

Содержание и распределение химических элементов в почвах озерных депрессий Ширинской степи Чулымо-Енисейской впадины

С. П. КУЛИЖСКИЙ, А. В. РОДИКОВА, В. Ф. ШАМШАЕВА

Томский государственный университет
634050, Томск, просп. Ленина, 36
E-mail: soil@land.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены содержание и распределение химических элементов в почвах Ширинской степи Чулымо-Енисейской впадины. Проанализированы возможные варианты формирования особенностей элементного состава почв озерных депрессий.

Ключевые слова: почвы степей, почвенный покров, геохимия, озерные депрессии.

Элементный химический состав почв играет важнейшую роль в функционировании ландшафтов и их обитателей, поскольку данная биокосная система, соединяющая компоненты живой и неживой природы, является одним из транзитных пунктов циклического перемещения веществ. Профильное и пространственное изменение содержания элементов в почвах зависит от многих причин, в том числе от характера материнских пород, их гранулометрического состава, почвообразовательных процессов, воздействующих на эти породы, климата, палеогеохимического фона и многих других факторов. Изучение этих закономерностей представляет собой фундаментальную научную проблему, включающую целый ряд прикладных направлений в самых различных отраслях хозяйственной деятельности, что особенно важно для степных регионов Сибири, активно эксплуатируемых с XX в. и по наши дни.

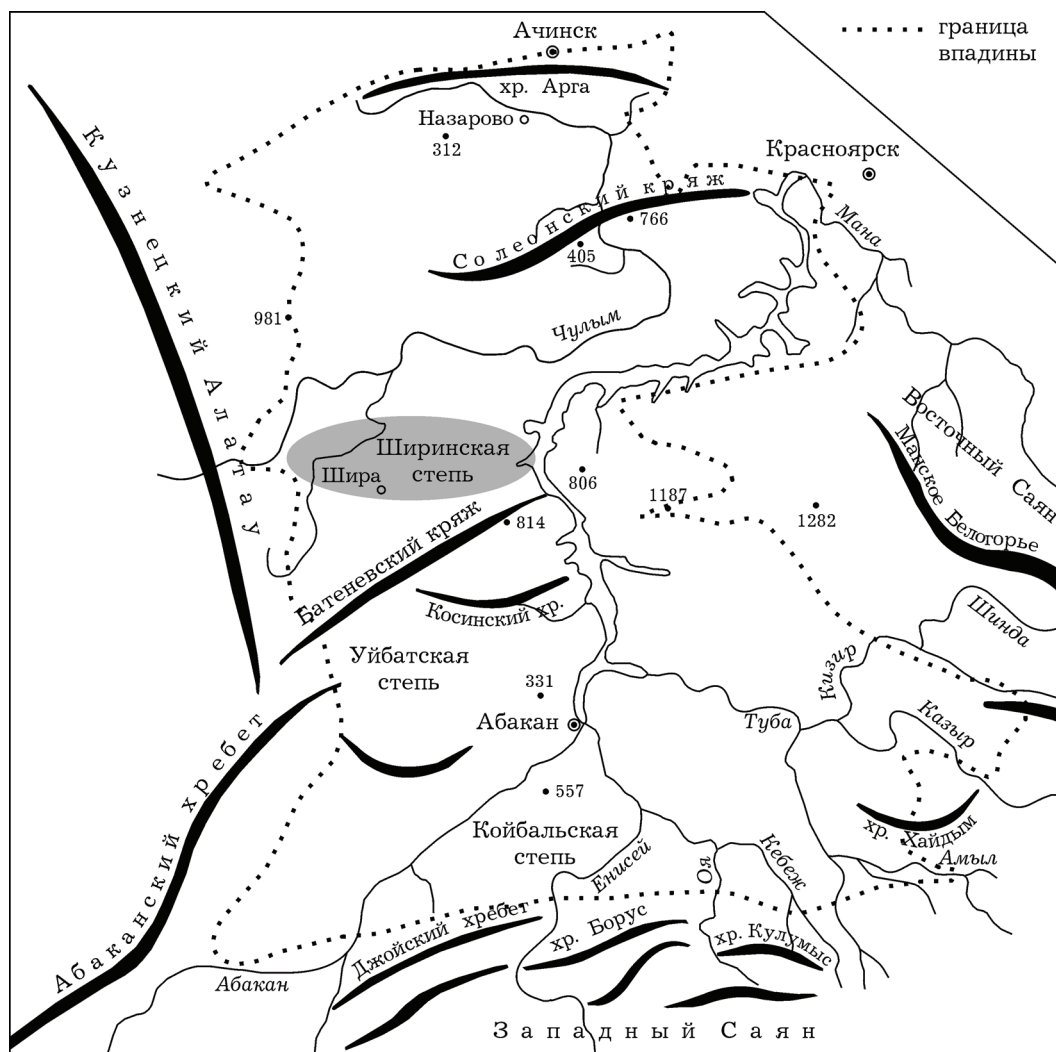
Исследования почв островных азиатских степей начаты в XX в. [1], существует ряд работ, в которых освещается и элементный состав [2, 3], организация которого в преде-

лах небольших геоморфологических структур аридной зоны Хакасии, рассмотренная в данной работе, является попыткой выяснения формирования особенностей радиального и латерального распределения химических элементов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалы, составляющие основу работы, собраны в комплексных экспедициях Томского государственного университета. За период 1995–1998 гг. исследования проводились по договору № 277 с Госкомитетом по охране окружающей среды Республики Хакасия с целью составления экологического атласа, а в 1999–2000 гг. – в рамках программы “Университеты России – фундаментальные исследования”.

Изучаемая территория находится в северо-восточной части Алтае-Саянской горной области, где степная зона представлена изолированными равнинными пространствами внутри небольших котловин, в том числе Чулымо-Енисейской (см. рисунок).



Карта-схема расположения изучаемых островных степей Хакасии (по [4] с дополнениями авторов).
Заливкой показан район исследования

Исследовали почвы и их закономерные сочетания сопряженных авто- и гетерономных степных ландшафтов озерных депрессий Чулымо-Енисейской впадины Минусинского межгорного прогиба (Республика Хакасия). Это Ширинская степь с ее многочисленными водоемами (озера Утичье-2, Фыркал, Шунет, Шира и др.).

По направлению от береговой линии озер к вершинам водоразделов заложены почвенно-геоморфологические профили; на репрезентативных участках вскрыто 55 почвенных разрезов, характеризующих последовательно сменяющие друг друга почвы.

Основные свойства почв определены согласно общепринятым в почвоведении мето-

дикам. Содержание тяжелых металлов и других элементов определено с помощью полуколичественного эмиссионного спектрального анализа в аккредитованной лаборатории Геоэкоцентра ГП «Березовгеология», г. Новосибирск (более 200 образцов) на спектрографе ДФС-8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Покровные отложения, в частности их генезис и история преобразования различными процессами, во многом определяют, по мнению некоторых исследователей [5, 6], элементный состав почв. На левобережье Енисея, где располагаются степные территории,

при преобладании денудации плащ четвертичных отложений тонок и часто прорывается плотными коренными породами. Мощность почвообразующего субстрата сильно варьирует в зависимости от геоморфологических условий и геологического строения территории и редко достигает 1–1,5 м. В пределах Чулымо-Енисейской впадины можно выделить несколько групп почвообразующих пород, среди которых: элювиальные и элювиоделювиальные продукты выветривания коренных пород (известняков, красноцветных девонских и пестроцветных пермокарбонатных отложений); делювий коренных пород (известняков, пермокарбонатных и девонских отложений); перевеянные пески и супеси древних долин и озерных котловин; отложения современных озер, приуроченные к отрицательным формам поверхности. При всем многообразии группы материнских пород обладают некоторыми общими чертами, которые придают ряд своеобразных признаков и свойств почвам степей. К их числу следует отнести слабую сортированность, высокое содержание в гранулометрическом составе скелетных фракций, остаточную карбонатность.

Состав рыхлых и коренных пород оказывает большое влияние на скорость почвообразования: на красноцветных породах девона наблюдается низкий темп формирования почв по сравнению, к примеру, с четвертичными суглинками; к районам с комплексом девонских пород, кроме того, территориально и генетически приурочиваются почвы солонцово-солончакового ряда.

Степи в настоящее время представляют собой в основном области современной континентальной аккумуляции природных солей, образующихся при выветривании коренных пород путем выщелачивания засоленных отложений древних морских бассейнов, местными природными объектами накопления которых являются бессточные озера. Направление почвообразования в приозерных ландшафтах определяется также особенностями местной биоклиматической обстановки. Континентальность и засушливость климата, характерные для центральных частей Азии, усугубляются орографической замкнутостью впадин. Суровость экологических условий, связанная с длитель-

ным промерзанием почв, сухой весной и резкими колебаниями температуры воздуха, формирует специфические растительные сообщества и усложняет процессы гумусообразования, что сопровождается значительным проявлением экзогенных процессов: особой интенсивностью характеризуется дефляция в “аридных” степных ядрах; ветровой режим в степной зоне Хакасии определяют постоянные ветры западных румбов. Эоловые процессы, активизирующиеся в засушливые годы и в весенне-раннелетние периоды, задерживают развитие почв, в связи с чем они характеризуются укороченной мощностью профилей и часто их неразвитостью. Перемещение значительных почвенных масс аэральным путем способствует некоторому нивелированию элементного состава почвенного покрова.

Специфичность условий значительно усложняет отмеченные особенности регионального образования почв, что находит отражение в большом разнообразии распространенных здесь типов. Согласно почвенно-географическому районированию [7], территория входит в состав Минусинской провинции черноземов обыкновенных и южных, а также каштановых почв, подавляющее большинство которых характеризуется карбонатностью и частично засоленностью в пределах всего профиля, среди гидроморфных почв распространены омергелеванные; встречается гипс как реликтового происхождения, так и новообразованный. Комбинации почвенных типов образуют кольцевые дифференцированно-увлажненные структуры на относительно небольших пространствах вокруг водоемов. Наиболее часто встречающимся сопряжением можно считать следующую последовательность (в скобках обозначены возможные варианты): *автоморфные почвы*: неполноразвитые степные – черноземы (каштановые, солонцы) – *полугидро- и гидроморфные*: солончаки, лугово-болотные, аллювиальные почвы (лугово-черноземные, лугово-каштановые, луговые, солонцы).

Концентрация микроэлементов в гидроморфных почвах обусловлена главным образом их латеральной миграцией из автономных ландшафтов в аккумулятивные. Подчиненные ландшафты, являясь конечным звеном миграции элементов, становятся концентратора-

ми потоков вещества. В этих специфических условиях в почвах могут формироваться такие геохимические барьеры, как сероводородный (B3, реже B4) или испарительный (F3, F11, реже F4, F12) и др. Считается, что испарительный барьер является концентратом многих микроэлементов, а в условиях сухих степей для вторичных аккумуляций на нем характерно усиление рудных аномалий Cu, Zn, Ni, Co (барьер F1), Be (F4), Mo, Sr (F3 и отчасти F4 и F7) [8], однако с помощью методов математической статистики показано отсутствие положительной корреляции этих элементов со стронцием, являющимся надежным индикатором испарительных аномалий, и, опираясь на имеющиеся материалы, для Ширинской степи в пределах котловины оз. Ширы установлено отсутствие данного явления. Так, М. А. Глазковская [9] отмечает, что, поскольку в водах аридных ландшафтах органическое вещество содержится в малом количестве, большинство элементов, которые часто называют тяжелыми металлами, в щелочной среде не образуют растворимых соединений, они слабо подвижны и ведут себя как типичные катионогенные элементы, для миграции которых благоприятны кислые среды. К тому же С. Г. Батулиным [10] предположительно выявлено, что Cu, Pb, Zn могут накапливаться только в определенных границах значений pH: Cu < 7,0; Pb < 7,2; Zn < 7,5, тогда как в изучаемых почвах pH имеет значения от 7 ед. и более.

В целом почвенно-геохимический фон рассматриваемых территорий характеризуется значительной изменчивостью, даже в автономных ландшафтах. Так, красноцветные девонские суглинки обеднены ванадием, хромом, никелем, свинцом, цинком, медью [11]. Процессы денудации, обусловившие пространственное прерывание красноцветных элювиоделювиальных отложений, определили выход на поверхность делювия коренных пород (аргиллитов, алевролитов и др.). Вопрос о происхождении геохимических особенностей тех и других составляет предмет специальных исследований палеогеохимии ландшафта, в результате которых реконструируются ландшафтно-геохимические «срезы» отдельных этапов геологической истории и геохимической эволюции природных комплексов.

Помощь в подобного рода работах может оказать такой геохимический индикатор, как отношение Sr/Ba [12], который, как правило, в изучаемых образцах больше единицы или приближен к ней. Это позволяет предположить, что осадконакопление шло в соленоватых водных бассейнах в условиях семиаридного климата, что подтверждают и другие исследователи [3].

В условиях аридного климата при поступлении элемента извне на поверхностные горизонты (к примеру, в результате сноса с окружающих территорий) происходит его концентрация на геохимических барьерах: в случае плакорных почв (черноземов и каштановых) – на гумусовом (в верхней части гумусового горизонта, возникающем за счет биогенной аккумуляции); щелочном (D3, реже D4) и термодинамическом (H3). Второй и третий характерны для нижней части гумусового и верхней части карбонатного горизонтов, где накапливается CaCO₃ [13]. Некоторые авторы отмечают в почвах Хакасии небольшое накопление микроэлементов на гумусовом барьере и в местах скопления карбонатов [3], что подтверждается для почв Ширинской степи.

Повышенное содержание элементов, в частности Mo, максимальные значения которого зафиксированы в приозерных почвах (солончаки), характерно для всей изучаемой территории (табл. 1), что связано с аккумулятивной позицией не только солончаков в пределах озерных депрессий, но и в целом степных участков по отношению к лесостепным и лесным территориям более крупных впадин (Чулымо-Енисейской, всего Минусинского межгорного прогиба). Высокие концентрации элементов характерны для любых ландшафтов засоленных территорий, в состав галогеохимических ассоциаций которых входит Sr [14]. По мнению А. Л. Архипова и Н. В. Полех [15], характер накопления Sr обусловлен особенностями среднепалеозойского седиментогенеза, имеющего аридный характер.

Для оценки эколого-геохимического состояния почв кроме статистических параметров могут быть использованы нормативы предельно и ориентировочно допустимых концентраций (ПДК и ОДК). Однако данные показатели относительны, поэтому представление

Содержание химических элементов, мг/кг, в пределах некоторых депрессий озер Ширинской степи

Элемент	Статистические параметры						Кларки	
	V, %	X_{cp}	σ	M	X_{min}	X_{max}	K1	K2
Утичье-2 (выборка 38 образцов)								
Ba	45,63	668,42	305,01	688,29	400,00	2000,0	500,0	650,0
Sr	51,22	821,05	420,53	857,45	300,00	2000,0	300,0	340,0
V	48,87	117,63	57,49	121,90	10,00	300,0	100,0	100,0
Ni	27,27	29,47	8,04	29,89	10,00	50,00	40,0	58,0
Co	41,01	9,45	3,87	9,78	3,00	20,00	8,0	18,0
Cu	16,99	32,63	5,54	32,67	20,00	40,00	20,0	47,0
Pb	20,68	13,95	2,88	13,95	10,00	20,00	10,0	16,0
Zn	12,39	45,00	5,58	45,32	40,00	60,00	50,0	83,0
Be	32,63	2,59	0,85	2,53	0,60	4,00	6,0	3,8
Sc	34,53	11,24	3,88	11,00	3,00	15,00	7,0	10,0
Sn	33,29	3,82	1,27	3,71	0,00	5,00	10,0	2,5
Mo	42,36	2,50	1,06	2,60	0,00	6,00	2,0	1,1
Шунет (выборка 19 образцов)								
Ba	11,18	547,37	61,18	543,85	400,00	600,00	500,0	650,0
Sr	34,47	963,16	332,02	977,10	400,00	1500,00	300,0	340,0
V	32,86	132,11	43,41	129,80	40,00	200,00	100,0	100,0
Ni	39,41	20,95	8,26	20,75	8,00	30,00	40,0	58,0
Co	41,99	8,63	3,62	8,74	2,00	15,00	8,0	18,0
Cu	20,95	36,32	7,61	36,26	20,00	50,00	20,0	47,0
Pb	29,67	13,63	4,04	13,61	6,00	20,00	10,0	16,0
Zn	17,06	45,26	7,72	45,49	30,00	60,00	50,0	83,0
Be	15,85	2,89	0,46	2,51	2,00	4,00	6,0	3,8
Sc	30,01	9,74	2,92	9,83	4,00	15,00	7,0	10,0
Sn	11,18	4,11	0,46	4,49	3,00	5,00	10,0	2,5
Mo	32,69	3,68	1,20	3,69	2,00	6,00	2,0	1,1
Фыркал (выборка 11 образцов)								
Ba	39,38	518,18	204,05	528,02	400,00	1000,00	500,0	650,0
Sr	98,07	827,27	811,28	864,28	100,00	3000,00	300,0	340,0
V	61,53	126,36	77,75	130,06	60,00	300,00	100,0	100,0
Ni	47,81	35,45	16,94	35,13	10,00	60,00	40,0	58,0
Co	41,32	12,55	5,18	12,58	6,00	20,00	8,0	18,0
Cu	30,85	31,82	9,82	32,02	20,00	50,00	20,0	47,0
Pb	33,35	14,18	4,73	14,12	6,00	20,00	10,0	16,0
Zn	18,14	48,18	8,74	48,39	40,00	60,00	50,0	83,0
Be	54,80	1,95	1,07	1,94	0,60	3,00	6,0	3,8
Sc	41,32	12,55	5,18	12,58	6,00	20,00	7,0	10,0
Sn	13,80	3,91	0,54	3,90	3,00	5,00	10,0	2,5
Mo	21,40	2,82	0,60	2,82	2,00	4,00	2,0	1,1

П р и м е ч а н и е. X_{cp} – среднее арифметическое, σ – среднеквадратическое отклонение, V – коэффициент вариации, M – модальное значение, X_{min} – минимальное значение, X_{max} – максимальное значение, K1 – содержание элементов в почвах по А. П. Виноградову; K2 – содержание элементов в земной коре по А. П. Виноградову.

о состоянии почвы-момента на основании сравнения с данными нормативами следует считать условным. В представленной работе при наличии значений ОДК и ПДК для одних и тех же элементов приоритет отдавался первым, так как они обоснованы для почв России и уточнены согласно последним исследованиям.

Среднее содержание ТМ поверхностных горизонтов исследуемых почв соответственно полученным данным валового элементного состава в большинстве случаев не выходит за установленные нормы, хотя для точечных проб превышения зафиксированы. Говоря о завышенных относительно нормативов концентрациях, не следует относиться к этому факту, как к сигналу об однозначной опасности для организмов, обитающих на этой территории. Возможно, их значительное количество является природной нормой, и за длительный эволюционный путь биота приспособилась к данным условиям [16, 17]. Исключения составляют обнаруженные завышенные концентрации нескольких элементов: ванадия (V) – уровень превышения от допустимого до среднего (согласно разработке [18]) и олова (Sn) – уровень от допустимого до низкого. Локальное (котловина оз. Шира) превышение зафиксировано для мышьяка (As) – от допустимого уровня до очень высокого и никеля (Ni) – от допустимого до среднего.

Для понимания процесса формирования подобных значений концентраций этих элементов (V, Sn, As и Ni) рассмотрим их вероятный генезис подробнее.

Ванадий в изучаемых почвах степей, по мнению некоторых авторов, мог заимствоваться из коренных пород в процессе почвообразования [15]. Другие исследователи, отмечая небольшую аккумуляцию этого элемента в известковых черноземах Хакасии, предполагают, что данное явление может быть связано и с его биогенным накоплением [3]. Кроме того, повышенные количества V являются характерной чертой песчаных почв, а исследуемые степные территории являются областью аккумуляции сносимого с окружающих горных ландшафтов материала, что обуславливает частично их скелетность, которая подчеркивается дефляцией.

Что касается олова, то некоторые авторы [6] при изучении элементного состава почв

Западной Сибири указывают, во-первых, на положительную связь между этим элементом и карбонатами (для лесостепной и степной зон) и, во-вторых, на его аккумуляцию на карбонатном геохимическом барьере почв, который, как упоминалось ранее, характерен и для почв изучаемой территории. Отмечается концентрация олова и в почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией среды. Однако при статистической обработке данных по элементному составу почв Ширинской озерной депрессии подобной закономерности не выявлено, положительная связь отмечена между оловом и крупной пылью (коэффициент корреляции равен 0,86), что позволяет предположить наличие этого элемента в рассеянном состоянии в первичных минералах.

Однозначного мнения по поводу накопления As в верхних горизонтах почв изучаемого региона нет. Территория, где обнаружен этот элемент в количествах, превышающих нормы, подвержена значительной антропогенной нагрузке, и его источником могут быть как несанкционированные свалки, содержащие, к примеру, золу котельных (мышьяк может присутствовать в каменном угле), так и средства для лечения паразитов у домашних животных [19], пасущихся в пределах депрессии или прогоняемых по ней. В подтверждение первой гипотезы можно отметить наличие As в насыпных горизонтах антропогенно преобразованной почвы (урбанозема), предположительно сформированных золой котельных (под этими отходами погребен южный чернозем). Но мышьяк содержится в значительных количествах и в некоторых почвообразующих породах, а возможности водного перемещения этого элемента ограничены для аридной зоны, он находится преимущественно в виде арсенатов, которые сорбируются на поверхности глинистых минералов, что предопределяет их перемещение с илом [20]. Таким образом, современное внутрипрофильное распределение этого элемента, скорее всего, может быть связано как с геологическим прошлым – миграцией этого элемента во время гидроморфной стадии развития субстрата, так и с приносом вещества вследствие деятельности человека.

Никель, как отмечено ранее, в количествах, превышающих ОДК, обнаружен только в котловине оз. Шира в точечных пробах.

Содержание никеля и мышьяка, мг/кг, в пределах депрессии оз. Ши́ра Ши́ринского района

Элемент	Статистические параметры						K1	K2	ОДК-2009
	V, %	σ	X_{cp}	M	X_{min}	X_{max}			
Ni	38,38	19,76	51,48	51,04	6,00	100,00	40,00	58,00	80,00
As	243,66	35,35	14,51	17,58	0,00	100,00	5,00	1,70	10,00

Выборка 124 образца

Используя в качестве геохимического фона модальное значение по рекомендации В. В. Добровольского [21], по Ni для этой депрессии можно проследить превышение ОДК только для максимальных его значений (табл. 2). Превышено также его среднее содержание для Хакасской биогеохимической провинции, составляющее 37,7 мг/кг сухой почвы [2].

Однако данный факт нельзя однозначно определять как загрязнение ввиду следующих аргументов: экологическим индикатором антропогенного изменения элементного химического состава почв, в частности загрязнения тяжелыми металлами, может служить соотношение Cr/Ni: в литосфере и почвах оно равно 1,5–2 и более [17, с. 759]. В исследуемых почвах данная закономерность составляет, как правило, Cr/Ni \gg 2, что позволяет предположить природное происхождение высоких значений концентрации Ni. Кроме того, превышения ОДК зафиксированы и в нижележащих горизонтах некоторых почв (горизонты В, ВС, С), что также не исключает возможности естественной составляющей генезиса.

Таким образом, установленные факты позволяют предположить природное происхождение высоких концентраций изучаемых химических элементов для Ши́ринской степи.

ВЫВОДЫ

1. Почвенный покров озерных депрессий Ши́ринской степи представляет собой сочетание почв водоразделов с комплексом почв приозерных понижений. Наиболее вероятной можно считать последовательность: *автоморфные почвы*: неполноразвитые степные – черноземы (каштановые, солонцы) – *полугидро- и гидроморфные*: лугово-болотные, солончаки, аллювиальные почвы (лугово-черноземные, лугово-каштановые, луговые, солонцы).

2. Среднее и модальное содержание Zn и Be в почвах Ши́ринской степи не превосходит установленных кларков для почв и литосферы в целом; для Sr и Mo данные параметры превышены. По отношению к остальным изученным элементам, как правило, зафиксировано превышение кларкового содержания элементов в почвах, за исключением Sn, количество которого выше среднего содержания в земной коре.

3. В гумусовых горизонтах концентрации, превосходящие установленные нормативы ОДК₂₀₀₉ (ПДК), определены для значительного количества точечных проб по V и частично – по Sn.

4. Современное содержание и распределение As и Ni в почвах депрессии оз. Ши́ра в сверхнормативных количествах может быть связано как с природным генезисом (для первого и второго), так и с высокой антропогенной нагрузкой на изучаемую территорию (для мышьяка).

В целом наличие существенных количеств названных элементов связано, видимо, с металлогенической специализацией Минусинской межгорной впадины и с аккумулятивной позицией степей по отношению в лесостепным и лесным территориям более крупных депрессий (Чулымо-Енисейской котловины и Назаровско-Минусинской впадины).

ЛИТЕРАТУРА

1. Стасевич А. Н. Почвенные исследования в Минусинском уезде Енисейской губернии: труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию колонизаторских районов Азиатской России. СПб., 1911. Вып. 3. 91 с.
2. Покатилов Ю. Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993. 168 с.
3. Танзыбаев М. Г., Булатова Н. Ю. Специфика черноземов Хакасии, формирующихся на известковых породах. Томск: ООО "Иван Федоров", 2001. 160 с.

4. Мистрюков А. А. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск: ОИГГМ СО АН СССР, 1991. 130 с.
5. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.
6. Сысо А. И. Общие закономерности распределения микроэлементов в покровных отложениях и почвах Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2004. № 3. С. 273–287.
7. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. М.: Изд-во МГУ, 1984. 415 с.
8. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 191 с.
9. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: МГУ, 1988. 229 с.
10. Батулин С. Г. Испарительная концентрация редких элементов в степях и пустынях // Геохимия степей и пустынь. М.: Географгиз, 1962. С. 158–164.
11. Мананков А. В. и др. Суглинки Хакасии как сырье для производства стройматериалов // Вопросы геологии Сибири. 1994. Вып. 3. С. 137–143.
12. Елизарова Т. Н., Сысо А. И. Особенности совмещения процессов литогенеза, почвообразования и соленакопления в аридных ландшафтах // Вестник Томского гос. ун-та: приложение. 2009. № 15. С. 26–28.
13. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.
14. Худяев С. А. Возможные причины различного содержания стабильного стронция в подземных и грунтовых водах на территории Новосибирской области // Вестник Томского гос. ун-та: приложение: мат-лы междунар., всерос. и регион. науч. конф., симпозиумов, школ, проводимых в ТГУ. Томск: ТГУ, 2005. № 15. С. 126–128.
15. Архипов А. Л., Полех Н. В. Загрязнение почв тяжелыми металлами в рекреационной зоне Ширинского района (Республика Хакасия): мат-лы науч. конф. Томск: Томский гос. ун-т, 1998. С. 248–249.
16. Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.
17. Ильин В. Б., Сысо А. И., Конарбаева Г. А., Ермолов Ю. В. О некоторых вопросах биогеохимии на юге Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 2007. № 5. С. 753–761.
18. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: письмо от 27.12.1993 г. № 04-25/61-5678. [электронный ресурс]: письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов от 27 декабря 1993 года № 04-25/61-5678. Режим доступа: внутренняя сеть НБ ТГУ, база “Кодекс” (дата обращения: 23.05.10)
19. Вредные вещества в промышленности. Изд. 6-е, испр. Л.: Химия, 1971. Ч. 2. 624 с.
20. Бабошкина С. В., Пузанов А. В., Мальгин М. А. Мышьяк в каштановых почвах Алтая // География и природ. ресурсы. 2003. № 2. С. 73–77.
21. Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.

Content and Distribution of Chemical Elements in the Soil of Lake Depressions of the Shira Steppe in the Chulym-Enisey Hollow

S. P. KULIZHSKIY, A. V. RODIKOVA, V. F. SHAMSHAeva

*Tomsk State University
634050, Tomsk, Lenin ave., 36
E-mail: soil@land.ru*

Content and distribution of chemical elements in the soil of the Shira steppe in the Chulym-Enisey hollow are considered. Possible versions of the formation of specific features of the elemental composition of soil in lake depressions are analyzed.

Key words: soil of steppe, soil cover, geochemistry, lake depressions.