

УДК 631.41, 504.5, 550.42

## ЭКОЛОГИЯ, СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОРНО-ТУНДРОВЫХ ПОЧВ ПЛОСКОГОРЬЯ УКОК (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ АЛТАЙ)

А.В. Пузанов, С.В. Бабошкина, С.Н. Балыкин, Т.А. Рождественская  
Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: puzanov@iwep.ru

*Представлены результаты исследования физико-химических свойств и химического состава горно-тундровых почв высокогорного плоскогорья Укок. Показано, что горно-тундровые дерновые почвы кобрезиевых растительных сообществ отличаются более высоким содержанием водорастворимых солей, тогда как горно-тундровые торфянистые почвы кустарниковых тундр заметно более кислые и характеризуются повышенным содержанием органического углерода. Содержание химических элементов в почвах плоскогорья не превышает кларков в почвах и, в целом, соответствует уровню их содержания в высокогорных почвах Алтая. Концентрации большинства элементов в горно-тундровых почвах увеличиваются с глубиной, но в их торфянистых подтипах под ерником обнаружена биогенная аккумуляция Mn.*

*Ключевые слова:* плоскогорье Укок, горно-тундровые почвы, свойства почв, тяжелые металлы.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15516

Дата поступления 6.12.2019

В системе физико-географического районирования гор Южной Сибири плоскогорье Укок входит в состав Юго-Восточной провинции Алтайской горной области [1-3]. Абсолютная высота в среднем составляет 2200-2800 м. Плоскогорье представляет собой древнюю поверхность выравнивания с формами ледниковой, водно-ледниковой и аллювиальной аккумуляции [2, 4-5]. Останцово-сопочный рельеф плоскогорья осложнен Бертекской и Тархатинской внутригорными впадинами. Территория исследования сложена преимущественно кембрийскими и ордовикскими метаморфизованными песчаниками и хлорит-серицитовыми сланцами, а также филлитами, алевролитами и известняками. Большие площади на плоскогорье Укок занимают гранитоиды. Отложения четвертичного периода плоскогорья представлены ледниковыми, водно-ледниковыми, склоновыми, аллювиальными, озерно-аллювиальными, ледниково-озерными и болотными осадками

[5]. Реки плоскогорья принадлежат бассейну р. Аргут, главному притоку р. Катунь. Речная и озерная сеть густая, встречаются болота. Район исследования характеризуется резко континентальным климатом; отмечаются значительные суточные колебания температуры воздуха и почвы. Типичны летние снегопады. Среднегодовая температура составляет  $-8,3^{\circ}\text{C}$ , средняя многолетняя температура января (1960-1982)  $-27^{\circ}\text{C}$ , июля  $+9,4^{\circ}\text{C}$  (по данным метеостанции в с. Бертек, работавшей до 1982 г.) [6]). Период с отрицательными температурами длится 8-9 месяцев [1, 6]. Количество годовых осадков невелико: 200 [6] – 320 мм [1, 6], но на горных склонах северной экспозиции оно возрастает до 1400 мм [7]. Здесь очень высока продолжительность солнечного сияния – около 2800 час. в течение года, что является важным фактором развития почв [7]. Плоскогорье Укок относится к районам распространения островной многолетней и длительно-сезонной мерзло-

ты [1]. Целью настоящего исследования было изучение свойств и химического состава тундровых почв плоскогорья Укок, а также их эколого-биогеохимическая оценка.

В соответствии с [1], почвенный покров плоскогорья представлен в основном горно-луговыми альпийскими, горно-тундровыми дерновыми и горно-тундровыми торфянистыми почвами, а также горными лугово-степными каштановидными и каштановыми почвами. Горно-тундровые дерновые почвы развиваются под широко распространёнными здесь травянистыми кобрезиевыми, иногда каменистыми, тундрами. Эдификаторы этих формаций *Kobresia bellardi* и *Kobresia schoenoides* в сочетании с осоками, злаками, а также лишайниками и мхами, дают плотный и густой покров и хорошую задернованность почв. Мелкоземистые, обычно тонкосупесчаные, как правило, бесструктурные почвы хорошо дренированы, водопроницаемы и воздухоёмки, насыщены различными щепнистыми включениями, на нижней поверхности которых наблюдаются карбонатные корочки. В профиле горно-тундровых высокогорных почв в летние месяцы содержится мало влаги, что способствует их хорошему прогреванию, развитию аэробных процессов, а в зимнее время образуется «сухая мерзлота» [7]. Мощность дернового горизонта составляет 5-10 см, общая глубина почвенного профиля – не более 50 см. Под травянистыми тундровыми формациями, в растительном покрове которых преобладает *Drias oxydonta* в сочетании с дерновинными злаками и осоками развиваются горно-тундровые щепнистые почвы.

Как правило, более увлажненные склоны северной и северо-восточной экспозиции заняты кустарниковой тундрой, основу которой представляет ерник – береза круглолистная (*Betula rotundifolia*), образующая почти сплошные заросли. Под кустарниковыми тундрами чаще всего развиваются горно-тунд-

ровые торфянистые почвы – хорошо дренируемые, с многочисленными каменистыми включениями в рыхлом мелкоземе. Верхний аккумулятивный горизонт их оторфован, он темно-бурого цвета, рыхлый. Залегающий под ним АВ горизонт, как правило, заметно плотнее, слабо оструктурен.

Почвенные разрезы закладывали в системе ландшафтно-геохимических профилей. Описание и опробование почв выполнено по генетическим горизонтам. Физико-химические, физические и химические свойства почв (гранулометрический состав, содержание гумуса,  $pH_{\text{водн.}}$ ) и солевой состав водной вытяжки определены общепринятыми методами [8, 9]. Содержание металлов в почвах определяли методом приближенно-количественного эмиссионного спектрального анализа в Институте геологии и минералогии СО РАН. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами [10].

Сравнивая общие свойства различных подтипов горно-тундровых почв плоскогорья Укок, можно отметить, что горно-тундровые дерновые почвы разнотравно-кобрезиевых ассоциаций отличаются заметно более высокими значениями  $pH$ , содержанием водорастворимых солей и емкостью катионного обмена (особенно в случае развития на карбонатной морене), чем горно-тундровые торфянистые почвы кустарниковых тундр. В свою очередь, горно-тундровые торфянистые почвы заметно более кислые, характеризуются большим содержанием тонкодисперсных фракций в мелкоземе и большим содержанием органического вещества в верхних горизонтах (табл.).

Высокогорные почвы плоскогорья Укок, развивающиеся на северных более увлажненных склонах, в большей степени подвержены выветриванию по причине накопления в них слабо разложившегося органического вещества и кислых органических соединений, по сравнению с почвами южных склонов,

геохимическая эволюция которых менее интенсивна [11]. Так, в исследуемых нами горно-тундровых торфянистых почвах на северных склонах величины соотношений (K+Ca)/Ti минимальны (в среднем,  $8,6 \pm 1,9$ ,  $C_v = 43\%$ ), что свидетельствует, очевидно, о более интенсивных процессах выветривания, чем в горно-тундровых дерновых почвах более сухих южных склонов, в которых соотношение (K+Ca)/Ti немного выше (в среднем,  $9,7 \pm 1,7$ ,  $C_v = 63\%$ ).

**Выводы**

1. Горно-тундровые почвы плоскогорья Укок характеризуются слабокислой реакцией почвенного раствора, супесчаным – легкосуглинистым грану-

лометрическим составом, низкой емкостью катионного обмена и содержанием водорастворимых солей.

2. Концентрации большинства химических элементов в горно-тундровых почвах плоскогорья Укок не превышают их кларки в почвах и, в целом, соответствуют уровню их содержания в высокогорных почвах Алтая.

3. Профильное распределение металлов, как правило, регрессивно, концентрации большинства элементов увеличиваются с глубиной. Отмечена биогенная аккумуляция Mn в горно-тундровых торфянистых почвах под ерниковыми растительными сообществами.

Таблица

Свойства горно-тундровых почв плоскогорья Укок

Показатели	Сумма водорастворимых солей, мг/кг	pH водный	Содержание частиц <0,01 мм, %	C <sub>орг</sub> (верхние горизонты)	ЕКО*, мг-экв/100 г почвы
<i>Горно-тундровые дерновые почвы под кобрезиевыми сообществами, n = 47</i>					
M±m	450 ±20	6,2 ±0,1	29,8 ±1,9	12,4 ±1,4	31,7 ±3,9
Lim	190 – 870	4,6 – 8,2	8,6 – 63,1	5,9 – 22,3	0,9 – 163,8
V, %	36	14	44	42	87
<i>Горно-тундровые торфянистые почвы под ерниками n = 16</i>					
M±m	380 ±25	5,6 ±0,2	36,7 ±2,6	15,2 ±4,1	28,7 ±3,4
Lim	110 – 565	5,0 – 7,3	23,4 – 55,2	6,6 – 22,7	10,1 – 62,2
V, %	28	12	28	54	47

Примечание: M – среднее содержание; m – ошибка среднего; n – число проб; Lim – пределы колебаний; V – коэффициент вариации; \* – емкость катионного обмена.

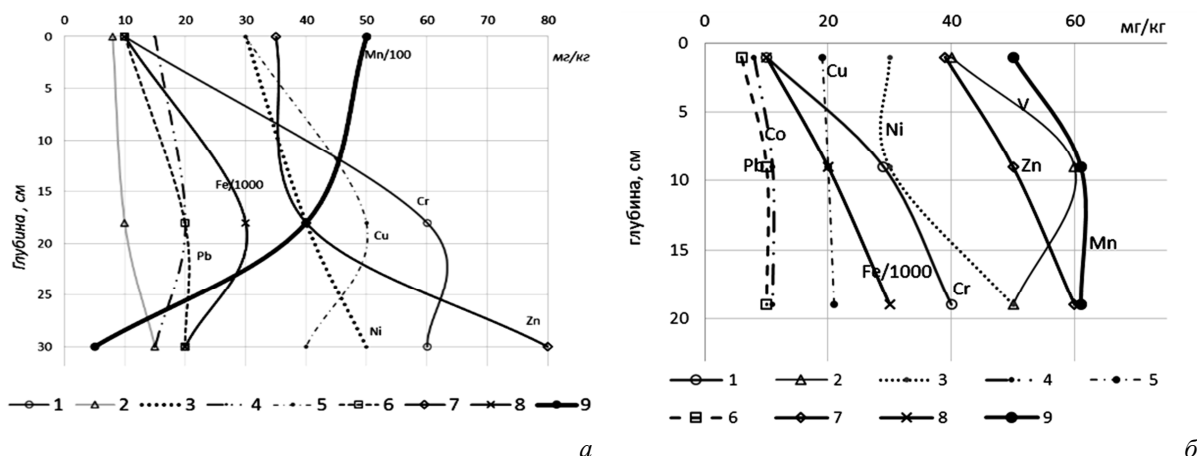


Рис. Профильное распределение металлов в различных подтипах тундровых почв плоскогорья Укок:

а – в горно-тундровых торфянистых почвах под ерником; б – в горно-тундровых дерновых почвах под кобрезиевыми растительными сообществами на элювиальных отложениях; 1 – Cr, 2 – V, 3 – Ni, 4 – Co, 5 – Cu, 6 – Pb, 7 – Zn, 8 – Fe/1000, 9 – Mn/10 (Mn/100 – для а).

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0383-2019-0005).*

*Список литературы*

1. Почвы Горно-Алтайской автономной области. – Новосибирск: Наука, 1973. – 352 с.
2. Самойлова Г.С. Экологическая специфика каскадных систем плоскогорья Укок // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4. – С. 72-75.
3. Черных Д.В., Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Республика Алтай и Алтайский край) Карта М-б 1 : 500 000. – Новосибирск: Новосибирская картографическая фабрика, 2011.
4. Кудряшова С.Я., Дитц Л.Ю., Чичулин А.В., Чумбаев А.С., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н. Эколого-географические аспекты выделения типов комплексов почв на плоскогорье Укок с использованием дистанционных исследований // Сиб. экол. журн. – 2012. – № 5. – С. 703-710.
5. Рудой А.Н., Лысенкова З.В., Рудский В.В., Шишин М.Ю. Укок (прошлое, настоящее, будущее). – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2000. – 172 с.
6. Харламова Н.Ф. Климатические особенности плоскогорья Укок и прилегающих территорий // Изв. Алтайского ун-та. – 2004. – № 3. – С. 71-77.
7. Спирина В.З., Раудина Т.В. Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая // Вестн. Томского ун-та. Сер. Биология. – 2015. – № 2 (30). – С. 6-19.
8. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
10. Лакин Б.Ф. Биометрия. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
11. Egli M., Lessovaia S.N., Chistyakov K., Inozemzev S., Polekhovsky Yu., Ganyushkin D. Microclimate affects soil chemical and mineralogical properties of cold alpine soils of the Altai Mountains (Russia) // J. of Soils and Sediments. – 2015. – V. 15. – Is. 6. – P. 1420-1436.

*References*

1. Pochvy Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – 352 s.
2. Samoylova G.S. Ekologicheskaya spetsifika kaskadnykh sistem ploskogorya Ukok // Polzunovsky vestnik. – 2005. – № 4. – S. 72-75.
3. Chernykh D.V., Samoylova G.S. Landshafty Altaya (Respublika Altay i Altaysky kray) Karta M-b 1 : 500 000. – Novosibirsk: Novosibirskaya kartograficheskaya fabrika, 2011.
4. Kudryashova S.Ya., Ditts L.Yu., Chichulin A.V., Chumbayev A.S., Miller G.F., Bezborodova A.N. Ekologo-geograficheskiye aspekty vydeleniya tipov kompleksov pochv na ploskogorye Ukok s ispolzovaniyem distantsionnykh issledovany // Sib. ekol. zhurn. – 2012. – № 5. – S. 703-710.
5. Rudoy A.N., Lysenkova Z.V., Rudsky V.V., Shishin M.Yu. Ukok (proshloye, nastoyashcheye, budushcheye). – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2000. – 172 s.
6. Kharlamova N.F. Klimaticheskiye osobennosti ploskogorya Ukok i prilegayushchikh territory // Izv. Altayskogo un-ta. – 2004. – № 3. – S. 71-77.
7. Spirina V.Z., Raudina T.V. Osobennosti pochvoobrazovaniya i prostranstvennogo rasprostraneniya pochv vysokogornnykh sklonov Yugo-Vostochnogo Altaya // Vestn. Tomskogo un-ta. Ser. Biologiya. – 2015. – № 2 (30). – S. 6-19.
8. Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1975. – 656 s.
9. Arinushkina Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 487 s.
10. Lakin B.F. Biometriya. – M.: Vyssh. shkola, 1980. – 293 s.

11. Egli M., Lessovaia S.N., Chistyakov K., Inozemzev S., Polekhovsky Yu., Ganyushkin D. Microclimate affects soil chemical and mineralogical properties of cold alpine soils of the Altai Mountains (Russia) // J. of Soils and Sediments. – 2015. – V. 15. – Is. 6. – P. 1420-1436.

ECOLOGY, PROPERTIES, AND CHEMICAL COMPOSITION  
OF MOUNTAIN-TUNDRA SOILS OF THE UKOK PLATEAU  
(SOUTH-EAST ALTAI)

A.V. Puzanov, S.V. Baboshkina, S.N. Balykin, T.A. Rozhdestvenskaya  
*Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Barnaul, E-mail: puzanov@iwep.ru*

*The results of a study of the physicochemical properties and chemical composition of mountain-tundra soils of the Ukok plateau are presented. It was shown that mountain-tundra peat soils of cobresia plant communities are characterized by a higher content of water-soluble salts, while mountain-tundra peaty soils of shrub tundra are noticeably more acidic and are characterized by a high content of organic carbon. The content of chemical elements in the soils of the plateau does not exceed Clarke in the soils and, in general, corresponds to the level of their content in the high altitude soils of Altai. The content of most elements in soils increases with depth, but biogenic accumulation of Mn was found in their peaty subtypes under dwarf birches.*

*Key words:* Ukok plateau, mountain-tundra soils, soil properties, heavy metals.

*Received December 6, 2019*