

УДК 631.41

**К ОЦЕНКЕ ФОНОВОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТОВ
ЛЕСОСТЕПНОГО И СТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ**

© 2005 Н.В. Прохорова

Самарский государственный университет

На основе материалов собственных исследований и литературных данных рассматривается проблема выявления фоновых концентраций калия, кальция и тяжелых металлов в основных компонентах ландшафтов лесостепного и степного Поволжья.

Введение

Изучение фонового содержания химических элементов в компонентах окружающей среды необходимо, во-первых, для комплексного эколого-биогеохимического картирования и районирования территории, определения обеспеченности биоты жизненно необходимыми элементами и, во-вторых, для оценки степени загрязнения тяжелыми металлами локальных участков территорий, подверженных техногенному воздействию. Важной составляющей данной проблемы является также прогноз изменения состояния ландшафтов и разработка природоохранных мероприятий. На фоне возрастающих темпов развития технического прогресса и увеличения объемов вредных отходов производства фоновые уровни химических элементов в основном используются для определения степени загрязнения окружающей среды [18]. В качестве нормативных величин при эколого-геохимических исследованиях возникает необходимость в, так называемых, локальных или региональных фонах [25].

Геохимический фон элемента или соединения в общем случае представляет собой оценку его среднего содержания и показателей варьирования, рассчитанную для участков, находящихся за пределами пространства природной или техногенной концентрации элемента [18, 20]. Следовательно, геохимический фон – это система количественных показателей содержания химических элементов, находящихся в состоянии рассеяния. Региональный геохимический фон рассчитывается для тех компонентов природной среды, химический состав которых обладает относительной устойчивостью во вре-

мени и пространстве. Исходя из этого, определяют геохимический фон почвообразующей породы, почвенного покрова, растительности, природных вод и донных отложений.

Наши исследования по определению фонового (среднего) содержания макро- и микроэлементов проводились в естественных лесостепных и степных ландшафтах, а также агроландшафтах, расположенных в границах Самарской области. Основной экспериментальный материал получен нами в период с 1991 по 2004 г.г. с использованием сопоставимых методов полевых и лабораторных исследований. Количественный анализ химического состава образцов почвы и почвообразующих пород осуществляли методом характеристического рентгеновского излучения. Данные о химическом составе атмосферы, природных вод, донных осадков и геологического фундамента изучаемой территории были получены на основе анализа литературы и некоторых ведомственных материалов.

Атмосфера и атмосферные осадки

Из трех основных сред обитания наиболее опасно по своим последствиям загрязнение атмосферы. Выбросы в атмосферу не локализованы, и в зависимости от физико-химических свойств, величины частиц, высоты источника, скорости циркуляции воздуха они распространяются на десятки (локальный), сотни (региональный) и даже тысячи километров (глобальный перенос). При осаждении и вымывании поллютантов из атмосферы значительно ухудшается качество водной среды

и почв [17]. Показано, что антропогенное воздействие на атмосферу по своим размерам пока не сопоставимо с глобальными атмосферными процессами, однако оно может оказаться чрезвычайно интенсивным в локальном, а иногда и региональном масштабе [24].

Самарская область относится к регионам с максимально высоким уровнем техногенных выбросов в атмосферу в пересчете на площадь. По результатам снегосъемки, зона двукратного превышения загрязнения атмосферы приходится на центральное промышленное ядро области (зоны влияния городов Самары, Тольятти, Сызрани, Новокуйбышевска, Чапаевска). Вклад автотранспорта в загрязнении атмосферы весьма заметен, для г. Самары он составляет 133,7 тыс.т в год, для городов с населением 150-250 тысяч человек - 10-25 тыс.т. Дополнительным источником загрязнения атмосферы в период навигации являются выбросы речного транспорта [17].

Через атмосферу мигрирует огромное количество различных веществ, в том числе и тяжелых металлов в составе пыли, дымов и аэрозолей. Время нахождения их в атмосфере сравнительно невелико, но количественный перенос на разные расстояния может быть огромным. Загрязняющие компоненты выносятся из атмосферы в виде сухих осадений и с осадками. По концентрации тяжелых металлов в осадках можно судить о загрязнении атмосферы в целом и ее вкладе в общее загрязнение ландшафтов.

В составе пыли чаще всего преобладают соединения Si, Al, Ca, S, Pb, Zn, Se, As, Mg, Fe, в дымах присутствуют частицы, содержащие Ca, Zn, Mg, Fe Cd и др. [3].

Данных о загрязнении атмосферы и атмосферных осадков тяжелыми металлами по изучаемому региону в литературе чрезвычайно мало и важнейшие из них приведены ниже. Прежде всего, это материалы В.П. Учватова и А.В. Учватова [22], касающиеся Приволжской возвышенности на территории Сызранского района Самарской области (табл. 1).

Авторы приводят минимальные и максимальные концентрации достаточно большой группы тяжелых металлов, К и Са в жидкой фазе снега с территории г. Сызрани и фонового района. Анализ показывает, что на уровень содержания химических элементов в снеге влияют город и направление переноса загрязнителей в его атмосфере. Эти данные могут быть использованы для сравнительного анализа загрязненности снега металлами и в других районах Самарской области.

В табл. 2 представлены усредненные данные о химическом составе жидкой и твердой фазы снега из промышленной зоны г. Новокуйбышевска. Химический анализ выполнялся в 2000 г. Первичные результаты были любезно предоставлены нам отделом экологии Администрации города. Для полу-

Таблица 1. Химический состав жидкой фазы снега в зоне влияния г. Сызрани, мг/л [22]

Элемент, показатель	Фоновый район, с. Рамено	Зеленая зона г. Сызрани (юг)	Северный район г. Сызрани	Юго-восточный район г. Сызрани
Са	1,2 – 3,4	1,4 – 3,7	4,3 – 8,7	5,1 – 17,8
Mg	следы – 0,4	следы – 0,5	0,3 – 1,8	0,8 – 4,8
К	0,1 – 0,4	0,3 – 0,6	0,6 – 1,4	1,6 – 14,1
Na	0,3 – 0,5	0,4 – 0,8	0,7 – 1,5	2,7 – 21,4
Fe	0,01 – 0,22	0,008 – 0,15	0,048 – 0,145	0,036 – 0,22
Mn	0,002 – 0,04	0,004 – 0,03	0,023 – 0,049	0,022 – 0,053
Cu	0,001 – 0,003	0,0015 – 0,005	0,004 – 0,008	0,007 – 0,017
Zn	0,006 – 0,023	0,006 – 0,028	0,017 – 0,076	0,036 – 0,118
Ni	следы – 0,005	следы – 0,006	0,0015 – 0,012	0,002 – 0,016
Cr	следы – 0,0045	следы – 0,007	0,002 – 0,011	0,002 – 0,014
Pb	0,0012 – 0,0054	0,0014 – 0,0078	0,0034 – 0,0097	0,0082 – 0,0127
Cd	следы – 0,0004	следы – 0,0009	следы – 0,0023	следы – 0,0031
pH	5,8 - 6,2	5,7 – 6,4	5,6 – 6,6	5,1 – 6,4

Таблица 2. Средний химический состав и pH жидкой и твердой фазы снега в зоне влияния Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода, мг/л

Элемент	n	Жидкая фаза		Твердая фаза	
		$x \pm m$	V%	$x \pm m$	V%
Pb	12	$0,0016 \pm 0,0006$	125,0	$0,0041 \pm 0,0017$	69,49
Cd	12	$0,0014 \pm 0,0004$	107,14	$0,0013 \pm 0,0003$	118,18
Cu	12	$0,0086 \pm 0,0052$	211,63	$0,0110 \pm 0,0025$	126,44
Zn	12	$0,0041 \pm 0,0009$	75,61	$0,0475 \pm 0,0087$	158,33
Cr	12	$0,096 \pm 0,0526$	189,69	$0,0289 \pm 0,0063$	131,96
Na	12	$1,0640 \pm 0,3380$	110,06	-	-
K	12	$0,4542 \pm 0,1471$	112,22	-	-
Ca	12	$0,1729 \pm 0,0310$	62,12	-	-
Mg	12	$0,0513 \pm 0,0102$	68,81	-	-
Mn	12	-	-	$0,0021 \pm 0,0009$	65,63
Fe	12	-	-	$0,4420 \pm 0,0948$	134,55
pH	12	$6,01 \pm 0,11$	6,49	-	-

Примечание: В жидкой фазе снега из всех пунктов отбора не были выявлены Ni, As, Hg; в твердой фазе снега - As, Hg.

чения фоновых концентраций была проведена их статистическая обработка.

Средние концентрации тяжелых металлов, K и Ca в жидкой фазе снега с территорий, находящихся в зоне влияния городов Сызрани и Новокуйбышевска, вполне сопоставимы, хотя и различаются в деталях, что связано как с естественными, так и техногенными причинами.

Для оценки опасности атмосферного загрязнения и количественных характеристик атмосферного переноса вещества очень важны данные о направлении преобладающих ветровых потоков и количестве осадков на изучаемой территории. Анализ материалов многолетних наблюдений за направлением ветра, а также распределением основных ветровых потоков по станциям Волжского бассейна в целом и Самарской области в частности показывает, что для них сохраняются особенности юго-западного переноса, господствующего на территории европейской части России [4, 17, 23]. Количество выпадающих осадков уменьшается по мере продвижения к югу. В районе г. Сызрани, за год выпадает около 450 мм осадков, а в районе г. Новокуйбышевска – около 400 мм, средние из наибольших декадных высот снежного покрова по сравниваемым районам существенно не различаются – 25-30 см [4].

Подземные и поверхностные воды

Важным ландшафтным компонентом, значительно влияющим на общий эколого-геохимический фон территории, являются природные воды. Поверхностные и почвенно-грунтовые воды во многом определяют поведение микроэлементов в ландшафтах. Прежде всего, благодаря водам осуществляется миграция микроэлементов в почвенном профиле и перераспределение их между автономными и подчиненными ландшафтами [8, 10]. Доминирующим фактором, формирующим химический состав поверхностных и подземных вод, является геологическое строение территории, а также состав почвообразующих пород и почв, при непосредственном контакте с которыми грунтовые и поверхностные воды обогащаются различными соединениями. Химические элементы мигрируют главным образом в виде взвесей, будучи в составе минеральных, органических и органоминеральных частиц, и в форме истинных и коллоидных растворов [5, 8].

Определенное представление о минерализации и содержании некоторых металлов в подземных водах лесостепного и степного Поволжья дают анализ литературы и результаты определения химического состава минеральных питьевых вод, добываемых из скважин в Самарской области и поступающих

Таблица 3. Среднее содержание минеральных веществ в подземных водах Самарской области, мг/л

Торговая марка минеральной воды	Общая минерализация	К или* К+Na	Na	Ca	Mg	Sr	Zn	Fe
«Рамено»	100-200	< 10*		15-25	2-10	-	-	-
«Айсберг»	< 1000	< 20	< 200	< 120	< 65	-	-	-
«Красноглинская»	2400-2800	-	250-400	250-450	100-150	8	-	-
«Борская»	2830	-	905,	36,1	21,9	-	0,01	0,17

в свободную продажу (табл. 3).

Как видно из табл. 3, подземные воды правобережья («Рамено») и севера левобережья («Айсберг») менее минерализованы, чем воды центральной («Красноглинская») и степной части («Борская») Самарской области. Данных о содержании в воде тяжелых металлов на этикетках бутилированных вод практически не приводится, исключение составляют воды «Красноглинская» (Sr) и «Борская» (Zn, Fe). Указанные концентрации этих элементов не превышают максимально возможных показателей для подземных вод [3].

Реки правобережья отличаются незначительной минерализацией воды (менее 300 мг/л) и преобладанием в химическом составе гидрокарбонатов. Несколько повышенной минерализацией (350-480 мг/л) с преобладанием сульфатных ионов отличаются воды водосбора Сока, Большого Кинеля и Самары. Минерализация вод р. Самары непостоянна на всем ее протяжении (до 790 мг/л) и является сульфатно-карбонатной. Значительную минерализацию с повышенным содержанием ионов хлора, натрия и калия имеют воды рек Чапаевки, Чагры и Большого Кинеля (до 700 мг/л). Волжские воды характеризуются незначительной минерализацией и высоким содержанием органических веществ болотно-

го происхождения (90-110 мг/л) [12, 13].

Кроме того, поверхностные воды региона существенно загрязнены промышленными и бытовыми стоками. Объем сброса сточных вод по бассейнам рек России распределяется крайне неравномерно, а максимум приходится на бассейн реки Волги и составляет 18049,3 млн. м³/год (30,2 % от объема всех сточных вод на территории России). Максимальное количество загрязняющих веществ также поступает в бассейн Волги. По данным Госкомстата, в него сбрасывается около 22 млн. т. загрязняющих веществ, что составляет 20-80% всего сброса по России. С загрязненными и нормативно-очищенными водами в 1995 г. в Волгу и ее притоки попало от суммарного сброса по стране 22,8 % от взвешенных веществ; 80,1% - от железа, 78,8% - от меди, 52,8% - от цинка [19].

Некоторые количественные данные о сбросе загрязнителей в реку Волгу представлены в табл. 4. Конечно, они ориентировочны, так как существующая система учета и контроля количества и качества сточных вод не обеспечивает получения полной и объективной информации о массе загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты [19]. Тем не менее, показательно, что и по поступлению техногенных

Таблица 4. Количество загрязняющих веществ в составе сточных вод по бассейнам рек с годовым стоком более 200 км³/год [19]

Бассейн реки	Хлориды, тыс. т/год	Сульфаты, тыс. г/год	Железо, т/год	Медь, т/год	Цинк, т/год	Нефтепродукты, тыс. т/год
Волга	1726,0	1139,1	22210,0	498,0	463,0	5,56
Обь	246,5	232,6	1257,0	35,0	96,0	1,66
Енисей	300,1	125,1	516,0	6,0	31,0	0,58
Лена	1,04	2,05	18,0	0,06	1,6	0,04

Таблица 5. Среднее содержание К, Са и тяжелых металлов в речных водах правобережья Самарской области [22]

Элемент	р. Волга	р. Сызранка	р. Крымза	р. Кубра	Сызранская ГЭС	Родники с.Рамено
К	2,7	3,2	6,7	30,9	6,9	1,5
Са	42,5	96,8	103,4	155,5	83,2	10,2
Fe	4-12	2,5-9	3-8	50-140	6,5-18	сл.-2,5
Cu	3-8	3-6	4-9,5	28-80	4-8	0,1-1,5
Mn	2-8	4-12	4,5-13,0	90-350	18-43	0,05-2,5
Zn	6-19	7-16	6-20	80-300	3-5	сл.-6
Co	3-7	2-5	3,5-6	12-37	1,5-4	0,5-1,5
Ni	3-8	2-4	4-6	20-46	0,5-1,5	0,3-2
Cr	0,5-1,5	1-2	2-7	14-36	0,2-0,8	сл.-1,5
Pb	3-9	2-5	3-6	6-14	0,5-1	сл.-0,8
Cd	0,5-3,0	0,3-1	0,4-1,2	1,5-5	сл.-0,10	сл.-0,05

Примечание: концентрации макроэлементов приведены в мг/л⁻¹, микроэлементов – мкг/л⁻¹.

Таблица 6. Средние концентрации тяжелых металлов в донных отложениях рек Среднего Поволжья [22]

Реки	n·%	n·10 ⁻⁴ %							
	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cr	Co	Pb	Cd
Волга	2,3	567	17,8	90,2	33,5	50,0	9,7	12,6	0,33
Сызранка	2,3	526	22,8	72,2	37,5	56,2	8,9	12,6	0,20
Устье р. Крымзы	1,5	287	16,0	41,8	14,5	29,1	3,2	14,5	0,46
Устье р. Кубры	2,3	347	25,0	71,7	64,0	53,5	16,9	16,9	0,43
Сызранская ГЭС	1,4	283	12,7	45,0	13,5	35,9	4,7	8,9	0,28

металлов (Fe, Cu, Zn) волжские воды существенно (на 1-5 порядков) превосходят воды сибирских рек.

В работе В.П. Учватова и А.В. Учватова [22] представлены данные о концентрации металлов в воде и донных осадках Волги и некоторых малых рек правобережья Самарской области (табл. 5, 6).

Авторы делают вывод о том, что формирование химического состава донных отложений и речных вод имеют сходную закономерность. Загрязнение р. Волги нейтрализуется воздействием незагрязненных или слабо загрязненных вод ее северных и частично восточных притоков, в результате эффекта разбавления происходит самоочищение р. Волги. Но этот вывод не распространяется на донные отложения и речные воды, находящиеся непосредственно ниже крупных промышленных городов (Самара, Тольятти, Сызрань).

Полиметаллическую загрязненность

речной воды объективно характеризует уровень содержания тяжелых металлов в донных осадках. Из представленных данных следует, что наиболее загрязнены тяжелыми металлами воды р. Кубры, практически чистыми являются воды родников у с.Рамено. Среднее содержание тяжелых металлов в донных отложениях рек правобережья отличается в меньшей степени, но на этом фоне по содержанию Mn, Zn, Cu, Cr, Ni выделяются р. Волга, Сызранка и Кубра.

Горные и почвообразующие породы

Основным естественным источником поступления химических элементов в природные воды и почвы служат различные горные породы, на дериватах которых и формируется почвенный покров. В процессе выветривания и почвообразования происходит перераспределение химических элементов, однако оно сравнительно редко приводит к на-

рушению тождества химического состава материнской породы и почвы. Вместе с тем микроэлементный состав горных пород отличается крайним разнообразием [14].

Подробный обзор микроэлементного состава горных пород и основных закономерностей его формирования даны в монографии Н.А. Протасовой и А.П. Щербакова [14]. Авторы наглядно показывают, что содержание микроэлементов в горных породах в первую очередь определяется их минералогическим составом. Чем больше в породе минералов группы кварца и полевых шпатов, тем меньше будет там находиться тяжелых акцессорных минералов – носителей микроэлементов, тем беднее ими порода в целом. Кларки химических элементов в большинстве типов горных пород обобщены В.А. Алексеенко [3].

Современных опубликованных данных о химическом составе подстилающих горных пород и пород кристаллического фундамента для лесостепной и степной части Самарской области практически нет, что может объясняться отсутствием здесь рудных проявлений и, следовательно, интереса геологов к геохимическому опробованию горных пород.

Наиболее распространенными подстилающими и почвообразующими породами на территории Самарской области являются различные по генезису осадочные породы: глинистые осадки, сланцы различного состава, известняки, доломиты, песчаники. Определенное представление о соотношении тяжелых металлов в одноименных горных породах дают материалы из ставшего уже классическим обзора А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас [7], а также упомянутая выше работа В.А. Алексеенко [3]. Сравнительный анализ этих данных показывает, что максимальное содержание большинства тяжелых металлов характерно для глинистых осадков и сланцев (Zn, Cd, Hg, Ti, Se, Cr, Mo, Mn, Br, Fe, Co, Ni, Nb, As, V). Известняки и доломиты отличаются высоким содержанием Sr и Mn, песчаники – Y и Zr. Как известно, на территории Самарской области в лесостепных и степных ландшафтах глины и суглинки в качестве почвообразующих пород преобладают. При отсутствии региональных данных в качестве фо-

новых показателей в биогеохимических исследованиях обычно используются кларки литосферы [3].

В научной литературе чрезвычайно мало данных о геохимии почвообразующих пород лесостепного и степного Поволжья. В известной монографии “Почвы Куйбышевской области” [12] представлена определенная характеристика почвообразующих пород региона, но их химический состав практически не раскрывается. Среди опубликованных материалов большой интерес представляет работа Н.С. Касимова с соавт. [6] о среднем содержании некоторых тяжелых металлов в почвообразующих породах Приволжской возвышенности, выявленном по двум эталонным районам. Эти районы различались литогеохимической специализацией почвенного покрова – на силикатных (верховье р. Усы) и карбонатных (Жигулевский горы) почвообразующих породах (табл. 7).

Наши данные в основном касаются Заволжья, т.е. левобережья Самарской области, как лесостепной, так и степной его части. Лишь геохимическая характеристика известняков и легких суглинков была получена нами по материалам исследований в правобережной лесостепи на территории Сызранского района. Нами были проанализированы образцы почвообразующих пород из 15 почвенных разрезов. Полученные данные позволяют достаточно объективно оценить макро- и микроэлементный валовой состав наиболее распространенных почвообразующих пород: тяжелых глин и суглинков, средних и легких суглинков, песков, известняков и речного аллювия в левобережной и правобережной лесостепи и степи. Средние концентрации K, Ca и тяжелых металлов в каждом изученном нами типе почвообразующих пород представлены в табл. 8.

Этот материал не претендует на всеобщий охват, представленные в табл. 8 цифровые данные не могут считаться фоновыми, но, наряду с данными Н.С. Касимова с соавт. [6], они дают объективное представление о геохимических особенностях различных по генезису и свойствам почвообразующих породах лесостепного и степного Поволжья.

Таблица 7. Среднее содержание валовых форм тяжелых металлов в почвообразующих породах Приволжской возвышенности, мг/кг [6]

Элемент	Суглинки	Пески	Элювий окремненных песчаников	Элювий известняков	Опоки
Mn	420,0	400,0	238,0	383,0	150,0
Zn	76,0	53,0	50,0	50,0	40,0
Cr	138,0	71,0	78,0	65,0	80,0
V	164,0	78,0	80,0	43,0	100,0
Ni	52,0	34,0	23,0	26,0	20,0
Cu	35,0	33,0	27,0	12,0	12,0
Co	14,0	7,0	5,0	6,0	4,0
Pb	15,0	9,0	10,0	10,0	6,0
Sn	4,0	2,0	2,0	2,0	1,0
Y	20,0	13,0	16,0	22,0	12,0

Таблица 8. Среднее содержание Ca, K и тяжелых металлов в основных почвообразующих породах лесостепного и степного Поволжья, мг/кг

Элемент	Почвообразующие породы в целом (n=24)	Тяжелые суглинки	Карбонатные тяжелые суглинки	Сыровые тяжелые суглинки	Средние суглинки	Легкие суглинки	Аллювиальные речные отложения	Пески	Известняки
Ca	21900,0	32046,7	60032,5	81830,0	833,3	966,7	13343,0	3253,3	289270,0
K	10082,5	9786,7	16142,5	25590,0	5843,3	2976,7	10285,0	7528,0	33580,0
Ti	2062,1	3863,3	3735,0	4440,0	2340,0	890,0	4675,0	2780,0	570,0
Mn	287,1	810,0	575,0	700,0	160,0	80,0	987,0	340,0	280,0
Fe	11406,3	31200,0	29360,0	24960,0	3630,0	322,0	36989,0	9990,0	7130,0
Cr	46,5	76,7	80,3	95,0	63,0	20,0	166,0	34,0	25,0
V	30,7	42,7	42,5	32,0	31,0	20,0	88,0	17,0	27,0
Co	20,9	58,0	45,0	36,0	17,0	21,0	66,0	19,0	12,0
Ni	28,5	50,0	47,7	62,0	25,0	22,0	65,0	44,0	37,0
Cu	59,2	54,0	60,5	32,0	67,0	56,0	37,0	47,0	38,0
Zn	38,8	42,7	93,7	48,0	69,0	10,0	2	36,0	20,0
Sr	126,2	233,3	310,0	270,0	70,0	60,0	151,0	140,0	180,0
Rb	47,7	61,3	69,7	60,0	47,0	82,0	37,0	41,0	27,0
Pb	9,0	17,0	13,2	17,0	<2,0	21,0	37,0	<2,0	18,0

Почвы

Изучение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове также сопряжено с установлением местного регионального фона. Это необходимо для всесторонней оценки металлоаккумуляции в почвах и других компонентах ландшафтов (почвообразующие породы, грунтовые воды, растения). Обычно под фоновым уровнем понимают сумму естественного содержания тяжелых металлов с тем добавлением, которое является следствием глобального переноса антропогенных загрязнений [1, 9, 21]. Региональный фоновый уровень тяжелых металлов включает еще и добавку, связанную с поступлением от местных источников [9].

Отмечается также, что при установлении местных фонов исследованиями необходимо охватывать достаточно большие территории. Желательно, чтобы это была биосферная структура. По определению В.А. Алексеенко [3], такая структура представляет собой совокупность геохимических ландшафтов, ограниченную крупными (с планетарной точки зрения) водоразделами и областями накопления материала, смываемого и переносимого по ее территории. Это требование позволяет обеспечить более точное определение фоновых содержаний, так как при больших площадях исследований резко уменьшается вероятность влияния на величину фонового содержания проб, отобранных из неучтенных

отрицательных и положительных аномалий, как природного, так и техногенного генезиса. На наш взгляд, территория Самарской области полностью отвечает этому требованию.

Для расчета фоновых концентраций тяжелых металлов в почвах Самарской области нами были проанализированы выборки по каждому элементу (К, Са, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Rb, Pb, Se, As, Br, Mo, Zr, Nb, Y), которые состояли максимально из 953, а минимально из 24 переменных. Для основной массы изученных элементов объем выборки составлял от 812 до 953 переменных. Минимальными выборками были представлены только четыре элемента: К – 180 переменных, Zr – 142 переменных, Nb и Y – 24 переменных. Среднее содержание этих элементов можно считать фоновыми для конкретных территорий Самарской области и ориентировочными – для всех остальных.

Построение вариационных рядов и установление фактического распределения для этих выборок проводили по методу Н.А. Плохинского [11]. Достоверность различий меж-

ду фактическим и расчетным (теоретическим) распределением выявляли по критерию χ^2 . Было установлено, что общие выборки данных по большинству анализируемых элементов не подчиняются закону нормального распределения. Фактическое распределение переменных в рассматриваемых выборках более соответствует логнормальной функции. В литературе есть указания на то, что количественное распределение тяжелых металлов в почвах подчиняется нормальному и логнормальному законам [2, 14, 26].

Результаты статистической обработки данных о среднем (фоновом) содержании тяжелых металлов, К и Са в почвенном покрове Самарской области представлены в табл. 9. Кроме средних значений, в качестве фоновых показателей могут быть использованы медианные значения, которые также представлены в таблице.

В целом элементный состав почв Самарской области (табл. 9) по убыванию концентраций тяжелых металлов можно представить в виде ряда: Fe > Са > К > Ti > Mn > Zr > Sr >

Таблица 9. Статистические показатели содержания К, Са и тяжелых металлов в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья, мг/кг воздушно-сухой почвы

Элемент, показатель	n	$\bar{x} \pm m$	V%	Mediana	Lim (min-max)
К	180	13318,86 ± 473,42	47,69	12579,0	350,0-38820,0
Са	807	24937,98 ± 1070,03	121,89	15970,0	114,0-382008,0
Fe	953	32330,77 ± 331,65	31,67	33560,0	1288,0-65499,0
Ti	952	4432,95 ± 74,32	51,73	4141,0	0,0-14175,0
Mn	953	672,13 ± 10,62	48,77	635,0	23,0-2021,0
Cr	953	103,36 ± 3,67	109,60	87,0	0,0-2630,0
V	813	73,94 ± 2,77	106,99	55,0	0,0-1023,0
Co	953	14,84 ± 0,63	130,46	11,0	1,0-210,0
Ni	953	29,19 ± 1,50	158,96	17,0	0,0-741,0
Cu	953	51,69 ± 5,88	351,38	28,0	0,0-3572,0
Zn	952	71,65 ± 2,51	107,94	56,0	0,0-997,0
As	813	7,36 ± 0,35	135,33	5,0	0,0-123,0
Se	813	12,29 ± 1,14	264,93	4,0	0,0-242,0
Br	812	7,10 ± 0,54	218,31	2,0	0,0-155,0
Sr	953	168,64 ± 2,63	48,06	165,0	0,0-1835,0
Rb	813	82,12 ± 1,54	53,59	78,0	0,0-952,0
Zr	142	232,44 ± 9,39	48,15	232,5	23,0-633,0
Mo	140	9,76 ± 0,30	36,48	9,0	2,0-22,0
Pb	947	11,95 ± 0,44	113,05	7,0	0,0-112,0
Y	24	22,0 ± 3,01	64,14	16,5	6,0-60,0
Nb	24	10,54 ± 1,65	76,66	9,5	1,0-32,0

Cr > Rb > V > Zn > Cu > Ni > Y > Co > Se > Pb > Nb > Mo > As > Br. Установлено, что для почвенного покрова лесостепного и степного Поволжья характерно очень близкое к кларкам почв мира фоновое содержание K, Ti, Mn, V, As, Br, Co, Zn, Ni и Pb, более высокое содержание Ca, Cu, Zr, Mo и более низкое – Fe, Cr, Sr, Rb, Y. Для таких элементов, как Se и Nb, кларки почв мира не определены и требуют уточнения. По сравнению с кларками литосферы [3], Se в почвах региона накапливается в большей степени, а Nb – в меньшей.

Следует отметить, что отклонения от кларковых величин в меньшую или большую сторону для большинства элементов не существенны. Значимы они только для 5 из них. Так, в 5 раз выше кларка концентрация Mo, почти в 2 раза – Ca и Cu. Содержание в почвах региона Cr и Sr в 2 раза ниже кларковых показателей. Таким образом, в целом геохимический фон почвенного покрова лесостепного и степного Поволжья близок к почвам мира.

Заключение

Наши многолетние исследования показали, что “чистый” фон содержания макро- и микроэлементов, одинаково объективно отражающий геохимические особенности почв правобережья и левобережья, лесостепных и степных ландшафтов, конкретных типов и подтипов почв региона определить достаточно сложно. Причиной является высокая гетерогенность природных условий, почти повсеместное влияние техногенеза и трудности количественного учета привнесения вещества в процессе глобального переноса [16]. Поэтому за эталон при сравнительном анализе пространственного распределения большинства представленных в данной работе химических элементов мы предлагаем использовать средний уровень их содержания в почвах лесостепного и степного Поволжья (табл. 9), а также кларки для почв мира [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987.
2. *Алексеев В.А.* Геохимия ландшафта и

окружающая среда. М.: Наука, 1990.

3. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия: Учебник. М.: Логос, 2000.
4. Атлас земель Самарской области. Самара, 2002.
5. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии: Учебник. М.: Издательский центр “Академия”, 2003.
6. Касимов Н.С., Самонова О.А., Асеева Е.Н. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1992. № 8.
7. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989.
8. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 2.
9. *Махонько Э.П., Малахов С.Г., Вертинская Г.К.* Опыт исследования загрязнения почв металлами вокруг металлургических предприятий // Тр. ин-та эксперимент. метеорол. М., 1985. Вып.13 (128).
10. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989.
11. *Плохинский Н.А.* Алгоритм биометрии. М.: Изд-во МГУ, 1970.
12. Почвы Куйбышевской области. Куйбышев: Кн. изд-во, 1985.
13. Природа Куйбышевской области. Куйбышев: Кн. изд-во, 1990.
14. *Протасова Н.А., Конаева М.Т.* Почвенно-геохимическое районирование Воронежской области // Почвоведение, 1995. № 4.
15. *Протасова Н.А., Щербаков А.П.* Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003.
16. *Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А.* Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во “Самарский университет”, 1998.
17. *Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П.* Волжский бассейн: Экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996.
18. *Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др.*

- Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990.
19. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. 2003. Т.5. №2 (10).
20. Сорокина Е.П., Кулачкова О.Г., Онищенко Т.Л. Сравнительный геохимический анализ воздействий на окружающую среду промышленных предприятий различного типа // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. М.: ИМГ-РЭ, 1984.
21. Степанов А.М. Обоснование системы критериев для оценки химического загрязнения биосферы // Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду. М., 1985.
22. Учватов В.П., Учватов А.В. Биогеохимия тяжелых металлов в ландшафтах Среднего Поволжья // Тяжелые металлы в окружающей среде: Матер. междунар. симпозиума. Пушино: ОНТИ НЦБИ, 1997.
23. Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. Тольятти, 1994.
24. Экология города / Коллектив авторов. М.: Научный мир, 2004.
25. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. М.: Наука, 2003.
26. Dudka S. Naturalne zawartości kadmu i cynku w glebach polski i w wybranych roślinach jednoliściennych (Komunikat) // Pam. Puław. 1989. № 95.

CONCERNING THE BACKGROUND GEOCHEMICAL LANDSCAPE STRUCTURE IN FOREST-STEPPE AND STEPPE POVOLZHYE

© 2005 N.V. Prokhorova

Samara State University

Basing on the authors materials and other data the problem of background concentrations of K, Ca and heavy metals is discussed for the main landscape components of forest-steppe and steppe Povolzhye.