

УДК 631.41

**БЕРИЛЛИЙ И КОБАЛЬТ В ПЕДОСФЕРЕ ПОД ЧЕРНЕВЫМИ ЛЕСАМИ
РУССКОГО АЛТАЯ**

**BERYLLIUM AND COBALT IN THE PEDOSHERE UNDER FIR FOREST
OF THE RUSSIAN ALTAI**

©Салтыков А. В.

*Институт водных и экологических проблем СО РАН
г. Барнаул, Россия, saltykovav@yandex.ru*

©Saltykov A.

*Institute for water and environmental problems SB RAS
Barnaul, Russia, saltykovav@yandex.ru*

Аннотация. В статье дается сравнительный анализ внутрисочвенной миграции бериллия и кобальта на разных этапах педогенеза (подзолистого и гумусово-аккумулятивного) под черневыми лесами Русского Алтая. Определение общего содержания гумусовых соединений в мелкоземле проводили в лаборатории биогеохимии Института водных и экологических проблем СО РАН по методу Тюрина (ГОСТ 23740-79) в модификации Никитина, гранулометрического состава — пипеточным методом по Качинскому (ГОСТ 12536-79), актуальной кислотности — потенциметрическим методом (ГОСТ 26483-85), емкости поглощения — по методу Бобко-Аскинази в модификации Грабарова с окончанием по Айдиняну, удельной массы бериллия и кобальта — количественным плазменно-спектральным методом в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН. Выяснилось, что миграция их атомов имеет много общих черт и отличается лишь степенью иммобилизации в текстурном горизонте, которая для атомов кобальта выше, чем для атомов бериллия независимо от этапа педогенеза. Кроме того, для атомов кобальта наблюдается увеличение их численности в гумусовом горизонте во время гумусово-аккумулятивного этапа, что не характерно для атомов бериллия.

Abstract. The article gives a comparative analysis of subsurface migration of beryllium and cobalt at different stages of development pedosphere (podzol and humus-accumulating stages) under fir forest of the Russian Altai. Determination of total content of humic compounds in fine-grained deposits were performed at the laboratory of biogeochemistry, Institute for water and environmental problems SB RAS according to the method of Tyurin (GOST 23740-79) in modification of Nikitin, particle size distribution — pipette method Kaczynski (GOST 12536-79), actual acidity — potentiometric method (GOST 26483-85), capacity acquisition according to the method of Bobko-Askinazi modification Gruberova with the end of Aydinian, the specific gravity of beryllium and cobalt — quantitative plasma spectral method in the Institute of soil science and Agrochemistry SB RAS. It turned out that the migration of atoms has many features in common and differ only in the degree of immobilization in a textural horizon that for cobalt atoms is higher than for beryllium atoms regardless of the stage of development pedosphere. In addition, for cobalt

atoms is observed to increase their numbers in the humus horizon during humus-accumulating stages of development, which is not typical for atoms of beryllium.

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

Keywords: beryllium, cobalt, pedosphere, fir forest, pedogenesis stage, Russian Altai.

Развитие педосферы под черневыми лесами Русского Алтая происходит в относительно мягких гидротермических условиях [1], которое не прерывали плейстоценовые оледенения, что в свою очередь привело к образованию мощного почвенного профиля (более 2 м) с хорошо выраженными и очень растянутыми в глубину горизонтами. Очень плотный тяжелосуглинистый текстурный горизонт она наследует от бурых бескарбонатных глин, которые отличаются относительно однородным гранулометрическим и минералогическим составом [2].

Наиболее существенным фактором, влияющим на поведение атомов химических элементов в педосфере под черневыми лесами, является периодическая смена растительных ассоциаций. Это явление происходит вследствие пожаров, лесозаготовок и массового распространения вредителей пихты сибирской, что приводит к смене хвойного древостоя на мелколиственный. Со временем пихта сибирская постепенно восстанавливается и цикл замыкается. В результате данных преобразований в педосфере выделяются два этапа ее развития, постоянно сменяющих друг друга — подзолистый и гумусово-аккумулятивный.

Подзолистый этап развития педосферы связан с застойно-промывным водным режимом, который формируется под густым пологом пихтового древостоя с незначительной примесью других хвойных и мелколиственных пород, где за счет очень плотного текстурного горизонта создается водоупор для обильных атмосферных осадков. В этих условиях образующиеся органические кислоты вызывают элювиирование железа, марганца и алюминия, при этом минеральные зерна освобождаются от гидроокисных и оксидных железистых оболочек. Поскольку сцепление отмытых зерен кварца и полевых шпатов исчезает, то они беспрепятственно мигрируют по трещинам и крупным порам, механически осаждаюсь на поверхности текстурного горизонта [3]. Большое количество мигрирующих органических кислот, в том числе фульвокислот, способствует деструкции минералов субстратных пород, окислы железа приводят к образованию прочной ореховатой структуры, а илестые частицы, заполняя поры, — к уплотнению текстурного горизонта. Кроме того, аккумуляция всех вышеперечисленных веществ провоцирует синтез новых глинистых минералов.

Во время подзолистого этапа педогенеза четко прослеживается образование подзолистого горизонта мощностью от 26 до 66 см в средней части профиля, который выделяется более светлой белесоватой окраской, комковатой или комковато-плитчатой структурой и более рыхлым сложением. В отличие от него гумусовый горизонт, мощностью до 40 см, имеет обычно от бурой с сероватым оттенком до серой с бурым оттенком окраску и более прочную комковатую или творожисто-комковатую структуру. Текстурный горизонт характеризуется ярко бурой или желто-бурой окраской, очень прочной комковато-ореховатой, ореховатой или призматической структурой и большой плотностью по сравнению с другими почвенными горизонтами. Также он богат гумусовыми, железистыми и глинистыми пленками и затеками по граням почвенных агрегатов. Мощность горизонта может достигать огромных размеров (более 2 м). Мелкозем в педосфере характеризуется относительно высоким содержанием гумусовых соединений и физической глины, а вследствие этого и значительной емкостью поглощения (Таблица 1). Почвенный раствор в порах почвенных агрегатов имеет низкую минерализацию, кислую (гумусовый и элювиальный горизонты) и нейтральную (текстурный горизонт) реакцию среды.

Гумусово–аккумулятивный этап педогенеза начинается при исчезновении древостоя из хвойных пород по вышеуказанным причинам, главным образом пихты сибирской, которое провоцирует бурный рост относительно однородного высокотравья, а следом и мелколиственных пород деревьев (тополя дрожащего и березы повислой). Это, в свою очередь, приводит к образованию огромной фитомассы, которая при отмирании очень быстро разлагается [4; 5], обогащая гумусовый горизонт большим количеством органических соединений.

Морфология педосферы во время гумусово–аккумулятивного этапа развития отличается отсутствием признаков оподзоливания в виде отмытых зерен кварца и полевых шпатов, при этом гумусовый горизонт становится более мощным (до 60 см), более темным от серого до почти черного, с прочной комковатой или зернисто–комковатой структурой и относительно рыхлым сложением. В мелкоземе этого горизонта увеличивается содержание гумусовых соединений, а удельная масса физической глины и емкость поглощения остаются на прежнем уровне. Что касается текстурного горизонта, то его морфологические признаки и основные свойства мелкозема в нем существенно не меняются.

Таблица 1.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕМА ВО ВРЕМЯ ПОДЗОЛИСТОГО И ГУМУСОВО–АККУМУЛЯТИВНОГО ЭТАПОВ ПЕДОГЕНЕЗА

Горизонт	Содержание гумусовых соединений, мг/кг	pH	Содержание физической глины, мг/кг	Содержание водорастворимых солей, мг/кг	Емкость поглощения, моль/кг
Подзолистый этап (n = 9)					
A	76000 ±41000	5,5 ±0,3	388000 ±34000	550 ±150	229 ±43
AE	39000 ±20000	5,4 ±0,2	410000 ±32000	367 ±156	195 ±43
E	20000 ±12000	5,2 ±0,4	429000 ±30000	571 ±127	139 ±57
EB	9000 ±4000	5,5 ±0,3	502000 ±46000	250 ±175	214 ±39
B1	7000 ±3000	5,6 ±0,2	507000 ±92000	400 ±200	276 ±62
B2	6000 ±3000	5,9 ±0,2	530000 ±93000	460 ±288	283 ±40
B3	4000 ±2000	6,4 ±0,4	611000 ±19000	575 ±275	270 ±59
BC	3000 ±1000	7,2 ±0,8	561000 ±41000	440 ±272	296 ±63
Гумусово–аккумулятивный этап (n = 39)					
A	85000 ±32000	5,5 ±0,3	361000 ±99000	540 ±190	264 ±86
AB	33000 ±15000	5,5 ±0,2	476000 ±99000	257 ±94	205 ±83
B1	12000 ±6000	5,5 ±0,3	492000 ±102000	363 ±253	209 ±65
B2	7000 ±3000	5,7 ±0,2	511000 ±108000	583 ±161	241 ±81
B3	5000 ±2000	6,0 ±0,2	516000 ±111000	667 ±44	305 ±79
BC	5000 ±3000	6,1 ±0,4	501000 ±140000	460 ±144	295 ±86

Таким образом, смена этапов педогенеза под черневыми лесами заметно влияет только на верхнюю часть профиля, что возможно связано с более интенсивной динамикой сукцессий по сравнению со скоростью формирования основных свойств мелкозема.

Педосфера под черневыми лесами отличается более низкой удельной массой бериллия (в 2–3 раза) и более высокой удельной массой кобальта (в 2 раза) по сравнению с педосферой в целом на Земле. При этом среднее содержание атомов обоих элементов в мелкоземе почти одинаково (Таблица 2).

Внутрипрофильное распределение атомов бериллия и кобальта во время подзолистого этапа педогенеза имеет много общих черт. Постепенно они мигрируют из мелкозема в верхней части профиля, особенно на границе гумусового и элювиального горизонтов (на 0,11 и 0,10 моль/кг соответственно). Слабовыраженное (в пределах ошибки) биологическое

их поглощение несколько противодействует этому процессу, но недостаточно для восстановления численности атомов этих элементов до первоначального уровня. В результате в мелкозем гумусового горизонта содержание атомов бериллия и кобальта увеличивается на 0,04 и 0,03 моль/кг соответственно, но их баланс по-прежнему остается отрицательным (коэффициент распределения равен 0,75 и 0,79 соответственно). Также увеличение численности атомов рассматриваемых элементов наблюдается в текстурном горизонте, особенно в мелкозем его нижней части (на 0,14 и 0,19 моль/кг соответственно), при этом наблюдается полное восстановление численности атомов до первоначального уровня характерного для почвообразующей породы (коэффициент распределения равен 1,09 и 1,26 соответственно).

На протяжении гумусово-аккумулятивного этапа педогенеза наиболее низкое содержание бериллия и кобальта наблюдается в верхней части профиля, что возможно является остаточным признаком от предыдущего этапа. Тем не менее, за счет более интенсивного биологического поглощения в гумусовом горизонте численность атомов кобальта увеличивается на 0,11 моль/кг, но не восстанавливается до первоначального уровня (коэффициент распределения равен 0,83 соответственно). У бериллия такого явления не наблюдается. В текстурном горизонте, особенно в нижней его части, происходит накопление атомов бериллия — на 0,03 моль/кг и кобальта — на 0,06 моль/кг по сравнению с почвообразующей породой.

Таблица 2.

ВНУТРИПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРИЛЛИЯ И КОБАЛЬТА ВО ВРЕМЯ ПОДЗОЛИСТОГО И ГУМУСОВО-АККУМУЛЯТИВНОГО ЭТАПОВ ПЕДОГЕНЕЗА

Горизонт	Бериллий			Кобальт			Be/Co
	Удельная масса, мг/кг	Численность атомов, моль/кг	Коэффициент распределения	Удельная масса, мг/кг	Численность атомов, моль/кг	Коэффициент распределения	
Подзолистый этап (n = 9)							
А	2,1 ±0,3	0,24 ±0,03	0,75	16,3 ±5,0	0,28 ±0,08	0,79	0,86
АЕ	1,8 ±0,4	0,20 ±0,05	0,65	14,9 ±5,1	0,25 ±0,09	0,72	0,80
Е	2,1 ±0,5	0,23 ±0,05	0,75	19,8 ±6,6	0,34 ±0,11	0,95	0,68
ЕВ	2,1 ±0,4	0,23 ±0,04	0,74	18,8 ±9,6	0,32 ±0,16	0,91	0,72
В1	2,6 ±0,4	0,29 ±0,05	0,93	22,7 ±7,7	0,39 ±0,13	1,10	0,74
В2	2,4 ±0,4	0,26 ±0,05	0,85	21,2 ±7,6	0,36 ±0,13	1,02	0,72
В3	3,1 ±0,4	0,34 ±0,04	1,09	26,1 ±3,1	0,44 ±0,05	1,26	0,77
ВС	2,8 ±0,6	0,31 ±0,06	1,00	20,7 ±7,2	0,35 ±0,12	1,00	0,89
Гумусово-аккумулятивный этап (n = 39)							
А	1,8 ±0,6	0,20 ±0,06	0,72	18,7 ±6,5	0,32 ±0,11	0,83	0,63
АВ	2,0 ±0,3	0,23 ±0,03	0,80	12,3 ±2,6	0,21 ±0,04	0,55	1,10
В1	2,1 ±0,5	0,23 ±0,06	0,82	20,8 ±7,6	0,35 ±0,13	0,92	0,66
В2	2,2 ±0,5	0,25 ±0,06	0,88	21,6 ±6,5	0,37 ±0,11	0,96	0,68
В3	2,8 ±0,6	0,31 ±0,07	1,09	25,7 ±4,8	0,44 ±0,08	1,14	0,70
ВС	2,5 ±0,8	0,28 ±0,09	1,00	22,5 ±6,7	0,38 ±0,11	1,00	0,74

Таким образом, по мере перехода педосферы из подзолистого этапа развития в гумусово-аккумулятивный, характер миграции атомов бериллия и кобальта существенно не меняется. Различия касаются только интенсивности их мобилизации и иммобилизации. Для атомов бериллия наблюдается постепенное затухание их перемещения из мелкозема в верхней части профиля (коэффициент распределения увеличивается с 0,65 до 0,72) в нижнюю, при неизменной интенсивности накопления в мелкозем текстурного горизонта

(коэффициент распределения на обоих этапах развития 1,09). Последнее вызывает увеличение миграции атомов бериллия в составе латерального стока. Более низкий коэффициент распределения (0,55) атомов кобальта на границе гумусового и текстурного горизонтов во время гумусово–аккумулятивного этапа педогенеза является остаточным признаком от предыдущего этапа, при этом их закрепление в мелкозему текстурного горизонта также снижается (коэффициент распределения уменьшается с 1,26 до 1,14).

Поскольку миграция атомов бериллия и кобальта почти одинакова, то изменение их соотношения колеблется незначительно: во время подзолистого этапа педогенеза — от 0,68 до 0,89 и гумусово–аккумулятивного — от 0,63 до 1,10. Это, в свою очередь, указывает на сходные механизмы миграции этих элементов.

Подводя итог, можно сделать вывод, что развитие педосферы под черневыми лесами Русского Алтая проходит в два этапа — подзолистый и гумусово–аккумулятивный, которые циклично сменяют друг друга. В результате во время первого происходит обеднение мелкозема гумусового горизонта от гумусовых соединений и появление отмытых зерен кварца и полевых шпатов под действием кислотного гидролиза минералов вплоть до образования хорошо выраженного элювиального горизонта; во время второго, наоборот, наблюдается увеличение гумусовых соединений в мелкозему гумусового горизонта и исчезновение продуктов оподзоливания в средней части профиля. При этом в его нижней части (текстурный горизонт) основные свойства мелкозема существенно не меняются.

Такие изменения в педосфере естественным образом сказываются и на миграции бериллия и кобальта. Во время подзолистого этапа наблюдается обеднение верхней части профиля от атомов бериллия и кобальта, которое несколько замедляется в гумусовом горизонте за счет слабо выраженного (в пределах ошибки) их биологического поглощения. С наступлением гумусово–аккумулятивного этапа, а, следовательно, и с увеличением биологического поглощения, численность атомов кобальта в этом горизонте возрастает. В текстурном горизонте независимо от того на каком этапе развития находится педосфера происходит аккумуляция как атомов бериллия, так и атомов кобальта, за счет их сорбции глинистыми минералами и гумусово–железо–марганцевыми новообразованиями.

Список литературы:

1. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. М.: Лесная промышленность, 1964. 164 с.
2. Мальгин М. А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае. Новосибирск: Наука, 1978. 272 с.
3. Зайдельман Ф. Р. Подзоло– и глееобразование. М.: Наука, 1974. 204 с.
4. Корсунов В. М. Генетические особенности глубокооподзоленных почв черневой тайги Салаира и некоторые элементы современного почвообразования в них // Лесные почвы горного окаймления юго–востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 133–197.
5. Салтыков А. В. Биогеохимия текстурно–дифференцированных почв Алтае–Саянской горной страны // Ползуновский вестник. 2004. №2. С. 198–204.

References:

1. Falaleev E. N. Pikhtovie lesa Sibiri i ih kompleksnoe ispolzovanie. Moscow, Lesnaya promishlennost, 1964, 164 p.
2. Malgin M. A. Biogeokhimiya mikroelementov v Gornom Altae. Novosibirsk, Nauka, 1978. 272 p.
3. Zaidelman F. P. Podzolo– i gleeobrazovanie. Moscow, Nauka, 1974, 204 p.

4. Korsunov V. M. Geneticheskie osobennosti glubokoopodzolennyh pochv chernevoy taigi Salaira i nekotorie elementy sovremennogo pochvoobrazovaniya v nich. Lesnye pochvy gornogo okaymieniya yugo–vostoka Zapadnoy Sibiri. Novosibirsk, Nauka, 1974, pp. 133–197.

5. Saltykov A. V. Biogeokhimiya teksturno–differencirovannyh pochv Altae–Sayanskoй gornoy strany. Polzunovskiy vestnik, 2004, no. 2, pp. 198–204.

*Работа поступила
в редакцию 12.01.2017 г.*

*Принята к публикации
16.01.2017 г.*

Ссылка для цитирования:

Салтыков А. В. Бериллий и кобальт в педосфере под черневыми лесами Русского Алтая // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №2 (15). С. 170–175. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/saltykov> (дата обращения 15.02.2017).

Cite as (APA):

Saltykov, A. (2017). Beryllium and cobalt in the pedoshere under fir forest of the Russian Altai. *Bulletin of Science and Practice*, (2), 170–175. Available at: <http://www.bulletennauki.com/saltykov>, accessed 15.02.2017. (In Russian).