

населения, вследствие такого состояния окружающей среды. Эта проблема будет иметь актуальность многие годы, пока люди не начнут полностью искоренять все пути загрязнения нашей природы.

#### Литература

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды РК в 1998 г. Алматы, 1998.
2. Куров Б.М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? Алматы: Аналитический ежегодник. № 5. 2000. С. 43-49.
3. Материалы круглого стола «Транспорт и чистый воздух г. Алматы», 6 июня 2007 г. Алматы: Казахстанская ассоциация природопользователей, 2007
4. Мамыров Н.К. и др. Экологическое состояние города Алматы: атлас. Алматы: Экономика, 2000. 52 с.
5. Материалы Департамента внутренних дел г.Алматы, управление дорожной полиции. Алматы, 2012.
6. Статистический сборник / Под редакцией Д.Д.Раисова. Алматы, 2012.
7. Шамен А.Н. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. Алматы: Ғылым, 1996.

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ, ОБЛАДАЮЩИХ ПОВЫШЕННОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ

А.Н. Злобина

Научный руководитель профессор Л.П. Рихванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вопросу изучения поведения и уровней накопления радиоактивных и редкоземельных элементов в различных компонентах природной среды, в том числе почвах, уделяется большое внимание.

Одним из первых о районах с повышенной радиоактивностью писал американский ученый Меррил Эйзенбад в середине прошлого века: «известны два источника высокой природной радиоактивности: минеральные источники и районы монацитовых песков или других природных отложений» [7]. С тех пор было открыто несколько регионов с высоким содержанием естественных радиоактивных элементов в почвах. Примером могут служить почвы района Посус-ди-Калдас в Бразилии, прибрежные пески штата Керала в Индии, почвы острова Ньюе, почвы южно- китайской провинции Гуандун, почвы французского региона Овернь, монацитовые пески побережья Азовского моря.

Для исследования уровня накопления и поведения радиоактивных и редкоземельных элементов почвах в мае 2015 г. сотрудниками Кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ с коллегами из Китайского геологического университета (г. Пекин) был произведен отбор проб почв. Место отбора проб почв было выбрано в соответствии с ранее проведенными исследованиями ученых из Китайского геологического университета. Точка опробования располагалась в 20 км северо-западнее г. Чжухай (провинция Гуандун, Китай).

Результаты исследования образцов почв по генетическим горизонтам с помощью ИНАА показывают, что основное накопление радиоактивных элементов приходится на почвообразующие горизонты (BC и C), наблюдаются повышенные содержания Ce, Yb, Ta, Th, U относительно кларка ноосферы [2] и почв мира по Боуэну [6]. Значение отношений  $(La+Ce)/(Yb+Lu)$  не превышает аналогичные значения в сравнении с кларком ноосферы и почвами мира. Полученные с помощью ИНАА результаты представлены в табл.1.

По данным ИНАА были построены графики распределения урана, тория и торий-уранового отношения по глубине профиля исследуемой почвы (рис.1).

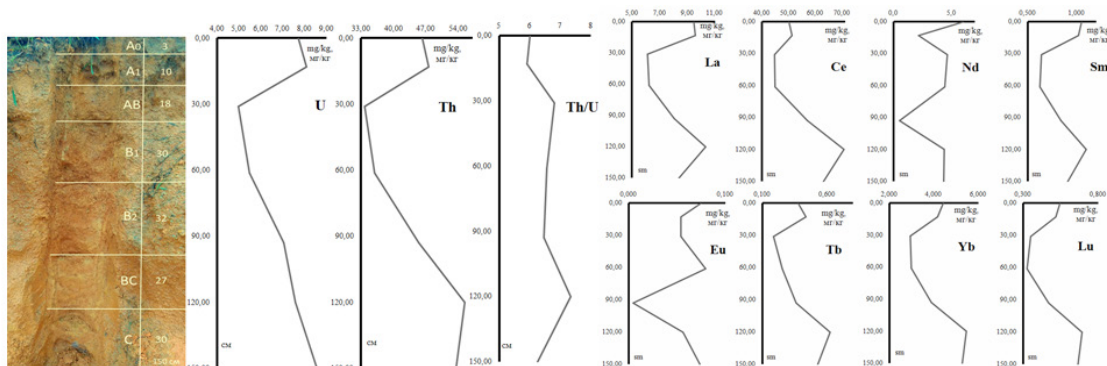


Рис. Распределение U, Th, Th/U и лантанидов в профиле почв провинции Гуандун по данным ИНАА

При естественных содержаниях, унаследованных от почвообразующих пород, профильная дифференциация радиоактивных элементов зависит от генетических особенностей почв. В данном случае автохтонные ферраллитные почвы формируются в условиях свободного дренажа и интенсивно промывного водного режима

при свободном оттоке растворимых продуктов выветривания [4].

По отдельным генетическим горизонтам элементы распределяются в зависимости от характера и интенсивности почвообразующих процессов. Перераспределение урана по профилю почвы (рис.1) свидетельствует о высокой подвижности элемента в иллювиально-элювиальном процессе. Наблюдается значительный вынос U в горизонте АВ и интенсивная аккумуляция U из почвенных растворов в гумусовом горизонте А. В окислительной и кислой среде уран легко вымывается. В окислительных условиях уран находится преимущественно в форме U(VI), которая характеризуется относительно высокой миграционной способностью. Органические (гумусовые) лиганды способствуют растворению U(IV) даже в восстановительной обстановке, при этом гуминовые кислоты более активны, чем фульвокислоты [8].

Вероятно также, что пониженное содержание урана в верхних прикорневых горизонтах связано с его более высоким, чем тория, биологическим поглощением. Почвы провинции Гуандун относятся к почвам гумидных районов с повышенным увлажнением, где интенсивно идут процессы аккумуляции урана из почвенных растворов, что особенно наблюдается для гумусовых горизонтов (А).

*Таблица 1*

**Содержание редкоземельным и радиоактивных элементов в пробах почвы провинции Гуандун по результатам ИНАА, г/т**

Горизонт	Глубина, см	Na, %	Ca, %	Sc	Cr	Fe, %	Co	As	Br	Rb	Sb	Cs	Ba	La
A <sub>0</sub>	0-3	0,01	0,31	5,60	22,94	2,06	1,64	5,61	2,17	21,88	1,33	2,45	48,60	9,43
A <sub>1</sub>	3--13	0,01	0,34	5,85	21,07	2,05	1,53	5,00	5,26	22,48	1,53	2,81	35,37	9,57
AB	13-31	0,02	0,24	4,13	17,11	1,55	1,11	4,28	1,37	17,34	0,88	1,70	42,95	6,11
B <sub>1</sub>	31-61	0,01	0,24	4,58	17,16	1,60	1,12	5,76	1,44	13,63	0,94	1,84	71,17	6,20
B <sub>2</sub>	61-93	0,01	0,25	5,31	15,67	1,72	1,24	5,56	0,50	19,87	0,93	1,89	45,09	8,04
BC	93-120	0,01	0,27	6,42	15,81	1,97	1,60	4,84	0,50	23,83	0,64	2,10	43,06	10,29
C	120-150	0,01	0,26	6,04	15,27	1,88	1,45	3,33	0,34	24,50	0,76	1,65	45,34	8,37
	Среднее 7 проб	0,01	0,27	5,42	17,86	1,83	1,38	4,91	1,66	20,51	1,00	2,06	47,37	8,29
	Кларк ноосферы*	1,9	1,6	7	50	2,2	22	3	26	96	0,25	5,9	36	12
	Почвы мира**	-	-	-	100	3,8	8	-	5	-	-	6	500	40
Горизонт	Глубина, см	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	Th/U	La+Ce/Yb+Lu
A <sub>0</sub>	0-3	50,00	5,98	1,05	0,07	0,37	4,40	0,54	6,95	4,19	46,18	7,70	6,00	12,02
A <sub>1</sub>	3--13	51,08	2,13	1,02	0,05	0,44	4,15	0,51	5,46	4,72	47,55	8,06	5,90	13,00
AB	13-31	44,60	4,59	0,64	0,05	0,19	2,93	0,35	4,08	2,47	33,68	4,96	6,80	15,49
B <sub>1</sub>	31-61	44,67	4,37	0,62	0,08	0,25	2,95	0,32	4,29	2,79	35,82	5,46	6,56	15,51
B <sub>2</sub>	61-93	56,85	0,50	0,84	0,00	0,36	3,86	0,47	5,95	4,10	45,34	7,03	6,45	14,99
BC	93-120	<b>70,56</b>	4,35	1,10	0,06	0,62	5,45	0,69	7,62	5,20	<b>55,32</b>	7,55	7,33	13,17
C	120-150	62,89	4,32	0,91	0,07	0,53	5,25	0,66	6,30	5,31	53,41	<b>8,55</b>	6,25	12,05
	Среднее 7 проб	<b>54,38</b>	3,75	0,88	0,06	0,39	4,14	0,51	5,81	4,11	<b>45,33</b>	<b>7,04</b>	6,47	13,48
	Кларк ноосферы*	32	16	4,5	0,64	0,64	1,9	0,45	2,5	1,9	7,6	1,9	4	18,7
	Почвы мира**	50	-	4,5	1	0,7	3	0,4	6	-	5	1	5	26

\* \* – геохимический кларк ноосферы по Н.Ф. Глазговскому, 1982 г. [2],

\*\* – почвы мира, N.J.M. Bowen, 1966 г. [6]

По данным ИНАА были построены графики распределения урана, тория и торий-уранового отношения по глубине профиля исследуемой почвы (рис.1).

При естественных содержаниях, унаследованных от почвообразующих пород, профильная дифференциация радиоактивных элементов зависит от генетических особенностей почв. В данном случае автохтонные ферраллитные почвы формируются в условиях свободного дренажа и интенсивно промывного водного режима при свободном оттоке растворимых продуктов выветривания [4].

По отдельным генетическим горизонтам элементы распределяются в зависимости от характера и интенсивности почвообразующих процессов. Перераспределение урана по профилю почвы (рис.1) свидетельствует о высокой подвижности элемента в иллювиально-элювиальном процессе. Наблюдается значительный вынос U в горизонте АВ и интенсивная аккумуляция U из почвенных растворов в гумусовом горизонте А. В окислительной и кислой среде уран легко вымывается. В окислительных условиях уран находится преимущественно в форме U(VI), которая характеризуется относительно высокой миграционной способностью. Органические (гумусовые) лиганды способствуют растворению U(IV) даже в восстановительной обстановке, при этом гуминовые кислоты более активны, чем фульвокислоты [8]. Вероятно также, что пониженное содержание урана в верхних прикорневых горизонтах связано с его более высоким, чем тория, биологическим поглощением. Почвы провинции Гуандун относятся к почвам гумидных районов с повышенным увлажнением, где интенсивно идут процессы аккумуляции урана из почвенных растворов, что особенно наблюдается для гумусовых горизонтов (А).

Торий является менее активным мигрантом. Распределение тория по почвенному профилю дифференцировано слабее (рис.1). Однако существующие вариации в распределении тория позволяют проследить тенденцию к его накоплению в почвообразующих горизонтах (B<sub>2</sub>, BC, C) параллельно с увеличением содержания тонкодисперсной (0,04) фракции.

Торий-урановые отношения варьируются в пределах от 5,9 до 7,3. Высокие (>5) торий-урановые отношения в почвах характерны для районов с проявлением ториеносных геологических образований [5].

Распределение некоторых РЗЭ в профиле почвы представлено на рис. 5. Отмечается сходное поведение лантаноидов, обусловленное близостью химических свойств элементов [3]. Обращает на себя внимание схожее распределение Nd и Eu.

Об участии компонентов твердой фазы почв в процессах закрепления ЕРЭ и РЗЭ можно судить по их профилному распределению [9]. Закономерности химического поведения ЕРЭ и РЗЭ позволяют выявить анализ межфазного распределения с учетом свойств почв, вертикальной миграции и параметров биологического поглощения.

Согласно накопленным данным, сорбция в почвах урана, тория и лантаноидов зависит от химических свойств, физико-химического состояния и концентрации элементов, гранулометрического и минералогического состава почв, содержания органического вещества, присутствия в растворе некоторых ионов, миграционноспособных коллоидов, комплексообразователей и т.д. [1].

Для более детального исследования глинистая составляющая почв была подвержена электронно-микроскопическому анализу, по данным которого во фракции были выявлены фосфаты тяжелых и легких редких земель, минерал монацита, минерал циркона с примесями радиоактивных элементов, ксенотим, а также торит и редкоземельная цериевая фаза с торием.

#### Литература

1. Алексахин Р.М., Архипов Н.П., Бархударов Р.М., Василенко И.Я., Дричко В.Ф., Иванов Ю.А., Маслов В.И., Маслова К.И., Никифоров В.С., Поликарпов Г.Г., Попова О.Н., Сироткин А.Н., Таскаев А.И., Тестов Б.В., Титаева Н.А., Февралева Л.Т. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы. М.: Наука, 1990. 368 с.
2. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки веществ в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 7–28.
3. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. – М.: Наука, 2006. – 360 с.
4. Почвоведение. Учебное пособие для университетов. В 2 ч./ Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование/Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — М.: Высш. шк., 1988. — 400 с.
5. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
6. Bowen N.J.M. Trace elements in biochemistry. – London; New York: Academic Press, 1966. – 248 p.
7. Eisenbud Merrill. Environmental radioactivity: from natural, industrial and military. – Academic Press, 1997. – 656 с.
8. Luo W., Gu B. Dissolution and mobilization of uranium in a reduced sediment by natural humic substances under anaerobic condition // Environ. Sci. Technol. 2009. V. 43. P. 152–156
9. Sheppard M.J., Beals D.I., Thibault D.H., O'Connor P. Soil nuclide distribution coefficients and their statistical distribution. Pinawa (Manitoba, USA), 1984. 63 p.

### ЛИШАЙНИКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЧИСТОТЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МЕЖДУРЕЧЕНСКА)

А.А. Исупова

*Научный руководитель старший преподаватель А.Р. Ялалтдинова  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Негативное антропогенное воздействие на природную среду, в том числе и на атмосферу Земли, очевидно. Инструментальные методы определения загрязнения атмосферы требуют довольно дорогостоящей аппаратуры, и не всегда экономически оправданы, поскольку порой не дают истинной картины происходящих изменений. В связи с этим, в последнее время все большую значимость приобретает использование организмов-индикаторов, одними из которых и являются лишайники, повсеместно использующиеся в настоящее время в биоиндикации [3, 10].

Лишайники представляют собой комплексный организм, таллом которого состоит из фико- и микобионта [2, 9]. Данные организмы имеют достаточно широкий диапазон устойчивости и тесно связаны с определенными экологическими условиями, которые влияют на жизнедеятельность лишайника. Эффективным методом мониторинга атмосферы выступает лишеноиндикация, способствующая обнаружению поллютантов в слоевищах лишайника, позволяющая выделить территории, подверженные воздействию загрязненной атмосферы, и помогающая распознавать угрозу окружающей среде уже на ранних этапах [4, 5].

В качестве города, в котором проводились лишеноиндикационные исследования, был выбран Междуреченск, находящийся в Кемеровской области, на малой территории которого расположено достаточное большое количество шахт, разрезов, котельных и автодорог, вносящих вклад в загрязнение атмосферы.

Оценка качественного состояния приземного воздуха на территории г. Междуреченска и его окрестностей с помощью методов лишеноиндикации явилась целью настоящей работы. В задачи исследования входило изучение на пробных участках форм, проективного покрытия и жизненного состояния эпифитных лишайников методом пробных площадок (подсчет организмов на исследуемой территории), методом пассивной лишеноиндикации (наблюдение за изменениями относительной численности лишайников в естественных условиях), проективного покрытия (оценка процентного покрытия лишайниками стволов деревьев), а также сравнение полученных