталат) в метаноле, обеспечивающего метрологическую прослеживаемость к Государственному первичному эталону ГЭТ 208. Фталаты относятся к крупнотоннажным продуктам химической промышленности, применяются в качестве смазочных масел, пеногасящих веществ, при изготовлении косметических средств, в качестве растворителей и носителей в различных производственных процессах. Самое широкое применение фталаты нашли как пластификаторы в изделиях из поливинилхлорида (ПВХ) при производстве различных полимерных материалов промышленного, бытового, пищевого и медицинского назначения [10].

Для выполнения измерений фталатов с наивысшей точностью необходимо использовать метод, гарантирующий получение результатов с наилучшими метрологическими характеристиками. В данном случае наилучшим представляется метод масс-спектрометрии с изотопным разбавлением (МС/ИР). Подтверждением правильности выбранных методических решений явилось успешное участие ВНИИМ в международных ключевых сличениях CCQM-K133/P170 Phthalate esters in Polyvinyl

Инженер В. А. Зирина:

«Прибор „Флюорат 02-5М“ (производитель ООО „Люмэкс-маркетинг“) прост в исполнении, на нем может работать как опытный специалист, так и стажер. В данной модификации используется ПО „Флюорейт“ на ПК. С его помощью возможна автоматическая обработка полученных результатов, а также создание протоколов измерений. Однако возможно использовать и встроенное в прибор ПО. Все данные о ГХ синхронизируются без потерь. Методы, реализуемые на приборе, просты в исполнении и не требуют большого расхода реактивов и материалов. В комплекте с прибором можно заказать реактивы и материалы к определенным методикам. Техническое обслуживание прибора самостоятельно проводится оператором. Также на связи остаются сервисные инженеры компании, их всегда можно попросить о помощи и задать интересующие вопросы».

Chloride (PVC) («Эфиры фталевой кислоты в поливинилхлориде (ПВХ)») [11].

Одним из самых перспективных направлений деятельности ХАЦ «Арбитраж» последнего времени являются проекты по методическому и метрологическому сопровождению измерений состава и свойств отходов производства I и II класса опасности, для последующей переработки и утилизации.

Заключение

Компетентность сотрудников, наличие современного оборудования, колоссальный опыт исследований в самых разных сферах делают ХАЦ «Арбитраж» уникальным в своей области научным подразделением, готовым отвечать на новые вызовы и решать задачи самой высокой степени сложности.

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Ивановской Наталье Витальевне, Князеву Сергею Ивановичу и коллегам центра за помощь в создании и редактировании статьи.

Литература

1. Крылов А. И., Михеева А. Ю., Будко А. Г., Харитонов С. Г., Беляков М. В. О результатах исследований степени загрязненности органическими токсикантами донных отложений Балтийского моря и Финского залива в связи со строительством газопровода «СЕВЕРНЫЙ ПОТОК - 2». *Вода: химия и экология*. 2019; (10-12):3-11.
2. Крылов А. И., Конопелько Л. А., Лопушанская Е. М., Попов О. Г., Грушко Ю. С. Метрологическое обеспечение измерений при производстве фуллеренов. *Измерительная техника*. 2011; (10): 58-62.
3. Максакова И. Б., Елисеева Л. В. Метод «химических ловушек» в обеспечении контроля качества измерений нестабильных и реакционноспособных компонентов загрязнений воздуха. Тезисы докладов X Всероссийской конференции по анализу объектов окружающей среды (Углич, 26 июня - 02 июля 2016). Углич: *Филигрань*, 2016. С. 98.
4. Комбарова М. Ю., Радилев А. С., Аликбаева Л. А., Якубова И. Ш., Кудрявцев М. А., Ринчиндоржиев Б. Б., Гуляев Д. В. Оценка влияния утилизации опасных отходов на Полигоне «Красный Бор» на окружающую среду. Гигиена и санитария. Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. 2019; 98(11): 1216-1221.
5. Карыпкин Л. М., Суетинов В. П., Рахманов Ю. А. Полигон «Красный Бор»: пути и методы решения. Твердые бытовые отходы. М.: ЗАО «Безопасные Технологии», 2017. С. 26-27.
6. Воскобойников Г. М., Ильинский В. В., Лопушанская Е. М., Макаров М. В., Пуговкин Д. В., Рыжик И. В., Ляймер А., Йенсен Дж. Б. Санитарная водорослевая плантация для очистки прибрежных акваторий от нефтепродуктов: от теории к практике. *Вопросы современной альгологии*. 2017; 3(15): 139-141.
7. Максакова И. Б., Елисеева Л. В., Безручко М. М., Крылов А. И. Селективное определение массовой концентрации диоксида хлора в промышленных выбросах методом капиллярного электрофореза. *Аналитика и контроль*. 2019; 23(2): 201-207.
8. Крылов А. И., Лопушанская Е. М., Неглядимова Е. М. О способах измерения массовой концентрации душистых веществ и ароматизаторов для контроля их суммарного содержания

в воздухе. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2012; 78(6):66-72.

9. Матвеева А. А., Федорова К. В., Лопушанская Е. М., Киреева А. В. Обнаружение рокурония в биологических объектах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / масс-спектрометрии. *Судебная медицина*. 2019; 5(2):49-51.
10. Крылов А. И., Михеева А. Ю., Будко А. Г., Ткаченко И. Ю. Метрологическое обеспечение измерений содержания фталатов: стандартный образец состава раствора шести приоритетных фталатов в метаноле. *Эталоны. Стандартные образцы*. 2021; (3):5-19.
11. Крылов А. И., Будко А. Г., Михеева А. Ю., Ткаченко И. Ю., Нежиховский Г. Р. Референтная методика измерений содержания фталатов в полимерных матрицах: аналитические и метрологические подходы. *Измерительная техника*. 2022; (10):64-72.

References

1. Krylov A. I., Miheeva A. Ju., Budko A. G., Haritonov S. G., Beljakov M. V. On the consequences of studies of the degree of contamination of bottom sediments with organic toxicants in the Baltic Sea and the Gulf of Finland in connection with the construction of the NORTH STREAM 2 gas pipeline. *Voda: himija i ekologija = Water: Chemistry and Ecology*. 2019; (10-12):3-11.
2. Krylov A. I., Konopel'ko L. A., Lopushanskaja E. M., Popov O. G., Grushko Ju. S. Metrological support for measurements in the production of fullerenes. *Measurement Techniques*. 2011; (10): 58-62.
3. Maksakova I. B., Eliseeva L. V. The method of "chemical traps" in ensuring quality control of measurements of unstable and reactive components of air pollution. Тезисы докладов X Vserossijskoj konferencii po analizu ob'ektov okruzhajushhej sredy (Uglich, 26 june - 02 july 2016). Uglich; *Filigran' Publ.*, 2016. P. 98.
4. Kombarova M. Ju., Radilov A. S., Alikbaeva L. A., Jakubova I. Sh., Kudrjavcev M. A., Rinchindorzhiyev B. B., Guljaev D. V. Assessment of the impact of hazardous waste disposal at the Krasny Bor Landfill on the environment. Hygiene and sanitation. Saint Petersburg: FGBOU VO «Severo-Zapadnyj gosudarstvennyj medicinskij universitet im. I. I. Mechnikova» Minzdrava Rossii Publ. 2019; 98(11): 1216-1221.
5. Karypkin L. M., Suetinov V. P., Rahmanov Ju. A. Test site "Krasny Bor": ways and methods of solution. Municipal solid waste. Moscow: ZAO «Bezopasnye Tehnologii» Publ. 2017. P. 26-27.
6. Voskoboynikov G. M., Il'inskij V. V., Lopushanskaja E. M., Makarov M. V., Pugovkin D. V., Ryzhik I. V., Ljajmer A., Jensen Dzh. B. Sanitary algae plantation for cleaning coastal waters from oil products: from theory to practice. *Issues of Modern Algology*. 2017; 3(15): 139-141.
7. Maksakova I. B., Eliseeva L. V., Bezruchko M. M., Krylov A. I. Selective determination of the mass concentration of chlorine dioxide in industrial emissions using capillary electrophoresis. *Analitika i kontrol = Analytica and Control*. 2019; 23(2): 201-207.
8. Krylov A. I., Lopushanskaja E. M., Negljadimova E. M. On methods for measuring the mass concentration of fragrant substances and flavors to control their total content in the air. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov = Factory laboratory. Diagnostics of materials*. 2012; 78(6):66-72.
9. Matveeva A. A., Fedorova K. V., Lopushanskaja E. M., Kireeva A. V. Detection of rocuronium in biological objects using high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2019; 5(2):49-51.
10. Krylov A. I., Miheeva A. Ju., Budko A. G., Tkachenko I. Ju. Metrological support for measurements of phthalates content: a standard sample of the composition of a solution of six priority phthalates in methanol. *Measurement standards. Reference materials*. 2021; (3):5-19.
11. Krylov A. I., Budko A. G., Miheeva A. Ju., Tkachenko I. Ju., Nezhihivskij G. R. Reference method for measuring phthalates content in polymer matrices: analytical and metrological approaches. *Measurement Techniques*. 2022; (10):64-72.

Статья поступила в редакцию 01.08.2023

Принята к публикации 14.09.2023