

УДК 550.42

## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ ДЖАЛИНДЫ (ВЕРХНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)

О.А. Сорокина\*, В.И. Киселев\*\*

\*Институт геологии и природопользования ДВО РАН  
67500, г. Благовещенск, пер. Релочный, 1  
E-mail: library@ascnet.ru

\*\*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН  
690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159  
E-mail: office@fegi.ru

Поступила в редакцию 26 июня 2008 г.

Проведен анализ химического состава почв днища и бортов долины реки Джалинды с помощью современных аналитических методик. Показано, что почвы днища долины, подвергшиеся техногенной нагрузке в связи с горным производством, характеризуются сложным геохимическим составом, обусловленным влиянием нескольких источников. Химический состав почв вне зоны влияния горного производства близок к среднему мировому составу почв и может служить в качестве оценки фоновых концентраций рассматриваемого района.

Ключевые слова: *р. Джалинда, химический состав почв, фоновые концентрации элементов.*

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема эволюции окружающей среды и прогноз ее развития в условиях природных и антропогенных изменений постоянно находится в сфере пристального внимания ученых. Одним из основных направлений фундаментальных исследований российской науки является разработка основ рационального природопользования. Решение данной проблемы включает несколько задач, одна из которых заключается в оценке загрязнения окружающей среды, что предполагает контроль и нормирование антропогенной нагрузки [Ильин, 1986].

Выяснение техногенной и естественной составляющей доли в загрязнении территорий невозможно без знаний региональных фоновых концентраций элементов, в том числе и тяжелых металлов. Характеристика территориальных закономерностей распределения элементов в почвах является основой для геохимической структуры и устойчивости ландшафтов к загрязнению. В этой связи в последние годы изучению этого вопроса уделяется повышенное внимание. В частности, установлены содержания тяжелых металлов в почвах и породообразующих породах юга Западной Сибири [Ильин, и др., 2000, 2003], южной тайги Русской равнины [Богатырев и др., 2003], Центрального Черноземья [Протасова, Щербаков, 2004], Байкальского биосферного заповедника [Санина, Пройдаков, 2005] и ряда других районов.

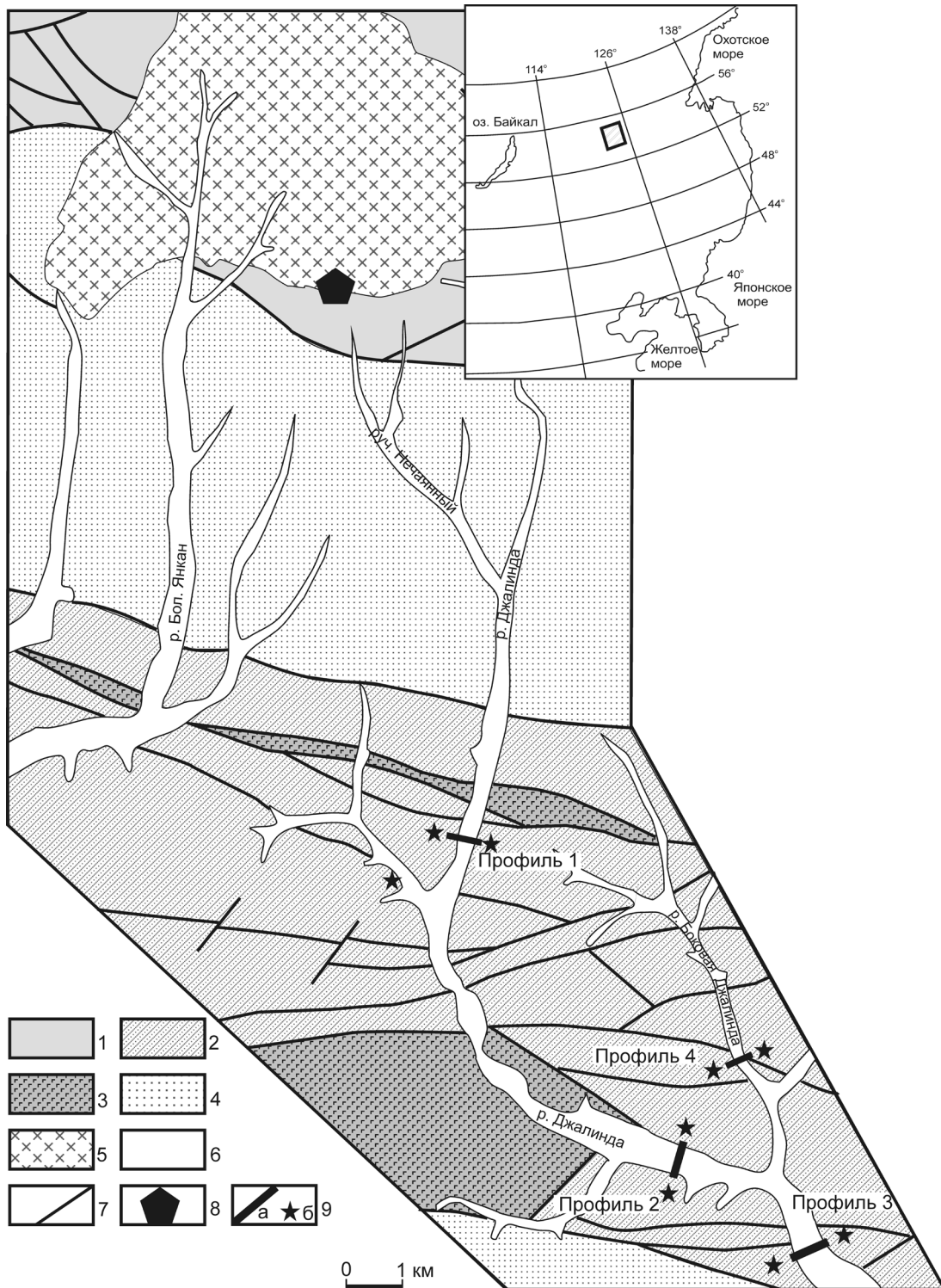
Отдельные аспекты изучения почв Дальневосточного региона [Ивашов, 2004; Рыбачук, Шляхов, 2005; Костенков, Ознобихин, 2006; Росликова,

2006] и техногенных поверхностных образований [Крупская и др., 2001; Шляхов, Осипов, 2004] освещены в работах, которые создают основу дальнейших исследований. Тем не менее, следует отметить, что перечисленные работы в большинстве своем опирались на полуколичественные методы исследования и достаточно узкий спектр химических элементов. Такой подход позволяет оценить лишь общие геохимические особенности почв того или иного района и степень их загрязнения. В тоже время многие вопросы, касающиеся, например, типизации источников загрязнения, закономерностей распределения химических элементов и т.д., остаются, как правило, нерешенными. В данной работе на примере одного из старейших районов золотодобычи показан опыт применения комплекса инструментальных методов исследования (РФА, ICP-AES, ISP-MS) элементного состава почв для реконструкции источников тяжелых металлов, а также оценки фоновых концентраций элементов вне зоны техногенного влияния.

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований являются почвы долины реки Джалинда (правый приток р. Уркан, бассейн р. Зея). Эти водотоки дренируют южные предгорья хребта Тукурингра – одного из основных орографических структур Дальнего Востока. Рельеф рассматриваемого района относится к низкогорному и равнинному типам.

Река Джалинда, как и большинство водотоков рассматриваемого региона, претерпела более чем



**Рис.1.** Схематическая геологическая карта бассейна верхнего течения р. Джалинда. Составлена по материалам ФГУП «Амургеология».

1 – глубоко метаморфизованные докембрийские(?) комплексы окраины Сибирского кратона; 2 – среднепалеозойские(?) образования Монголо-Охотского складчатого пояса (метавулканы основного состава, метаграувакки); 3 – среднепалеозойские(?) метагабро и метаультрабазиты офиолитового комплекса; 4 – средне-верхнеюрские конгломераты и песчаники; 5 – раннемеловые гранодиориты, кварцевые диориты Джалиндинского массива; 6 – верхнечетвертичные отложения речных долин; 7 – главные разломы; 8 – расположение отвалов обогатительной фабрики месторождения Кировское (Джалиндинское); 9 – расположение участков отбора образцов почв по профилям в пределах техногенного воздействия (а) и вне зон отработок (б).

На врезке прямоугольником показано расположение исследуемого участка.

вековую историю обработки россыпного месторождения открытым способом. В этой связи она имеет исключительно техногенно созданную долину, представленную сложным комплексом покрытых растительностью и открытых отвалов высотой до 5 м, искусственных водоемов, проток, и является оптимальным объектом для исследований антропогенного влияния на природные системы. В верховьях самой реки Джалинды расположено Кировское (Джалиндинское) золоторудное месторождение и целый ряд рудопроявлений, которые, вероятно, являются основными коренными источниками россыпей района. С 1934 по 1961 г. на этом месторождении интенсивно добывалось рудное золото, в связи с чем, была построена фабрика по извлечению золота из руд, что вносило значительный вклад в общую техногенную нагрузку на биогеоценоз долины реки. Кроме того, на территории месторождения были организованы склады бедной или труднообогатимой руды, пройдены многочисленные шахты и штольни, что обеспечивает поступление в долину металлов в различных формах (рудничные воды, твердый речной сток, пыль и др.) [История..., 2001].

Борта долины и водораздельные участки в целом не нарушены. Они покрыты лесом, в котором господствующей лесной породой является лиственница даурская. Кроме того, распространены специфические ландшафты – мари, представляющие собой преимущественно болота и заболоченные пространства. Характерными составляющими маревых ландшафтов являются небольшие перелески и куртины леса из лиственницы и березы, они приурочены к сопкам, небольшим повышениям и другим участкам и массивам, обладающим определенной степенью дренированности. Такие маревые пространства с беспорядочно разбросанными по ним куртинами леса являются лесомарью. Почвы рассматриваемой территории известны как бурые лесные, бурые таежные. В целом, изучаемый район позволяет оценить химический состав почв, развитых на участках, как подверженных техногенному воздействию, так и не претерпевших антропогенной нагрузки.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Почвы и почвогрунты, развитые в долине реки, имеют различное стадийное состояние почвенного профиля. Мощность гумусо-аккумулятивного горизонта крайне незначительна. Гранулометрический состав новых почвенных профилей обусловлен характером горной породы, на которой сформированы почвы. Образцы пробы почв были отобраны по трем профилям на бортах долины реки Джалинда, отстоящим друг от друга на первые километры, перпендикулярно долине, и один профиль, расположенный перпендикулярно долине реки Боковая

Джалинда (рис.1), с глубины 0–10 и 10–20 см. Важно отметить, что все четыре профиля расположены в сходной геологической ситуации, а именно, – в поле развития близких ассоциаций коренных пород. Общее количество точек в пределах каждого профиля составляло 5–6, при этом крайние точки всех профилей расположены на бортах долины, а остальные – в пределах ее днища. Вес отобранной пробы составлял более 0.5 кг. Из этого материала была выделена фракция частиц размером менее 1 мм.

Анализ элементного состава образцов почв выполнен сочетанием методов ICP-AES, ICP-MS в лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток), а так же рентгено-флуоресцентным методом в Институте геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск). Перечень элементов, проанализированных каждым из методов, приведен в табл. 1.

Вскрытие образцов для анализа методами ICP-AES и ICP-MS проводилось смесью азотной, хлорной

**Таблица 1.** Химический состав почв в пределах зоны отработок (днище долины р. Джалинды)

	Профиль 1					
	0-1-P, (0–10)	0-1-P, (10–20)	0-2-P, (0–10)	0-2-P, (10–20)	0-3-P, (0–10)	0-3-P, (10–20)
Ba	1109	729	580	609	871	810
Rb	81	80	76	75	75	83
Li	16,4	18,2	21,6	19,3	25,7	28,9
La	-	-	-	-	-	-
Ce	-	-	-	-	-	-
Pr	-	-	-	-	-	-
Nd	-	-	-	-	-	-
Sm	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-
Tb	-	-	-	-	-	-
Dy	-	-	-	-	-	-
Ho	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-
Y	16	15	19	16	19	26
Zr	138	130	164	163	202	197
Nb	11	12	12	12	12	14
Hf	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-
Ni	75	74	93	92	82	51
Co	12	11	21	18	16	16
Cr	241	157	162	182	184	89
V	24	42	85	75	91	< 5
Sc	-	-	-	-	-	-
Mo	0,89	3,98	7,75	4,11	12,3	9,08
Pb	60	77	51	43	26	51
Cu	995	1534	244	168	35	96
Zn	48	78	72	59	67	108
Be	-	-	-	-	-	-
Ti	3834	4128	5160	4626	5004	5466
Mn	438	435	971	856	929	914
P	859	910	677	572	608	850
Sr	463	451	268	281	191	267
As	33	48	30	33	13	29
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Таблица 1. Продолжение

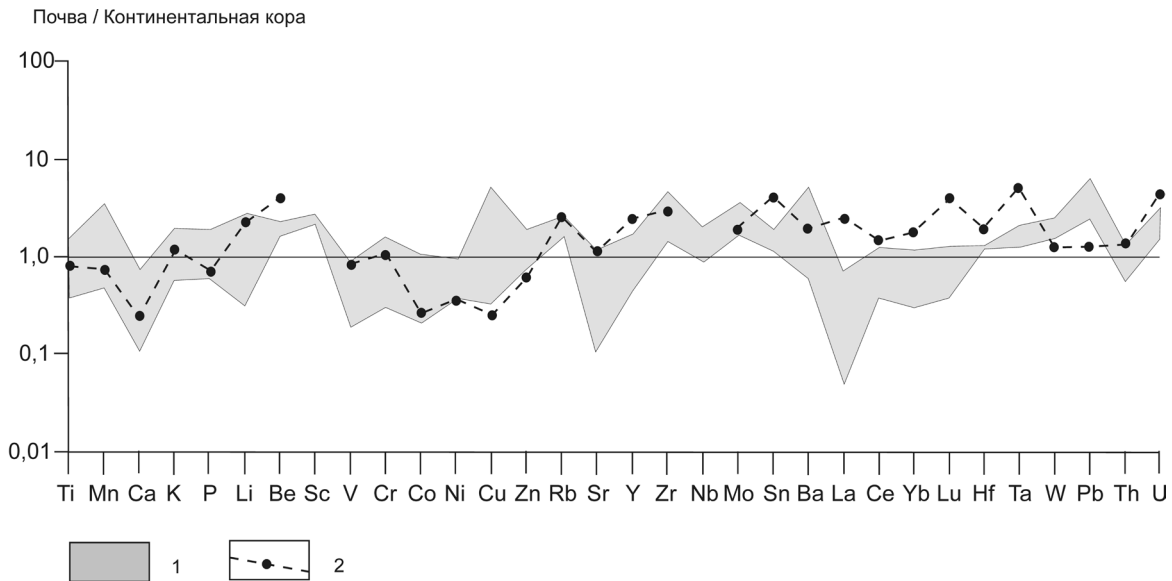
	Профиль 2					
	0-8-P, (10-20)	0-9-P, (0-10)	0-9-P, (10-20)	0-10-P, (0-10)	0-10-P, (10-20)	
Ba	827	616	600	813	783	
Rb	90	77	83	89	77	
Li	41,8	24,8	26,7	41,8	19,3	
La	-	-	-	-	-	
Ce	-	-	-	-	-	
Pr	-	-	-	-	-	
Nd	-	-	-	-	-	
Sm	-	-	-	-	-	
Eu	-	-	-	-	-	
Tb	-	-	-	-	-	
Dy	-	-	-	-	-	
Ho	-	-	-	-	-	
Er	-	-	-	-	-	
Tm	-	-	-	-	-	
Yb	-	-	-	-	-	
Lu	-	-	-	-	-	
Y	30	21	21	30	20	
Zr	215	218	205	220	245	
Nb	15	14	13	14	13	
Hf	-	-	-	-	-	
Ta	-	-	-	-	-	
Ni	57	81	80	59	60	
Co	16	17	18	19	12	
Cr	150	151	157	142	70	
V	72	65	77	57	6	
Sc	-	-	-	-	-	
Mo	< 1,0	< 1,0	1,11	< 1,0	1,6	
Pb	49	44	44	36	31	
Cu	47	59	61	48	23	
Zn	114	71	81	109	41	
Be	-	-	-	-	-	
Ti	6144	5136	5538	6318	4554	
Mn	880	849	880	1028	501	
P	848	654	712	908	438	
Sr	108	212	208	107	199	
As	2	15	16	3	1	
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
	Профиль 3					
	0-14-P, (0-10)	0-14-P, (10-20)	0-15-P, (0-10)	0-15-P, (10-20)	0-18-P, (0-10)	0-18-P, (10-20)
Ba	770	660	634	632	523	503
Rb	83	77	80	79	77	74
Li	27,6	19,3	20,8	21,3	28,3	25,7
La	-	-	-	-	-	-
Ce	-	-	-	-	-	-
Pr	-	-	-	-	-	-
Nd	-	-	-	-	-	-
Sm	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-
Tb	-	-	-	-	-	-
Dy	-	-	-	-	-	-
Ho	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-
Y	26	21	24	24	20	19
Zr	210	205	242	244	194	183
Nb	15	14	14	14	11	10
Hf	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-
Ni	53	70	59	58	85	85

Таблица 1. Окончание

	Профиль 3					
	0-14-P, (0-10)	0-14-P, (10-20)	0-15-P, (0-10)	0-15-P, (10-20)	0-18-P, (0-10)	0-18-P, (10-20)
Co	15	13	14	15	16	17
Cr	85	119	124	110	154	150
V	< 5	52	49	58	82	98
Sc	-	-	-	-	-	-
Mo	2,81	1,02	< 1,0	1,32	1,21	1,39
Pb	53	36	36	36	36	36
Cu	75	38	34	35	37	35
Zn	96	56	57	60	68	71
Be	-	-	-	-	-	-
Ti	5388	4686	5034	5094	4758	4608
Mn	727	982	587	668	908	938
P	792	454	621	598	586	571
Sr	229	223	195	203	156	168
As	28	1	0,6	0,5	8	7
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Профиль 4					
	0-36-P, (0-10)	0-36-P, (10-20)	0-37-P, (0-10)	0-37-P, (10-20)	0-38-P, (0-10)	0-38-P, (10-20)
Ba	506	509	290	763	638	536
Rb	42	57	15	68	65	52
Li	-	-	-	-	-	-
La	9,72	9,66	6,34	12,37	3,06	1,77
Ce	35,59	31,23	34,07	54,02	29,81	28,21
Pr	2,83	2,68	2,49	4,36	1,11	0,70
Nd	12,65	11,64	11,99	19,04	4,63	2,90
Sm	3,27	2,78	3,48	4,73	0,97	0,70
Eu	0,94	0,87	1,29	1,39	0,34	0,26
Tb	0,54	0,49	0,73	0,80	0,15	0,11
Dy	3,40	2,96	4,54	4,71	0,79	0,69
Ho	0,58	0,48	0,79	0,79	0,15	0,12
Er	1,84	1,62	2,58	2,52	0,51	0,43
Tm	0,32	0,27	0,48	0,43	< 0,1	< 0,1
Yb	2,32	1,87	3,18	2,91	0,69	0,56
Lu	0,30	0,26	0,46	0,40	< 0,1	< 0,1
Y	18,44	16,66	27,04	25,17	3,96	2,97
Zr	139	113	168	188	135	152
Nb	21	17	25	31	31	31
Hf	3,3	2,7	3,9	4,3	3,1	3,6
Ta	1,1	0,9	1,3	1,7	1,7	1,8
Ni	191	157	316	166	78	96
Co	42	33	67	45	39	40
Cr	386	390	563	458	277	245
V	158	149	121	96	85	96
Sc	64	84	95	78	67	66
Mo	1,94	1,55	1,77	3,24	2,47	1,49
Pb	24	19	21	24	32	31
Cu	105	72	190	130	48	58
Zn	146	119	210	178	203	220
Be	2,6	2,2	2,6	2,8	2,4	3,0
Ti	3413	3131	8072	9295	8996	9899
Mn	4521	2275	3974	5198	7887	5694
P	-	-	-	-	-	-
Sr	76	77	62	86	49	46
As	25	20	34	33	17	22
Cd	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2

Примечание. 0-10 и 10-20 – глубина отбора образца. Содержание элементов даны в г/т, прочерк – нет данных.

и фтористоводородной кислот в платиновых тиглях. Определение содержания элементов проводили количественным методом с использованием стандартных образцов JG-3 и JSI-1 геологической службы



**Рис. 2.** Графики распределения элементов в почвах вне зоны отработок в сравнении со средним составом почв по [Виноградов, 1957].

1 – поле вариаций коэффициентов концентрации элементов в почвах вне зоны отработок, 2 – коэффициенты концентрации элементов в почвах вне зоны отработок по А.П. Виноградову. Использован состав континентальной коры по [Taylor, McLennan, 1995; McLennan, 2001].

Японии с помощью спектрометров Plasmaquant 110 (Analytik Jena) и Agilent 7500 C (Agilent Technologies) в обычном режиме. Расчеты содержаний исследуемых элементов в пробах проводили, используя программное обеспечение спектрометров. Относительное стандартное отклонение для всех элементов не превышало 5,0 %.

Подготовка образцов для рентгено-флуоресцентного анализа заключалась в приготовлении брикета с использованием пресса HERZOG. Последующий элементный анализ выполнен с использованием стандартных образцов СЧТ-1, СП-1, СП-3, СКК-1, СКР-1 на спектрометре Pioneer S4 (Bruker) в стандартном режиме. Расчеты содержания исследуемых элементов в пробах проводили с помощью программного пакета, имевшегося в обеспечении спектрометра. Относительное стандартное отклонение для всех элементов не превышало 5–10 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы, отобранные в пределах бортов долины реки Джалинды и ее левого притока – Боковой Дажалинды вне зоны горных работ, характеризуются наименьшим загрязнением, в связи с чем, они, а также образцы, отобранные вне зоны отработок (рис. 1), могут быть использованы для расчета среднего состава незараженных почв, рассматриваемого района (табл. 2).

Для удобства восприятия содержания химических элементов в этих образцах нормированы к составу континентальной коры [Taylor, McLennan,

1995], а единичные графики их распределения объединены на рис. 2 в виде соответствующего поля или области. Анализ этого рисунка свидетельствует о том, что рассматриваемые почвы достаточно близки по своим геохимическим особенностям составу континентальной коры. В целом, химический состав почв вне зоны горных работ характеризуется определенным избытком Cu, Pb, Zr, Mo, Ba, некоторым дефицитом Sr, Ca, V, легких лантаноидов (рис. 2). К такому же заключению можно прийти и при сравнении почв рассматриваемого района и среднего химического состава почв по А.П. Виноградову [1957]. С одной стороны, это может объясняться местными геохимическими условиями, с другой, – не исключено, что относительное концентрирование некоторых указанных элементов связано с оподзоливанием почв, и такие процессы описаны на примере почв южной тайги Русской равнины и других регионов [Богатырев и др., 2003].

Достаточно широкие вариации содержаний большинства элементов (рис. 2) в почвах исследуемого района могут свидетельствовать о том, что их поступление в почву происходит напрямую из коренных горных пород контрастного состава, минуя системы промежуточных коллекторов (например, кор выветривания), где обычно происходит сближение химического состава продуктов выветривания, формирующихся на минералогически разных породах [Сорокина, Киселев, 2006].

Имеющиеся данные позволяют также оценить распределение редкоземельных элементов в почвах, расположенных по бортам долины. Их суммарные

Таблица 2. Химический состав почв вне зоны обработок, г/т

Номер образца	0-4-P, (0-10)	0-4-P, (10-20)	0-5-P, (0-10)	0-5-P, (10-20)	0-12-P, (0-10)	0-12-P, (10-20)	0-7-P, (0-10)	0-7-P, (10-20)	0-13-P, (0-10)
Ba	432	474	400	286	672	843	193	501	675
Rb	72	73	67	71	77	77	59	96	78
Li	14,8	20,2	8,5	14,6	19,9	20,5	4,1	35,5	19,3
La	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ce	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nd	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dy	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ho	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Er	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	16	18	12	15	22	20	13	34	20
Zr	168	145	229	179	217	245	457	279	234
Nb	11	11	10	13	13	12	9	16	13
Hf	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	85	82	589	91	65	61	79	40	69
Co	21	29	32	20	15	13	15	16	17
Cr	230	210	2007	55	236	70	56	87	298
V	154	154	90	213	56	9	83	97	44
Sc	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo	2,24	2,83	< 1,0	3,04	< 1,0	1,78	1,99	< 1,0	< 1,0
Pb	43	49	43	34	31	44	26	41	27
Cu	288	385	-	195	44	28	69	34	58
Zn	80	71	89	66	70	59	132	118	74
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	5604	5706	3216	8226	4782	4680	2958	6558	4668
Mn	1031	1046	930	744	1163	667	2263	674	1961
P	1231	809	688	852	795	638	1997	607	930
Sr	231	218	213	112	286	304	217	108	301
As	105	117	24	29	8	8	18	11	4
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Номер образца	0-13-P, (10-20)	0-17-P, (0-10)	0-17-P, (10-20)	0-35-P, (0-10)	0-35-P, (10-20)	0-39-P, (0-10)	0-39-P, (10-20)	0-6-P, (0-10)	0-6-P, (10-20)
Ba	1301	305	311	149	479	607	640	178	354
Rb	77	75	79	82	82	76	78	59	80
Li	21,1	19,3	20,2	-	-	-	-	14,6	5,5
La	-	-	-	0,76	2,68	10,64	11,64	-	-
Ce	-	-	-	12,90	27,70	39,92	40,96	-	-
Pr	-	-	-	0,28	0,92	3,12	3,79	-	-
Nd	-	-	-	1,32	3,90	14,01	16,81	-	-
Sm	-	-	-	0,27	0,94	3,48	4,19	-	-
Eu	-	-	-	0,12	0,32	0,97	1,12	-	-
Tb	-	-	-	< 0,1	0,15	0,57	0,64	-	-
Dy	-	-	-	0,54	0,89	3,46	3,93	-	-
Ho	-	-	-	< 0,1	0,1460	0,628	0,7135	-	-
Er	-	-	-	0,41	0,51	1,91	2,22	-	-
Tm	-	-	-	< 0,1	0,11	0,34	0,40	-	-
Yb	-	-	-	0,67	0,81	2,34	2,58	-	-
Lu	-	-	-	0,10	0,11	0,34	0,39	-	-
Y	22	26	35	20	21	24	25	9	29
Zr	206	316	344	212	202	216	208	317	298
Nb	13	13	12	16	16	13	13	7	13
Hf	-	-	-	3,9	3,8	3,7	3,6	-	-
Ta	-	-	-	1,7	1,7	1,1	1,0	-	-
Ni	70	62	44	81	85	89	84	99	68
Co	14	19	16	23	26	18	20	14	20
Cr	185	155	119	219	200	255	283	128	208
V	51	107	109	54	66	121	121	110	120

Таблица 2. Окончание

Номер образца	0-13-P, (10-20)	0-17-P, (0-10)	0-17-P, (10-20)	0-35-P, (0-10)	0-35-P, (10-20)	0-39-P, (0-10)	0-39-P, (10-20)	0-6-P, (0-10)	0-6-P, (10-20)
Sc	-	-	-	63	82	67	75	-	-
Mo	2,81	1,71	< 1,0	2	2	2	2	3,59	< 1,0
Pb	27	27	27	34	36	20	19	19	43
Cu	45	82	102	25	37	60	50	65	52
Zn	68	63	64	148	152	97	101	77	76
Be	-	-	-	2,7	3,3	2,4	2,9	-	-
Ti	4692	4470	4686	7056	7422	6120	6090	2892	9010
Mn	992	3519	915	4449	3945	1418	1318	1348,5	1999,5
P	638	1302	1498	869	721	847	738	1236	1171
Sr	287	253	260	109	99	197	161	164	186
As	7	16	13	6	10	14	15	17	12
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	< 0,5	< 0,5

содержания в почвах на бортах долины реки Джалинда очень низкие 17–89 г/т (табл. 2), а сам спектр слабо дифференцирован, что подчеркивается практически горизонтальным графиком хондрит-нормализованных содержаний (рис. 3) и величиной отношения  $(La/Yb)_n = 0,8-3,2$ . Обращает на себя внимание отчетливо выраженная положительная Се-аномалия. Говорить о природе этой аномалии в настоящее время не представляется возможным. С одной стороны известно об избирательной сорбции Се гидроокислами железа [Дубинин, Волков, 1989], но нельзя исключать и аккумуляции его бактериальным путем, поскольку Се является биофильным элементом.

Почвы днища долины реки Джалинда, испытавшие длительную и интенсивную техногенную нагрузку в результате освоения месторождения россыпного золота, характеризуются весьма сложным химическим составом (табл. 1), что, вероятно, обусловлено влиянием нескольких источников. Поскольку этот вопрос достаточно подробно был рассмотрен ранее [Сорокина, Киселев, 2006], остановимся лишь на основных особенностях состава этих почв. Для уточнения характера загрязнения почв нами были рассчитаны также коэффициенты концентрации (Кк) – отношение содержания микроэлементов в почве к условному кларку элемента

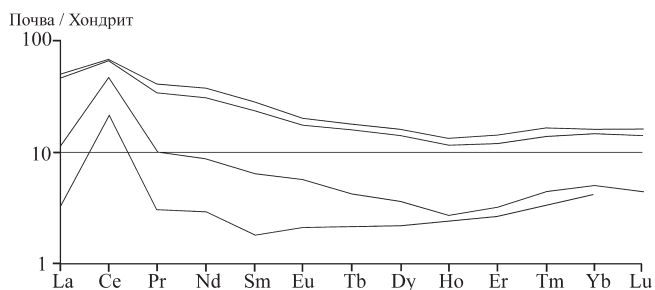


Рис. 3. Графики распределения редкоземельных элементов в почвах вне зоны отработок. Использован состав хондрита по [McDonough, Sun, 1995].

в верхней континентальной коре по С. Тейлору и С. Макленнану [Taylor, McLennan, 1995] (табл. 3). Анализ этих данных и повышенные концентрации в почвах днища долины реки Джалинда таких элементов, как Со, Ni, Ст, в меньшей степени – Mn,

Таблица 3. Пределы вариации коэффициентов концентрации (Кк) элементов в почвах долины р. Джалинда относительно верхней континентальной коры по С. Тейлору и С. Макленнану [Taylor, McLennan, 1995; McLennan, 2001]

Элементы	Профиль 1	Профиль 2	Профиль 3	Профиль 4
Слой 0–10 см				
Ba	1–2	1,1–1,5	1,0–1,4	1–1,5
Rb	0,7	0,7–0,8	0,7	0,8–0,9
Y	0,7–0,9	1–1,4	0,9–1,2	1–1,1
Zr	0,7–1,1	1,2	1,1–1,3	0,9–1
Nb	0,9–1,0	0,2–1,2	1,1–1,2	1,1–1,4
Ni	1,7–2,1	1,3–1,8	1,2–1,9	1,4–3,6
Co	0,7–1,2	1,0–1,1	0,9–1,0	1,5–2,2
Cr	3,4–7,3	2,2–3,5	1,0–3,3	1,9–3,4
V	0,2–0,9	0,5–0,6	0,5–0,8	1,4–2
Mo	0,6–8,2	0,3	0,8–1,9	1,2–1,6
Pb	1,5–3,5	2,1–2,6	2,1–3,1	0,9–1,1
Cu	1,4–55,8	1,5–3,1	1,4–4,9	0,4–4,3
Zn	0,9–1,2	1,2–1,6	1–1,5	1,4–2,1
Mn	0,9–2,3	2,1–2,5	1,6–2,5	4,9–11,2
P	0,8–0,9	0,8	0,8–0,9	1,0–1,1
Sr	0,6–1,6	0,3–0,8	0,6–1,1	0,2–0,4
As	22–153	6–63	5–136	-
Слой 10–20 см				
Ba	1,1–1,5	1,1–1,5	0,9–1,2	1,0–1,4
Rb	0,7	0,7–0,8	0,7	0,8
Y	0,7–1,2	0,9–1,4	0,9–1,1	0,9–1,2
Zr	0,7–1,0	1,1–1,3	1,0–1,3	0,9–1,2
Nb	1–1,2	1,1–1,3	0,8–1,2	1,0–1,4
Ni	1,2–2,1	1,1–1,4	1,3–1,9	1,5–2,4
Co	0,7–1,1	0,7–1,1	0,8–1,0	1,4–1,6
Cr	0,7–5,5	1,4–3,4	2,1–3,9	1,9–3,4
V	0,4–0,7	0,6–0,7	0,5–0,9	1,4–1,5
Mo	2,7–6,1	0,3–1,2	0,7–0,9	1,0–2,2
Pb	2,5–4,5	1,8–2,9	2,1	0,9–1,1
Cu	6–79	1,2–3,1	1,3–2,3	0,5–3,0
Zn	1,1–1,6	0,9–1,6	1–1,1	1,2–2,1
Mn	0,9–2,3	1,3–2,3	1,7–2,6	3,2–8,0
P	0,8–1,0	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,2
Sr	1,0–1,6	0,3–1,9	0,6–0,8	0,3–0,4
As	132–690	4,7–57,3	4,7–23,3	-

на наш взгляд, отражают минералого-геохимические особенности коренных пород, в которых широко распространены хромит, оливин, орто- и клинопироксены. С другой стороны, положительные аномалии в почвах Cu, Pb, Mo, As, по видимому, связаны с процессами разрушения раннемеловых гранитоидов, содержащих кварц-сульфидное оруденение, при эксплуатации золоторудного месторождения, находящегося в верховьях реки Джалинды (рис. 1). При этом, ассоциация химических элементов соответствует набору сульфидных минералов, содержащихся в рудах (халькопирит, пирротин, арсенопирит, галенит, молибденит и др.). Подтверждением этого вывода является также характер распределения элементов в почвах вдоль долины реки. В частности, коренные породы оказывают равноммерное влияние на состав почв долины в целом, а золоторудный источник обуславливает локальное, но весьма интенсивное загрязнение почв участка, наиболее приближенного к месторождению и горно-обогатительному комбинату, и его роль вниз по долине резко снижается [Сорокина, Киселев, 2005].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Химический состав почв рассматриваемого района вне зоны горных работ характеризуется наименьшим загрязнением и может служить в качестве первой оценки фоновых концентраций. Для него характерны незначительный избыток Mn, Sc, Cr, Cu, Cd, Cs и дефицит Be, Y, Sn, Hf, Ta, легких лантаноидов. Образцы почв долины реки Джалинда, отобранные вне зоны влияния золотодобычи, нормированные по верхней континентальной коре [Taylor, McLennan, 1995; McLennan, 2001] в целом соответствуют химическому составу мировых почв [Виноградов, 1957].

2. Почвы долины реки Джалинды, подвергшиеся техногенной нагрузке в связи с горным производством, характеризуются сложным геохимическим составом, который обусловлен несколькими источниками. Источником 1-го типа являются разрушенные коренные горные породы, развитые непосредственно в пределах изученного участка, источником 2-го типа – оруденелые горные породы и отвалы горно-обогатительной фабрики, развитые в верховьях р. Джалинда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богатырев Л.Г., Ладонин Д.В., Семенюк О.В. Микроэлементный состав некоторых почв и почвообразующих пород южной тайги Русской равнины // Почвоведение. 2003. № 5. С. 568–576.
- Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
- Дубинин А.В., Волков И.И. Механизм накопления редкоземельных элементов на гидроксидах железа в океане // Геохимия. 1989. № 8. С. 1089–1100.
- Ивашов П.В. География, минералогия и геохимия почв зоны БАМ. Владивосток: Дальнаука, 2004. 149 с.
- Ильин В.Б. О нормировании тяжелых металлов в почве // Почвоведение. 1986. № 9. С. 90–97.
- Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаева Г.А. и др. Содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах юга Западной Сибири // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1086–1090.
- Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаева Г.А. и др. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири // Почвоведение. 2003. № 5. С. 550–556.
- История геологических исследований и развития горного промысла в Верхнем Приамурье (документы, материалы, воспоминания). Благовещенск: ПКИ «Зея», 2001. 432 с.
- Костенков Н.М., Оздобихин В.И. Почвы и почвенные ресурсы юга Дальнего Востока и их экологическое состояние // Почвоведение. 2006. № 5. С. 517–526.
- Крупская Л.Т., Саксин Б.Г., Ивлев А.М. и др. Оценка трансформации экосистем под воздействием горного производства на юге Дальнего Востока. Хабаровск: Хабаровский гос. тех. университет, 2001. 193 с.
- Протасова Н.А., Щербаков А.П. Особенности формирования микроэлементного состава зональных почв Центрального Черноземья // Почвоведение. 2004. № 1. С. 50–59.
- Росликова В.И. Почвы Приамурья. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006. 161 с.
- Рыбачук Н.А., Шляхов С.А. Почвенно-картографические исследования в Амурской области: итоги и перспективы // Труды дальневосточного отделения Докучаевского общества почвоведов. Почвы и почвенный покров российского Дальнего Востока. Т. 2. Владивосток: Изд-во ДВО ДОП РАН, 2005. С. 65–78.
- Санина Н.Б., Пройдакова О.А. Химический состав почв Байкальского Биосферного Заповедника (к проблеме деградации пихтовых лесов) // Почвоведение. 2005. № 1. С. 74–81.
- Сорокина О.А., Киселев В.И. Загрязнение почв в зоне освоения Джалиндинского россыпного и рудного месторождений золота в Приамурье // Экология и промышленность России. 2005. № 7. С. 24–28.
- Сорокина О.А., Киселев В.И. Анализ химического состава почв долины реки Джалинда // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокиология. 2006. № 5. С. 425–432.



Шляхов С. А., Осипов С. В. Техногенные поверхностные образования на месте разработки россыпных месторождений золота (Буреинское нагорье, Дальний Восток) // Почвоведение. 2004. № 10. С. 1250–1258.

McDonough W.F., Sun S. The composition of the Earth // Chem. Geol. 1995. V.120. № 3–4. P. 223–253.

McLennan S.M. Crustal heat production and the thermal evolution of Mars // Geophys. Res. Lett. 2001. V. 28(21). P. 4019–4022.

Taylor S.R., McLennan S.M. The geochemical evolution of the continental crust // Rev. Geophys. 1995. V 33. P. 241–265.

Рецензент доктор геол.-мин. наук Н.А. Григорьев

## THE CHEMICAL COMPOUND SOIL FEATURES OF THE DZHALINDA RIVER'S VALLEY (UPPER AMUR REGION)

O.A. Sorokina\*, V.I. Kiselev\*\*

\**Institute of Geology and Nature Management, Far East Branch of RAS*

\*\**Far East Geological Institute Far East Branch of RAS*

A chemical analysis of soils in the Dzhalinda River's valley bottom and slopes has been carried out using the advanced analytical techniques. It is shown that the valley bottom soils had been exposed to mining operations are characterized by a complex geochemical compound due to several sources influence. Beyond zone of such operations a soil chemical composition is close to the average world-wide ones, so it may serve for evaluation of background element concentrations of the area.

Key words: *Dzhalinda River, ground chemical compound, background element concentration.*