

**Секция
«Экологические аспекты
использования
ядерной энергии»**

**ПЕРЕРАБОТКА ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Алферова А.А.

Озерский технологический институт (филиал) МИФИ

Развитие атомной энергетики требует постоянного совершенствования технологии обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). Ежегодно в мире только из тепловых реакторов (которых задействовано на АЭС более 400) выгружается около 1000 тонн ОЯТ. Отработавшее топливо — это не ядерные отходы, как их иногда называют, а весьма ценный энергетически насыщенный продукт. Так, после облучения в реакторах типа ВВЭР в ОЯТ остается урана-238 - 95%, а урана-235 - 1% и нарабатывается около 9кг плутония на тонну урана.

Несмотря на большое разнообразие исследуемых для переработки ОЯТ технологических процессов, в настоящее время на всех построенных и эксплуатируемых заводах принят один — экстракционный PUREX-процесс.

Осадительные водные процессы исчерпали свои возможности и сняты с эксплуатации как самостоятельные схемы; сорбционные рассматриваются как вспомогательные для очистки от отдельных радионуклидов и на аффинажных операциях.

Цель работы — сравнение PUREX-процесса и газофторидной технологии, так как именно они дают приемлемые коэффициенты очистки от продуктов деления. Важными характеристиками технологии являются ядерная и экологическая безопасность, а также качество и количество отходов.

Для обеспечения ядерной безопасности в PUREX-процессе необходимо ограничивать геометрические размеры оборудования до безопасных, что не всегда возможно, так как наличие водных растворов на всех стадиях увеличивает вероятность возникновения самопроизвольной цепной реакции (СЦР) при аварийных ситуациях. Отсутствие водных растворов в газофторидной технологии позволяет снизить вероятность протекания СЦР в аналогичных ситуациях.

При использовании PUREX-процесса образуются жидкие, твердые и газообразные отходы. Наиболее проблематично обращение с жидкими радиоактивными отходами. Главным недостатком экстракционной технологии является невозможность обеспечения радикального снижения объема или полного исключения жидких радиоактивных отходов.

Исключение жидких радиоактивных отходов явилось бы одним из решений экологических проблем: промышленные водоемы лишались бы притока новых радиоактивных масс, а само производство существенно упростилось бы за счет исключения многочисленных переделов, связанных с остекловыванием, цементацией, выпариванием и другими процедурами для переработки ЖРО. Это становится возможным при применении для переработки ОЯТ газофторидной технологии.

Газофторидная технология используется на сублиматных производствах отрасли. Выделение и очистка полезных компонентов в процессах газофторидной технологии основаны на их селективном переводе из одной фазы в другую, где управляющим фактором является температура. На всех переделах газофторидной технологии с высокой скоростью идут превращения одной и той же массы технологического продукта, в то время как в PUREX-процессе с каждой операцией масса (и объемы) технологических сред увеличиваются, превышая в конечной фазе процесса в тысячи раз количество исходного продукта.

По сравнению с общепринятым методом переработки ОЯТ (PUREX-процессом) можно говорить о следующих преимуществах газофторидной технологии:

- отсутствие технологических ЖРО;
- существенно более высокий уровень ядерной и радиационной безопасности (малая плотность среды, отсутствие воды);
- значительное увеличение производительности;
- пригодность для переработки всех видов ОЯТ;
- технологические среды не критичны к радиационной нагрузке;
- возможность организации непрерывного процесса, практически полностью замкнутого по основному химическому реагенту — фтору;
- достаточно просто поддается автоматизации и безлюдному дистанционному управлению;
- значительная часть оборудования может быть заимствована из сублиматного производства.

Но, как и у любой технологии, у газофторидной существуют нерешенные проблемы, а именно:

- вскрытие и измельчение твэлов;
- модернизация оборудования и его компоновка для высокоактивных и ядерно-опасных сред.

Литература

1. Пономарев Л.А., Серегин М.Б., Харин В.Ф. и др. Газофторидная технология переработки отработавшего оксидного топлива // Атомная энергия. — 2001. — Т. 90, вып. 3. — с. 212-222.

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ВОДЫ И ПИЩИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СТАБИЛЬНОГО И РАДИОАКТИВНОГО СТРОНЦИЯ

Амченкина И.В.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Литературные данные свидетельствуют о том, что стронций является биологически важным элементом, играющим заметную роль в процессах костеобразования при недостаточном количестве кальция в окружающей среде.

Известно так же, что проблема, связанная с повышенным содержанием стабильного стронция, является актуальной для населенных пунктов центральной России, использующих для хозяйственно-бытовых нужд воду из подземных источников водоснабжения с концентрацией этого элемента до 20мг/л.

Радиоактивный стронций (^{90}Sr) из-за своей способности накапливаться в костной ткани считается одним из наиболее важных в санитарном отношении компонентов радиоактивных глобальных выпадений. Биологическое действие ^{90}Sr связано с характером его распределения в организме и зависит от дозы β -облучения, создаваемого им и его дочерним радиоизотопом ^{90}Y . При длительном поступлении ^{90}Sr в организм, даже в относительно небольших количествах, в результате непрерывного облучения костной ткани могут развиваться лейкемия и злокачественные опухоли костей.

Стронций с большой скоростью накапливается в организме детей до четырехлетнего возраста, когда идет активное формирование костной ткани. Так же стабильный стронций при его высоком поступлении в организм вызывает «стронциевый рахит» и «уровскую болезнь» у человека и животных (по названию реки Уров в Восточном

Забайкалье) — поражение и деформацию суставов, задержку роста и другие нарушения [1].

Цель работы — оценка риска здоровью и определение возможных путей управления им для лиц, потребляющих воду и пищу, содержащую стронций.

Задачи:

- проанализировать литературу по исследуемой теме;
- определить область действия концентраций стабильного стронция на живые организмы;
- найти способ снижения эффекта воздействия и провести опытные исследования;
- оценить величину риска по индексу опасности.

Работа состояла из нескольких этапов. Для начала принято предположение о том, что стабильный и радиоактивный стронций в химическом отношении ведут себя одинаково. Это позволяет существенно упростить и обезопасить работу, т.к. можно исследовать только влияние на стабильный стронций, а потом переносить его на радиоактивный и проверять, используя литературные данные. В отличие от стабильного стронция, имеется большое количество литературы по влиянию радиоактивного стронция на организм человека, растения и животных.

Методика: Для оценки воздействия выбрана наиболее простая и доступная методика, называемая аллиум-тестом, в которой в качестве тест-системы используется апикальная меристема лука (*Allium cepa*). Данный метод рекомендован Всемирной организацией здравоохранения как краткосрочный тест для выявления мутагенных и канцерогенных веществ.

Опыт состоял в следующем: луковицы сорта Штуттгартен проращивались в растворах хлористого стронция в концентрациях, кратных величине ПДК (0, 1, 5, 10) для стронция в питьевой воде (7мг/л; 0,08ммоль/л). В качестве контроля использовали растворы хлористого кальция в эквивалентных концентрациях и дистиллированную воду. Цитогенетическое действие стронция и кальция оценивалось по величине митотического индекса в клетках корневой меристемы, а так же по частоте и спектру аберраций хромосом.

Результаты представлены в виде диаграммы.

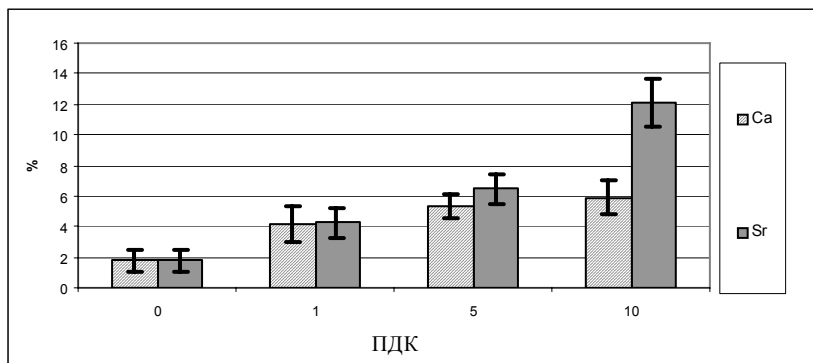


Рисунок 1. Доля aberrаций в корневой меристеме лука при воздействии Ca и Sr.

Спектр определяемых aberrаций включает в себя все имеющиеся типы хромосомных нарушений с преобладанием одиночных мостов. Это позволяет сделать вывод о том, что стабильный стронций вызывает увеличение цитогенетических нарушений у растений при концентрациях $\geq 0,0799$ ммоль/л, что соответствует 1 ПДК для питьевой воды.

В литературе имеются сведения о том, что фтор способен снижать уровень накопления стронция в организме человека [2]. С использованием описанной выше методики проведено исследование совместного действия стронция и фтора на растения. Были использованы растворы хлоридов кальция и стронция с концентрацией 0,799 ммоль/л (10 ПДК) и раствор фторида натрия с концентрацией 0,0632 ммоль/л (1 ПДК).

В итоге были получены следующие данные:

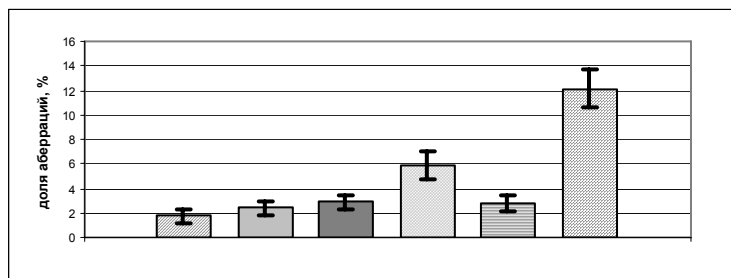


Рисунок 2. Доля aberrаций в корневой меристеме лука при комбинированном воздействии Ca, Sr и F.

Из данных рис. 2 очевидно, что при совместном присутствии в растворе (Са и F) и (Sg и F) доля хромосомных аберраций в клетках корневой меристемы заметно снижается. Следовательно присутствие фтора практически полностью снимает действие стронция. Это позволяет предположить, что стронций и фтор при взаимодействии образуют слаборастворимое соединение, которое не оказывает вредного воздействия на растения.

Если такой эффект проявился со стабильным стронцием, следует ожидать такого же эффекта и для радиоактивного стронция, что и было показано в литературе (4).

Расчет риска для стабильного и радиоактивного стронция проводился по методике Американского Агентства по Охране Окружающей Среды (EPA US). В итоге, для г. Обнинска получено, что при употреблении воды и пищи с содержанием стронция в пределах ПДК у 8220 человек обнаружатся неканцерогенные эффекты. Для радиоактивного стронция при активности до 1,5 Бк/л (вода в системе централизованного водоснабжения) возникновение канцерогенных эффектов не наблюдается.

Литература

1. Таубе П.Р., Руденко Е.И. От водорода до... нобелия?/ М., Высшая школа, 1961.
2. Книжников В.А. Влияние фтора, поступающего с питьевой водой, на уровень накопления стронция в организме человека // Гигиена и санитария. Медицина. 1967. № 7. – с. 39-45.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЗРЫВООПАСНЫХ РАБОТ НА ВНУТРЕННИХ ПОЛИГОНАХ В ПОЖАРООПАСНЫЙ ПЕРИОД

Еремин А.Д., Башурин М.В., Чумаков Е.А.
РФЯЦ-ВНИИЭФ

Одним из важнейших этапов исследований в области использования ядерной энергии является проведение специальных взрывных работ на внутренних полигонах предприятий, как правило, расположенных в лесных массивах. Многолетняя практика показала, что

эти взрывные работы являются пожароопасными. Именно поэтому были разработаны соответствующие рекомендации.

Рекомендации устанавливают процедуры оценки возможности проведения специальных взрывоопасных работ в пожароопасный период с целью обеспечения приемлемого уровня риска с точки зрения предотвращения радиационных аварий, которые могут возникнуть вследствие лесных пожаров, инициированных при взрывных работах.

При организации взрывных работ на расположенных в лесу внутренних полигонах предлагается осуществлять наблюдение, сбор и обработку данных о степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды с расчетом соответствующего комплексного показателя (КП).

На территории лесного фонда в зоне размещения внутреннего полигона контролируются на 13 часов по местному времени: температура воздуха (t^0C) и температура точки росы (r); количество выпавших осадков (мм) за предшествующие сутки, то есть с 13 часов последнего дня, когда наблюдались осадки в количестве более 2,5мм.

КП текущего дня начальником полигона определяется по формуле (1), где n -число дней с последних наблюдавшихся осадков в количестве более 2,5мм:

$$КП = \sum_{i=1}^n t(t-r)k. \quad (1)$$

Поправочный коэффициент k определяется по таблице 1.

Степень пожарной опасности в лесу в зависимости от значения КП на день проведения взрывных работ определяется по таблице 2 (ГОСТ Р22.1.09-99).

Таблица 1. Классы пожарной опасности лесных участков.

Класс пожарной опасности лесного участка	Поправочный коэффициент k	Характер лесного массива
I	10	Торфяники
II	7	Хвойный лес
III	5	Смешанный лес
IV	3	Лиственный лес
V	1	Заболоченный лес

Ожидаемая вероятная частота развития лесного пожара не превышает 10^{-6} 1/год, при следующих условиях на день проведения взрывных работ на открытых внутренних полигонах в лесном массиве:

- если $КП < 4000$ (то есть при малой и средней степени лесной пожарной опасности) – без ограничения массы ВВ в опыте;

- если $4000 < \text{КП} < 10000$ (то есть при высокой степени лесной пожарной опасности) - при выполнении взрывных работ с малыми количествами ВВ в опыте (до 10кг ТНТ);
- если $\text{КП} > 10000$ (то есть в особо пожароопасный период), любые взрывные работы необходимо отложить до наступления благоприятных метеоусловий, или проводить их в закрытых сооружениях (бронекерах и т.п.).

Таблица 2. Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды.

Класс пожарной опасности по условиям погоды	Значение КП	Степень пожарной опасности
I	<300	-
II	300-1000	малая
III	1001-4000	средняя
IV	4001-10000	высокая
V	>10000	чрезвычайная (особо пожароопасный период)

Решение о присвоении лесному участку определенного класса пожарной опасности и, соответственно, поправочного коэффициента при расчете КП возлагается на начальника полигона.

На наш взгляд, не все вопросы, касающиеся обеспечения пожарной безопасности, проработаны в рекомендациях достаточно глубоко. Прежде всего, вопрос определения класса пожарной опасности леса должной методической проработки и обоснования пока не получил. Шкала не учитывает вариабельность условий внутри такой широкой категории как, например, «смешанный лес». Не определена и граница между наиболее и наименее опасными классами — торфяниками и заболоченными лесами: фактически в процессе динамики смены типов леса эти состояния смыкаются и могут переходить одно в другое. При многолетнем использовании одних и тех же полигонов необходимо также учитывать динамику смены типов растительности, как естественную, так и возникающую под воздействием человека. На рисунке, например, условно показаны направления смен типов леса в Мордовском государственном заповеднике им. П.Г. Смидовича. Следует отметить, что со временем класс пожароопасности леса может как повыситься, так и понизиться. Обычно, время прохождения каждой стадии такого процесса значительно и исчисляется десятками лет, но возможны также более динамичные изменения в результате, например, ветровалов, болезней растительности или деятельности человека.

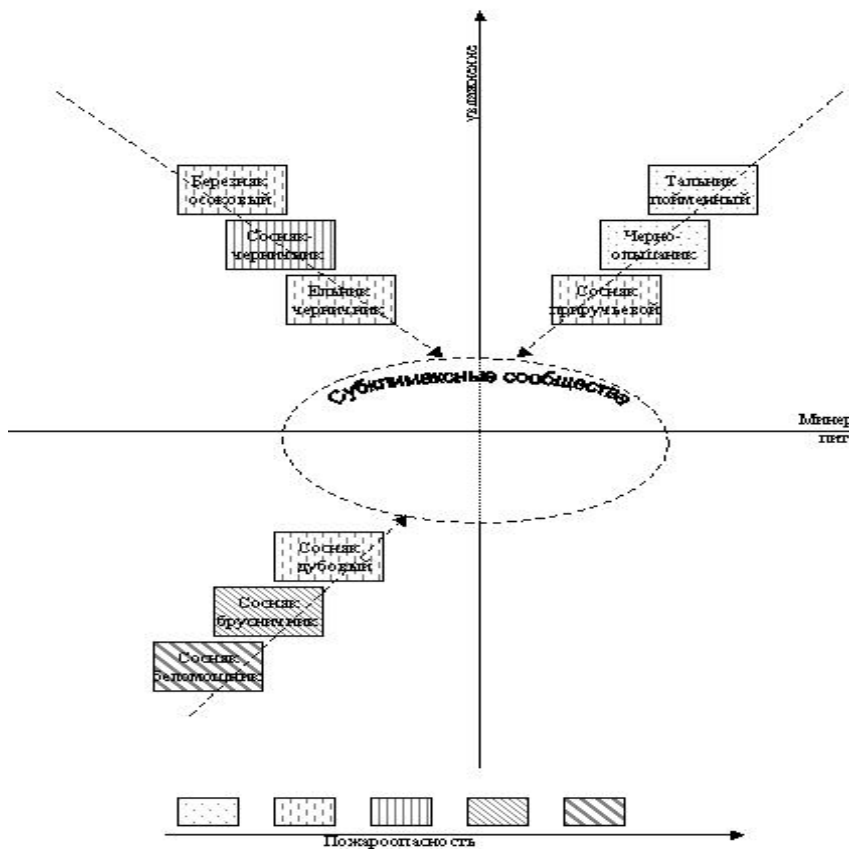


Рисунок. Зависимость пожароопасности от сукцессионной динамики. (Пунктирные стрелки - направление сукцессии.)

Второй вопрос, требующий дальнейшей проработки, это сам процесс присвоения лесному участку определенной категории пожароопасности. В рекомендациях эта функция остается в ведении начальника полигона, не обязательно имеющего специальное образование. В сочетании с весьма расплывчатой шкалой это может привести к значительным расхождениям в получаемых результатах.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- в существующих рекомендациях на наш взгляд недостаточно проработана шкала пожароопасности типов леса;
- оценкой пожароопасности леса должны заниматься соответствующие специалисты (экологи, биологи и т.п.). Разброс показателей пожароопасности при неверно проставленном коэффициенте может быть весьма существенным;
- необходимо через определенный промежуток времени производить переоценку состояния леса, что определяется конкретными условиями естественной динамики фитоценозов. Также необходимо производить переоценку в случае масштабных разовых изменений в результате природных или антропогенных воздействий;
- на каждом предприятии, осуществляющем специальные взрывные работы в лесных массивах, целесообразно определить службу или специалиста, ответственных за определение пожароопасности лесных участков на внутренних полигонах.

Литература

1. ГОСТ 12.1.004-91. «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».
2. ГОСТ Р 22.1.09-99. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования».
3. Червонный М.Г. «Охрана лесов». М., изд. «Лесная Промышленность», 1974.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАГНЕТИТА

Беланова Е.А., Кочкина Г.В.

Озерский технологический институт (филиал) МИФИ

В настоящее время очистка сточных вод предприятий ядерного топливного цикла приобретает особое значение. В целом проблему создают малоактивные и среднеактивные отходы из-за их больших

объемов, в которых содержатся такие биологически опасные долгоживущие радионуклиды, как ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{60}Co и др. Среди известных методов очистки широкое распространение нашел метод сорбции на природных неорганических сорбентах. В силу распространения магнетита Fe_3O_4 как в природе, так и в отходах металлургического производства, а также его достаточной пористости [1], представляет интерес изучить возможность применения его в качестве сорбента.

В работе изучалась сорбционная способность магнетита по отношению к стронцию-90 и кобальту-59.

Эксперименты проводились на модельных растворах: изучены зависимости степени сорбции радионуклидов от различных условий (количества добавляемого сорбента при условии постоянства объема раствора, pH раствора при соотношении твердой и жидкой фазы (Т:Ж) 10:1 мг/мл, концентрации присутствующего в растворе стабильного изотопа, концентрации комплексообразователя). Дополнительно изучено влияние присутствия кобальта (II) в структуре магнетита на сорбцию ^{90}Sr и ^{59}Co . Время сорбции во всех опытах составило 1 час в условиях постоянного перемешивания.

Исследование степени сорбции от массы исследуемых сорбентов в нейтральной среде показало: степень сорбции ^{90}Sr не меняется, начиная с Т:Ж 10:1 мг/мл, как на Fe_3O_4 , так и на $\text{Fe}_3\text{O}_4\cdot\text{CoO}$, и составляет соответственно в среднем 60 и 70% (от начальной активности ^{90}Sr – $4,4\cdot 10^4$ Бк/л). Зато степень сорбции ^{59}Co при увеличении данного соотношения заметно меняется, не достигнув постоянной величины. Так при увеличении Т:Ж от 5:1 до 50:1 мг/мл степень сорбции ^{59}Co на Fe_3O_4 увеличивается от 5 до 20% (от начальной концентрации ^{59}Co – 1г/л), а на $\text{Fe}_3\text{O}_4\cdot\text{CoO}$ – от 15 до 65%.

Кислая среда не способствует закреплению ^{90}Sr и ^{59}Co на твердой поверхности обоих сорбентов. Присутствие стабильного стронция не улучшает степень очистки в нейтральной и кислой средах от ^{90}Sr . Присутствие таких комплексообразователей в растворе, как ЭДТУ, салициловой кислоты, купферона ухудшают сорбцию кобальта на исследуемых сорбентах.

Таким образом, на основании выше сказанного можно сделать вывод, что степень сорбции ^{90}Sr и ^{59}Co при различных условиях на $\text{Fe}_3\text{O}_4\cdot\text{CoO}$ несколько выше сорбции на Fe_3O_4 . Наилучшие показатели очистки (95-100%) для стронция-90 и кобальта-59 были достигнуты при соотношении твердой и жидкой фазы 10:1 мг/мл в условиях pH=12, причем для стронция-90 дополнительным условием является присутствии стабильного стронция с концентрацией 10^{-6} – 10^{-4} моль/л.

Литература

1. Волкова Т.С., Танкович Е.С., Ряков А.В. Получение и свойства железофосфатного цемента. / Тезисы докладов научно-практической конференции «Дни науки – 2006». В 2^х томах. Том 1. Озерск: ОТИ МИФИ, 2006, - 128 с.

ОБРАЩЕНИЕ С УСЛОВНО РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Великина С.А., Заручевская Г.П., Демин А.В.,
Сорокин В.Т., Шведов А.А.
ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ»

При эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии, включая атомные электростанции (АЭС), наряду с радиоактивными отходами (РАО) образуются отходы с удельной активностью более 0,3кБк/кг, но ниже границы отнесения отходов к радиоактивным. Назовем их «условно радиоактивные отходы» (УРО). УРО в соответствии п.1.4 НРБ-99 подпадают под действие норм радиационной безопасности, что не позволяет снять их с контроля как техногенный источник облучения. В российской классификации эта категория отходов отсутствует, а требования обращения с ними в нормативных документах РФ не представлены. Однако в рекомендациях МАГАТЭ и зарубежных публикациях эта категория отходов существует и определяется как «отходы с очень низкой удельной активностью — ООЛВА» (Very Low Level Waste — VLLW).

Игнорирование группы УРО может приводит к тому, что:

- при обращении с УРО как с РАО (особенно на этапе вывода из эксплуатации энергоблоков) увеличиваются затраты на обращение с отходами (хранение отходов);
- при недооценке потенциальной опасности УРО и обращении с ними как с промышленными отходами при отступлении от требований ОСПОРБ-99 (сброс в карьер, засыпка песком без защитных барьеров) возможно загрязнение окружающей среды за счет перераспределения радионуклидов (атмосферные осадки – выщелачивание – ручейки – расползание пятна).

Выделение же этой группы отходов и принятие решения по окончательной их изоляции позволит сократить общий объем

радиоактивных отходов, направляемых на хранение, и, как следствие, приведет к сокращению эксплуатационных затрат на обращение с ними.

За рубежом (Швеция, Литва, Франция) имеется опыт создания и эксплуатации сооружений для изоляции отходов VLLW. В Швеции для отходов категории, аналогичной УРО, принято наземное захоронение в могильниках курганного типа, как более экономичное.

Ежегодно на АЭС Oskarhamn (Швеция) образуется около 180-200 тонн отходов с очень низким уровнем активности (ООНУА).

Состав ООНУА и подготовка к захоронению:

- мягкие/прессуемые отходы (бумага, пластик, тряпки, изоляция — 50-70%) прессуют в брикеты объемом 1 м³ (500кг) и заворачивают в полиэтиленовую пленку;
- непрессуемые отходы (металл, бетон, кабели, лом — 30-50%) собирают в контейнеры-сборники объемом 0,6-1,2м³, отходы из которых затем перегружают в крупногабаритные металлические контейнеры для захоронения.

К вышеназванным упаковкам захораниваемых отходов в Швеции установлены следующие критерии приемлемости:

максимальная доза на поверхности упаковки, мЗв/ч	0,5
максимальная удельная активность радионуклидов с периодом полураспада более 5 лет, кБк/кг	300
максимальная активность отходов в могильнике, ГБк	200
в том числе:	
Cs-137, %	10
α-излучатели, %	0,1

Схема могильника с системой инженерных защитных барьеров представлена на рисунке.

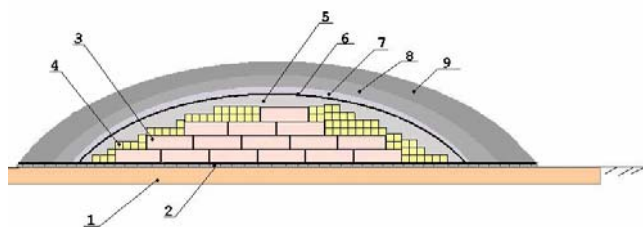


Рисунок. Схема могильника курганного типа (Швеция):

- 1 – сорбционная подушка; 2 – железобетонная плита с системой дренажа;
- 3 – непрессуемые отходы в металлических крупногабаритных контейнерах;
- 4 – прессованные отходы в полиэтиленовой пленке; 5, 7 – каменная крошка;
- 6 – слой бентонита и высокоплотного полиэтилена; 8 – дренажный слой (гравий);
- 9 – покрывающий слой (булыжники).

Соотношение высоты к ширине могильника не превышает 1:3, что позволяет снизить воздействие эрозионных процессов на сооружение.

По периметру могильника размещаются средства мониторинга окружающей среды. Отбор проб просачивающейся воды производится 4 раза в год.

В настоящее время ФГУП «ГИ «ВНИПИЭТ»» начинает разработку концептуального проекта по захоронению УРО ПВХ в г. Андрееве. Предполагается создание сооружения типовой модульной конструкции с возможностью варьирования количества модулей в зависимости от потребности объекта. Считаем, что переносить сложившуюся в РФ практику временного хранения (а не захоронения) низко- и среднеактивных отходов на УРО экономически нецелесообразно и технически неоправданно.

Для решения проблемы с условно радиоактивными отходами в РФ, необходим комплексный подход, включающий разработку нормативной документации и типовых технических решений с оценкой безопасности захоронения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АНИОНА АН-221 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОЙ СОРБЦИИ КАТИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Волкова Е.С., Челнакова П.Н., Колодяжный В.А.

*Обнинский государственный университет
атомной энергетики*

Вследствие коррозии конструкционных материалов атомного реактора в стоках, образующихся при эксплуатации атомных станций, возможно появление в микроконцентрациях различных радионуклидов, в частности, катионов переходных металлов (Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и т.д.) [1,2]. Наиболее широко используемый метод удаления ионогенных загрязнений — метод ионного обмена, в частности, сорбция катионов синтетическими катионитами. [3].

Эффект селективной сорбции переходных металлов слабоосновными анионитами на фоне солей природной минерализации экспериментально показан в работах [4,5]. Вопрос утилизации регенерационных растворов, представляет собой сложную задачу, поэтому исследован метод безреагентной регенерации ионитов под действием электрического тока, пропускаемого через ионит в растворе соли извлекаемого металла.

Эксперименты проводились на лабораторной установке, включающей электрохимическую ячейку с источником постоянного тока и систему подачи и сбора раствора проходящего через ячейку.

Эксперименты проводились при следующих условиях:

- при неизменной исходной концентрации катионов меди варьировалась плотность тока;
- при одной и той же плотности тока, но различных концентрациях ионов меди в исходном растворе.

Экспериментальные результаты представленные в таблице, наглядно доказывают возможность ионитного извлечения из водных растворов катионов меди с одновременной электрохимической регенерацией анионообменных смол. Концентрация на выходе из ионитной ячейки с течением времени достигает стационарного состояния; процесс протекает с удовлетворительным выходом по току (61-98%).

Таблица. Параметры, характеризующие электроионитное извлечение катионов меди при варьировании параметров эксперимента.

Эксперимент	j , мА/см ²	C_0 , г/л	C_{ϕ} , г/л	ΔC , г/л	η_T , %
Опыт 1	0,62	0,5	0,44	0,06	89,4
	0,84		0,43	0,07	77
	1,2		0,42	0,08	61,4
Опыт 2	0,84	0,5	0,43	0,07	77
		1	0,91	0,07	98

Для доказательства возможности электрохимической регенерации анионита с одновременным сорбционным извлечением катионов меди проведены эксперименты при одних и тех же условиях: $C_0(\text{Cu}^{2+})=500\text{мг/л}$, $v=0,3\text{л/ч}$, $j=1,2\text{мА/см}^2$ на насыщенном ($g_0(\text{Cu}^{2+})=3,5$ мэкв/гионита) и отрегенированном анионите ($g_0(\text{Cu}^{2+})=0$). Экспериментальные результаты представлены на рисунке: в обоих случаях устанавливается одна и та же стационарная концентрация катионов меди на выходе из ионитной колонки. При этом в первом случае (анионит насыщен) происходит сброс избыточного количества сорбированной анионитом меди; во втором случае ненасыщенный анионит должен дсорбировать необходимое до равновесного значения количество меди - концентрация в фильтрате увеличивается, достигая стационарного состояния.

Очевидно, эффективность электроионитной очистки может быть существенно увеличена при проведении процесса в оптимальных условиях: выбор высоты слоя анионита, силы тока, плотности тока,

подбор оптимальной скорости потока раствора подаваемого на очистку, что позволит достигать для заданной начальной концентрации катионов меди в растворе необходимых степеней очистки.

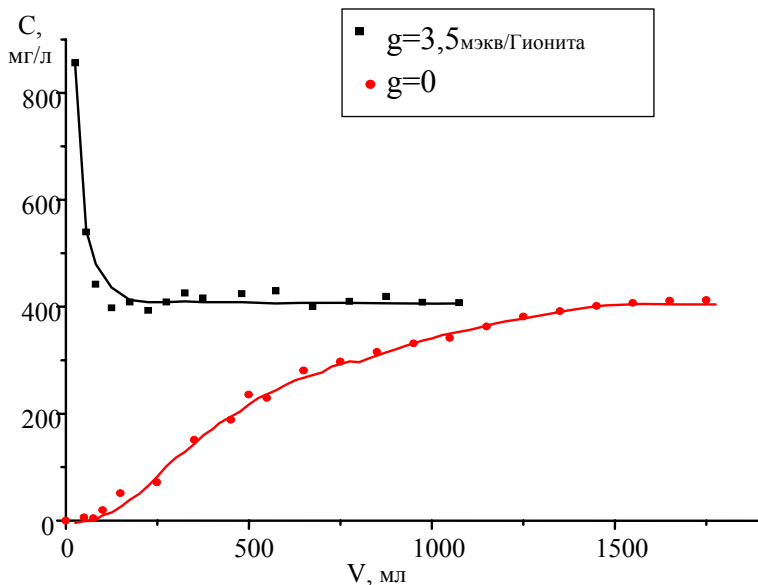


Рисунок. Зависимость концентрации катионов меди на выходе из ионитной камеры электрохимической ячейки от пропущенного объема раствора соли меди на предварительно насыщенном и отрегенированном анионите.

Литература

1. Справочник по коррозии и износу ядерных реакторов с водяным охлаждением. М.: Атомиздат, 1960.
2. Ампилогова Н.И., Симановский Ю.М., Трапезников А.А. Дезактивация в ядерной энергетике. М.: Энергоиздат, 1982.
3. Хоникевич А.А. Дезактивация сбросных вод. М.: Атомиздат, 1966.
4. Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие иониты (комплекситы). М.: Химия, 1980.
5. Челнакова П.Н., Колодяжный В.А. Журнал прикладной химии. - 2004, т.77, № 1.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ
МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ ЖРО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПОРИСТЫХ БЕТОНОВ**

Варлаков А.П., Германов А.В., Горбунова О.А.

ГУП МосНПО «Радон»

Большое количество радиоактивных отработанных масел накоплено на перерабатывающих предприятиях, АЭС, атомном флоте. Отходы, как правило, представляют собой смесь масел различных марок, органических веществ, растворителей; кроме того, отходы часто содержат твердые частицы, песок, а также воду.

Для переработки таких отходов предлагаются различные методы, наиболее часто — сжигание или очистка с последующим вторичным использованием масел. Однако сжигание подобных комбинированных отходов является довольно сложной технологической задачей, а создание на объектах установок сжигания может быть целесообразным при наличии большого количества отходов, соответствующей производственной базы и квалифицированного персонала. Очистка масел предположительно возможна с относительно небольшими затратами, однако, повторное использование продукта очистки, представляющего собой смесь различных материалов, представляется неопределенным.

Зачастую на атомных объектах единственным методом обращения с отработанными радиоактивными маслами является временное хранение в металлических емкостях.

Представляется достаточно простым включение маслосодержащих отходов в цементную матрицу при цементировании других типов отходов.

Однако, невысокое наполнение по маслу (5-7% масс) обусловлено отрицательным влиянием гидрофобных масляных пленок на протекание процесса гидратации минералов цемента и является главным недостатком кондиционирования радиоактивных масел методом традиционного цементирования.

В ГУП МосНПО «Радон» разработана технология предварительного суспензирования радиоактивных масел, позволяющая однородно распределить масляную пленку в цементном компаунде. Содержание радиоактивных масел в компаунде повышается до 10-15% масс.

На данный момент проведены исследования по получению матриц пористых бетонов и их пропитке радиоактивными маслами, проведены исследования регламентированных свойств конечного компаунда. Получены цементные компаунды с содержанием масла

до 40% масс., свойства которых удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 51883-2002 «Отходы радиоактивные цементируемые».

Установлено, что непосредственно после пропитки цементная матрица может потерять 7-9% масс. маслосодержащих ЖРО от первоначального включенного количества. Дальнейшие исследования направлены на увеличение наполнения конечного компаунда радиоактивными маслами до 60-70% масс. и устранение выхода радиоактивного масла после пропитки.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Говоров В.В., Демиденко А.И.

Брянский государственный технический университет

Современная экологическая ситуация. Официально признанные загрязненными территории составляют 23% площади Беларуси, 5% площади Украины и 1,5% площади Российской Федерации. На этих территориях проживают около 6 миллионов человек: 19% населения Беларуси, 5% населения Украины и примерно 1% населения Российской Федерации.

Экологическое загрязнение как источник заражения людей. Значительные дозы облучения были получены гражданским населением и ликвидаторами в период непосредственно после аварии на ЧАЭС. По некоторым оценкам [1] до 90% кумулятивной дозы было получено в период между 1986 и 1995 годами. Пороговой величиной для получения населенным пунктом статуса «загрязненного в результате аварии на Чернобыльской АЭС» является средняя годовая доза в 1мЗв (миллизиверт). Цифра в 1мЗв/год является текущей предельной дозой для населения, рекомендованной Международным комитетом по радиационной защите (МКРЗ).

Есть сведения, что радиоактивные вещества, такие как ^{137}Cs и ^{90}Sr , могут мигрировать в глубинные водоносные горизонты и накапливаться в закрытых водных объектах.

Международные исследования, включая проведенное в России при поддержке ПРООН [2], показали, что в настоящее время степень загрязнения водоносных горизонтов незначительна, поэтому существует потребность только в долгосрочном мониторинге. Необходимо предпринять определенные шаги по информированию общественности, т.к. данный вопрос вызывает у нее озабоченность.

Развитие и содействие экологическому восстановлению окружающей среды. Ответственность за последствия аварии на Чернобыльской АЭС на национальном уровне обычно распределяется между различными органами, при этом координацией в целом занимается Министерство по чрезвычайным ситуациям.

Возможности решения проблем, связанных с ликвидацией последствий аварии, во всех трех государствах за последние пятнадцать лет значительно выросли. В качестве примера можно привести Институт радиэкологии в Киеве, Научно-техническое подразделение зоны отчуждения и НПО «Тайфун» в Обнинске. Однако, многие организации, созданные на местном уровне в конце 80-х — начале 90-х годов, явно сдают позиции из-за недофинансирования и нехватки квалифицированных кадров.

Эффективность мер контроля. Первоначальные меры по радиационной защите, принятые в СССР после аварии на Чернобыльской АЭС в середине 80-х годов, были направлены на ограничение индивидуальных пожизненных доз до 359 мЗв (1000 мЗв=1 Зв). Это означало ограничение годовых доз до 5 мЗв. Политика во всех трех странах заключалась в переселении всего населения, проживавшего на территориях с уровнями загрязнений по ^{137}Cs выше 15 Ки/км² или с дозами выше 1 мЗв/год. Первоочередному отселению подвергались территории с уровнями загрязнений, превышающими 40 Ки/км², или дозами в 5 мЗв/год. Однако политика переселения так и не привела к полному достижению поставленных целей.

Успехи и неудачи экологической политики. Достижения в процессе ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС:

- снижение коллективной дозы посредством технических, административных и экономических мер;
- существенное улучшение научного понимания возможных причин, сценариев и последствий аварий на ядерных электростанциях;
- повышение готовности ликвидировать последствия ядерных аварий, включая понимание эффективности различных защитных мер;
- создание возможностей на национальном уровне в Беларуси, России и на Украине по борьбе с загрязнением окружающей среды радиоактивными материалами, включая накопление экспертных знаний, создание технической базы и соответствующих организаций.

Неудачи:

- значительное число сельских жителей, относящихся к группам повышенного риска, все еще продолжают подвергаться существенному и, возможно, увеличивающемуся по дозе облучению;
- загрязнение окружающей среды, по-прежнему, создает значительные экономические ограничения, связанные с рядом защитных мер, многие из которых неэффективны в новых экономических и политических условиях;
- экономика и социальные структуры в пострадавших сообществах ухудшаются, с одновременным ростом уровня бедности;
- предпринятые до сих пор меры не смогли повысить доверие и снизить тревогу;
- низкие возможности на местном уровне успешного решения медицинских, экономических и экологических проблем.

Пути преодоления экологических проблем территорий, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Необходимо усовершенствовать процесс разработки, планирования, и осуществления экологической политики и процесс управления этой политикой на национальном и местном уровне.

Возможные меры по решению экологических проблем:

- трансграничное сотрудничество пострадавших районов в области охраны окружающей среды;
- внедрение современных методов радиационной защиты в частных сельских хозяйствах;
- укрепление потенциала в области проведения первичных экологических мероприятий и управления аварийными ситуациями;
- охрана природы и культурного наследия пострадавших районов.

Литература

1. UNSCEAR. 2000. Медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС.
2. ПРООН. 2001. Оценка и прогноз качества воды в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС (Брянская область). Заключительный отчет по проекту. Проект RUS/99/004. Москва.

**ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ВОД ИЗ РАЙОНА ХРАНИЛИЩА
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В Г. ОБНИНСКЕ МЕТОДОМ
БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

Еслина А.А., Пяткова С.В.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

В настоящее время для оценки качества природной среды, подвергшейся техногенному загрязнению, все чаще, помимо физических и химических методов контроля, привлекаются и биологические методы. Биологический мониторинг предполагает использование живых организмов в качестве биотестов. По ответной реакции организма, проявляющейся на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровне, также можно судить о потенциальной биологической опасности исследуемой природной среды. Исследования проводились в районе размещения старого регионального хранилища радиоактивных отходов, расположенного в черте города Обнинска. Заполнение траншей радиоактивными отходами проводилось в период с 1954 по 1961 год, затем оно было законсервировано. С момента создания и по настоящее время отделом радиационной безопасности Государственного Научного Центра — Физико-энергетического института им. Лейпунского осуществляется постоянный радиологический контроль на данной территории. Многолетние наблюдения ГНЦ РФ – ФЭИ за уровнем активности радионуклидов в наблюдательных скважинах хранилища показывали соответствие фоновым значениям радиоактивности. Впервые значительное увеличение активности (от десятых долей Бк/л до 40 Бк/л) отмечено в октябре 1998 г., в результате частичного разрушения одной из бетонных емкостей. По данным радиологического контроля радиоактивное загрязнение близлежащей территории на 90% определяется радионуклидом Sr^{90} . Для оценки биологической опасности отбирались пробы воды из контрольных скважин хранилища и в местах выхода грунтовых вод за пределами охраняемой территории хранилища. Кроме радиоактивного загрязнения в испытуемой воде наблюдалось превышение химических показателей по содержанию некоторых ионов тяжелых металлов.

Тест-системой для изучения биологических эффектов, индуцируемых сложнокompонентным составом проб воды, послужили клетки корневой меристемы лука репчатого (*Allium* сера), широко используемой в исследованиях генотоксичности природных сред. Лук проращивали в испытуемой воде, затем фиксировали молодые корешки

в смеси Карнуа; приготовление препаратов, окраску хромосом, цитогенетический анализ проводили по стандартной методике. Цитотоксичность проб воды оценивалась по величине митотического индекса, а их генотоксичность - по частоте нарушений клеточного деления, наблюдаемого на стадии ана-телофазы первого митоза. В качестве контрольной пробы воды использовалась отстоянная водопроводная вода.

Результаты тестирования показали, что вода, отобранная из наблюдательной скважины близ аварийной емкости, обладает достоверным цито-и генотоксическим эффектом, выраженным в виде подавления митотической активности ткани и повышении числа клеток с измененными ана-телофазами. Грунтовые воды, находящиеся за пределами территории хранилища не оказывают значимого влияния на биологические показатели биотеста. Таким образом, можно предположить, что данное техногенное загрязнение локализуется на небольшом контролируемом участке и возможно не превысит биологическую емкость данной экосистемы.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ В МЕСТАХ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПО УРОВНЮ БЕЛКОВ-МЕТАЛЛОТИОНЕИОНОВ (МТ) В ТКАНЯХ ГРЫЗУНОВ

Жукова С.Ю.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Вездесущие белки – МТ (которые существуют в живых организмах от простейших до человека) реагируют практически на любое химическое воздействие, а так же на внешнее и внутреннее облучение. Таким образом, состояние окружающей среды в той или иной экосистеме можно охарактеризовать по биоиндикационному показателю уровня содержания белков – МТ, который реагирует как на химические, так и на радиационные загрязнения. Поэтому этот показатель был выбран нами в качестве основного индикатора при биоиндикации загрязнений.

МТ являются важным классом белков, участвующих в формировании ответной реакции клетки на стрессовое воздействие. МТ, по существующим представлениям, осуществляют неспецифическую защиту, участвуя в метаболизме и детоксикации тяжелых металлов, как необходимых организму (цинк, медь) так и токсичных (свинец,

кадмий и др.). Показаны антиоксидантная активность МТ и их способность защищать клетки и организм от последствий ионизирующего и ультрафиолетового излучений и химических агентов, действующих как генераторы свободных радикалов.

Цель и задачи работы: определение белков-МТ в тканях грызунов и оценка по величине этого показателя степени загрязнения в местах захоронения радиоактивных отходов. Для достижения данной цели решены следующие задачи:

- определение удельного содержания МТ в тканях грызунов в местах захоронения радиоактивных отходов;
- сравнение полученных данных с другими биоиндикационными и дозиметрическими показателями по данной территории;
- сформулированы выводы о степени опасности радиоактивного загрязнения на биоту.

Методика исследования.

Отбор проб проводился на территории и в ближней зоне хранилища радиоактивных отходов в соответствии с ландшафтно-геохимическими особенностями местности, а также с учетом данных по содержанию техногенных радионуклидов в пробах почв, растений, вод, отобранных в контрольных точках.

Для определения содержания МТ использован метод радиоактивных индикаторов, основанный на замещении ионов металлов, хелатированных МТ, на радиоактивный $^{109}\text{Cd}^{2+}$. Для каждой серии измерений проводили анализ холостой пробы и общей активности (вместо исследуемой пробы и гемоглобина вносили буфер). Количество МТ (в мкг/мг ткани) определялось расчетным путем [6] по формуле:

$$M = \frac{17,8 \cdot V \cdot \left(\frac{A - K}{C} \right)}{m},$$

где: М-количество металлотионеионов, мкг/г ткани; 17,8 – коэффициент; V- кратность разбавления; А, К, С – количество радиоактивных распадов в пробе, контроле и стандарте соответственно; m – навеска ткани, мг.

Синтез МТ под влиянием радиации обусловлен их способностью нейтрализовать свободные радикалы. Регистрация уровня эндогенных МТ в биологических объектах может использоваться в качестве показателя загрязнения окружающей среды химическими веществами и радионуклидами.

Перед определением удельного содержания МТ в органах грызунов, были идентифицированы вид и пол. Для отловленных грызунов определено удельное содержание белков-МТ в печени и почках.

Содержание металлотионеинов в почках грызунов представлено в виде гистограммы (рис. 1). Удельное содержание белка-МТ в почках менялось в зависимости от местоположения точки пробоотбора. Вполне вероятно, это связано с высокими концентрациями стронция и токсичных металлов в объектах природной среды на исследуемой территории.

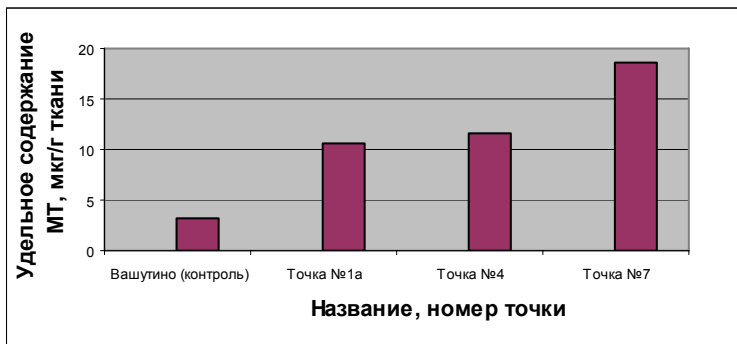


Рисунок 1. Удельное содержание белка-МТ в почках грызунов.

Содержание металлотионеинов в печени грызунов представлено в виде гистограммы (рис. 2).

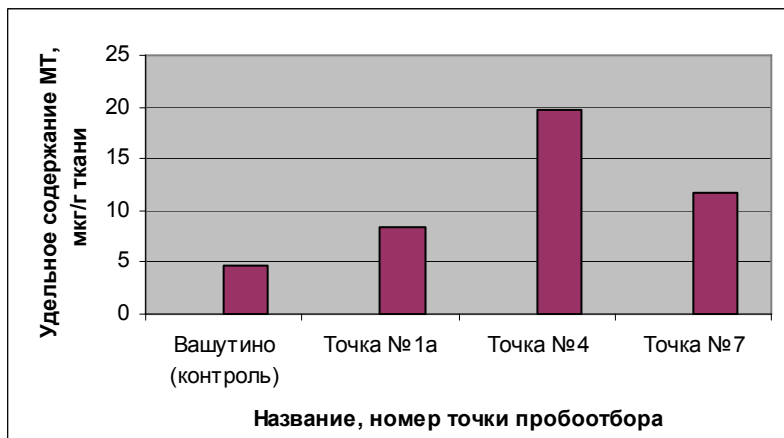


Рисунок 2. Удельное содержание белка-МТ в печени грызунов.

Как видно из рис. 1 и 2, удельное содержание МТ коррелирует с уровнем загрязнения почвы радиоактивным стронцием.

На основании полученных данных можно предположить, что увеличение белка-МТ есть результат комплексного воздействия ионизирующего излучения и токсичных металлов.

Данное комплексное исследование загрязнения является первым этапом в оценке риска развития неблагоприятных эффектов для всего биоценоза, ибо с одной стороны позволяет оценить влияние радиоактивного и химического загрязнений на жизнеспособность биоты (или отдельных организмов в биоценозе), а с другой – подойти к аргументированному обоснованию оценки радиоемкости, а с ее помощью – экологического риска для данного биоценоза [2].

Литература

1. Сынзыныс Б.И., Тянтова Е.И., Мелехова О.П. Экологический риск. М.: Логос, 2005.

ФОРМИРОВАНИЕ РУКОКРЫЛЫМИ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧАГОВ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Заузолков Д.А., Лунева А.С.

Южно-Уральский политехнический колледж

До последнего времени считалось, что зоогенный вынос радионуклидов из радиоактивно загрязненных районов ничтожно мал и не может представлять существенной опасности для населения прилегающих территорий. Исключением являлся риск употребления в пищу мяса животных, длительное время обитавших на радиоактивно загрязненных территориях, затем мигрировавших и добытых охотниками. Впервые в мировой практике радиоэкологический феномен интенсивного радиационного загрязнения жилых строений пометом летучих мышей (*Myotis dasycneme* L.) был обнаружен в 1993 г. на оз. Акакуль (Челябинская область) [1]. В ряде деревянных строений были обнаружены повышенные уровни радиоактивного загрязнения, намного превышающего допустимые пределы [2].

В результате вскрытия межстенных проемов, было установлено, что источником излучения являлись скопления экскрементов летучих мышей.

Для ликвидации очагов радиоактивного загрязнения в экстренном порядке были проведены работы по дезактивации межстенных пространств и уничтожению животных. Однако, эффект от этих мероприятий носил временный характер. Через непродолжительное время летучие мыши вновь поселялись в дезактивированных убежищах, и радиоактивное загрязнение зданий возобновлялось.

Данной проблемой активно занялись Центральная заводская лаборатория и Центр гигиены и эпидемиологии. В течение последних шести лет ведется дозиметрический контроль и профилактика помещений. Плотность бетта-частиц в загрязненных зданиях снизилась в десятки раз.

Цель работы — определение уровней радиоактивного загрязнения экскрементов животных и их состава. Образцы, отобранные из межстенных проемов, содержали значительные концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также ^{134}Cs , и различались по удельной активности радионуклидов. Минимальные значения радиоактивности имели образцы, отобранные на уровне пола, выше концентрация радионуклидов увеличивалась. В отобранных образцах был также обнаружен плутоний (порядка 7-9кБк/кг). Вероятно, что радиоактивная метка в помете, отобранном на уровне пола, соответствует по времени 50-м годам. Приведенные данные свидетельствуют о существенном радиоактивном загрязнении зданий, расположенных на селитебной территории, связанным с зоогенным переносом радионуклидов рукокрылыми. Локальные пятна радиоактивного загрязнения вносят значимый вклад в ухудшение радиационной обстановки в местах проживания и отдыха населения. Периодически проводимые дезактивации мест летнего обитания летучих мышей могут давать только временный положительный эффект. Для решения проблемы в долгосрочном плане необходима разработка специальных мер, направленных на изменение мест базирования летних колоний либо их зимовок.

Литература

1. Tarasov O.V., Martjuschov V.Z. - Radionuclide accumulation in organism and in products of vital functions of bats (Myotis

- dasycteme Boie) 8-th international bioindicators symposium, abstracts, Czech Republic, Ceske Budejovice, 1995, s.106.
2. Тарасов О.В., Покаржевский, А.Д., Мартюшов В.З. Перенос радионуклидов летучими мышами // Биоиндикация радиоактивных загрязнений. М.: Наука. 1999. С. 347 – 353.
 3. Bolshakov V.N., Orlov O.L. Fauna of the Ural Bats // Bats and Man: 8-th Europ. Bat Res. Sympos., 23-27 Aug., 1999, Kracow – Poland: Abstr. Kracow, 1999. P. 8.

ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Кабашов В.О., Даниленко Г.В.

Технологический институт (филиал) МИФИ, г. Лесной

Управляемый термоядерный синтез (УТС) в будущем, вполне возможно, станет одним из основных источников энергии. Цель работы — выяснить степень безопасности использования (УТС) и воздействия на окружающую среду.

Сравнить степень воздействия на окружающую среду различных способов получения энергии можно, например, с помощью таких критериев, как уровень риска, индивидуальная и коллективная эквивалентные дозы облучения.

Для оценки радиационной безопасности термоядерного энергетического реактора рассмотрим один из наиболее разработанных проектов такой установки — проект международного ТОКАМАКа — реактора, названного ИНТОР.

Один из наиболее опасных для биосферы радиоактивных веществ при нормальной работе термоядерного реактора – тритий. Чтобы поддерживать концентрацию трития в воздухе реакторного зала на уровне, допустимом санитарными правилами, необходима вентиляция зала с кратностью $6 \cdot 10^{-3}$, соответствующей расходу воздуха $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При нормальной эксплуатации термоядерного реактора проблемы обеспечения тритиевой безопасности обслуживающего персонала вполне разрешимы.

В соответствии с правилами проектирования и эксплуатации ядерных установок обязательным являются рассмотрение возможных аварий и оценка их радиологических последствий. Рассмотрены радиационные последствия гипотетической аварии: освобождается и выходит за пределы оболочки безопасности весь тритий,

хранящийся в системах термоядерного энергетического реактора, с активностью 100 МКи.

Радиационные последствия аварий оцениваются исходя из наихудшей комбинации различных факторов: подобная авария удваивает фоновую коллективную дозу для трех миллионов человек, проживающих в зоне радиусом 80 км от реактора.

Управляемый термоядерный синтез как источник энергии имеет, по-видимому, преимущества перед процессом деления ядер в плане влияния на биосферу. Это, прежде всего, отсутствие в качестве отходов энергетического цикла высокоактивных долгоживущих продуктов деления, требующих надежного захоронения. В качестве основных отходов цикла остаются активированные ядра в конструкциях реактора, захоронить которые проще и дешевле. Активный тритий термоядерного цикла опасен только в случае аварийного выброса его в атмосферу, но в конструкции реактора предусмотрены многочисленные «барьеры», локализирующие его утечку.

Литература

1. «Лазеры и управляемый термоядерный синтез»
С. Фридрихов. – Л., 1977 г.

МАЛЫЕ ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. ОПАСНО ЛИ ЭТО?

Любомирова А.В., Карпухина Е.В., Туровцева И.О.

Снежинская государственная физико-техническая академия

Граждан нашей страны, как правило, мало посвящают в проблемы, связанные с развитием ядерной энергетики. Поэтому большинство населения настороженно относится к этой отрасли. Здесь и возникает, так называемая, проблема «радиофобии». К размышлению над этим вопросом приводит Чернобыльская катастрофа, а также другие ядерные аварии и инциденты.

Негативное действие радиации на живой организм еще не до конца изучено, поэтому оно вызывает у людей глубочайший интерес и по сей день.

Наиболее сложной и, наверное, самой интересной проблемой в радиационной биологии на сегодняшний день остается решение вопроса о механизмах действия ионизирующих излучений.

Как все-таки действует радиация на человека и окружающую среду?

Во многих статьях и научных источниках выдвигался тезис о принципиальной допустимости, приемлемости, а порой даже благотворности, влияния малых доз искусственной радиации на живое, включая человека.

Из-за довольно большого объема информации простой читатель, чаще всего, теряет из вида крайне тревожные работы, говорящие об обратном - об опасности влияния искусственной, дополнительной к естественному радиационному фону, радиации на живое даже в малых дозах.

Мы решили рассмотреть влияние малых доз радиации и, конечно, постарались как можно лучше разобраться в том, действительно ли это так опасно?

Рассмотрев различные точки зрения на этот счет, выделим две основные. Первая: длительное мало интенсивное облучение клеток стимулирует их рост и развитие. Обнаружено, что полное устранение действия сверхслабой природной радиации вызывало нарушение размножения колоний клеток, а возобновление облучения стимулировало их рост. Очевидно, природное излучение необходимо для жизни. Однако только в оптимальных дозах и при оптимальных условиях.

Вторая точка зрения: хроническое облучение очень малой интенсивности является более опасным, чем краткосрочное облучение большой интенсивности.

Проанализировав все возможные источники информации, мы пришли к выводу о том, что «недосказанность» относительно малых доз может быть причиной радиофобии, так как с малыми дозами радиации человек встречается не только в своей профессиональной деятельности, но и в обыденной жизни (медицинские исследования, естественный радиационный фон от скальных пород, строительных материалов, радиоактивный радон, выходящий из недр Земли и т.п.). А вот ответ на главный вопрос: «Так ли опасны малые дозы радиации?» пока остается открытым.

РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРУЕМАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНОМА МЫШЕЙ, КАК ПОСЛЕДСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Ковалев О.А.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Селиванова Е.И., Верещагина А.О., Орлова Н.В.,

Смирнова С.Г., Замулаева И.А.

ГУ МРНЦ РАМН, Обнинск

В последние полтора десятилетия сформировано и интенсивно изучается представление о радиационно-индуцированной нестабильности генома. Этот феномен заключается в возникновении *de novo* множественных генетических изменений (генных или хромосомных) неклонального характера примерно у 10-30% потомков облученных клеток, выживших после облучения [1]. Нестабильность генома может проявляться на разных уровнях: геномном, хромосомном и геномном. Доказано, что этот феномен наблюдается после облучения не только при высоких, но и так называемых малых дозах (200 мЗв и менее). Цель данного исследования — оценка нестабильности генома соматических клеток мышей в отдаленные сроки после воздействия ионизирующей радиации в малых дозах. Для этого определялись частоты лимфоцитов, мутантных по локусу Т-клеточного рецептора (TCR), и нормохромных микроядерных эритроцитов периферической крови. Использование этих тестов позволило оценить и сравнить нестабильность генома соматических клеток на двух уровнях: геном (TCR-тест) и хромосомном (микроядерный тест).

Материалы и методы. Эксперименты были выполнены *in vivo* на самцах мышей линии СВА, облученных гамма-лучами Co^{60} в дозе 0,2 Гр (мощность дозы 0,3 Гр/мин). Тестирование проведено через три месяца после облучения.

Результаты и обсуждение.

В группе контроля была вычислена верхняя граница 95% интервала для частоты мутантных клеток. Эта величина была принята в качестве критерия верхней границы нормы. Повышенная частота TCR-мутантных клеток наблюдалась только у небольшой части облученных особей; у остальных признаки генетической нестабильности по этому показателю отсутствовали.

Таблица. Частота нормохромных эритроцитов с микроядрами и TCR-мутантных лимфоцитов.

	Средняя частота клеток с мутациями, среднее \pm SD		Доля особей с повышенной частотой мутантных клеток, \pm SE, %	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Микроядерный тест	$(1,20 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ N=25	$(1,18 \pm 0,2) \times 10^{-3}$ N=25	4 \pm 0,04	0
TCR-тест	$(11,7 \pm 3,3) \times 10^{-4}$ N=40	$(12,7 \pm 5,7) \times 10^{-4}$ (N=39)	5,0 \pm 0,03	15,4 \pm 5,7

* $p > 0,05$

Средняя частота нормохромных эритроцитов с микроядрами в группе облученных мышей с повышенной частотой TCR-мутантных клеток не отличались от таковой у особей с нормальной частотой TCR-мутантных клеток. Этот факт свидетельствует об отсутствии нестабильности генома на хромосомном уровне в ядерных клетках эритроидного ряда на данном сроке после облучения. Это согласуется с рядом данных литературы, которые показывают, что радиационно-индуцированная нестабильность генома, наблюдающаяся на генном уровне, может не проявляться на хромосомном [2,3].

Литература

1. Цыб А.Ф., Будагов Р.С., Замулаева И.А. и др. Радиация и патология. М.: Высш. Шк.. 2005, С.188-190.
2. Смирнова С.Г., Замулаева И.А., Орлова Н.В. и др. Сравнительное исследование структурных и генных соматических мутаций у работников ядерно-химических предприятий. Радиационная биология. Радиоэкология, 2005, Т.45, С. 162-167.
3. Wright E.G. Radiation-induced genomic instability in haemopoietic cells. London: ENES, 1997. P.27-32.
4. Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального Агентства по науке и новациям РФ в рамках программы «Приоритетные направления развития науки и техники» на 2002-2006 гг. (02.434.11.2003).

МОНИТОРИНГ РАДИОАКТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Командиров М.А., Демиденко А.И.

Брянский государственный технический университет

Стратегия экологической стабильности как базис устойчивого развития и сохранения жизни на планете все больше осознается в обществе. Она охватывает все сферы Земли, но в наибольшей степени относится к агроэкосфере.

Во-первых, 60-70% общей массы вредных веществ - продуценты сельскохозяйственного производства.

Во-вторых, создание различных агроландшафтов изменяет сочетание, направленность и скорость естественных почвообразовательных процессов, вследствие чего происходят многовариантные преобразования свойств почв, к сожалению, не всегда желаемые.

Многообразное влияние людей на педосферу можно разделить на 4 вида, в зависимости от особенностей их деятельности. Каждый из них имеет как минимум два аспекта: экосистемный и геохимический.

Первый заключается в смене (уничтожении) естественных экосистем на искусственные, в том числе агроэкосистемы, а также в различных механических воздействиях на почвенный покров, например, сельскохозяйственными орудиями, машинами и пр. Суть геохимического аспекта состоит в том, что в геологический и биологический круговороты веществ включаются большие массы химических элементов и соединений, ранее не свойственных данной территории, как по количеству, так и по составу.

Решение экологической проблемы обоснованного воздействия на почвенный покров юго-запада России значительно осложнилось тем, что с 1986 года большие площади загрязнены радионуклидами вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС. К 1995 году, несмотря на принятые в Брянской области агротехнические меры по предотвращению поступления радионуклидов из почвы в растения, возросло загрязнение продукции растениеводства.

Методологией данного исследования является следующее положение: современная эволюция почв и почвенного покрова обусловлена их лалеолитогенезом, техногенезом и агрогенезом.

Системы объектов исследований охватывают основные структуры почвенного покрова и экосистемы региона. Стационарные

мониторинговые ключевые экосистемы различаются по степени агрогенного воздействия:

- естественная экосистема;
- обычная агроэкосистема;
- интенсивная агроэкосистема.

Проведенные исследования показали, что почвенный покров юго-запада России характеризуется большим природным разнообразием. Современное аграрное воздействие еще больше усиливает его пестроту и значительно усложняет экологически безопасное использование. Для каждой почвенной провинции, ландшафта и экосистемы существуют свои экологические проблемы. Их необходимо учитывать при рациональном почвоиспользовании.

Наиболее активной и очень чувствительной частью педосферы, индикатором ее экологического состояния, является почвенная биота.

Вторичной лучевой реакцией в облучаемой экосистеме является стимуляция роста и развития отдельных организмов, наиболее устойчивых к действию радиации. При этом возможны два эффекта — аддитивный и синергический.

Аддитивный эффект представляет собой простое суммирование воздействия отдельных факторов. Синергический эффект предполагает, что окончательный эффект больше суммы отдельных слагаемых, описывающих влияние всех факторов в отдельности.

Итоги мониторинговых исследований и наблюдений, проведенных на юго-западе России, свидетельствуют, что почвенный покров региона вследствие антропогенных воздействий эволюционирует, и не в лучшую сторону.

Определение реакции дерново-подзолистых почв Брянского полесья на радиоактивное загрязнение показало, что она, в первую очередь, определяется плотностью загрязнения почв цезием-137 и генетическими особенностями почв. Цена почвы, как средства производства, уменьшилась примерно в 2 раза.

Для контроля за ситуацией, разработки и реализации системы мероприятий по экологической реанимации и реабилитации загрязненного почвенного покрова необходимо придать рассматриваемой территории соответствующий статус и постоянно проводить мониторинг. Необходимо разработать классификацию современных почв на основе их способности обеспечивать высокую продуктивность и экологическую безопасность экосистем.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Командиров М.А., Демиденко А.И.

Брянский государственный технический университет

Недостаточность информационных материалов о последствиях аварии на Чернобыльской АЭС создает достаточно большие проблемы на территории России, и в особенности, в ее самом загрязненном регионе — Брянской области.

А проблема достаточно широка, если учитывать хотя бы то, что расчетная пожизненная нагрузка на костный мозг среднего облученного жителя Брянской области — 1,0мЗв, что достаточно много. А не имея толком организованной информационной базы сложно решить многие связанные с этим проблемы.

В чем же заключаются информационные проблемы? Прежде всего, это нехватка научной информации, что создает серьезные проблемы для отечественных ученых, занятых изучением рисков здоровья, вызванных аварией на ЧАЭС; неоднозначность научных знаний о проблеме следующих причин, прямо или косвенно связанных с чернобыльской катастрофой:

- уникальный характер радиационного облучения, вызванного чернобыльской аварией, что делает невозможным некритический механический перенос любой из известных моделей эффектов радиационного воздействия на здоровье для успешного предсказания воздействия на него именно чернобыльской радиации;
- недостаточность знаний у клиницистов в области радиобиологии, а у радиобиологов в области клинической медицины;
- отсутствие точных данных о дозах острого облучения быстрораспадающимися радионуклидами, которые с трудом поддаются сколь-либо надежной ретроспективной реконструкции;
- наличие до 1989 г. цензуры в научных изданиях и в средствах массовой коммуникации по чернобыльским вопросам, которая блокировала нормальное распространение результатов научных исследований в 1986-89гг.;
- отсутствие эпидемиологических знаний, достаточных для анализа специфической постчернобыльской эпидемиологической ситуации;

- запоздалая и неадекватная реакция научно-информационных институтов СССР.

Эти специфические (для постчернобыльской ситуации) проблемы информационной поддержки научных исследований Брянского региона осложнены общими проблемами научно-информационного обслуживания.

Проблему доступа к релевантной литературе чернобыльской тематики планируется решить путем создания баз данных. В данном контексте целесообразно описать следующие предполагаемые проекты:

- создание реферативной БД, отражающей литературу по всем аспектам радиационных воздействий на человека и животных и по имеющим отношение к Чернобылю медико-биологическим исследованиям. Ее источником являются 15 дисциплинарно-ориентированных баз данных реферативных журналов;
- реферативная БД, которая отражает в основном белорусскую, украинскую и российскую литературу - гораздо полнее, чем вышеописанная; рефераты, как правило, весьма детализированы. Создаваться БД должна при непосредственном участии областной администрации и руководящих органов страны;
- проект, который должен выполнять коллектив областной библиотеки. Проект предполагает: публикацию текущего библиографического указателя по Чернобылю и ввод в действие базы данных того же содержания и под тем же названием в областной библиотеке. Создаваемая БД является библиографической и, в лучшем случае, краткие аннотации документов прилагаются к библиографическим описаниям. БД отражает литературу по всем аспектам чернобыльской тематики;
- создание проекта на нескольких языках отслеживающих информацию ежедневно. Реализовываться данный проект должен при содействии отдела по чрезвычайным ситуациям. В рамках выполнения данного проекта ежегодно должен публиковаться сборник рефератов, но авторы не имеют в настоящий момент информации о доступности компьютерного их поиска. Отражаются исключительно белорусская, российская и украинская литература по чернобыльским проблемам.

Реализация вышеперечисленных проектов существенно упростит решение основных проблем, прежде всего в Брянской области:

- специфическая нехватка относящейся к чернобыльской аварии научной информации в Брянской области была неизбежной по различным причинам;
- местные базы данных, созданные для заполнения этой информационной лакуны (в большей степени в порядке энтузиазма, нежели в статусе финансируемых проектов), имеют ряд достоинств, но нуждаются в дальнейшем развитии;
- реальным направлением этого развития является международное сотрудничество. Уникальное собрание библиографических записей научной релевантной литературы таких стран бывшего СССР, как Беларусь, Украина и Россия, могло бы быть предложено международному сообществу как один из результатов взаимовыгодного сотрудничества.

НОВЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ИОННЫМ ОБМЕНОМ

Корзина Ю.Е., Рябчиков Б.Е., Ларионов С.Ю.

ВНИИИМ им. А.А. Бочвара

Вопрос об обращении с жидкими радиоактивными отходами (далее ЖРО) в настоящее время стоит очень остро во многих странах. Переработка ЖРО направлена на решение двух главных задач: очистки основной массы отходов от радионуклидов и концентрирование последних в минимальном объеме, удобном для дальнейшей локализации [1, 2].

Одним из основных методов очистки ЖРО низкого уровня активности до настоящего времени остается ионный обмен. Традиционное применение сильнокислотных катионитов требует использования 2-х – 3-х кратного избытка кислоты, что обуславливает большой объем вторичных отходов, подлежащих дальнейшей переработке и захоронению [3].

С целью сокращения расхода реагентов на регенерацию и, соответственно, снижения объема вторичных отходов разрабатывается принципиально новая технология обессоливания ЖРО с применением ионообменных смол нового поколения со слабодиссоциированными

функциональными группами, обладающих повышенной сорбционной емкостью и возможностью регенерации практически в стехиометрии.

Разрабатываемая технология предусматривает послынное расположение слабокислотного катионита над сильнокислотным в одном фильтре, регенерацию в противоточном режиме «UPCORE» и фракционирование регенератов.

Это позволит: снизить солевую нагрузку на сильнокислотный катионит и уменьшить его количество; более полно использовать емкость ионитов; значительно снизить расход регенерирующих растворов, и как следствие - минимизировать количество отходов, подлежащих захоронению.

По результатам разработки и эксплуатации экспериментальных установок будут разработаны предложения по созданию узла обессоливания опытно-промышленной установки очистки ЖПО, смонтированной на время реконструкции Московской станции переработки.

На первом этапе работы исследованы сорбционные характеристики слабокислотных катионитов, а также зависимость величины обменной емкости и вида выходной кривой от условий регенерации.

По результатам длительных испытаний выявлено, что слабокислотный катионит действительно обладает повышенной обменной емкостью 2 – 3 г-экв/л, для достижения которой достаточно проводить регенерацию 5%-ным избытком кислоты от теоретического расхода. При этом регенерат на выходе практически нейтрален.

Для наилучшего использования всех преимуществ технологии послынного Н-катионирования, необходимо исключить перемешивание катионитов в процессе работы.

Поэтому, необходимо было исследовать гидродинамические характеристики сильно- и слабокислотных катионитов различных производителей и выбрать пару несмешивающихся катионитов.

По результатам эксперимента построены дифференциальные кривые распределения частиц ионитов по диаметрам (рис. 1) и дифференциальные кривые распределения частиц ионитов по скоростям (рис. 2).

На основании результатов, полученных по методу оценки характеристической скорости частиц ионитов, проведены исследования степени смешения пар ионитов (рис. 3) и выбрана пара, марок MAC-3LB – Monosphere750C.

Но так как возникли сложности с приобретением катионита Monosphere750C, пришлось подбирать катиониты с аналогичными гидродинамическими характеристиками других производителей. Фирма Rohm and Haas пошла нам навстречу, и любезно предоставила такие материалы: слабокислотный катионит марки Amberlite IRC86SB и сильнокислотный марки Amberjet1500.

В настоящее время ведется работа по исследованию послойного противоточного Н-катионирования на установке, производительностью 500 л/час (рис. 4).

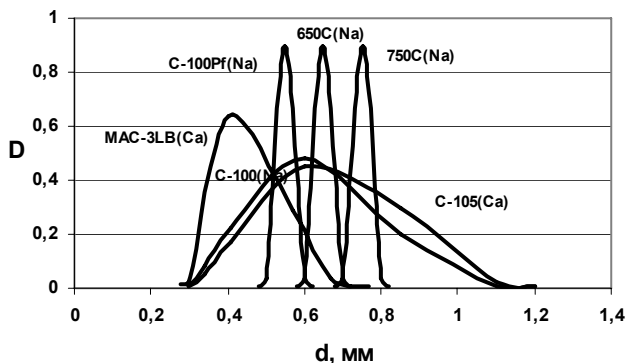


Рисунок 1. Дифференциальные кривые распределения частиц ионов по диаметрам.

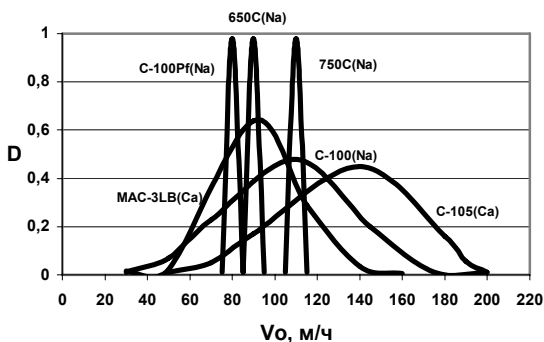


Рисунок 2. Дифференциальные кривые распределения частиц ионов по скоростям.

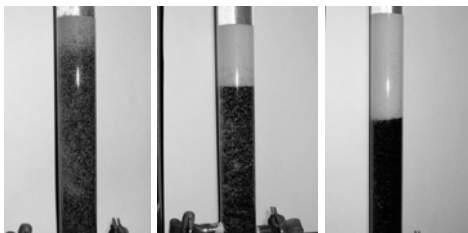


Рисунок 3.



Рисунок 4.

Оценивая разрабатываемое направление в ряду с существующими технологиями переработки ЖРО низкого уровня активности, необходимо отметить, что предлагаемые технологические решения позволят получать конечные отходы в минимальном объеме при сокращении затрат на переработку, транспортировку и захоронение РАО.

Разрабатываемая технология применима не только к обезвреживанию радиоактивно-загрязненных вод; она также может быть использована на станциях водоподготовки для промышленного водоснабжения и энергетики.

Литература

1. Захаров Е.И., Рябчиков Б.Е., Дьяков В.С. Ионнообменное оборудование атомной промышленности. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 248 с.

2. Никифоров А.С., Куличенко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 183 с.
3. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. - М.: ДеЛи принт, 2004. - 328 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТВС РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР

Корзунин А.В.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Изучение изменения ядерно-физических свойств конструкционные материалы ядерных реакторов является важным для обращения с ними.

Данная работа посвящена изучению активации циркониевых сплавов, которые являются конструкционными материалами ТВС реактора типа ВВЭР.

Цель работы — моделирование временной зависимости изменения радиоактивности этих материалов. Моделирование осуществлено с помощью программы ORIGEN-S [1], входящей в состав комплекса SCALE 5 [1]. Для решения системы дифференциальных уравнений используется метод матричной экспоненты. Сечения подготавливаются программой ORIGEN-ARP [1].

Параметры, определяющие воздействие на сплав внешней среды представлены в таблице 1.

Таблица 1. Внешние параметры.

Тепловая мощность реактора, МВт	3125
Обогащение топлива, %	3,3
Загрузка реактора топливом (UO ₂), кг	75000
Плотность замедлителя, г/см ³	1

Исследуемые варианты химических составов сплавов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Процентное содержание легирующих элементов в исследуемых сплавах.

Сплав	Процентное содержание элемента, %				
	Nb	Sn	Fe	Cr	Ni
Zr+Nb	1	-	-	-	-
Zr+Nb+Sn+Fe+Ni	0,1	0,1	0,1	-	0,1
Zr+Nb+Sn+Fe	1	1	0,1	-	-
Zr+Sn+Fe+Cr+Ni	-	1	0,1	0,1	0,1

Облучение происходит в течение трех лет. Все параметры не зависят от пространственных координат.

Результаты расчетов удельной радиоактивности исследуемых циркониевых сплавов показали, что в течение облучения активность всех четырех материалов растет одинаково до значения $\sim 10^{11}$ кБк/кг (рис. 1). Удельная активность сплавов с 1% содержанием ниобия остается практически постоянной ($\sim 1 \cdot 10^6$ кБк/кг) начиная со 100 лет выдержки и, как минимум, на одну тысячу лет вперед. Эта активность обусловлена ^{94}Nb . Что касается сплавов без высокого содержания ниобия, их активность спадает всего на один-два порядка величины от 100 до 1000 лет выдержки.

Основной элемент этих сплавов - цирконий и его отделение от других элементов после облучения может быть полезным. Оценено, что удельная активность циркония в этих сплавах уменьшается от 10^{10} до 10^4 кБк/кг по порядку величины за время около 10 лет выдержки. Отношение удельной активности «загрязненного» циркония к удельной активности отделенного может принимать значение более тысячи (рис. 1).

В ходе исследования обнаружено, что существенное значение имеет учет реакции вынужденного изомерного перехода. Для варианта Zr+Nb оценки активностей после десяти лет выдержки с учетом и без учета этих реакций отличаются на порядок. Это обусловлено реакцией перехода ^{93}Nb в $^{93\text{m}}\text{Nb}$. То есть, для этого значения времени выдержки эта реакция является определяющей.

Данный факт интересен, так как подобные реакции далеко не всегда учитываются в расчетных моделях.

Была проведена оценка удельной активности облученных конструкционных материалов. Существуют [2, 3] следующие нормы для данного вида материалов: верхняя граница удельной активности материалов применяемая в конкретных проектах по неограниченному

использованию или неограниченному захоронению в ряде стран изменяется от 0,1 кБк/кг до 5 кБк/кг.

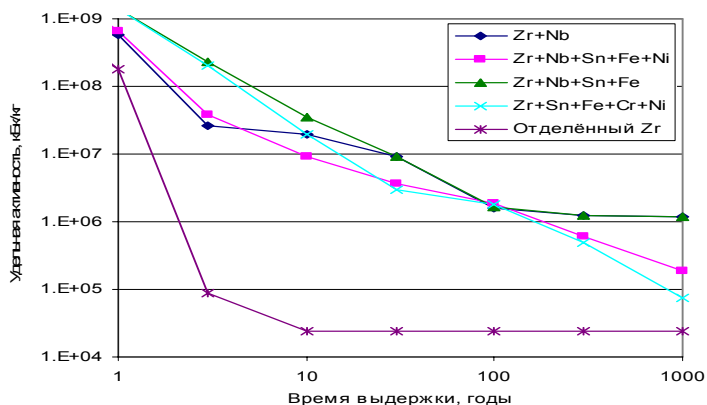


Рисунок 1. Зависимость удельной активности от времени для исследуемых вариантов.

Таким образом, радиоактивность сплавов после облучения слишком высока, что не позволяет использовать их в хозяйственной деятельности или захоранивать без ограничений даже после 1000 лет выдержки. То же справедливо и для отделенного циркония. Показано, что цирконий снижает свою удельную активность в 10^6 раз за время около 10 лет выдержки. Показано также, что при проведении моделирования изменения изотопного состава учет реакции вынужденного изомерного перехода может иметь важное значение.

Литература

1. SCALE-5, SCALE: A Modular Code System for Performing Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation, RSICC, CCC-7252.
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Recycle and reuse of materials and components from waste streams of nuclear fuel cycle facilities. IAEA-TECDOC-1130, 2000.
3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ): 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1. 799-99 – М.: Минздрав России, 2000. – 98 с. (Гос.сан.эпид.нормирование Рос.Фед. Гос.сан.эпид. правила и нормативы).

**ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Еремин А. Д., Полева Е. А., Краснова Т. Е.
РФЯЦ-ВНИИЭФ

В Научно-исследовательском бюро экологической безопасности (НИБ ЭБ) отделения 43 РФЯЦ-ВНИИЭФ на протяжении ряда лет ведется работа по созданию информационно-справочной системы (ИСС) обеспечения экологической безопасности для соблюдения природоохранных требований при проведении работ на опасных объектах.

Основной целью создания данной ИСС является нормативно-правовая и методическая поддержка разработки и принятия управленческих решений по обеспечению требований по охране окружающей среды и экологической (в том числе радиационной) безопасности при осуществлении деятельности предприятия.

В настоящее время слабо организовано информационное обеспечение предприятий документами природоохранного направления федерального, регионального законодательства и международного права, и они вынуждены самостоятельно заниматься этой проблемой.

Для проведения анализа и систематизации возможных природоохранных ограничений в сценариях деятельности предприятий, подбора и совершенствования соответствующей нормативно-методической базы обеспечения экологической безопасности специалистами НИБ ЭБ на основании действующего законодательства России и принятых международных актов разработан минимально необходимый перечень нормативно-правовых документов, которые регламентируют деятельность РФЯЦ-ВНИИЭФ в области рационального природопользования, охраны окружающей среды, промышленной и экологической безопасности.

Разработанная ИСС содержит информацию о действующей в настоящее природоохранной документации. Она представляет собой БД и решает типовой набор задач по накоплению, хранению и выдаче информации о действующих правовых и нормативно-методических природоохранных документов (и их текстов) для информационной поддержки решений любого уровня. Разработанная БД в настоящий момент содержит более 600 документов и может быть полезна организациям и должностным лицам – представителям различных предприятий, принимающим природоохранные решения.

Область применения — информационное обеспечение деятельности руководителей предприятий и отделов охраны окружающей среды, специалистов отделов ООС и РБ и т.д.

ИСС состоит из следующих блоков:

- блок природоохранной нормативно-правовой документации;
- блок нормативно – методической документации;
- блок информационно- справочной информации.

Разбиение всех видов нормативно-правовых и методических документов, которые регламентируют природоохранные аспекты деятельности предприятий, производилось на основе различий видов документов и их реквизитов.

МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Базин А.А., Бакулин В.Е., Горев В.В., Горев И.В., Губкова Г.Н., Дерюгин Ю.Н., Еремин А.Д., Зеленский Д.К., Куликова К.П., Павлуша И.Н., Панов А.И., Селин В.И., Сизова Л.И.

РФЯЦ-ВНИИЭФ

Савельев А.А.

Казанский государственный университет

Экспертная система (ЭС), которая должна являться основным инструментом разработчика конструкции защитных экранов, защищающих подземные воды от попадания в них загрязнителей от локальных источников загрязнения, создавалась в течение ряда лет специалистами крупнейших научных центров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИГЭ РАН при Санкт-Петербургском университете и НИИММ при Казанском университете. Система предназначена для выработки решений конкурирующих по эффективности с решениями эксперта в данной предметной области.

ЭС используется при решении двух задач: выборе оптимальных геометрических размеров и характеристик защитных экранов в местах складирования РАО, и выборе оптимального местоположения защитных экранов на путях миграции загрязняющих веществ.

Основным назначением ЭС является учет неопределенности имеющихся данных и моделей, и связанных с ними рисков. ЭС

предназначена для выработки экономически оптимальных решений, обеспечивающих заданный уровень надежности и безопасности площадок складирования РАО.

Работа экспертной системы основана на численном моделировании законов распределения вероятностей временных и пространственных характеристик распространения загрязняющих веществ при различных положениях и характеристиках защитных экранов.

Интерфейс ЭС представлен на рисунках 1-2.

Основные компоненты экспертной системы:

- пакет программ НИМФА для расчета течений в пористых средах и численного моделирования переноса загрязнения;
- методика расчета защитных экранов;
- методика геостатистического моделирования характеристик объекта с учетом неопределенности;
- методика анализа и прогноза эффективности и ранжирования вариантов защиты в конкретных условиях.

Созданы все составляющие модули ЭС; на конкретном примере пройдена вся технологическая цепочка ЭС. Контрольный расчет показал высокую точность прогноза, выдаваемого ЭС.

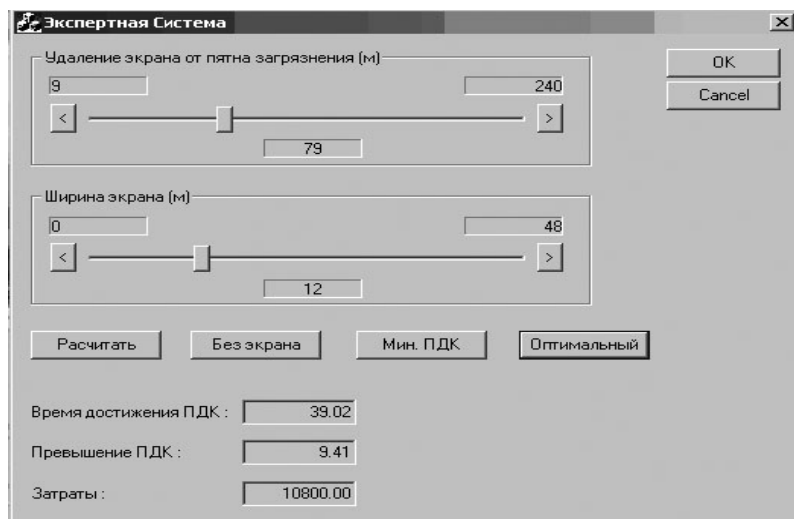


Рисунок 1. Интерфейс ЭС (панель задания параметров).

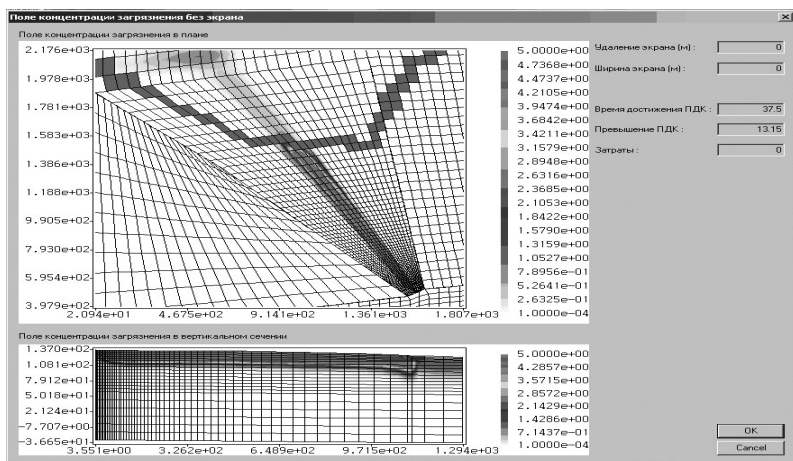


Рисунок 2. Интерфейс ЭС (диалоговое окно).

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ БИОЦЕНОЗА ХРАНИЛИЩА РАО НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ РАДИОЕМКОСТИ

Лунова К.В.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Объектом исследований являются биоценозы в районе размещения хранилища радиоактивных отходов (РАО), эксплуатируемого с 1954 по 1961 годы. В 1998 г. в одной из двух емкостей была обнаружена утечка радиоактивности. В связи с этим для исследований выбрана территория, прилегающая к той стороне хранилища, где расположены данные емкости. Из-за того, что хранилище расположено на надпойменной террасе, радиоактивные вещества попали за пределы хранилища. Результаты, полученные при анализе проб воды и почвы, отобранных в районе хранилища, свидетельствуют о загрязнении данного участка радионуклидом ^{90}Sr . Загрязнение геосистем подтверждает необходимость и актуальность проведения оценки состояния природной среды.

Цель работы — оценка экологического риска для биоты вблизи хранилища РАО и «болота», образовавшегося рядом с данным хранилищем.

Для достижения данной цели решены следующие задачи:

- рассчитано значение радиоемкости территории, расположенной рядом с хранилищем, и «болота», находящегося недалеко от него;
- проведено сравнение полученных значений с истинным содержанием радионуклидов;
- на основании этого сформулированы выводы о возможности существования биоты на данных территориях;
- сформулированные выводы подтверждены экспериментальными показателями жизнедеятельности животных, населяющих данные биоценозы.

В качестве экспериментальных показателей жизнедеятельности животных, населяющих территорию, прилегающую к хранилищу РАО, приняты уровни содержания белков-металлотионеинов (МТ) в мягких тканях янтарки и кустарниковой улитки, а также в почках и печени грызунов, обитающих на хранилище РАО, состояние периферической крови грызунов, в частности, содержание лейкоцитов в крови.

Для проведения исследований заложены следующие точки пробоотбора: территория, прилегающая к южной стороне хранилища РАО и «болото». Оценка экологического риска проводилась на основании значений радиоемкостей данных территорий. Для расчета радиоемкостей использовались значения радиоактивности, полученные при исследовании проб почвы (территория, прилегающая к южной стороне хранилища РАО) и воды («болото»). Данные значения при анализе проб почвы составили 9914 – 11858 Бк/кг, а при анализе проб воды 3,45 Бк/л.

Для расчета значения радиоемкости «болота», образовавшегося рядом с хранилищем РАО использовались формула и значения, заимствованные из работы [2].

Истинное содержание радионуклидов «болота», образовавшегося рядом с хранилищем РАО, составляет $1,6 \cdot 10^6$ Бк, что на девять порядков ниже его радиоемкости ($(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^{15}$ Бк). Это позволяет предполагать, что данный водоем не опасен для жизнедеятельности живых организмов. Иначе говоря, риск обитания в данном «болоте» является заведомо приемлемым.

Истинное содержание радионуклидов на территории, прилегающей к южной стороне хранилища, равно $117 \cdot 10^8$ Бк. Данное

значение на четыре порядка ниже значения радиоемкости ($666 \cdot 10^{12}$ Бк). Это говорит о том, что биота спокойно может существовать на данной территории, и можно ожидать лишь небольшие отклонения в некоторых показателях ее жизнедеятельности. Данный вывод подтверждается экспериментальными данными.

Все это позволяет утверждать, что экологический риск для биоценоза хранилища РАО и «болота», образовавшегося рядом с ним, невелик и приемлем для живых организмов, то есть они вполне могут существовать и развиваться на данной территории.

Литература

1. Куликов Н.В., Чеботина М.Я. Радиоэкология пресноводных биосистем. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – с. 71.

ПЕРЕРАБОТКА ОЯТ ВВЭР-440 НА ЗАВОДЕ РТ-1

Мелентьев А.Б.

ФГУП «ПО «Маяк»

Реализация концепции замкнутого топливного цикла в России началась с пуском в 1977 году на химическом комбинате «Маяк» завода по переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) РТ-1. Главной задачей завода является регенерация ОЯТ с целью повторного использования делящихся материалов.

На сегодняшний день завод перерабатывает до 200 тонн ОЯТ (что соответствует годовой выгрузке российских АЭС с ВВЭР-440). Кроме этого на комплексе РТ перерабатывается до 25 т/год топлива реакторов БН-600 и различные виды высокообогащенного топлива. Всего с момента пуска завода было переработано более 3 тысяч тонн отработанного топлива ВВЭР-440. Рассмотрены основные элементы технологической цепочки.

В основе технологии выделения U, Pu, Np, их разделения и очистки от продуктов деления лежит экстракционный процесс (PUREX-процесс), осуществляемый в многоступенчатых смесителях-отстойниках с механическим или пульсационным смешиванием фаз.

Технологическая схема PUREX-процесса завода РТ-1 по своей структуре относится к классическим схемам с двумя циклами в линии урана и циклом аффинажного экстракционного разделения плутония и нептуния.

Экстракционная технология, используемая на заводе, позволяет достичь общей очистки урана от продуктов деления и плутония порядка $10^7 - 10^9$.

Уран из конечных растворов (реэстрактов) получают через термический процесс в форме гексагидрата нитрата уранила.

Образующиеся в ходе технологического процесса высокоактивные отходы направляют на упаривание, затем на остекловывание и временное хранение. Среднеактивные отходы после упаривания также поступают на временное хранение. Технологические возможности завода РТ-1 позволяют также получать из высокоактивных отходов очищенные концентраты стронция, цезия, технеция.

Несомненным достоинством комплекса РТ является то, что благодаря работе завода обеспечено частичное замыкание топливного цикла по «вторичному» урану: низкообогащенный уран отработавших топливных сборок реакторов ВВЭР-440 и уран повышенных степеней обогащения других облученных материалов смешивают, получая таким образом топливо с необходимой для использования в энергетических реакторах концентрацией по U-235.

Перспективы развития РТ-1 связаны с решением первоочередных задач комбината, направленных на резкое сокращение сбросов жидких РАО. Можно кратко их обозначить как:

- поэтапное сокращение сбросов САО и НАО;
- компактное отверждение содесодержащих РАО;
- решение экологических проблем Теченского каскада.

Кроме того, завод нуждается в частичной реконструкции, которая позволит расширить номенклатуру перерабатываемого топлива, а также заменить устаревшее оборудование и усовершенствовать технологический процесс.

СОРБЦИЯ СТРОНЦИЯ НА ГИДРОКСИДНОМ СОРБЕНТЕ МАРКИ Т-5 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ pH РАСТВОРА

Мысливец Т.С.

Нижнетагильский технологический институт (филиал) УГТУ-УПИ

Бетенеков Н.Д.

Уральский государственный технический университет - УПИ

Анализ зависимостей коэффициента распределения k_d (или степени извлечения S) радионуклидов сорбентами от величины pH

является одним из важнейших в теории и практике межфазного распределения и исследования форм состояния [1,2]. На основе полученных данных определяется область рН, в которой обеспечивается максимальное извлечение целевого компонента, или наиболее эффективное разделение элементов.

В работе получены зависимости степени сорбции и коэффициента распределения между твердой и жидкой фазой в координатах «S-pH» и «lgk_d-pH» на сорбенте на основе гидроксида титана. Концентрация стабильного стронция равна 0,1 мг/л (0,0011 ммоль/л), то есть сорбция происходила в области выполнения закона Генри. Значение исходной величины рН растворов устанавливали HCl и NaOH. Для исключения изменения гранулометрического состава сорбента и его разрушения сорбция проводилась в статических условиях без использования перемешивания, время установления эмпирического равновесия - две недели. Из представленных на рисунке данных видно, что на кривых зависимости степени сорбции стронция от величины рН имеются характерные перегибы. Это говорит о наличии в структуре сорбента ионообменных центров, содержащих ионы водорода с различной кислотной силой. Этими ионообменными центрами могут быть различные формы химически связанной со структурой сорбента воды, в частности концевые OH-группы, или OH-группы оловых связей. При этом, с ростом температуры прокалики сорбента из их структуры удаляются в первую очередь наиболее сильнокислотные группировки и величина рН начала сорбции стронция сдвигается во все более щелочную область (см. рисунке).

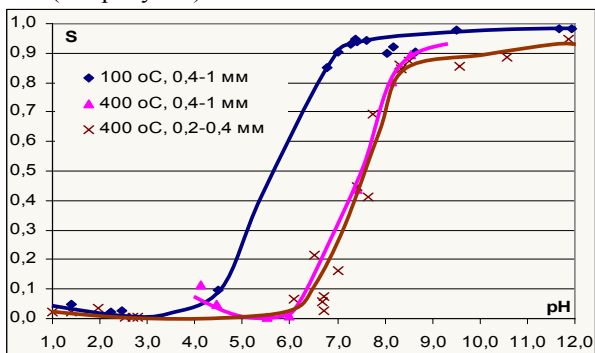


Рисунок. Зависимость степени сорбции стронция от величины рН раствора на гидроксидном сорбенте Т-5. $C_{NaCl}=0,1$ моль/л.

В области «скачка сорбции» экспериментальные данные удовлетворительно укладываются на прямые линии с тангенсом наклона, примерно равным 1.

В ходе работы выявлено, что в процессе извлечения сорбата происходит изменение рН, связанное с взаимодействием твердой фазы и раствора, то есть, сорбент увеличивает значение рН кислых растворов и снижает значение рН щелочных растворов, следовательно, обладает буферными свойствами. В области величин рН=4-8 находится рН изоэлектрической точки гидроксида титана и буферные свойства проявляются наиболее ярко.

В сильноокислой среде (рН=1-3) происходит частичное растворение сорбента (0,0067% за 3 дня в 0,1 М HNO_3), что, возможно, сказывается на графиках кажущимся увеличением степени сорбции и коэффициента распределения в этом диапазоне величин рН.

Литература

1. Бетенеков Н.Д., Недобух Т.А. и др. О методике получения «S-рН» изотерм сорбции для неорганических сорбентов. Вестник УГТУ-УПИ № 15(67). Актуальные проблемы физической химии твердого тела. Сборник научных трудов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2005. с.133-138. 249 с.
2. Плотников В.И., Тамаева К.А., Мясичев А.В.. Соосаждение стронция с индивидуальными и смешанными гидроксидами некоторых металлов. // Радиохимия. 1989. Т.30. № 3. С. 85-89.

РАЗРАБОТКА ХЕМОСОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Нежникова А.Г., Китаева Н.К.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Рыбкин Н.И., Дуфлот В.Р.

Филиал ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», г. Обнинск

Существующие на ядерных реакторах системы очистки выбросных газов, основанные на использовании угольных адсорберов, не

соответствуют современным требованиям по их ресурсу работоспособности, эффективности очистки воздушных выбросов прежде всего от наиболее экологически опасного радионуклида – йода и его органических соединений, по работоспособности фильтров в паро-воздушных средах, характерных для аварийных ситуаций.

Для очистки воздушных выбросов от радио-йода используются, в основном, насыпные адсорберы на основе активных углей типа СКТ-3. Для повышения эффективности улавливания органических форм радио-йода, прежде всего метилйодида, угли импрегнируют. В качестве импрегнантов в России и за рубежом наиболее широкое применение получили йодиды металлов, нитрат серебра, амины, комплексы на их основе, кристаллический йод и композиции из вышеназванных агентов. Однако эти сорбенты, имея относительно высокие значения начальной эффективности сорбции радио-йода, имеют ограниченный ресурс работоспособности.

Цель работы — разработка методов синтеза комплексных соединений – иодидов металлов переменной валентности, импрегнирования ими активированного угля.

Синтез иодидов металлов переменной валентности осуществлялся взаимодействием оксида, гидроксида или карбоната соответствующего металла с иодоводородистой кислотой в воде. Состав полученного комплексного соединения изучали спектрофотометрически. Импрегнирование угля вели следующим образом: точно отмеренный объем угля помещали в раствор комплексного соединения, выдерживали в течение 30 мин., отфильтровывали и сушили при 80°C.

АНТАГОНИСТИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ДЕЙСТВИИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ МЕТАЛЛОВ И ОБЛУЧЕНИЯ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ У РАСТЕНИЙ

Нецвет Н.В.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

Актуальность исследования. Тяжелые и другие металлы являются неотъемлемой частью биосферы. Некоторые из них необходимы как растениям, так и животным в относительно больших количествах, другие в микроколичествах, но при этом жизненно

необходимы, а третьи даже в крайне малых концентрациях обладают высокой токсичностью.

Увеличенное содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве ведет к возрастанию их концентрации в растениях. Накопление ТМ в организме человека осуществляется в основном за счет потребления продуктов питания. У растений в ходе эволюции и в течение жизни вырабатываются механизмы, приводящие к адаптации организма и снижению первоначальной чувствительности к изменению баланса химических элементов в окружающей среде.

Токсичность алюминия связана с многообразием его химических форм и миграционной способностью элемента в почвенной и водной средах. Для понимания механизмов токсического действия алюминия на всех уровнях организации растительных организмов важное значение имеет изучение механизмов ингибирующего действия этого металла на цитогенетическом уровне.

В настоящее время интенсивно исследуется комбинированное действие различных химических элементов на растения, поскольку взаимное влияние, например, тяжелых металлов может или усиливать или уменьшать их фитотоксическое действие. В почвенных растворах среди металлов довольно часто встречаются алюминий и марганец (3 и 5 места по содержанию в земной коре, соответственно). Возможным механизмом антагонистического действия одних металлов на другие является выработка растительными клетками белка фитохелатина. Установлено, что фитохелатины в растительных клетках участвуют в процессе накопления, детоксикации и метаболизма многих тяжелых металлов. Известно также, что некоторые ТМ стимулируют выработку фитохелатинов.

Цель данного исследования — выяснить стимулирует ли выработку фитохелатинов марганец, который присутствует в почвенных растворах в больших количествах.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовали лук обыкновенный - *Allium* сера, имеющий 16 крупных хромосом, что удобно для цитогенетического анализа. Цитотоксичность оценивалась по изменению митотической активности клеток корневой меристемы лука. Количественно митотическая активность определялась с помощью величины митотического индекса.

Генотоксичность оценивалась по частоте aberrантных анафаз в первом митозе в корневой меристеме лука.

Рост и развитие растений в значительной степени определяются деятельностью меристем. Они считаются наиболее чувствительными образовательными тканями растений.

Объектом исследования была выбрана апикальная меристема. Для определения интенсивности воздействия необходимо сопоставить спонтанный уровень изменений митоза, с изменениями, происходящими в ней под воздействием солей алюминия и марганца.

В опыте были взяты следующие растворы для проращивания лука: перманганата калия в концентрации 0,1 мг/л в пересчете на марганец (соответствует 1 ПДК для марганца в питьевой воде); хлорида алюминия в концентрации 0,5 мг/л в пересчете на алюминий (соответствует 1ПДК для алюминия в питьевой воде); перманганата калия и алюминия вместе в тех же концентрациях (сочетанное действие), для контроля была взята дистиллированная вода.

Описана методика опытов, результаты которых представлены в таблице по комбинированному действию Al и Mn.

Таблица.

	контроль	Mn (1 ПДК)	Al (1ПДК)	Mn+Al (1ПДК)
МИ*	$8,7 \pm 0,7$	$4,8 \pm 0,4$	$4,6 \pm 0,5$	$7,0 \pm 0,6$
ДАК**	$0,9 \pm 0,6$	$2,8 \pm 1,7$	$7,1 \pm 2,1$	$2,4 \pm 1,0$
ДАК**	$0,9 \pm 0,6$	$2,8 \pm 1,7$	$7,1 \pm 2,1$	$2,4 \pm 1,0$

* - митотический индекс (%);

** - доля aberrантных клеток (отношение числа aberrантных анафаз к общему числу анафаз, %).

Как следует из представленных данных, как алюминий, так и марганец в концентрациях, соответствующих ПДК оказывают при индивидуальном воздействии явно выраженное цитогенетическое действие. Это действие выражается в достоверном снижении величины митотического индекса и значительном увеличении частоты хромосомных aberrаций. Однако при совместном действии ионов этих металлов цитогенетическое действие, вопреки ожидаемому суммированию эффектов, выражено даже меньше, чем от каждого металла в отдельности.

Это указывает на проявление антагонистического эффекта действия на растения.

С другой стороны, полученные результаты являются экспериментальной иллюстрацией важного экологического закона компенсации факторов Митчерлиха. В работе представлены данные о комбинированном действии марганца и радиации.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОЙ ФОРМЫ ГИДРАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ НА ЕГО ОСНОВЕ ФЕРРОЦИАНИДОВ

Ноговицына Е.В., Воронина А.В., Бетенеков Н.Д., Самбуров А.Е.

Уральский государственный технический университет – УПИ

В работах [1,2] описаны способ синтеза и сорбционные характеристики смешанных ферроцианидов никеля-калия, полученных на основе гидратированного диоксида титана марки Т-5 производства ЗАО ПНФ «Термоксид». Получаемые ферроцианиды являются перспективными сорбентами для извлечения цезия из жидких радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности, а также реабилитации природных водных объектов.

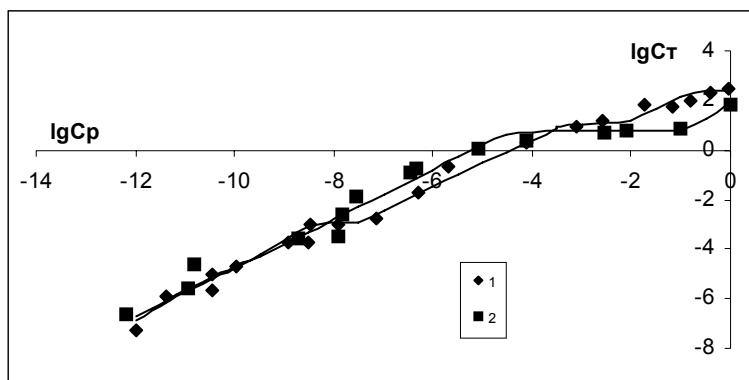


Рисунок. Изотермы сорбции цезия из водопроводной воды (рН=7,8) смешанными ферроцианидами никеля-калия на основе гидратированного диоксида титана марки Т-5: 1 - в водородной форме, 2 - в водородно-натриевой форме.

В данной работе исследовано влияние типа солевой формы гидратированного диоксида титана на его специфичность к радионуклидам цезия, а также на сорбционные свойства получаемых на его основе ферроцианидов. Изучены сорбционные свойства аммонийной, водородной, водородно-натриевой и натриевой форм сорбента марки Т-5. Показано, что во всех представленных солевых формах сорбент характеризуется значительной неоднородностью сорбционных центров, обладающих различной специфичностью и емкостью по отношению к цезию. Максимальными генриевскими коэффициентами распределения

цезия $10^{(3,4\pm 0,6)}$ и $\sim 10^4$ мл/г обладают соответственно водородная и водородно-натриевая форма сорбента марки Т-5.

Исследования также показали, что разной специфичностью к цезию обладают не только сами солевые формы сорбента марки Т-5, но и полученные на их основе смешанные ферроцианиды никеля-калия. На рисунке приведены изотермы сорбции цезия из водопроводной воды смешанными ферроцианидами никеля-калия на основе сорбента марки Т-5 в водородной и водородно-натриевой форме.

Равновесные генриевские коэффициенты распределения цезия для них совпадают в пределах погрешности и составляют соответственно $10^{(5,3\pm 1,0)}$ и $10^{(5,6\pm 1,0)}$ мл/г. Определенные из изотерм значения сорбционной емкости по цезию составляют соответственно не менее 62 и 267 мг/г сорбента.

Литература

1. Воронина А.В., Ноговицына Е.В., Бетенеков Н.Д., Волков А.Е., Клоков С.П. Изучение закономерностей модифицирования гидратированного диоксида титана марки «Термоксид» в ферроцианиды. I. Получение смешанного ферроцианида никеля-калия //Вестник УГТУ-УПИ. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2005. № 15(67). С.146-151.
2. Воронина А.В., Ноговицына Е.В., Бетенеков Н.Д. Оценка статических характеристик ферроцианидов на основе гидратированного диоксида титана марки «Термоксид-5» //Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6, вып. 6. С. 960-964.

ДЕЗАКТИВАЦИЯ БЕТОНА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИМИ СОСТАВАМИ

Нудьга К.В., Мерков С.М., Милинчук В.К.

*Обнинский государственный технический университет
атомной энергетики*

В настоящее время отсутствуют эффективные методы дезактивации железобетонных конструкций больших толщин. Согласно результатам исследований, выполненных в МосНПО «Радон», при

термической дезактивации бетонной поверхности с помощью специальных экзотермических металлизированных смесей (ЭМС) происходит разрушение верхнего слоя бетона, а радиоактивные загрязнения, сконцентрированные в верхнем слое, удаляются вместе с отколовшимися кусками бетона механически. Данный вариант дезактивации реализован только для горизонтальных и слабонаклоненных (не более 15°) поверхностей бетона.

Приведено описание разработанного и изготовленного экспериментального стенда для изучения разрушения поверхности бетона экзотермическими материалами. Предложены несколько методов проведения пламенной дезактивации, показывающие принципиальную возможность проведения дезактивации вертикальных и потолочных бетонных поверхностей данным способом. Изложена методика определения скорости горения экзотермической смеси, представлены результаты экспериментальных исследований экзотермических материалов, перспективных для дезактивации вертикальных и потолочных поверхностей бетона. Установлено, что высокой теплотворной способностью обладают пасты и материалы на основе экзотермической металлической смеси СПВА-31, в состав которой входят магний, алюмомагнийный сплав и ряд неорганических связующих добавок. Изучены способы получения экзотермических паст с различным содержанием связующих добавок, формирования из них высококалорийных горючих материалов и закрепления на вертикальной поверхности бетона. Подобран адгезив, позволяющий удерживать экзотермические смеси на вертикальных поверхностях бетона любого качества поверхности. Найдено оптимальное соотношение горючее-адгезив по скорости горения. Найденный адгезив не только не ухудшает качества исходного топлива, но и позволяет увеличить скорость горения дезактивирующего состава почти в 100 раз.

Проведены исследования процессов горения дезактивирующих составов. Определены на колориметрической установке КЛ-5 по стандартным методикам для твердых топлив теплотворные способности всех испытываемых составов в атмосфере кислорода, воздуха, аргона. Вычислена температура горения новой экзотермической системы. По предварительной оценке, температура нагрева поверхности выше 1300°C достигается за время от 10 до 250 с. Полученные результаты позволяют говорить о роли найденного адгезива в процессе горения полученного экзотермического состава, как эффективного окислителя, что дало возможность получить горючую смесь с положительным кислородным балансом и высокой мощностью тепловыделения

и говорить о создании новой топливной системы для пламенной дезактивации или дезактивации тепловым ударом.

Исходные компоненты предлагаемого состава широко распространены, выпускаются промышленностью, нетоксичны, сравнительно недороги. Приготовление горючей смеси не требует сложного технологического оформления. Продукты сгорания материалов обладают низкой адгезионной способностью к бетонной поверхности. Сделан вывод о перспективности применения термических материалов на основе состава СПВА-31 и связующих добавок для разработки технологии дезактивации вертикальных поверхностей бетона.

КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛОПОДОБНЫХ ФОСФАТОВ КАРКАСНОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Орлова В.А., Зарипов А.Р., Слюнчев О.М., Галузин Д.Д., Ровный С.И.
ФГУП «ПО «Маяк»

Петьков В.И.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Важной задачей радиохимического производства является проблема обращения с отходами ядерных технологий. Общая тенденция в мире в этой области ориентирована на разработку и создание экологически безопасных композиций, фиксаторов радионуклидов, обладающих высокими показателями устойчивости: термической, химической, радиационной. Внимание специалистов привлекают каркасные фосфаты минералоподобного строения. Они рассматриваются как благоприятные формы химического связывания высокотоксичных отходов, особенно радиоактивных, с целью изоляции их от биосферы и использования отдельных их компонентов в экологически устойчивых материалах с определенными функциональными характеристиками.

Предложен, синтезирован и изучен фосфат сложного катионного состава. Его состав выбран с учетом концентраций, сочетания и соотношения катионов, присутствующих в одном из видов реальных отходов «ПО «Маяк», накопленных в результате реализации оружейных программ СССР, – щелочных декантатах. Для формирования ожидаемой

структуры коснарита дополнительно вводились катионы, вид и количество которых оценивались и рассчитывалось на базе данных по изоструктурности фосфатов ромбоэдрического типа и изоморфизму катионов в них.

Синтез образца осуществлялся из растворов. Стадия диспергирования на всех этапах была исключена. Наблюдение за образованием промежуточных и конечных продуктов осуществлялось методами рентгенофазового и дифференциального термического анализов.

На рентгенограмме образца уже при 400°C происходит кристаллизация фазы со структурой коснарита. Дальнейшее повышение температуры (600, 800°C) не приводит к фазовым и химическим превращениям. По данным гидролитических испытаний скорость выщелачивания цезия из образца на 28 сутки составила $(1-5) \cdot 10^{-8} \text{ г/см}^2 \cdot \text{сут.}$ Степень выщелачивания за все время эксперимента не превысила 6,2%.

Полученные данные по исследуемому образцу свидетельствуют о том, что имеет место адаптация изучаемого состава к выбранной кристаллической модификации. Синтезируемый фосфат обладает высокими показателями термической и химической устойчивости.

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ

Пивонов О.С., Дронишинец Н.П.

Новоуральский государственный технологический институт

Основную долю своей потребности в энергии многие страны мира будут обеспечивать за счет энергии деления ядер, поэтому необходимо создать приемлемые в техническом, социальном и политическом аспектах способы обращения с радиоактивными отходами, образующимися в различных химических и физических формах на всех этапах ядерного топливного цикла. Некоторые нуклиды в этих отходах долгоживущие, поэтому необходимо их изолировать от окружающей среды на сотни тысяч лет. Главной проблемой является захоронение высокоактивных жидких отходов, образующихся при переработке топлива, и твердых отходов, загрязненных плутонием и другими трансурановыми элементами и образующихся в процессе переработки и изготовления смешанного окисного топлива.

100 метров протеста протянули участники антиядерного движения «Экозащита» в самом центре Екатеринбурга. Акция направлена против ввоза урановых хвостов на территорию Новоуральска.

Экономическая необходимость создания на территории Новоуральска и в городе Лесном складов для хранения ядерных отходов очевидна - это приток очень крупных зарубежных инвестиций на территорию Урала. Но население этих городов обеспокоено возможными последствиями хранения радиоактивных отходов.

Какие горные породы лучше всего подходят для захоронения ядерных отходов? Ядерные отходы должны быть ограждены от просачивания в окружающую среду. Они должны храниться безопасно на протяжении тысячелетий. Для этого должны быть спроектированы и построены контейнеры, устойчивые к просачиванию отходов.

Что может быть причиной нарушения их герметичности? Главная проблема — вода, которая может быть причиной коррозии почти всех металлов. Некоторые горные породы довольно легко пропускают воду. Неоспоримо то, что радиоактивные отходы будут представлять огромную опасность для человека и окружающей среды на протяжении тысячелетий.

На сегодняшний день существуют несколько способов утилизации ядерных отходов:

- концепция захоронения отработанного топлива и других радиоактивных долгоживущих отходов в сильно трещиноватых горных породах;
- удаление отработанного топлива и остеклованных отходов высокой активности в глину;
- удаление трансураниевых отходов от оборонных программ в слоистых пластах каменной соли; захоронение отработанного топлива и отходов высокого уровня активности в горе Юкка;
- соляные своды;
- концепция поэтапного захоронения;
- международные хранилища.

Проблема безопасного обращения с РАО является одной из тех проблем, от решения которой в значительной мере зависят масштабы и динамика развития ядерной энергетики.

Большие объемы РАО, несовершенство технологий обращения с ними, незавершенность государственной системы учета и контроля

радиоактивных веществ и РАО, необходимость обеспечения физической защиты хранилищ, недостаточность средств для деятельности по обращению с отходами и другие факторы подтверждают, что РАО не являются и не могут быть проблемой одного или даже нескольких ведомств. РАО — это общегосударственная проблема, и для ее решения необходимо создание единой государственной системы управления деятельностью по обращению с РАО.

Литература

1. U.S. Department of Energy. Analysis of the Total System Life Cycle Cost of the Civilian Radioactive Waste Management Program, May 2001. www.ocrwm.doe.gov/pm/pdf/tslccr1.pdf.
2. Pam L., Boer J., Bannink D. The MOX myth. April 1997. www.antenna.nl/wise/469-470/moxspecial.zip.
3. <http://www.uic.com.au/wast.htm>
4. <http://www.ocrwm.doe.gov/>

ЭПР-АНАЛИЗ МЕТАМИКТНЫХ МИНЕРАЛОВ

Богданов Р.В., Сухаржевский С.М., Винокуров А.А., Пидченко И.Н.
Санкт-Петербургский государственный университет

Уран- и торийсодержащие акцессорные минералы служат природными аналогами матриц для иммобилизации актиноидов и, в частности, для консервации обогащенного урана и оружейного плутония. Исследование окред-состояния атомов в таких минералах и физико-химических процессов, протекающих в них в течение геологической истории, дает возможность прогнозировать поведение матричных материалов при их длительном хранении или окончательном захоронении в глубоких геологических формациях. Среди исследуемых структур наибольшее распространение получили титанаты, титано-тантало-ниобаты, фосфаты, силикаты, силикофосфаты металлов II, III и IV групп таблицы Менделеева. Большинство из указанных минералов под действием собственной радиоактивности приобретают метамиктную (рентгеноаморфную) структуру и исследуются преимущественно методами электронной микроскопии, различных вариантов рентгеновской спектроскопии и микрозондового анализа.

Используя метод химического сдвига жестких эмиссионных рентгеновских линий L-серии урана, авторы работы [1] ставят под сомнение пригодность пирохлоров как матриц для консервации плутония. В работе [2] было показано, что в бритолите и эшините в процессе метамиктного распада происходит захват электронных дырок на атомах церия, в результате чего трехвалентный церий переходит в четырехвалентное состояние. Этот факт дает основание предполагать существование в метамиктных минералах комплементарных дефектов – центров захвата электронов.

Для проверки этой гипотезы проведено исследование бритолита и виикита (силикофосфата и титано-тантало-ниобата кальция и редких земель) методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Исследования выполнялись при комнатной температуре на радиоспектрометрах РЭ-1308 (Q-Band) и на мобильном модернизированном миниспектрометре (X-Band). В результате проведенных исследований установлено, что в обоих минералах наблюдается сигнал низковалентного состояния атомов марганца Mn^{2+} . Спектроскопические параметры данного центра позволили четко регистрировать присутствие двух фазовых и (соответственно) структурных состояний ионов марганца: 1) Mn-центров в высокой локальной симметрии ниже уровня рентгеновской аморфности (7-10 мкм); 2) Mn-центров в ЭПР-аморфной фазе.

Характерным для обоих изученных образцов явилось обнаружение сигналов, относящихся к электронно-дырочным центрам (ЭДЦ). Наличие этих центров может быть связано с присутствием в пробах микровключений кварца. Предварительный анализ спектроскопических параметров данных ЭДЦ (g-факторов и расщеплений) позволил сделать вывод, что в данном случае речь идет о $(E')_1$ - и $(O_2)^3$ -центрах. Эти центры являются результатом радиационных воздействий, исходящих от акцессорных минералов, окружающих кварц. Вариации концентрации этих центров в различных измеренных пробах позволяют использовать метод ЭПР в качестве дозиметра полученной интегральной дозы и, следовательно, в качестве геохронометра возраста минералов.

Литература

1. Bogdanov R.V., Batrakov Yu.F., Puchkova E.V., Sergeev A.S., Burakov B.E.. Study of natural minerals of U-pyrochlore type structure as analogues of plutonium ceramic waste form. //

- Scientific Basis for Nuclear Waste Management, XXV. Ed. : McGrail B.P., Cragnolino G.A.. Boston, USA, 2002, pp.295-301.
2. Bogdanov R.V., Zaytsev Y.M., Sergeev A.S.. The use of cerium valence state for evaluation of accessory minerals durability to radiation damage. // Scientific Basis for Nuclear Waste Management, XXV. Ed. : McGrail B.P., Cragnolino G.A.. Boston, USA, 2002, pp. 469-4763.
 3. Богданов Р.В., Пидченко И.Н., Борицова Н.И., Сергеев А.С. Изучение редокс-состояния атомов в метамиктных минералах. // 3-я зимняя молодежная школа-конференция «Магнитный резонанс и его приложения» Санкт – Петербург, Россия. 4-8 декабря 2006. Материалы конференции. С. 73-77.

ПРИБОРНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Роззе А.М.

Снежинская государственная физико-техническая академия

Существует настоятельная практическая необходимость контроля радиоактивного излучения, а также проведения текущих наблюдений за общим состоянием радиоактивного фона в заданном интервале времени без непосредственного участия человека для быстрого сбора, обработки, и передачи полученной информации. Сбор данных предполагается производить с помощью информационно-измерительного комплекса, которые либо устанавливается на стационарном объекте, либо доставляется наземным или воздушным транспортным средством в заданную местность. Общая схема комплекса представлена на рисунке 1.

Основные элементы устройства: датчики (дозиметры, датчики давления, температуры, скорости ветра); преобразователи аналоговых сигналов (нормализаторы); счетчик числа импульсов; АЦП; контроллер; память (FLASH-память); промежуточный интерфейс связи RS-485/RS-232;GPS-модуль; источник питания; умножитель напряжения; радиомодем; антенна.

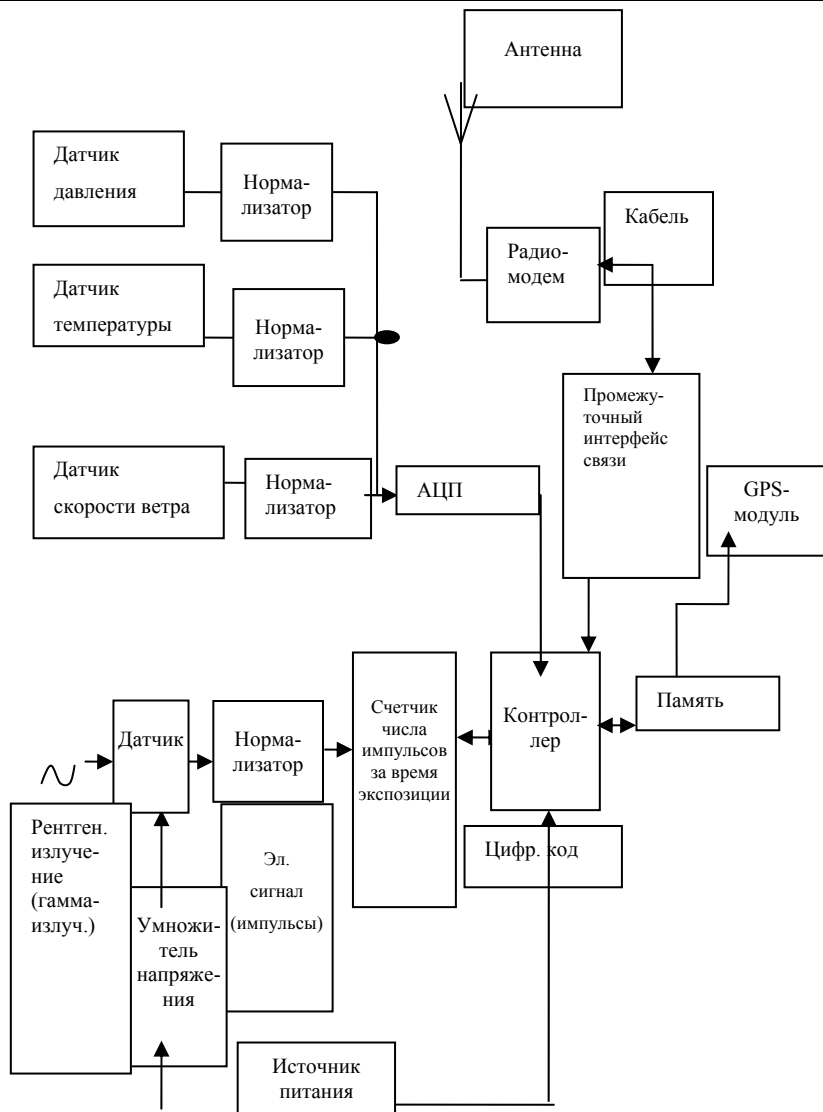


Рисунок 1. Общая схема комплекса.

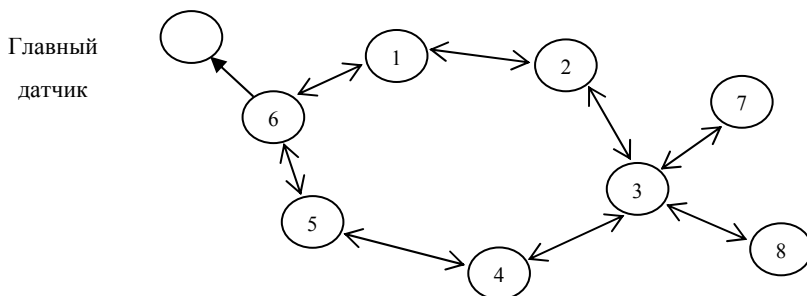


Рисунок 2.

Для упрощения сбора данных с каждого комплекса, необходимо выделить главное устройство (рисунок 2), которое будет собирать, хранить и передавать информацию от всей сети «сборщикам» – ЛА, спутникам и т.д. Сеть может перекрывать необходимую для контроля территорию. Главный информационно-измерительный комплекс предполагается оснастить системой GPS, для определения точных координат местоположения и относительно главного устройства местоположение устройств сети. Целесообразным является применение данного приборного комплекса как для регистрации излучения у стационарных ядерных объектов, так и в любой местности в случае необходимости. Измерительный комплекс может быть собран компактно в защитной упаковке (рисунок 3)

Датчики	Радиомодем	Источник питания
	GPS-МОДУЛЬ	
	Контроллер	
	Память	
	Аналогово-цифровой преобразователь	
	Счетчик числа импульсов	
	Преобразователь аналоговых сигналов	
	Умножитель напряжения	

Рисунок 3.

Данный комплекс выполняет функции по замеру, хранению и передаче информации о радиоактивном излучении и может быть размещен за короткое время в точке с заданными географическими координатами.

Литература

1. Выпускная квалификационная работа. Исследование эффективности радиоэкологического мониторинга системой АСКРО в 30-ти километровой зоне СХК.
2. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! Т.2 – М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2002. – 392с.
3. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. – М.: Издательство ЭКОМ, 1999. – 400с.
4. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – М.: Издательство «ЭНЕРГИЯ», 1966. – 690с.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА СМЕШАННОГО
ФЕРРОЦИАНИДА НИКЕЛЯ-КАЛИЯ НА ОСНОВЕ
ГИДРАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ТИТАНА НА КИНЕТИКУ
СОРБЦИИ ЦЕЗИЯ**

Воронина А.В., Самбуров А.Е., Ноговицына Е.В., Бетенеков Н.Д.
Уральский государственный технический университет – УПИ

Существенное влияние на сорбционно-кинетические характеристики неорганических сорбентов оказывают условия синтеза. Выявление этого влияния позволит осуществлять направленный синтез сорбентов с хорошими кинетическими характеристиками.

Изучалась зависимость кинетических характеристик смешанного ферроцианида никеля-калия на основе гидратированного диоксида титана от времени протекания первой стадии модифицирования: насыщения основы (гидратированного диоксида титана) никелем. Описание условий синтеза и статических сорбционных характеристик сорбента приведено в работе [1].

Для двух образцов ферроцианидов, время насыщения никелем на стадии получения которых составляло 1 день (образец 1) и 5 дней (образец 2), изучена зависимость сорбции цезия от температуры. Кинетические эксперименты проводились в условиях ограниченного объема: из водопроводной воды объемом 100 мл, масса сорбента 50 мг, рН раствора 7,80, концентрация цезия 0,01 мг/л.

Для описания результатов эксперимента были использованы модели диффузии из ограниченного объема в тело, имеющее форму шара. Расчет коэффициентов диффузии проводили с использованием зависимости ($F; F_0$), где F - степень достижения сорбционного равновесия и F_0 - критерий гомохромности ($F_0 = \frac{Dt}{R^2}$) и модели внутридиффузионной кинетики, описываемой зависимостью

$$F = 1 - \frac{6}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 Dt}{R^2}}.$$

Выбранные модели наиболее хорошо согласующимися с экспериментальными кинетическими кривыми.

Результаты математической обработки эксперимента показали, что изменение времени насыщения гидроксида титана никелем от 5 дней до 1 дня приводит к получению после второй стадии модифицирования сорбентов с сорбционными центрами разной локализации и разной доступности. Определенные для образца 1 кажущиеся константы скорости сорбции цезия на всех стадиях \sim в 10 раз выше, чем у образца 2.

Выявлено различие не только в кинетических характеристиках сорбентов, но и в кинетических механизмах. Если для образца 1 сорбция лимитируется диффузией цезия в порах различного размера, то для образца 2 дополнительно вклад вносит стадия химической реакции. Такое предположение позволяет сделать рассчитанная из экспериментальных результатов энергия активации, составляющая для образца 2 ~ 70 кДж/моль. Различие в коэффициентах диффузии показывает что для образца 2 часть сорбционных центров расположена более глубоко, чем у образца 1, и это вызывает гораздо большие внутридиффузионные затруднения.

Литература

1. Воронина А.В., Ноговицына Е.В., Бетенеков Н.Д. Оценка статических характеристик ферроцианидов на основе гидратированного диоксида титана марки «Термоксид-5» // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6, вып. 6. С. 960-964.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ФЕРРОЦИАНИДНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Семеничев В.С., Воронина А.В., Бетенков Н.Д.

Уральский государственный технический университет – УПИ

Среди неорганических сорбентов наиболее перспективными для извлечения цезия из низко- и среднеактивных жидких радиоактивных отходов являются смешанные ферроцианиды переходных металлов. Описан способ получения смешанных ферроцианидов никеля-калия на основе гидратированного диоксида циркония (марка Т-3 производства ЗАО ПНФ «Термоксид»), и приведены результаты исследования сорбции цезия из водопроводной воды полученными модифицированными сорбентами.

Исследована зависимость сорбции никеля немодифицированным сорбентом Т-3 от концентрации никеля в исходном растворе при $\text{pH}=7-7,1$. Установлено, что при выдержке сорбента в течение недели в растворе NiSO_4 при исходной концентрации от 1 до 5,5 г/л (по Ni) сорбируется от 7 до 8 мг Ni/г сорбента, тогда как при исходной концентрации 13 г/л сорбируется уже 27,4 мг Ni/г сорбента.

При синтезе опытных образцов №№ 1-6 насыщение никелем проводили в идентичных условиях, при которых количество сорбированного никеля составило от 7 до 9 мг Ni/г сорбента. Условия второй стадии модифицирования всех образцов приведены в табл. 1.

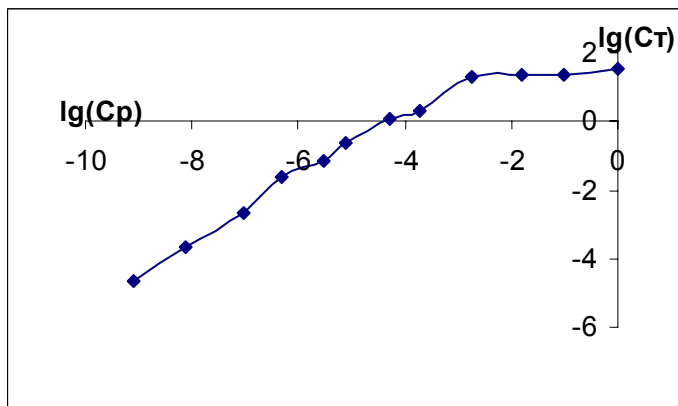


Рисунок. Изотерма сорбции цезия из водопроводной воды (образец № 1, время контакта фаз $\tau=2$ недели).

На основании математической обработки экспериментальных данных определены равновесные коэффициенты распределения цезия (K_d) в области выполнения закона Генри и статическая обменная емкость сорбентов (СОЕ), представленные в таблице.

На синтезированных сорбентах (кроме образца № 7, так как он получился неоднородным) была изучена сорбция Cs-137 из водопроводной воды в статических условиях. На рисунке представлен типичный вид изотермы сорбции цезия из водопроводной воды (образец № 1, время контакта фаз $\tau=2$ недели).

Таблица. Условия второй стадии модифицирования и сорбционные характеристики ферроцианидных сорбентов на основе Т-3.

№ образца	Условия II стадии модифицирования: концентрация $K_4[Fe(CN)_6]$, температура раствора, время обработки	$lg(K_d)$, мл/г ($\tau = 2$ недели)	СОЕ, мг/г не менее
1	0,96 М, 50 °С, 1 час, подогрев	$4,5 \pm 0,4$	34
2	0,96 М, 50 °С, 1 час	$3,9 \pm 0,5$	38
3	0,87 М, 40°С, 1 час	$4,1 \pm 0,8$	195
4	0,87 М, 40 °С, 1 сутки	$4,9 \pm 1,2$	195
5	0,7 М, 40°С, 1 час	$4,6 \pm 0,2$	53
6	0,7 М, 35°С, 1 сутки	$4,6 \pm 1,2$	195
7	0,87 М, 35°С, 1 час*	-	-
8	0,7 М, 40°С, 1 сутки*	$5,2 \pm 1,2$	192

* Для данных образцов модифицирование проводили сначала раствором $K_4[Fe(CN)_6]$, затем раствором $NiSO_4$.

Изотерма сорбции цезия в статических условиях с учетом сорбции стеклянной посудой получена для материала-носителя (Т-3). Определено, что величина коэффициента распределения цезия немодифицированным носителем составляет не более 15–40 мл/г и статическая обменная емкость не менее 23 мг/г.

Таким образом, модифицирование сорбента Т-3 в смешанный ферроцианид никеля-калия позволяет существенно повысить его специфичность к радионуклидам цезия и увеличить его сорбционную емкость.

УСКОРЕННАЯ ОЧИСТКА ЕМКостей ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Смирнова З.Б.

Озерский технологический институт (филиал) МИФИ

Одной из важнейших задач экологии в атомной промышленности является хранение и переработка радиоактивных отходов, которые являются главным источником поступления радионуклидов в окружающую среду. За последние пять десятилетий на ядерных объектах России накопились большие количества жидких и твердых радиоактивных отходов, являющиеся потенциальным источником высокой опасности для населения и прилегающих территорий. Наибольшую опасность представляют жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), которые хранятся в специальных подземных емкостях. Периодически емкости необходимо освобождать от ЖРО для выполнения контрольных и ремонтных операций.

Одним из предприятий, перед которым наиболее остро стоят проблемы поиска более совершенных технологий вскрытия и очистки емкостей, является ФГУП «ПО «Маяк», имеющий более чем пятидесятилетний опыт эксплуатации емкостей с ЖРО.

Выполнение подобных работ связано с удалением ЖРО и вязких донных осадков из емкости, ее длительной отмывкой до уровней, позволяющих проведение ремонтных работ. В ряде случаев персонал предварительно вынужден проводить очень трудоемкую ручную операцию вскрытия емкости – изготовление отверстия в полутораметровом слое «тяжелого» бетона, закрывающего емкость.

Таким образом, существующая технология очистки емкостей – хранилищ имеет ряд существенных недостатков: большое количество вторичных радиоактивных отходов, которые в свою очередь требуют новых затрат на их хранение и переработку; длительность работ (технологический цикл отмывки может длиться от двух до трех лет); дороговизна метода, трудоемкость процесса. Кроме того, существующая технология является потенциально опасной как для персонала (из-за вовлечения на разных ее стадиях человека), так и для прилегающих территорий.

Представлена технология, позволяющая избежать многих трудностей, связанных с очисткой емкостей - хранилищ. Суть предлагаемой технологии схематически заключается в следующем.

Емкость освобождают от раствора и части пульпы. Вскрытие емкости осуществляется с помощью оборудования гидроабразивного резания.

В отверстие опускается автомат, осуществляющий разрыхление и размывание донного осадка струей воды высокого давления до консистенции ЖРО, которые удаляется из емкости по имеющимся коммуникациям. После удаления пульпы автомат снабжается дозиметрическим оборудованием для картографирования дозовых нагрузок.

Таким образом, внедрение для очистки емкостей хранения ЖРО гидроабразивной технологии (успешно зарекомендовавшей себя при дезактивации металлоконструкций и бетонных сооружений) с использованием многофункциональных робототехнических систем даст существенный положительный эффект. Технология не приводит к увеличению объема ЖРО, сокращает расход реагентов, существенно сокращает время (весь процесс очистки может занимать 3-4 месяца), менее опасна для человека (снижаются риск и дозы переоблучения).

ИОНОСЕЛЕКТИВНАЯ ОЧИСТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Соболев А.В.

ФГУП НИИАЭП

Кондиционирование жидких радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АЭС, является одной из важнейших проблем, определяющей ее основные параметры, такие как безопасность и надежность эксплуатации, экологические и технико-экономические показатели.

Внедрение принципиально нового метода ионоселективной очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и создание комплекса для их переработки позволяет значительно уменьшить объем твердых радиоактивных отходов (ТРО) по сравнению с традиционным методом глубокого упаривания кубового остатка. Необходимо отметить, что установка ионоселективной очистки (УИСО) является лишь дополнением к системам СВО работающим на АЭС в настоящее время и позволяет обслуживать несколько реакторных блоков.

Установка ионоселективной очистки ЖРО обеспечивает локализацию радионуклидов в небольших объемах и получение слабо активного солевого раствора, который направляется на полигон глубинного захоронения.

Процесс очистки состоит из следующих основных стадий:

- озонирование ЖРО;
- фильтрация ЖРО в фильтрах предварительной и тонкой очистки;
- селективная сорбция радионуклидов.

Сокращение объемов радиоактивных отходов при использовании ионоселективной очистки позволяет существенно сократить долю радиоактивных отходов, подлежащих длительному хранению в хранилище ТРО, увеличить его проектный ресурс, а также повысить безопасность, экологические и технико-экономические показатели АЭС в целом.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЦЕЗИЙСОДЕРЖАЩИХ СТЕКЛООРАЗНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Созыкина В.Л.

Озерский технологический институт (филиал) МИФИ

Прогресс ядерной технологии, приборостроения, химии, медицины и многих других отраслей народного хозяйства поставил перед радиационной техникой важные задачи, для решения которых потребовалось развитие работ по конструированию, изготовлению и определению характеристик радиоактивных источников ионизирующих излучений.

Характер использования источников определяет выбор γ -излучателя для его приготовления. В γ -терапии и γ -дефектоскопии к излучателям предъявляются самые высокие требования: они должны быть долгоживущими, устойчивыми к действию радиации и иметь максимально возможную удельную активность. Наиболее часто используемой формой активной части источников ионизирующего излучения является хлорид цезия, основным недостатком которого является высокая растворимость в воде. Для замены хлорида цезия

предложены такие матрицы как алюмофосфатное стекло, боросиликатное стекло и фосфатная керамика.

Цель работы — исследование свойств малоизученных цезийсодержащих стеклообразных матриц, как основных претендентов на замену хлорида цезия.

В технологии изготовления источников применяется синтез цезийсодержащих стекол.

В качестве материалов активной части цезиевых источников для проверки на имитационном растворе цезия выбраны алюмофосфатное и боросиликатное стекла. Для выбора технологии изготовления активной части цезиевых источников планировалось проверить следующие характеристики стекол: температуру синтеза и варки, плотность, расчетную объемную активность, степень выщелачиваемости для порошков. Получено, что расчетная объемная активность для титанборосиликатного стекла составила от 32,3 до 42,6 Ку/см³, для титанцирконийборосиликатного стекла – 40,3 Ку/см³, для алюмофосфатного стекла – от 50,5 до 51,7 Ку/см³.

Для оценки химической стойкости материалов цезиевых источников использован метод выщелачивания. Выщелачиваемость измельченных проб стекла составила для титанборосиликатного стекла – от 17,09 до 20,57%, для титанцирконийборосиликатного стекла – от 4,94 до 6,57%, для алюмофосфатного стекла – от 33,17 до 39,25%.

Одной из причин значительного перехода цезия в раствор, очевидно, является большая площадь поверхности, с которой проводилось выщелачивание. Кроме того, существует вероятность того, что синтез стеклосодержащих матриц в процессе варки прошел не до конца.

Полученные результаты позволяют наметить дальнейшее направление исследований: отработка режимов варки стекла, а также выщелачивание цезия из образцов с известной площадью поверхности.

СВЯЗЬ ОЧАГОВ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ЗЕМЛИ

Сперанский А.Е., Сотников Ю.Г.

Технологический институт (филиал) МИФИ, г. Лесной

Предположение о возможной связи распространения радиационного следа и геомагнитного поля впервые высказано

в монографии «Радиационные беды Урала» [1]. При анализе простираения Восточно-Уральского радиационного следа (ВУРС) авторы обращают внимание на то, что он проходит по нормали к изолиниям Главного магнитного поля Земли, оставляя все же главный приоритет в его распространении метеорологическим условиям (ветровой обстановке).

С развитием ядерной энергетики вопрос о распространении следов радиационного загрязнения территории становится актуальным, поэтому и проведен ряд тематических работ по обработке появившихся в открытой печати материалов о радиационных следах аварий на некоторых объектах [2].

Авария на ПО «Маяк» (Челябинск–40). На момент аварии (29 сентября 1957 г.) сохранились архивные данные о метеорологических условиях района по пяти метеопостам [3]. По этим данным проведена математическая реконструкция направления ветра в районе распространения ВУРС (Ю.Г. Сотников, А.В. Быстриков, ТИ МИФИ).

Анализируя данные реконструкции, можно сделать вывод, что метеорологический фактор не является доминирующим в распространении ВУРС, а магнитное поле играет далеко не второстепенную роль. Таким образом, утверждение авторов монографии о приоритете ветровой обстановки в распространении не полностью соответствует действительности. Скорее всего, след является равнодействующей составляющей между направлением ветра и силами магнитного взаимодействия с заряженными частицами радиационного следа. В свете этого предположения небезынтересно проследить распространение радиационных следов в местах испытания ядерного оружия и некоторых аварийных объектах [3,4]:

- следы испытаний ядерного оружия;
- испытательный полигон «Новая Земля»;
- Семипалатинский испытательный полигон;
- аварии на объектах ядерной промышленности;
- «Кратон – 3»;
- «Чернобыльская АЭС».

Радиационные следы этих аварий располагаются следующим образом:

- «Новая земля»- азимут 80° - 90° ;
- «Чернобыльская АЭС»- азимут 40° - 50° ;
- ПО «Маяк»-азимут 45° - 55° ;
- «Семипалатинский полигон»- азимут 30° - 40° ;
- «Кратон-3»- азимут 40° - 50° .

Пересечение этих линий указывает Восточную региональную магнитную аномалию.

Все это говорит нам о том, что радиационные следы выше перечисленных событий находятся в корреляционной зависимости, и, прежде всего, от геомагнитного поля Земли.

Литература

1. Радиационные беды Урала, Уткин В.И., Чеботина М.Я. и др., Екатеринбург, 2000.
2. Радиационная экология, Старков В.Д., Мигунов В.И., ФГУ ИПП «Тюмень», 2003.
3. Объединенный Государственный архив Челябинской области Ф. Р-279 – Челябинский областной исполнительный комитет депутатов трудящихся.
4. Атомный след на Урале, Новоселов В.Н., Толстикова В.С., Челябинск, «Рифей», 1997.

РОЛЬ ЛЕСА В ДЕЗАКТИВАЦИИ ЗАРАЖЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Томашевский С.Б., Афанасьева О.А., Демиденко А.И.

Брянский государственный технический университет

Актуальный вопрос экологической безопасности в настоящее время - выяснение роли леса в первичном распределении выпавших радионуклидов по вертикали в лесных экосистемах. Доказано, что древесный ярус играет роль эффективного фильтра, который первоначально задерживает от 60 до 90% выпадающих радионуклидов в своих кронах. Последующее распределение их во времени очень динамично. Происходит быстрая миграция радионуклидов из кроны вниз, в подстилку леса: период полураспада крон составляет около трех недель.

Если говорить о содержании радионуклидов в древесине, которая используется в качестве лесной продукции, то можно сказать, что она имеет достаточно низкий уровень загрязнения. Однако среди видов лесной продукции имеются и критические.

Леса предотвращают распространение радионуклидов по территории, препятствуя поверхностному водному а значит,

и поверхностному радионуклидному стокам. Миграция радионуклидов вглубь почвы лесов и вынос их в составе инфильтрационных вод в грунтовые также очень малы. Так, за два года за пределы 30-сантиметрового слоя с внутрисочвенной влагой уходит не более 0,1% стронция-90 и сотой доли процента цезия-137. Можно утверждать, что лес является эффективным биогеохимическим барьером, препятствующим выносу радионуклидов за пределы своей экосистемы.

Однако на лес оказывает существенное влияние бэ́та- и гамма-излучение. Так, при дозах более 100 Гр наблюдается повреждение лиственных пород, прежде всего березы. При таких дозах наблюдается гибель сосновых лесов. При дозах 50-100 Гр отмечается повреждение значительной части хвойных деревьев, резкое снижение текущего годового прироста. При дозах 20-50 Гр существенно снижается текущий годовой прирост, появляются морфологические изменения, полностью подавляются репродуктивные способности древесины. И даже при дозах 10-20 Гр отмечается некоторое угнетение репродуктивных способностей древесины.

Лучевое воздействие во время Чернобыльской трагедии было кратковременным (около двух месяцев), хотя развитие эффекта лучевого повреждения было более длительным (полтора - два года). По истечении этого срока дозы резко сократились, процессы лучевого повреждения завершились, началось восстановление крон за счет появления хвои из менее поврежденных спящих почек. Следовательно, восстановление лесов на загрязненных землях возможно там, где суточная доза не превышает двух бэр.

Загрязненность продукции сельского хозяйства, почвы, воздуха, воды стала неотъемлемой частью внешней среды, и люди учатся, как с ней жить. Особо актуально стоит проблема «Рыжего леса», закопанного в 1987 г. без проведения экологической экспертизы, в противовес мнению радиологического отдела и других организаций. Отрицательные с радиологической точки зрения последствия этого мероприятия сейчас трудно предвидеть, еще труднее оценить экологические потери. По данному примеру можно судить, насколько сложны проблемы, связанные с дезактивацией природных объектов.

Приемы дезактивации участков с ограниченной площадью (дорог, участков с твердым покрытием), в настоящее время разработаны. Но перенос этих приемов дезактивации на природные объекты (леса, луга и т.д.) обуславливает огромные массы и объемы, утилизация которых

превращается в очередную проблему. Так при снятии с целью дезактивации даже сантиметрового слоя почвы мы получим массу, составляющую 150 тонн с гектара.

Проведенные мероприятия в хвойных и лиственных насаждениях отражаются на росте и развитии древостоя. Для компенсации органических запасов, убранной массы необходимо постепенное внесение минеральных удобрений. Одним из наиболее перспективных методов дезактивации продукции лесных насаждений является разработка технологии применения химических удобрений без уборки подстилки.

К радиочувствительным видам относятся хвойные (ель, сосна, лиственница). Их радиочувствительность сопоставима с радиочувствительностью млекопитающих. Это является очень важным обстоятельством при проведении генетических исследований.

Залесение загрязненных земель является наиболее эффективным способом возвращения их в народнохозяйственный оборот. Основная продукция — древесина, полученная на этих участках, через 90-100 лет (три периода полураспада цезия-90) будет пригодна для использования. Залесение сельскохозяйственных земель может стать хорошим шансом на возвращение загрязненных земель.

Однако отсутствие в зоне ЧАЭС радиоэкологического заповедника затрудняет проведение работ. Поэтому необходимо решение о создании в 30-километровой зоне ЧАЭС радиоэкологического заповедника, с привлечением к работе в нем, как отечественных, так и иностранных ученых. Кроме того, для проведения санитарных и противопожарных мероприятий в лесопосадках требуется создание специализированных лесхозов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕДАХ

Чириков Д.Н.

Озерский технологический институт (филиал) МИФИ

При осуществлении планов широкого практического использования ядерной энергетики предполагается решение задач, связанных с удалением радиоактивных отходов из сферы деятельности

человека. Хотя для повышения надежности используется многобарьерная изоляция отходов при их захоронении [1], существует потенциальная опасность, связанная с распространением радионуклидов, причем не только в почвах.

Для оценки опасности авторами [2,3] предложена математическая модель распространения радионуклидов в гетерогенных средах. При этом рассматривается однородная среда блочного типа с пустотами (каналами) между блоками. Блоки в такой среде являются источниками загрязнения.

Выход радионуклидов из блоков и перенос по наполнителю между блоками описывается системой уравнений:

$$R_f \frac{\partial C_f}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} U_f C_f - \lambda R_f C_f + \frac{D_i A_s}{\varepsilon_b} \frac{\partial C_p}{\partial z} \Big|_{z=0} \quad (1);$$

$$R_p \frac{\partial C_p}{\partial t} = D_i \frac{\partial^2 C_p}{\partial z^2} - \lambda R_p C_p \quad (2).$$

Граничные и начальные условия имеют вид:

$$C_f \Big|_{t=0} = 0; \quad C_f \Big|_{x=0} = 0 \quad (3);$$

$$C_p \Big|_{t=0} = C_0; \quad C_p \Big|_{z=0} = C_f; \quad \frac{\partial C_p}{\partial z} \Big|_{z \rightarrow \infty} = 0 \quad (4).$$

где: x – глубина хранилища; z – глубина контейнера; t – время; R_f , R_p коэффициент задержки радионуклида в наполнителе между блоками и материалом блоков соответственно; ε_b – пористость наполнителя; C_f , C_p – концентрация радионуклида в наполнителе и материале блоков соответственно; U_f – действительная скорость движения воды в наполнителе; D_i – коэффициент внутренней диффузии радионуклида в материале блоков; λ – константа распада радионуклида; A_s – удельная поверхность блочной среды – отношение площади поверхности блоков в типовом макроэлементе объема среды к объему пустот в этом элементе; C_0 – начальная концентрация радионуклида.

В данной работе получено аналитическое решение системы уравнений (1,2) с граничными условиями (3,4), а также доказано существование этого решения

$$C_p = ue^{-\lambda t}; \quad C_f = fe^{-\lambda t} \quad (5);$$

$$u = C_0 \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2} \sqrt{\frac{R_p}{D_i t}} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{z}{2} \sqrt{\frac{R_p}{D_i t}}}^{\infty} f \left(x, t - \frac{z^2 R_p}{4 D_i \xi^2} \right) e^{-\xi^2} d\xi \quad (6);$$

$$f = \frac{A_s C_0}{\varepsilon_b R_f 2\pi i} \sqrt{\frac{D_i R_p}{\pi}} \int_{a-i\infty}^{a+i\infty} e^{tp} I(p) \left(1 + \frac{2A_s}{\varepsilon_b R_f} \sqrt{\frac{D_i R_p t}{\pi}} \right)^{\frac{\pi U_f \varepsilon_b^2 R_f p}{2R_p A_s^2 D_i}} \times \\ \times e^{-\frac{U_f \varepsilon_b p}{A_s} \sqrt{\frac{\pi}{R_p D_i}}} dp \quad (7);$$

$$I(p) = \int_0^t \left(1 + \frac{2A_s}{\varepsilon_b R_f} \sqrt{\frac{D_i R_p \tau}{\pi}} \right)^{-1 - \frac{\pi U_f \varepsilon_b^2 R_f p}{2R_p A_s^2 D_i}} e^{-\frac{U_f \varepsilon_b p}{A_s} \sqrt{\frac{\pi \tau}{R_p D_i}}} \frac{d\tau}{\sqrt{\tau}} \quad (8);$$

$$a > 0 \quad (9);$$

$$\operatorname{erf}(\alpha) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\alpha} e^{-\xi^2} d\xi \quad (10).$$

Литература

1. Землянухин В.И., Ильенко Е.И., Кондратьев А.Н. и др. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
2. Федоров А.Л., Дорожкин А.И. Оценка выхода радионуклидов из гетерогенных сред сложной структуры, включающих твердые отходы. – Атомная энергия, 2005 т. 99, вып. 1 с. 52 – 58.
3. Федоров А.Л., Дорожкин А.И., Сорокин В.Т. Оценка безопасности хранилища с отвержденными радиоактивными отходами, упакованными в бетонные контейнеры. – Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 1 с. 40 – 47.

ЭКОЛОГООРИЕНТИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ КАЛИНИНСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

Шуваева Ю.А.

Филиал ФГУП концерн «Росэнергоатом»

«Калининская атомная станция»

Большинство экологических аспектов использования ядерной энергии соединяется в единое целое при рассмотрении понятия территории расположения такого объекта и оценки воздействия на нее.

Территория расположения ядерного объекта в широком смысле представляет собой совокупность:

- человек;
- природные ресурсы;
- ядерный промышленный объект.

И приоритеты при обеспечении экологической безопасности должны расставляться именно так.

Для Калининской атомной станции использование территории предусматривает взаимодействие с персоналом и населением района, использование и охрану природных ресурсов Удомельского района, обеспечение безопасности и эксплуатации трех энергоблоков типа ВВЭР-1000 с предстоящим возведением четвертого блока.

Такое использование территории атомная станция должна строить в рамках государственной экологической политики, долгосрочными ориентирами проведения которой являются:

- обеспечение стабильности и поддержание устойчивого равновесного состояния экосистем регионов и страны в целом как части глобального экологического равновесия;
- формирование экологоориентированной экономики, характеризующейся минимальным негативным воздействием на окружающую среду, высокой ресурсо- и энергоэффективностью [1];
- формирование экологических знаний у населения страны;
- контроль за обеспечением экологической безопасности и развитие культуры безопасности на предприятиях России.

Указанные вопросы решаются при эксплуатации Калининской атомной станции и представляются интересными в связи с уникальностью совмещения в районе ее расположения нерядовых

производственных, природных, исторических, культурных и образовательных ресурсов.

Жизнь на рассматриваемой территории появилась не с началом строительства атомной станции. Первое упоминание в летописях относится к 1478 г., а появление человека на этой территории, определенное по археологическим памятникам района, произошло 8 тыс. лет назад.

Можно сказать, что эксплуатация атомной станции стала лишь одной из вех в истории этих мест наряду с присоединением Удомли к Москве в XV веке, Ливонской войной, разорившей наши земли – в XVI, отменой крепостного права в 1861 г. (увеличившей прирост населения района и способствовавшей появлению 30 новых населенных пунктов), многочисленными бомбовыми ударами во время Великой отечественной войны, увеличением населения г. Удомля в конце 70-ых годов прошлого века за счет строительства АЭС и снижением численности сельского населения за счет него же.

Атомная станция расположена в 3-х км северо-восточнее г. Удомля на южном берегу озера Удомля и использует оборотную систему водоснабжения с участием озер-охладителей Песьво и Удомля.

На данной территории находится более 70 озер, занимающих площадь 80 км², что составляет 3,3% площади района. Через Удомельский район проходит водораздел Каспийского и Балтийского морей.

Основным природным богатством исследуемой территории можно назвать леса. Они занимают площадь более 100 тыс. га, лесистость района превышает 50%. Основной видовой состав представлен сосной, елью, березой, осиной. Сосновый бор Лайково-Попово в 3 км южнее г. Удомля и лесопарковая зона «Голубые Озера» отнесены к памятникам природы, которых насчитывается в районе более двадцати.

Животный мир района довольно разнообразен: хищники, копытные, птицы. По озерам повсеместно обитает чайка. В озерах и реках – судак, лещ, окунь, щука, др. В озерах-охладителях разводятся толстолобик и белый амур, теплолюбивые породы, питающиеся обильно растущей в теплой воде растительностью. [2]

Огромная работа по сбору, анализу и систематизации всего комплекса данных о состоянии окружающей среды в районе расположения Калининской АЭС была проведена при подготовке пакета разрешительной документации для строительства 4-ого энергоблока. При этом особо внимательно изучались экологические параметры окружающей среды, определенные задолго до строительства 1-ого блока,

параметры эксплуатации действующих блоков, возможности и работа экологической службы предприятия, отдела радиационной безопасности, лабораторий отдела охраны труда, привлекаемых ими научно-исследовательских институтов. Выводы исследований вошли в «Проект обоснования воздействия на окружающую среду» (ОВОС), разрабатываемый ФГУП НИИАЭП (г. Нижний Новгород) и являющийся важнейшей составляющей разрешительной документации [3].

Наряду с описанными выше исследованиями воздействия на природные ресурсы территории расположения Калининской АЭС, наличием и работой соответствующих служб предприятия по мониторингу окружающей среды необходимо учитывать и приоритетный ресурс района – его жителей.

Работу Калининской АЭС с населением в экологическом аспекте можно условно разделить на две составляющие: работа с персоналом (по вопросам выполнения им должностных обязанностей, отнесенных к контролю экологической обстановки; вопросам охраны труда и техники безопасности; периодического медицинского осмотра и др.) и с населением района, представленной широким перечнем мероприятий, среди которых:

- предоставление информации о деятельности предприятия через Информационный центр, Центр по работе с персоналом и населением, средства массовой информации, прямое общение с группами заинтересованных граждан (например, ветеранами района и др.);
- содействие развитию экологических знаний в районе (организация и проведение школьных тематических конкурсов, олимпиад, сотрудничество с Детской ядерной академией);
- взаимодействие с высшими учебными заведениями, предлагающими обучение экологическим специальностям (например, путем приглашения их представителей для общения с выпускниками города и района);
- развитие культуры экологической безопасности в среде молодых специалистов (например, путем организации их участия в международной молодежной экологической конференции «TUNZA»);
- промышленный экологический туризм (Калининская АЭС постоянно становится базой для проведения таких встреч, совещаний и обучения, в том числе и по вопросам работы систем экологического мониторинга).

Можно с уверенностью утверждать, что использование территории Удомельского района как территории расположения ядерного объекта является экологоориентированным и может служить примером для грамотного использования территорий расположения других крупных производственных объектов в России.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 10 июля 2001 г. № 910-р (в ред. Постановления Правительства РФ от 06.06.2002 № 388).
2. Архангельский Н.А. Краеведческий словарь Удомельского района Тверской области. – Верхневолжская АПП, Тверь. 1994. С. 13.
3. Коваленко Т. «2006: экологически чисто»/ Газета Калининской атомной станции «Мирный атом сегодня». 2007. № 2.