

карнозин проявляет ингибирующий эффект как на Cu^{2+} -, так и на Fe^{2+} -опосредованный процесс фрагментации ГФ, что указывает на важную роль дипептидной связи в его молекуле.

Таким образом, в условиях Fe^{2+} -опосредованного генерирования $\text{HO}^\bullet$ радикалов карнозин оказывает протекторное действие на деструкцию глицеро-1-фосфата с разрывом фосфоэфирной связи. Дипептид в большей степени проявляет ингибирующее влияние на Cu^{2+} -индуцированную фрагментацию ГФ, чем на процесс, опосредованный ионами Fe^{2+} .

Литература

1. Кисель М.А., Шадыро О.И., Юркова И.Л. Радиационно-инициированная свободнорадикальная фрагментация биологически активных глицеридов // Химия высоких энергий. 1997. Т. 31. С. 99–103.
2. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free radicals in biology and medicine. Oxford: University press, 2012.
3. Юркова И.Л. Свободнорадикальные реакции глицеро- и сфинголипидов // Успехи химии. 2012. Т. 81, № 2. С. 175-190.
4. Болдырев А.А. Карнозин: новые концепции для функций давно известной молекулы // Биохимия. 2012. Т. 77, № 4. С.403-418.
5. Gin F.J., Morales F. Application of one step procedure of measurement of inorganic phosphate in the presence of proteins actomyosin ATPase system // Anal. Biochem. 1977. V. 77. №1. P.10-18.
6. Chan W.K.M., Decker E.A., Lee J.B., Butterfield D.A. EPR spin-trapping studies of the hydroxyl radical scavenging activity of carnosine and related dipeptides // J. Agric. Food Chem. 1994. Vol. 42. P. 1407-1410.
7. Aruoma O.I., Laughton M.J., Halliwell B. Carnosine, homocarnosine and anserine: could they act as antioxidants in vivo? // Biochem. J. 1989. Vol. 264. P. 863–869.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ»

Д. В. Янковская, Е. И. Егина, Н. С. Верховец, М. Ю. Карнакова,
Т. А. Савицкая, И. М. Кимленко

ВВЕДЕНИЕ

Начало проекта строительства АЭС включает создание национальной инфраструктуры, где особое внимание уделяется программе развития кадров. В соответствии с Государственной программой подготовки кадров для ядерной энергетики РБ на 2008-2020 г. химический факультет ведет подготовку специалистов в области радиационной и радиохимии.

Цель работы - разработка комплекса учебно-методических материалов по аналитическому контролю показателей водно-химического режима (ВХР) АЭС и химическому разделу междисциплинарного билинг-

вального курса «Основные проблемы и моделирование процесса коррозии в условиях АЭС и при захоронении радиоактивных отходов».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Оценку катионного и анионного состава воды проводили с помощью уникального для Беларуси ионного хроматографа 850 Professional IC фирмы Metrohm, аналог которого планируется использовать в химико-аналитической лаборатории на Белорусской АЭС. Разделение анионов осуществляли на колонке MetrosepASupp 7 – 250/C4, заполненной поливиниловым спиртом с четвертичными аммониевыми группами, а катионов – на колонке MetrosepC4 – 250/4.0, заполненной силикагелем с карбоксильными группами. Детектирование осуществлялось кондуктометрическим детектором, обработка пиков проводилась при помощи программного пакета MagICNetTM. Калибровку хроматографа осуществляли с помощью стандартных растворов, содержащих анионы F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} и катионы Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Для получения деионизированной воды использовали прибор SiemensUltraClear TWR Series. Апробацию метода ионной хроматографии (ИХ) проводили на примере образцов природной воды и модельных растворов с известной концентрацией ионов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ВХР является одним из важнейших факторов, влияющих на надежную и безопасную эксплуатацию АЭС. ВХР - нормы, характеристики и параметры эксплуатации атомных электростанций, определяющие состояние теплоносителя рабочих сред, образование отложений на оборудовании и трубопроводах, коррозию внутренних поверхностей оборудования и трубопроводов [1].

Особенностью аналитического контроля ВХР на АЭС является необходимость, во многих случаях, определять содержание аналитов на уровне чрезвычайно низких концентраций - единиц мкг/л, причем в высокорadioактивных водных средах. К числу методов, позволяющих уменьшить объем и число проб в сочетании с возможностью определения нескольких аналитов из одной пробы относится ИХ, которая все чаще применяется для аналитического контроля в атомной энергетике. Метод ИХ в настоящее время все больше привлекает внимание как исследователей, так и практиков [2]. Однако первоначальный опыт использования ионных хроматографов на АЭС вызывал определенный скептицизм среди персонала станций относительно возможности их эффективного применения для технологи-

ческого контроля. В частности, сказывалось отсутствие адекватных систем подавления фоновой проводимости элюентов, высокоэффективных сорбентов для разделительных колонок, несовершенство методического обеспечения применительно к решению аналитических задач атомной энергетики. Совершенствование методик определения и самих приборов привело к тому, что к настоящему моменту накоплен положительный мировой опыт использования ИХ в энергетике с целью мониторинга водных сред – например, на электростанциях США (с 1977 года), в странах ЕЭС, Японии, России [3].

В рамках данного исследования созданы лабораторные работы, комплексное выполнение которых имитирует деятельность химико-аналитической лаборатории АЭС по аналитическому контролю показателей ВХР: «Ионная хроматография в анализе качества теплоносителя в атомной энергетике», «Оптимизация условий удаления нитрат-ионов из воды методом флокуляционной очистки», «Аналитический контроль процесса очистки природных вод по схеме «Сорбция цеолитами типа NaA, NaX – мембранная фильтрация», «Моделирование типовых ситуаций ВХР первого контура АЭС с ВВЭР и их контроль с использованием ионной хроматографии», которые апробированы на лабораторно-практических занятиях по курсу «Водоподготовка в атомной энергетике». Например, суть последней работы заключается в одновременном определении методом ИХ в модельных пробах суммарной концентрации щелочных металлов ($[Li^+] + [Na^+] + [K^+]$), которая является нормируемым показателем ВХР первого контура, при различной текущей концентрации борной кислоты. Состав проб соответствует нормам качества теплоносителя при работе реактора на различных энергетических уровнях мощности. На рисунке представлены хроматограммы модельных растворов при концентрации борной кислоты 8 мкг/дм^3 , соответствующие суммарной молярной концентрации катионов щелочных металлов в зонах, отвечающих диапазону допустимых значений, а также первому, второму и третьему уровням отклонений.

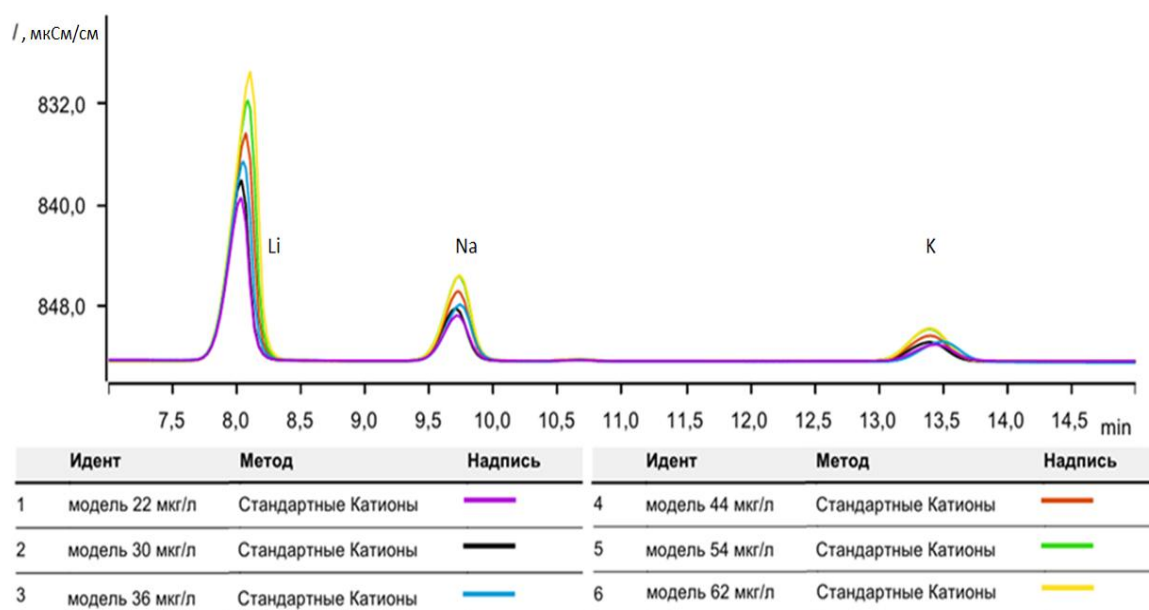


Рис. Хроматограммы модельных растворов

Правила и основные методы установления, организации ВХР должны предусматривать не только поддержание во всех эксплуатационных режимах АЭС нормируемого содержания загрязняющих примесей в теплоносителе, питательной (подпиточной) воде, но и принятие мер, сокращающих до минимума повреждение от всех видов коррозии конструкционных материалов оборудования и трубопроводов [1]. С учетом значимости изучения вопросов коррозии будущими специалистами атомной отрасли в образовательные стандарты различных инженерных специальностей включены соответствующие учебные программы. Анализ программ и электронных средств обучения по вопросам коррозии показал, что существует множество различных учебных пособий в университетах стран СНГ и дальнего зарубежья, посвященных коррозии и защите металлов. Однако, в них не уделено должного внимания коррозионным процессам конструкционных материалов, протекающих в условиях эксплуатации АЭС и при захоронении РАО. С точки зрения химии коррозионные разрушения материалов оборудования АЭС рассматриваются лишь в пособиях [4].

Создан химический раздел междисциплинарного курса «Основные проблемы и моделирование процесса коррозии в условиях АЭС и при захоронении радиоактивных отходов», который призван восполнить отчасти недостаток учебной литературы по данному направлению. Раздел включает 6 лекций по темам «Наука о коррозии», «Основные механизмы процессов коррозии конструкционных материалов ядерных энергетических установок», «Коррозия конструкционных материалов активной зоны реакторов ВВЭР и ее механизмы», «Коррозия теплоэнергетического

оборудования АЭС», «Коррозионные процессы при захоронении РАО и ОЯТ», «Методы защиты конструкционных материалов от коррозии». Лекционный материал сопровождается мультимедийными презентациями на русском и английском языках, а также комплексом лабораторных работ.

ВЫВОДЫ

Разработаны учебно-методические материалы для студентов специальности «Химия высоких энергий», которые в перспективе будут работать в инфраструктуре АЭС или заниматься научно-исследовательской деятельностью. Материалы будут включены в структуру электронного портала ядерных знаний учреждений образования Республики Беларусь, главной задачей которого является формирование благоприятной информационной, социально-культурной, деловой и образовательной среды для устойчивого развития атомной энергетики страны [5].

Литература

1. *Воронов, В.Н.* Водно-химические режимы ТЭС и АЭС. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
2. *Пирогов, А.В.* Анализ сверхчистых вод методом ионной хроматографии // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 2. – С. 31-40.
3. *Ковалева, Л.А.* Хроматографические методы – современный подход к контролю качества технологических вод ТЭС // Новое в российской электроэнергетике. – 2011. – Т. 45, № 8. – С. 34-39.
4. *Бекман, И.Н.* Курс лекций «Ядерная индустрия». Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет. Кафедра радиохимии. М., 2005.
5. <http://www.inp.bsu.by/BelNET/index.htm>