

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД НОВЫМ ВЫСОКО ТЕРМОСТОЙКИМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫМ СОРБЕНТОМ

А.С. Шилина, В.К. Милинчук, О.А. Ананьева

Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, г. Обнинск



Предложен простой экологически безопасный дешевый способ синтеза алюмосиликатных сорбентов, аналогов природных цеолитов, протекающей в одну технологическую стадию. Определена его статическая сорбционная емкость (мг/г) по отношению к катионам Fe^{3+} – 582 ± 30 , Ni^{2+} – 120 ± 20 , Pb^{2+} – 240 ± 20 , Cu^{2+} – 160 ± 20 , Sr^{2+} – 226 ± 11 , Cs^{+} – 2350 ± 117 . Установлено, что сорбционная емкость адсорбента увеличивается в два-три раза после термической обработки. Алюмосиликатные адсорбенты обладают высокой химической, радиационной и термической стойкостью.

Ключевые слова: сорбция, адсорбент, радионуклиды, цезий, стронций, сорбционная емкость.

Key words: sorption, adsorbent, radionuclides, cesium, strontium, sorption capacity.

ВВЕДЕНИЕ

Накопление и распространение радионуклидов в природных водных средах вследствие участвовавших техногенных катастроф, многолетней работы атомных станций и предприятий по переработке радиоактивных материалов, а также необходимость очистки технических вод на предприятиях атомной промышленности делают актуальными поиск и разработку новых эффективных сорбционных материалов. В настоящее время для извлечения радионуклидов из различных водных сред широко применяются природные и синтетические ионообменники, комплексообразующие, модифицированные, композиционные и другие сорбционные материалы [1, 2]. Сорбционные методы, имеющие высокие коэффициенты очистки и позволяющие при использовании высоко термостойких сорбентов проводить обработку воды без снижения температуры и потери тепла, являются очень перспективными и для удаления радиоактивных продуктов коррозии из воды первого контура АЭС. Это обстоятельство является особенно важным, поскольку современная ядерная энергетика базируется на ядерных реакторах, работающих при высоких температурах.

Универсальным сорбентом для очистки водных сред АЭС до сих пор являются ионообменные смолы, представляющие собой доступные органические иониты. Существенным недостатком ионитов является низкая термическая стойкость, которая накладывает жесткое ограничение – не выше $50^{\circ}C$ – на верхний предел ра-

бочей температуры применения ионообменных смол. Это требует предварительного охлаждения воды на сложной металлоемкой и дорогостоящей установке. Кроме того, при попадании в высокотемпературные участки тракта реактора иониты подвергаются термолизу с образованием ряда химических соединений, что может вызывать нарушение водно-химического режима и оказывать коррозионное воздействие на конструкционные материалы [3].

Многих недостатков лишены твердые неорганические сорбенты, из которых наибольшее значение имеют природные и синтетические алюмосиликаты (вермикулиты, биотиты, глаукониты, цеолиты и др.). Они чаще всего обладают механической, химической и радиационной стойкостью [4]. Исследования показали, что некоторые алюмосиликаты проявляют высокую сорбционную способность по отношению к катионам цезия и стронция (катионообменная емкость 1–2 мг-экв/г). Так, природные цеолиты проявляют весьма высокую селективность к цезию и значительно меньшую к стронцию, в то время как двухмерные природные алюмосиликаты (монтмориллонит, вермикулит, бентонит) менее селективны [4–6]. Тем не менее, широкое использование природных цеолитов ограничено небольшим количеством месторождений и удаленностью их от промышленных зон. Применение синтетических цеолитов, имеющих высокую селективность по отношению к цезию либо к стронцию, сдерживается высокой стоимостью их производства. Таким образом, при выборе сорбционного материала необходимо учитывать устойчивость сорбента в водных средах (химическую, механическую, радиохимическую), его селективность, а также такие факторы, как простота получения сорбента, доступность и стоимость используемых для синтеза материалов.

В работе представлены результаты по исследованию способов синтеза и изучению физико-химических и сорбционных свойств новых твердых высокопористых алюмосиликатных сорбентов в гетерогенных гидрореакционных композициях на основе микродispersного порошка алюминия и кремнийсодержащих соединений [7]. Полученные алюмосиликаты обладают высокой удельной поверхностью от 700 до 1000 м²/г, сформированной образующимся в этих же композициях молекулярным водородом, и уникально высокой сорбционной способностью по отношению к катионам тяжелых металлов, в том числе цезия и стронция. Синтезированные алюмосиликатные сорбенты обладают высокой термической стойкостью и способны удалять катионы металлов из водных растворов при высоких температурах, что делает перспективным их применение для очистки водных и газовых сред на АЭС и предприятиях топливно-энергетического комплекса [8–10].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Синтез алюмосиликатных адсорбентов, протекающих в гетерогенных гидрореакционных композициях на основе микродispersного порошка алюминия и кремнийсодержащих соединений, проводили на лабораторной установке, состоящей из стеклянного реакционного сосуда, помещенного в термостат и снабженного газоотводной трубкой, и мерного измерительного цилиндра, в котором методом Лаувазы (через водный затвор) собирают получаемый водород.

В гетерогенных композициях использовали порошок алюминия со средним размером частиц не более 25 мкм. В качестве кремнийсодержащих соединений использовали жидкое натриевое стекло с силикатными модулями 2.5б и 3.2, предоставленное Ступинским стекольным заводом (Московская область) (ГОСТ 13078-81), и кристаллогидрат метасиликата натрия Na₂SiO₃·9H₂O. Измерения водородного показателя жидкого стекла и его водных растворов проводили с помощью рН-метра марки «Анион 104».

Для приготовления всех необходимых реагентов, применяемых в методиках, использовались химические реактивы марок «х.ч.», «ч.д.а.» и «о.с.ч.». Растворы готовили на дистиллированной воде. Массы навесок реагентов измеряли с помощью электронных весов марки Scout. Для исследования закономерностей получения газообразных и твердых продуктов химических реакций, протекающих в этих композициях, а также физико-химических свойств продуктов реакций использовали инструментальные методы анализа. Спектры в видимой и УФ-области измеряли на спектрофотометре марки СФ-56. Для измерения ИК-спектров в диапазоне 400–4000 см⁻¹ использовали ИК-фурье-спектрометр марки «ИнфраЛЮМ ФТ-02» с компьютерной системой регистрации и обработки спектров. Измерения структуры пористого порошка проводили на сканирующем электронном микроскопе типа TESLA BS-340 в Институте кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН. Анализ состава газовых продуктов проводили на газовом хроматографе ЛХМ в лаборатории фильтрации жидкостей и газов Физико-энергетического института им. акад. А.И. Лейпунского. Рентгенофазовый анализ твердых образцов сорбента проводился на рентгеновском стационарном аппарате ДРОН-2,0 на кафедре материаловедения ИАТЭ.

Гравиметрический метод анализа использовали для установления химической формулы алюмосиликата. Для определения удельной поверхности адсорбента находили максимальную избыточную адсорбцию $\Gamma_{\text{макс}}$ поверхностно-активного вещества на 1 см² поверхности «адсорбент-раствор» и максимальную адсорбцию $a_{\text{макс}}$ этого же вещества 1 г адсорбента, определив экспериментально зависимость поверхностного натяжения растворов ПАВ от концентрации сталагмометрическим методом. Сорбционную емкость сорбента определяли графически с помощью линейной анаморфозы изотермы адсорбции Ленгмюра [7]. Равновесные концентрации сорбируемых компонентов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре марки СФ-56, спектрофлюориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02-2М» с криоприставкой, а также методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), прямой потенциометрии, потенциометрического титрования, объемного анализа и гравиметрическим методом [11–13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез алюмосиликатного сорбента проводили из двух похожих гетерогенных систем, состоящих из микродисперсного порошка алюминия, дистиллированной воды и жидкого натриевого стекла (первая система) или твердой соли кристаллогидрата метасиликата натрия Na₂SiO₃·9H₂O (вторая система). В обоих случаях в ходе реакции между компонентами образуется молекулярный водород и твердый продукт, являющийся алюмосиликатом. Выделяющийся же водород создает в первоначально гелеобразном субстрате второго продукта реакции многочисленные поры и полости разного диаметра, от макро- до наноразмеров, что обеспечивает образующемуся в конце процесса твердому алюмосиликату высокую удельную поверхность и, как следствие, высокие сорбционные свойства к ряду компонентов водных растворов. На рисунке 1 представлена СЭМ-микрофотография образца алюмосиликата. Видно, что он содержит огромное количество капилляров и пор микронного размера и, не исключено, нанопор.

Результаты экспериментальных исследований показали, что на выход алюмосиликата и скорость его образования большое влияние оказывают соотношение компонентов реакционной смеси в обеих изучаемых гетерогенных системах, а также температура проведения процесса. Экспериментальным путем для обеих

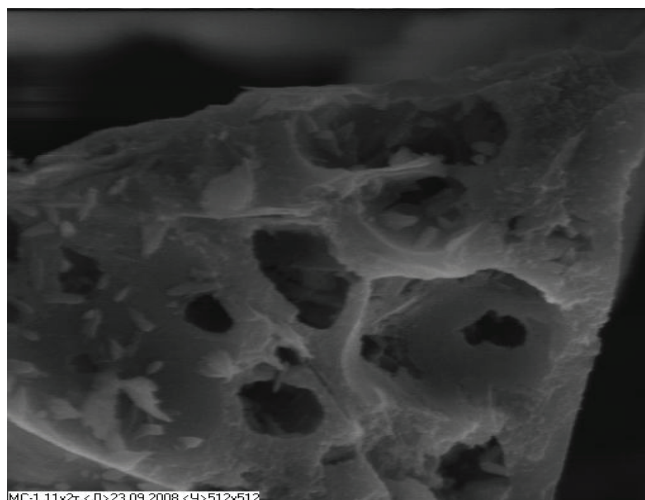


Рис. 1. СЭМ-микрофотография алюмосиликатного адсорбента-2

систем были подобраны оптимальные соотношения компонентов реакционной смеси и необходимые условия проведения процесса, обеспечивающие максимальный выход алюмосиликата и его однородность за счет полного превращения исходных веществ.

В случае первой системы, при соотношении порошка алюминия, жидкого натриевого кремниевого стекла и воды в весовых единицах 1 : 2–2.5 : 3–7 образуется алюмосиликат в виде аморфного однородного порошка, что подтверждает рентгенофазный анализ. При иных соотношениях компонентов реагирующей смеси в твердом продукте реакции наряду с алюмосиликатом находятся непрореагировавшие компоненты. Это может быть порошок алюминия, если он был в избытке, или жидкое стекло при недостаточном количестве воды и(или) алюминия. В этом случае образующийся продукт не является однородным, а выход непосредственно алюмосиликата снижается. Кроме того, важной особенностью синтеза алюмосиликата в системе, включающей в себя жидкое стекло, является температурный режим процесса. Поскольку жидкое стекло представляет собой вязкий коллоидный раствор на основе полимерных цепочек анионов поликремниевых кислот, то осуществление любого процесса в такой системе встречает серьезные диффузионные ограничения. Было установлено, что диффузионные ограничения практически полностью снимаются и синтез алюмосиликата протекает с приемлемой скоростью в случае термостатирования реакционной смеси при температуре 60°C.

Химические реакции во второй системе, включающей в свой состав кристаллогидрат метасиликата натрия, протекают при комнатной температуре и с высоким экзотермическим эффектом (энтальпия суммарного процесса $\Delta H_{298} = -239 \pm 5$ кДж/моль). В результате этих реакций при соотношении компонентов реакционной смеси – алюминия, кристаллогидрата метасиликата натрия и воды – 1 : 2–2.5 : 5 также образуются водород и высокопористый алюмосиликат.

Таким образом, в обеих системах при протекании соответствующих физико-химических процессов синтезируется алюмосиликат, представляющий собой легкий порошок от белого до светло-серого цвета с размером частиц 2–20 мкм, насыпной плотностью $\rho = 0.30 \pm 0.05$ г/см³, не растворяющийся в воде, кислотах и щелочах.

С использованием данных по массам веществ, вступающих в реакцию, и по массам продуктов реакции и учетом соотношений

$$m_{\text{исх. комп.}} = m_{\text{сорб}} + m_{\text{водор}} + \Delta m_{\text{потеря воды}} \quad (1)$$

$$m_{\text{исх. комп.}} = m(\text{Al}) + m(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}), \quad (2)$$

$$m_{\text{сорб}} = m(\text{Na}_2\text{O}) + m(\text{SiO}_2) + m(\text{Al}_2\text{O}_3) + m_1(\text{H}_2\text{O}), \quad (3)$$

$$x\text{Al}_T + y\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O} + z\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}} = [(\text{Na}_2\text{O})_y(\text{Al}_2\text{O}_3)_{x/2}(\text{SiO}_2)_y(\text{H}_2\text{O})_n]_T + m\text{H}_2\text{O}_T + 1,5x \text{H}_2 + Q \quad (4)$$

((1)–(3) – уравнения материального баланса, (4) – суммарное уравнение химического процесса, протекающего в гетерогенной композиции) был определен гравиметрическим методом примерный химический состав алюмосиликатов, образующихся в обеих системах. В первой системе синтезируется алюмосиликат, состав которого соответствует химической формуле $(\text{Na}_2\text{O})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_y(\text{SiO}_2)_z(\text{H}_2\text{O})_n$, где $x = 1-2$, $y = 2-4$, $z = 1-2$, $n = 13-20$; во второй системе – алюмосиликат с химической формулой $(\text{Na}_2\text{O})_1(\text{Al}_2\text{O}_3)_{2.6}(\text{SiO}_2)_1(\text{H}_2\text{O})_{11}$.

Оба алюмосиликата подвергались термической обработке в муфельной печи при температурах от 100 до 650°C, что позволило обнаружить высокую термическую стойкость этих соединений и последовательную потерю структурной воды. Было установлено, что алюмосиликаты, прокаленные в течение двух часов при температуре 600°C, полностью теряют воду, добавленную в реакционную смесь, и частично воду, входящую в состав жидкого стекла в случае алюмосиликата, синтезированного в первой системе. Состав таких алюмосиликатов отвечает соответственно химическим формулам $(\text{Na}_2\text{O})_{1-2}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{2-4}(\text{SiO}_2)_{1-2}(\text{H}_2\text{O})_{2-3}$ и $(\text{Na}_2\text{O})_1(\text{Al}_2\text{O}_3)_{2.6}(\text{SiO}_2)_1$.

Следует отметить близость химического строения обоих алюмосиликатов. Отличие наблюдается лишь в количестве молекул воды, которой в алюмосиликате, полученном на основе жидкого стекла, содержится в ~1.5–2 раза больше, чем в алюмосиликате, полученном на основе сухой соли. По-видимому, это обусловлено тем, что жидкое стекло содержит достаточно много связанной воды, входящей в его структуру. Близость строения алюмосиликатных адсорбентов подтверждается идентичностью ИК-спектров обоих алюмосиликатов, на которых отчетливо видны интенсивные полосы в области 950–1050 см⁻¹ (связь Si-O), 1400–1450 см⁻¹(Na-O), 730–760 см⁻¹(Al-O), 3400–300 см⁻¹ (O-H) (рис. 2). Эти полосы регистрируются и в ИК-спектрах природных силикатов. После термической обработки при температурах 700–1000°C исчезает полоса в области 3400–3500 см⁻¹, что, вероятно, обусловлено полным удалением молекул воды из структуры адсорбента.

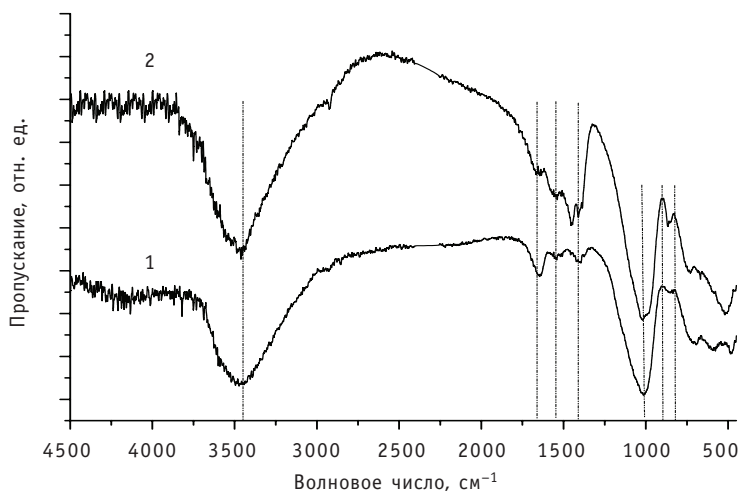


Рис. 2. ИК-спектры алюмосиликатных адсорбентов: 1 – на основе жидкого стекла (адсорбент-1); 2 – на основе кристаллогидрата метасиликата натрия (адсорбент-2)

Алюмосиликаты обладают высокой удельной поверхностью, которая составляет ~ 700 и 1000 м²/г соответственно для первой и второй систем. Такая развитая поверхность обеспечивает высокие сорбционные свойства.

Сорбционные свойства изучались в статических условиях по отношению к катионам Cs⁺ и Sr²⁺, а также к катионам тяжелых металлов Fe³⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺. Были установлены следующие максимальные статические сорбционные емкости по этим компонентам (мг/г): Cs⁺ - 2350 ± 117 (17 мг-экв/г), Sr²⁺ - 226 ± 11 (2.5 мг-экв/г), Fe³⁺ - 582 ± 30 (10 мг-экв/г), Ni²⁺ - 120 ± 20 (2 мг-экв/г), Pb²⁺ - 240 ± 20 (1 мг-экв/г), Cu²⁺ - 160 ± 20 (2.5 мг-экв/г).

На рисунке 3 представлена изотерма адсорбции для катионов цезия.

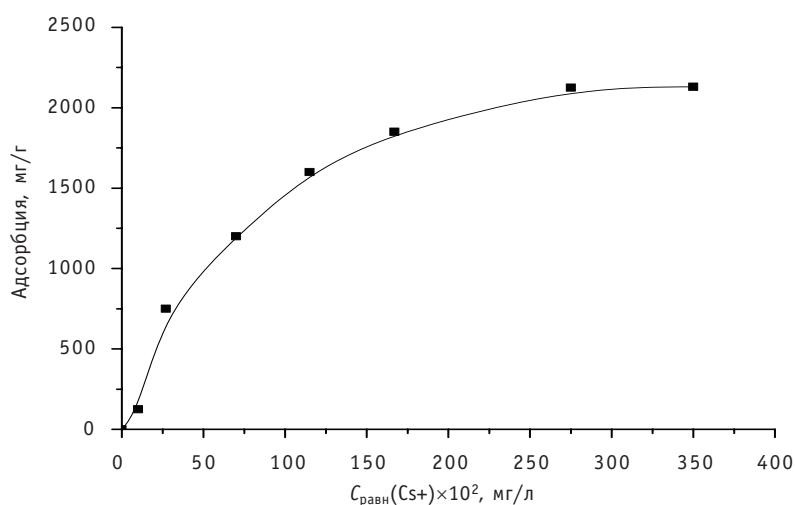


Рис. 3. Изотерма адсорбции катионов цезия, полученная на адсорбенте-2

Максимальная сорбция катионов цезия из водных растворов составила $a_{\text{max}} = 2350 \pm 117$ мг/г. Такая большая сорбционная емкость соответствует практически плотной упаковке сорбированных катионов по всей поверхности сорбента. Ионный радиус катиона цезия 0,165 нм. Площадь, занимаемая одним катионом, ~ $8,5 \cdot 10^{-20}$ м², площадь, занимая 2350 мг катионов цезия, ~ 900 м²/г, в то время как удельная площадь поверхности сорбента 1000 м²/г.

Сорбция катионов Sr²⁺ и Cs⁺ представляет особый интерес, так как многие промышленные воды атомных предприятий загрязнены радиоактивными изотопами этих металлов. На примере стронция изучали сорбцию из двух серий модельных растворов, максимально приближенных по составу к сливным водам прачечных предприятий атомной промышленности. Первая серия модельных растворов – слабосоленые растворы – содержит хлорид стронция SrCl₂·6H₂O в различных концентрациях соли стронция (1500–12000 мг/л по Sr²⁺), NaNO₃ – 1 г/л, трилон Б – 1 г/л, щавелевую кислоту – 1 г/л, ПАВ – 1 г/л. Вторая серия модельных растворов хлорида стронция – среднесоленые растворы – содержит NaNO₃ – 13 г/л, трилон Б – 1 г/л, щавелевую кислоту – 1 г/л, ПАВ – 0.1 г/л.

На рисунке 4 представлены изотермы адсорбции катионов стронция из растворов с различным солесодержанием, из которого видно, что хотя с увеличением солесодержания сорбция катионов стронция заметно уменьшается, но, тем не менее, остается весьма значительной. Так, максимальная сорбция из растворов, приготовленных на дистиллированной воде, имеет величину $a_{\text{max}} = 226 \pm 11$ мг/г; максимальная сорбция из слабосоленых растворов $a_{\text{max}} = 132 \pm 7$ мг/г; максимальная сорбция из среднесоленых растворов $a_{\text{max}} = 103 \pm 6$ мг/г.

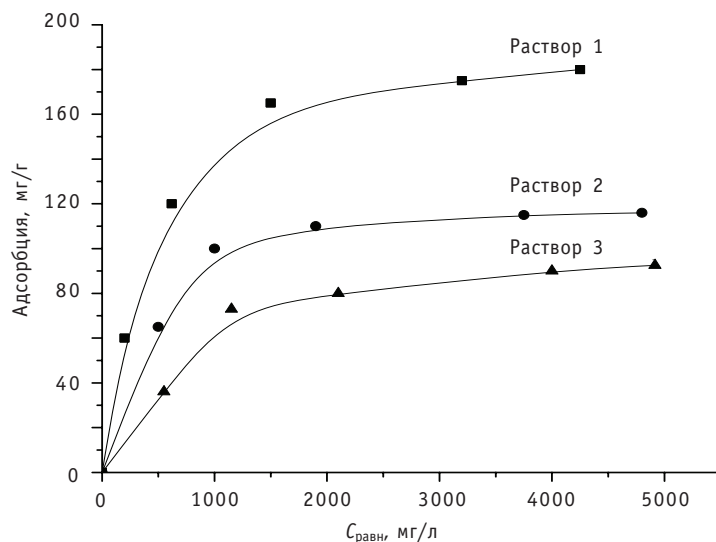


Рис. 4. Изотермы адсорбции катионов стронция на адсорбенте-2 из растворов, моделирующих воды прачечных АЭС: раствор 1 – приготовлен на дистиллированной воде; раствор 2 – на слабосоленой воде; раствор 3 – на среднесоленой воде

Эксперименты по термической модификации сорбентов показали, что с повышением температуры предварительной термической обработки адсорбента происходит увеличение его сорбционной емкости по отношению к катионам металлов. Например, сорбционная емкость по никелю возрастает в ~2.1 раза – от 100 мг/г (25°C) до 210 мг/г (600°C), сорбционная емкость по катионам свинца в ~2.7 раза – от 240 мг/г (25°C) до 660 мг/г (600°C).

Эксперименты по проведению сорбции катионов никеля и свинца из кипящих водных растворов показали, что статические сорбционные емкости составляют для никеля ~100 мг/г и свинца ~240 мг/г, т.е. в данных условиях сорбционные емкости по этим катионам остаются без изменения, что говорит о возможности использования сорбента для очистки горячих водных сред без их предварительного охлаждения.

Также установлено, что у сорбента, подвергшегося воздействию α -излучения (доза 100 Мрад), ИК-спектр остается прежним, что и до воздействия, и при этом сохраняются в полном объеме сорбционные свойства.

ВЫВОДЫ

1. Найден простой экологически безопасный дешевый способ синтеза алюмосиликатов, аналогов природных цеолитов, протекающий в одну технологическую стадию.

2. Синтезированные алюмосиликаты проявляют уникально высокую сорбционную способность по отношению к катионам тяжелых металлов и радиоактивных элементов: статическая сорбционная емкость (мг/г) составляет по Fe^{3+} 582 ± 30 , Ni^{2+} 120 ± 20 , Pb^{2+} 240 ± 20 , Cu^{2+} 160 ± 20 , Sr^{2+} 226 ± 11 , Cs^+ 2350 ± 117 .

3. Установлено, что сорбционная емкость адсорбента увеличивается в два-три раза после термической обработки, что обусловлено изменением химического состава и активацией адсорбентов.

4. Алюмосиликатные адсорбенты обладают высокой химической, радиационной и термической стойкостью, что позволяет рассматривать их в качестве перспективных адсорбентов для очистки водных сред, в том числе промышленных и сточных вод без предварительного охлаждения.

5. Синтезированные алюмосиликатные сорбенты могут быть перспективными для очистки водных сред на предприятиях топливно-энергетического комплекса, в том числе и для очистки горячих вод без их предварительного охлаждения.

Литература

1. Тарковская И.А., Антонова Л.С., Гоба В.Е. и др. // Ж. прикл. химии. – 1995. – Т. 68. – № 4. – С. 624-629.
2. Мясоедова Г.В. // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 2005. – Т. 49. – № 2. – С. 72-75.
3. Коростелев Д.П. Обработка радиоактивных вод и газов на АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – (Б-ка эксплуатационника АЭС; Вып. 24) – 152 с.
4. Мясоедова Г.В., Никашина В.А. Сорбционные материалы для извлечения радионуклидов из водных сред // Рос. хим. ж. – 2006. – Т. L. – № 5. – С. 55-61.
5. Гелис В.М., Чувелева Э.А., Маслова Г.Б. и др. / В сб.: Современные проблемы физической химии. – М.: Граница, 2005. – С. 633-650.
6. Милютин В.В., Гелис В.М., Пензин Р.А. // Радиохимия. 1993. – Т. 35. – № 3. – С. 76-82.
7. Милинчук В.К., Шилина А.С. Патент на изобретение № 2402486. Бюл № 30.2010 г.
8. Шилина А.С., Милинчук В.К. Сорбционные свойства нового типа алюмосиликатного сорбента // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2008. – № 3. – С. 24-30.
9. Шилина А.С., Милинчук В.К. Исследование сорбционных свойств термостойкого алюмосиликатного сорбента // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2009. – № 3. – С. 58-65.
10. Шилина А.С., Милинчук В.К. Сорбционная очистка природных и промышленных вод от катионов тяжелых металлов и радионуклидов новым типом высокотемпературного алюмосиликатного адсорбента // Журнал «Сорбционные и хроматографические процессы». – 2010. – Т. 10. – Вып. 2. – С. 237-245.
11. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 336 с.
12. Фадеева В.И., Шеховцова Т.Н., Иванов В.М. и др. / Под ред. Ю.А. Золотова. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 463 с.
13. Васильев В.П. Лабораторный практикум: Пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.

Поступила в редакцию 17.06.2011

УДК 621.039.51

Calculation Analysis of Maximal Design Leaks in Primary Circuit of VVR-c Reactor (IBB.10M) after Design Modernization \V.V. Sergeev, O.Uy. Kochnov, A. A. Kazantsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 10 pages, 3 tables, 8 illustrations. – References, 3 titles.

Design modernization of the research reactor VVR-C is directed on essential increase of reactor safety, including operation mode during maximal design accidents. The most significant modernization of design from thermal hydraulic point of view are: installation of hydraulic lock on the drain pipeline directly to tank of reactor facility in combination with the top position into the tank the inlet pipeline of the coolant in core. Calculations were performed based on TRAC code. International thermal hydraulic network code TRAC was designed for the safety analysis of water-cooled NPP. Nodalisation scheme of the primary circuit was verified based on existing experimental data from transient mode obtained before modernization of facility. Then consequences of design modernization for a wide range of postulated initial events recommended for SAR were investigated. Calculations of shut down cooling dynamics for reactor facility at natural circulation mode at leaks in the primary circuit, resulting in presented below the fast level decreasing of a coolant into the reactor tank.

УДК 621.039

On the Status of Nuclear Power Engineering as a Science \V.A. Kanke; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 5 pages. – References, 3 titles.

Nuclear power engineering is seen as a pragmatic science concepts which are values. Criticized the interpretation of the status of nuclear power engineering from the standpoint of physicalism and ideas about applied science.

УДК 621.039

Comparative Estimation of Radiation Dose for Aquatic Biota from Radiation Accidents in the Area of Fukushima and Chernobyl NPP \I.I. Kryshev, A.I. Kryshev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 2 tables, 2 illustrations. – References, 25 titles.

Estimates of radiation doses are presented for marine biota in March-May 2011 in the coastal zone near Fukushima NPP and in the open sea. For most radiosensitive marine organisms (fish and mollusks) the radiation doses did not exceed the reference safe level of 10 mGy/day. At the distance 30 km from the NPP in the open sea the radiation doses for marine biota were much lower than those in the coastal zone near the NPP. Comparative estimates were obtained for radiation doses in marine organisms in the exclusion zones of Chernobyl NPP and Fukushima NPP.

УДК 661.879: 541.183

Extraction of Radionuclides from the Water with New High Temperature Resistant Aluminosilicate Adsorbents \A.S. Shilina, V.K. Milinchuk, O.A. Ananieva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 13 titles.

A simple environmentally friendly low-cost method for the synthesis of aluminosilicate adsorbents, occurring in one-stage process Determined by its static sorption capacity (mg/g) with respect to the cations $Fe^{3+} - 582 \pm 30$, $Ni^{2+} - 120 \pm 20$, $Pb^{2+} - 240 \pm 20$, $Cu^{2+} - 160 \pm 20$, $Sr^{2+} - 226 \pm 11$, $Cs^{+} - 2350 \pm 117$. Established that the sorption capacity of the adsorbent increases 2-3 times after the heat treatment. Aluminosilicate adsorbents have a high thermal, chemical and radiation stability.

УДК 621.039.534

Reactors with Heavy Liquid-Metal Coolants and Some Thermohydraulic Data for them \A.V. Zukov, J.A. Kuzina, V.I. Blozerov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 13 pages, 1 table, 9 illustrations. – References, 11 titles.

The problem of inherent advanced safety of reactors with heavy liquid-metal coolants is considered