

Тяжелые радионуклиды (U, Th) в почве и растениях юго-западного Прибайкалья

Воронин Виктор Иванович, доктор биологических наук

Швецов С.Г., кандидат биологических наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук»

Экологическое и промышленное значение урана и тория поддерживает интерес к исследованию их содержания и роли в различных экосистемах [1]. В почвах Прибайкалья содержание урана и тория изучено достаточно хорошо [4, 6], однако сведений о содержании этих элементов в растениях получено немного [7].

Объектом исследования были лесные экосистемы юго-западного Прибайкалья, расположенные в меридиональном южном направлении в 20-50 км от города Иркутска. На этом, довольно коротком расстоянии наблюдается заметное изменение подстилающих горных пород: юрские отложения вблизи Иркутска сменяются осадочными породами нижнего кембрия, за которыми следуют гранитоиды протерозойского и архейского возраста. Одновременно, со сменой горных пород, повышается общая высота местности примерно с 500 м до 1000 м [2]. Почвенный покров и растительность закономерно изменяются в связи с этими географическими факторами. Так, преимущественно сосновые леса вблизи Иркутска с расстоянием заменяются лесами с увеличенной долей лиственницы, пихты и кедра [3]. Серые почвы вблизи Иркутска заменяются на дерново-подзолистые, буроземы, подзолистые почвы, подбурья.

Основная цель исследования – определить содержание и особенности распределения урана и тория в растениях и почвах, сформированных на разных почвообразующих породах в условиях лесных экосистем Прибайкалья. Для этого проводилось определение типологической принадлежности почв по морфологическим признакам; определение содержания урана и тория в почве и древесине сосны; сравнительный анализ полученных данных.

В образцах почвы (средняя проба по горизонтам А+В и отдельно – в мелкоземле горизонта С) определяли валовое и подвижное (в 1 М HCl экстракте из почвы) содержание урана и тория. Растительные образцы были представлены древесиной сосны, взятой из стволов на высоте 1,2 м. Прокаленные в муфельной печи образцы почвы и древесины растворяли в азотной кислоте, полученный раствор экстрагировали трибутилфосфатом, экстракт разделяли с помощью ионообменной смолы, затем по радиоактивности определяли массу урана и тория [7]. Повторность – 3-4-кратная. Результаты представлены в таблице в виде средних значений. Относительный доверительный интервал составлял 17-20% при 95,5% уровне вероятности.

Для определения типологической принадлежности почв использовалась классификация почв 2004 года [5]. На исследуемой территории были идентифицированы следующие типы почв: бурозем типичный (БТ), бурозем типичный среднекарбонатный

(БК), подзолистая языковатая бескарбонатная (П), дерново-подбур иллювиально-железистый (ПЖ) дерново-подзолистая типичная (ДП) и дерново-элювиевый (ДГ). Эти почвы сформировались на продуктах выветривания протерозойских гранитоидов (П, ПЖ, ДГ), кембрийских доломитизированных известняков (БК), юрских песчаников (БТ и ДП).

Содержание валового урана в почве различалось в разных типах почв, изменяясь от 5,2 мг/кг в П до 1,1 мг/кг в БК. Содержание урана в почве уменьшалось в ряду П>ПЖ>ДГ> БТ> ДП> БК. Такая зависимость определялась, в целом, содержанием этого элемента в почвообразующей породе – от 4,7 мг/л в П, до 1,3 мг/кг в БК. При этом максимальное значение превышало минимальное в почвенном слое в 4,7 раза, а в почвообразующей породе – в 3,6 раза. Очевидно, что исследуемые почвы заметно различаются по условиям миграции и аккумуляции урана.

Содержание подвижного урана (растворимого в 0,1 н HCl) в почве подчинялось той же закономерности, что и содержание валового урана, изменяясь от 0,156 мг/кг в ПЖ до 0,068 мг/кг в БК. При этом не наблюдалась прямая зависимость между валовым и подвижным ураном, так как содержание урана в подвижной форме была меньше валового содержания в ДК в 16,9 раз, тогда как в ПЖ – в 38,7 раз.

Наибольшее содержание урана (0,210 мг/кг золы) в стволах сосны было связано с ПЖ, а наименьшее (0,082 мг/кг золы) – с БК, следуя за изменением урана в почве и почвообразующей породе. Отношение урана в золе растений к его валовому содержанию в почве U_p/U_v (коэффициент поглощения валового урана – $K_{ув}$) был наибольшим (0,073) на БК, а наименьшим (0,024) – на подзолистой почве. Однако для оценки поглощения урана растениями лучше подходит использование его подвижной формы, как непосредственного источника. При этом отношение содержания урана в золе к его содержанию в подвижной форме (коэффициент поглощения подвижного урана – $K_{пу}$) различалось на разных типах почв. $K_{пу}$ было наибольшим (1,72) для фитоценозов, сформировавшихся на БТ, а наименьшим (0,93) – на подзолистой почве. Можно видеть, что максимальный $K_{ув}$ был больше минимального в 3 раза, а в случае $K_{уп}$ – менее, чем в 2 раза. Эти данные говорят о неодинаковой доступности урана для растений на разных типах почв.

Содержание валового тория в почве было неодинаковым в разных типах почв, оно изменялось от 15,0 мг/кг в подзолистой почве до 2,2 мг/кг в БК. Так же как и содержание урана, содержание тория уменьшалось в ряду П>ПЖ>ДГ> БТ> ДП> БК. Такая зависимость определялась, в целом, содержанием этого элемента в почвообразующей породе – от

17,3 мг/л в П, образованном на продуктах выветривания гранитоидов, до 1,48 мг/кг в БК, сформированной на продуктах выветривания доломитизированных известняков. Можно видеть, что в почве наибольшее значение тория в почве превышало наименьшее в 4,6 раза, а в почвообразующей породе

– в 11,7 раз. Последний показатель для тория существенно выше, чем для урана, что указывает на различия в миграции и аккумуляции как самих элементов в отдельно взятой почве, так и разных типов почв в отношении этих элементов.

Таблица 1. Содержание урана и тория в пробах почвы, почвообразующей породы и древесины сосны, мг/кг

Показатель	Подзолистая языковатая бескарбонатная	Дерново-подбур иллювиально-железистый	Дерново-элювоzem глеевый	Дерново-подзолистая типичная	Бурозем средне-карбонатный	Бурозем типичный
	П	ПЖ	ДГ	ДП	БК	БТ
Валовой уран в почве	5,23	5,14	3,84	1,94	1,13	1,97
Подвижный* уран в почве	0,135	0,156	0,102	0,072	0,068	0,082
Валовой уран в почвообразующей породе	4,70	3,30	3,80	1,82	1,31	1,13
Подвижный* уран в почвообразующей породе	0,136	0,111	0,115	0,068	0,058	0,055
Валовой торий в почве	14,98	14,64	10,68	4,69	2,20	4,95
Подвижный* торий в почве	0,207	0,334	0,213	0,117	0,085	0,097
Валовой торий в почвообразующей породе	17,3	11,8	9,80	4,09	1,48	3,03
Подвижный* торий в почвообразующей породе	0,260	0,230	0,220	0,082	0,091	0,107
Уран в золе деревьев	0,126	0,210	0,120	0,124	0,082	0,124
Торий в золе деревьев	0,261	0,425	0,255	0,245	0,131	0,222

Примечание: * – 1 М НС1 экстракт из почвы (1: 10).

Содержание подвижного тория (растворимого в 0,1 н НС1) подчинялось той же закономерности, что и содержание валового урана, изменяясь от 0,334 мг/кг в ПЖ до 0,085 мг/кг в ДК. При этом доля подвижного тория, по отношению к валовому, была в подзолистой почве в 72,8 раз меньше, а в БК – только в 27,5 раз. Те же показатели для почвообразующих пород были 66,5 в подзолистой почве и 16,3 в БК. Вполне вероятно, что эти различия обусловлены совокупным действием факторов почвообразования.

Содержание тория в стволах сосны было наибольшим на ПЖ (0,425 мг/кг золы) и наименьшим (0,131 мг/кг золы) на ДК, повторяя прямую зависимость от содержания тория в почве и почвообразующей породе. Отношение тория в золе растений к его валовому содержанию в почве (коэффициент поглощения валового тория $K_{\text{ВТ}}$) был наибольшим (0,0701) на буроземе типичном, а наименьшим (0,0174) – на подзолистой почве. Отношение содержания тория в золе растений к его содержанию в подвижной форме ($K_{\text{ПТ}}$) было наибольшим (2,1) на ДП, а наименьшим (1,2) – на ДГ. Можно видеть, что максимальный $K_{\text{ТВ}}$ был больше минимального в

4 раза, а в случае $K_{\text{ТП}}$ – менее, чем в 2 раза. Как и в случае с ураном, эти данные говорят о разной доступности тория для растений на разных типах почв.

Удобным показателем, проявляющим особенности состояния урана и тория в экосистеме, является отношение концентраций урана и тория во взаимодействующих компонентах этих систем. Торий-урановое отношение (Th/U) в почвенном слое исследуемых экосистем изменялся от 3,5 (ДГ) 1,5 (ДК), со средним значением 2,5, а в почвообразующей породе – от 3,7 (П) до 1,1 (ДК), со средним значением 2,7, что отражает небольшое обогащение ураном почвенного слоя, относительно тория. Среднее значение Th/U в кислотной вытяжке из почвы было заметно ниже (1,6), что сопоставимо с таким же показателем в золе растений (1,9).

Таким образом, почвы и растения на исследуемой территории существенно различались по содержанию в них урана и тория, что, в наибольшей степени, определялось содержанием этих элементов в почвообразующих породах. Почвы, сформировавшиеся с участием магматических горных пород, и выросшие на них растения содержали больше урана и тория по сравнению с осадочными породами. Торий-

урановое отношение показало относительное обогащение растений и почвы ураном, по сравнению с торием.

Литература:

- 1.Арбузов С.И., Рихванов Л.П. Геохимия радиоактивных элементов : учебное пособие / Томский политехнический университет. – 3^е изд., исправлен. и дополнен. –Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 304 с.
- 2.Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. – Иркутск, 2004 – 90 с.
- 3.Белов А.В. Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления // Геоботаническое картографирование. – Л., 1973. – С. 16–30.
- 4.Гребенщикова В.И., Грицко П. П., Кузнецов П. В., Дорошков А. А. Уран и торий в почвенном покрове Иркутско-Ангарской промышленной зоны (Прибайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 7. 93–104
- 5.Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И Герасимова – Смоленск: Ойкумена, 2004.- 324 с.
- 6.Кузнецов П.В., Гребенщикова В.И. Распределение урана и тория в некоторых почвах Иркутской области // Материалы III международной конференции “Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека”, Томск, 23 – 27 июня 2009 г. – С. 302– 306.
- 7.Швецов С.Г., Воронин В.И. Распределение урана и тория в почве и растениях Восточной Сибири (Иркутская область) // Журнал СФУ. Биология. – 2017, т. 10 (4). – С.11-25.