

УДК 550.47

**СВИНЕЦ В ПОЛЫНИ ГМЕЛИНА (*ARTEMISIA GMELINII*)
В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ
ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА****Горбань Д.Н., Юргенсон Г.А.***ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», Чита, e-mail: yurga@mail.ru*

Впервые дан сравнительный анализ содержаний свинца в почвах и технозомах природно-техногенных ландшафтов и органах полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*) в Шерловогорском рудном районе. Установлены различия в содержаниях свинца в почвах и технозомах в зависимости от минералого-геохимического состава отработываемых рудных тел. Определено, что его содержания значительно превышают кларки и ПДК. Установлено, что содержания свинца в полыни Гмелина значительно ниже, чем в почвах и технозомах и не зависят от валовых их содержаний в них. Его накопление в органах растения существенно различается. Максимальные его концентрации обнаружены в корнях и листьях, существенно меньшие в стеблях и минимальные – в цветках: в ряду «корни → стебли → листья → цветки» средние значения содержаний свинца составляют, соответственно (мг/кг): 33,24 → 11,44 → 30,30 → 10,56 при размахе <0,20–33,24. Содержания свинца в органах полыни Гмелина превышают кларки и ПДК на всех участках.

Ключевые слова: свинец; почва; технозем; природно-техногенный ландшафт; *Artemisia gmelinii*; минералого-геохимический состав; органы растения; концентрации; средние значения; коэффициент биологического поглощения

**LEAD IN THE ABSINHT GMELINII (*ARTEMISIA GMELINII*) IN NATURAL AND
NATURAL-TECHNOGENIC LANDSCAPE THE SHERLOVOGORSK ORE DISTRICT****Gorban D.N., Yurgenson G.A.***Institute of natural resources, ecology and Cryology, Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: yurga@mail.ru*

For the first time a comparative analysis of the contents of lead in soils and tehnosoil natural and man-made landscapes and organs absinht Gmelini (*Artemisia gmelinii*) in Sherlovolgorsk ore district. The differences in the content of these element in soils and tehnosoil depending on the mineralogical and geochemical composition of the ore bodies. It was determined that their content is much higher than clark and MPC. The content of lead in *Artemisia gmelinii* is significantly lower than in soils and tehnosoil and do not depend on their gross content in them. Their accumulation in the plant organs vary considerably. The highest concentrations are found in the roots and leaves, much smaller in the stems and the minimum – in the flowers. The average values of the lead content to the same authorities are, respectively (mg / kg): 33,24 → 11,44 → 30,30 → 10,56 in the span 0,20–33,24. The contents of lead in the bodies of *Artemisia gmelinii* exceed clarks and MPC in all areas.

Keywords: lead; soil; tehnosoil; natural-technogenic landscapes; *Artemisia gmelinii*; accumulation; mineralogical and geochemical composition; plant organs; concentration; averages; the coefficient of biological absorption

Шерловогорский рудный район находится на Юго-Востоке Забайкальского края, в Борзинском административном районе, северо-восточнее поселка Шерловая Гора (рис. 1).

Здесь расположено одноименное висмут-бериллий-олово-вольфрамовое месторождение с наложенной мышьяковой минерализацией, крупное олово-полиметаллическое месторождение Сопка Большая и находящееся к востоку от него месторождение Восточная аномалия. Олово-полиметаллическую руду добывали открытым способом, вследствие чего образовались техногенные массивы, карьер, которым до 1993 года отработывалось олово-полиметаллическое месторождение, хвостохранилище обогатительной фабрики бывшего ГОКа, а также отвалы горных пород вскрыши, склады

бедных и подготовленных к переработке руд, мелкие карьеры и отвалы разрабатывавшихся россыпей. Шерловогорский горнопромышленный район включает бериллий-висмут-олово-вольфрамовое месторождение Шерловая Гора, а также олово-полиметаллические месторождения Сопка Большая и Восточная аномалия. Поэтому в природных, техногенных и природно-техногенных ландшафтах развиты геохимические аномалии висмута, олова, свинца, цинка, кадмия, вольфрама, бериллия и других элементов [1].

С целью познания влияния токсичных элементов на дикорастущие растительные сообщества, произрастающие в пределах интенсивных природных и геотехногенных геохимических аномалий, изучается биогеохимия растений на территории Шерловогорского рудного района.



Рис. 1. Местоположение Шерловгорского месторождения

В качестве объекта исследования выбрана полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii*) как пионерное растение, осваивающее техногенно-нарушенные территории Шерловгорского рудного района, где развиты геотехногенные ландшафты. На её примере изучены особенности накопления свинца в органах растений.

Свинец согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 относится к 1 классу опасности. Кларк свинца по А.П. Виноградову 10 мг/кг [5]. Согласно ГН 2.1.7.2041-06 предельно-допустимая концентрация (ПДК) свинца в почве составляет 32 мг/кг [2]. Широкие вариации содержания свинца в растениях возникают под действием различных факторов среды, например наличия геохимических аномалий, загрязнения, сезонных колебаний, способности генотипа накапливать свинец. Тем не менее, естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных и безрудных областей, по-видимому, довольно постоянны и лежат в пределах 0,1–10,0 мг/кг сухой массы (среднее 2 мг/кг) [4]. По данным В.Б. Ильина [3], они составляют 4,1 мг/кг. Тяжелые металлы в системе «горная порода – почва – растения» с 2005 года являются предметом изучения в лаборатории геохимии и рудогенеза Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН. Установлено, что Шерловгорская природная геохимическая аномалия отличается высокими содержаниями не только свинца, но и висмута, цинка, кадмия, меди, мышьяка, вольфрама и других химических элементов в токсичных концентрациях [7, 8].

Материалы и методы исследования

Методика биогеохимических исследований включала: 1) отбор проб почв, техноземов и растений на 4 участках (фоновый, Поднебесных, жила Новая и хвостохранилище), 2) анализ почв и техноземов методом РФА в ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) на спектрометре VRA-30, к.т.н. Б.Ж. Жалсараевым, и Ж.Ш. Ринчиновой. Изучение содержаний химических элементов в растениях включало: 1) разделение растений на органы, 2) высушивание на воздухе, 3) измельчение, 4) разложение в системе СВЧ и перевод в водный раствор, 5) ICP-MS анализ. Определение содержаний химических элементов в растениях выполнено в Хабаровском инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН на приборе ICP-MS Elan 9000 PerkinElmer (США) методом кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98, Стандартный образец: Тр-1 (ГСО № 8922-2007), аналитики А.В. Штарева, В.Е. Зазулина, Л.С. Боковенко.

Всего исследовано 49 проб почв и техноземов и 142 индивида полыни Гмелина, отобранных на 4 участках (рис. 2): фоновом (1), Поднебесных (2), Жила Новая (3) и хвостохранилище (4). Фоновый участок, на котором воздействие процессов формирования Шерловгорской рудномагматической системы не ощущалось бы совсем, даже по данным геологической съемки масштаба 1:50 000, оказалось практически невозможным. Поэтому он выбран на её периферии, где её воздействие характеризуется слабым развитием грейзенизации вмещающих горных пород, представленных, в основном, ороговикованными песчаниками и сланцами девонского возраста. Участки Поднебесных и Жила Новая представляют собою грейзенизированные граниты Шерловгорского массива, содержащие жильные тела с бериллий-олово-висмут-вольфрамовой минерализацией, хвостохранилище сложено отходами обогащения олово-полиметаллических руд месторождения Сопка Большая. Аналитические данные обработаны методами математистики: вычислены среднеарифметические концентрации химических элементов (\bar{x}), их

среднеквадратичные отклонения (σ) и коэффициенты вариаций средних значений (σ/x).

Результаты исследования и их обсуждение

Средние содержания свинца (x , σ , σ/x , мг/кг) на участках достаточно высокие и за исключением фонового, выше кларка: фоновый (19,4; 13,18; 0,68); Поднебесных (240,44; 123,87; 0,52); жила Новая (105,81; 108,38; 1,02); хвостохранилище (1056; 440,12; 0,42). Все содержания свинца в почвах и технозомах превышают кларк и ПДК на всех участках (рис. 3).

Средние содержания свинца в пыльце Гмелина по участкам отбора проб приведены на рис. 4.

Анализ данных, приведенных на рис. 4, показал, что концентрации свинца в ор-

ганах пыльцы Гмелина имеют тенденцию к возрастанию от фонового участка к Жиле Новой. При этом выявляется четкая закономерность, заключающаяся в том, что максимальные её значения присущи корням и листьям, а минимальные – стеблям и цветкам. Максимальны содержания свинца в корнях и листьях на участках хвостохранилище (24,18; 30,30 мг/кг) и Жила Новая (33,24; 11,94 мг/кг), а стебли и цветки содержат здесь существенно меньшие его количества. Минимальные значения типичны для цветков также на Фоновом участке (0,21 мг/кг), где воздействие флюидов, формировавших олово-полиметаллическое месторождение Сопка Большая на граниты Шерловогорского штока и ороговикованные вмещающие горные породы было минимальным.

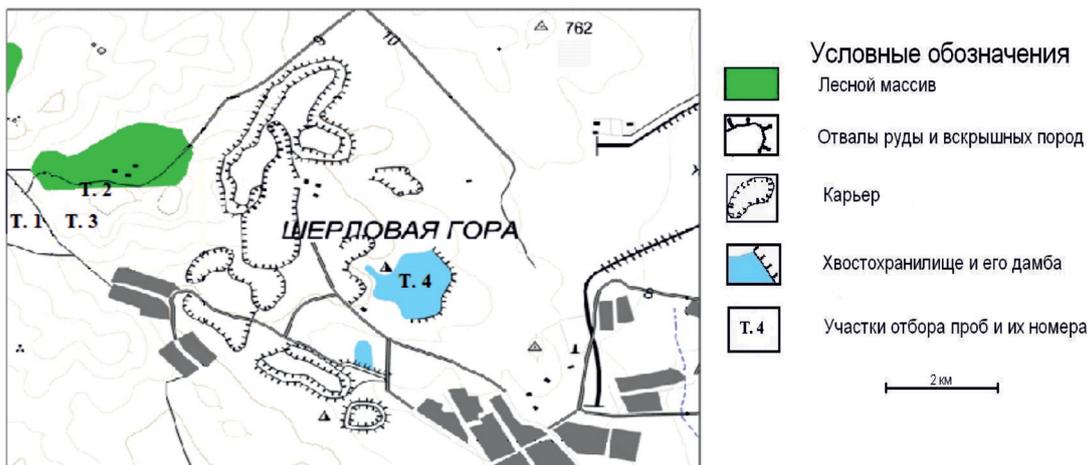


Рис. 2. Схема опробования: 1 – фоновый участок, 2 – Поднебесных, 3 – Жила Новая, 4 – хвостохранилище

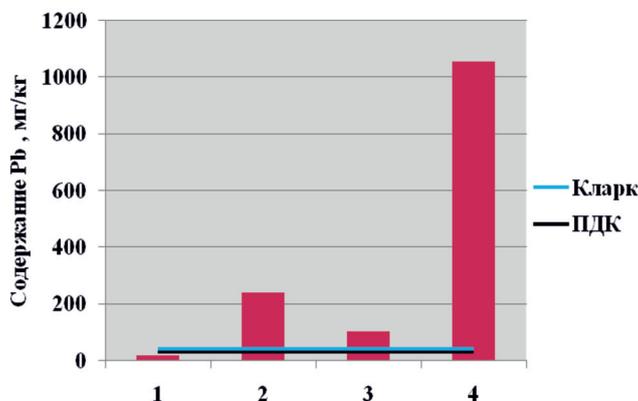


Рис. 3. Средние содержания свинца в почвах и технозомах на участках Шерловогорского рудного района в сравнении с кларками: 1 – фоновый участок, 2 – участок Поднебесных, 3 – Жила Новая, 4 – хвостохранилище, кларк свинца по А.П. Виноградову, ПДК согласно ГН 2.1.7.2041-06

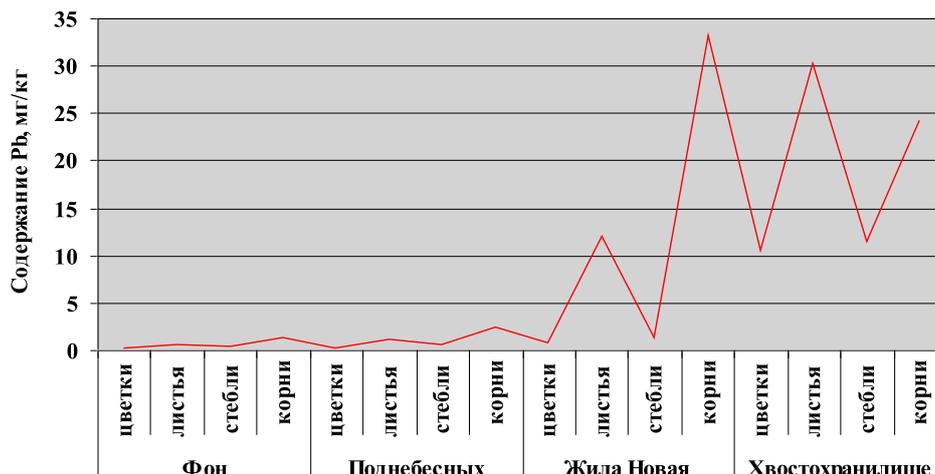


Рис. 4. Распределение свинца в органах полыни Гмелина по изучавшимся участкам: 1 – фоновый участок, 2 – Поднебесных, 3 – Жила Новая, 4 – хвостохранилище



Рис. 5. Коэффициент биологического поглощения свинца органами полыни Гмелина на разных участках отбора проб: 1 – фоновый участок, 2 – Поднебесных, 3 – Жила Новая, 4 – хвостохранилище

Наиболее четкие различия в накоплении свинца различными органами полыни Гмелина характерны для участков с максимальными его содержаниями в почвах и техноземах (жила Новая и хвостохранилище), а для участков с фоновым содержанием свинца и там, где минимально проявлено воздействие более поздних наложенных рудных процессов (Поднебесных) выявленные тенденции проявлены слабо. Относительно низкие содержания свинца в полыни Гмелина на участке Поднебесных обусловлены, вероятно, относительно низкими его валовыми содержаниями (рис. 3) и вследствие слабого развития его подвижных форм, как

это установлено для техноземов золото-молибденового месторождения Давенда [6], где доля подвижных водо- и кислоторастворимых его форм ничтожна.

При высоких содержаниях свинца в почвах резко преобладают его малоподвижные формы, плохо усвояемые корневой системой растения [6]. В хвостохранилище, где существенная доля свинца после переработки олово-полиметаллической руды находится в относительно подвижной форме, он легко усваивается полынью Гмелина. Это же относится и к участку Жила Новая, почвенный слой на котором имеет значительную мощность, и часть свинца представле-

на, вероятно, подвижными и биологически доступными формами (водорастворимыми, обменными, кислоторастворимыми, легко окисляемыми и легко восстанавливаемыми). На этих участках распределение свинца по органам растения максимально в корнях и листьях и минимально в стеблях и цветках, что соответствует ранее выявленным закономерностям для мышьяка, молибдена, вольфрама и кадмия для других растений [8, 9]. Расчеты коэффициента биологического поглощения свинца растением (рис. 5) показали, что для корней он максимален на фоновом участке и жиле Новой, а минимален на хвостохранилище и участке Поднебесных. Это никак не согласуется с низкими содержаниями свинца на фоновом участке (19,4 мг/кг) и Жиле Новой (105,81 мг/кг), где его содержания в почвах минимальны, и максимальными – на участке Поднебесных (240,44 мг/кг) и хвостохранилище (1056 мг/кг), где КБП имеет минимальные значения.

Эти данные однозначно свидетельствуют об отсутствии зависимости КБП свинца полностью Гмелина от валовых его содержания в почвах.

Выводы

1. Впервые дан анализ содержаний свинца в почвах и технозомах природно-техногенных ландшафтов и органах полыни Гмелина *Artemisia gmelinii* в Шерловогорском рудном районе.

2. Установлены различия в содержаниях этого элемента в почвах и технозомах в зависимости от минералого-геохимического состава обрабатываемых рудных тел. Определено, что его содержания значительно превышают кларки и ПДК.

3. Содержания свинца в органах полыни Гмелина превышают кларк и ПДК на всех рассмотренных участках, а его КБП не зависит от валового его содержания в почвах и технозомах.

4. Накопление свинца в органах полыни Гмелина (корни, стебли, листья, цветки) существенно различается. Средние значения концентраций свинца в них составляют, соответственно, (мг/кг): 33,24→11,44→→30,30→10,56 при размахе < 0,20–33,24. Следовательно, максимальные их концентрации обнаружены в корнях и листьях, существенно меньшие в стеблях и минимальные – в цветках.

5. Подобное распределение свинца, вольфрама, молибдена, висмута, цинка и кадмия нами выявлено и для других растений в Шерловогорском и других рудных районах [8–10]. При этом, для всех растений во всех ландшафтах типичны минимальные содержания элементов-токсикантов в цветах, плодах и семенах [8–10]. Выявленная тенденция свидетельствует о том, что высокие содержания в корнях связаны с непосредственным контактом их с почвами и захватом ризосферой, существенно меньшие содержания в стеблях связаны с их транспортными функциями, возрастание их в листьях обусловлено происходящими в них фотосинтезом и главными жизненно важными процессами. Минимальные содержания токсичного свинца в цветках, обусловлены, вероятно, защитными системами растения, обеспечивающими чистоту вида в потомках.

Список литературы

1. Горбань Д.Н., Юргенсон Г.А. Висмут в растениях Шерловогорского рудного района // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды V Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и XII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана «Рациональное природопользование», «Современное минералообразование» 10–12 декабря 2014 г., Россия. Чита, 2014. – С. 80–84.
2. ГН 2.1.7.2041–06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 3 с.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва – растения». – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М., 1999. – 610 с.
6. Смирнова О.К., Сарапулова А.Е., Юргенсон Г.А. О формах химических элементов в отходах обогащения руд золото-молибденового месторождения Давенда (Восточное Забайкалье) // Минералогия техногенеза-2009 – Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. – С. 160–169.
7. Юргенсон Г.А. Геохимия ландшафта. Учебное пособие. Издание 2-е, испр. и доп. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2005. – 151 с.
8. Юргенсон Г.А., Солoduхина М.А., Гудкова О.В. К основам биогеохимического мониторинга в геотехногенных ландшафтах горнорудных территорий // Вестник МАНЭБ, т. 11, № 5. – 2006. Спец. Выпуск, СПб – Чита. – С. 119–123.
9. Юргенсон Г.А., Солoduхина М.А., Смирнов А.А., Смирнова О.К., Боковенко Л.С. К проблеме поглощения токсичных химических элементов растениями в природных и геотехногенных ландшафтах // Вестник МАНЭБ – 2009. – Т. 14, № 3. – С.1 10–113.
10. Yurgenson G.A., Kononov O. V. // Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Mineralogical Almanac V. 19 issue 2, Ltd. Lakewood, CO80227, USA, 2014. P. 12–93.