

## ГЕТЕРОНОМНЫЕ ПОЧВЫ СТЕПНЫХ ИЗОЛЯТОВ ЗАУРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ)

Изолированные степные территории Средней Сибири, находящиеся в ядрах межгорных котловин, – экосистемы очень специфичные, в связи с чем, почвы, формирующиеся в условиях дополнительного поступления вещества со склонов окружающих их гор, могут отличаться по своим базовым свойствам от типовых аналогов европейской части России. Объектами изучения в данной работе послужили почвы гетерономных позиций, развитые в сопряжении с зональными автономными. Состав почв изучаемой территории весьма разнообразен, разнородность составляющих и их генезиса обеспечивает наличие сложнейших механизмов высвобождения элементов из пород в результате выветривания, а также перемещения в результате миграционных процессов, сопровождающихся последующей трансформацией и (или) аккумуляцией их в почвенном профиле. В статье кратко рассмотрены условия почвообразования островной Ширинской степи. С помощью полуколичественного эмиссионного спектрального анализа, выполненного в аккредитованной лаборатории геоэкоцентра ГПП «Березовгеология» г. Новосибирска, определена часть валового элементного состава почв, на базе чего произведена оценка геохимического сопряжения гетерономных и автономных почв с помощью одноименного коэффициента. Представлены данные статистической обработки среднего и модального содержания микроэлементов в почвах элювиальных, трансэлювиальных и супераквальных ландшафтов. Рассмотрены возможные варианты латеральной миграции элементов с  $Kr > 1$  и особенности их поведения в изучаемых объектах, функционирующих в аридных условиях.

**Ключевые слова:** почвы степей, гетерономные почвы, почвы подчиненных позиций, микроэлементы, Средняя Сибирь, Хакасия, Ширинская степь.

Уникальность изолированных степных массивов Зауралья неоднократно упоминается в трудах многочисленных исследователей [5], [8] и др. Особые условия формирования (в ядрах межгорных котловин) отражаются в свойствах почвенных объектов, придавая им определенную специфику.

В условиях достаточно расчлененного рельефа почвы подчиненных позиций занимают значительные площади и являются конечными пунктами геохимической миграции веществ, в связи с чем, их изучение помогает наиболее полно раскрыть особенности почвенного покрова в целом.

Исследования проводились в рамках научно-исследовательских экспедиций НИ ТГУ. Объектами изучения послужили почвы, сформированные в пределах островной Ширинской степи. Содержание представленных элементов в горизонтах почв определено в аккредитованной лаборатории Геоэкоцентра ГПП «Березовгеология», г. Новосибирск на спектрографе ДФС-8.

Ширинская степь находится в центре Чулымо-Енисейской впадины, являющейся орографическим структурным элементом Минусинского межгорного прогиба. Административно она принадлежит республике Хакасия.

Морфологически территория представляет собой субравнину с сочетанием структурных останцово-денудационных форм и слововсхолмленных мелкобугристых равнин. Вертикальное расчленение рельефа изменяется от 200–250 до 400 м. Из-за наличия значительного количества озер широко развиты процессы, приводящие к формированию особых форм рельефа: береговых валов, озерных котловин, террас. Озерные ванны подвержены циклическим колебаниям усыхания-наполнения, вызывая, соответственно, изменения формирования прибрежных почв. Климат умеренно континентальный, засушливый со среднегодовым количеством осадков по станции Ширы – около 327 мм. [6]. Почвообразующие породы представлены разнообразными отложениями девона, часто засоленными, местами гипсоносными [8], что отражается на составе как твердой, так и жидкой фаз почв. В широких долинообразных понижениях и вокруг озер широко развиты такие процессы как заболачивание, солифлюкция, дефлюкция, интенсивная дефляция, обвальное осыпные процессы [5]. Приуроченность почв к подчиненным позициям в рельефе способствует аккумуляции в профилях привнесенных веществ, как физико-химического, так и меха-

нического характера. Увлажнение этих объектов осуществляется с окружающих склонов (подточное), а также имеет почвенно-грунтовое и временное поверхностное происхождение. В профилях часто наблюдается чередование горизонтов различного гранулометрического состава и наличие погребенных масс, что связано с приносом материала извне. Как правило, они засолены, но глубина засоления, его характер и количество солей варьируются. Зональным типом катены является ряд: неполноразвитые степные почвы возвышенностей – черноземы обыкновенные и южные – полугидроморфные и гидроморфные почвы понижений (луговые, лугово-болотные, аллювиальные, солончаки).

Сопряжение почвенных тел подчиненных и автономных ландшафтов обуславливает наличие миграционных потоков от природных систем, направленных от более высоких гипсометрических позиций к относительно низким. Эффект геохимического сопряжения оценивается одноименным коэффициентом ( $K_r$ ), который представляет собой отношение концентрации элемента в гумусовом горизонте почв геохимически подчиненного ландшафта, к его

концентрации в органическом горизонте почв автономных позиций [3]. Для почв изучаемой территории рассчитаны статистические параметры содержания ряда элементов (среднее и модальное), на базе чего выведен  $K_r$  (табл. 1).

Согласно полученным данным, накопление на участках с низкими высотными отметками, относительно повышенных элементов рельефа характерно для ряда элементов  $Sr > Ag > Sn > Be (> Ga > Mo)$  (для средних значений) или  $Ag > Sr > Sn > Be (> Mo > Ga)$  (для модальных значений).

Из обозначенных элементов наибольшими датами коэффициента водной миграции ( $K_v$ ) обладают серебро и стронций, хотя, при этом, исследователи отмечают, что перемещение элементов с высокими значениями  $K_v$  происходит, как правило, преимущественно, не в растворенном состоянии, а, к примеру, в виде взвесей [3]. Учитывая аридный климат территории, необходимо принимать, что миграция веществ на изучаемой территории, в связи с обозначенными особенностями почвообразования, осуществляется в большей степени благодаря другим процессам, например, проявляющимся эоловому,

Таблица 1. Оценка эффекта геохимического сопряжения почв ( $K_r$ ), Ширинская степь

Элементы	Автономные почвы (выборка 31 обр.)		Гетерономные почвы (выборка 49 обр.)		$K_r$	
	Статистические параметры					
	M1,	$X_{cp.1}$ ,	M2,	$X_{cp.2}$ ,	$K_r$ модал.	$K_r$ средн.
	мг/кг					
P	766,21	761,29	760,88	738,78	0,99	0,97
Ti	5470,43	5451,61	4672,98	4571,43	0,85	0,84
Mn	692,40	680,65	575,52	569,39	0,83	0,84
Ba	650,50	638,71	551,96	544,90	0,85	0,85
Sr	557,62	554,84	906,43	867,35	1,63	1,56
V	168,15	164,84	120,48	120,61	0,72	0,73
Ni	48,03	46,77	32,04	31,31	0,67	0,67
Co	13,44	13,03	11,25	10,76	0,84	0,83
Zr	228,44	220,65	147,02	142,04	0,64	0,64
Nb	16,36	15,68	13,25	12,71	0,81	0,81
Li	66,20	65,16	46,29	44,90	0,70	0,69
Y	34,24	34,84	28,88	28,88	0,84	0,83
Ga	14,09	14,06	14,12	14,36	1,00	1,02
Cu	37,81	36,45	27,89	28,73	0,74	0,79
Pb	14,07	13,48	12,58	12,55	0,89	0,93
Zn	49,62	50,32	46,10	47,35	0,93	0,94
Be	2,33	2,33	2,50	2,56	1,07	1,10
Sc	17,00	16,61	13,45	13,10	0,79	0,79
Sn	3,44	3,52	3,98	3,98	1,16	1,13
Ag	0,02	0,03	0,04	0,04	2,00	1,33
Mo	2,93	2,84	2,97	2,88	1,01	1,01

или экзогенным факторам, упомянутым ранее. Аккумуляция развееваемого материала, впрочем, в Ширинской степи происходит маломощная, основная его часть выносится за пределы Минусинского межгорного прогиба. Механизм отложения гранулометрических фракций связан с наличием на пути ветра препятствий, что вынуждает его оставлять часть переносимых частиц, выпадающих у подножия крутых склонов, при этом, воздушные массы влияют на перераспределение мелкозема на разных экспозициях возвышенностей [5]. Немалое транспортное значение имеют склоновые процессы, характеризующиеся ясной сезонной и многолетней ритмичностью и частым чередованием, и приводящие к формированию различных по генезису погребенных горизонтов, смещению масс внутри почвенного профиля почв нижней части и подножий склонов, формированию почв на двучленах. К примеру, в вертикальном распределении микроэлементов по почвенному профилю геохимическая дифференцированность отмечена для неполноразвитых степных почв подножий кустов, развивающихся на контакте сероцветных и красноцветных отложений девона.

Акцентируя внимание на отдельных элементах можно отметить что стронций, как элемент галогеохимических ассоциаций, характерен для ландшафтов засоленных территорий [9]. Этот весьма подвижный элемент в почвах сухих степей накапливается в условиях испарительного концентрирования, при определенных условиях может задерживаться почвенными коллоидами и фиксироваться в кристаллических решетках устойчивых минералов [2]. В целом, для территории исследуемой степи характерно значительное содержание Sr, что может быть связано с специфическими особенностями среднепалеозойского седиментогенеза [1].

Такой элемент как серебро легко высвобождается при выветривании, осаждается в щелочных восстановительных средах, и в средах, богатых сульфатами и хлоридами, образуя с ними комплексные анионы  $\text{AgCl}^{2-}$ ,  $\text{Ag}(\text{SO})_4^{3-}$  и др., присутствующие в почвенном растворе, поэтому почвы засоленных территорий обогащены серебром [10].

В целом, для изучаемой степи характерен обычный уровень содержания Ag (0,02–0,04

мг/кг), составляющий по данным А. Кабата-Пендиас 0,03–0,09 мг/кг [4].

О присутствии в почвах олова сведений немного. Растворимая его фракция по поведению близка к железу и алюминию и остается в продуктах выветривания вместе с гидроксидами этих элементов. Некоторые авторы указывают на способность олова к образованию как растворимых, так и нерастворимых комплексов с органическими соединениями, в связи с чем, в биогенных почвах (торфе) его может находиться до 300 мг/кг [4]. В изучаемых образцах диапазон концентраций составляет 0,0–6,0 мг/кг (при обычном диапазоне 1–11 мг/кг [4]), с максимумом в горизонтах почв, сформированных либо в понижениях, либо под воздействием интенсивного антропогенного влияния. Это дает возможность предположить некоторое поступление Sn в природные ландшафты в связи с деятельностью человека, использующего территории вокруг озер как рекреационные.

Такой элемент как бериллий может связываться с органическим веществом, накапливаясь в органогенных горизонтах, что характерно, в нашем случае для почв плакоров. В почвах понижений картина представлена более разнообразно для различных горизонтов почв, что связано, видимо с их полигенетичностью.

Для накопления Mo в продуктах выветривания и почвах необходима восстановительная слабощелочная обстановка. Большая часть его в зоне гипергенеза переходит в подвижное состояние и выносится грунтовыми водами. В аридном климате этот процесс происходит в несколько раз более интенсивно, чем в гумидном. В гидрокарбонатных водах почвенного разреза со сменой сверху вниз окислительной обстановки на глеевую, что характерно для гидроморфных почв степей, подвижные формы молибдена сменяются нерастворимыми [2]. по некоторым данным молибден может активно сорбироваться гумусовыми веществами, что характерно для множества микроэлементов [7]. В пределах изучаемой территории содержание молибдена относительно невысокое – около 3 мг/кг, для сравнения: в черноземах заповедника «Аркаим» Челябинской области его значения достигают 4–8 мг/кг почвы [7]. и молибден и галлий, согласно полученным статистическим данным, практически не накапливаются

в гетерономных почвах. В этом случае необходимо помнить, что автономное положение почв рассматриваемых степей весьма условно, в связи с их нахождением в гетерономных позициях по отношению к почвам в целом Чулымо-Енисейской котловины и Минусинской впади-

ны. В связи с этим, процессы, формирующие перераспределение элементов на рассматриваемой аридной территории являются лишь частью более масштабных, происходящих в межгорном прогибе.

9.09.2015

**Список литературы:**

1. Архипов, А.Л. Загрязнение почв тяжелыми металлами в рекреационной зоне Ширинского района республики Хакасия [Текст] / А.Л. Архипов, Н.В. Полех: мат-лы науч. конф., посвященной 120-летию ТГУ, 1–4 апреля 1998 г. – Томск: ТГУ, 1998. – С. 248–255.
2. Гавриленко, В.В. Геохимические циклы токсичных элементов [Текст] / В.В. Гавриленко, И.А. Сорокина. – Л.: Ленингр. Ун-т., 1988. – 84 с.
3. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами [Текст] / В.В. Добровольский // Почвоведение, 1999. – №5. – С. 639–645.
4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Кабата-Пендиас: пер. С англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Мистрюков, А.А. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины [Текст] / А.А. Мистрюков. – Новосибирск: ОИГГМ СО АН СССР, 1991. – 130 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч.1–6. Вып. 21. Кн. 1. Красноярский край, Тувинская АССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 624 с.
7. Некрасова, О.А. Содержание микроэлементов в черноземах обыкновенных и их гуминовых кислотах (на примере Южного Урала) [Текст] / О.А. Некрасова, М.И. Дергачева [Электронный ресурс] // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2011. №4(16). – С. 7–16. – Электрон. верс. печат. публ. – Доступ с сайта НИ ТГУ.
8. Танзыбаев, М.Г. Почвы Хакасии [Текст] / М.Г. Танзыбаев. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. – 256 с.
9. Худяев, С.А. Возможные причины различного содержания стабильного стронция в подземных и грунтовых водах на территории Новосибирской области [Текст] / С.А. Худяев // Вестник Томского государственного университета. Приложение. Мат-лы междунар., всероссийских и региональных науч. конф., симпозиумов, школ, проводимых в ТГУ. – Томск: Томский государственный университет, 2005. – №15. – С. 126–128.
10. Kabata-Pendias, A. Trace Elements from Soil to Human / A. Kabata-Pendias, B. A. Mukherjee. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, – 2007. 560 p. [Электронный ресурс] <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-540-32714-1> // Springer Link: – Зарубежные сетевые ресурсы. – Доступ с внутренней сети НБ ТГУ. – URL: Формат документа: PDF. (дата обращения 16.03.2014).

**Сведения об авторах:**

**Сергей Павлович Кулижский**, проректор по социальной работе

Национального исследовательского Томского государственного университета,  
заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв Биологического института  
Национального исследовательского Томского государственного университета,  
доктор биологических наук, профессор, 03.02.13  
634041, г. Томск, пр. Ленина, 36 ауд. 138, тел.: (38-22) 534 866, e-mail: kulizhskiy@yandex.ru

**Родикова Анна Викторовна**, доцент кафедры почвоведения и экологии почв

Биологического института Национального исследовательского  
Томского государственного университета, кандидат биологических наук, 03.02.13  
634041, г. Томск, пр. Ленина, 36 ауд. 138, тел.: (38-22) 529 654, e-mail: rodikovaav@mail.ru