

Оценка фонового состояния территории молибденового месторождения Жарчиха в связи с его предстоящей отработкой

С.Г.ДОРОШКЕВИЧ, О.К.СМИРНОВА, А.М.ПЛЮСНИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН); 670047, г.Улан-Удэ, ул.Сахьяновой, д.6а)

Проведена оценка фонового состояния территории молибденового месторождения Жарчиха на начальном этапе его освоения. В поверхностных водах отмечается повышенное содержание P, S, Br, Sr, Mo, Cd и U по сравнению с водой р.Селенга; в подземных — Mo, Al и Cd. В почвах содержание химических элементов находится в пределах местных фоновых значений. В повышенных концентрациях относительно местного фона отмечаются ассоциации Zn, Cd, Pb и Mo по аномальным точкам в проектном контуре карьера.

Ключевые слова: молибденовое месторождение, гидрохимическое исследование, эколого-геохимическое опробование, фоновое состояние.

Дорошкевич Светлана Геннадьевна, sv-dorosh@mail.ru

Смирнова Ольга Константиновна, meta@gin.bscnet.ru

Плюснин Алексей Максимович, plusnin@gin.bscnet.ru

Estimation of a background condition of the Zharchikha molybdenum deposit area to a relation with its mine development

S.G.DOROSHKOVICH, O.K.SMIRNOVA, A.M.PLYUSNIN

The estimation of a background condition of the Zharchikha molybdenum deposit area was carried out at the initial stage of its mining. The surface waters contain a higher amount of P, S, Br, Sr, Mo, Cd and U compared to Selenga River water. Underground waters are enriched in Mo, Al and Cd. An amount of chemical elements in the soils is in range of local background values. The anomalous points within contour of an open-cut are characterized by higher Zn, CD, Pb and Mo concentration associations compared to local background.

Key words: molybdenum deposit, hydrochemical research, ecologogical-geochemical sampling, background condition.

Отработка новых месторождений способствует извлечению химических элементов из природной среды; изменению состава, соотношения, условий миграции химических элементов; созданию новых химических веществ; поступлению продуктов техногенеза в окружающую среду [3]. В связи с этим, оценка фонового состояния территории месторождений на начальном этапе его освоения необходима для последующего наблюдения за изменением состояния окружающей среды.

Жарчихинское молибденовое месторождение расположено в Тарбагатайском районе Республики Бурятия, в 10 км севернее райцентра села Тарбагатай и в 40 км южнее столицы Бурятии — г.Улан-Удэ. Занимает водораздельную часть и склоны верховья падей Жарчиха и Егорова. Рельеф расчлененный среднегорный с останцовыми скалистыми грядами, частично засыпанными супесчано-золотыми аллохтонными образованиями, которые фрагментарно отмечаются и на вершинах водоразделов. Крутизна склонов 15—30 ; относительное превышение водораздела над тальвегами падей Жарчиха и Егорова 190 м.

Рудное поле месторождения сложено на 90% позднепалеозойскими гранитоидами бичурского (PZ_{3b}) и куналейского (PZ_{3k}) комплексов. Незначи-

тельный объем вмещающих пород (10%) составляют диориты джидинского (PZ_{1d}) комплекса. Бичурский комплекс представлен крупно- и среднезернистыми биотит-амфиболовыми кварцевыми сиенитами (ранняя фаза) и средне- и мелкозернистыми двуполовошпатовыми гранитами (поздняя фаза). Кварцевые сиениты отмечаются в центральной части рудного поля; граниты — в северной и северо-восточной части. Около 50% объема пород в пределах рудного поля занимают субщелочные сиениты куналейского комплекса, представленные среднезернистыми порфиридовидными биотит-амфиболовыми разностями. На флангах месторождения в сиенитах и гранитах бичурского и куналейского комплексов в большом количестве встречаются ороговикованные ксенолиты диоритов, микродиоритов, гибридных сиенит-диоритов джидинского комплекса.

По данным разведочных работ месторождение представлено одним рудным телом — крутопадающим столбообразным штокверком. Выделяются два основных промышленных типа руд: сульфидные (первичные) и окисленные. К сульфидным отнесены руды с содержанием окисленного молибдена не более 20%, к окисленным — 50%. Сульфидные руды со-

ставляют 83% запасов месторождения в контуре открытой разработки, окисленные руды — 13% и смешанные 4% от общих запасов. Содержание общего молибдена в рудах колеблется от сотых долей до 1%. Основной полезный компонент — молибден, представленный молибденитом в первичных рудах и ферримолибдитом в окисленных. В качестве попутного компонента возможно извлечение пирита, в перспективе — флюорита. Предполагается разработка месторождения открытым способом.

Территория молибденового месторождения Жарчиха расположена в пределах горно-таежного и горного лесостепного типов ландшафта. Почвообразующие породы — делювиальные четвертичные отложения. В пределах месторождения выделены горные подтаежные щебнистые маломощные глубокопромерзающие почвы и горные дерновые лесные маломощные малогумусовые глубокопромерзающие почвы в соответствии с общепринятой классификацией [5]. Горные подтаежные щебнистые маломощные глубокопромерзающие почвы приурочены к наиболее высоким отметкам исследованной территории (800—940 м). По содержанию органического вещества и количеству химических элементов они относятся к почвам с высоким уровнем естественного плодородия. Неблагоприятные свойства этих почв — укороченность почвенного профиля, его скелетность, легкий гранулометрический состав (супесчаный). Горные дерновые лесные маломощные почвы формируются в условиях жесткого гидротермического режима и обладают неблагоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами: малой мощностью гумусового горизонта (7—20 см), легким гранулометрическим составом (песчаный и супесчаный), средне- и слабокислой реакцией среды, очень низким содержанием органического вещества и нитратного азота, слабой насыщенностью почв основаниями, что определяет их низкое естественное плодородие. В составе растительного покрова в пределах месторождения преобладает лесная растительность и сукцессионные серии. Лесной тип растительности представлен преимущественно светлохвойными лесами (сосновый лес). В границах лицензионного участка молибденового месторождения Жарчиха выделено 5 типов соснового леса: петрофитный остепненно-разнотравный; ксерофитно-низкотравный беспокровный; беспокровный; горелый мертвопокровный; рододендроновый разнотравно-брусничный. Сукцессионные серии представлены гарями 10—15-летней давности, фитоценоз которых характеризуется остепнением злаково-разнотравной травянистой растительности и на большей территории возобновлением сосны обыкновенной и зарастанием порослевой березой.

Произведено гидрохимическое исследование поверхностных (ручей пади Кучина, р.Куйтунка, р.Селенга) и подземных вод в пределах лицензионного участка и в зоне экологического влияния молибденового месторождения Жарчиха.

Вода р.Селенга пресная, ее минерализация не превышает 0,15 г/дм³. По химическому составу эта вода относится к сульфатно-гидрокарбонатному магниевому-натриево-кальциевому типу. Кислотно-основной показатель среды (рН) равен 7,9—8,1. В р.Куйтунка вода общей минерализации 0,501—0,546 г/дм³, по химическому составу относится к гидрокарбонатному натриево-магниевому-кальциевому типу. Кислотно-основной показатель среды (рН) в реке 8,26. Содержание фтора достигает 4,88—5,61 мг/дм³. В ручье пади Кучина вода имеет общую минерализацию 0,358—0,486 г/дм³, по химическому составу она относится к гидрокарбонатному кальциевому-натриево-магниевому типу. Кислотно-основной показатель среды (рН) в ручье 8,17—8,87. Содержание фтора достигает 4,25—4,45 мг/дм³.

Микроэлементный состав поверхностных вод района различный в реках и ручье, что связано в значительной мере с геохимическими особенностями горных пород, в пределах которых происходит формирование их ресурсов и химического состава (табл. 1). Наиболее существенные различия наблюдаются в содержании P, S, Br, Sr, Mo, Cd и U. Эти элементы в более высоких концентрациях обнаружены в воде ручья пади Кучина и р.Куйтунка, чем в воде р.Селенга. В основном относительно высокие содержания микроэлементов, по мнению авторов, связаны с процессами выщелачивания их из песчаных отложений, перекрывающих коренные породы на водосборной площади. Исключение вероятно составляют только Mo, Cd и U, относительно повышенная концентрация которых может быть связана с воздействием геохимического облика коренных пород и заключенной в них сульфидной минерализации.

Подземные воды на обследуемой территории вскрыты несколькими скважинами (в т.ч. самоизливающимися); имеется несколько источников подземных вод. Общая минерализация подземных вод составляет 0,239—0,439 г/дм³, по химическому составу они относятся к гидрокарбонатному натриево-магниевому-кальциевому типу. Водородный показатель (рН) 7,82, содержание фтора достигает 2,68—10,2 мг/дм³. В верховье пади Жарчиха подземные воды содержат значительные количества Mo, Al, Cd (см. табл. 1). Это вероятно связано с окислительным разрушением сульфидной минерализации на месторождении, так как одновременно возрастает и содержание серы в растворе.

Для оценки фонового состояния почв территории молибденового месторождения Жарчиха было проведено эколого-геохимическое обследование с плотностью отбора 15 проб на 1 км²; общее количество проб — 362. Методика отбора проб почв соответствовала публикации [9] с учетом рекомендаций работ [1, 8, 10, 11]. Опробован верхний горизонт почв (горизонт А1, до глубины 10—15 см) на содержание химических элементов класса 1 (As, Hg, Cd, Pb, Zn),

1. Микроэлементный состав поверхностных и подземных вод (в мкг/дм³)

Элемент	Поверхностные воды (n=2)			Подземные воды		
	Ручей пади Кучина	р.Куйтунка	р.Селенга	Скважина в поселке геологов	Скважина в верховье пади Жарчиха	Источник в верховье пади Егорова
Li	12,1—13,6	19	3,40—3,55	12,7	17	7,8
Be	0,008	0,008	0,008	0,022	7,3	0,023
B	30—31	24—27	7,2—8,4	18	14,1	9,6
Al	2,9—9,9	7,4—12,7	21—28	2,9	785	8,2
Si	185—1893	1690—1863	1473—1505	2715	9272	3170
P	21—62	62—65	5,9—11,2	58	18	94
S	7870—8183	13661—21545	2741—2942	12011	36316	4252
Ti	0,08—0,43	0,23—0,55	0,58—0,80	0,08	2,10	0,22
V	1,15—1,27	1,22—1,51	0,53—0,65	0,54	0,11	0,77
Cr	0,41—0,47	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Mn	1,68—2,58	4,96—38	7,1—9,4	6,1	83	3,61
Fe	8—17	15—36	131—143	44	123	13,5
Co	0,052—0,083	0,098—0,099	0,050—0,058	0,074	0,78	0,053
Ni	0,31—0,41	0,48—0,64	0,41—0,45	1,18	1,40	0,45
Cu	1,28—1,52	1,30—1,57	0,93—1,06	1,19	3,26	1,33
Zn	3,41—4,36	3,18—6,1	1,59—2,89	4,81	139	4,46
As	0,58—0,61	0,71—0,82	0,64—0,77	0,48	0,52	0,31
Se	0,45—1,10	0,26—0,35	0,05	0,82	0,05	0,05
Br	91—105	121—192	9,2—14,2	111	29	26
Rb	1,00—1,32	0,32—0,39	0,43—0,45	0,22	51	0,77
Sr	729—970	747—797	131—135	387	181	269
Y	0,093—0,12	0,078—0,085	0,080—0,082	0,012	5,0	0,14
Zr	0,039—0,056	0,049—0,070	0,068—0,086	0,041	0,23	0,025
Mo	10,2—12,6	11,4—18	1,08—1,31	51	1344	16
Ag	0,0088—0,017	0,0049—0,0082	0,0049—0,0092	0,013	0,021	0,0043
Cd	0,18—0,2	0,18—0,33	0,049—0,054	0,49	9,4	0,27
Sn	0,054—0,073	0,036—0,11	0,056—0,072	0,13	0,11	0,081
Sb	0,062	0,042—0,064	0,028—0,055	0,055	0,12	0,049
Cs	0,032—0,062	0,019—0,030	0,010—0,013	0,032	1,32	0,033
Ba	18—23	32—33	11,2—11,6	7,4	11,0	9,2
W	0,068—0,079	0,028—0,049	0,020—0,031	0,042	0,18	0,016
Tl	0,0063—0,0079	0,0025—0,0033	0,0022—0,0027	0,0004	1,56	0,020
Pb	0,06	0,06	0,06—0,29	0,06	0,31	0,06
Th	0,0005	0,0005—0,0081	0,013—0,016	0,0005	0,050	0,0005
U	44—50	40—44	1,28—1,32	30	4,83	2,76

класса 2 (Cr, Cu, Mo, Ni) и класса 3 (Ba, V, Sn) экологической опасности. Статистическая обработка выборок результатов определения элементов в почвенных пробах была проведена средствами ArcGis 9.2 и с помощью программы «СТАТ».

Полученные фоновые значения достаточно хорошо согласуются с оценкой регионального фона для Восточно-Забайкальского полигона [4] и значениями кларков элементов в земной коре (табл. 2). Характер распределения значений содержания элементов в почвенных пробах участка свидетельствует о том, что для подавляющего большинства проб они незначительно отклоняются от рассчитанного среднего (медианы). На фоне низких значений единичные пробы отличаются высокими содержаниями — такое распределение характерно для Cd, Zn, Pb, Mo, Cu (см. табл. 2).

Для всех элементов рассчитаны коэффициенты концентрации (Кк — содержание элемента, деленное на фон). Пробы с Кк элемента 2, сведены в табл. 3 (рис. 1). Большинство аномальных точек расположено в проектном контуре карьера и связано с природной геохимической аномалией месторождения (см. рис. 1). Однако следует обратить внимание на ореолы слабо повышенных содержаний (Кк 2—4) молибдена, выявленные на водоразделах падей Канабол и Жарчиха, урочищ Листвяк и Сарафанникова, в верховьях пади Кучина и на правом пологом борту. В пади Канабол, на левом и правом ее бортах в рыхлых отложениях отмечается также в повышенных концентрациях ассоциация элементов Zn, Cd, Pb.

Содержание мышьяка в почвах участка колеблется от 5 до 8 мг/кг (см. табл. 2), при чувствительности анализа 3 мг/кг. Повышенные содержания этого элемента (8 мг/кг) отмечаются в пади Канабол, верховьях пади Кучина и на водоразделе падей Средняя и Ле-

вая. Предельно допустимая концентрация для валового мышьяка составляет 2 мг/кг, тогда как региональный фон для Восточно-Забайкальского полигона, к которому по особенностям геологического строения и состава пород может быть отнесен Жарчихинский рудный узел, оценен в 10 мг/кг [4].

Местный фон ртути (0,013 мг/кг) ниже регионального (0,021 мг/кг) и кларка ее в земной коре (см. табл. 2). Максимальные содержания ртути в почвах 0,03—0,05 мг/кг (рис. 2), что на два порядка ниже предельно допустимой концентрации.

Основная масса проб содержит от 0,1 до 0,25 мг/кг кадмия (см. табл. 2 и рис. 2). Предел обнаружения его 0,03 мг/кг. Максимальные значения достигают целых весовых процентов в почвенном разрезе, находящемся на территории проектируемого карьера. Скорее всего, аномалия обусловлена, как природным фактором — рассеянием элемента в почвах, перекрывающих рудное тело с высокими первичными концентрациями кадмия, так и техногенным заражением территории при разведке месторождения. Высокие концентрации кадмия сопровождаются высокими значениями содержания в почве цинка. Это позволяет предположить, что они связаны со сфалеритом. Кроме аномалии непосредственно над рудным телом месторождения на участке отмечены комплексные кадмиево-цинковые аномалии в пади Канабол, на водоразделе падей Канабол и Жарчиха и по правому борту пади Кучина. Содержание кадмия здесь превышает фоновое значение в 2—4 раза. Ориентировочно допустимая концентрация кадмия для супесчаных и песчаных почв составляет 0,5 мг/кг, что намного выше наблюдаемых в пределах лицензионного участка.

Цинк с кадмием образует комплексные аномалии, в которых его содержание превышает фон в 2—7 раз.

2. Местный (в пределах лицензионного участка молибденового месторождения Жарчиха) региональный фон, кларки в земной коре, предельно и ориентировочно допустимые концентрации (ПДК и ОДК) химических элементов в почвах (в мг/кг)

Элемент	Xг (фон или местный кларк)	C _{min}	C _{max}	Региональный фон для Восточно-Забайкальского полигона [4]	Кларк по А.П.Виноградову [2]	ПДК для почв [7]	ОДК для песчаных и супесчаных почв [6]
As	6,7	5	8	10	1,7	2	
Hg	0,013	0,002	0,051	0,021	0,08	2,1	
Cd	0,1	0,03	7%			5	0,5
Zn	62	25	485	100	83	100	55
Pb	19	11	165	20	16	32	32
Cr	55	11	92	30	83	90	
Mo	1,9	0,4	100	0,8	1,1	40	
Ni	27	13	41	10	58	85	20
Cu	20	7	93	40	47	55	33
Ba	750	150	1290	700	650	1000	
V	68	12	94		90	150	

3. Точки с аномальным содержанием химических элементов в почвах

Номер точки	Коэффициент концентрации элемента относительно	
	местного фона	предельно допустимой концентрации
1	Zn 3,1; Cd 3	Zn 1,9
2	Cd 3,5; Zn 2,5	Zn 1,5; Pb 1,1
3	Zn 7,8; Cd 4,4; Pb 2,1	Zn 4,8; Pb 1,3; Cd 1,1
4	Cd 2; Mo 2	
5	Pb 4,8; Zn 3,3; Mo 2,2	Pb 3; Zn 2
6	Cd 100; Mo 52,6; Zn 4,5	Cd 100; Mo 2,8; Zn 2,8
7	Mo 11; Cd 5,7; Pb 2,9	Pb 1,8; Cd 1,5
8	Mo 7,9; Pb 8; Cd 3,1	Pb 5
9	Mo 2	
10	Pb 9,5; Cd 2,15	Pb 5,6
11	Cd 2	
12	Mo 2,7	
13	Mo 2,9; Pb 2,7; Zn 2,3	Zn 3,6; Pb 1,6
14	Mo 2,5	
15	Mo 3,1	
16	Zn 2,1	Zn 1,3
17	Zn 2,1	Zn 1,3
18	Zn 2,6; Mo 2,2	Zn 1,6
19	Mo 2,4	
20	Cu 4,6; Zn 2	Cu 1,7
21	Mo 2,2	
22	Mo 3,3	
23	Mo 2,4	
24	Mo 2,2	
25	Mo 2,1	

Самая высокая концентрация цинка 485 мг/кг отмечена по правому борту пади Канабол (Кк 7,8). В контуре карьера также отмечено повышенное его содержание (см. табл. 2 и рисунки 1, 2).

Для свинца так же как и для цинка, характерно равномерное близфоновое распределение концентраций

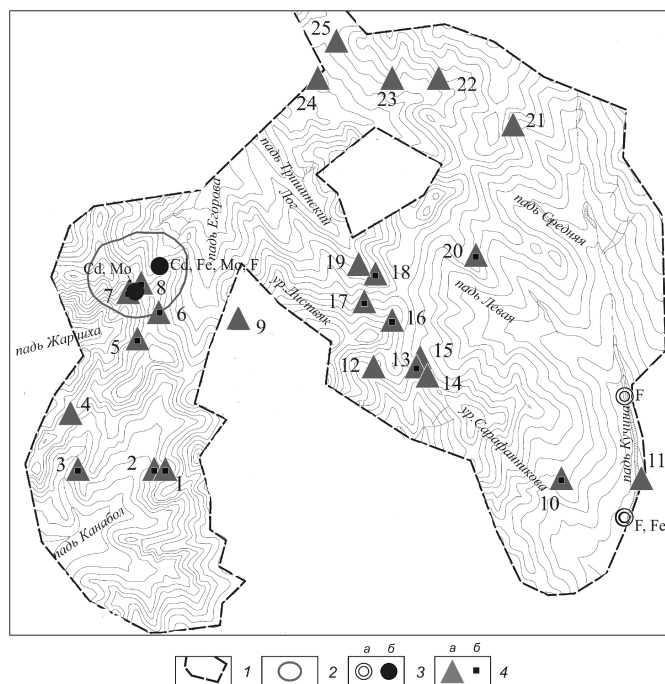


Рис. 1. Карта-схема распределения аномальных точек (Кк 2) в пределах лицензионного участка молибденового месторождения Жарчиха:

контур: 1 — лицензионного участка, 2 — месторождения; точки с аномальным содержанием химических элементов в компонентах ландшафта: 3 — воды: а — поверхностные, элементы с содержанием предельно допустимой концентрации, б — подземные, элементы с содержанием выше предельно допустимой концентрации, 4 — почвы: а — номер точки с содержанием выше местного фона, б — номер точки с содержанием выше предельно допустимой концентрации

в почвах участка (см. табл. 2). В пределах рудного тела месторождения содержания свинца превышают предельно допустимую концентрацию. Лишь одна проба, характеризующая пирогенные почвы территорий, поврежденных лесными пожарами, взятая по правому борту пади Кучина, отличается коэффициентом концентрации 9,5 (см. рис. 1).

Молибден — основной полезный компонент руд месторождения. Проведенный анализ распределения молибдена в почвах территории показал, что в настоящее время после разведочных работ на площади выхода на поверхность рудного тела месторождения сформировалась комплексная аномалия, представленная, помимо молибдена (Кк от 2 до 132) кадмием (Кк от 3,08 до 5,7), цинком и свинцом (см. рисунки 1, 2). Слабые аномалии молибдена в почвах (в 2—3 раза превышающие фон) выявлены на водоразделах падей Канабол и Жарчиха, урочищ Листвяк и Сарафанникова, в верховьях и на правом пологом борту пади Кучина (см. рис. 1). Природа этих аномалий не ясна. Возможно они связаны с воздушным или водным загрязнением терри-

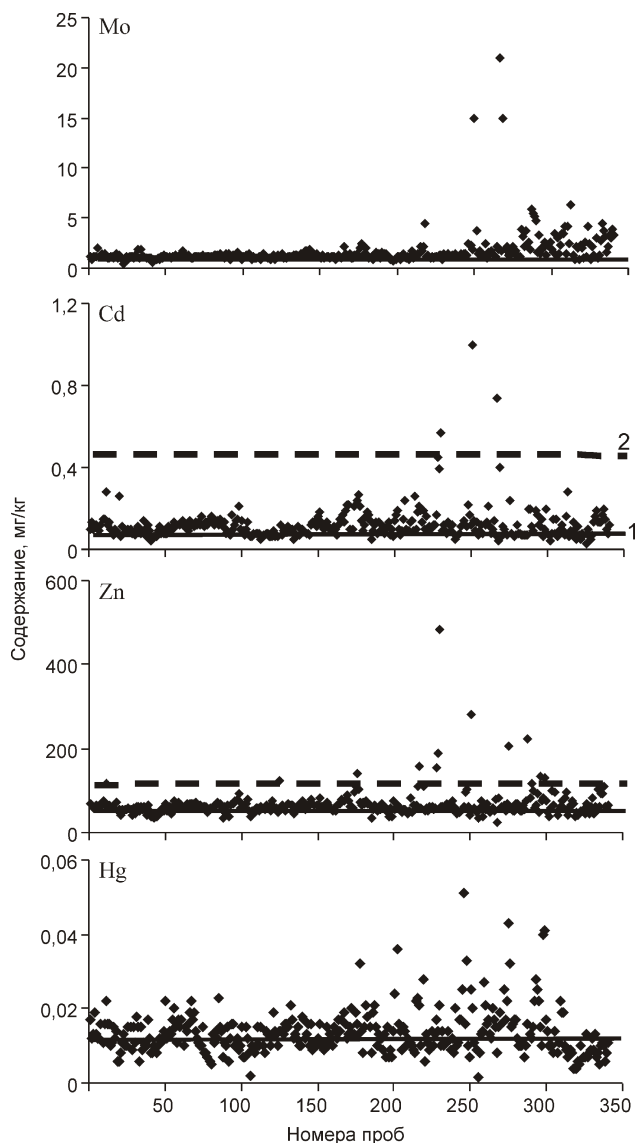


Рис. 2. Диаграммы распределения содержания Mo, Cd, Zn и Hg в почвах в пределах лицензионного участка молибденового месторождения Жарчиха:

линия проведена по содержанию элемента на уровне: 1 — фона, 2 — предельно допустимой концентрации

тории молибденом. Но не исключено, что эти слабые аномалии отражают скрытое оруденение.

Распределение в почвах хрома, никеля и меди сходно. Содержания этих элементов незначительно изменяются вблизи фоновых значений (см. табл. 2). Несколько повышенные содержания этих элементов в почвах (70—92, 36—41,4 и 34,3—92,9, соответственно), по мнению авторов, обусловлены составом почвообразующих пород, то есть связаны напрямую с вещественным составом литогенной основы ландшафта. Повышенное в 4,6 раза относительно фона содержание меди выявлено в верховьях пади Левая (см. рис. 1).

Распределение ванадия, бария и олова в рыхлых образованиях участка коррелирует с распределением

элементов класса 2 опасности. Значения содержаний ванадия околофоновые (68 мг/кг), не превышают предельно допустимой концентрации для почв (см. табл. 2); относительно повышенные содержания элемента (90—94 мг/кг) занимают площади по пади Кучина и Канабол. Содержания бария и олова обусловлены природными факторами и близки фоновым значениям (см. табл. 2).

Таким образом, к особенностям фонового состояния территории молибденового месторождения Жарчиха можно отнести следующее:

1. В поверхностных водах отмечается повышенное содержание P, S, Br, Sr, Mo, Cd и U по сравнению с водой р.Селенга, что связано с процессами выщелачивания их из песчаных отложений, перекрывающих коренные породы на водосборной площади.

2. Подземные воды содержат значительные количества молибдена, алюминия, кадмия, что вероятно, связано с окислительным разрушением сульфидной минерализации на месторождении.

3. В почвах содержание химических элементов находится в пределах местных фоновых значений. В повышенных концентрациях относительно местного фона отмечаются ассоциации цинка, кадмия, свинца и молибдена по аномальным точкам, расположенным в проектном контуре карьера, что имеет отношение к природной геохимической аномалии месторождения.

4. Фоновые значения содержаний химических элементов в почвах согласуются с оценкой регионального фона для Восточно-Забайкальского полигона и значениями кларков элементов в земной коре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Геохимия ландшафта и окружающая среда. —Краснодар, 1997.
2. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. —М.: Изд-во АН СССР, 1957.
3. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов. —М.: МГУ им.М.В.Ломоносова, 2007.
4. *Гуляева Н.Н.* Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштабов 1: 1 000 000 и 1: 200 000. —М., 2002.
5. *Классификация и диагностика почв СССР.* —М.: Колос, 1977.
6. *Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах.* Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94. —М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995.
7. *ПДК химических элементов в почвах и допустимые уровни их содержания по показателю вредности на 01.01.1991 г.* // Госкомприрода СССР. № 02-2333 от 10.12.90.
8. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. —М.: Астрей-2000, 1999.
9. *Требования к геохимическому обеспечению геологосъемочных работ.* —М., 1999.
10. *Экогеология России.* —М.: Геоинформмарк, 2000.
11. *FOREGS geochemical mapping. Field manual / R.Salminen, T.Tarvainen, A.Demetriades et al.* Espoo: Geological Survey of Finland, 1998.