

УДК 631.41
AGRIS P33

<http://doi.org/10.5281/zenodo.2256865>

СТРОНЦИЙ В ПЕДОСФЕРЕ ПОД ЧЕРНЕВЫМИ ЛЕСАМИ РУССКОГО АЛТАЯ

©Салтыков А. В., SPIN-код: 6387-8980, ORCID: 0000-0003-1515-3061,
Институт водных и экологических проблем СО РАН,
г. Барнаул, Россия, saltykovav@yandex.ru

STRONTIUM IN THE PEDOSPHERE UNDER FIR FOREST OF THE RUSSIAN ALTAI

©Saltykov A., SPIN-code: 6387-8980, ORCID: 0000-0003-1515-3061,
Institute for water and environmental problems SB RAS,
Barnaul, Russia, saltykovav@yandex.ru

Аннотация. Педосфера под черневыми лесами Русского Алтая является уникальным объектом для изучения миграции атомов стронция, т.к. ее развитие происходит в относительно кислых гумидных условиях и в ней отсутствуют карбонаты и почти нет сульфатов. Все эти факторы способствуют мобилизации атомов исследуемого элемента. Кроме того, педогенез на однородных бурых бескарбонатных глинах и суглинках дает возможность изучить влияние процесса оподзоливания на распределение атомов стронция в педосфере. Экспедиционные маршруты проводимые с 2000 по 2011 гг. охватывали бассейны рр. Бия (Лебедь, Тондошка, Пыжа и Иогач), Катунь (Майма, Иша), Алей (Восточный Алей), Чарыш (Белая). Аналитические работы проводили в лаборатории биогеохимии Института водных и экологических проблем СО РАН. Общее содержание гумусовых соединений в мелкоземке определяли по методу Тюрина в модификации Никитина, гранулометрического состава — пипеточным методом по Качинскому, актуальной кислотности — потенциометрическим методом, ионный состав водорастворимых солей — титриметрическим методом, емкости поглощения — по методу Бобко–Аскинази в модификации Грабарова с окончанием по Айдиняну. Определение валового содержания стронция в образцах мелкоземки проводилось в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН количественным плазменно–спектральным методом. В результате выяснилось, что в процессе педогенеза под черневыми лесами Русского Алтая на этапе оподзоливания происходит слабое выщелачивание атомов стронция из бурых бескарбонатных глин и суглинков, которые быстро поглощаются корневыми системами растений и закрепляются в составе гумусовых веществ в верхней части профиля педосферы.

Abstract. The pedosphere under the blackened forests of the Russian Altai is a unique object for studying the migration of strontium atoms, since its development occurs in relatively acidic humid conditions and there are no carbonates and almost no sulfates. All these factors contribute to the mobilization of atoms of the element under study. In addition, pedogenesis on homogeneous brown carbon-free clay and loam makes it possible to study the effect of podzolization on the distribution of strontium atoms in the pedosphere. Expedition routes conducted from 2000 to 2011 covered the basins of the Biya (Lebed, Tondoshka, Pyzha and Iogach), Katun (Maima, Isha), Alei (East Alei), Charysh (Belaya) rivers. Analytical work was carried out in the laboratory of biogeochemistry of the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of

the Russian Academy of Sciences. The total content of humic compounds in the fine earth was determined by the Tyurin method in Nikitin's modification, the particle size distribution by the Kachinskii pipetting method, the current acidity by the potentiometric method, the ionic composition of water-soluble salts by the titrimetric method, the absorption capacity by the Bobko-Askinazi method in the Grabarov variant with the end Aydinyan. The determination of the total strontium content in samples of fine earth was carried out at the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences by a quantitative plasma spectral method. As a result, it became clear that in the process of pedogenesis under the blackened forests of the Russian Altai, at the podzolization stage, there is a weak leaching of strontium atoms from brown carbon-free clays and loams, which are quickly absorbed by the root systems of plants and fixed as part of humus substances in the upper part of the pedosphere profile.

Ключевые слова: стронций, педосфера, черневые леса, этапы педогенеза, Русский Алтай.

Keywords: strontium, pedosphere, fir forest, pedogenesis stage, Russian Altai.

Введение

К настоящему времени накоплен большой объем данных по содержанию стронция в педосфере разных регионов [1], но такой интерес связан в основном с его радиоактивным изотопом ^{90}Sr . Тем не менее стабильный стронций принадлежит к третьему классу токсичности (1), не имеет установленного значения ПДК для педосферы [2] и в условиях недостатка кальция и витамина D может вызывать у детей поражение и деформацию суставов, задержку роста и другие нарушения [3].

Особый интерес миграция атомов стронция вызывает в кислых гумидных ландшафтах, в которых и происходит развитие педосферы под черневыми лесами. В этих условиях, они становятся более мобильными и могут с латеральным стоком перемещаться в речную сеть. Кроме того, единственным источником поступления минерального вещества в педосферу, а вместе с ним и атомов стронция, являются бурые бескарбонатные глины и суглинки. Это дает возможность изучить влияние педогенеза под черневыми лесами на миграцию этих атомов, который происходит в два периодически сменяющих друг друга этапа — подзолистый и гумусово-аккумулятивный [4].

Миграция атомов стронция в педосфере под черневыми лесами Русского Алтая зависит не только от внешних условий окружающей среды, но и от свойств его атомов (радиус иона, электроотрицательность, заряд иона и др.) [5]. Ионы с меньшим радиусом чем у Sr^{2+} (112 пм) будут более интенсивно встраиваться в кристаллическую решетку минералов, чем рассматриваемый ион, и наоборот. Обмен в кристаллической решетке атомов стронция на другой химический элемент, и наоборот, возможен только при сходстве их электроотрицательности (0,95 по шкале Полинга). Отношение заряда иона стронция к его радиусу (ионный потенциал) равен 1,80, следовательно, его водная миграция в педосфере происходит в виде иона Sr^{2+} .

Материал и методы исследования

Объектом исследования является педосфера под черневыми лесами Русского Алтая во время подзолистого и гумусово-аккумулятивного этапов педогенеза, а также в переходный период между ними.

Во время гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза в профиле педосферы можно выделить два горизонта — гумусовый и текстурный. Гумусовый горизонт имеет обычно от буровато–серой до темно–серой окраску, комковатую структуру, легкосуглинистый гранулометрический состав и относительно рыхлое сложение. Его мощность может достигать 60 см. Текстурный горизонт отличается бурой или желто–бурой окраской, комковато–ореховатой, ореховатой структурой, средне– или тяжелосуглинистым гранулометрическим составом и плотным сложением. Также он богат гумусовыми, железистыми и глинистыми пленками и затеками по граням почвенных агрегатов.

В течение подзолистого этапа педогенеза между гумусовым и текстурным горизонтом происходит формирование элювиального горизонта, имеющего более светлую белесую окраску, за счет отмытых зерен кварца и полевых шпатов, непрочно пластинчатую структуру, легкосуглинистый гранулометрический состав и рыхлое сложение. Гумусовый горизонт приобретает более бурые оттенки и становится менее мощным. Текстурный горизонт, наоборот, становится более мощным (до 2 м) и с ярко выраженной ореховатой структурой.

Мелкозем в педосфере под черневыми лесами характеризуется высоким содержанием гумусовых соединений, даже во время подзолистого этапа педогенеза, когда их количество в гумусовом горизонте достигает почти 7%. Впрочем, с глубиной этот показатель интенсивно снижается, особенно в элювиальном горизонте во время подзолистого этапа педогенеза (на 73%) и на границе гумусового и текстурного горизонтов во время гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза (на 52%).

Педосфера под черневыми лесами наследует от бурых бескарбонатных суглинков и глин суглинистый гранулометрический состав, в котором с глубиной, не зависимо на каком этапе происходит в настоящее время педогенез, наблюдается увеличение содержания фракций физической глины на 36%. В результате в текстурном горизонте во время подзолистого этапа удельная масса тонкодисперсных частиц может даже превышать их содержание в почвообразующей породе (на 8%), что указывает на процесс лессивирования. Среди фракций гранулометрического состава в мелкозем, не зависимо на каком этапе развития находится педосфера, преобладают крупные пылеватые частицы, содержание которых с глубиной снижается: во время подзолистого этапа — с 44% до 30%, а во время гумусово–аккумулятивного — с 35% до 26%.

Под действием обильных атмосферных осадков в педосфере под черневыми лесами происходит интенсивное вымывание водорастворимых солей, на что указывает их очень низкое содержание в мелкозем: от $0,023 \pm 0,010$ (в верхней части текстурного горизонта во время гумусово–аккумулятивного этапа) до $0,088 \pm 0,002$ (в гумусовом горизонте во время переходного периода) %. При этом не зависимо от того, на каком этапе развития находится педосфера в данный момент, всегда наблюдается относительно повышенное содержание водорастворимых солей в гумусовом горизонте. Это связано с более интенсивным образованием здесь свободных ионов, в результате минерализации постоянно поступающих органических веществ и корневых выделений.

Кислотно–щелочные условия в педосфере под черневыми лесами отличаются относительным постоянством. Тем не менее, можно отметить небольшое увеличение значений рН с глубиной на всех этапах ее развития, что указывает на растительное происхождение актуальной кислотности. Особенно это заметно во время подзолистого этапа, когда вследствие увеличения кислого растительного опада происходит небольшой скачок актуальной кислотности до рН 5,2 в элювиальном горизонте.

Емкость поглощения зависит от содержания гумусовых соединений и тонкодисперсных частиц, в состав которых входят минералы монтмориллонитовой группы, поэтому в профиле педосферы в течение всего педогенеза наблюдается два максимума ее значений — в гумусовом горизонте, где происходит накопление первых, и в иллювиальном, где отмечается высокое содержание вторых. Максимальных значений емкость поглощения достигает в текстурном горизонте во время гумусово–аккумулятивного этапа (до 33,7 мг–экв/100 г), а наименьших — в элювиальном горизонте во время подзолистого этапа (13,9 мг–экв/100 г).

Полевые исследования педосферы под черневыми лесами Русского Алтая проводились в течение 10 лет (2000–2011 гг.). Экспедиционные маршруты охватывали бассейны рр. Бия (Лебедь, Тондошка, Пыжа и Иогач), Катунь (Майма, Иша), Алей (Восточный Алей), Чарыш (Белая). Почвенные разрезы закладывали на наиболее представительных участках черневых лесов с типичными для данной местности растительностью (пихтовые, осиново–пихтовые, березово–пихтовые, осиново–березово–пихтовые и осиновые высокотравные леса), рельефом (элювиальные, транзитные и аккумулятивные участки склонов) и почвообразующими породами (бурые бескарбонатные глины и суглинки).

Пробы мелкозема отбирали из срединной части каждого генетического горизонта для определения основных его свойств (содержание гумусовых соединений, гранулометрический состав, актуальная кислотность, емкость поглощения и др.). Далее отобранные образцы высушивали до воздушно–сухого состояния и подготавливали для аналитических работ.

Аналитические работы проводили в лаборатории биогеохимии Института водных и экологических проблем СО РАН. Общее содержание гумусовых соединений в мелкоземе определяли по методу Тюрина в модификации Никитина, гранулометрического состава — пипеточным методом по Качинскому, актуальной кислотности — потенциметрическим методом, ионный состав водорастворимых солей — титриметрическим методом, емкости поглощения — по методу Бобко–Аскинази в модификации Грабарова с окончанием по Айдиняну. Определение валового содержания стронция в образцах мелкозема проводилось в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН количественным плазменно–спектральным методом.

Результаты и обсуждение

Удельная масса стронция в педосфере под черневыми лесами изменяется в узких пределах (Таблица 1). Наименьшая ее величина наблюдается на границе гумусового и текстурного горизонтов во время гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза — 140 ± 44 мг/кг, а наибольшая (219 ± 35 мг/кг) — в гумусовом горизонте в переходный период между подзолистым и гумусово–аккумулятивными этапами. Эти значения почти в 2 раза ниже, чем в земной коре — 340 мг/кг (Алексеенко, 2000) и педосфере в целом — 300 мг/кг (Алексеенко, 2000), что связано в первую очередь с относительно низким содержанием рассматриваемого элемента в бурых бескарбонатных глинах и суглинках (131–193 мг/кг).

Таблица 1.

УДЕЛЬНАЯ МАССА СТРОНЦИЯ (МГ/КГ) В МЕЛКОЗЕМЕ ПЕДОСФЕРЫ
 НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ РАЗВИТИЯ

<i>Подзолистый этап</i>		<i>Переходный период</i>		<i>Гумусово–аккумулятивный этап</i>	
А	210 ±53	А	219 ±35	А	166 ±79
АЕ	184 ±44	АЕ	210 ±35	АВ	140 ±44
Е	184 ±35	ЕВ	193 ±26	В1	158 ±53
ЕВ	166 ±44	В1	193 ±26	В2	175 ±70
В1	166 ±53	В2	202 ±26	В3	184 ±79
В2	166 ±44	В3	193 ±26	ВС	166 ±70
В3	158 ±79	ВС	193 ±26		
ВС	131 ±53				

Основным источником атомов стронция в педосфере под черневыми лесами Русского Алтая являются бурые бескарбонатные глины и суглинки, которые во время гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза не подвергаются существенному разрушению. В результате их внутрипрофильное распределение остается равномерным (Таблица 2), лишь в верхней части профиля наблюдается незначительное снижение численности этих атомов, связанное с интенсивным накоплением гумусовых веществ и вследствие этого относительное «разбавление» ими первичных минералов.

Таблица 2.

ЧИСЛЕННОСТЬ АТОМОВ СТРОНЦИЯ (МОЛЬ/КГ) В МЕЛКОЗЕМЕ ПЕДОСФЕРЫ
 НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ РАЗВИТИЯ

<i>Подзолистый этап</i>		<i>Переходный период</i>		<i>Гумусово–аккумулятивный этап</i>	
А	2,4 ±0,6	А	2,5 ±0,4	А	1,9 ±0,9
АЕ	2,1 ±0,5	АЕ	2,4 ±0,4	АВ	1,6 ±0,5
Е	2,1 ±0,4	ЕВ	2,2 ±0,3	В1	1,8 ±0,6
ЕВ	1,9 ±0,5	В1	2,2 ±0,3	В2	2,0 ±0,8
В1	1,9 ±0,6	В2	2,3 ±0,3	В3	2,1 ±0,9
В2	1,9 ±0,5	В3	2,2 ±0,3	ВС	1,9 ±0,8
В3	1,8 ±0,9	ВС	2,2 ±0,3		
ВС	1,5 ±0,6				

В переходный период между гумусово–аккумулятивным и подзолистым этапами педогенеза появляются первые признаки оподзоливания, а следовательно, происходит слабое разрушение первичных минералов и высвобождение атомов стронция в виде ионов Sr^{2+} . Незначительная их часть мигрирует с ионами HCO_3^- и Cl^- в составе водного раствора вниз по профилю, закрепляясь в средней части текстурного горизонта (В2), а основная же часть — поглощается корнями растений совместно с ионами Ca^{2+} и впоследствии накапливается в составе гумусового вещества в верхней части профиля (А и АЕ).

В течение подзолистого этапа педогенеза интенсивность разрушения первичных минералов достигает максимальных значений, что также приводит к увеличению в почвенном растворе доступных для растений ионов Sr^{2+} , что в свою очередь находит отражение в еще большем повышении численности атомов стронция в гумусовом горизонте по сравнению с переходным периодом (Таблица 3).

Таблица 3.
 БАЛАНС ЧИСЛЕННОСТИ АТОМОВ СТРОНЦИЯ (МОЛЬ/КГ) В МЕЛКОЗЕМЕ ПЕДОСФЕРЫ
 НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ РАЗВИТИЯ

<i>Подзолистый этап</i>		<i>Переходный период</i>		<i>Гумусово–аккумулятивный этап</i>	
A	+0,9	A	+0,3	A	0,0
AE	+0,6	AE	+0,2	AB	-0,3
E	+0,6	EB	+0,1	B1	-0,1
EB	+0,4	B1	0,0	B2	+0,1
B1	+0,4	B2	+0,1	B3	+0,2
B2	+0,3	B3	+0,1	BC	0,0
B3	+0,3	BC	0,0		
BC	0,0				

Заключение

Таким образом, в процессе педогенеза под черневыми лесами Русского Алтая на этапе оподзоливания происходит слабое выщелачивание атомов стронция из бурых бескарбонатных глин и суглинков в виде ионов Sr^{2+} , основная часть которых в последствие поглощается совместно с ионами Ca^{2+} корневыми системами растений и закрепляется в составе гумусовых веществ в верхней части профиля педосферы. В течение гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза численность его атомов восстанавливается до первоначальных значений.

Источники:

(1). ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения»

Sources:

(1). GOST 17.4.1.02-83 «Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Klassifikatsiya khimicheskikh veshchestv dlya kontrolya zagryazneniya»

Список литературы:

1. Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Юзмухаметов Д. Н., Лаврищев А. В. Миграционная способность стабильного стронция в дерново-подзолистых почвах северо-запада России (по данным модельных экспериментов) // Почвоведение. 2008. №5. С. 568-575.
2. Медведев И. Ф., Деревягин С. С., Панасов М. Н., Ефимова В. И. Эколого-ландшафтные закономерности распределения валового стронция (Sr) в системе почва-вода-растение // Аграрный научный журнал. 2015. №3. С. 14-18.
3. Абдурахманов Г. М., Зайцев И. В. Экологические особенности содержания микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 2004. 280 с.
4. Салтыков А. В. Бериллий и кобальт в педосфере под черневыми лесами Русского Алтая // Бюллетень науки и практики. 2017. №2 (15). С. 170-175.
5. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.

References:

1. Litvinovich, A. V., Pavlova, O. Yu., Yuzmukhametov, D. N., & Lavrishchev, A. V. (2008). The migration capacity of stable strontium in soddy-podzolic soils of the Russian Northwest (data of simulation experiments). *Eurasian Soil Science*, 41(5). 502-508.
2. Medvedev, I. Ph., Derevyagin, S. S., Panasov, M. N., & Ephimova, V. I. (2015). Ecological and landscape regularities of distribution of gross strontium (Sr) in the system the soil - the water - the plant. *The Agrarian Scientific Journal*, (3). 14-18.
3. Abdurakhmanov, G. M., & Zaitsev, I. V. (2004). *Ekologicheskie osobennosti sodержaniya mikroelementov v organizme zhivotnykh i cheloveka*. Moscow, Nauka. 280.
4. Saltykov, A. (2017). Beryllium and cobalt in the pedosphere under fir forest of the Russian Altai. *Bulletin of Science and Practice*, (2), 170-175.
5. Alekseenko, V. A. (2000). *Ekologicheskaya geokhimiya*. Moscow, Logos. 627.

*Работа поступила
в редакцию 18.11.2018 г.*

*Принята к публикации
21.11.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Салтыков А. В. Стронций в педосфере под черневыми лесами Русского Алтая // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №12. С. 208-214. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/12-60> (дата обращения 15.12.2018).

Cite as (APA):

Saltykov, A. (2018). Strontium in the pedosphere under fir forest of the Russian Altai. *Bulletin of Science and Practice*, 4(12), 208-214. (in Russian).