546.73:582.28(574.41)

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАВ СОСНОВОГО БОРА СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Сибиркина А. Р.

ФГБОУ ВПО Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия (454001, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129) , e-mail: sibirkina_alfira@mail.ru

Травы оказывают существенное влияние на перераспределение химических элементов в почве, в том числе и бериллия – токсичного элемента. Актуальность темы исследования определяется тем, что на территории Восточного Казахстана, в пределах которого располагается Семипалатинское Прииртышье, имеются источники бериллия естественного и искусственного происхождения. Получены данные о содержании бериллия в воздушно-сухой массе трав соснового бора Семипалатинского Прииртышья. Для представителей семейств лилейные, розоцветные, сложноцветные, злаковые и бобовые выявлены концентрации бериллия близкие к аномальным для растений. Выявлена определенная закономерность в распределении бериллия в различных семействах трав. Установлено, что бериллий для трав в условиях исследуемого региона, является элементом слабого накопления и среднего захвата, роль его в общем круговороте веществ незначительна.

Ключевые слова: бериллий, травы, сосновый бор, Семипалатинское Прииртышье.

PARTICULARITIES OF THE ACCUMULATION BERYLLIUM DIFFERENT TYPE RUBBED OF PINE FORESTS NEAR THE IRTISH RIVER IN SEMEY

Sibirkina A. R.

FSBEIVT Chelyabinskiy state university, Chelyabinsk, Russia (454001, Chelyabinsk, street Br. Kashirinyh, 129) e--mail: sibirkina_alfira@mail.ru

The grass render the essential influence upon redistribution chemical element in ground, including beryllium - a toxic element. Urgency of the subject of the study is defined that that on territory East Kazakhstan, within which is situated the Irtysh River in Semey, there are sources beryllium natural and artificial origin. Given beryllium are received about contents in air-dry mass in the grass of pine forests near the Irtysh River in Semey. *For representatives family Liliaceae Hall., the Rosaceae Juzz., Compositae (Vaill.) Adans., Gramineae Juzz.and Leguminosae Juzz.is revealled concentrations beryllium close to anomalous for plants.* The certain regularity wills reveal in distribution beryllium in different family rubbed. It Is Installed that beryllium for rubbed in condition of the under investigation region, is an element of the weak accumulation and average seizure, role his (its) in general rotation material small.

Keywords: beryllium, grass, pine forests, the Irtysh River in Semey.

Наряду с древесной растительностью на проявление тех или иных почвенных процессов и, соответственно, на перераспределение микроэлементов в почвенной толще, значительное влияние оказывает травянистый покров. Скорость данного процесса зависит не только от уровня химического загрязнения среды (прежде всего почвы) и особенностей накопления химических элементов различными видами, но и от состава сообщества, обилия и массы его компонентов [2]. На территории Восточного Казахстана, в пределах которого располагается Семипалатинское Прииртышье, имеются источники бериллия естественного и искусственного происхождения. Бериллий, по пищевым цепям, начальным звеном которых являются травянистые растения, может попасть в организм человека. Сегодня очень остро стоит проблема оценки функционального состояния лесных фитосистем Семипалатинского Прииртышья с целью определения их экологической емкости и прогноза их способности вы-

держивать антропогенные нагрузки без необратимых нарушений. Все выше изложенное явилось основой для выбора цели настоящего исследования – выявить степень накопления бериллия различными видами травянистых растений соснового бора Семипалатинского Прииртышья.

Отбор проб проводили в летне-осенний период (август – сентябрь) 2007 года на различных участках семипалатинского равнинного и бугристого песчаных лесных районов: в окрестностях г. Семей с углублением в лес на 500–1500 м к западу и северо-западу от города, в Бескарагайском районе (в районах сел Бегень и Сосновка), в Бородулихинском районе.

Всего в исследуемых районах было обнаружено 52 вида травянистых растений из 18 семейств. При отборе, транспортировке, хранении и подготовке растительных проб для анализа были использованы методические указания, инструкции, опубликованные во многих научных работах и утвержденные в стандартах [8]. Латинские названия растений даны по Арыстангалиеву С. А. и др. [1].

В ходе исследования было определено валовое содержание бериллия в почве и его подвижные формы: кислоторастворимая (1н. раствор HCl), обменная (ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8), водорастворимая (бидистиллированная вода). Всего проанализировано 78 почвенных и 417 растительных проб. Содержание бериллия во всех пробах определяли атомно-абсорбционным методом.

Растения избирательно поглощают элементы, а интенсивность поглощения характеризуется отношением количества элемента в золе растений к его количеству в почве или горной породе (или литосфере в целом). Этот предложенный Б. Б. Полыновым показатель А.И. Перельман назвал коэффициентом биологического поглощения Ax : Ax = lx/nx, где lx - содержание элемента (x) в золе растения, nx – в горной породе или почве, на которой произрастает данное растение. Наиболее широко используется Ax – отношение содержания элементов в золе растений к их валовым содержаниям в почвах [6], отражающее потенциальную биогеохимическую подвижность элементов. Элементы с Ax > 1 «накапливаются» живым веществом. Остальные элементы, у которых Ax < 1 лишь «захватываются» [Перельман, 1989].

Для характеристики распределения элементов между живым веществом и окружающей средой были вычислены коэффициенты накопления ($К_{н1}$) [Глазовский, 1987] и ($К_{н2}$) [3]. Коэффициент накопления ($К_{н1}$) – отношение концентрации элемента в воздушно-сухой массе органов растения (мг/кг) к концентрации валовой и подвижных форм соединений элемента в почве (мг/кг). $К_{н1}$ близок к КБП, но поглощение является физиологическим процессом, а накопление – результат как поглощения, так и внутреннего перераспределения химических элементов. Если $К_{н1}$ меньше 1, то превалирует загрязнение растений из почвы, если больше 1, то кроме поступления в растительную продукцию металлов из почвы имеет место загряз-

нение из атмосферы. Коэффициент накопления ($К_{н2}$) выражает отношение содержания элемента в корнях к таковому в почве: $К_{н2} = С_{корни} : С_{почва}$, где $С_{корни}$ – содержание элемента в корнях, $С_{почва}$ – содержание элемента в почве. Коэффициенты накопления были рассчитаны относительно валового содержания кадмия в почвах и его подвижных форм.

Для характеристики процессов перехода бериллия из корней в надземную часть растений рассчитывали коэффициент перехода ($К_п$), равный отношению содержания бериллия в надземной фитомассе к таковому в корнях [3]: $К_п = С_{листья} : С_{корни}$, где $С_{листья}$ – содержание элемента в листьях, $С_{корни}$ – содержание элемента в корнях.

Полученные экспериментальные данные были обработаны вариационно-статистическими методами, которые описаны в руководстве Плохинского Н. А. с помощью программы Microsoft Excel [9].

Отдельные виды групп растений обнаруживают разную способность к накоплению тяжелых металлов. При этом экологические условия среды определяют уровень содержания элементов, т.е. фитогеохимический фон, а природа вида обусловливает колебания в накоплении химических веществ растениями [5]. Данные о среднем содержании тяжелых металлов в растительных объектах у разных авторов значительно различаются [Алексеев, 1987; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. Исследования показали, что по всем пунктам отбора превышений средних концентраций бериллия, относительно фоновых его значений для растений равных 0,1–0,3 мг/кг сухой массы (Панин, 2000) не обнаружено, однако были зафиксированы аномальные концентрации для растений по верхним границам его содержания. Содержание бериллия ниже фона было зафиксировано в травах семейства Заразиховые, представители которого, являясь растениями-паразитами, растут чужеядно, на корнях других растений, с которыми срастаются вздутыми основаниями своих стеблей, что, несомненно, отражается на их химическом составе [Цвелёв, Терёхин, 1981]. Максимально высокие концентрации бериллия (Be=1,458) обнаружены в травах, произрастающих в сосновом бору в окрестностях с. Сосновка Бескарагайского района, что может быть следствием того, что сосновые леса Бескарагайского района в конце 1990–х начале 2000 годов подвергались воздействию мощных пожаров, вносящих коренные изменения в лесные экосистемы [7]. Повышенные средние концентрации бериллия были зафиксированы в травах соснового бора в Бородулихинском районе (0,229±0,01, при размахе концентраций 0,015-0,694), находящемся в непосредственной близости к городу Усть-Каменогорску, в котором в 12. 09. 1990 г. произошел крупный выброс бериллия в атмосферу. Превышение ПДК достигало 60...890 раз, при значениях ПДК для воздуха в пересчёте на бериллий 0,001 мг/м³ [10].

Установленные пределы накопления бериллия изученными семействами трав позволили ранжировать их в убывающем порядке, мг/кг сухого вещества: розоцветные (0,321) >

лилейные (0,245) > осоковые (0,171) > лютиковые (0,151) > тутовые (0,136) ≥ бобовые (0,135) ≥ норичниковые (0,133) > мареновые (0,130) > подорожниковые (0,124) ≥ хвощевые (0,123) > ворсянковые (0,120) > сложноцветные (0,114) > злаковые (0,109) > зонтичные (0,087) > крестоцветные (0,063) > гвоздичные (0,056) > маревые (0,050) > заразиховые (0,049). Адаптация к высоким концентрациям элементов приводит к появлению видов концентраторов (и сверхконцентраторов) отдельных элементов [Ловкова, Рабинович, Пономарева, 1989]. Концентрации бериллия близкие к аномальным для растений (выше 0,300 мг/кг) выявлены для представителей семейств лилейные (0,530), розоцветные (0,526), сложноцветные (0,378), злаковые (0,325) и бобовые (0,322).

Растения суши способны к повышенному накоплению отдельных элементов в определенных органах и тканях. Содержание ТМ в растениях определяется биологическими особенностями и наличием в них функциональных барьеров на границах корень – стебель, стебель – лист, стебель – репродуктивные органы [Кабата–Пендиас, Пендиас, 1989]. В работах многих авторов [3, 4] указывается, что концентрации ТМ в надземных органах, как правило, меньше, чем в корнях тех же видов. Предполагается, что поступающие в корни элементы могут прочно фиксироваться, не переходя полностью в надземную часть. При проникновении ТМ в корни растений происходит их хелатирование и, как следствие, уменьшение подвижности [Антонов–Каратаев, Цурюпа, 1961; Кауричев, 1965]. Исследователями установлено, что к акропетальному накоплению бериллия склонны травы из семейств: осоковые, злаковые, лилейные, лютиковые, розоцветные, бобовые, сложноцветные, мареновые, норичниковые, тутовые, подорожниковые. А травы из семейств: маревые, гвоздичные, крестоцветные, зонтичные, хвощевые, наоборот, в большей степени аккумулируют бериллий в своих надземных частях.

Установлено, что валовое содержание бериллия в боровых песках составляет 1,84±0,11 при размахе варьирования 0,62-2,40 мг/кг, а по отношению кислоторастворимой его формы к валовому содержанию изученные пески относятся к категории фоновых почв ($Be_{кислотораств./валовое}$ = 0,5 %). Полученные результаты позволяют предположить, что растения способны активнее поглощать бериллий не из почвы, а из атмосферного воздуха. Рассчитанные коэффициенты накопления $К_{н1}$ и $К_{н2}$, изменяющиеся от 0,07–0,09 относительно валового содержания бериллия, и до 1,8–32,2 – по подвижным его формам доказывают, что даже в условиях незагрязненных почв травянистые растения накапливают бериллий в высоких концентрациях. Основное поглощение элемента идет за счет подвижных, более доступных для растений форм, о чем свидетельствует коэффициент перераспределения ($К_п$=0,6). По показателю КБП (0,8) бериллий, согласно рядам биологического поглощения, разработанным А. И. Пере-

льманом [Перельман, 1989], является элементом слабого накопления, среднего захвата и, очевидно, не играет существенной роли в общем круговороте веществ в лесной экосистеме.

ВЫВОДЫ

1. Среднее содержание бериллия в исследованных травянистых растениях соснового бора находится в пределах фона, однако в травах семейств: лилейные, розоцветные, сложноцветные, злаковые и бобовые зафиксированы аномальные для растений концентрации бериллия по верхним пределам его содержания.

2. Травы соснового бора, произрастающие на боровых песках, относящихся к категории фоновых почв, способны накапливать бериллий в высоких концентрациях. Поглощение элемента из почвы идет за счет подвижных его форм, а также из атмосферного воздуха.

3. Согласно рядам биологического поглощения бериллий является элементом слабого накопления и среднего захвата и не играет существенной роли в общем круговороте веществ в лесной экосистеме.

Список литературы

1. Арыстангалиев С. А., Рамазанов Е.Р. Растения Казахстана. – Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1977. – 288 с.

2. Безель В. С., Жуйкова Т. В. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности // Экология. – 2007. – № 4. – С. 259–267.

3. Безель В. С., Жуйкова Т. В., Позолотина В. Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. – 1998. – № 5. – С. 376–382.

4. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонтов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. – Екатеринбург: УГКФ «Наука», 1994. – 280 с.

5. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. – Новосибирск: Наука, 1985. –129 с.

6. Ильин В. Б., Степанова М. Д. ТМ в окружающей среде. – М.: Изд-во. МГУ, 1986. – С. 80–85.

7. Куценогий К. П., Чанкина О. В. и др. Постпирогенные изменения элементного состава лесных горючих материалов и почв в сосновых лесах Средней Сибири // Сиб. экол. журн. – 2003. – № 6. – С. 735–742.

8. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометиоиздат, 1981. – 108 с.

9. Плохинский Н. А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. университет, 1975. – 367 с.

10. Ульбинский металлургический завод.
http://www.kazatomprom.kz/ru/pages/ulbinskij_metallurgicheskij_zavod

Рецензенты

Гетманец И. А., д.б.н., зав. кафедрой общей экологии Челябинского государственного университета, г. Челябинск.

Лихачев С. Ф., д.б.н., профессор, декан факультета экологии Челябинского государственного университета, г. Челябинск.