

существует оптимальная их концентрация, соответствующая наибольшему значению максимальной намагниченности.

Таблица

Значения максимальной намагниченности синтезированных материалов при температурах 5 и 300 К

Температура, К	Максимальная намагниченность наночастиц исследуемых составов, Гс·см ³ ·г ⁻¹			
	Zn _{0,18} Fe _{2,82} O ₄	Zn _{0,45} Fe _{2,55} O ₄	ZnFe ₂ O ₄	Fe ₃ O ₄
5 К	80	86	45	62
300 К	59	46	9	49

Значения максимальной намагниченности наночастиц цинкового феррита ZnFe₂O₄ как при температуре 5 К, так и при 300 К оказались намного ниже, чем у прочих образцов. Это можно объяснить тем, что при формировании шпинельной структуры лишь незначительная доля ионов Zn²⁺ заняла октаэдрические (В) позиции в кристаллической решетке.

При комнатной температуре для синтезированных материалов не замечено гистерезиса на кривых намагничивания, а значения коэрцитивной силы оказались близкими к нулю, что свидетельствует об их суперпарамагнетизме.

Таким образом, золь-гель синтез наночастиц в системе Zn_xFe_{3-x}O₄ приводит к случайному перераспределению ионов Zn²⁺ и Fe³⁺ в структуре шпинели. В такой ситуации сильное обменное взаимодействие между ионами железа приводит к возрастанию ферромагнитных свойств, которое сопровождается ростом намагниченности наночастиц.

Литература

1. *Першина А. Г., Сазонов А. Э., Мильто И. В.* Использование магнитных наночастиц в биомедицине // Бюллетень сибирской медицины. 2008. №2. С.70–78.
2. *Lin C. H., Kuo P. C., Pan J. L., Huang D. R.* Effects of Zn ion on magnetic properties of Fe₃O₄ magnetic colloids // J. Appl. Phys. 1996. Vol. 79. P. 6035.
3. *Barcena C., Sra A. K., Chaubey G. S., Khemtong C., Liu J. P. and Gao J.* Zinc ferrite nanoparticles as MRI contrast agents // Chem. Commun. 2008. P. 2224–2226.

СОСТОЯНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДОСТУПНОСТЬ УРАНА В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ БЕЛАРУСИ

М. В. Попеня, О. А. Ильюкевич, С. И. Станкевич, А. В. Черкас

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена изучению поведения ²³⁸U в системе «почва–растение» природных и аграрных экосистем. Уран является од-

ним из наиболее распространенных и долгоживущих радиоэлементов в природе. Развитие энергетики на ядерном и ископаемом органическом топливе, использование удобрений и техногенных субстратов в сельском хозяйстве определяют дополнительный поток урана в окружающую среду. Естественные сенокосы и пастбища, сельскохозяйственные угодья являются исходным звеном биологической миграции урана в организм человека. Поглощение урана растениями зависит от его содержания и физико-химического состояния в почвенной среде, а также от видовой принадлежности растений и условий их произрастания. Природный уран представлен тремя изотопами: ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U . Величина вклада ^{235}U незначительна – по массе менее 0,72 % и по активности примерно 2 %. Определяющий вклад в дозу облучения человека вносят ^{234}U и ^{238}U , соотношение активностей которых в объектах окружающей среды составляет 0,9–1,3.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись почвенные и растительные образцы, отобранные сотрудниками НИЛ радиохимии в ходе экспедиций 2010–2012 гг. на контрольных участках, расположенных в пределах естественных сенокосов и пастбищ и личных подворий вне зоны загрязнения трансурановыми элементами выброса ЧАЭС. В лабораторных условиях образцы растительности измельчались, высушивались до постоянного веса при температуре 373–378 К. Почвенные образцы тщательно перемешивались, высушивались при температуре 308–313 К и просеивались через сито, крупнозем и растительные остатки отбрасывались. Затем гомогенизированные образцы почв и растительности прокаливались в муфельной печи при температуре 833 К.

Запас урана в формах, отличающихся по степени прочности связи с почвенными компонентами, определяли по результатам исследования равновесного распределения урана в системах «твердая–жидкая фазы почв», «почва–раствор ацетата аммония». Миграционноактивная форма урана, содержащаяся в почвенных поровых растворах, извлекалась посредством центрифугирования водонасыщенных образцов почв на установке SIGMA-4-10. Подвижная форма урана, обратимо связанная с составляющими почвенного поглощающего комплекса по механизму ионного обмена, экстрагировалась из почв 1 моль/дм³ раствором $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$. Содержание урана в образцах почв, растительности, поровых растворов, ацетатных почвенных вытяжках определяли методом радиохимического анализа [1, 2] с регистрацией α -излучения урана низкофоновыми детекторами 576 А-600 RV на установке ALPHA KING 676.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование физико-химического состояния урана в почвах разного генезиса показало, что доля ^{238}U в биологически подвижной обменной форме составляет 0,7–2,6 %. Содержание ^{238}U в жидкой фазе почв в миграционноактивной форме низкое и составляет 0,06–1,3 % от его общего количества в почвах. Как видно из представленных в табл. 1 данных по поведению урана в системе «почва–луговые травы», содержание ^{238}U в анализируемых почвенных образцах составляет 2,8–26,5 Бк/кг, причем наибольшее содержание урана характерно для дерново-подзолисто-глеевой суглинистой почвы, наименьшее – для аллювиальной торфяно-глеевой. Уровень накопления ^{238}U исследованной луговой растительностью, произрастающей на суходольных, низинных и пойменных лугах, находится в интервале 0,23–3,2 Бк/кг, различие в накоплении урана луговым травостоем составляет 14 раз. Наибольшая концентрация урана выявлена в луговом травостое, произрастающем на торфяной почве низинного луга. Наличие мощной дернины, в которой сосредоточены основная масса корней луговых растений и большое количество органического вещества предопределяет высокую биологическую доступность урана в данной почве. Переход урана в луговую растительность, которая произрастает на суглинистой почве более тяжелого механического состава, меньше по сравнению с супесчаной почвой более легкого механического состава.

Большой диапазон уровней содержания ^{238}U в исследованных луговых почвах и растениях не позволяет считать информативными показатели биологической подвижности урана, представленные абсолютными величинами его содержания в растительных образцах. Для оценки био-генной миграции ^{238}U были рассчитаны коэффициенты накопления (КН), представляющие собой концентрационное отношение урана в растении и почве из корнеобитаемого слоя. Самый высокий КН установлен для дерново-подзолистой супесчаной почвы – 0,18, а самый низкий КН установлен для дерново-подзолисто-глеевой суглинистой почвы – 0,04 (табл. 1). Значения КН для лугового травостоя, произрастающего на минеральных дерново-подзолистых почвах, уменьшается с увеличением содержания физической глины. Высокий КН на органической торфяной почве (0,15) определяется особенностями водно-физического режима произрастания растений и видового состава травостоя. По подвижности урана в системе «почва–луговые растения» исследуемые почвы располагаются в соответствии со значениями КН в порядке уменьшения: дерново-подзолистая супесчаная > торфяная > торфяно-глеевая > дерново-подзолисто-глеевая суглинистая.

Таблица 1

Параметры перехода ^{238}U из почвы в луговую растительность

Контрольные участки	Почвенная разновидность	Состав травостоя	Ап, Бк/кг	Ар, Бк/кг	КН
ДП/сп Суходольный луг	Дерново-подзолистая супесчаная	Полевица обыкновенная, душистый колосок, овсяница овечья, разнотравье	$10,6 \pm 1,0$	$1,9 \pm 0,3$	0,18
ДПг/сг Низинный луг	Дерново-подзолисто-глиево-суглинистая	Щучка, полевица собачья, мятлик обыкновенный, канареечник тростниковидный, манник водный, осока желтая, осока просьяная, осока стройная, осока пузырчатая, разнотравье	$26,5 \pm 1,6$	$1,0 \pm 0,2$	0,04
Т Низинный луг	Торфяная	Осока желтая, осока просьяная, осока стройная, пушица	$21,2 \pm 1,4$	$3,2 \pm 0,3$	0,15
Тг Пойменный луг	Аллювиальная торфяно-глиево-суглинистая	Канареечник тростниковидный, манник водный, щучка, осоки, разнотравье.	$2,8 \pm 0,2$	$0,23 \pm 0,04$	0,08

Ап, Ар – удельная активность сухих образцов почвы и растительности
КН – коэффициент накопления

Из приведенных в табл. 2 параметров перехода урана в системе «почва–овощные культуры» видно, что содержание ^{238}U в исследуемых почвах близко по величине и составляет 10,8–11,9 Бк/кг. Удельная активность овощных культур в расчете на абсолютно-сухой вес составляет $(21–84) \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, причем наименьшее значение характерно для петрушки, а наибольшее – для укропа. Удельная активность овощей в расчете на сырой вес изменяется в интервале $(0,8–20,5) \cdot 10^3$ Бк/кг и различается более чем в 20 раз, причем, наименьшее значение в данном случае характерно для огурцов, а наибольшее – для укропа.

Таблица 2

Параметры перехода ^{238}U из почвы в овощную продукцию

Контрольные участки	Почвенная разновидность	Вид растительности	Ап, Бк/кг	Ар, Бк/кг	КН
ДПСп-1	Дерново-подзолистая супесчаная	Петрушка	$11,9 \pm 1,0$	$0,021 \pm 0,003$	0,0018
		Укроп		$0,084 \pm 0,007$	0,0071
ДПСп-2	Дерново-подзолистая супесчаная	Огурцы	$10,8 \pm 1,2$	$0,025 \pm 0,004$	0,0023
		Картофель		$0,026 \pm 0,004$	0,0024

Ап, Ар – удельная активность сухих образцов почвы и растительности
КН – коэффициент накопления

Следует отметить, что исследуемые овощи по сравнению с луговыми травами обладают более низкой аккумуляющей способностью по от-

ношению к ^{238}U , их коэффициенты накопления значительно ниже 1 и изменяются в интервале 0,0018–0,0071. Сравнивая значения КН с ранее полученными для других овощей [3], можно расположить продукты растениеводства в порядке уменьшения биологической доступности урана в следующий ряд: морковь (0,028) → помидоры (0,025) → свекла (0,018) → укроп (0,0071) → картофель (0,0024) → огурцы (0,0023) → петрушка (0,0018) → капуста (0,009) → кабачок (0,002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что накопление урана луговыми травами и овощной продукцией зависит от типа почв и видовой принадлежности растений. Представленные данные позволяют оценить дозы облучения в результате поступления урана в организм человека по основным пищевым цепочкам «почва – луговые травы – животное – мясомолочная продукция – человек» и «почва – продукция растениеводства – человек».

Литература

1. Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Войникова Е. В. и др. Радионуклиды радия и урана в почвах Беларуси // Литосфера. 2010. №1 (32). С. 128–134.
2. Методика определения урана в почвах и аэрозольных фильтрах. МВИ. МН1497. Минск. БелГИМ. 2001.
3. Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Попеня М. В. и др. Поведение радионуклидов урана и радия в почвенно-растительном комплексе агроценозов вне зоны чернобыльского загрязнения Беларуси // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2013. №1. С. 102–110.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ДИСПЕРСИЙ ЛИГНИНА В НЕФТЕПРОДУКТАХ

И. В. Резников, Т. А. Савицкая

Гидролизный лигнин, являющийся отходом в производстве этанола, может быть использован в качестве сорбента для ликвидации разливов нефти и утилизации отработанных топлив. Полученные композиции лигнина и нефтепродуктов при определенном соотношении компонентов могут быть переработаны в гранулированную массу, топливные брикеты или пеллеты, пригодные для сжигания, вследствие достаточно высокой теплотворной способности и отсутствия токсичных дымовых газов [1]. Дисперсии лигнина в нефти и нефтепродуктах в зависимости от концентрации лигнина являются либо свободно- либо связнодисперсными системами [2]. Целью настоящей работы явилось изучение влия-