

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.1.074.3, 621.039.58

РАДИОНУКЛИДЫ В ЛИШАЙНИКАХ, РАСТЕНИЯХ И ПОЧВЕ ОТРОГОВ ЗАРАФШАНСКОГО ХРЕБТА

Азимов А.Т., Маматкулов О., Сафаров А.А., Халикулов З.А. (Самаркандский гос. ун-т, Республика Узбекистан), Базарбаев Н.Н., Иноятлов А.Х., Муминов И.Т., Рашидова Д.Ш., Худайбердиев А.Т. (НИИПФ при Национальном ун-те Узбекистана, г. Ташкент)

Основными источниками радиоактивности окружающей среды являются естественные радионуклиды уран-ториевого семейства и ^{40}K , космогенные и техногенные радионуклиды, образующиеся при делении ядер [1]. Естественные радионуклиды относятся к элементам первичного происхождения, существующим в земной коре со времени ее возникновения. Основное количество техногенных радионуклидов — результат испытаний ядерного оружия и аварий на ядерных объектах приходится на 1960-е годы. В настоящее время их активность в объектах природной среды обусловлена, в основном, долгоживущими ^{137}Cs и ^{90}Sr . ^7Be , образующийся в верхних слоях атмосферы под действием космических лучей, выпадает на поверхность земли в виде аэрозолей вместе с сухими и мокрыми осадками. В целом радиоактивность объектов окружающей среды зависит от биологических особенностей самого объекта, географических характеристик местности и степени ее подверженности антропогенным воздействиям [2].

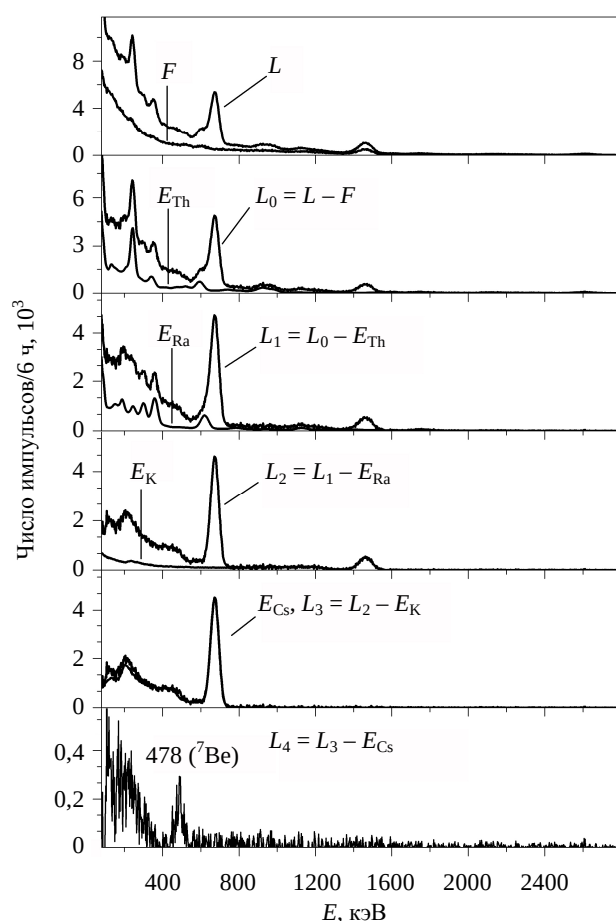
В настоящей работе приведены γ -спектрометрические исследования ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^7Be , ^{137}Cs в пробах лишайника, травяной растительности, почвы и гранита, отобранных с экологических площадок отрогов Зарафшанского хребта в 2003—2014 гг.

Подготовка проб и методика измерений. Пробы для измерений отобраны в седловине гор Каратепа и Чакилкаян (высота 1690 м над уровнем моря), которые являются юго-западными отрогами Зарафшанского хребта. Климат местности резко континентальный, среднегодовое количество осадков составляет ~800 мм. Травяная растительность представлена, в основном, зизифорой, зверобоем, эремурусом, тимьяном, ферулой, ахилеей и др. Накипные лишайники черного и темно-зеленого цвета толщиной 5—10 мм покрывают выходы скальной породы. Скорость роста лишайников этого вида составляет 0,1 мм/год. Почва типично горная ($\rho \sim 1,4$ — $1,5$ кг/л), слабо подвержена ветровой и водной эрозии.

Пробы отбирали на шести площадках в конце дождливых (апрель, май) и сухих сезонов (сентябрь, октябрь). Размер проб лишайников, почвы и травяной растительности с площадок отбора составлял 0,5×0,5, 0,3×0,4, 1×1 м соответственно. Пробы гранита отбирали скалыванием с восьми выходов скальных пород. Пробы высушивали при комнатной температуре, тщательно очищали от посторонних примесей и упаковывали в однолитровые сосуды Маринелли. Пробы лишайников предварительно разделяли на верхние и нижние слои. Масса проб верхних слоев лишайника варьировалась в пределах 155—185 г, нижних — 390—700 г, травяной растительности — 800—1200 г, почвы — 1200—1400 г.

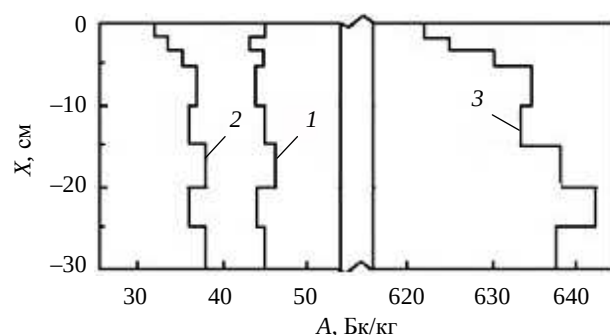
Исследования проведены с использованием гамма-спектрометра со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размером 63×63 мм, энергетическим разрешением ~7% на линии 1332 кэВ, помещенного в свинцовую защиту толщиной 10 см. Гамма-спектрометр по эффективности калибровался с помощью эталонных источников ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K , ^{137}Cs из комплекта ОМАСН с наполнителями плотностью 140—840 г/л. Точность калибровки составляла ~7%. Накопление и обработку аппаратных спектров проводили с помощью стандартной спектрометрической аппаратуры и пакета компьютерных программ. Длительность отдельных измерений спектров проб составляла 6 ч. Активность проб определяли путем последовательного разложения спектров на отдельные составляющие. Пример такого разложения показан на рис. 1. Характерная погрешность определения активности проб составила $\delta_{\text{ст}}(A) \sim 2$ —10%. При определении активности ^{137}Cs в пробах из нижних слоев почвы погрешность возрастала до ~30%.

Результаты измерений. Как и ожидалось из предыстории образования земной коры, в образцах гранита, относящегося к магматическим горным породам, содержание естественных радионуклидов значительно выше, чем в остальных видах проб (табл. 1).



Р и с. 1. Последовательное разложение γ -спектра пробы лишайника на составляющие: L — спектр пробы лишайника; F — спектр фона; E_{Th} , E_{Ra} , E_K , E_{Cs} — ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K и ^{137}Cs в спектре пробы соответственно; L_1 — спектр пробы после последовательного вычитания составляющих; ^{7}Be — остаточный спектр ^{7}Be в пробе

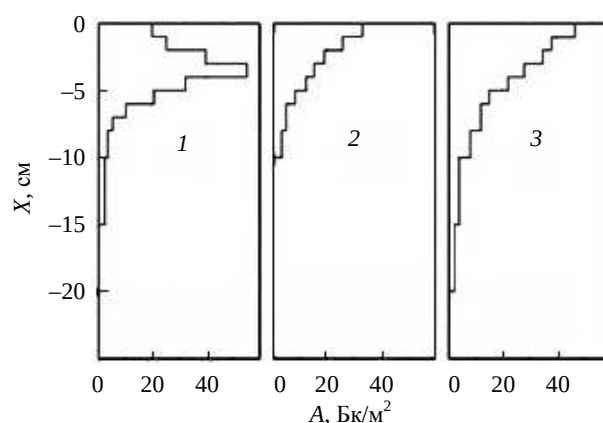
В пробах нижних слоев лишайников содержание естественных радионуклидов заметно больше, чем в верхних, что может быть связано со скоростью роста этого вида лишайника (менее 0,1 мм/год) и наличием дисперсных остатков гранул гранита в нижних слоях. Больше по сравнению с ^{232}Th содержание ^{226}Ra и ^{40}K в пробах травяной растительности можно объяснить лучшей растворимостью соединений радия и калия в воде по сравнению с соединениями тория [1]. Этим же объясняется обедненность верхних слоев почвы до глубины корневых систем травяных растений $X \leq 6$ см радием и калием (рис. 2). В пробах травяной



Р и с. 2. Вертикальное распределение ^{232}Th (1), ^{226}Ra (2) и ^{40}K (3) в слоях почвы одной из площадок отбора

растительности содержание ^{40}K заметно выше, чем в лишайниках. Это может быть связано с различием условий вегетации этих растений.

Содержание космогенных и техногенных радионуклидов в природных объектах определяется их содержанием в атмосфере, процессами распада и переноса мокрыми (дождем, снегом, росой) и сухими осадками (пылью). Содержание и глубина миграции ^{137}Cs в почву флуктуируют в пределах 3,6 кБк/м² и 5—25 см соответственно в зависимости от ландшафтных характеристик площадок, интенсивности ветровой и водной эрозии, седиментации и антропогенного воздействия. В пробах почвы площадок, где процессы эрозии преобладают, максимум глубинного распределения ^{137}Cs приходится на верхние слои, в то время как на слабоэрозированных площадках смещается в нижние слои (рис. 3).



Р и с. 3. Вертикальное распределение ^{137}Cs на слабоэрозированной (1), подверженной эрозии (2) и седиментации (3) почве соответственно

Т а б л и ц а 1. Усредненная и максимальная удельная активность естественных радионуклидов в пробах ($A_{cp}/A_{max} - A_{min}$), кБк/л

Радионуклид	Гранит	Лишайник, слои		Почва	Растения
		нижние	верхние		
^{232}Th	67/51—120	52/43—73	31/24—41	43/32—50	27/20—37
^{226}Ra	47/31—53	38/34—47	32/18—39	33/26—44	37/34—44
^{40}K	1100/930—1700	630/570—720	300/190—470	620/580—690	780/650—1100

Таблица 2. Усредненное содержание ^7Be в лишайниках и почвенном покрове в начале и конце сухого сезона, кБк/м^2

Год	Индекс солнечной активности, 100/W	Мокрые осадки, мм/год	Апрель—май		Сентябрь—октябрь	
			Лишайник	Почвенный покров	Лишайник	Почвенный покров
2003	1,2	410	0,23	0,26	0,09	0,06
2004	1,9	447	0,21	0,27	0,1	0,08
2005	3	267	0,19	0,25	0,11	0,07
2006	5	277	0,31	0,35	0,17	0,09
2007	8,6	317	0,68	0,74	0,31	0,16
2008	20	302	1,08	0,92	0,4	0,2
2009	60,2	386	1,4	1,36	0,58	0,32
2010	12	334	0,83	1,02	0,32	0,26
2011	3	371	0,34	0,47	0,18	0,1
2012	1,5	384	0,23	0,28	0,14	0,08
2013	1,6	364	0,2	0,18	0,1	0,05
2014	1,31	216?	0,22	0,24	0,12	0,06

Содержание ^{137}Cs в пробах лишайников в 10 раз меньше, чем в почве, и составляет $0,2\text{—}0,5 \text{ кБк/м}^2$. Примерно 2/3 его содержания сосредоточено в нижних слоях. В еще меньшем количестве $\sim 0,02 \text{ кБк/м}^2$ и не на всех площадках ^{137}Cs обнаруживается в пробах травяных растений.

Установленное усредненное содержание ^7Be в исследованных пробах приведено в табл. 2. Для всех видов проб наблюдается выраженная корреляция между содержанием ^7Be , с одной стороны, и сезонным изменением климата (данные Управления гидрометеорологии Самаркандской области) и солнечной активности ($100/W$, где W — число Вольфа), с другой. Содержание ^7Be в лишайниках концентриру-

ется преимущественно в нижних слоях. Флюктуация соотношения концентрации в верхних и нижних слоях составляет $A_{\text{н.с}}/A_{\text{в.с}} = 0,7\text{—}1,3$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М.: Изд-во МГУ, 2000.
2. Azimov A.N., Hushmuradov Sh.Kh., Muminov I.T. e.a. Gamma-spectrometric determination of natural radionuclides and ^{137}Cs concentrations in environmental samples. The improved scintillation technique. — J. Rad. Measurements, 2008, v. 43, № 1, p. 66—71

Поступило в Редакцию 1.07.15

УДК 621.039.746

ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМОИМПУЛЬСНОГО УДАЛЕНИЯ ИМИТАТОРОВ НЕРАСТВОРИМЫХ ОБОЛОЧЕК ТВС ИЗ АППАРАТА-РАСТВОРИТЕЛЯ РКП-ИПТ С ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Истомин В.Л., Хлебус К.А. (Ин-т гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск),
Макаров Е.П. (ПО «Маяк», г. Озерск)

Большое значение при модернизации оборудования выщелачивания отработавшего ядерного топлива различных реакторов АЭС имеет выбор конструкции аппарата-растворителя, обеспечивающего наиболее полное извлечение ценных компонентов и вновь наработанных материалов, а также эффективное удаление нерастворимых оболочек ТВС [1, 2]. На заводе РТ-1 ПО «Маяк» эксплуатируются аппараты-растворители периодического действия РП-2200, РПСК, «Морока», «Демон» и «Кумир», оснащенные системой пневмоимпульсного удаления нераствори-

мых оболочек. Последние три модели аппарата являются модификацией РП-2200 (головной части) и РПСК (нижняя и цилиндрическая части). Опыт эксплуатации аппаратов выявил недостатки, из которых отметим два: ограничение объема загружаемых фрагментов оболочек ТВС и механический износ нижней части аппарата — соплового коллектора, вызванный образующимися внутри конструкции двухфазными течениями [3].

Институт гидродинамики по инициативе ПО «Маяк» спроектировал и изготовил новую конст-