

УДК 550.424

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТОВ АЛБЫНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИАМУРЬЯ

© 2015 В.И. Радомская, С.М. Радомский, Л.М. Павлова, Е.Н. Воропаева

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Поступила в редакцию 15.04.2015

Дана оценка загрязнения тяжелыми металлами (As, Cd, Co, Mn, Sb, Ni, Cu, Pb, V, Mo, Zn, Fe, Sn) снежного покрова, почв и травянистой растительности Албынского золоторудного месторождения. Было установлено, что основным загрязнителем экосистем Албынского рудника является As. Определены региональные геохимические индексы депонирующих сред и их изменение в условиях рудника.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, тяжёлые металлы, почва, снег, трава укоса

В последние годы в Амурской области наметилась отчетливая тенденция увеличения золотодобычи за счет освоения коренных месторождений золота. Албынское золоторудное месторождение, которое в настоящий период отрабатывается открытым способом предприятием ООО «Албынский рудник», входит в группу компаний ЗАО «УК Петропавловск». В ноябре 2011 г., через 6 лет после получения лицензии на разведку рудной зоны, была запущена первая очередь горно-гидрометаллургического комбината, и разработка руды на месторождении набирает темпы. Изучение содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвогрунтах на участке Албынского золоторудного месторождения в связи с его разработкой представляет актуальную научную задачу, отвечающую практическим вопросам охраны окружающей среды. Исследовав содержание ТМ в разных объектах ландшафта в начальный период промышленной разработки, в дальнейшем можно использовать эти значения как фоновые для сравнения со значительно трансформированными территориями.

Цель работы: определить влияние природных и техногенных загрязнителей на компоненты окружающей среды в системе «почва-растение» горной буро-таежной мерзлотной почвы Приамурья.

Объекты и методы исследования.

Общая геологическая характеристика объекта исследований. Албынское золоторудное месторождение расположено на северо-западе Харгинского рудного узла в пределах Верхнеселемджинского золотоносного района Амуро-Охотского

звена Монголо-Охотской складчатой системы. Геологическое строение района осложнено разрывными нарушениями, среди которых главными являются Унгличиканский и Курумканский разломы субширотного простирания. Последний проходит в центральной части рудоносной площади. Зоны разломов характеризуются расщелачиванием, милонитизацией, трещиноватостью и окварцеванием пород. Субмеридиональные разрывные нарушения немногочисленны, относятся к сбросо-сдвигам, имеют значительные вертикальные перемещения. Нарушения этой системы контролируют размещение селитканского интрузивного комплекса. Месторождение Албын залегает в пределах северного крыла Эльгоканского купола, относящегося к структурному подэтажу афанасьевской свиты PZ_1 возраста. Крылья антиклинали осложнены послойными интрузиями метабазитов, многочисленными дайками и разломами. Контакты метабазитов с вмещающими породами тектонические. Характерной чертой геологического строения этой части купола является наличие многочисленных лежащих изоклинальных складок высоких порядков, вплоть до пloyчатых. Наиболее интенсивно складчатость и расщелачиванность пород проявлены в метабазитах афанасьевской свиты. Нерасчлененные отложения афанасьевской свиты занимают $\geq 80\%$ площади, вмещают все известные рудные тела и слагают Эльгоканский купол (горст – антиклиналь). Она представлена довольно монотонной толщей переслаивающихся слабометаморфизованных (фашия зеленых сланцев) сланцев, среди которых резко преобладают ($\approx 70\%$) темноокрашенные (углеродистые) мусковит-альбит-кварцевые разности, переслаивающиеся со светлоокрашенными биотит-мусковит-альбит-кварцевыми и альбит-хлорит-эпидот-амфиболовыми сланцами. Макроскопически породы характеризуются хорошо выраженной грубо сланцеватой и пloyчатой текстурами, обусловленными чередованием слоев темно-серого, светло-серого и

Радомская Валентина Ивановна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: radomskaia@ascnet.ru

Радомский Сергей Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: rsm@ascnet.ru

Павлова Людмила Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией. E-mail: pav@ascnet.ru
Воропаева Елена Николаевна, научный сотрудник

зеленовато-серого цветов, мощностью от долей см до 10-15 м. Светлоокрашенные сланцы отличаются от темноокрашенных разностей в основном отсутствием углеродистого вещества, большим количеством карбоната, хлорита, эпидота и рудных минералов.

Рудовмещающие метасоматиты Албынского месторождения локализованы в метабазитах афанасьевской свиты, которые контролируются подошвой надвига. На месторождении выделено 5 рудных тел, локализованных в разных частях двух сближенных зон метасоматитов – это пластообразные субсогласные залежи, границы которых устанавливаются опробованием. Средняя мощность рудных тел 3,1-7,3 м, они прослежены на 180-1850 м по простиранию и до 350 м по падению. Промышленные руды сосредоточены в центральной части рудной зоны на отрезке длиной около 2 км, в вершине руч. Албын. Рудные минералы составляют в среднем 3-5% с вариациями от единичных зёрен до 15%. Преобладают пирит, арсенопирит, в меньшей степени ильменит, реже марказит, пирротин, магнетит. Отмечаются знаки халькопирита, сфалерита, шеелита и микровключения самородного золота (табл. 1). Более подробно геологическая характеристика месторождения приведена в публикациях [1, 2].

Методика исследований. Отбор объединенных проб снега вокруг карьера и фоновых проб был произведен в конце марта 2014 г. Результаты снегового опробования особенно представительны, поскольку являются интегральными и исключают вариации (направление ветра, непостоянство выбросов) и дают величину загрязнения, усредненную естественным путем за продолжительный период времени, т.е. с момента снегостава до момента пробоотбора [3]. Пробы снега до 10 кг отбирались в новые полиэтиленовые мешки на всю глубину залегания снежного покрова с предотвращением захвата частиц почвы с поверхности земли. Пробы снега переводили в талую воду при комнатной температуре в полиэтиленовых емкостях. После полного таяния пробы были отфильтрованы через бумажные фильтры «синяя лента» с диаметром пор 1 мкм. Фиксировали объем исходной снеговой воды, прошедшей через фильтр. Для получения информации о твердой фазе проб высушенный при 105°C фильтр с взвесью взвешивали.

Почву (верхний горизонт) отбирали с мониторинговых площадок, расположенных по окружности от карьера на расстоянии 500-800 м и на фоновой территории в 30 км от рудного поля, почвогрунты – с бортов хвостохранилища. В точках отбора почв параллельно отбирали образцы естественной растительности. Пробы почв и почвогрунтов массой 1 кг высушивали, просеивали через сито с диаметром 1 мм. Образцы растительности промывали дистиллированной водой, высушивали

и измельчали до мелкодисперсного состояния. Растительные образцы, отобранные вокруг карьера, представляли собой усредненные пробы укусов трав и включали надземные части следующих видов растений: спиреи (таволги) дубравколистной (*Spiraea chamaedrifolia* L.), злаков (*Calamagrostis* sp.), лабазника дланевидного (*Filipendula palmata* (Pall.) Maxim.), василистника малого (*Thalictrum minus* L.), латука сибирского (*Lactuca sibirica* (L.) Benth. ex Maxim.), клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) и осоки вздутоносой (*Carex rhynchophylla* C.A. Mey.), а около хвостохранилища произрастали в основном полынь веничная или метельчатая (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.), иван-чай (кипрей) узколистый (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub) и осока. Фоновая площадка также характеризовалась скудной растительностью, были отобраны образцы багульника наибольшего (*Ledum maximum* (Nakai) Khokhr. et Maz.) и осоки.

Отбор проб почвы и растений проводили в июле-августе 2013-2014 гг. в период максимального развития вегетативной части растений. Для выявления региональных геохимических показателей фоновых территорий состав почв и взвеси снеговой воды сравнивали со средним содержанием элементов в почвах мира [4], растений – со средними концентрациями ТМ в ежегодном приросте растений суши [5].

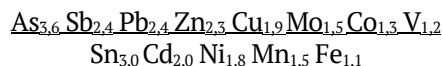
Геохимические индексы почв, твердой фазы снега и растений выражаются формулой, в числителе которой – концентрирующиеся элементы с их коэффициентами накопления K_k , в знаменателе – деконцентрирующиеся с коэффициентами рассеяния K_p . Накопление и рассеяние ТМ на территории Албынского рудника по сравнению с региональным фоном оценивали путем расчета коэффициентов для снеговой воды, почв и растений: $K_k = C_p/C_f$ и $K_p = C_f/C_p$, где C_f , C_p – средние концентрации элемента в фоновых образцах и образцах с рудника соответственно. Суммарную нагрузку на снежный и почвенный покровы оценивали по показателю загрязнения Z_c : $Z_c = \sum K_k - (n - 1)$, где n – число элементов загрязнителей [6]. Показатель загрязнения является обобщенной оценкой интенсивности техногенной нагрузки на исследованные экосистемы.

Определения элементов в почвах, в растительности и снеге были проведены в сертификационном испытательном центре ФГБУН Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН г. Москва. Содержание элементов в пробах определяли масс-спектральным (X-7, *Thermo Elemental*, США) и атомно-эмиссионным (ICAP-61, *Thermo Jarrell Ash*, США) методами анализа.

Результаты и обсуждение.

Региональные геохимические индексы снега, почв и травянистых растений. Сопоставление концентраций ТМ в твердом осадке снега на фоновой

территории (табл. 2) с кларками [4] позволило составить следующую формулу геохимической специализации:



и выявить, что As, Sb, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, V относятся к слабо концентрирующимся металлам, а Sn, Cd, Ni, Mn, Fe – к рассеивающимся. В твердом остатке

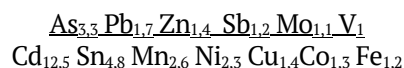
снега наибольшая концентрация характерна для Fe, Mn, а также для V, который выбрасывается при сжигании мазута [7] и достигает территории, где отбирали фоновые пробы снега. Наличие Fe, Mn в атмосферных осадках говорит об их «загрязнении» терригенными частицами. Концентрации ТМ в снеговой воде фоновой территории приводятся в табл. 2.

Таблица 1. Минеральный состав проб с Албынского золоторудного месторождения

Минералы	Сланцы			Рудоносные метасоматиты					
	5Р	1К	3К	1Р6	2Р6	3Рв	4Рд	730	6Р
кварц	45	47,7	70,8	59,6	63,2	6,8	78,3	72,5	97,5
мусковит+биотит	5,5	50,8	27,3	15	32	83	21,3	11,2	зн.
сланцы	47								0,4
карбонат	1,3	0,5		6,5	3,8	4,2		10	
амфибол	зн.			18	зн.				
скрап	зн.	0,3	0,1	0,4	зн.	0,1	0,3	зн.	0,1
арсенопирит					зн.	5,8	0,01	0,6	
пирит	0,2	0,2	ед.зн.	зн.	зн.	ед.		5,5	0,1
апатит	зн.	зн.		0,5	0,6			ед.зн.	0,2
гидрогетит+гетит	ед.зн.	0,1	1,8		0,2	ед.			1,5
магнетит	0,9	0,4			зн.		ед.зн.	ед.зн.	зн.
полевой шпат				зн.	зн.		ед.зн.	зн.	зн.
циркон	зн.	ед.зн.		ед.зн.	ед.зн.				ед.зн.
серецит	зн.								зн.
халькопирит	зн.								
турмалин	зн.								
ильменит					зн.				
оксиды марганца									зн.
сфалерит								ед. зн.	
гранат							ед.зн.		
сфен								ед. зн.	
рутил								ед.зн.	
анатаз					ед.зн.				
галенит		ед.зн.							
золото самородное	зн.							2 зн.	16 зн.

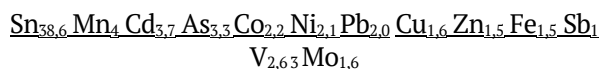
Примечание: ед.зн. – содержание зерен от 1 до 10 знаков; зн. – содержание зерен от 11 до 100 знаков

Геохимическая специализация фоновых почв (табл. 2) определяется формулой:



Природный почвенный фон региона относительно почвенных кларков обогащен As (в 3,3 раза), Pb, Sb и Zn (в 1,2-1,7 раза). В рассеянном состоянии по отношению к кларкам почвы находятся Cd (в 12,5 раз), Sn (в 4,8 раз), Mn и Ni (в 2,3-2,6 раз). Для V и Mo характерны околосларковые содержания.

Региональная биогеохимическая специализация травянистой растительности выражается формулой:



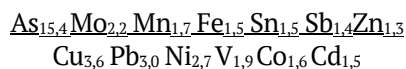
Содержание большинства ТМ в растениях с фоновых территорий выше среднемировых значений, за исключением ванадия и молибдена.

Таким образом, геохимическую специфику региона определяют As, Sb, Pb, которыми обогащена взвесь фоновой снеговой воды; в фоновых почвах, дополнительно к перечисленным элементам, обнаружены повышенные концентрации молибдена. Накопление олова, марганца, кадмия растениями связано, вероятнее всего, с видовой избирательностью поглощения. А аккумуляцию As в почвах и растениях определяет микроэлементный

состав минералов и почвообразующих пород (табл. 1).

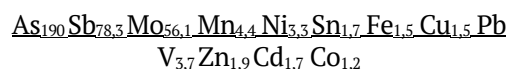
Техногенное геохимическое преобразование ландшафтов Албынского рудника.

На Албынском руднике в твердой фазе снега по сравнению с фоном наиболее интенсивно накапливаются As и Mo:



Источниками данных элементов являются взрывные продукты – пылевидные компоненты ру-

ды, образующиеся при проведении взрывных работ. Концентрацию поллютантов в жидкой фазе снега отражает формула:



Особенно выделяется As, концентрации которого в снеговой воде более, чем в 100 раз превышают фоновые. ТМ в жидкой фракции снега отличаются высокой миграционной способностью, вследствие чего выносятся из ландшафтов в период снеготаяния.

Таблица 2. Среднее содержание тяжелых металлов в снеге, почвах и растениях на фоновой территории и территории Албынского рудника

Эл ем ент	Почва	Рас- ти- тель- ность ь	Снег		Поч- вы мира [4]	Естественные уровни содержания в травах суши (литературные данные)				
			твер- дая фаза	жид- кая фаза		Добро- воль- ский [5]	Кабата- Пендиас [8]	обеспеченность микроэле- ментами [8]		
								нор- маль- ная	дефи- цит	избы- точная
V	<u>134</u> 104	<u>0,65</u> 0,58	<u>65</u> 122	<u>0,09</u> 0,33	100	1,5	~1	0,2-1,5	-	5-10
Mn	<u>740</u> 333	<u>393</u> 820	<u>929</u> 550	<u>128</u> 29,2	850	205	17-334	20-300	-	300-500
Fe	<u>43598</u> 32873	<u>410</u> 305	<u>52457</u> 34272	<u>68,2</u> 46,7	38000	200	18-1000	-	-	-
Co	<u>16,3</u> 6	<u>0,52</u> 1,1	<u>6,5</u> 10,6	<u>0,25</u> 0,3	8	0,5	0,03-0,27	0,02-1	-	15-50
Ni	<u>34</u> 17,7	<u>5,66</u> 4,1	<u>8,1</u> 21,7	<u>2,2</u> 0,66	40	2	0,1-1,7	0,1-5	-	10-100
Cu	<u>27,4</u> 14,7	<u>19,4</u> 12,8	<u>10,4</u> 37,0	<u>3,4</u> 2,2	20	8	1-20	5-30	2-5	20-100
Zn	<u>91,9</u> 72,1	<u>33,7</u> 46,2	<u>146</u> 115	<u>5,8</u> 10,9	50	30	12-47	27-150	10-20	100-400
As	<u>313</u> 16,7	<u>0,86</u> 0,4	<u>281</u> 18,2	<u>112</u> 0,59	5	0,12	0,009-1,5	1-1,7	-	5-20
Mo	<u>2,43</u> 1,9	<u>1,04</u> 0,32	<u>6,6</u> 3,0	<u>3,2</u> 0,06	2	0,5	0,33-1,5	0,2-1	0,1-0,3	10-50
Cd	<u>0,18</u> 0,04	<u>0,09</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,25	<u>0,02</u> 0,03	0,5	0,035	0,07-0,27	0,05-0,2	-	5-30
Sn	<u>2,05</u> 2,1	<u>14,8</u> 9,64	<u>5,1</u> 3,3	<u>0,63</u> 0,38	10	0,25	0,2-1,9	-	-	60
Sb	<u>2,55</u> 1,2	<u>0,06</u> 0,06	<u>3,3</u> 2,4	<u>9,4</u> 0,12	1*	-	0,06	7-50	-	150
Pb	<u>32,3</u> 17,3	<u>0,69</u> 0,61	<u>7,8</u> 23,5	<u>1,7</u> 1,7	10	1,25	0,1-10	5-10	-	30-300

Примечание: числитель – содержание тяжелых металлов на территории Албынского рудника; знаменатель – содержание на фоновой территории; – нет данных.

Таким образом, высокие коэффициенты Кк свидетельствуют о привносе в атмосферу техногенных элементов, способных активно мигрировать в ландшафтах. Контрастность твердофазных выпадений намного меньше, чем растворенной фракции, однако по массе они значительно превосходят водорастворимое техногенное вещество в

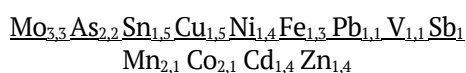
снеге и суммарное поступление, и, соответственно, накопление элементов в геосистеме происходит больше за счет твердых выпадений, т.к. значительная часть ТМ поступает в окружающую среду в нерастворимой форме [9, 10].

Суммарный показатель загрязнения нерастворимой части снега (Zc) в среднем по руднику

составляет 19 и оценивается как средний, умеренно опасный [6]. По количеству растворенных форм ТМ снег рудника характеризуется $Z_c=330$, что соответствует очень высокой степени загрязнения. Твердофазные выпадения при таянии снега поступают на подстилающую поверхность, в то время как растворенная фракция снеговой воды просачивается через почву и попадает в поверхностные и грунтовые воды.

Почвы рудника обогащены относительно фона всеми рассматриваемыми элементами: $As_{18,7} Cd_{4,5} Co_{2,7} Mn_{2,2} Sb_{2,1} Ni_{1,9} Cu_{1,9} Pb_{1,9} V_{1,3} Mo_{1,3} Zn_{1,3} Fe_{1,3} Sn_{1,0}$. Наибольшим накоплением отличается мышьяк, поставляемый в окружающую среду в результате извлечения на поверхность руд и пород при добыче золота. Для почв рудника показатель Z_c в среднем равен 30, что указывает на средний уровень их загрязнения. Почти вся зона бортов хвостохранилища характеризуется слабым загрязнением ($Z_c \leq 16$). Для территории вокруг карьера отмечается в основном средний, умеренно опасный уровень загрязнения ($22 < Z_c < 32$), а в двух локальных аномалиях – высокий (Z_c достигает 123). При сравнении содержания элементов в техногенных почвах рудника с ПДК фиксируется превышение норм для As, V и Pb. Экологическую опасность ТМ отражает увеличение площади территории с превышением ПДК (в %) по следующим элементам: As (100) > Pb (42) > V (14).

Микроэлементный состав травянистой растительности по сравнению с фоном изменяется, формула ее геохимической специализации следующая:



Травянистые растения реагируют на техногенную нагрузку накоплением Mo, V в листьях и деконцентрацией Mn, Co, Cd и Zn.

Фитотоксичность уровня содержания ТМ в растительности оценивали путем сравнения с известными диапазонами дефицитных, нормальных и токсичных концентраций металлов в зрелых тканях листьев, установленными по обобщенным данным для многих видов [8] (табл. 2). Выявлены избыточные содержания Mn в половине проб, Ni в полынье, Cu – в клевере и осоке. Избыточные концентрации других элементов, при которых происходит нарушение биологических функций, на территории рудника в настоящее время не наблюдаются, но для некоторых из них содержание подходит к верхней границе.

Для сравнительной оценки интенсивности поступления микроэлементов в растения фоновых и загрязненных территорий был проанализирован индекс аккумуляции (Ia) изучаемых ТМ, который рассчитывается как отношение содер-

жания элемента в сухой массе растений к его концентрации в почве или субстрате [8]. Полученные нами индексы аккумуляции элементов несколько отличаются от значений Ia, вычисленных А. Кабатой-Пендиас, однако сравнимы с ними и ранжируются по группам. Несмотря на более высокие (по сравнению с фоновыми) концентрации As, Sb, V, Co, Ni (табл. 2), индексы их аккумуляции в растениях на руднике менее 1. Такие элементы как V, Fe слабо доступны растениям как в условиях природных ландшафтов, так и при антропогенной нагрузке, а такие элементы как Cd, Sn аккумулируются наиболее интенсивно.

Выводы: установлены закономерности биогеохимической трансформации почвенно-растительного покрова Албынского золоторудного месторождения под влиянием техногенного загрязнения:

1. Суммарный показатель загрязнения нерасстворимой части снегового покрова оценивается как невысокий, по количеству же растворенных форм ТМ снег рудника характеризуется очень высокой степенью загрязнения.
2. В почвах, расположенных в зоне техногенного влияния рудника, наибольшим накоплением отличается мышьяк, поставляемый в окружающую среду в результате извлечения на поверхность руд и пород при добыче золота.
3. Главной особенностью миграции и биоглобирования в условиях Албынского золоторудного месторождения является накопление основного элемента-загрязнителя – мышьяка – во всех объектах исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Рогоулина, Л.И.* Редкоземельные минералы золоторудного месторождения Албын (Амурская область) / *Л.И. Рогоулина, С.М. Радомский* // Мат-лы годичного собрания РМО и Федоровской сессии 2014 «Минералогия во всем пространстве сего слова: проблемы укрепления минерально-сырьевой базы и рационального использования минерального сырья» (Санкт-Петербург, 7-9 октября, 2014). – СПб: РМО, 2014. С. 127-129.
2. *Радомская, В.И.* Анализ влияния предприятий золотодобычи на состояние водных ресурсов / *В.И. Радомская, С.М. Радомский* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-3. С. 920-923.
3. *Радомская, В.И.* Макрокомпонентный состав снежного покрова г. Благовещенска / *В.И. Радомская, Д.В. Юсупов, Л.М. Павлова* // Вода: химия и экология. 2014. № 8 (74). С. 95-103.
4. *Виноградов, А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. 234 с.
5. *Добровольский, В.В.* Основы биогеохимии. – М.: Высшая школа, 1998. 413 с.

6. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. – М.: Недра, 1990. 335 с.
7. Радомская, В.И. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Благовещенск / В.И. Радомская, С.М. Радомский, Н.Г. Куимова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2008. №3. С. 37-43.
8. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях. Пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. 439 с.
9. Павлова, Л.М. Высокотоксичные элементы в снежном покрове на территории г. Благовещенска / Л.М. Павлова, В.И. Радомская, Д.В. Юсупов // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2015. № 1. С. 27-35.
10. Бородин, Н.А. Оценка загрязнения снежного покрова в г. Благовещенске // Естественные и технические науки. 2011. № 6. С. 135-139.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTIC OF ALBYN GOLD FIELD LANDSCAPES IN PREAMURYE

© 2015 V.I. Radomskaya, S.M. Radomskiy, L.M. Pavlova, E.N. Voropayeva

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

The pollution assessment by heavy metals (As, Cd, Co, Mn, Sb, Ni, Cu, Pb, V, Mo, Zn, Fe, Sn) of snow cover, soils and grassy vegetation of Albyn gold field is given. It was established that the main pollutant of ecosystems of Albyn mine is As. Regional geochemical indexes of the depositing environments and their change in conditions of mine are defined.

Key words: *environmental pollution, heavy metals, soil, snow, grass mowing*

Valentina Radomskaya, Candidate of Chemistry, Leading Research Fellow. E-mail: radomskaya@ascnet.ru
 Sergey Radomskiy, Candidate of Geology and Mineralogy, Leading Research Fellow. E-mail: rsm@ascnet.ru
 Lyudmila Pavlova, Candidate of Biology, Chief of the Laboratory. E-mail: pav@ascnet.ru
 Elena Voropayeva, Research Fellow