

УДК 550.73



*Юргенсон Георгий
Александрович
Georgi Yurgenson*



*Солодухина Мария
Анатольевна
Mariya Solodukhina*



*Смирнова Ольга
Константиновна
Olga Smirnova*

СУРЬМА В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ И ПОЧВАХ ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

THE STIBIUM IN SOIL FORMATION ROCKS AND SOILS OF THE SHERLOVOGORSK MINING DISTRICT (EAST TRANSBAIKALIE)

Приведены первые данные об источниках и распределении сурьмы в почвообразующих горных породах и развитых на них почвах Шерловогорского рудного района. Основными носителями сурьмы являются сульфиды оловоносных грейзенов и сульфидных олово-полиметаллических руд. Наибольший вклад в содержание сурьмы в почвах вносят арсенопирит и сфалерит, содержащие до 0,15 и 0,0214 % сурьмы, достаточно распространены в пределах рудного поля (соответственно 1,2 и 0,3 %). Существенно меньший вклад вносят халькопирит, пирит, галенит, входящие в состав олово-полиметаллических руд, а также грейзенов и грейзенизированных гранитов, горных пород среднего состава (диориты и их вулканические аналоги). Средние содержания сурьмы в почвах не превышают 26 г/т при максимальном среднем содержании в почвообразующих горных породах 58 г/т

Ключевые слова: сурьма, почва, почвообразующая горная порода, арсенопирит, сфалерит, олово-полиметаллическая руда, олово-вольфрамовая руда, Шерловогорский рудный район, Восточное Забайкалье

The first data on the sources and distribution of antimony in the composition of soil forming rocks and developed on them soils of the Sherlovogorsk mining district are presented. The main carriers of the antimony sulphides are tinny greisen and sulfide tin-polymetallic ores. The largest contribution to the content of antimony in soils is made by arsenopyrite, sphalerite, containing up to 0,15 and 0,0214 % antimony. They are common in the limits of the ore field (respectively, 1,2 and 0,3 %). Less contribute is made by chalcopyrite and pyrite, galena, included into tin-polymetallic ores, as well as greisen and greysening granites, rocks of medium composition (diorites and their volcanic analogues). Average concentration of antimony in soils does not exceed 26 g/t with a maximum average content in the soil forming rocks 58 g/t

Key words: stibium, soil, soil formation rocks, arsenical pyrite, sphalerite, tin-polymetallic ore, tungsten ore, Sherlovogorsk mining district, East Transbaikalie

Сурьма относится к довольно широко распространенным химическим элементам. Кларк сурьмы в земной коре равен 0,5 г/т [4], в почве 0,6 г/т [9], ПДК для почв составляет 4,5 г/т [6].

Важнейшими носителями токсичных элементов для биоты являются почвы. Почва относится к особым биокосным образованиям на границе коры выветривания и биосферы, в которой находят отражение геохимические особенности горных пород геологического субстрата. Поэтому изучение распределения токсичных химических элементов в почвообразующих горных породах и почвах имеет важное значение для выявления путей их миграции в ландшафтах. В постперестроечное время, когда главные промышленные источники сурьмы для российской промышленности, находящиеся в Нагольном кряже (Украина) и Кадамжайском месторождении (Кыргызстан), отошли от России в результате распада СССР, а крупнейшее её месторождение Сарылахское в Якутии почти выработано и его запасов хватит лишь на 9 лет [1], интенсифицируются работы по освоению месторождений в Забайкалье. Прогнозируемые ресурсы сурьмы связывают, в основном, с Забайкальским краем (до 95,9 %) [1]. Потребности в сурьме к 2015 г. оцениваются в 12...15 тыс. т в год. Современная годовая добыча в стране составляет около 5 тыс. т.

В настоящее время в Забайкальском крае ООО «Хара-Шибирьский сурьмяный комбинат» начал разработку Жипкошинского месторождения. Поэтому, поскольку согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 сурьма относится ко 2-му классу опасности, а ее соединения токсичны для человека и животных [5], исследование возможного влияния содержащих её техногенных скоплений на окружающую среду для Забайкалья становится весьма актуальным. Ситуация складывается так, что территории добычи (Жипкошинское месторождение в Могойтуйском районе Забайкальского края) и переработки сурьмяной руды (Забайкальский ГОК) отстоят друг от друга на расстоянии около 60 км. Это приведет к увеличе-

нию концентраций сурьмы на ландшафте не только в окрестностях месторождения, но и в пгт Первомайский, где находится Забайкальский ГОК, в обогатительной фабрике которого предполагается организовать цех обогащения и металлургического передела сурьмяных концентратов. Более того, техногенный ореол сурьмы образуется и вдоль автомобильной дороги Могойтуй – Забайкальский ГОК в результате неизбежной потери перевозимой руды. Поэтому назрела необходимость изучения распределения и поведения сурьмы в компонентах ландшафта горнорудных территорий. К настоящему времени авторы располагают новыми обширными аналитическими данными о распределении сурьмы в горных породах, редкометалльных рудах и почвах Шерловогорской рудномагматической системы. Распределению сурьмы в них посвящена предлагаемая статья, являющаяся продолжением серии работ об источниках и распространенности в почвах элементов V группы периодической системы [11].

Шерловогорская рудно-магматическая система имеет сложное строение и длительную историю формирования. Общая, генеральная, стадийность заключается в том, что во времени грейзеновые стадии, с которыми связано редкометалльно-олово-вольфрамово-висмутовое оруденение с самоцветами, сменяются типично гидротермальным олово-полиметаллическим. Продукты последнего в виде сульфидно-касситеритовой ассоциации (касситерит, арсенопирит, сфалерит, пирит, галенит, сульфосоли мышьяка и сурьмы) накладываются на минеральные ассоциации грейзеновых жил. Эта последовательность отображена в горизонтальной зональности рудного поля, приведенной на фрагменте дополненной геологической карты (рис.1), заимствованной из работы Д.О. Онтоева [8].

Материал и методы исследований. В статье использованы анализы проб минералов, руд, горных пород, почв и техноземов, а также технологических проб, отобранных и изученных на протяжении 1980-2011 гг. В сборе каменного материа-

ла кроме авторов принимали участие П.М. Аносов, В.П. Бородин, А.Г. Горячкина, А.К. Мухамедшин, В.А.Суматохин, Р.А. Филенко, Т.Н. Юргенсон, О.А. Яровиков и др. Общее число использованных проб – 895. Определение сурьмы в горных породах и минералах произведено методами химического и атомно-абсорбционного анализа в химической лаборатории ЗабНИИ, аналитики В.В. Васильева, Г.Н. Суркова, О.В. Глушенкова, а также в лаборатории ХСМА ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ, аналитики В.А. Иванова, Н.П. Гусева, И.В. Боржонова, И.В. Бардамова, Б.Ж. Жалсараев, в тех-

ноземах и почвах методом РФА в той же лаборатории. Аналитики Б.Ж. Жалсараев, Ж.Ш. Ринчинова. Содержания минералов в горных породах и технологических пробах определены методами количественного минералогического анализа в лаборатории минералогии ЗабНИИ, аналитики Н.Г. Смирнова, С.И. Берегова, А.А. Лисовская, а также в аншлифах одним из авторов с использованием поляризационных микроскопов Laborlux фирмы Leitz и Axio Scope A1 фирмы ZEISS. Все эти данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Минералы сурьмы, содержание Sb в минералах, рудах и горных породах Шерловогорского рудного поля (с использованием данных [2, 7, 10], а также А.К. Мухамедшина и П.М. Аносова (1981 г.), %

| Минерал, горная порода | Химическая формула | Содержание минерала, горной породы | Содержание Sb |
|--|---|------------------------------------|---------------------|
| Антимонит | Sb_2S_3 | <0,01 | 71,38 |
| Биндгеймит* | $(Pb, Ca)_{2x}Sb_2(O, OH)_{6-7} \cdot n H_2O$ | 0,007 | 42,31 |
| Стибиовисмутин | $(Bi, Sb)_4S_7$ | Ед.знаки | 7,23 |
| Пирит | FeS_2 | 0,02–30,49/1,7 | 0,0055–0,02/0,0078 |
| Халькопирит | $CuFeS_2$ | 0,01–0,6/0,08 | 0,012–0,1525/0,064 |
| Галенит | PbS | 0,01–0,37/0,1 | 0,5–1,0/0,089 |
| Сфалерит** | ZnS | 0,01–10,2/0,3 | 0,012–0,0458/0,0214 |
| Валентинит | Sb_2O_3 | <0,01 | 83,3 |
| Сенармонтит | Sb_2O_3 | 0,001 | 83,3 |
| Арсенопирит | $FeAsS$ | 0,01–15,39/1,2 | 0,020–0,15/0,1173 |
| Скородит | $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$ | 0,008–1,15 | 0,010–0,13/0,1130 |
| Молибденит из грейзена | MoS_2 | 0,001–0,053/0,003 | 0,0060 |
| То же из жилы | | 0,001 | 0,0600 |
| Грейзенизированный гранит | | 5,17 | 0,026 |
| Приполюстная часть мусковитового грейзена* | | 0,21 | 0,015 |
| Кварц-топазовый грейзен* | | 0,14 | 0,063 |
| Кристаллы кварца из миаролы* | | 0,086 | Н.О. |
| То же | | | 0,001 |
| То же | | | 0,0037 |
| Берилл | | 0,032 | 0,0021 |
| То же | | | 0,0013 |
| То же | | | 0,0031 |
| Дайка лампрофира | | 0,03 | 0,0150 |
| Липариты в карьере | | 16,8 | <0,005 |
| Раннемеловые граниты | | 24,00 | <0,005 |
| Кукульбейские порфиридные граниты* | | 11,79 | 0,008 |
| Роговики* | | 15,6 | 0,006 |
| Олово-полиметаллическая руда | | 6,8 | 0,013–0,1709/0,0238 |
| Диориты и андезиты | | 26,00 | 0,012 |

Примечание. *Содержание сурьмы в горных породах, биндгеймите, берилле, кварце и топазе даны для Sb_2O_3 , **в сфалерите дано среднее содержание по 54 пробам при $\sigma/\lambda = 0,9$

Источники сурьмы в почвах и технозомах Шерловогорского рудного поля. Сурьма является попутным непромышленным компонентом в рудах Шерловогорского месторождения. Наряду с тем, что сурьма является примесью во многих минералах, она образует собственные минералы. Основной минеральной формой на Шерловой Горе является антимонит и продукты его окисления (валентинит и сенармонтит), реже – блеклые руды. Однако содержание их в рудах и горных породах крайне невелико (табл. 1). В различных концентрациях сурьма входит в состав главных и сопутствующих рудных и жильных минералов рудного поля.

Основными носителями сурьмы в горных породах, рудах, почвах и технозомах Шерловой Горы (табл. 1) являются арсенипирит, халькопирит, сфалерит, пирит, галенит. Их первоисточниками являются олово-полиметаллические руды, а также грейзены и грейзенизированные граниты, горные породы среднего состава (диориты и их вулканические аналоги), распространенность которых в пределах рудного района достаточно широка. Пространственное распределение участков отбора проб и групп горных пород и зон минерализации дано на рис. 1 и табл. 2.

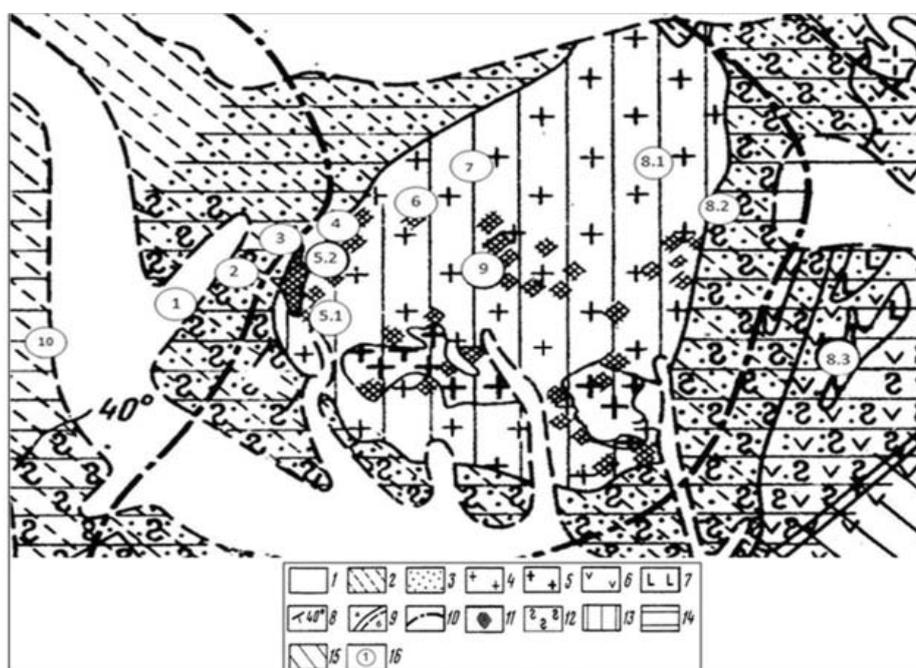


Рис. 1. Геологическая карта Шерловогорской рудно-магматической системы и местоположения участков опробования. По: [8] с изменениями:

1 – четвертичные отложения; 2 – нижний карбон: сланцево-песчаниковая толща с прослоями эффузивных пород и реже известняков с фауной турне-визейского возраста; 3 – зона контактового метаморфизма; 4 – гранит-порфир и порфиоровидный гранит (Mz); 5 – равномерно среднезернистый гранит; 6 – диоритовые порфириды и порфириды, реже габбродиорит-порфириды, габбро-диориты и диориты (Pz); 7 – флюидальные порфириды, их туфы и туфобрекчии (Pz); 8 – элементы залегания пород и жил; 9 – контакты пород: а) достоверные, б) предполагаемые; 10 – предполагаемое подземное продолжение Шерловогорского гранитного массива; 11 – грейзеновые тела; 12 – участки грейзенизации в породах, вмещающих граниты; 13–15: минерализованные зоны: вольфрамит-олово-висмут-берилловая зона с камнесамоцветным сырьем и наложенной сульфидной минерализацией, 14 – кварц-полевошпатово-вольфрамитово-касситеритовая, 15 – турмалин-сульфидно-касситеритовая; 16 – участки опробования: 1–4 – не имеют исторического названия; 5.1 – участок Поднебесных (Жила Новая); 5.2 – участок Поднебесных; 6 – с. Обвинская (западный склон); 7 – с. Обвинская (вершина); 8.1 – с. Лукавая (юго-восточный склон); 8.2 – участок Пятисотка; 8.3 – Аплитовый отрог; 9 – с. Мелехинская; 10 – фоновый участок за пределами месторождения Шерловая Гора

Характеристика почвообразующих горных пород на точках наблюдения

| Точка наблюдения | Горные породы | Минеральные зоны |
|--|---|--|
| Т. 10, фон к западу от участка Поднебесных | Четвертичные отложения, перекрывающие роговики по сланцам и метапесчаникам | Зоны очень слабой минерализации в роговиках по сланцам и метапесчаникам |
| Т. 2, к западу от южной части зоны Поднебесных | Биотит-мусковитовые порфировидные граниты и роговики по сланцам и метапесчаникам | Зона контактового метаморфизма. Роговики кварц-биотитовые, кварц-биотит-топазовые, кордиеритовые с прожилками кварц-топаз-мусковитового состава |
| Т. 3 и 4, юго-западное подножье склона Обвинской сопки | Верхнеюрские отложения (конгломераты, туфоконгломераты, туфобрекчи с прослоями метааргиллитов и метапесчаников) | Зона развития в основном, породобразующих силикатов с редкими включениями продуктов выветривания рудных образований |
| Т. 5.1, жила Новая 5.2, зона Поднебесных | Мезозойские гранит-порфиры, порфировидные граниты и среднезернистые граниты | Кварц-вольфрамит-берилл-топазовая с наложенной интенсивной арсенопиритовой минерализацией, существенно окисленной |
| Т. 6 и 7, юго-западный склон и вершина Обвинской сопки | Мезозойские гранит-порфиры, порфировидные граниты и грейзены | Кварц-вольфрамит-берилл-топазовая с наложенной арсенопиритовой минерализацией различной интенсивности |
| Т. 8.1, Лукавая | Палеозойские диоритовые порфириты и порфириты, реже габбродиорит-порфириты, габбро-диориты и диориты | Кварцево-вольфрамит-берилл-топазовые грейзены с арсенопиритом и интенсивным окислением и образованием корок гидроксидов марганца и железа |
| Т.8.2, Пятисотка | Зона контактового метаморфизма, где образовались участки грейзенизации во вмещающих граниты породах | Кварцево-вольфрамит-касситеритовая, кварцево-берилл-топазовые грейзены с арсенопиритом и интенсивным окислением и образованием корок гидроксидов марганца и железа |
| Т. 8.3, Аплитовый отрог | Палеозойские диоритовые порфириты и порфириты, реже габбродиорит-порфириты, габбро-диориты и диориты, кислые эффузивы | Кварц-полевошпатово-кварц-турмалин-вольфрамит-касситеритовая и зона окисления по ней |
| Т.9, зона Мелехинская | Мезозойские гранит-порфиры, порфировидные граниты и грейзены. | Кварц-берилл-топазовая с наложенной интенсивной арсенопиритовой минерализацией, интенсивно окисленной |

Анализ данных табл. 1 показывает, что именно арсенопирит и сфалерит, содержащие до 0,15 и 0,0214 % сурьмы, достаточно распространены в пределах рудного поля (соответственно 1,2 и 0,3 %). Поскольку сульфиды составляют основу олово-полиметаллических руд, в пределах собственно олово-полиметаллических месторождений Сопка Большая и Восточная аномалия, именно они и определяют общий аномальный фон сурьмы как в почвах на территории месторождений и складов горных пород вскрыши и некондиционных руд, так и в техноземах хвостохранилища. Главными носителями сурьмы в почвах, наряду с указанными сульфидами, являются продукты их окисления, относительно устойчивые в почвах. Это — прежде всего скородит, в который при окислении арсенопирита пе-

реходит сурьма, и сенармонтит. Содержание её в скородите находится в пределах 0,010...0,13 %, составляя в среднем 0,1130 % при распространенности скородита 0,008...1,15 %. Распространенность сенармонтита значительно ниже — всего 0,001 % при содержании в нем до 83 % Sb_2O_3 . В зоне распространения олово-полиметаллических руд присутствует биндгеймит, в котором содержится до 42,31 % Sb_2O_5 . Однако содержание его в рудах ограничено 0,007 % (табл. 1). Другие минеральные формы сурьмы в почвах не обнаружены.

Как видно из табл. 3, содержание сурьмы в техноземах коррелируется с таковым мышьяка (коэффициент корреляции 0,6) и цинка (0,8), свидетельствуя о том, что источником её являются арсенопирит и сфалерит.

Таблица 3

Корреляционная зависимость между содержаниями мышьяка, сурьмы, висмута, свинца и цинка в техноземах, %

| Элемент | As | Sb |
|---------|-----|-----|
| As | 1 | – |
| Sb | 0,6 | 1,0 |
| Bi | 0,6 | 0,1 |
| Pb | 0,3 | 0,1 |
| Zn | 0,7 | 0,8 |

В пределах бериллий-висмут-олово-вольфрамового месторождения с самоцветами Шерловая Гора в грейзенах и кварцевых жилах с вольфрамитом, бериллом, касситеритом, висмутином, арсенопиритом и продуктами их окисления, концентрации сурьмы в почвах также связаны с ними. Здесь арсенопирит достаточно широко развит во многих кварцевых жилах и зонах, содержащих камнесамоцветное сырье (аквамарин, гелиодор и другие разновидности ювелирного берилла, кварц, включая его морионовые, дымчатые, цитриновые, аметриновые и бесцветные ювелирные разновидности, а также топаз), вольфрамит и касситерит. Он связан с наложением олово-полиметаллического оруденения на грейзены, в которых в виде отдельных кристаллов и их зернистых агрегатов сечет кварцевые агрегаты и кристаллы берилла [11].

Распространенность сурьмы в почвах и техноземах. На содержание сурьмы

проанализировано 179 проб почв и техноземов. Результаты обработки аналитических данных приведены в табл. 4. Из неё видно, что средние содержания сурьмы в почвах не превышают 26 г/т при максимальном среднем содержании в почвообразующих горных породах 58 г/т. При этом максимальные значения типичны для участков рудного района с максимально развитым сульфидным оруденением, наложенным на грейзены. Это участки точек отбора проб Т. 2 (к западу от южной части минерализованной зоны Поднебесных с наложенными сульфидами), Т. 5.1 (жила Новая и переход к зоне Поднебесных с кварц-берилл-топазовой и наложенной на неё интенсивной арсенопиритовой минерализацией, существенно окисленной), Т. 8.1 (Лукавая, кварцево-берилл-топазовые грейзены с арсенопиритом и интенсивным окислением и образованием корок гидроксидов марганца и железа).

Таблица 4

Статистические характеристики содержания сурьмы в почвах

| Место отбора проб | Статистические характеристики | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------|-----|---------|-------|----|
| | х, г/т | σ | σ/х | х/кларк | х/ПДК | п |
| Т. 1 | 6,6 | 1,4 | 0,2 | 13 | 1,5 | 12 |
| Т. 2 | 13,6 | 3 | 0,2 | 27 | 3 | 6 |
| Т. 3 | 6,4 | 3,6 | 0,6 | 13 | 1 | 7 |
| Т. 4 | 8,7 | 1 | 0,1 | 17 | 2 | 4 |
| Т. 5.1 | 26 | 30,7 | 1,2 | 51 | 6 | 11 |
| Т. 5.2 | 5,5 | 10 | 1,8 | 11 | 1 | 60 |
| Т. 6 | 7,3 | 4 | 0,5 | 15 | 1,6 | 36 |
| Т. 7 | 4,5 | – | – | 9 | 1 | 2 |
| Т. 8.1 | 14,5 | – | – | 29 | 3 | 5 |
| Т. 8.2 | 7 | 4 | 0,6 | 14 | 1,5 | 11 |
| Т. 8.3 | 4 | 0,7 | 0,2 | 8 | 1 | 5 |
| Т. 9 | 6 | 4 | 0,6 | 12 | 1,4 | 10 |
| Т. 10 | 1,5 | 1 | 0,7 | 3 | 0,3 | 4 |

Примечание: х – среднее содержание, σ – среднеквадратическое отклонение, п – число проб.

Анализ полученных статистических данных показывает, что лишь в случае аномально высоких содержаний сурьмы в почвах среднеквадратичное отклонение также является аномально высоким (участок 5,1, жила Новая с интенсивно проявленной сульфидизацией, частью 5.2, зона Поднебесных). При этом коэффициент вариации (σ/x), за исключением этих же участков, относительно невелик и стабилен. Почти во всех частях рудного района средние содержания сурьмы более чем на порядок превышают его кларк (3 – 51 раз). ПДК для почв также в пяти участках превышен в 1,6...6 раз. На фоновых участках и со слабо развитой сульфидизацией содержание сурьмы в почвах превышает таковое в подстилающих горных породах (рис. 2). Это характерно для пониженных и задернованных мест (Т. 1 и Т. 2, 8.2, 8.3), где в почвах обогащение сурьмой произошло за счет

привноса с повышенных участков, из зон, обогащенных сульфидами. На остальных участках, где была возможность отобрать и проанализировать пробы почв и горных пород субстрата и где развита сульфидизация, содержания сурьмы в исходных горных породах выше, чем в почвах (точки Т. 5.1 – Т.6 и Т.9). Таким образом, источником сурьмы в почвах служат горные породы геологического субстрата, а их высокая концентрация в почвообразующих горных породах и почвах Шерловогорского рудного района связана со становлением и развитием Шерловогорской рудно-магматической системы. Почвы района наследуют высокое содержание сурьмы от почвообразующих горных пород в рамках процессов почвообразования и геотехногенеза, содержание Sb в них в основном выше, чем в горных породах.

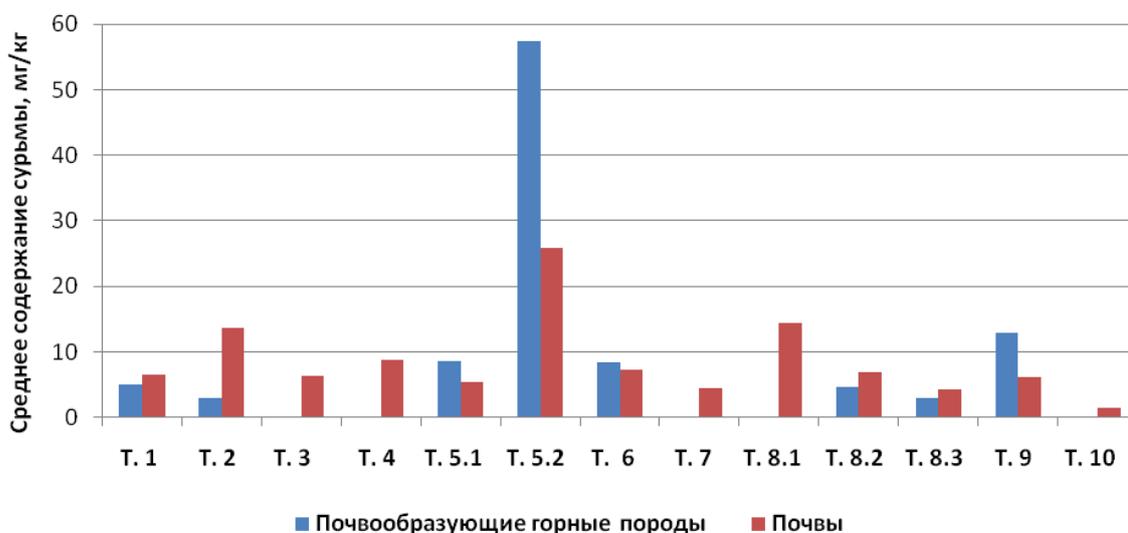


Рис. 2. Сурьма в почвообразующих горных породах и почвах Т. 1 – 9 месторождение Шерловая Гора, Т. 10 – фоновый участок

Анализ табл. 2 и 4 указывает на связь между содержанием сурьмы в почвах и почвообразующих горных породах и геологическим строением района. Так как кларк сурьмы по сравнению с ПДК в почвах довольно низкий, превышение содержания сурьмы над кларком превышает в десять раз, а над ПДК – в единицы (табл. 4).

Выводы

1. Источником сурьмы в почвах Шерловогорского рудного района являются руды и околорудно-измененные горные породы олово-вольфрам-висмутовой стадии грейзеновой формации и олово-полиметаллической стадии сульфидно-касситеритовой формации.

2. Основными носителями сурьмы в рассмотренном промышленно-генетическом типе месторождений являются арсенипирит, сфалерит, галенит, окисление которых в зоне гипергенеза способствует накоплению её, как и мышьяка, в коре выветривания, на которой развиваются почвы, в виде окислов и антимонатов, а также вместе с мышьяком в скородите.

3. Вариации содержания сурьмы в почвах Шерловогорского рудного района находятся в пределах 26...58 г/т, средние 4,5...26 г/т. Все содержания выше кларковых в 8...51 раз, превышая ПДК для почв в 1,4...6 раз. Фоновый участок характе-

ризуется также повышенным содержанием сурьмы в 3 раза, но существенно ниже кларка для почв (0,3).

4. Поскольку содержания сурьмы, превышающие кларки не только земной коры, но и почв, могут формироваться в пределах рудоносных территорий, геохимически не специализированных на сурьму, изучение поведения и распространенности её с целью выявления экологически опасных аномалий в полях развития сурьмяного оруденения и территориях транспортировки и переработки руд следует считать обязательным.

Литература

1. Богатства недр России. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. 484 с.
2. Бойко С.М. Типоморфные особенности кварцев и сульфидов в месторождениях оловянно-вольфрамового пояса Забайкалья // Типоморфизм и его прикладное значение. Чита: Читинское отделение ВМО, 1983. С. 7-10.
3. Васильев В.Г. Сурьмяные месторождения // Месторождения Забайкалья. Под ред. акад. Н.П. Лаверова. Чита-Москва: Геинформмарк. Т. 1. Кн.2, 1995. С. 67-77.
4. Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.
5. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп /А.Л. Бандман и др.; под ред. В.А. Филова и др. Ленинград: Химия, 1989. 592 с.
6. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: [методические указания]. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
7. Доломанова Е.И. Свинцово-цинковая минерализация на некоторых касситерит-кварцево-сульфидных месторождениях Восточного Забайкалья // Тр. ИГЕМ, 1963. вып. 16. С. 468-505.
8. Онтеев Д.О. Стадийность минерализации и зональность месторождений Забайкалья. М.: Наука, 1974. 244 с.
9. Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. Новосибирск: Наука, 2003. 368 с.
10. Юргенсон Г.А. Минеральное сырье Забайкалья. Ч. 1, Кн. 1. Черные и цветные металлы. Чита: Поиск, 2006. 256 с.
11. Юргенсон Г.А., Солодухина М.А. Мышьяк в зоне гипергенеза Шерловогорского горно-промышленного района // Вестник ЧитГУ. Чита: ЧитГУ, 2011, № 10 (77). С. 117-123.

Коротко об авторах

Юргенсон Г.А., д-р геол.-минер. наук, профессор каф. «Химия» и «География», Забайкальский государственный университет; зав. лабораторией геохимии и рудогенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита yurgga@mail.ru

Briefly about the authors

G. Yurgenson, Doctor of Geological and Mineral Sciences, professor, Chemistry and Geography department, head of geo-chemical and ore-genesis laboratory, Federal state budget institution of science, Institute of Nature Recourses, Ecology and Cryology, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Chita

Научные интересы: минералогия, геохимия, рудогенез, геммология

Солодухина М.А., мл. научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита
mabn@ya.ru

Научные интересы: геохимия и биогеохимия токсичных химических элементов в природных и антропогенных ландшафтах

Смирнова О.К. канд. геол.-минер. наук, ст. научный сотрудник лаборатории гидрогеологии и геоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ
meta@gin.bsnet.ru

Научные интересы: минералогия и геохимия месторождений редких и цветных металлов, трансформация и биодоступность соединений химических элементов в природных и геотехногенных системах

Scientific interests: mineralogy, geochemistry, gemology and ore deposits genesis

M. Solodukhina, junior researcher, geo-chemical and ore-genesis laboratory, Federal state budget institution of science, Institute of Nature Recourses, Ecology and Cryology, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Chita

Scientific interests: geochemistry and biogeochemistry of toxic chemical elements in natural and anthropological landscape

O. Smirnova, Candidate of Geological and Mineral Sciences, senior researcher, geo-chemical and ore-genesis laboratory, Federal state budget institution of science, Institute of Nature Recourses, Ecology and Cryology, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Chita

Scientific interests: mineralogy and geochemistry of rare and non-ferrous deposits, transformation and bioavailability of chemical compounds in natural and geochemical systems

