

Список использованных источников

1 Масленко, Д. Что такое «умный» дом, из чего он состоит и зачем нужен. [Электронный ресурс] / 2021. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/606d99c19a7947b14fe9c2d6>. – Дата доступа: 30.10.2021.

2 Золенко, М. Что такое умный дом: функции, виды, составляющие и экосистемы. [Электронный ресурс] / 2019. Режим доступа: <https://www.e-katalog.ru/post/1990/618-chto-takoe-umnyu-dom-funkcii-vidy-sostavlyayushchie-i-ekosistemy/>. – Дата доступа: 30.10.2021.

3 Масленко, Д. Что такое «умный» дом, из чего он состоит и зачем нужен. [Электронный ресурс] / 2021. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/606d99c19a7947b14fe9c2d6>. – Дата доступа: 30.10.2021.

4 Золенко, М. Что такое умный дом: функции, виды, составляющие и экосистемы. [Электронный ресурс] / 2019. Режим доступа: <https://www.e-katalog.ru/post/1990/618-chto-takoe-umnyu-dom-funkcii-vidy-sostavlyayushchie-i-ekosistemy/>. – Дата доступа: 30.10.2021.

УДК 631.438.2+58.051

Л.Н. Москальчук¹, А.А. Баклай², Т.Г. Леонтьева²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – «Сосны»
Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРБЕНТОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Аннотация. В работе представлены данные о физико-химических свойствах природного сырья и промышленных отходов, а также метод количественной оценки эффективности применения органоминеральных смесей и алюмосиликатных сорбентов для снижения миграции радионуклидов ^{137}Cs или ^{90}Sr в системе почва – почвенный раствор. Установлено, что в результате внесения указанных материалов в загрязненную радионуклидами почву наблюдается повышение коэффициента распределения ^{137}Cs и ^{90}Sr , что приводит к снижению миграции данных радионуклидов в почве.

L.N. Maskalchuk¹, A.A. Baklay², T.G. Leontieva²

¹Belarusian State Technological University, Minsk Belarus,

² Joint Institute for Power and Nuclear Research – «Sosny», National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

USING OF RAW MATERIAL AND INDUSTRIAL WASTE FOR PRODUCTION OF THE SORBENTS OF RADIONUCLIDES

***Abstract.** The paper presents the results of study of physicochemical properties of raw materials and industrial waste and method for quantitatively assessment the effectiveness of using organomineral mixtures and aluminosilicate sorbents to reduce the migration of ¹³⁷Cs or ⁹⁰Sr radionuclides in the soil - soil solution system. It was pointed out that in the result of organomineral mixture or aluminosilicate sorbent insertion in radioactive contaminated soil, an increase the distribution coefficient of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr of contaminated soil is observed, which in turn leads to the decreasing of these radionuclides migration in the soil.*

В результате техногенных аварий на АЭС радиоактивному загрязнению подвергаются различные объекты окружающей среды, включая сельскохозяйственные почвы. Значительная их часть выведена из сельскохозяйственного оборота ввиду невозможности получения на них продукции с нормативно допустимым содержанием радионуклидов. Переход радионуклидов из почвы в растения является основным звеном их дальнейшей миграции по пищевым цепям. Интенсивность данного процесса определяется химическими свойствами и физико-химическим состоянием радионуклида, свойствами почв и биологическими особенностями растений.

В ряде стран, имеющих развитую ядерную энергетику, осуществляется поиск веществ и материалов, эффективно сорбирующих радионуклиды, имеющих в значительном объеме и обладающих низкой стоимостью. Их применение будет способствовать повышению общей сорбционной способности загрязненных почв, снижению содержания подвижных форм радионуклидов в почвенном поглощающем комплексе и препятствовать миграции радионуклидов в глубь почвенного профиля и последующему включению в биологический круговорот веществ. Такими материалами являются алюмосиликаты (клиноптилолит, бентонит, вермикулит, глауконит, иллит и др.), цеолиты, сапропели, торф и различные составы на основе гумусовых веществ.

В данной работе представлены данные о физико-химических свойствах природного сырья и промышленных отходов, а также

разработанный способ снижения миграции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах, предусматривающий использование различных видов органоминеральных смесей и алюмосиликатных сорбентов путем их внесения в почву в определенных дозах.

Органоминеральные смеси представляются собой состав из компонентов природного происхождения (сапропели) и отходов химических производств (гидролизный лигнин и глинисто-солевые шламы) в определенном соотношении. Сапропели – донные отложения пресноводных озер и водоемов. В зависимости от типологического состава значительно отличаются по химическому составу и физико-химическим свойствам, и, прежде всего, по содержанию органического вещества (от 15 до 94 %), агрохимическим свойствам, а также по составу и структуре гуминовых и фульвокислот. Результаты исследований по применению различных типов сапропелей, а также органоминеральных смесей в качестве сорбентов радионуклидов показывают, что они позволяют существенно снизить переход радионуклидов из почвы в растения [1, 2].

Алюмосиликатные сорбенты представляют собой глиносодержащий материал, полученный путем водной обработки глинисто-солевых шламов (ГСШ) для удаления избыточного содержания солей KCl и NaCl . ГСШ – отходы калийного производства ОАО «Беларуськалий», значительные запасы которых находятся в Солигорском горнопромышленном районе (более 125 млн т). По вещественному составу ГСШ представляют собой сложные образования, основными компонентами которых являются алюмосиликаты, карбонаты кальция и магния, сульфаты кальция, хлориды натрия и калия. Минералогический состав, высокая удельная поверхность (40–45 $\text{м}^2/\text{г}$), значительная степень дефектности кристаллической структуры и высокое содержание мелкодисперсной фракции делают ГСШ эффективным сорбционным материалом в отношении радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr [2, 3].

Многолетними исследованиями физико-химических свойств, минералогического состава и структуры алюмосиликатных сорбентов, полученных на основе ГСШ, установлено, что они относятся к глинистым материалам, в составе которых преобладает такой минерал, как иллит (48,2 мас. %). Степень сорбции ^{137}Cs алюмосиликатными сорбентами составляет порядка 95–99 % и происходит на двух типах сорбционных центров, отличающихся по емкости и селективности связывания ^{137}Cs .

Оценка эффективности сорбции радионуклидов Cs(I) , Sr(II) , Eu(III) , Am(III) алюмосиликатными сорбентами показала, что степень

сорбции данных радионуклидов составляет 99, 99, 91 и 97 % соответственно. Исследования сорбции Th(IV) и U(VI) алюмосиликатными сорбентами показали, что сорбция Th(IV) в интервале pH = 2–9 изменяется от 83 до 99 %. Для U(VI) максимальная сорбция 60–72 % наблюдается в интервале pH = 5,5–7,5.

Внесения в почву известковых материалов и калийсодержащих веществ, влажность загрязненной почвы оказывают значительное влияние на концентрацию и соотношение ионов K^+ и Ca^{2+} в почвенном растворе. Оптимальное соотношение ионов K^+ и Ca^{2+} в почве с одной стороны способствует получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур, а с другой стороны – обеспечивает условия для снижения миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения. Дальнейшее снижение миграции ^{137}Cs и/или ^{90}Sr из почвы, насыщенной K^+ , Ca^{2+} в растения возможно только путем изменения ее физико-химических и, прежде всего, сорбционных свойств [2].

После насыщения селективных по отношению к цезию сорбционных центров, расположенных в глинистых минералах, и емкости катионного обмена почвы соответственно катионами K^+ и Ca^{2+} происходит минимизация миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr в системе почва – почвенный раствор – растение. Дальнейшее увеличение концентрации катионов K^+ или Ca^{2+} в почвенном растворе не оказывает влияния на коэффициент накопления радионуклидов в растении. Результаты теоретических исследований позволили выявить дополнительные резервы повышения эффективности иммобилизации ^{137}Cs и ^{90}Sr путем изменения сорбционных свойств почвы в результате внесения в нее сорбентов и сохранения при этом естественного плодородия почв.

Разработаны математические модели миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr [2, 4, 5] в системе почва – почвенный раствор и получено выражение для количественной оценки эффективности сорбентов по снижению миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr в данной системе, определяющее коэффициент кратности снижения (КС):

$$КС = \frac{SP_{(с)}}{SP_{(п)}} \cdot M + 1, \quad (1)$$

где $SP_{(с)}$, $SP_{(п)}$ – потенциал сорбции радиоцезия или радиостронция сорбентом (с), почвой (п), мэкв/кг; M – доза внесения сорбента в почву, равная отношению массы сорбента к массе почвы.

Сравнение потенциалов сорбции радиоцезия или радиостронция почвы и потенциального сорбента позволяет оценить возможность целенаправленного изменения сорбционных свойств почвы путем внесения в нее соответствующего сорбента для снижения миграции

радионуклидов. Так, для снижения миграции ^{137}Cs или ^{90}Sr в системе почва – почвенный раствор в два раза с учетом экономически целесообразной дозы внесения сорбента в почву в количестве 1–4 мас. %, используя выражение (1), получаем $SP_{(c)} / SP_{(п)} \geq 25$.

Экспериментальная проверка разработанного метода оценки эффективности сорбентов для снижения миграции ^{137}Cs или ^{90}Sr в системе почва – растение с использованием данных вегетационных опытов по внесению органоминеральных смесей в дерново-подзолистую супесчаную почву, твердая фаза которой представляет собой насыщенный катионами K^+ и Ca^{2+} ионообменник, показала, что происходит существенное снижение поступления радионуклидов из почвы в растения (в 1,5–3,2 раза по ^{137}Cs и 1,8–7,6 раза по ^{90}Sr).

Учитывая наличие на территории ОАО «Беларуськалий» значительных запасов ГСШ, хорошие кинетические и емкостные показатели, высокую селективность в отношении ^{137}Cs , данные промышленные отходы можно рассматривать как перспективные материалы для получения алюмосиликатных сорбентов радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . В дерново-подзолистые почвы с низким потенциалом сорбции цезия рекомендуется вносить алюмосиликатные сорбенты в количестве 4 мас. %. В результате их внесения происходит повышение коэффициента распределения ^{137}Cs почвы, что в свою очередь приводит к снижению миграции ^{137}Cs путем его закрепления на глинистых минералах (иллите) [2].

Следует заключить что, одним из эффективных и экономически целесообразных способов решения проблемы реабилитации, загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв может быть, применение органоминеральных смесей и алюмосиликатных сорбентов [2]. Органоминеральные смеси по своим физико-химическим свойствам являются комплексными удобрениями, в состав которых входит как органическое вещество (сапропели, гидролизный лигнин), так и минеральная составляющая (ГСШ). Прочная фиксация ^{137}Cs в почве при внесении органоминеральной смеси или алюмосиликатного сорбента происходит в основном за счет наличия в их составе глинистого минерала – иллита, содержащегося в глинисто-солевых шламах. Использование органоминеральных смесей и алюмосиликатных сорбентов на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах Беларуси позволит снизить миграцию радиоцезия и радиостронция из почвы в растения и предотвратить их дальнейшее распространение в окружающей среде.

Список использованных источников

1. Москальчук Л.Н., Баклай А.А., Леонтьева Т.Г. Влияние органической и минеральной составляющих сапропелей Республики Беларусь на селективную сорбцию радиоцезия // Радиохимия. 2018. Т. 60. № 1. С. 93–96.
2. Москальчук Л.Н. Реабилитация радиоактивно загрязненных почв: опыт и перспективы / Lambert Academic Publishing, Norderstedt, Germany, ISBN:978-620-2-09332-3. P. 412.
3. Леонтьева Т.Г., Москальчук Л.Н., Баклай А.А., Маковская Н.А. Состав, структура и селективная сорбция ионов цезия алюмосиликатным сорбентом, полученным из отходов калийного производства ОАО «Беларуськалий» // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. № 5. С. 726–735.
4. Москальчук Л.Н., Баклай А.А., Леонтьева Т.Г. Метод оценки эффективности природных неорганических сорбентов для снижения миграции ^{137}Cs в системе «минеральная почва – растение» // Труды БГТУ. 2014. № 3. С. 14–17.
5. Москальчук Л.Н., Баклай А.А., Леонтьева Т.Г., Стреленко Д.К. Метод оценки эффективности сорбентов для снижения перехода ^{90}Sr из произвесткованной почвы в растение // Экологический вестник. 2015. № 2 (32). С. 11–16.

УДК 378.147

А.М. Мотевич, Н.В. Гринь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Республика Беларусь

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ КАК ФАКТОР ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА

Аннотация. В статье предлагается концепция применения технологии Интернета вещей в учреждениях высшего образования, рассматриваются конкретные продукты, с помощью которых будет возможно внедрение указанной технологии в образовательный процесс.

A.M. Motevich, N.V. Hryn

Yanka Kupala State University of Grodno
Grodno, Republic of Belarus