

СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРЬЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ВОЗМОЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОНИЦАЕМЫХ БАРЬЕРОВ

А.А. Кондрашова¹, Н.Д. Андриющенко², Е.В. Захарова², Е.А. Тюпина^{1,3}

¹ РХТУ им. Д.И. Менделеева,
125047, Москва, Миусская пл., д. 9, e-mail: aleks.kn.92@gmail.com

² ИФХЭ РАН, 117342, Москва, Обручева ул., д. 40

³ НИЯУ «МИФИ», 115409, Москва, Каширское ш., д. 31

Проблема предотвращения загрязнения окружающей среды радионуклидами и тяжелыми металлами, накопленными за время существования атомно-энергетического комплекса, обретает все большее значение в связи с появлением больших объемов высокоактивных и долгоживущих РАО и необходимостью вывода из эксплуатации ряда радиационно-опасных объектов на территории Российской Федерации. Искусственные проницаемые барьеры используют для очистки подземных грунтовых вод от органических и неорганических соединений, в том числе и тяжелых металлов. При целенаправленном подборе барьерных материалов можно использовать данные барьеры и для удаления техногенных радионуклидов из загрязненных грунтовых вод. В рамках данного способа решения проблемы ведется поиск новых природных сорбентов, методов их модификации, разрабатываются новые искусственные материалы для инженерных барьеров, изучается взаимодействие различных радионуклидов с горной породой, которая содержится на территории подземных захоронений и атомных станций.

Проницаемый геохимический барьер, как один из вариантов исполнения, представляет собой широкую траншею, в которую закладывают барьерный материал с высоким коэффициентом фильтрации, способный задерживать загрязнитель путем его соосаждения, химического или микробиологического взаимодействия. Искусственные барьеры создают специально для очистки грунтовых вод в местах, в которых нет условий формирования природных барьеров данной специализации.

Подбор материалов барьера заключается в определении их физических и физико-химических свойств – прочности, взаимодействию с водой, подверженности обработке и воздействию окружающей среды, кислотности, а также сорбционных свойств и их химического состава и строения.

В данной работе была изучена сорбционная способность восьми барьерных материалов – апатита, вермикулита, керамзита, опилок, перлита, Трейда (природного цеолита) и шунгита по отношению к радионуклидам Cs-137, Sr-90, U-238, Pu-239, Am-241, Tc-99 и стабильному Cr(VI). Соотношение фаз Т:Ж = 1:20 при 1 г материала. Исходная жидкая фаза – модельная пластовая вода VI горизонта г. Томск, pH = 7. Концентрации радионуклидов находились в пределах 10^{-6} – 10^{-10} моль/л, концентрация хрома - 30 мг/л.

Основными сорбционными характеристиками являются – степень сорбции (S) и коэффициент межфазового распределения (Kd), которые определялись по формулам 1 и 2 [1]:

$$S = (C_0 - C)/C_0 \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_0 и C – соответственно начальная и конечная концентрация радионуклида в растворе, Бк/мл.

$$K_d = (S/(1 - S)) \cdot (V/m), \quad (2)$$

где V – объем жидкой фазы, мл; m – масса породы, г.

В рамках данной работы были рассчитаны и оценены коэффициенты распределения для выбранных радионуклидов, а также были получены кинетические зависимости степени сорбции.

Для изучения влияния состава водной фазы на степень сорбции было проведено исследование влияния конкурирующих ионов водорастворимых солей на сорбционную способность минералов по отношению к ионам радионуклидов Sr и Cs. В качестве конкурирующих ионов для Cs были выбраны ионы K^+ , а для Sr выбраны ионы Ca^{2+} (концентрации K^+ и Ca^{2+} составляли 10^{-1} , 10^{-2} и 10^{-3} моль/л) [1]. Для оценки биологической стабильности была проведена сорбция всех выбранных радионуклидов на образцах материалов, которые были подвержены микробиологическому воздействию. Для этого на материалах был произведен рост биопленок микроорганизмов (использовалось микробиологическое сообщество подземного водоносного горизонта, загрязненного радионуклидами и нитрат ионами, в районе города Томск с преобладанием грамотрицательных денитрифицирующих бактерий рода *Pseudomonas*), которые в процессе жизнедеятельности изменяли поверхность и структуру материалов. Было проведено сравнение сорбционных способностей материалов до и после воздействия на них микроорганизмов. Для вермикулита и Трейда, как наиболее перспективных барьерных материалов по результатам проведенных исследований, было вычислено предельное значение сорбционной емкости по ионам цезия, что связано с более удобным анализом данного радионуклида.

Для определения физико-химической формы нахождения сорбированных радионуклидов на поверхности минерала был проведен эксперимент по последовательному выщелачиванию с каждого образца материалов. Метод последовательного выщелачивания представляет собой ступенчатую обработку образца материала растворами различного состава. Используемая нами схема представляет собой модифицированную схему Тессьера [2]: 1-й этап – десорбция водорастворимых форм модельной водой; 2-й этап – вымывание обменных форм с 0,4 М р-ром хлорида магния; 3-й этап – вымывание обменных и органических форм с 5% р-ром гипохлорита натрия; 4-й этап – вымывание поверхностных комплексообразовательных форм с 1М соляной кислотой; 5-й этап – с 6М соляной кислотой – прочнофиксированных форм.

По проведенной работе можно заключить, что наиболее высокими сорбционными способностями, особенно по отношению к цезию, обладают вермикулит и Трейд, чуть ниже сорбционные свойства у керамзита, опилок и шунгита. Сорбционные способности апатита сильно зависят от наличия в растворе конкурирующих ионов. Воздействие микроорганизмов практически на всех материалах способствует ухудшению сорбционных характеристик, но на шунгите, керамзите и опилках происходит обратный эффект – сорбционная способность увеличивается. Результаты по селективной десорбции также говорят о том, что наиболее перспективными барьерными материалами для проницаемых барьеров являются вермикулит, Трейд, керамзит и шунгит.

Литература

1. Shih-Chin T., Tsing-Hai W., Ming-Hsu L., Yuan-Yaw W., Shi-Ping T. //Journal of Hazardous Materials. – 2009. Vol. 161. – P. 854-861..
2. Горяченкова Т. А., Казинская И. Е., Лавринович Е. А., Новиков А. П. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: тезисы докл. IV Междун. конф. (Томск, 4-8 июня 2013 г.). – Томск, 2013. – С. 151-154.