

ВИСМУТ В ЛАПЧАТКЕ СКУЧЕННОЙ (*POTENTILLA ACERVATA* SOJAK) В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА

© 2020 г. Г. А. Юргенсон^а, *, Д. Н. Горбань^а

^аИнститут природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, ул. Недорезова, 16а, Чита, 672014 Россия

*e-mail: inrec.sbras@mail.ru

Поступила в редакцию 05.10.2019 г.

После доработки 21.10.2019 г.

Принята к публикации 26.11.2019 г.

Изучено распределение висмута в ландшафте Шерловогорского рудного района и в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata* Sojak). Содержания висмута во всех компонентах ландшафта значительно выше его средних содержаний в земной коре, почвах и растениях. В почвах Шерловогорского рудного района среднее содержание составляет 95.11 мг/кг, что превышает среднее содержание в них в 475.5 раз. В органах лапчатки скученной оно превышает среднее содержание на всех рассмотренных участках, а его коэффициент биологического поглощения не зависит от валового содержания в почвах и техноземах. Накопление висмута разными органами лапчатки скученной (корни, стебли, листья, цветки, частью семена) существенно различается. Концентрации Bi возрастают в направлении: корни → цветки → стебли → листья. Корневая система лапчатки скученной отличается слабой барьерностью по отношению к висмуту.

Ключевые слова: висмут, почва, технозем, природно-техногенный ландшафт, *Potentilla acervata* Sojak, органы растения, концентрации, средние значения, коэффициент биологического поглощения

DOI: 10.31857/S0016752520080105

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений экологии становится региональная экология растений ландшафтов (Коробова, 2016). Особую актуальность оно имеет для исторических горнопромышленных территорий. К ним относятся Урал, Алтай и Забайкалье, где более 300 лет ведется интенсивная добыча полезных ископаемых. Одним из таких горнопромышленных районов Забайкалья, изучаемых с 2005 г. с позиций миграции и накопления токсичных концентраций химических элементов в компонентах ландшафтов, в частности, растений, является Шерловогорская природно-техногенная геосистема (Гудкова и др., 2006; Смирнов и др., 2006; Солодухина, Юргенсон, 2018; Юргенсон и др., 2013; Филенко и др., 2015; Солодухина, Юргенсон, 2018). Она расположена в Юго-Восточном Забайкалье (рис. 1) в пределах лесостепной зоны. Геологическая его позиция определяется положением в Монголо-Охотском минерагеническом поясе.

В ее пределах с 1723 г. периодически ведется добыча различных полезных ископаемых, содержащих широкий спектр химических элементов, концентрации которых в природном и антропогенном ландшафте превышают их средние значе-

ния для земной коры и ПДК. Это – прежде всего Be, Bi, As, Pb, Zn, Cd, W, Sb и др. (Болдырев, Луи, 1929; Гудкова и др., 2006; Смирнов и др., 2006; Солодухина, Юргенсон, 2018; Юргенсон и др., 2013; Yurgenson, Koponov, 2014; Касаткин и др., 2014; Филенко и др., 2015).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Лапчатка (род *Potentilla* L.) – один из крупнейших родов семейства розовых (Rosaceae): в нем насчитывается около 500 видов, широко распространенных в северном полушарии, особенно в умеренных и субтропических областях. Лапчатка скученная (*Potentilla acervata* Sojak) преимущественно восточносибирско-амурский лугово-степной вид с очень широкой эколого-ценотической амплитудой, мезоксерофит. Вид распространен Приамурье, включая Забайкалье, на юге Приморья, а также в северных районах Монголии (Юзепчук, 1941). Район исследования относится к лесостепной зоне. Формирование почв происходило под воздействием своеобразных природных условий: близкое залегание коренных пород, наличие многолетней и длительно-сезонной мерзлоты, широкое распространение процессов вывет-



Рис. 1. Местоположение Шерлоговского месторождения.

ривания, а также эоловых и других эрозионных процессов (Гудкова, Юргенсон и др., 2006). Здесь развиты, в основном, каштановые почвы (Ногина, 1964). Для них характерно развитие многолетних травянистых злаков, разнотравья и полынных растительных группировок. Большая часть региона — зона недостаточного увлажнения (Ногина, 1964).

Величина рН является наиболее стабильным генетическим показателем конкретного типа почвы и ее варьирование в разных границах составляет 5–10% (Башкин, Касимов, 2001). Реакция почвенного раствора в большинстве является слабощелочной (рН 7.2–7.5) (Ногина, 1964). Для таких территорий на начальных стадиях их зарастания типично развитие пионерных растений. В качестве одного из них выбрана лапчатка скученная (*Potentilla acervata* Sojak), активно осваивающая техногенно-нарушенные территории. Для этого растения первые сведения о накоплении им мышьяка, цинка, кадмия, свинца в Забайкалье приведены в публикациях (Гудкова и др., 2006; Смирнов и др., 2006; Филенко и др., 2015; Горбань, Юргенсон, 2016). Установлено, что указанные химические элементы различно аккумулируются в органах лапчаткой скученной. Выявлено, что коэффициент биологического поглощения этих элементов, в основном, не коррелирует с валовым содержанием его в почвах.

Висмут является одним из распространенных в Забайкалье химических элементов в концентрациях, имеющих промышленное значение. Но он далеко не всегда извлекался из руд в процессе разработки полиметаллических и золоторудных месторождений. Это привело к тому, что он накапливался в отходах горного производства в отвальных хвостах и хвостохранилищах обогатительных

фабрик, расположенных в разных частях Забайкальского края. Поведение висмута в лапчатке скученной не изучалось, хотя он являлся одним из добываемых элементов в Шерлоговском рудном районе, и начало добычи его относится к 1916 г. Поэтому результаты изучения его поведения в лапчатке скученной на примере территории Шерлоговского рудного района могут быть использованы для решения природоохранных задач в других рудных районах.

Шерлоговский горнорудный район представляет собой типичный природно-техногенный ландшафт, в состав которого входит карьер, хвостохранилище, отвалы бедных и забалансовых руд, а также группа генетически и исторически взаимосвязанных рудных месторождений, образовавшихся в процессе функционирования Шерлоговской рудно-магматической системы. Кроме того, к природно-техногенному ландшафту относится и система разномасштабных горных выработок, неоднократно проходившихся за почти трехсотлетнюю историю добычи камнесамоцветного сырья в пределах Шерлоговского гранитного массива, содержащего коренные месторождения олова, вольфрама, бериллия и висмута. Компонентами природно-техногенного ландшафта стали и конусообразные отвальные хвосты разработки касситерит-вольфрамит-висмутитовых россыпей падей Заводская и ее притока Рудничная. Россыпи разрабатывались с 1916 по начало 1964 года.

Шерлоговский горнорудный район включает пять месторождений. Одно из них месторождение олова, вольфрама, висмута и бериллия с камнесамоцветным сырьем Шерловая Гора. Другими составными частями его являются россыпное месторождение бисмутита, ферберита, касситерита в



Рис. 2. Схема опробования территории Шерлогогорского рудного района.

бассейне пади Заводская, месторождение касситерит-силикатной формации Аплитовый отрог, оловополиметаллическое месторождение Сопка Большая и собственно полиметаллическое – Восточная аномалия.

Висмут в Шерлогогорском грейзенизированном гранитном массиве и висмутин-касситерит-ферберит-берилл-топаз-кварцевых жильных телах впервые выявлен в 1915 г. К.А. Ненадкевичем (Ненадкевич, 1922), затем П.П. Сущинским (Сущинский, 1925). Добыча оловянных руд месторождения Сопка Большая производилась с 1932 по 1993 г.

МЕТОДИКА

В основу данной работы положены материалы (образцы руд, горных пород, почв, техноземов и растений), собранные авторами в составе коллектива лаборатории геохимии и рудогенеза ИПРЭК СО РАН в течение полевых сезонов за 2002–2016 гг. на территории Шерлогогорского горнорудного района по исследуемым точкам (рис. 2). С целью определения присутствия в почвах и техноземах

минералов-носителей висмута выборочно были выполнены их полуколичественные минералогические анализы, которые, как известно, позволяют выявлять содержания мелких обломков минералов в рыхлом материале. Чувствительность анализа достаточна велика, чтобы определять тысячные доли процента минерала и единичные знаки.

Для изучения отобраны объединенные пробы доминантных видов растений из каждого яруса, которые встречаются на всех участках. На каждом участке наблюдения проведены по точкам, хорошо изученным в геологическом отношении. Пробы почв отобраны в соответствии с ГОСТ 17.4.4. 02-84, по искусственным обнажениям. Всего исследовано 131 проба горных пород, руд, минеральных ассоциаций, 97 почвенных проб, 17 – техноземов и 44 пробы растений лапчатки скученной (569 экземпляров) на участках: фоновый (Т.1), Поднебесных (Т.2), жила Новая (Т.3), хвостохранилище (Т.4), карьер (Т.5) (см. рис.2).

Каждая проба растений формировалась из 10–15 экземпляров с площади 10 × 10 м. Растения делили на органы. Корни и наиболее запыленные части растений промывали сначала струей про-

точной воды, а затем дистиллированной, и высушивали до воздушно-сухого состояния. Изучение горных пород, руд, почв и техноземов проводилось стандартными методами.

Исследование минерального состава выполнено в иммерсионных препаратах, шлифах и аншлифах на поляризационном микроскопе Axio Scope.A1. Содержание висмута в минералах определено с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1430 VP (аналитики Е.А. Хромова, Е.В. Ходырева, ГИИ СО РАН, г. Улан-Удэ, руководитель лаборатории к.т.н. С.В. Канакин). Химические анализы руд, горных пород, техноземов и почв выполнены методом ICP MS в лаборатории ОАО «Восток лимитед», руководители Т.Л. Попова, А.Ю. Шацких. Диагностика минералов по необходимости проводилась также методами рентгено-структурного анализа в Центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» Института земной коры СО РАН. Аналитики З.Ф. Ушаповская, Т.С. Филева.

Растения не озоляли, а непосредственно переводили в раствор. Разложение измельченного материала в смеси кислот и перекиси водорода позволило свести к минимуму потери висмута. Химический анализ растений проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрофотометре ICP-MS Elan 9000 Perkin-Elmer (США) (нижний порог определения (НПО) для висмута ~0.001 мг/кг), в Хабаровском инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. Метод кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Стандартный образец: Тр-1 (ГСО № 8922-2007), аналитики В.Е. Зазулина, А.Ю. Лушникова, Д.В. Авдеев, Е.М. Голубева, А.В. Штарева.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Висмут в рудах, вмещающих горных породах, почвах и техноземах. Среднее содержание висмута земной коры составляет 0.009 мг/кг по А.П. Виноградову (Виноградов, 1950). В.В. Иванов (Иванов, 1996) предлагает использовать расчеты Э.Ф. Минцера, согласно которым он составляет примерно 2 мг/кг, что явно завышено. Среднее содержание висмута для почв – 0.1–0.3 мг/кг, ПДК не установлен.

В рудах и околорудноизмененных горных породах, почвах и техноземах присутствуют собственные минералы висмута, а также содержащие его в качестве примесей. Существенные количества бисмутита в ассоциации с ферберитом описаны А.К. Болдыревым и Я.А. Луи в жиле, вскрытой в так называемой Миллионной яме (Болдырев, 1929). Висмут в рудах и горных породах Шерловогорской рудно-магматической системы находится в виде бисмутита, висмутина, а также самород-

ного висмута, ателестита, ассоциирующего со скородитом, козалинта, заварицита (BiOF) (Доломанова и др., 1962, 1963; Юргенсон и др., 2013; Касаткин и др., 2014). А.В. Касаткиным с соавторами (Касаткин и др., 2014) определено до 1.54% Bi_2O_3 в Y -агардите. В 2016 г. электронно-зондовым анализом среди продуктов окисления висмутина и арсенопирита нами установлен рузвельтит (BiAsO_4) (Юргенсон и др., 2016). Наряду с указанными главными источниками висмута его носителями в ландшафте Шерловогорского рудного района также являются: галеновисмутит, козалинт, тетрадимит (Юргенсон и др., 2013). Кроме того, висмут присутствует в виде примесей в галените и халькопирите.

Минералы – носители висмута в общей сложности составляют менее 1%. Но с учетом высокого содержания в них висмута, они вносят существенный вклад в его содержание в почвах и техноземах. В наиболее важных носителях висмута установлены следующие его содержания в минерале и оценка его содержания в компонентах ландшафта по данным полуколичественного минералогического анализа, соответственно (мас. %): висмутин (74.43–78.65 и 0.002–0.009), рузвельтит (50.61–66.37 и 0.001–0.003), бисмутит (74.06–74.78 и 0.01–0.05), козалинт (41.34–43.02 и 0.002–0.003), заварицит (77.92–82.16, единичные находки), скородит висмутистый (7.2–13.74 и 0.001–0.003), арсенопирит (0.001 до 1.76 и до 0.002–2%), тетрадимит (59.19–59.31 и знаки), галеновисмутит (46.3–55.48 и знаки). Кроме того, несущественные примеси висмута установлены в пирите, арсенопирите, сульфосолях.

По полученным новым данным средние содержания висмута во вмещающих месторождение горных породах, почвах, почво-грунтах и техноземах Шерловогорского горнорудного района значительно превышают их средние содержания в земной коре, как это видно из табл. 1.

Среднее содержание висмута в почве и техноземе на всех участках достаточно высокие и выше средних содержаний в почвах (мг/кг): фоновый – 5; Поднебесных – 159.5; жила Новая – 99.3; карьер – 5; хвостохранилище – 18.1. Распределение висмута по опробованным участкам рудного поля приведены на рис. 3. Эти цифры однозначно свидетельствуют о том, что весь этот район представляет собою не только геотехногенную, но и природную висмутовую геохимическую аномалию.

Висмут в лапчатке скученной. Распределение висмута в растениях изучено слабо. По оценкам Х. Дж. М. Боуэна (Bowen, 1979), среднее содержание висмута в наземных растениях не превышает 0.02 мг/кг сухой массы, а в съедобных частях растений составляет 0.06 мг/кг сухой массы (Кабата-Пендиас, 1989; Иванов, 1996). Средние значения содержаний висмута в лапчатке скученной (рис. 4)

Таблица 1. Висмут в рудах и почвах Шерловогорского горнорудного района

Анализируемый материал	\bar{x} , мг/кг	σ	σ/\bar{x}	\bar{x} /среднее содержание в земной коре	n
Руда олово-полиметаллического месторождения Сопка Большая	203.8	305.1	1.49	22644	68
Сульфидная минеральная ассоциация, наложенная на камнесамоцветный минеральный комплекс	7029.9	13505.2	1.92	781100	13
Поздний минеральный комплекс, наложенный на продуктивный, включая гипергенные минералы	895.6	1093.4	1.22	99511	24
Минеральный комплекс жил с камнесамоцветным сырьем	2190	3130	0.425	243830	26
Технозем в хвостохранилище	18.1	4.116	0.227	1777	17
Почвы	94.11	287	3.04	475.55	97

находятся в пределах 0.01–1.58 мг/кг. При этом содержания более 1 мг/кг наблюдаются только на участке Поднебесных, где развита мощная толща почв, содержащая больше гумусовой составляющей, нежели почвы Сопки Мелехинской, и жилы Новая, а также карьера и хвостохранилища.

Минимальны содержания висмута в органах лапчатки, растущей на хвостохранилище и фоновом участке. Это обусловлено тем, что висмут в составе бисмутита и висмутина достаточно эффективно извлекался из руды на стадии гравитационного метода обогащения вместе с касситеритом, а затем на стадии флотации вместе с другими сульфидами.

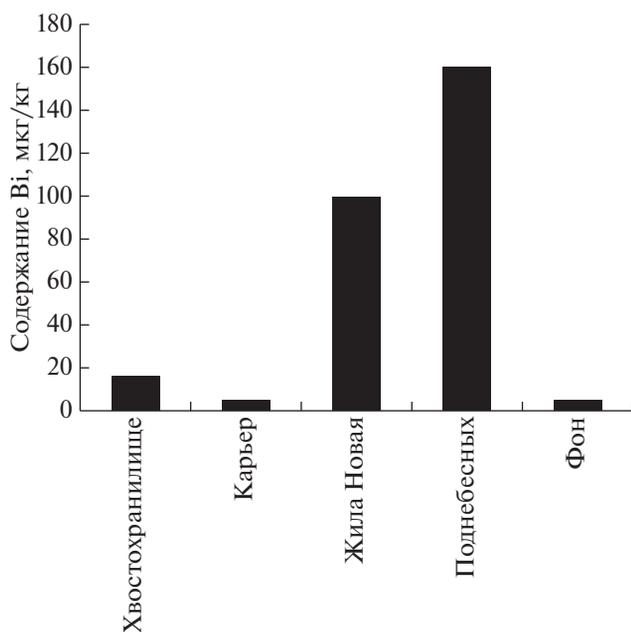


Рис. 3. Среднее содержание висмута в почве и техноземе по участкам отбора проб Шерловогорского рудного района.

Различия в содержаниях висмута в лапчатке скученной на различных участках рудного района может быть связано с типом минерализации на разных участках отбора проб (табл. 1), которая определяет валовые его содержания в почве.

Анализ данных, приведенных на рис. 4, показал, что концентрации висмута в органах лапчатки скученной распределяются по-разному на различных участках. Нет единой закономерности, типичной для других элементов в других растениях, где достаточно надежно установлено, что максимальные их значения присущи корням и листьям, а цветки и стебли содержат существенно меньшие их концентрации (Смирнов, 2008 и др.). Для висмута в лапчатке скученной типичен минимум его содержания в корнях для всех участков, кроме фоновом, где эта известная закономерность выполняется (см. рис. 4).

В табл. 2. представлены данные об особенностях коэффициента биологического поглощения (КБП) висмута, рассчитанного для разных органов лапчатки скученной.

Особенностью величины КБП висмута для этого растения на всех участках, за исключением фоновом, является минимальное его значение для корней и максимальное для листьев. На фоновом участке КБП максимален для корней и минимален для листьев. Это указывает на то, что висмут не задерживается, не накапливается в корнях лапчатки скученной и движется по стеблю к листьям. Более того, он приносится также и в цветы, но в существенно меньших количествах (табл. 2). Определено, что КБП висмута не зависит от его содержания в почвах и техноземе (рис. 4), что связано, вероятно, с захватом растением лишь его подвижных форм (Горбань, Юргенсон, 2014).

Таким образом, средние значения концентраций висмута в органах лапчатки скученной распределяются следующим образом (по возрастной): корни → цветки → стебли → листья, но на фоновом участке заметно большее его содержа-

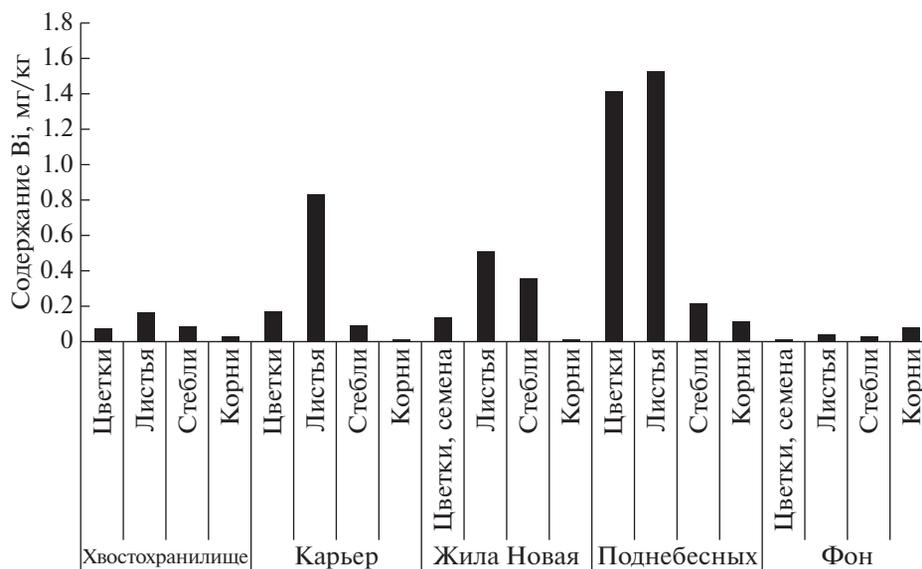


Рис. 4. Среднее содержание висмута в органах лапчатки скученной Шерловгорского месторождения.

Таблица 2. КБП висмута лапчаткой скученной на исследуемых участках отбора проб в Шерловгорском горно-рудном районе

Название участка	Число индивидов растений	Число почвенных образцов	Орган растения	Коэффициент биологического поглощения висмута
Хвостохранилище	87	17	Цветки, семена	0.004
			Листья	0.011
			Стебли	0.006
			Корни	0.002
Карьер	73	16	Цветки, семена	0.004
			Листья	0.036
			Стебли	0.003
			Корни	0.005
Жила Новая	98	24	Цветки, семена	0.001
			Листья	0.047
			Стебли	0.004
			Корни	0.006
Поднебесных	185	25	Цветки, семена	0.009
			Листья	0.011
			Стебли	0.001
			Корни	0.002
Фон	126	15	Цветки, семена	0.004
			Листья	0.005
			Стебли	0.007
			Корни	0.011

ние находится в корнях. Формы передвижения висмута в самих растениях неизвестны и требуют постановки специальных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые дан анализ содержаний висмута в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata* Sojak) в компонентах ландшафтов Шерловогорского рудного района.

2. Содержания висмута во всех компонентах ландшафта значительно выше его средних содержаний в земной коре, почве и растениях, и их вариации определяются различиями минерального состава и геохимических особенностей.

3. Содержания висмута в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata* Sojak) превышает среднее его содержание на всех рассмотренных участках, а его КБП не зависит от его валового содержания в почвах и техноземах.

4. Избирательное поглощение висмута отдельными органами лапчатки скученной может указывать на наличие у нее барьерных механизмов. Учитывая низкие содержания висмута в корнях, можно полагать, что висмут, плохо усваивается ее корневой системой. Не задерживаясь в ней, он передвигается через стебли, накапливаясь в проводящих тканях и листьях, где происходит фотосинтез и формируется основная часть хлорофилла, аминокислот, углеводов, ферментов и других соединений, строящих растительные ткани. Минимальные значения концентраций этого элемента типичны для органов, ответственных за сохранение чистоты вида, что также наблюдалось нами на примере мака голостебельного, полыни Гмелина и других растений (Гудкова и др., 2006; Смирнов и др., 2006; Солодухина, Юргенсон, 2018 и др.).

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность коллегам к. г.-м. н. О.К. Смирновой, к. г. н. М.А. Солодухиной и Р.А. Филенко, принимавшим участие в сборе и подготовке к анализу проб почв и растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башкин В.Н., Касимов Н.С. (2001) Биогеохимия. М.: Научный мир, 648 с.
- Болдырев А.К., Луи Я.А. (1929) Разведка коренных месторождений руд вольфрама, олова, висмута и бериллия на Шерловой Горе (в Забайкалье) и дополнительные данные разведки россыпей там же в 1928 и 1929 гг. *Горный журнал* 8–9, 1338–1364.
- Виноградов А.Н. (1950) *Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах*. М.: Изд-во АН СССР, 279 с.
- Горбань Д.Н., Юргенсон Г.А. (2014) Висмут в растениях Шерловогорского рудного района. *Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование. Труды V Всероссийского симпозиума и XII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 10–12 декабря 2014 г. Чита, Россия*. Чита: Изд-во ЗабГУ, 80–84.
- Горбань Д.Н., Юргенсон Г.А. (2016) Свинец в лапчатке скученной (*Potentilla acervata* Sojak) в природно-техногенном ландшафте Шерловогорского горнорудного района. *Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование. Труды VI Всероссийского симпозиума с международным участием “Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий” и XIII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана “Рациональное природопользование”, “Современное минералообразование” 25 октября 2016 г., Россия*. Чита: Изд-во ЗабГУ, 103–109.
- ГОСТ 17.4.4.02–84 (1986). Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Госстандарт, 13 с.
- Гудкова О.В., Юргенсон Г.А., Солодухина М.А., Будкина А.Ю., Голубева Е.М. (2006) *Биогеохимические исследования в районе Шерловогорского горнорудного района. Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Труды I Всероссийского симпозиума с международным участием “Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий” и VII Чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана “Рациональное природопользование”, “Современное минералообразование” 7–10 ноября 2006 г., Россия*. Чита: Поиск, 114–118.
- Доломанова Е.И. (1963) Свинцово-цинковая минерализация на некоторых касситерито-кварцевых сульфидных месторождениях Восточного Забайкалья. *Труды ИГЕМ* 83, 468–505.
- Доломанова Е.И., Сендерова В.М., Янченко М.Т. (1962) Заварицкит BiOF – новый минерализ группы оксифторидов. *Докл. АН СССР* 146(3), 680–682.
- Иванов В.В. (1996) *Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. Книга 3. Редкие р-элементы*. М.: Недра, 352 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. (1989) *Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ.* М.: Мир, 439 с.
- Касаткин А.В., Клопотов К.И., Плашил Якуб. (2014) Гипергенные минералы Шерловой Горы. *Шерловая Гора. Минералогический альманах* 19(2), 94–137
- Коробова Е.М. (2016) Генезис и закономерности пространственной организации современных биогеохимических провинций. Автореферат дис. ... д-ра геолого-минер. наук. М.: ОНТИ ГЕОХИ РАН, 43 с.
- Ногина Н.А. (1964) *Почвы Забайкалья*. М.: Наука, 315 с.
- Смирнов А.А., Юргенсон Г.А., Солодухина М.А., Гудкова О.В. (2006) *Первые данные о биогеохимических особенностях концентраций вольфрама в растениях Шерловогорского горнорудного района. Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Труды I Всерос. симпозиума с международным участием и VII чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана*. Чита: Поиск, 135–139.
- Солодухина М.А., Юргенсон Г.А., Лушникова А.Ю. (2012) Мышьяк в растениях природной геохимической аномалии Забайкальского края (на примере Шерлово-

- горского рудного района). *Ученые записки ЗабГУ. Серия: Естественные науки*, **1**, 79-86.
- Сушинский П.П. (1925) Очерк месторождений цветных камней Юго-Восточного Забайкалья. *Труды Института прикладной минералогии и петрографии* **16**, 1-88.
- Филенко И.М., Филенко Р.А., Юргенсон Г.А. (2015) Особенности распределения цинка и кадмия в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata* Sojak) в природном и геотехногенном ландшафте месторождения Шерловая Гора. *Вопросы естествознания* **3(7)**, 149-153.
- Юзепчук С.В. (1941) Род – *Potentilla* L. *Флора СССР*. Л.: Наука, **10**, 78-223.
- Юргенсон Г.А., Горбань Д.Н. (2015) Свинец и висмут в польни Гмелина хвостохранилища Шерловогорского ГОКа (Юго-Восточное Забайкалье). *Вестник ЗабГУ* **10**, 20-32.
- Юргенсон Г.А., Угланова А.А., Филенко Р.А. (2016) Результаты экспериментов по выщелачиванию арсениопиритсодержащей минеральной ассоциации Шерловогорского месторождения самоцветов. *Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Тр. VI Всерос. симпозиума с междунар. участием и XIII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана / Забайкал. гос. ун-т, Ин-т природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН*; (Под ред. Г.А. Юргенсона). Чита: Изд-во ЗабГУ, 62-68.
- Bowen H.J.M. (1979) *Environmental Chemistry of the Elements*, Academic Press, New York, 333 p.
- Yurgenson G.A., Kononov O.V. (2014) Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals. Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora. *Mineralogical Almanac*. **19(2)**, 12-93.