

П.В. ИВАШОВ

Биогеохимическая провинция олова в южной части Дальнего Востока России

Впервые обосновано выделение в бассейне р. Амур на территории Приамурья и Приморья Дальнего Востока России биогеохимической провинции олова, образование которой обусловлено размещением в Дальневосточном регионе месторождений и рудопроявлений олова и оловосодержащих горных пород в составе Тихоокеанского рудного пояса. Доказательством существования природной биогеохимической провинции олова являются уровни содержания олова в растениях и почвах, установленные в ландшафтах с оловорудной минерализацией.

Ключевые слова: биогеохимическая провинция олова, растения, почвы, юг Дальнего Востока России.

Biogeochemical tin province in the southern part of the Far East of Russia. P.V. IVASHOV (Khabarovsk Federal Research Center, FEB RAS, Khabarovsk; Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS, Khabarovsk).

The allocation of biogeochemical tin province in the basin of the Amur River in the Amur and Primorye territories of the south of the Far East of Russia was proved for the first time. Its formation is due to the location in the Far East Region the deposits and ore occurrences of tin and tin-containing rocks in the Pacific ore belt. Levels of tin in plants and soils established in landscapes with tin mineralization are proof of the existence of natural biogeochemical province of tin.

Key words: biogeochemical tin, province plants, soils, the south of the Far East of Russia.

Введение

Биогеохимические провинции в представлении А.П. Виноградова [3–5] – это области на поверхности Земли, различающиеся по содержанию в почвах, растениях, поверхностных водах химических элементов, которые обуславливают специфические биологические реакции со стороны местной флоры, фауны и проживающего здесь населения. Биогеохимические провинции по существу отражают географическую специализацию геологических образований, на которых они сформированы, т.е. горных пород, месторождений и рудопроявлений различных металлов, а также гидрогеохимию поверхностных и грунтовых вод.

Контрастно выраженная недостаточность или избыточность каких-либо химических элементов в компонентах природной среды вызывают в пределах той или иной биогеохимической провинции так называемые биогеохимические эндемии – заболевания растений, животных и человека. Классическим примером может служить зубная болезнь у животных и людей при недостаточности йода в пище, а при избыточности селена в почвах – появление ядовитой для животных и человека селеновой флоры.

В настоящее время известно более 30 химических элементов, с которыми связано образование биогеохимических провинций и возникновение биогеохимических эндемий, а также появление растений – концентраторов тех или иных металлов. Изучение биогеохимических провинций позволило разработать методы по профилактике и предотвращению

ИВАШОВ Петр Васильевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник (Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН; Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск). E-mail: ivep@ivep.as.khb.ru

биогеохимических эндемий на основе широкого использования микроэлементов в качестве удобрений для почв, подкормки для животных и лекарственных средств для человека. Поэтому исследование уже известных и обоснование и выделение новых биогеохимических провинций – одна из главнейших задач биогеохимии – науки, изучающей геохимические процессы, происходящие в биосфере при участии организмов, живого и костного органического вещества.

Состояние проблемы

Учение о биогеохимических провинциях возникло на основе теоретических разработок В.И. Вернадского [2] в области биогеохимии, в частности его представлений о роли живого вещества (организмов) в рассеивании и накоплении химических элементов и их соединений в биосфере.

А.П. Виноградов [5] впервые обосновал происхождение биогеохимических провинций. По их генезису он выделил два типа: первый тип возникает вследствие недостаточности отдельных химических элементов в пределах определенных современных почвенно-климатических зон, например, в зоне развития подзолистых почв Северного полушария; второй тип появляется в областях образования ореолов рассеивания различных химических элементов, т.е. связан с избыточным содержанием макро- и микроэлементов в природной среде и организмах, например, на площадях размещения месторождений и рудопроявлений различных металлов.

Большой вклад в учение о биогеохимических провинциях внес В.В. Ковальский [26–28]. Он составил классификацию и дал подробное описание биогеохимических провинций на территории нашей страны по состоянию на 60–80-е годы XX в., создал новую науку – геохимическую экологию растений, животных и человека, установил связи между химическими элементами природной среды и приспособительской изменчивостью организмов в условиях разных биогеохимических провинций.

В.В. Ермаков [8–11] впервые обосновал выделение природно-техногенных и техногенных биогеохимических провинций, происхождение которых связано с продуцированием тех или иных химических элементов в районах крупных промышленных предприятий и урбанизированных территорий, т.е. с объектами хозяйственной деятельности человека. Он разработал новые подходы к экологической характеристике биогеохимических провинций, показав, что геохимическая экология и биогеохимические критерии составляют основу оценки экологического состояния таксонов биосферы. В.В. Ермаков на конкретных примерах доказал, что геохимическая экология имеет решающее значение в современных биосферных исследованиях, а изучение химического элементного состава растений – это традиционная задача геохимической экологии для обоснования и выделения биогеохимических провинций.

Что касается непосредственно биогеохимических провинций олова, то они никогда и нигде на планете Земля не выделялись, и вопрос об их природном формировании не ставился и не обсуждался ни в отечественной, ни в зарубежной биогеохимической литературе.

Исходные материалы и критерии выделения биогеохимической провинции олова

Объективным природным условием формирования биогеохимической провинции олова на юге Дальнего Востока России, т.е. в Приамурье, в бассейне р. Амур, на территории Хабаровского и Приморского краев, Амурской и Еврейской автономной областей, стало размещение здесь геологической макроструктуры – Тихоокеанского рудного

пояса с оловорудной минерализацией в виде месторождений и рудопроявлений олова различного генетического типа и оловосодержащих пород [32].

В связи с разработкой научных основ и практических приемов биогеохимического метода поисков оловорудных месторождений автором настоящего сообщения были проведены многолетние биогеохимические исследования на оловорудных месторождениях, рудопроявлениях и на массивах оловосодержащих пород [12–18, 23–25]. Необходимость таких исследований была обусловлена тем, что на Дальнем Востоке России находятся практически все наиболее крупные разрабатываемые в нашей стране месторождения олова. Поэтому для установления биогеохимических особенностей олова в растениях было необходимо определить содержание этого металла в растительных биообъектах в разных ландшафтных природных зонах – хвойных, хвойно-широколиственных и широколиственных лесах Дальневосточного региона.

Оловорудная минерализация на полигонах опытно-методических биогеохимических работ была представлена месторождениями и рудопроявлениями олова различных генетических типов, среди которых: 1) кварц-касситеритовый, 2) сульфидно-касситеритовый, 3) сульфидно-станнино-касситеритовый, 4) олово-полиметаллический, 5) касситерит-скарновый, 6) касситерит-пегматитовый, 7) касситерит-турмалиновый, 8) касситерит-вольфрамит-турмалиновый, 9) касситерит-грейзеновый, 10) касситеритовая россыпь. Массивы оловосодержащих пород, на которых были проведены биогеохимические исследования, – базальты с акцессорным самородным оловом мантийного происхождения [21] и граниты с акцессорными тонкодисперсными минералами олова (преимущественно касситеритом) и изоморфными примесями этого металла в породообразующих минералах – кварце, полевых шпатах и в слюдах (биотит и мусковит) [1]. При этом ключевые участки биогеохимических исследований были подобраны таким образом, чтобы один и тот же генетический тип оловорудной минерализации находился в разных ландшафтных зонах. Поэтому представилась возможность достаточно полно охарактеризовать биогеохимические черты олова в растениях применительно и к металлогеническим особенностям, и к ландшафтным зонам Дальневосточного региона. По существу биогеохимические исследования проводились в пределах природной биогеохимической провинции олова, пространственные границы которой совпадают с границами распространения оловорудных минерализованных территорий Тихоокеанского рудного пояса. В результате собран большой фактический материал, который и послужил доказательством наличия на юге Дальнего Востока России биогеохимической провинции олова.

В основу выделения биогеохимической провинции олова на юге Дальнего Востока России были положены два критерия: геохимическая экология растений и геохимия почв в ландшафтах в пределах Тихоокеанского рудного пояса, содержащего геологические образования, геохимически специализированные на олово.

Как известно, геохимическая экология растений – одно из научных направлений в биогеохимии, охватывающее различные проявления и изменения в жизни растений в связи с особенностями геохимической среды их обитания. Это направление в биогеохимии, теоретические основы которого разработаны в вышеотмеченных фундаментальных трудах В.В. Ковальского и В.В. Ермакова, – наиболее оптимальный и объективный подход к обоснованию биогеохимических провинций того или иного химического элемента. Геохимическая экология растений позволяет установить уровни аккумуляции металлов в системе почва–растение, определить коэффициенты биологического поглощения (КБП) химических элементов по А.И. Перельману [31] в органах и частях растений, выявить биообъекты для мониторинговых исследований с целью оценки экологического состояния окружающей среды.

В основу биогеохимических исследований на полигонах была положена общепринятая методика, разработанная Д.П. Малюгой [30]. Отбор проб растений проводился по сетке профилей от 10 × 20 до 20 × 40 м в зависимости от мощности рудных жил и залежей. На каждом пункте опробования (условный квадрат 5 × 5 м) в отдельные пробы

отбирались по возможности органы и части всех растений: деревья – листья (хвоя), ветви, древесина, кора; кустарники – листья, ветви, ствол, корни; травы и мхи – надземная часть. Пробы высушивались до воздушно-сухого состояния, затем озолялись до белой золы в лабораторных условиях в муфельной печи при температуре 450 °С. Содержание олова в золе проб проводили атомно-абсорбционным и эмиссионным спектральными анализами с чувствительностью на олово 0,0001 масс.% с ошибкой 5,0 %.

Ниже приводятся названия полигонов (участков) биогеохимического опробования с соответствующим типом оловорудной минерализации и указанием (в скобках) числа отобранных проб растений. Тихий – сульфидно-касситеритовый (310), Арсеньевка – сульфидно-станнино-касситеритовый (730), Нижний – касситерит-хлоритовый (208), Шивки – сульфидно-касситеритовый (128), Сакай – Баку – сульфидно-касситеритовый (84), Соболиный – сульфидно-касситеритовый (46), Оемку – золото-касситерито-сульфидный (220), Карадуб – кварц-касситеритовый (1237), Лучистый – касситерит-турмалиновый (221), Баджал – касситерит-вольфрамит-турмалиновый (319), Тади – касситеритовая россыпь (157), Северный – золото-касситеритовая россыпь (200), Улский – касситерит-золотоносная россыпь (61), Холан – касситерит-золотоносная россыпь (1085), Васильевка – касситерит-сульфидный (745), Первомайский – касситерит-скарновый (327), Кабарга – сульфидно-касситерит-полиметаллический (409), Дмитриевка – сульфидно-полиметаллический (370), Усть-Кабарга – касситерит-пегматитовый (270), Самарка – касситерит-грейзеновый (646), Ильгинский – кварц-касситеритовый (330), оловосодержащие базальты – аксессуарное самородное олово мантийного происхождения (1077), оловосодержащие граниты – аксессуарный касситерит и изоморфное олово в породообразующих минералах (453). Таким образом, всего было отобрано и подготовлено к анализам 10 276 проб растений и свыше 1000 проб почв – достаточно представительная база данных для характеристики природной биогеохимической провинции олова на юге Дальнего Востока России.

Полученные аналитические результаты показали, что повышенные содержания олова в золе растений характерны для участков с оловорудной минерализацией, а на уровне местных фоновых концентраций (0,001 масс.%) – за пределами рудных залежей, но на флангах оруденения, причем в одних и тех же видах растений. На контрольных участках при полном отсутствии оруденения, т.е. вне оловорудных районов, концентрация олова в золе растений находится на уровне среднего мирового содержания этого металла в растениях – 0,0005 масс.% по А.П. Виноградову [6]. При этом на контрольных участках в большинстве проб растений олово не обнаружено, т.е. его количество ниже предела чувствительности анализа.

В целом отмечено большое видовое разнообразие растений, в которых обнаружено олово. В общей сложности в Дальневосточном регионе в пределах биогеохимической провинции олова этот металл установлен в органах и частях 131 вида растений, относящихся к 97 родам и 45 семействам. Из числа указанных видов 24 относятся к деревьям, 27 – к кустарникам, 70 – к травам, 10 – к мхам, лишайникам и плаунам. Семейства, в которых наиболее полно представлены виды растений, содержащих олово, следующие: ивовые (*Salicaceae*), сосновые (*Pinaceae*), берёзовые (*Betulaceae*) – по 6 видов; осоковые (*Cyperaceae*) и лилейные (*Liliaceae*) – по 7 видов; бобовые (*Fabaceae*) – 8; сложноцветные (*Astraceae*) – 9; розоцветные (*Rosaceae*) – 12 видов.

Повышенными содержаниями олова в золе растений характеризуются следующие семейства (масс.%, до): сосновые – 0,03–0,1; ивовые – 0,005–0,03; камнеломковые (*Saxifragaceae*) – 0,004–0,01 (чубушник тонколистный – *Phyladelphus tenuifolius* Rupr.); вересковые (*Ericaceae*) – 0,002–0,5 (брусника – *Vaccinium vitis-idaea* L.); ослинниковые (*Onagraceae*) – 0,02 (кипрей узколистный – *Chamaenerion angustifolium* L.); валериановые (*Valerianaceae*) – 0,01 (валериана заенсейская – *Valeriana transjensis* Kr.); многоножковые (*Polypodiaceae*) – 0,1 (орляк обыкновенный – *Pteridium aquilinum* Kuhn.); барбарисовые (*Berberidaceae*) – 0,05 (джефферсония – *Jeffersonia dubia* Max.); плауновые

(Lycopodia) – 0,02. Наиболее высокие содержания олова в растениях установлены в следующих семействах (масс.%): розоцветные – 0,01–0,06 (рябинолистник рябинолистный – *Sorbaria sorbifolia* A.Br., спирея средняя – *Spiraea media* Schmidt., малина сахалинская – *Rubus sachalinensis* Levl., кровохлёбка аптечная – *Sanguisorba officinalis* L.); сложноцветные – 0,03–0,1 (полынь – *Artemisia stolonifera* Max.); моховые (Bryophyta) – 0,03–0,1 (политрихум обыкновенный – *Polytrichum commune* Hedw.); осоковые – 0,3 (осока маньчжурская – *Carex mandshurica* Meinsch.)

Содержание олова в растениях на оловосодержащих базальтах достигает 0,0047 масс.%, на оловосодержащих гранитах – 0,0001–0,0005 масс.%. Повышенное содержание олова в растениях на базальтах обусловлено самородной формой его нахождения, которая более доступна растениям, чем олово из гранитов, т.е. из аксессуарного касситерита и из изоморфной примеси этого металла в породообразующих минералах [12].

Нужно отметить, что по степени поглощения олова в сторону увеличения растения независимо от видовой принадлежности составляют ряд: кустарники – деревья – травы – мхи. Эта закономерность имеет место на всей территории юга Дальнего Востока России, т.е. в пределах биогеохимической провинции олова.

Было рассчитано среднее содержание олова в золе растений, которое оказалось равным $0,005 \pm 0,0001$ масс.%. Эта величина на порядок больше мирового среднего содержания олова в растениях по А.П. Виноградову [6] и отражает биогеохимическую специализацию лесных фитоценозов в ландшафтах, сформированных на оловорудных полях (зонах минерализаций) и на оловосодержащих породах в пределах Дальневосточной биогеохимической провинции олова [22].

Доказательством объективного существования природной биогеохимической провинции на юге Дальнего Востока России являются почвы, содержащие этот металл. Оловорудная минерализация и оловосодержащие породы находятся в горных районах региона, поэтому по современной номенклатуре основным типом почв в структуре почвенного покрова являются бурные горнолесные почвы и их разновидности (буроземы). В этих почвах валовое содержание олова обнаруживает четко выраженную тенденцию максимального накопления в горизонте ВС почвенных разрезов, с минимальным количеством в горизонте А1 и с промежуточным значением в горизонте В, т.е. имеет место постепенное увеличение концентрации металла от верхних горизонтов к нижним. Эта закономерность сохраняется во всех основных ландшафтах региона в пределах биогеохимической провинции олова. В гранулометрическом спектре мелкозема почв каждого генетического горизонта характерно постепенное уменьшение содержания металла от крупных фракций мелкозема (1,0–0,25 и 0,25–0,05 мм) к мелким (0,01–0,005 и 0,005–0,001 мм). Эта закономерность обусловлена зернистостью касситерита и других оловосодержащих минералов в рудах и породах, т.е. формами нахождения этого металла в почвах. В целом валовое содержание олова в почвах колеблется в широком интервале – от 0,0001 масс.% (чувствительность анализа) до 0,6 масс.%.

Установлены формы нахождения олова в почвах биогеохимической провинции в виде трех групп: 1) минеральные, тесно связанные с минералами олова; 2) безминеральные, непосредственно не связанные с минералами олова; 3) самородная форма.

К минеральным формам нахождения олова в почвах относятся микрообломки первичного (гипогенного) касситерита и станнина, агрегаты вторичных (гипергенных) минералов олова (варламовит, суксит, кестерит, натечный касситерит).

К безминеральным формам относятся: биогенная (опад, лесная подстилка, гумусовое вещество); сорбционная, связанная с процессами абсорбции (гидроксиды железа – лимонит, гетит и др.) и с процессами адсорбции (глинисто-илистые частицы); коллоидная (органоминеральные коллоиды в комплексе с оловоорганическими соединениями); ионная (простые и комплексные ионы олова в почвенных растворах и в грунтовых водах); изоморфная – аксессуарное олово в гипогенных породообразующих минералах (мусковит, биотит) и в рудных минералах (магнетит, ильменит, вольфрамит и др.).

К самородной форме относится металлическое олово, образующееся при выветривании оловосодержащих базальтов.

Каждая из вышеотмеченных форм нахождения олова вносит свой вклад в валовое содержание этого металла в почвах, и от количества содержания той или иной формы зависит поглощение олова растениями [19].

Таким образом, наличие природной биогеохимической провинции олова на юге Дальнего Востока России достаточно убедительно обосновывается данными об уровнях содержания этого металла в растениях и в почвах.

Кроме того, в Дальневосточном регионе России имеет место развитие природно-техногенных и техногенных биогеохимических провинций олова. Природно-техногенные провинции формируются на площадках геологоразведочных работ в оловорудных зонах, когда возникают техногенные шлейфы (потоки) оловосодержащего обломочного рыхлого материала. Так, на одном из крупных оловополиметаллических месторождений (Хабаровский край) на делювиальном шлейфе, возникшем под влиянием геологоразведочных работ, содержание олова в растениях достигает 0,001–0,005 масс.%, что в 2–10 раз больше среднего (мирового) содержания этого металла в растениях по А.П. Виноградову [6]. Кроме того, техногенный шлейф на участке этого оловорудного объекта зафиксирован на основе коэффициента биологического поглощения по А.И. Перельману [31]. КБП олова и его спутников здесь оказался четким показателем рудной минерализации и техногенного шлейфа (за пределами оруденения) [20].

Примером техногенной биогеохимической провинции олова на юге Дальнего Востока России могут служить территориально-производственные инфраструктуры Солнечного горно-обогатительного комбината (Хабаровский край) и комбината «Хинганолово» (Еврейская автономная область).

Надо отметить, что в составе природной биогеохимической провинции олова на территории Дальневосточного региона не обнаружено явно выраженных и доказательных биогеохимических эндемий среди растений, тем не менее отмечаются некоторые признаки морфологических и фенологических особенностей у отдельных видов растительных биообъектов. Так, на кварц-касситеритовом месторождении отмечен гигантизм иван-чая узколистного (*Chamaenerium angustifolium* Scop.) с повышенным количеством побегов и с более широкими, чем обычно, эллиптической формы листовыми пластинками. На касситерит-станнино-сульфидном месторождении какалия ушастая (*Cacalia auriculata* D.C.) характеризуется крупными листьями, ширина которых (20–22 см) вдвое превышает длину, при этом у растения отмечены бледно-сиреневые оттенки цветков, собранных в крупные узкометельчатые соцветия. На касситерит-грейзеновом месторождении наблюдалось раннее пожелтение листьев деревьев и необычно позднее (в середине сентября) цветение рододендрума амурского (*Rhododendron amurense* L.). На касситерит-скарновом месторождении зафиксирована суховершинность ивы Бредина (*Salix caprea* L.) и появление на ее листьях ржавых пятен, похожих на ожоги, а у леспедецы двуцветной (*Lespedeza bicolor* Turcz.) – задержка в распускании почек. На этом же месторождении у дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch.) отмечены длинные – до 25–40 см – верхушечные побеги. На касситерит-пегматитовом месторождении наблюдается гигантизм полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii* Web.), чистотела большого (*Chelidonium majus* L.) и угнетенный вид страусопера обыкновенного (*Matteuccia struhiteris* L), причем полынь Гмелина представлена здесь сильно ветвистыми особями до 2,5 м в высоту, а вне оруденения – менее ветвистыми не более 1 м в высоту [14].

Отмеченные фитоморфологические и фенологические особенности растений в рассматриваемой биогеохимической провинции обусловлены не только оловом, но, по видимому, сочетанием его спутников – редких и рассеянных химических элементов в том или ином типе оловорудной минерализации – бериллием, цирконием, ниобием, танталом, литием и др.

Заключение

Биогеохимическая индикация оловорудной минерализации, проведенная с целью разработки научных основ и практических приемов биогеохимических поисков месторождений олова по растениям и почвам, позволила впервые обосновать и выделить природную биогеохимическую провинцию этого металла на юге Дальнего Востока России, обусловленную наличием в этом регионе минерализованных площадей в составе Тихоокеанского рудного пояса.

На большом фактическом материале – анализе проб растений и почв по определению олова с полигонов биогеохимических исследований – установлено, что биогеохимическая провинция олова занимает значительные территории Приморья и Приамурья в пределах Хабаровского и Приморского краев, Амурской и Еврейской автономных областей.

Довольно высокие уровни содержания олова, установленные в различных таксонах растительного покрова – в органах и частях растений, свидетельствуют о том, что этот металл не оказывает отрицательного действия на живые биологические системы (организмы) вопреки имеющимся в литературе сведениям о его токсичности [29, 33].

Дальнейшие исследования в этой новой, впервые выделенной биогеохимической провинции должны быть направлены на установление уровней содержания олова в поверхностных водах, гидробионтах, фауне и флоре природных лесных биогеоценозов, а также в органах крупных животных и человека.

Следует отметить, что вполне возможно формирование природных биогеохимических провинций олова в других регионах России, где есть оловорудная минерализация и распространены оловосодержащие породы, в частности на территориях так называемых «оловоносных областей» [7] в пределах Сибири и Северо-Востока России (Северо-Ленской, Яно-Индигорской, Колымской, Чукотской, Корякской, Забайкальской), а также в европейской части страны, в северном Приладожье (Карелия).

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков В.Л. Основные черты геохимия олова. М.: Наука, 1974. 150 с.
2. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. 672 с.
3. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и эндемии // ДАН СССР. 1938. Т. 18, № 4/5. С. 283–286.
4. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции // Геохимия. 1963. № 3. С. 199–213.
5. Виноградов А.П. О генезисе биогеохимических провинций // Тр. Биогеохим. лаб. АН СССР. Т. 11. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 3–7.
6. Виноградов А.П. Поиски рудных месторождений по растениям и почвам // Тр. Биогеохим. лаб. АН СССР. 1954. Вып. 10. С. 3–27.
7. Геология оловорудных месторождений СССР. Т. 2. М.: Недра, 1986. 429 с.
8. Ермаков В.В. Биогеохимические провинции: концепция, классификация и экологическая оценка // Основные направления геохимии: к 100-летию со дня рождения А.П. Виноградова. М.: Наука, 1995. С. 183–195.
9. Ермаков В.В. Геохимическая экология и биогеохимические критерии оценки экологического состояния таксонов биосферы // Геохимия. 2015. № 3. С. 203–221.
10. Ермаков В.В., Градова Н.Б., Ковальский Ю.В. Геохимическая экология и ее значение в современных биосферных исследованиях // Современ. пробл. состояния и эволюции таксонов биосферы: тр. Биогеохим. лаб. РАН. Т. 26. М.: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 14–28.
11. Ермаков В.В. Проблемы и перспективы развития учения о биогеохимических провинциях // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине: тез. докл. XI Всесоюзной конф. Самарканд, 1990. С. 22–25.
12. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловянной минерализации. М.: Наука, 1987. 247 с.
13. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловянной минерализации: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук: 04.00.03 / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 1988. 39 с.
14. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловорудной минерализации в горных районах юга Дальнего Востока России // Устойчивое развитие горных территорий. 2009. № 1. С. 57–63.
15. Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация оловянной минерализации различного генетического типа // Теоретические основы геохимических методов поисков рудных месторождений. М.: Наука, 1986. С. 100–119.

16. Ивашов П.В. Биогеохимические исследования на рудных месторождениях Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. 132 с.
17. Ивашов П.В. Биогеохимический метод поисков оловорудных месторождений на Дальнем Востоке // Тихоокеан. геология. 1990. № 4. С. 52–61.
18. Ивашов П.В. Биогеохимический метод поисков руд олова на юге Дальнего Востока // Вестн. ДВО РАН. 1993. № 4/5. С. 70–75.
19. Ивашов П.В. Геохимия олова в почвах на оловорудных месторождениях Дальнего Востока // Тихоокеан. геология. 1993б. № 4. С. 127–137.
20. Ивашов П.В. Использование биогеохимического метода для оценки техногенных потоков тяжелых металлов оловорудном районе // Геохимия рудных районов. Благовещенск: Изд. АмурКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1986. С. 139–141.
21. Ивашов П.В. Ландшафтно-геохимические исследования на базальтовых массивах. Владивосток: Дальнаука, 2003. 326 с.
22. Ивашов П.В. Среднее содержание олова в растениях юга Дальнего Востока России // Геохимия. 2011. № 10. С. 1111–1114.
23. Ивашов П.В. Теоретические основы биогеохимического метода поисков рудных месторождений (применительно к территории Дальнего Востока). Новосибирск: Наука, 1976. 272 с.
24. Ивашов П.В. Фитофеноиндексация оловорудной минерализации на Дальнем Востоке // Фенологическая индикация и фенопрогнозирование. Л.: Изд. ВГО СССР, 1984. С. 27–28.
25. Ивашов П.В. Уровни содержания олова в растениях зоны хвойно-широколиственных лесов юга Дальнего Востока России // Вестн. Оренбург. гос. ун-та, 2011. № 16 (135). С. 144–147.
26. Ковальский В.В. Биогеохимические провинции СССР и методы их изучения // Тр. Биогеохим. лаб. Т. 11. М.: Изд-во АН СССР. 1960. С. 8–32.
27. Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 78 с.
28. Ковальский В.В. Геохимическая экология. Очерки. М.: Наука, 1974. 300 с.
29. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. М.: Мир, 1976. 500 с.
30. Малюга Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений: Принципы и практика поисков. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 264 с.
31. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. шк., 1966. 392 с.
32. Радкевич Е.А. Металлогенетические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 176 с.
33. Тиссен С. Геохимические и фитобиологические связи в свете прикладной геофизики // Геохимические методы поисков рудных месторождений. М.: Иностран. лит., 1954. С. 325–372.