УДК 55(1/9)
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-1-29-43

ПРИШИЛКИНСКАЯ МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ЗОНА: ФРАГМЕНТЫ МИНЕРАГЕНИИ И ГЕНЕЗИСА

PRISHILKINSKY MINERAGENOUS AREA: FRAGMENTS OF MINERAGENY AND GENESIS

Ю. В. Павленко, *Забайкальский государственный университет, г. Чита*
payurva@mail.ru

Yu. Pavlenko, *Transbaikal State University, Chita*

Рассмотрена Пришилкинская минерагеническая зона, которая располагается на листах N-50, 51 и M-49, 50, протягиваясь в северо-восточном направлении по территории Восточного Забайкалья и Верхнего Приамурья на 850...900 км. Фрагменты этого уникального минерагенического подразделения выделялись ранее многими геологами, однако в полном объеме оно определилось в начале этого века в результате составления Государственных геологических карт Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 третьего поколения. Научный и практический интерес к данному крупному структурно-вещественному образованию связан с региональными структурными особенностями, благоприятными для формирования крупных месторождений и Транссибирской железнодорожной магистралью, проложенной вдоль или вблизи этой зоны с многочисленными полиминеральными объектами, включая промышленные месторождения дефицитного минерального сырья. Обосновано, что созданная база геологической информации, призванная удовлетворить экономические условия развития России, все еще нуждается в уточнении научных положений, включая закономерности пространственного размещения оруденения и особенностей его генезиса.

Основные геологические особенности формирования Пришилкинского структурно-формационного комплекса и соответствующей ему Пришилкинской минерагенической зоны (МЗ) изложены в статьях, опубликованных в 2014–2015 гг. в журнале «Вестник Забайкальского государственного университета». В данной статье, завершающей эту серию, рассмотрены вопросы минерагении минерагенической зоны и особенности генезиса эндогенного оруденения. При изложении фрагментов минерагении Пришилкинской зоны отмечена её уран-молибден-золоторудная специализация оруденения, охарактеризованы геохимические свойства главных рудных элементов, которые связаны преимущественно с интрузиями гранитоидов. Главная масса позднемезозойского эндогенного оруденения генетически связана с глобальным процессом океанизации земной коры. Кратко охарактеризованы 12 позиций, указывающие на проявление глубинной океанизации в основании континентальной коры Забайкалья

Ключевые слова: *Пришилкинская минерагеническая зона; Юго-Восточное Забайкалье; позднемезозойское эндогенное оруденение; интрузии гранитоидов; минерагения; генезис; оруденение; активизация докембрийского кристаллического фундамента; динамометаморфическая дислокационная структура; геолого-химические условия*

Prishilkinsky mineragenic zone, which is located on the N-sheets 50, 51 and M-49, 50, reaching out in a northeasterly direction through the territory of the Eastern Transbaikal and the Amur region on the Upper 850...900 km. is considered. The fragments of these unique mineragenous units were allocated previously by many geologists, however, fully defined at the beginning of this century as a result of state-of geological maps of the Russian Federation, the scale of 1: 1,000,000 of the third generation. The scientific and practical interest in the major structural-material formation is associated with regional structural features, favorable for the formation of large deposits and the Trans-Siberian railway line, laid along or near this zone with numerous polymineral objects, including commercial deposits of scarce minerals. It is proved that the established base of geological information,

© Ю. В. Павленко, 2017

designed to meet the economic conditions for the development of Russia still needs to clarify scientific statements, including patterns of spatial distribution of mineralization and characteristics of its genesis.

The main geological features of the formation of Prishilkinsky structural-formational complex and the corresponding Prishilkinskoy mineragenous zone (MZ) are set out in the articles published in 2014–2015 in the «Bulletin of the Transbaikal State University» journal. In this article, which closes this series, the problems of the mineragenous mineralization zones and features of genesis of endogenous mineralization are observed. In the presentation of fragments of the mineralization of Prishilkinsky zone, its uranium-molybdenum-gold ore mineralization specialization is marked, geochemical properties of the main ore elements are characterized, which are associated mainly with granitoid intrusions. The bulk of the late endogenous mineralization is genetically related to the global process of oceanization crust. 12 positions are briefly described, indicating a manifestation of the deep oceanization at the base of the continental crust of Transbaikalia

Key words: *Prishilkinsky mineragenic zone; South-East Transbaikalia; late endogenous mineralization; granitoid intrusion; minerageny; genesis; mineralization; activation of the Precambrian crystalline basement; dynamometamorphic dislocation structure; geological and chemical conditions*

Пришилкинская минерагеническая зона (МЗ) представляет восточную часть минерагении Монголо-Удской глубинной рудоконтролирующей структуры первого порядка (рис. 1). Она синтезирует знания о строении земной коры и минерагении Юго-Восточного Забайкалья, накопленные за более чем 75-летний период интенсивного изучения региона [3–8; 11–14; 16; 17; 19; 20–23; 25–28; 30–31; 35; 36].

Монголо-Удский глубинный шов является гигантской рудоконтролирующей структурой, протягивающейся из Монголии через Юго-Восточное Забайкалье в северное Приамурье на расстояние более 1200 км. На территории России с ним связаны полезные ископаемые 9 рудных районов и 42 рудных узлов с промышленными месторождениями Sn, W, Be, Ta, Au, Mo, в том числе Хапчерангинским, Дарасунским, Жирекенским, Давендинским и др. Высокая степень рудоносности шва и мультиметалльный спектр полезных ископаемых объясняется основной особенностью шовной структуры, разделяющей два крупнейших мегаблока кристаллического фундамента с резко контрастным составом. Она характеризуется глубоким заложением, длительной историей развития и формированием в ней многочисленных разновозрастных рудоносных интрузий гранитоидов и габброидов.

Региональная минерагеническая значимость этой динамометаморфической дислокационной структуры проявляется в высокой экстенсивности, интенсивности оруденения, развитии структурно-вещественного комплекса, обеспечивающего повышенную фильтрацию глубинных рудоносных флюидов, гидротерм, являющегося благоприятной геохимической средой для формирования концентрированного оруденения.

В Пришилкинской минерагенической зоне известно 7 рудных районов и 33 рудных узла. По экстенсивности развития 10 видов промышленно ценных полезных ископаемых установлена следующая их значимость: Au-Mo-U-(W, Ag)-fl-Cu-Sb-(Ti, Fe), что свидетельствует о его уран-молибден- золоторудной минерагенической специализации. Три основных рудных элемента развиты на протяжении всей минерагенической зоны, Ti и Fe – только в западной части, Sb – в центральной, а остальные – спорадически. В представленном спектре полезных ископаемых лишь флюорит и железо в какой-то степени можно рассматривать обособленно, другие же виды в разном сочетании пространственно совмещены, что свидетельствует об их формировании в близоднотипных геолого-геохимических условиях.

Глобальная активизация процессов в мантии в раннедокембрийское время привела к кардинальному преобразованию первично однородной протокоры – возникновению качественно нового вещества в виде гнейсогранитового комплекса и зеленокаменных поясов, слагающих круп-

ные контрастные структуры. Они явились своеобразным «спусковым механизмом» для последующей их ассимиляции и формирования разнообразных полезных ископаемых. Наиболее продуктивным является этап мезозойской активизации, в результате которой возникли месторождения урана, редких и редкоземельных элементов, полиметаллов, золота, флюорита и других полезных ископаемых.

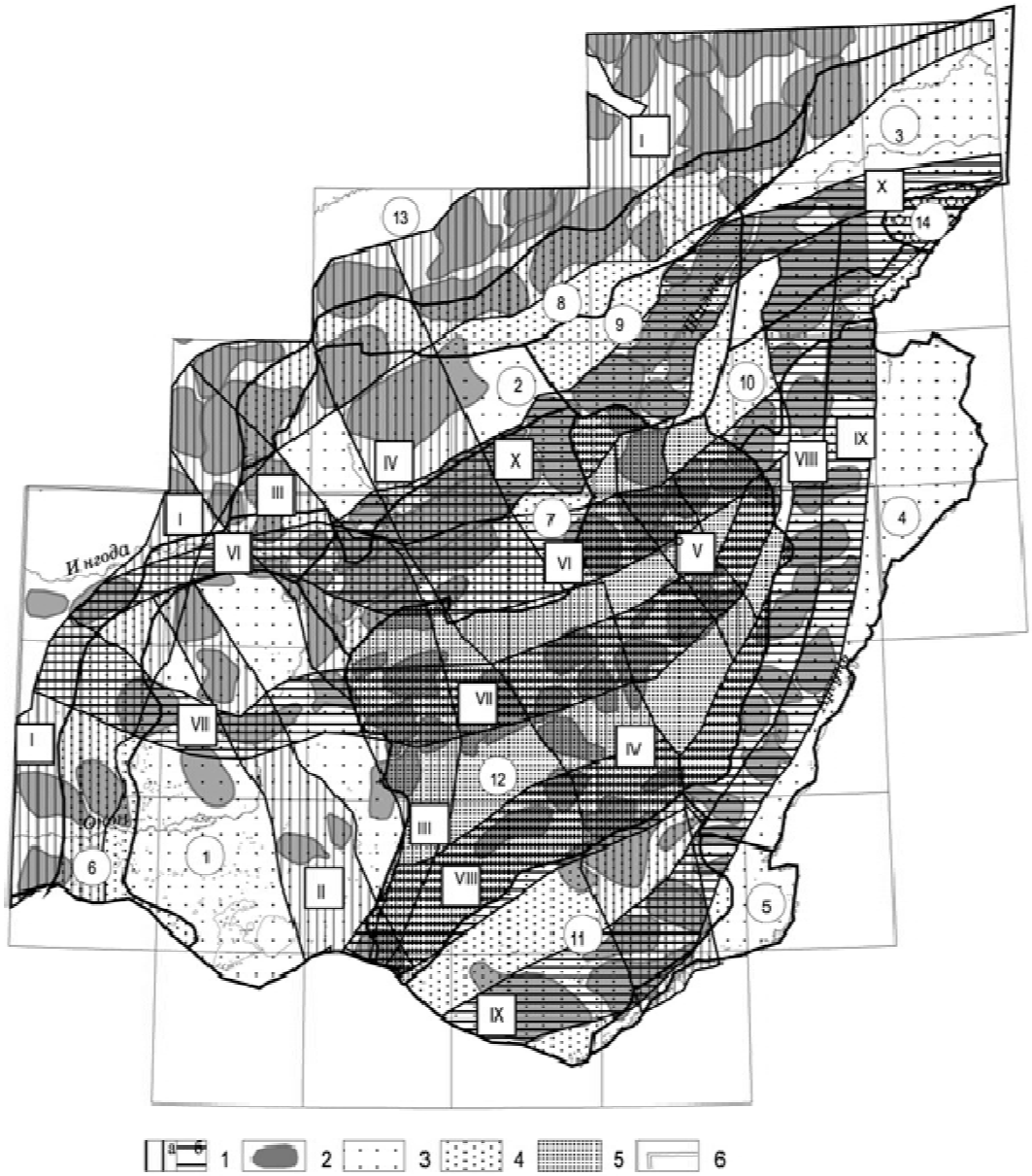

Рис. 1. Положение линейных зон тектономагматической активизации докембрийского кристаллического фундамента в региональных структурах земной коры Юго-Восточного Забайкалья: 1 – зоны тектоно-магматической активизации субмеридионального (а) и субширотного – до субмеридионального (б) направлений, уточненные по полям экстенсивности; цифры в квадратах – наименования зон: I – Монголо-Удский шов; II – Ононская; III – Восточно-Агинская; IV – Далайнор-Газимурская; V – Урово-Газимурская; VI – Ингода-Куренгинская; VII – Ага-Урюмканская; VIII – Борзя-Уровская; IX – Приаргунская; X – Шилкинская; 2 – рудные узлы; 3–5 – мегаблоки со средней глубиной залегания кровли диорит-метаморфического слоя, км: 1 – 0...3; 2 – 5...6; 3 – 8...10 (по Г. А. Генко и Ю. А. Филипченко). Цифры в кружках – наименования мегоблоков: 1 – Восточно-Агинский; 2 – Оловский; 3 – Могочинский; 4 – Приаргунский; 5 – Далайнор-Аргунский; 6 – Ононский; 7 – Борщовочный; 8 – Урюмский; 9 – Среднешилкинский; 10 – Верхнегазимурский; 11 – Урулюнгуйский; 12 – Газимурский; 13 – Ульза-Олекминский; 14 – Амурхэ; 4–5 – разломы: 4 – трансрегиональный; 5 – первого порядка; 6 – контур площади листа М-50

Fig. 1. Regulation of linear zones of tectono-magmatic activation of the Precambrian crystalline basement in the regional structures of the crust of Southeast Transbaikalia:
1 – zone of tectonic and magmatic activation of submeridional (a) and sublatitudinal directions – to meridional one (b) in the fields of specified extensiveness; numbers in the squares – names of zones: I – Mongolian-Udsky seam; II – Onon; III – East Aga; IV – Dalainor-Gazimursky; V – Urovo-Gazimursky; VI – Ingoda-Kurenginskaya; VII – Aga Uryumkanskaya; VIII – Borzya Urovskaya; IX – Priargunskaya; X – Shilkinskaya; 2 – ore nodes; 3–5 – mega blocks with an average depth of occurrence of the roof diorite-metamorphic layer, km: 1 – 0 … 3; 2 – 5 … 6; 3 – 8 … 10 (in accordance with G. A. Genko and Yu. Filipchenko). The numbers in the circles – the names of mega blocks: 1 – East Aginsk; 2 – Olovskoye; 3 – Mogocha; 4 – Argun; 5 – Dalainor-Argun; 6 – Onon; 7 – Borschovochny; 8 – Uryumsky; 9 – Sredneshilkinsky; 10 – Verhnegazimursky; 11 – Urulyunguysky; 12 – Gazimursky; 13 – Ulza-Olekminsky; 14 – Amurhe; 4–5 – faults: 4 – trans-regional; 5 – of the first order; 6 – contour area M-50 sheet

Из трех главных групп интрузивов, выделяемых в Восточном Забайкалье по составу, возрасту и генезису, оруденение Пришилкинской зоны относится к группе рудоносных интрузивов комплекса гранитоидов – Sn, W, Be, Li, Ta, Nb, Mo, Au.

Основными факторами, приведшими к разнообразию оруденения, являются:

– Пришилкинский структурно-формационный комплекс (СФК) – крупная зона повышенной проницаемости пород, концентрации тектонических движений, полиметаморфических, гидротермально-метасоматических и магматических процессов, связанных с разгрузкой эндогенной энергии, глубинных рудоносных флюидов и перераспределением потоков вещества в верхней части земной коры;

– система крупных корово-мантийных нарушений, проникающих на большую глубину и служащих путями проникновения к поверхности продуктов активизации мантийных процессов. Они являются структурами разноглубинного зарождения магматических тел и многократной гранитизации пород кристаллического фундамента;

– динамометаморфические комплексы, существенно повышающие анизотропическое состояние разрывной структуры, с ними связаны углеродистые, базифицированные и другие метасоматические породы, являющиеся промежуточными коллекторами рудного вещества. Термальная обработка углеродистых, черносланцевых пород наиболее благоприятна для накопления дисперсно-коллоидного золота;

– ассоциация преимущественно золотого оруденения с небольшими интрузиями, штоками, дайками пестрого состава, в которых проявлены признаки флюидонасыщения, гибридности и автометасоматоза;

– дислокационно-метаморфические структуры являются особым межблоковым типом металлогенических обстановок. С ним ассоциируют базитовые, углеродистые, сульфидизированные породы подкоровых магм и восстановительные флюиды;

– возраст позднемезозоского оруденения зоны и региона в целом совпадает с возрастом крупнейшей катастрофой планеты – формированием океанической коры Мирового океана. Этот процесс охватил не только океаны, но и континентальную кору, связан с разрушением «гранитной» коры и замещением её базальтовой корой. Уменьшение глубины залегания слоя плавления базальтов, его мощность, температурный режим и прочие преобразования и перемещения прямо связаны с глубинными разломами, которые в результате растягивающих рифтогенных усилий существенно обновились, увеличив свои параметры. Преобразование эклогита мантии в базальт сопровождалось взрывным выделением огромной массы агрессивных летучих компонентов магмы, которые в условиях переменного давления и температуры выщелачивали из вмещающих пород подвижные рудные и нерудные элементы, переотлагая их в виде рудноносных масс, метасоматитов и метаморфитов;

– концентрация золота и других металлов в рифтогенных зонах разуплотнения, рассланцевания, брекчирования пород, способствующих миграции метаморфических гидротермальных корово-мантийных растворов-флюидов; они сопровождались карбонитизацией, лиственитизацией, пропилитизацией, аргиллизацией и концен-

трированием подвижного золота на геохимических барьерах;

– обилие летучих растворов, формирующихся в основании континентальной коры в процессе её океанизации, ассимиляции архей-протерозойских образований, зеленокаменных образований обеспечили накопление, неоднократное концентрирование и регенерацию рудных элементов на различных этажах вертикальной колонны физико-химических преобразований горных пород;

– накопление золота (до 120 кларков), серебра (до 50 кларков), молибдена, мышьяка, сурьмы, меди, свинца, цинка, вольфрама, кобальта, никеля и других элементов, а также формирование специфических золоторудных месторождений прожилково-вкрапленного типа связано с углеродизированными, а также базифицированными и прочими метасоматическими породами;

– высокая подвижность золота связана с резкими изменениями PT-условий, вызванных мощными землетрясениями, вулканическими извержениями, резкой сменой физико-химического равновесия и залповым проявлением метаморфизма. Эти процессы лежат в основе стадийности рудообразования и вертикального перемещения рудоносных растворов;

– радиогенная природа золота и его сопутствующих элементов предполагает первичное накопление их в углеродистых и сернистых продуктах преобразования мантийного вещества; в отложениях современных океанических рифтовых зон среднее содержание золота в сульфидоносных осадках составляет 132±46 мг/т [35];

– накопление золота связано с геохимическим барьером – сменой при землетрясениях окислительной среды на восстановительную в результате залповых прорывов водородсодержащих флюидов.

Далее приведены сведения о геохимических свойствах основных химических элементов.

Золото – основной полезный элемент МЗ – по химическим свойствам близок к Cu, Ag, Hg, Pb, Zn, Cd, составляющих группу халькофильных металлов с характерной ковалентной связью. Золото, тяготея к глубоким оболочкам планеты, проявляет и сидерофильные свойства. Геохимия золота определяется его электронейтральностью, химической инертностью, способностью к комплексообразованию и стабильностью многих комплексов. Геохимически Au проявляет исключительно разнообразные свойства (сидерофильность, халькофильность, органофильность, биофильность, гидрофильность) и весьма подвижно в условиях широкого диапазона Eh, pH, температуры и давления. С металлами образует сульфиды, фториды, растворимые в воде хлориды и гидриды, не растворяется в кислотах и щелочах. Золото прекрасно мигрирует в окислительной среде, при этом с увеличением окислительного потенциала системы способность его к перераспределению увеличивается. Растворение золота в воде, экстракция из любого источника происходит в окислительной среде, а осаждение – в восстановительной. Главная особенность золота – высокая степень его подвижности в водных растворах, в земной коре оно успешно мигрирует в щелочно-хлоридно-бикарбонатных растворах, растворимость его при температуре 450 °С увеличивается пропорционально увеличению концентрации HCl и KCl, а также летучести кислорода.

Минералого-геохимическая формула золота для верхней части земной коры $C_{61}M_{34}O_5$ (металлосульфидное), для мантии $C_{81}X_{19}$ (халькосидерофильное) [10]. Среднее содержание его (мг/т) в верхней континентальной коре 1,8, в нижней – 3,4; в кристаллическом фундаменте – 3,6; в осадочных породах – 5,1; в океанической коре – 6,0.

Известно 40 минеральных видов золота. Наиболее распространенными являются самородное золото, электрум, кюстелит. Примеси в золоте зависят от глубины его формирования: в малоглубинных разностях – это Hg, Sb, Te, Mn, в среднеглубинных – Bi, Sn, Ti, в глубинных – Fe, Ti, Cr, Ni, Co, (As). Золото чаще связано с сульфидными минералами (пирит, арсенопирит и др.). Основной механизм отложения

золота на сульфидах заключается в адсорбции и восстановлении Au на их поверхности при низких концентрациях и температурах по электродному типу. Формы вхождения Au в халькогениды чаще в виде микровключений на гранях, в дислокациях и микротрещинах.

В породообразующих минералах Au характеризуются большим разбросом. В кварце контактовых метасоматитов гранитных интрузивов его содержание достигает 200...800 мг/т. В кварце альбитизированной, калишпатизированной породы Au концентрируется до 61 % общего количества металла. Биотит интрузивных пород иногда имеет более высокие содержания Au, чем кварц. Повышенные значения золотоносности свойственны иногда также амфиболам, пироксенам, полевым шпатам. В целом, породообразующие минералы не являются надежными концентраторами Au, в рудных минералах количество Au на несколько порядков выше, чем в силикатных расплавах. Минералами-носителями золота часто выступают эпидот, амфиболы, пироксены, магнетит, гематит, рутил, сфен, лейкоксен, апатит [10].

В геологическом времени повышенные концентрации Au приходятся на архей-ранний протерозой. В магматических породах Au рассеяно, его концентрации связаны с гидротермами и образованием промышленных россыпей.

Необходимым условием для образования Au-оруденения является предшествующее разуплотнение пород, образование предрудного гидротермально-метаморфогенного флюида и последующая его эволюция вплоть до образования рудных зон в условиях активного рифтогенеза.

Молибден и уран, обладая литофильными, сидерофильными свойствами и переменной валентностью, проявляют себя как элементы и окислительно- восстановительных, и щелочно-кислотных условий. Эти свойства расширяют область их миграции и количество барьеров, на которых они концентрируются [24].

Молибден – малораспространенный элемент. Атом состоит из семи изотопов и большого числа радиоизотопов. Имеет большую температуру плавления (2610 °С). Образует типичные простые соединения различной зарядности. Молибден – сильный комплексообразователь. Содержание Mo (г/т) в нижней континентальной коре – 0,8, в верхней – 1,5.

Известно 24 минеральных вида молибдена, широко распространены молибденит, вульфенит, повеллит. Среди породообразующих минералов повышенные кларки (г/т) свойственны мусковиту (5), биотиту (4, 6) кварцу (3, 4), пироксенам (до 4). Кларки Mo для кислых пород – 1,5; средних – 1; основных – 1,4; ультраосновных – 0,3; щелочных – 1,1. В гранитоидах Забайкалья содержания Mo существенно отличаются для разных районов и блоков пород. Однако тенденция его накопления в кислых породах выявляется отчетливо. Более высокие концентрации Mo свойственны углеродистым породам.

В литосферных процессах концентрации Mo связаны с гидротермалитами гранитоидного ряда и сернисто-углеродистыми гидрогенными и осадочными образованиями глинистого и каустобиолитового ряда. Важнейшим осадителем Mo из растворов является H_2S и его производные.

Для гидротерм характерны различные комплексы Mo, главным образом фтористые. В месторождениях Mo ассоциирует с W, U, Cu, Pb, Zn. Для молибденита характерна примесь Re.

Уран – это редкий, но не рассеянный элемент. Известно более 100 его минеральных видов. В геохимии основное значение имеет физико-химическая миграция, он активный мигрант в гидротермах и в зоне гипергенеза, концентрируется на многочисленных барьерах. В гидротермах характерны связи U с Mo, Ti, Cu, Pb и др.

Кремний в неорганической природе занимает такое же положение, как и углерод в живой природе. Это один из самых распространенных элементов в природе, известно 432 минеральных вида кремния. Кремний легко соединяется с 15 более электроотрицательными элементами (F, O, Cl, N, S, As, Sb и др.) и легко образует большие моле-

кулы. Кремний в соединении с кислородом образует природные полимерные вещества, которые изучены очень слабо. Высокомолекулярные кремний органических соединений в виде полимеров включают B, Al, Ti, P, Co, Ni и др. элементы. Они не содержат химически активных групп, которые могли бы вредно действовать на металлы.

При магматических процессах кремний накапливается в кислых породах. При высоких температурах и давлениях растворимость SiO_2 повышается, возможна его миграция и с водяным паром. Поэтому для гидротермалитов характерны кварцевые жилы часто с рудной минерализацией.

В конце XX – начале XXI вв. в геологическом строении Забайкалья появились новые данные, позволяющие рассматривать некоторые особенности строения его недр и закономерности пространственного размещения полезных ископаемых с иных, нетрадиционных позиций [21]. Многие вопросы преобразования земной коры мезозойского периода геологической истории нуждаются в расшифровке и переосмысливании. В первую очередь это относится к зонам меланжа, коллизионным, сдвиговым процессам, а также к оценке роли крупных базальтовых излияний в формировании полезных ископаемых. Глобальный процесс океанизации земной коры своеобразно проявился в Забайкалье, что подтверждается позициями, подробно рассмотренными в ряде работ автора. Далее приводятся лишь выводы по наиболее значимым 12 позициям проявления океанизации в земной коре Забайкалья и гипотеза океанизации.

1. Средне-позднеюрский-раннемелой геологический рубеж для Забайкалья является самым продуктивным в геологической истории на полезные ископаемые. Тектоническая обстановка этого периода совпадает с началом активной океанизации планеты – «революционным» периодом в геологической истории Земли.

2. На примере Юго-Восточного Забайкалья с высокой достоверностью установлена прямая связь подавляющей части месторождений поздней юры – раннего мела с разрывными структурами многократной тектономагматической активизации, заложенными в нижнем структурном этаже – в структурах фундамента.

3. Мантийные процессы, достаточно хорошо изученные мировой наукой, также широко проявлялись в регионе в виде гравитационной адвекции. Зарождение и пространственно-временная миграция процессов тектономагматической активизации прямо связаны с глубинным тепломассопереносом, который формировал очаги плавления пород в земной коре. В этих позициях процессы адвекции и океанизации близки.

4. В Восточно-Забайкальской части Саяно-Забайкальской палеозойской зоны корневая (стволовая) зона мантийной очаговой структуры формировалась только в позднем мезозое. Она является результатом горизонтального растекания аномального мантийного вещества с запада на восток непосредственно над корой, образовав «козырек» мантийной очаговой структуры [18]. Эти данные свидетельствуют о длительном (не менее 150 млн лет) и импульсивном поступлении тепла из глубин планеты, максимум которого приходится на поздний мезозой (рис. 2, 3).

5. На большей части Забайкалья проявлен пассивный континентальный рифт, который в начальной стадии развился в тылу зоны субдукции (рифт Северного Китая) над аномальной мантией, в западной же части формировался Байкальский рифт, связанный уже с внутриплитной аномальной мантией [9]; асимметричность рифта характеризует особенность растекания аномальной мантии. В течение 40...45 млн лет аномальная мантия с глубины 90 км поднималась предположительно до глубины 15 км, а связанный с ней мезозойский рифтогенез сопровождался утонением материнской коры Забайкалья.

6. В полосе стволовой зоны мантийной очаговой структуры, непосредственно под корой концентрировались большие массы разогретого мантийного вещества, которые возбуждали рудно-магматические процессы в земной коре. Характер, продуктивность и начало таких процессов определялись типом разреза коры и пространственным по-

ложением стволовой зоны, что нашло свое отражение во взаимном положении минерагенических провинций. Эти данные свидетельствуют о существенном влиянии на минерагению крупных геоблоков различий геологического разреза земной коры.

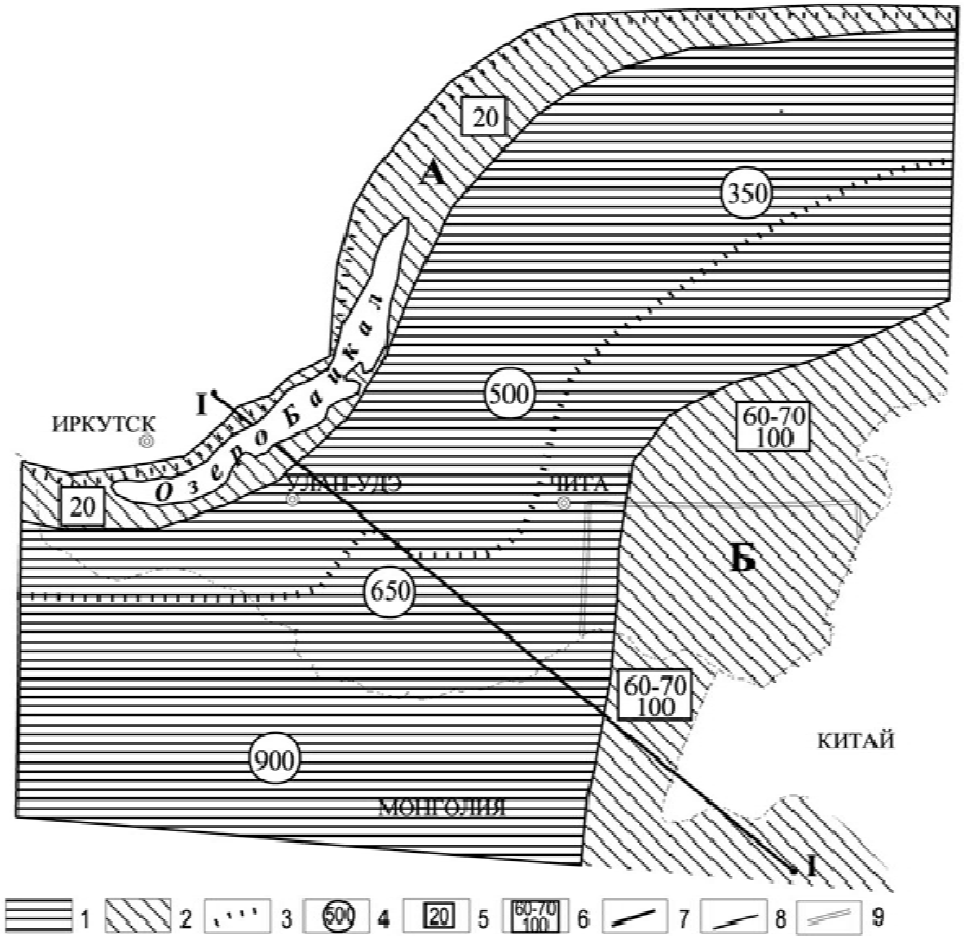

Рис. 2. Схема строения мантии (мантийной очаговой структуры) (по Г. И. Менакеру, [18]):
1 – корневая (стволовая зона) аномальной мантии; 2 – боковые «козырьки» (А – Байкальский, Б – Забайкало-Амурский); 3 – контуры выхода аномальной мантии на уровень границы Мохо, по данным ГСЗ; 4 – глубина залегания нижней поверхности аномальной мантии, км; 5 – мощность аномальной мантии, км; 6 – глубина залегания верхней поверхности аномальной мантии, км (числитель), глубина залегания ее нижней поверхности, км (знаменатель); 7 – линия расчетного профиля; 8 – северо-западная граница проекции тела аномальной мантии на дневную поверхность; 9 – контур площади листа М-50 (Юго-Восточное Забайкалье)

Fig. 2. Diagram of the structure of the mantle (Mantle focal structure) (according to G. I. Menaker, [18]):
1 – root (stem area) anomalous mantle; 2 – side «visors» (A – Baikal, B – Zabaykal-Amur); 3 – output contours of the anomalous mantle at the level boarder Moho, according to NHS data; 4 – depth of the bottom surface of the anomalous mantle, km; 5 – power anomalous mantle, km; 6 – depth of the upper surface of the anomalous mantle km (numerator) by the depth of its lower surface, kilometers (denominator); 7 – line of rated profile; 8 – north-western boundary of the projection of the body of anomalous mantle to the surface; 9 – circuit square sheet of M-50 (South-East Transbaikalia)

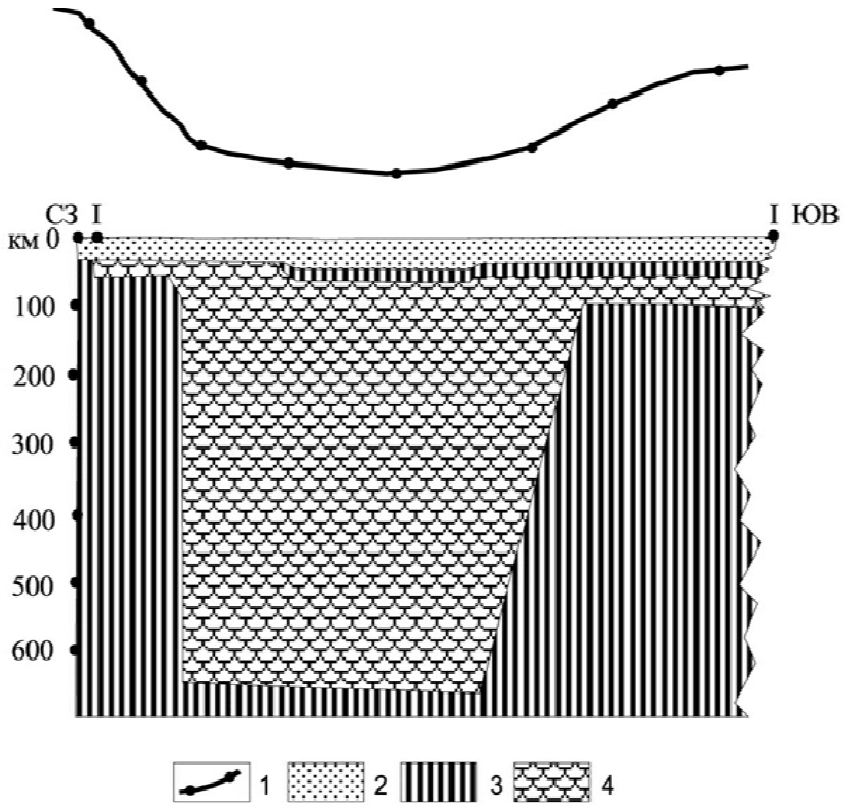

Рис. 3. Схематический разрез мантийной очаговой структуры по расчетному профилю I-I (по Г. И. Менакеру, [18]):
1 – расчетная гравитационная аномалия (точки) и наблюдаемая зональная гравитационная аномалия (сплошная линия); 2 – земная кора; 3 – нормальная мантия; 4 – аномальная мантия

Fig. 3. Schematic section mantle location structure due to rated profile I-I (according to G. I. Menaker, [18]):
1 – calculated gravity anomaly (points) and observed zonal gravity anomaly (solid line); 2 – Earth's crust; 3 – normal mantle; 4 – anomalous mantle

7. Представителем периода океанизации является слой базальтов в основании коры Забайкалья, мощность которого (около 14 км) составляет примерно 40 % всей её мощности (рис. 4). Нижняя кора представлена базальтовым (метагаббровым) слоем с включениями гипербазитов, эклогитов, эклогитоподобных пород возможно даже средней мантии. В кровле этого слоя (глубина 25...28 км) условно выделен переходный горизонт нижней коры к верхней коре («переходный базальт»). В нем преобладают метагаббро с включениями анортозитов — продуктов преобразования эклогитов верхней мантии, а также продукты метасоматической ассимиляции метагаббро, протобазальтов верхней коры.

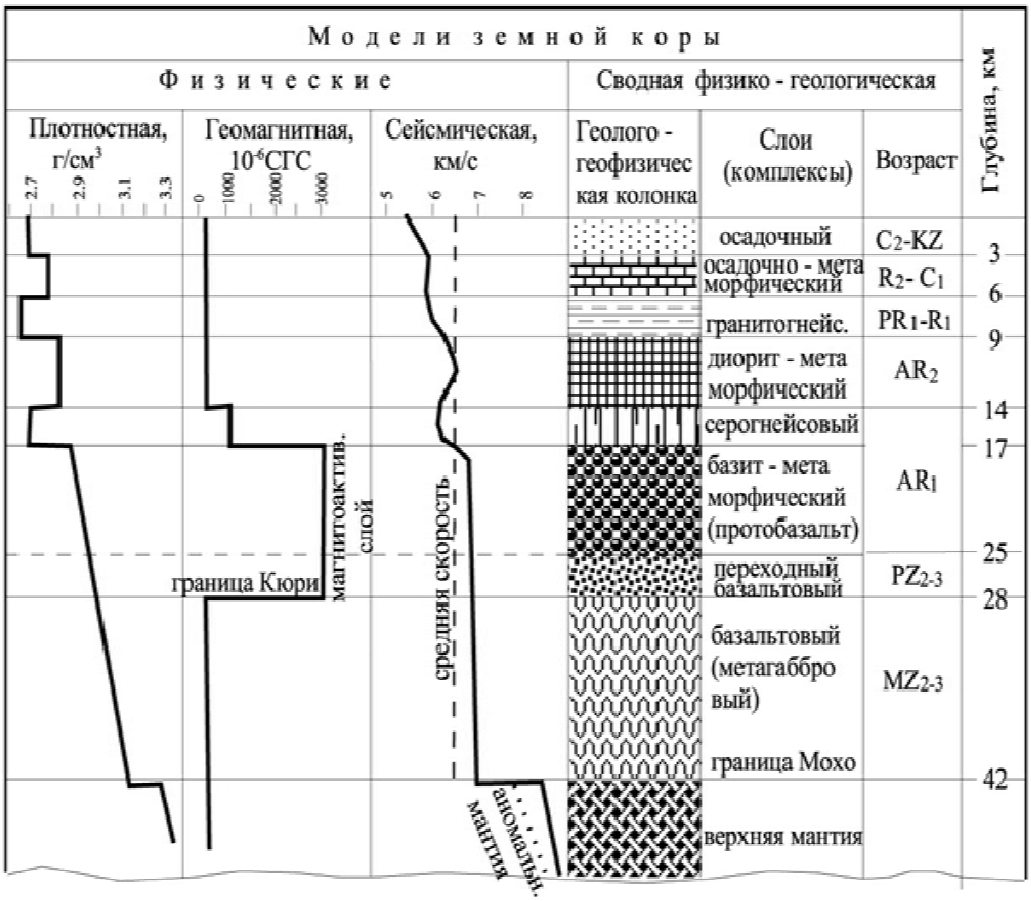

Рис. 4. Физико-геологическая модель земной коры Забайкалья в межочаговых зонах (по Г. И. Менакеру, [18], с добавлениями автора)

Fig. 4. Physical-geological model of earth crust of Transbaikalia in inter-located areas (according to G. I. Menaker, [18] with the additions of the author)

8. Основными прямыми следствиями разнообразных структурно-вещественных взаимодействий мантийной очаговой структуры и земной коры в процессе активизации представляют:

– разогрев и разуплотнение верхней мантии;

– растяжения в верхних слоях мантии и в земной коре ранее заложенных глубинных (мантийных) разломов, формирование серии новых, но еще более глубоких разломов;

– внедрение по разломам перегретых базальтов, объемы которых примерно на 15 % превышали объемы материнского (исходного) эклогита;

– перемещение из глубинных частей аномальной мантии в область пониженных давлений и температур массы тепловой энергии, которая, преобразуя эклогит в базальты, обеспечивала поступление огромного количества весьма агрессивных летучих компонентов газово-магматического флюида;

– эклогитизацию нижней части коры, её диструкцию в проницаемых участках – гранитизацию, андезитовый вулканизм, метаморфизм, наращиване объема газообразного, а затем газово-жидкого флюида.

9. Процесс ассимиляции (утонения) плотной коры кристаллических пород и одновременного растекания базальта у подошвы коры сопровождался опусканием поверхности Мохо, погружением границы перехода экологита в базальт. Этот процесс сопоставим с процессом океанизации коры.

10. Океанизация, как один из этапов разрушения континентальной коры, в виду неравномерного прогревания флюидами мантии протекал с различной интенсивностью; основная часть энергии расходовалась на преобразование эклогита в базальт [1; 2]. В условиях общего растяжения процесс сопровождался выделением огромной массы агрессивных газов, которые по мере подъема к поверхности насыщались минеральными компонентами. Следы этого процесса до сих пор прослеживаются на поверхности в виде газовых аномалий и зон повышенной флюидопроводимости, выделенных совершенно другими методами, однако в целом совпадающими с таковыми по гравиметрическому методу (рис. 5).

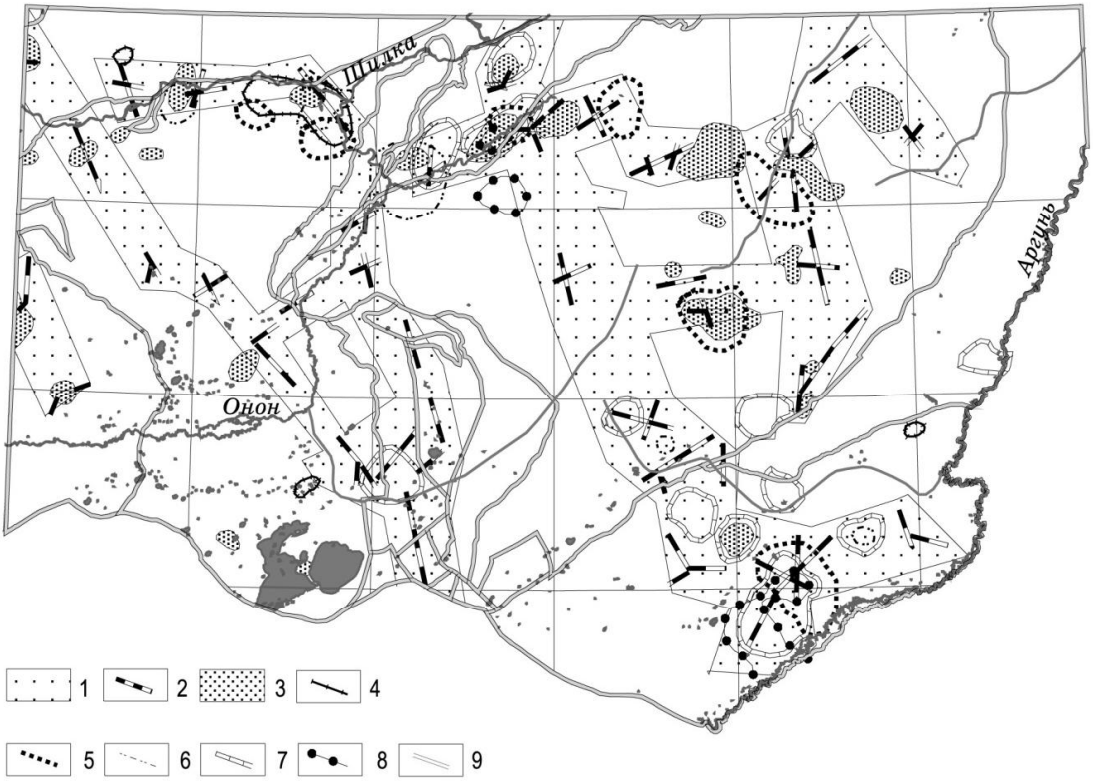

Рис. 5. Аномалии газов по результатам атмогидрохимического опробования (по В. И. Флешлеру, 2000): 1 – зоны повышенной флюидопроводимости; 2 – оси интенсивных аномалий гелия; 3–8 – контрастные аномалии газов: 3 – CO_2; 4 – N_2 и O_2; 5 – CH_4; 6 – H_2; 7 – Rn; 8 – тяжелых углеводородов; 9 – границы основных тектонических структур

Fig. 5. Abnormalities of gas as a result of atmohydrochemical testing (according to V. I. Fleshleru, 2000): 1 – increased fluid conductivity zone; 2 – axis of intense anomalies of helium; 3–8 – contrasting gas anomalies: 3 – CO_2; 4 – N_2 and O_2; 5 – CH4; 6 – H_2; 7 – Rn; 8 – heavy hydrocarbons; 9 – boundaries of major tectonic structures

11. Оруденение Юго-Восточного Забайкалья в участках пересечения, сочленения глубинных разломов первого-третьего порядков в результате залповых выбросов, мобилизации, концентрирования, переноса и осаждения некогерентных и газофильных химических элементов флюидов на вертикальном интервале в несколько километров представлено формированием сложной, вероятно, зональной по восстанию сквозной рудной системой. Геохимически неоднородные очаги флюидодинамической системы формировали несколько разновозрастных залежей регенерированной, латерально-секреционной минерализации с отчетливо выраженной тенденцией локализации поздних её представителей ближе к поверхности. Различные типы эн-

догенного оруденения часто связаны постепенными переходами по восстанию (колчеданное, скарновое, медно-порфировое, золото-сульфидно-кварцевое, золото-серебро-ртутное с Sb, As, Se и др.). Это выражено в комплексном характере оруденения многих рудных районов, узлов, полей и месторождений, близостью их генезиса и времени формирования.

12. Первичным источником экстенсивно и интенсивно проявленных процессов позднемезозойской минерагении, предположительно являлся крупный слой (комплекс) базальтов, который частично океанизировал континентальную кору. Продуктивность океанической коры на различные полезные ископаемые, включая крупнейшие на планете позднемезозойские нефтяные и газовые провинции, иллюстрирована в многочисленных литературных источниках и доступных СМИ. Учитывая интенсивную расслоенность земной коры Юго-Восточного Забайкалья в интервалах глубин 2...3, 6...8, 12...15, 36...42 км [18], связанную с развитием тектонических покровов, крупных пластин, листрических надвигов, концентрацией интенсивных метаморфических, метасоматических и ряда других, в том числе и углеводородных процессов, эти горизонты представляются перспективными на выявление крупных поднадвиговых нефтегазоносных структур.

Таким образом, особенности формирования, закономерности размещения оруденения в пространстве и времени базируются на гипотезе океанизации континетальной коры, плюмо-мантийном магматизме, геодинамических моделях, реидной деформации земной коры, центрах длительной эндогенной активности и пр. Они отвечают современной теории рудообразующей флюидодинамической, полихронно-регенерированной, гидротермально-рециклинговой систем [15; 29; 33; 34].

Список литературы

1. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 608 с.

2. Белоусов В. В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1989. 382 с.

3. Билибин Ю. А. Диоритовые магмы как первоисточник золотого оруденения // Избр. Тр. Изд. АН СССР, 1961. Т. III.

4. Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 87 с.

5. Билибин Ю. А. Основные черты мезозойской эндогенной металлогении Восточного Забайкалья // Избр. Тр. Изд. АН СССР, 1961. Т. III.

6. Билибин Ю. А. Основные черты мезозойской эндогенной металлогении Восточного Забайкалья: мат-лы по эндогенной металлогении Советского Союза // Тр. ВСЕГЕИ. М.: Госгеолтехиздат, 1953.

7. Вольфсон Ф. И., Дружинин А. В. Закономерности размещения рудных полей в различных структурно-формационных зонах Восточного Забайкалья // Материалы к Первой Всесоюзн. конф. по геол. и металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1960.

8. Вольфсон Ф. И., Кузнецов К. Ф. О закономерностях размещения свинцово-цинкового оруденения в Приаргунском полиметаллическом поясе Восточного Забайкалья // Закономерности размещения полезных ископаемых. АН СССР, 1959. Т. II.

9. Грачев А. Ф. Рифтогенез // Планета Земля. Тектоника и геодинамика: энцикл. справочник. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. С. 157–162.

10. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник: в 6 кн. 1997. Кн. 5: Редкие d-элементы. 576 с.

11. Князев Г. И. Идеи С. С. Смирнова о рудных поясах Восточного Забайкалья и их дальнейшее развитие // Вопросы рудоносности Восточного Забайкалья. М.: Недра, 1967. С. 164–177.

12. Козеренко В. Н. Значение структурно-формационных зон для металлогенического анализа на примере Восточного Забайкалья // Закономерности размещения полезных ископаемых. АН СССР, 1960. Т. III.

13. Кормилицын В. С. Основные черты мезозойской металлогении Восточного Забайкалья // Сов. геология, 1959. № 11. С. 96–110.

14. Кормилицын В. С., Иванова А. А. Полиметаллические месторождения Широкинского рудного поля и некоторые вопросы металлогении Восточного Забайкалья. М.: Недра, 1968. 176 с.

15. Критерии прогнозной оценки территории на твердые полезные ископаемые / под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1978. 607 с.

16. Левицкий О. Д. Вольфрамовые месторождения Восточного Забайкалья // Месторождения редких и малых металлов СССР. АН СССР, 1939. Т. II.

17. Левицкий О. Д., Аристов В. В., Константинов Р. М. Этыкинское оловорудное месторождение Восточного Забайкалья // Тр. ИГЕМ. АН СССР, 1963. Вып. 100.

18. Менакер Г. И. Строение тектоносферы и закономерности размещения рудных месторождений в Забайкалье. Чита: ПГО Читагеология, 1989. 65 с.

19. Металлогеническое значение углеродистого метасоматоза / И. Н. Томсон [и др.] // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1989. № 8. С. 78–88.

20. Падалка Г. Л. Геотектоническое районирование и некоторые вопросы металлогении Юго-Восточного Забайкалья // Бюлл. ВСЕГЕИ. 1958. № 1. С. 40–58.

21. Падалка Г. Л. К вопросу о рудоносных интрузиях Восточного Забайкалья // Докл. АН СССР. Нов. сер, Т. XV. 1944. № 8.

22. Падалка Г. Л. О геологическом строении и металлогении Восточного Забайкалья: мат-лы по эндогенной металлогении Советского Союза // Тр. ВСЕГЕИ. 1953.

23. Падалка Г. Л. Общие черты металлогении Восточной Сибири (Забайкалье) // Сов. геология. 1953. Сб. 2.

24. Перельман А. И. Геохимия. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.

25. Радкевич Е. А. К вопросу о типах металлогенических провинций и рудных районов // Закономерности размещения полезных ископаемых. АН СССР, 1959. Т. II.

26. Радкевич Е. А. Томсон И. Н., Горлов Н. В. О региональных поясах и зонах повышенной трещиноватости // Сов. геология. 1956. № 53. С. 170–185.

27. Радкевич Е. А. О типах вертикальной и горизонтальной зональности // Сов. геология. 1959. № 9. С. 70–85.

28. Радкевич Е. А. Положение свинцово-цинкового оруденения в общей схеме металлогении Забайкалья // Тр. ИГЕМ. АН СССР, 1963. Вып. 83.

29. Смирнов В. И. Эндогенное рудообразование в геологической истории // Геология рудных месторождений. 1982. № 4. С. 3–20.

30. Смирнов С. С. О Тихоокеанском рудном поясе // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1946. № 2. С. 13–28.

31. Смирнов С. С. Очерк металлогении Восточного Забайкалья. М.; Л.: Госгеолтехиздат, 1944. 91 с.

32. Ферсман А. Е. Монголо-Охотский металлический пояс // Поверхность и недра. 1926. Т. IV. С. 8–10.

33. Хайдаров К. А. Науки о Земле: архитектоника Земли. Происхождение, внутреннее устройство и динамика Земли [Электронный ресурс]. М.: Новости, 2007. Режим доступа: http://www.qd.ru/pletner/news.asp?id_msg=110690 (дата обращения: 10.10.2016).

34. Шейнманн Ю. М. Очерки глубинной геологии (о связи тектоники с возникновением магм). М.: Недра, 1968. 232 с.

35. Якжин А. А. Геолого-структурное положение металлогенических провинций Забайкалья и Южной части Дальнего Востока // Тр. МГРИ. 1955. Т. 28.

36. Якжин А. А. Особенности металлогении золото-молибденово-турмалинового пояса Забайкалья // Сов. геология. 1956. № 50.

References

1. Belousov V. V. *Osnovnye voprosy geotektoniki* [Main issues of Geotectonics]. Moscow: Gosgeoltehizdate, 1962. 608 p.

2. Belousov V. V. *Osnovy geotektoniki* [Fundamentals of Geotectonics]. Moscow: Nedra, 1989. 382 p.

3. Bilibin Yu. A. *Izbr. Tr.* (Collected articles), 1961, vol. III.

4. Bilibin Yu. A. *Metallogenicheskie provintsii i metallogenicheskie epohi* [Metallogenic provinces and metallogenic epochs]. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1955. 87 p.

5. Bilibin Yu. *Izbr. Tr.* (Collected articles), 1961, vol. III.

6. Bilibin Yu. A. *Tr. VSEGEI* (Works of VSEGEI). Moscow: Gosgeoltekhizdat 1953.

7. Wolfson F. I., Druzhinin A. V. *Materialy k PervoY VsesoYuzn. konf. po geol. i metallogenii Tihookeanskogo rudnogo poyasa* (Proceedings of the First All-Union. Conf. on geol. and metallogeny of the Pacific ore belt). Vladivostok, 1960.

8. Wolfson F. I., Kuznetsov K. F. *Zakonomernosti razmeshheniya poleznyh iskopaemyh* (Laws of accommodation of mineral resources), 1959, vol. II.

9. Grachev A. F. *Planeta Zemlya. Tektonika i geodinamika* (Earth. Tectonics and Geodynamics): Encyc. directory. St. Petersburg: All, 2004, pp. 157–162.

10. Ivanov V. V. *Ekologicheskaya geohimiya elementov* [Ecological geochemistry of elements]: reference: 6 books. 1997 Book 5: Rare d-elements. 576 p.

11. Knyazev G. I., Idei S. S. *Voprosy rudonosnosti Vostochnogo Zabaykaliya* (Questions of ore formation of East Transbaikalia). Moscow: Nedra, 1967, pp. 164–177.

12. Kozerenko V. N. *Zakonomernosti razmeshheniya poleznyh iskopaemyh* (Laws of accommodation of mineral resources), 1960, vol. III.

13. Kormilitsyn V. S. *Sov. geologiya* (Soviet Geology), 1959, no. 11, pp. 96–110.

14. Kormilitsyn V. S., Ivanova A. A. *Polimetallicheskie mestorozhdeniya Shirokinskogo rudnogo polya i nekotorye voprosy metallogenii Vostochnogo Zabaykaliya* [Polymetallic deposits of Shirokinsky ore field and some questions of metallogeny of East Transbaikalia]. Moscow: Nedra, 1968. 176 p.

15. *Kriterii prognoznoy otsenki territorii na tverdye poleznye iskopaemye* [Criteria for evaluation of target areas for solid minerals]; ed. D. V. Rundkvist. Leningrad: Nedra, 1978. 607 p.

16. Levitsky O. D. *Mestorozhdeniya redkih i malyh metallov SSSR* (Deposits of rare metals and small metals of the USSR), 1939, vol. II.

17. Levitsky O. D., Aristov V. V., Konstantinov R. M. *Tr. IGEM* (Works of IGEM), 1963, vol. 100.

18. Menaker G. I. *Stroenie tektonosfery i zakonomernosti razmeshheniya rudnyh mestorozhdeniy v Zabaykalie* [Tectonospheric structure and patterns of distribution of ore deposits in the Transbaikal region]. Chita: Chitageologiya, 1989. 65 p.

19. *Metallogenicheskoe znachenie uglerodistogo metasomatoza* [Metallogenic significance of carbonaceous metasomatism]; I. N. Thomson [et al.]. Math. AN SSSR, Ser. Geol., 1989, no. 8, pp. 78–88.

20. Padalka G. L. *Byull. VSEGEI* (Bulletin of VSEGEI), 1958, no. 1, pp. 40–58.

21. Padalka G. L. *Dokl. AN SSSR. Nov. ser.* (Reports of the USSR Academy of Sciences. New. Ser.), 1944, vol. XV, no. 8.

22. Padalka G. L. *Tr. VSEGEI* (Works of VSEGEI), 1953.

23. Padalka G. L. *Sov. geologiya* (Soviet geology), 1953, coll. 2.

24. Perelman A. I. *Geohimiya* [Geochemistry]. Moscow: Higher school, 1989. 528 p.

25. Radkevich E. A. *Zakonomernosti razmeshheniya poleznyh iskopaemyh* (Laws of accommodation of mineral resources), 1959, vol. II.

26. Radkevich E. A., Thomson I. N., Gorlov N. V. *Sov. geologiya* (Soviet geology), 1956, no. 53, pp. 170–185.

27. Radkevich E. A. *Sov. geologiya* (Soviet geology), 1959, no. 9, pp. 70–85.

28. Radkevich E. A. *Tr. IGEM* (Works of IGEM), 1963, vol. 83.

29. Smirnov V. I. *Geologiya rudnyh mestorozhdeniy* (Geol.), 1982, no. 4, pp. 3–20.

30. Smirnov S. S. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.* (Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Ser. geol.), 1946, no. 2, pp. 13–28.

31. Smirnov S. S. *Ocherk metallogenii Vostochnogo Zabaykaliya* [Essay on metallogeny of East Transbaikalia]. Moscow; Leningrad: Gosgeoltekhizdat, 1944. 91 p.

32. Fersman A. E. *Poverhnost i nedra* (Surface and subsoil), 1926, vol. IV, pp. 8–10.

33. Khaydarov K. A. *Nauki o Zemle: arhitektonika Zemli. Proishozhdenie, vnutrennee ustroystvo i dinamika Zemli* [Earth Science: Earth's architectonic. The origin, internal structure and dynamics of the earth]. Moscow: News, 2007 Available at: http://www.qd.ru/pletner/news.asp?id_msg=110690 (accessed 10.10.2016).

34. Sheinmann Yu. M. *Ocherki glubinnoy geologii (o svyazi tektoniki s vozniknoveniem magm)* [Essays on deep geology (tectonics relationship with the occurrence of magma)]. Moscow: Nedra, 1968. 232 p.

35. Yakzhin A. A. *Tr. MGRI* (Works of MGRI), 1955, vol. 28.

36. Yakzhin A. A. *Sov. geologiya* (Soviet geology), 1956, no. 50.

Коротко об авторе ***Briefly about the author***

Павленко Юрий Васильевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: мелко-среднемасштабное геологическое картирование, прогнозирование, поиски, разведка месторождений
payurva@mail.ru

Yuri Pavlenko, doctor of geological-mineralogical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: small-medium-scale geological mapping, prognostication, search, exploration of deposits

Образец цитирования

Павленко Ю. В. Пришилкинская минерагеническая зона: фрагменты минерагении и генезиса // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 1. С. 29–43.
DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-1-29-43

Pavlenko Yu. V. Prishilkinsky mineragenous area: fragments of minerageny and genesis // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 1, pp. 29–43.

Дата поступления статьи: 04.12.2016 г.
Дата опубликования статьи: 31.01.2017 г.