Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 7, с. 1029—1046

УДК[553.078+553.4+551.2](571.55)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ НА ОСНОВЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Г. Хомич[1,2] , Н.Г. Борискина[1,2]

[1] *Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159, Россия*

[2] *Инженерная школа, Дальневосточный федеральный университет, 690950, Владивосток, ул. Суханова, 8, Россия*

В Восточном Забайкалье, насыщенном мультиметалльными проявлениями эндогенного оруденения, С.С. Смирновым было выделено несколько металлогенических поясов. Их границы, даже в условиях всевозрастающей геолого-геофизической изученности региона, остаются остродискуссионными. Совместным анализом результатов геофизических и сейсмотомографических исследований Восточной Азии (в транзитной зоне мантии которой обнаружен стагнированный океанский слэб) и положения в земной коре региона высокопродуктивных рудно-магматических систем установлена пространственная совмещенность проекции фронтальной части слэба с Далайнор-Газимуро-Олекминской минерагенической зоной. В ней сосредоточена основная масса крупных и суперкрупных рудных узлов и полей с Au, Mo, U, Pb-Zn, Cu и флюоритовой минерализацией. Доказательствами вероятного влияния мантийных флюидных потоков, формировавшихся у фронтальной части слэба, на возникновение высокопродуктивных рудно-магматических систем вышеназванной зоны, ориентированной ортогонально к прежде намеченным поясам, решается одна из сложных проблем районирования региона. Представляется возможным использовать полученный опыт при детальном изучении минерагении не только Восточного Забайкалья, но и других рудоносных провинций, в выборе потенциально перспективных площадей для проведения прогнозно-поисковых и оценочных работ.

Региональная металлогения, крупные рудные узлы, глубинная геодинамика.

ADVANCEMENT OF MINERAGENIC REGIONALIZATION OF EASTERN TRANSBAIKALIA BASED ON GEOPHYSICAL STUDIES

V.G. Khomich and N.G. Boriskina

Several metallogenic belts were earlier recognized by S.S. Smirnov in Transbaikalia rich in polymetallic endogenous mineralization. Despite the continuing geological and geophysical studies in the region, the borders of these belts are still hotly debatable. The results of geophysical and seismic tomographic studies in East Asia (where a stagnant oceanic slab was discovered in the mantle transition zone) and the location of highly productive ore-magmatic systems in the regional Earth's crust testify to the spatial coincidence of the projection of the frontal part of the slab and the Dalainor–Gazimur–Olekma mineragenic zone. Most of large and superlarge ore nodes and fields with Au, Mo, U, Pb–Zn, Cu, and fluorite mineralization are localized in this zone. The difficult problem of mineragenic regionalization here can be solved by proving the probable influence of mantle fluid flows formed near the frontal part of the slab on the formation of highly productive ore-magmatic systems of the above zone oriented orthogonally to the earlier recognized belts. The experience gained during the comprehensive studies of minerageny not only in eastern Transbaikalia but also in other ore-bearing provinces can be used to choose ore-promising areas for prediction, prospecting, and assessment works.

Regional metallogeny, large ore nodes, deep geodynamics

ВВЕДЕНИЕ

Арсенал геофизических методов изучения глубинного строения Земли пополнился в конце XX в. сейсмотомографией. Тем самым представилась возможность выделять в мантии разномасштабные неоднородности, учитывать их при интерпретации результатов моделирования геодинамических процессов [Трифонов, Соколов, 2015], исследовании причин пространственно-временной сопряженности явлений коллизии, скольжения литосферных плит, субдукции, стагнирования океанических слэбов с формированием магматических образований, с одной стороны, и проявлений эндогенного оруденения, с другой. В свою очередь, минерагенические исследования условий формирования крупномасштабных скоплений эндогенной минерализации, учитывающие данные сейсмотомографии, могут способствовать

© В.Г. Хомич✉, Н.Г. Борискина, 2017

✉e-mail: khomich79@mail.ru

DOI: 10.15372/GiG20170706

более полному раскрытию причин линейного и кластерного размещения месторождений, рудных полей и узлов.

Результаты сейсмотомографических исследований востока Азии позволили японским, американским, китайским и российским ученым определить, что на окраине континента в переходной зоне мантии существует стагнированный слэб, который опосредованно мог влиять на возникновение верхнемантийных плюмов и последующее формирование первичных, промежуточных, периферических магматических очагов и крупных рудно-магматических систем [Zhao et al., 1992, 2009, 2013; Зоненшайн, Кузьмин, 1993; Ярмолюк и др., 2000, 2011; Zorin et al., 2001; Zhao, 2001; Зорин и др., 2006; Maruyama, 2007; Li, van der Hilst, 2010; Жао и др., 2010; Кулаков и др., 2011; Хомич, Борискина, 2012, 2013; Khomich et al., 2014].

Представляется полезным продолжить изучение вероятного влияния глубинной геодинамики на магматические и рудообразующие процессы в более крупном масштабе на примере отдельных провинций. В этом отношении Восточное Забайкалье — интересный, относительно детально изученный в геологическом, геофизическом, геохимическом, геохронологическом и минерагеническом плане регион сложного строения.

Цель нашей статьи — продемонстрировать возможность дальнейшего совершенствования минерагенического районирования рудных провинций на примере Восточного Забайкалья, исходя из вероятного влияния глубинной геодинамики (и в частности, границ стагнированного слэба, расположенного в средней мантии) на размещение крупных высокопродуктивных рудно-магматических систем (РМС) разной специализации.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГИОНА

Восточное Забайкалье — крупная рудная провинция Российской Федерации, знаменитая своей многометалльностью. Она занимает центральную часть Амурской плиты [Зоненшайн, Кузьмин, 1993], заключенной между Сибирским и Сино-Корейским кратонами (рис. 1) и представленной коллажем микроконтинентов с раннедокембрийской сиалической корой, спаянных разновозрастными орогенными (складчато-надвиговыми) поясами из преобразованных породных комплексов пассивных и активных окраин [Гусев, Хаин, 1995; Зорин и др., 1998; Парфенов и др., 2003; Тектоника..., 2004; Геодинамика…, 2006]. Наиболее крупными тектоническими сооружениями в Восточном Забайкалье являются Селенгино-Становой супертеррейн, Керулен-Аргунский микроконтинент и Агинский (Агинско-Шилкинский) фрагмент Монголо-Охотского орогенного пояса. Они разделены крупными офиолитовыми сутурными швами.

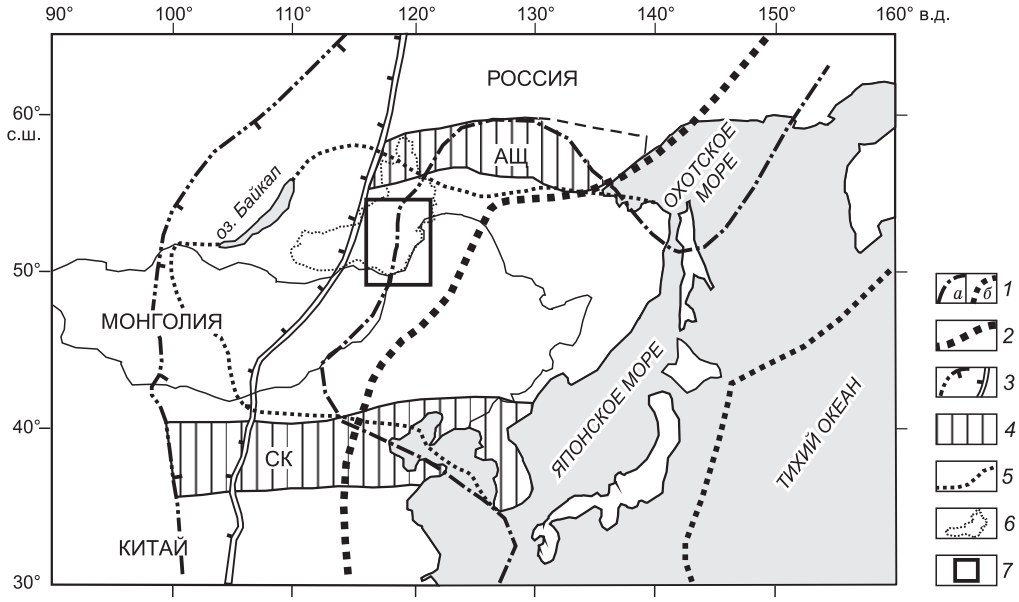


Рис. 1. Пространственное положение Восточно-Забайкальской рудной провинции на площади западного сегмента Азиатско-Тихоокеанской мегазоны конвергенции.

1 — границы: *а* — стагнированного слэба в переходной зоне мантии, *б* — осевой части глубоководного желоба [Зорин и др., 2006; Жао и др., 2010]; *2* — Главная (Пограничная) гравитационная ступень поля силы тяжести; *3* — западная и восточная границы Верхояно-Бирманской (Вебирс) тектонической зоны; *4* — Алданский щит (АЩ) и северная часть Сино-Корейского кратона (СК); *5* — ограничения Амурской плиты; *6*, *7* — контуры: *6* — Забайкальского края, *7* — Восточного Забайкалья.

Примечательная особенность Восточного Забайкалья — принадлежность восточному флангу Центрально-Азиатского (Урало-Монгольского) орогенного мегапояса, где отчетливо проявлено геодинамическое влияние западного сегмента Циркум тихоокеанских структур [Парфенов и др., 2003]. Неслучайно для региона характерна аномально высокая неоднородность коры и мантии, повышенная сейсмичность [Менакер, 1990; Тектоника..., 2004; Мельникова и др., 2011; Павленко, 2011]. Другая его особенность — наличие крупного многофазного магматического ареала из нескольких мезозойских эшелонированно сгруппированных вулканоплутонических зон (ВПЗ). Наиболее крупной из них является Монголо-Приаргунская [Хомич, 1995; Гордиенко и др., 2000].

Отмеченная двойственность тектонического положения Восточного Забайкалья отразилась на его повышенной нарушенности, обилии разломов разной ориентации, часто выступающих в качестве основных рудоконтролирующих структур.

В минерагеническом отношении Восточно-Забайкальская рудная провинция характеризуется не только разнообразием типов эндогенных проявлений Mo, W, Sn, Au, Bi, Pb, Zn, As, Sb, Hg, U и флюорита, редких и редкоземельных элементов, ассоциирующих с определенными магматическими комплексами, но и наличием среди них заметного числа крупных и очень крупных месторождений, полей и узлов, которым принадлежит лидирующая роль в минерально-сырьевом балансе России [Ищукова и др., 2007; Чечеткин и др., 2011; Самович и др., 2012; Khomich et al., 2014]. Факты их наличия обычно констатировались при региональных металлогенических исследованиях, но учитывались лишь при разработке критериев на тот или иной тип оруденения: балейский, дарасунский, ключевской, кличкинский, стрельцовский и др. Это редко приводило к ожидаемому успеху, поскольку оставались неучтенными геодинамические условия возникновения наиболее продуктивных РМС. Для выяснения возможных причин недостаточной решенности проблем минерагенического районирования и эффективности поисковых работ прошлых лет обратимся к краткой истории соответствующих исследований региона.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПРОВИНЦИИ

Первый общепризнанный опыт районирования региона принадлежит академику С.С. Смирнову [1944, 1961]. На основе эмпирических данных о пространственном размещении разнотипных проявлений эндогенного оруденения в 30-е годы прошлого века им было выделено на территории Восточного Забайкалья три металлогенических пояса: оловянно-вольфрамовый в осевой части Главного мезозойского прогиба, молибденово-золотой — в северо-западном и полиметаллический в юго-восточном его бортах. Предложенное районирование вполне соответствовало выводам В.И. Вернадского о том, что в естествознании первостепенное значение имеют эмпирические обобщения, часто неправильно отождествляемые с научными гипотезами [Белоусов, 1991; Щеглов, 1993]. В этой связи важно отметить, что С.С. Смирнов не абсолютизировал предложенную схему минерагении, учитывая значительную неопределенность знаний о геологических условиях, повлиявших на формирование того или иного оруденения. Специфическим «камнем преткновения», подтверждающим такую неопределенность, было существование «…своеобразнейшего Балей-Пешковского рудного узла, Шахтаминского и некоторых других…» [Смирнов, 1961, с. 491] месторождений Au и Mo в пределах оловянно-вольфрамового пояса. В последующих публикациях им неоднократно подчеркивалось, что пространство «специализированных» поясов не является запретным для месторождений иного, «нетрадиционного» для них типа.

После С.С. Смирнова решением проблем минерагенического районирования Восточного Забайкалья занимались многие другие исследователи. Касаясь в той или иной мере общих причин «несоответствия» в распределении месторождений созданной схеме, одни из них учитывали в качестве основополагающих пространственно-временные особенности размещения производных рудно-магматических процессов (Ю.А. Билибин, В.С. Кормилицын, Г.Л. Падалка, Б.Л. Рыбалов, А.Д. Щеглов, А.А. Якжин и др.), другие — общую направленность тектонического развития региона и его фрагментов (Д.И. Горжевский, В.И. Козеренко, Г.И. Князев, И.Н. Томсон, Н.А. Фогельман и др.), третьи — видели решение проблем в раскрытии особенностей глубинного строения территории на основе геофизических материалов (А.А. Духовский, Г.И. Менакер, В.Д. Огородников, Ю.В. Павленко и др.).

Весьма активно в совершенствовании металлогенической схемы С.С. Смирнова участвовали сотрудники ВСЕГЕИ Ю.А. Билибин и В.С. Кормилицын. Для Ю.А. Билибина одним из поводов к этому послужила «…находка Шахтаминского молибденового месторождения в самой середине оловянно-вольфрамового пояса…» [Билибин, 1961, с. 361]. Учитывая это обстоятельство, он проверил возможности применения в Восточном Забайкалье новой, разрабатываемой в те годы во ВСЕГЕИ методики регионального металлогенического анализа. Характеризуя основные черты эндогенной металлогении региона, Ю.А. Билибин подчеркивал, как и С.С. Смирнов, ее сопряженность с единым длительно (с палеозоя) развивавшимся подвижным (геосинклинальным) поясом. На его площади им было выделено четыре рудоносных района, а в их пределах несколько золото-шеелитовых, оловянно-вольфрамовых и

золото-молибденовых зон. Кратко характеризуя каждую, он постоянно обращал внимание на масштабность проявленного в их пределах оруденения, отметив, например, что полиметаллические месторождения Приаргунья «…обладают богатыми рудами, но серьезным недостатком их является незначительный масштаб каждого отдельного месторождения» [Билибин, 1961, с. 358].

В.С. Кормилицын [1959] существенно детализировал схему С.С. Смирнова, еще раз обратив внимание на известную условность границ рудоносных поясов. Детализация привела к увеличению их количества и уточнению времени формирования оруденения в их пределах (были выделены юрский и меловой этапы металлогенеза). Особое внимание было уделено обоснованию вероятности существования объектов, представляющих «…собой единый сложный генетический ряд от высокотемпературных скарноподобных до низкотемпературных с антимонитом и баритом» [Кормилицын, 1959, с. 103]. Им же были специально отмечены случаи перекрытия и наложения минерализации различных рудных серий.

Существенно иную — не линейную, а фрагментарно-замкнутую — концепцию размещения эндогенного оруденения Восточного Забайкалья предложил Г.И. Князев [1973]. Опираясь на представления В.А. Обручева и многолетние собственные исследования неоднородного, мозаичного геологического строения региона, очевидную разобщенность на его площади полей позднемезозойских эффузивно-осадочных накоплений, субвулканических интрузивных образований (с которыми ассоциируют проявления Mo, Au, Sn-W, Pb-Zn, Sb-Hg и флюоритовой минерализации), он пришел к выводу о сосредоточенности основной массы месторождений провинции в пределах замкнутых и фрагментарных рудных поясов, обрамляющих выступы консолидированного докембрийско-палеозойского основания.

Откорректированные последующими исследованиями доказательства складчато-блокового строения региона, отразившегося на размещении рудных объектов, были позитивно восприняты многими учеными, изучавшими региональную металлогению и эволюционную направленность рудогенеза методами абсолютной геохронологии [Томсон, 1988; Томсон и др., 1992; Андреева и др., 1996; Рыбалов, 2000, 2002].

Создание комплексной слоисто-блоково-очаговой физико-геологической модели тектоносферы Забайкалья и отождествление ее элементов со структурно-вещественными комплексами типовых обстановок позволили Г.И. Менакеру [1990], а позднее и А.А. Духовскому с соавторами [1998] уточнить возможные уровни зарождения рудоносных магматических очагов. Появление последних объяснялось глубинным тепломассопереносом, инициированным аномальной мантией. Пространственное совмещение разнотипного мультиметалльного оруденения в одних и тех же вмещающих структурах, на которые ранее обратил внимание В.С. Кормилицын, их латеральную и вертикальную зональность геофизики связали с существованием протяженных флюидопроницаемых каналов, игравших роль магистральных путей миграции вещества к поверхности.

Анализируя карту экстенсивности эндогенного оруденения региона, Ю.В. Павленко [2011] пришел к выводу о необходимости корректировок известных мелкомасштабных схем минерагенического районирования. По его мнению, новые данные, отраженные в созданной им карте, указывают «…на отсутствие в Юго-Восточном Забайкалье металлогенических поясов (по С.С. Смирнову)» [Павленко, 2011, с. 11]. Естественно, такая точка зрения требует более веского обоснования. В представленном Ю.В. Павленко виде она не учитывает формационные и минерально-геохимические характеристики разнотипного оруденения, его возраст и др.

Новые идеи мобилизма, распространившиеся в России в конце XX в., позволили геологам уже с геодинамических позиций трактовать как особенности позднемезозойского тектонического развития региона, так и размещенность в нем различных проявлений магматизма и металлогенеза. Вместе с тем представления о режимах формирования современного облика провинции (под влиянием процессов коллизии, субдукции или скольжения литосферных плит), а также закономерностях размещения на ее площади скоплений полезных ископаемых оказались предметом острых дискуссий [Кузьмин, Филиппов, 1979; Парфенов, 1984; Зоненшайн, Кузьмин, 1993; Гусев, Хаин, 1995; Хомич, 1995; Зорин и др., 1998; Гордиенко, Кузьмин, 1999; Гордиенко и др., 2000; Геодинамика…, 2006; Спиридонов и др., 2006; Скурский, 2014]. При этом многие из названных авторов подтверждают результатами своих исследований линейный (поясовой) характер размещения и золотого, и редкометалльно-вольфрамового, и молибденового, и флюоритового оруденения.

Современные схемы районирования (рис. 2), используемые практиками, исходят из констатации наличия на территории юго-востока России фрагментов нескольких провинций: Алданской, Олекмо-Становой, Саяно-Байкальской, Монголо-Забайкальской [Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003; Карта..., 2005; Чечеткин и др., 2011]. На площади последней, в Юго-Восточном Забайкалье, выделяют три металлогенические области с разнотипным оруденением: Хэнтэй-Даурскую (с Sn-W и Au-кварцевым), Агинско-Борщевочную (с Sn, Sn-W, Au-W-Bi, Hg-Sb и редкометалльным) и Газимуро-Аргунскую (с Mo, Mo-Pb-Zn, Pb-Zn, Au, урановым и флюоритовым). Созвучность названий перечисленных областей

ранее выделенным поясам и тождественность их минерагенической специализации во многом согласуется с представлениями С.С. Смирнова, Ю.А. Билибина, В.С. Кормилицына и их последователей.

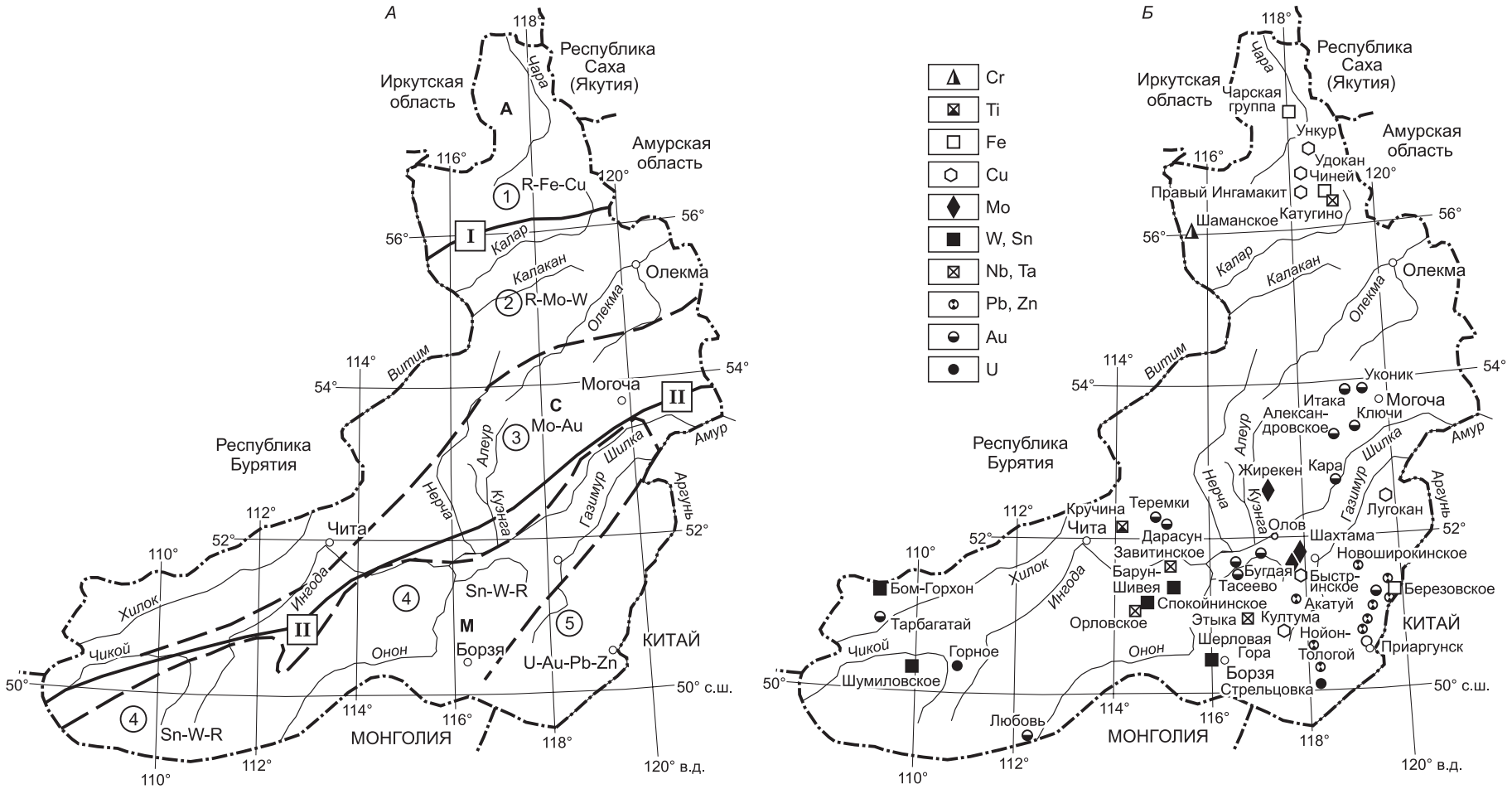
На основании вышеизложенного можно констатировать, что схема, предложенная С.С. Смирновым, и его идеи относительно закономерностей размещения эндогенного оруденения были и остаются востребованными современными геологами и металлогенистами [Зорин и др., 1998; Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003; Карта…, 2005; Спиридонов и др., 2006; Чечеткин и др., 2011; Скурский, 2014]. Практика планомерного изучения геологии и минерагении региона второй половины XX в., с одной стороны, подтвердила высокую обоснованность и очевидную прогностичность его построений, а с другой, — привела к необходимости внесения определенных корректив в представления прошлых лет. Так, например, оловянно-вольфрамовый пояс оказался еще и местом сосредоточения основной массы месторождений редких металлов и редкоземельных элементов [Скурский, 2014]. Поэтому его стали называть редкометалльно-оловянно-вольфрамовым или просто редкометалльным, а иногда редкометалльно-редкоземельным [Рыбалов, 2000]. Существенный прирост числа вновь выявленных месторождений не только послужил поводом к выделению в регионе дополнительных минерагенических таксонов [Кормилицын, 1959, 1973; Ищукова и др., 1998; Рыбалов, 2002; Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003; Карта..., 2005; Чечеткин и др., 2011; Скурский, 2014], но и существенно усложнил решение проблемы дальнейшего обоснованного районирования провинции. Это относится, в первую очередь, к во многом виртуальным границам между редкометалльно-оловянно-вольфрамовым, полиметаллическим и флюоритовым поясами.

Краткое рассмотрение итогов почти вековых исследований проблемы минерагенического районирования Восточного Забайкалья позволяет констатировать существование нерешенных задач и попыток последовательного приближения к их решению. Этому может способствовать дальнейшее изучение детальных возрастных характеристик (от зарождения до затухания) локальных РМС с мультиметалльным оруденением, количественная оценка масштабности развития в них производных рудообразующих процессов (в том числе продуктивности) и, наконец, возможное влияние на их проявленность глубинной геодинамики.

ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ

Поскольку месторождения являются лишь экономически привлекательной частью сложных геологических систем, представляется важным при дальнейшем анализе проблем металлогении провинции учесть на количественной основе не только время возникновения собственно эндогенного оруденения, но и весь период формирования РМС, с которыми оно ассоциирует: от их зарождения до отмирания, имея в виду и упоминавшиеся выше случаи [Кормилицын, 1959, 1973]. При этом под РМС нами понимаются такие системы, для которых установлены (или предполагаются) причинные (пространственно-генетические или парагенетические) связи оруденения с магматическими, метасоматическими образованиями, а тех и других — с геодинамическими обстановками, в которых они формировались. Ввиду того, что для таких обстановок присущи как региональные, субрегиональные, так и локальные масштабы, РМС могут иметь столь же разный масштаб, вплоть до локального. При металлогеническом анализе рудных провинций под РМС логично понимать естественные, генетически обусловленные сообщества магматических, метасоматических и рудных образований. Их границы созданы, с одной стороны, объективными природными процессами (геодинамическими, геохимическими, флюидно-магматическими, метасоматическими, рудообразующими и т. п.), а с другой, — определяются под влиянием субъективных факторов, в том числе личностного восприятия масштабов развития упомянутых процессов, методикой и масштабом работ и даже задачами, поставленными перед исследователями. Напомним, что в прошлом изучение закономерностей размещения эндогенного оруденения часто проводилось по ряду объективных и субъективных причин без должного учета промышленной значимости объектов. В современных условиях значительной информационной открытости многие количественные показатели, касающиеся месторождений, стали более доступными [Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003; Ищукова и др., 2007; Чечеткин и др., 2011; Самович и др., 2012] и было бы упущением их не учитывать.

В отношении возрастных диапазонов формирования продуктивных РМС ценная информация содержится в публикациях многих сотрудников ИГЕМ РАН, ОИГГМ СО РАН и ВСЕГЕИ [Андреева и др., 1996; Сотников и др., 2005; Берзина и др., 2013, 2015; Чернышев и др., 2014]. Относительно недавно анализ многочисленных данных геохронологии провел Б.Л. Рыбалов [2000] и пришел к выводу о существовании на территории Восточного Забайкалья трех эволюционных этапов развития позднемезозойских рудоформирующих процессов: высокотемпературного золото-молибденового (170±5—150±5 млн лет), среднетемпературного редкометалльно-полиметаллически-уранового (140±5 — 130±5 млн лет) и


А
Б
Иркутская область
Республика Саха (Якутия)
Амурская область
Республика Бурятия
МОНГОЛИЯ
КИТАЙ
Чара
Витим
Калар
Калакан
Олекма
Алеур
Нерча
Кулэнга
Газимур
Шилка
Аргунь
Амур
Хилок
Чикой
Ингода
Онон
Чита
Могоча
Борзя
Олекма
Сн-W-R
R-Fe-Cu
R-Mo-W
Mo-Au
U-Au-Pb-Zn
Cr
Ti
Fe
Cu
Mo
W, Sn
Nb, Ta
Pb, Zn
Au
U
Чарская группа
Ункур
Удокан
Чиней
Правый Ингамакит
Шаманское
Катугино
Уконик
Итака
Ключи
Александровское
Жирекен
Кара
Олов
Шахтама
Лугокан
Круччина
Теремки
Дарасун
Завитинское
Барун-Шивея
Новоширокинское
Бугдая
Тасеево
Быстринское
Березовское
Акатуй
Спокойнинское
Орловское
Этыка
Культума
Нойон-Тологой
Приаргунск
Бом-Горхон
Тарбагатай
Горное
Шерловая Гора
Стрельцовка
Шумиловское
Любовь
118°
116°
114°
112°
110°
120°
56°
54°
52°
50°
50° с.ш.
120° в.д.
I
II
М
С
1
2
3
4
5

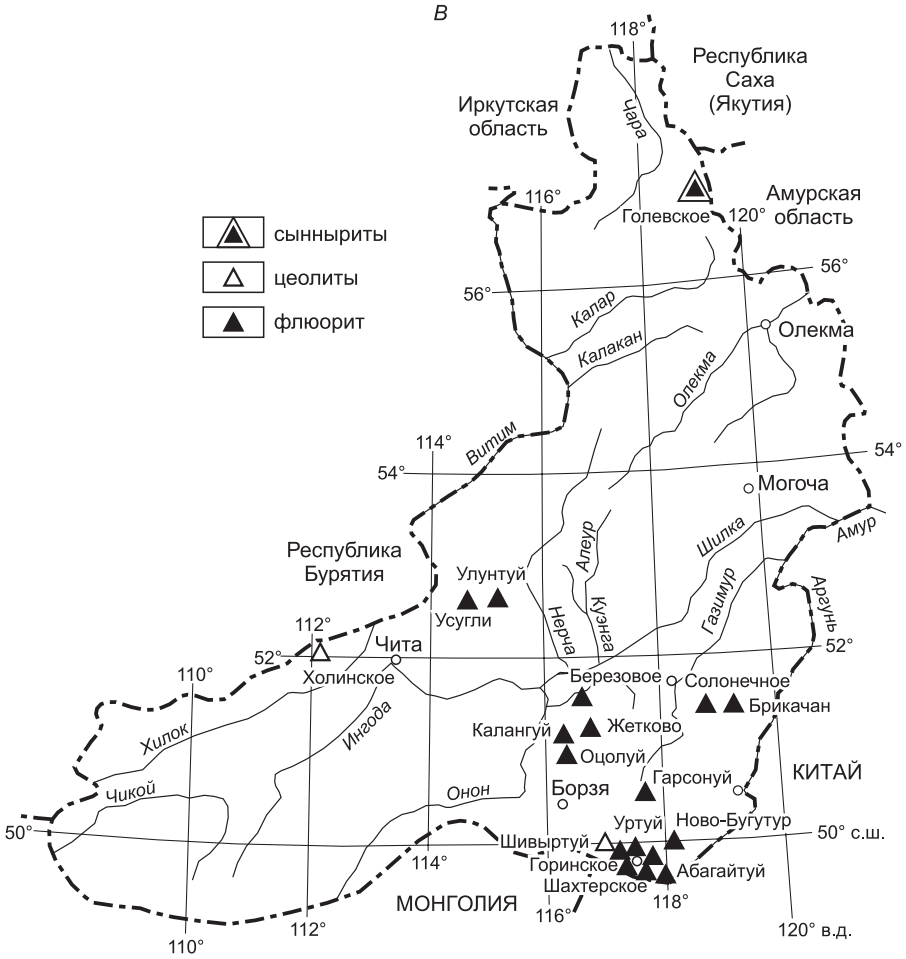


Рис. 2. Современные схемы: минерагенического районирования Забайкалья (*А*), размещения основных рудных (*Б*) и нерудных (*В*) месторождений, полей и узлов, по [Минерально-сырьевые ресурсы…, 2003; Чечеткин и др., 2011] с некоторыми изменениями и дополнениями.

Провинции: Алданская (А), Селенгино-Становая (С), Монголо-Забайкальская (М); Рудные пояса (цифры в кружках): 1 — редкометалльно-железо-медный (R-Fe-Cu), 2 — редкометалльно-молибденово-вольфрамовый (R-Mo-W), 3 — молибденово-золотой (Mo-Au), 4 — оловянно-вольфрамово-редкометалльный (Sn-W-R), 5 — уран-золото-полиметалльный (U-Au-Pb-Zn); крупные тектонические зоны: I — Становая, II — Монголо-Охотская. Здесь и далее: штрихпунктирная линия — контур Забайкальского края.

низкотемпературного фтор-золото-серебряного (120±5—110±5 млн лет). В определенной мере выделенные им эволюционные ряды созвучны гипо-, мезо- и эпитермальным рудным сериям С.С. Смирнова. Из обозначенных Б.Л. Рыбаловым возрастных рубежей следует, что ими в первую очередь фиксируется время формирования значительной части месторождений определенного типа. Вопросы же общей продолжительности существования РМС, частью которых являются месторождения, остались открытыми. Нам представляются исключительно важными определения именно этой общей продолжительности, поскольку известны случаи, когда одна РМС продуцировала несколько однотипных месторождений или несколько различающихся по составу и облику мультиметалльных проявлений. К тому же отчетливо выраженная минерально-геохимическая зональность оруденения, проявленная в том или ином рудном узле, также может свидетельствовать о длительности развития рудообразующих процессов [Emmons, 1927; Смирнов, 1944; Тимофеевский, 1972; Константинов, 1973; Кормилицын, 1973; Спиридонов и др., 2006; Чернышев и др., 2014; Шатков, 2015]. На основании современных геохронологических исследований можно полагать, что формирование многих позднемезозойских РМС на территории Восточного Забайкалья продолжалось от аалена (J_2) до сеномана (K_2).

Использование в практике металлогенических исследований количественных показателей в отношении возрастных характеристик РМС и масштабов ассоциированного с ними оруденения, а также размеров рудных полей, узлов, районов, позволило, например, определить, что «эпицентром» золоторудной минерализации Восточного Забайкалья является та часть провинции, где размещены Дарасунский и Балейский рудные узлы [Тимофеевский, 1972; Балейское…, 1984; Зорин и др., 1998; Борискина, Хомич, 2006; Спиридонов и др., 2006; Хомич, Борискина, 2010; Khomich et al., 2014]. На площади обоих узлов известны к тому же месторождения флюорита (Березовое и Усугли) и достаточно много проявлений Mo. Почти все другие золоторудные поля и месторождения, уступающие (на 1-2 порядка) названным по масштабности выявленных запасов Au, явно тяготеют к Монголо-Охотской сутуре [Зорин и др., 1998].

На сопредельных с названными золоторудными узлами площадях расположены наиболее крупные месторождения молибдена: Жирекенское, Шахтаминское, Бугдаинское [Кормилицын, 1973; Покалов, 1983, 1992; Коваленкер и др., 2011; Чечеткин и др., 2011; Берзина и др., 2013, 2015]. Они окружены россыпями Au, а некоторые содержат и существенные концентрации рудного золота [Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003]. Например, Бугдаинское месторождение «…рассматривается как крупнейшее в России с запасами молибдена в 600 тыс. т» [Чечеткин и др., 2011, с. 11] и ресурсами Au более 300 т, а также существенными количествами W, Bi, Pb, Zn и Re [Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003; Коваленкер и др., 2011]. В свое время северную часть этого ареала развития молибденовой минерализации (от Алеура до верховий Олекмы) «…шириной до 30—40 км, протяженностью более 200 км…» субмеридиональной (ССВ) ориентации выделил В.Т. Покалов [1983, с. 76]. Восточнее и юго-восточнее Бугдаинского разведаны весьма крупные скарново-медно-порфировые с Au и Mo Быстринское и Култуминское месторождения. Их запасы оценены в 4.0 и 1,5 млн т Cu, 400 и 120 т Au соответственно [Чечеткин и др., 2011].

Из почти 500 месторождений и проявлений свинца и цинка, выявленных в Газимуро-Аргунской части провинции, самым крупным является Нойон-Тологойское, ресурсы которого составляют порядка 1 млн т Pb, 1 млн т Zn и более 4 тыс. т Ag [Чечеткин и др., 2011]. Здесь уже действует горно-обогатительный комбинат.

Южнее, в Кличкинском рудном узле, разведано и эксплуатируется крупнейшее в регионе Гарсонуйское месторождение флюорита с запасами почти в 10 млн т [Минерально-сырьевые ресурсы..., 2003]. Среди других флюоритовых месторождений региона весьма крупными являются Гозогорское (>6.5 млн т), Уртуйское (около 3.5 млн т) и Шахтерское (около 1 млн т).

Здесь же в южной части провинции находится уникальный Стрельцовский узел молибден-урановой минерализации [Ищукова и др., 2007; Чечеткин и др., 2011; Лаверов и др., 2012; Хомич, 2015; Шатков, 2015]. Наконец, в западной части южного Приаргунья располагается уникальное по запасам и качеству сырья Шивыртуйское монтмориллонит-цеолитовое месторождение [Минерально-сырьевые ресурсы.., 2003]. Перечисленные объекты отличаются от многих других весьма крупными масштабами. В этой связи представляется интересным сослаться на оценки влияния особенностей глубинного строения провинции на размещение перечисленных крупных РМС разной специализации.

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Для Амурской плиты, частью которой является регион, характерно наличие нескольких георазделов, фиксируемых в геофизических полях. Одним из таких опорных георазделов ее центральной части является Хингано-Охотское звено Индокитай-Чукотской гравитационной ступени шириной до 150 км (при общей протяженности более 3000 км) с перепадами плотности 50—100 мГал [Тектоника…, 2004;

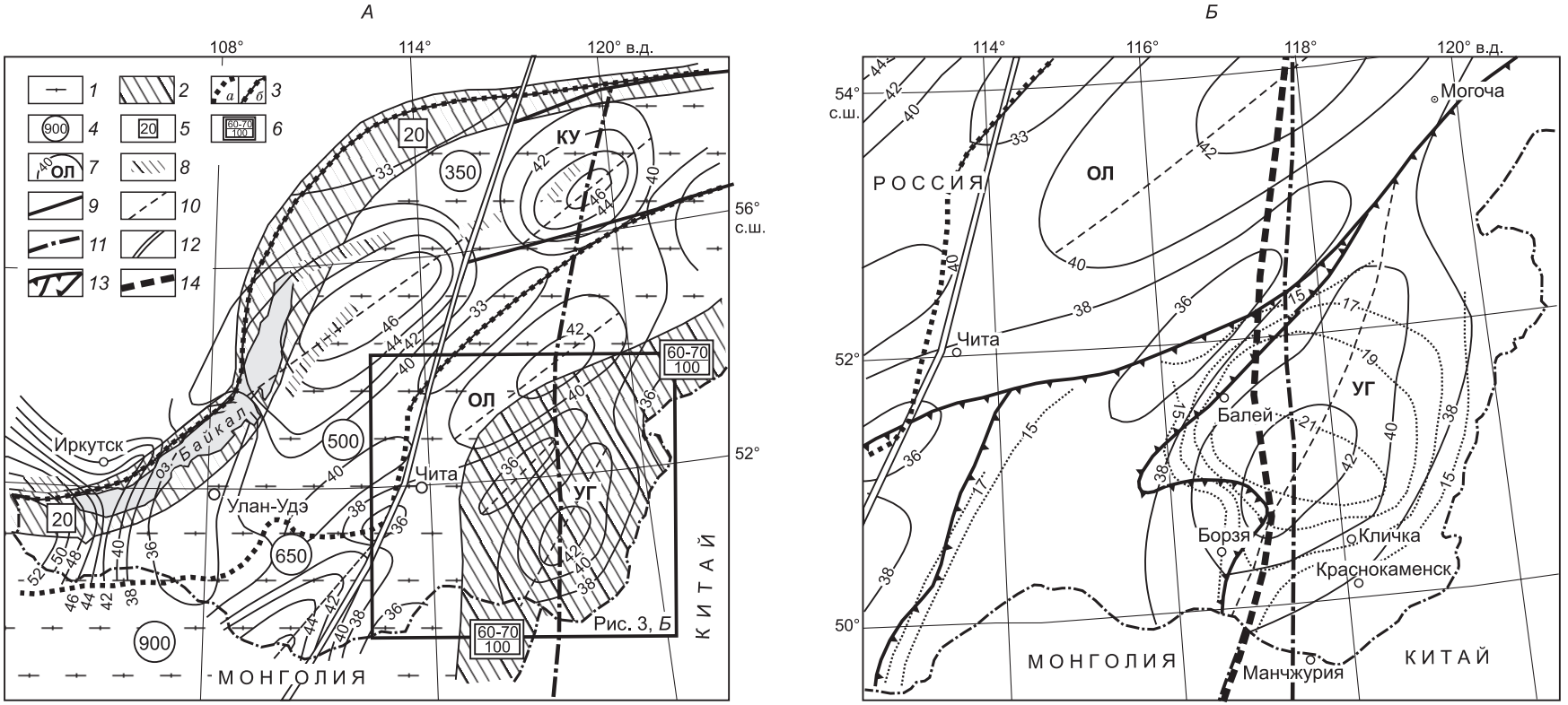


Рис. 3. Схема строения верхней мантии Забайкалья (*А*) и его юго-восточной части (*Б*), по [Менакер, 1990] с дополнениями.

1 — корневая (стволовая) зона мантийной очаговой структуры; *2* — боковые «козырьки»; *3* — контуры выхода аномальной мантии на уровень границы Мохо, по данным ГСЗ (*а* — достоверные, *б* — предполагаемые); *4* — глубина залегания нижней поверхности аномальной мантии, км; *5* — мощность аномальной мантии, км; *6* — глубины залегания поверхностей аномальной мантии, км (над чертой — верхней, под чертой — нижней); *7* — изолинии глубины залегания границы М, км (КУ — Кодаро-Удоканское, ОЛ — Олекминское, УГ — Ундино-Газимурское погружения этой границы); *8* — локальные поднятия поверхности М с амплитудой 4—6 км; *9* — границы Алданского щита; *10* — осевые линии локальных погружений мантии; *11* — линия «возмущения мантии», контролирующая эшелонированное размещение поднятий и погружений поверхности М; *12* — восточная граница зоны Вебирс; *13* — тектонические сутуры, разломы; *14* — проекция фронтальной части стагнированного слэба на глубине 550 км. *Б* — пунктиром показаны поверхности Мохо и Конрада на территории Юго-Восточного Забайкалья, по данным Геофизической службы ЧГУ, ПГО «Читагеология».

Глубинное строение…, 2010]. Эта ступень часто называется Главной (см. рис. 1). Она сопряжена с Большехинганским юрско-меловым вулканоплутоническим поясом, иногда называемым Верхнеамурским, который классифицируется Г.С. Гусевым, В.Е. Хаиным [1995], И.В. Гордиенко с соавторами [2000] в качестве окраинно-континентального андийского типа. Сопряженные с ним менее масштабные вулканоплутонические пояса и зоны на территории Юго-Восточного Забайкалья, Восточной Монголии и Северо-Восточного Китая рассматриваются в качестве его внешних и периферических фрагментов. Еще один крупный георазделл — зону Вебирс (Верхояно-Бирманскую) позднепалеозойско-раннемезозойского заложения — выделяют у западной окраины плиты [Комаров и др., 1978] и соотносят с Великим Азиатским георазделом [Скурский, 2014].

Геофизиками установлено, что выделяемые геологами в Забайкалье Агинско-Шилкинский, Керулен-Аргунский, Селенгино-Становой супертеррейны обладают многослойной корой [Менакер, 1990; Духовский и др., 2005]. Для первого из них характерно наличие осадочного (позднепалеозой-мезозойского) и осадочно-метаморфического (рифей-палеозойского) слоев мощностью до 3—4, иногда 5—6 км. В Селенгино-Становом супертеррейне преобладают (до глубин порядка 12 км) верхнеархей-нижнепротерозойские гранитогнейсы (4—5 км) и глиноземистые кристаллические сланцы (7—8 км), а в Керулен-Аргунском, кроме осадочно-метаморфического (из вендских вулканогенно-карбонатно-терригенных и верхнерифейских терригенно-карбонатных отложений), гранитогнейсового и диорит-метаморфического слоев, распространены тоналитогнейсобазитовые образования позднего архея и раннего протерозоя (метагабброиды, габбро-анортозиты, кристаллические сланцы основного состава, амфиболиты), а также диафторированные гранулиты [Менакер, 1990].

По данным сейсмотомографических исследований [Zhao et al., 1992, 2009, 2013; Zhao, 2001; Зорин и др., 2006; Maruyama et al., 2007; Li, van der Hilst, 2010; Жао и др., 2010], для региона характерно присутствие в переходной (транзитной) зоне мантии стагнированного океанического слэба (см. рис. 1), проекция фронтальной части которого изображена и на рис. 3. Она расположена в 500-600 км восточнее побережья оз. Байкал. Возникновение слэба обусловлено субдукционными процессами, развивавшимися в среднеюрско-раннемеловой период у восточной окраины Большехинганского ВПП [Гусев, Хаин, 1995; Гордиенко и др., 2000; Khomich et al., 2016], где расположена упоминавшаяся выше Главная гравитационная ступень. Грависейсмические материалы Г.И. Менакера [1990] свидетельствуют, что для структуры литосферной мантии Восточного Забайкалья характерно существование эшелонированно расположенных куполообразных поднятий и межкупольных прогибов поверхности Мохо, как бы «нанизанных» на единую линию «возмущения мантии», сопряженную с проекцией фронтальной границы стагнированного океанического слэба (см. рис. 3).

Во многих рудных районах и узлах региона с золотой, молибденовой, вольфрамовой, полиметалльной, флюоритовой минерализацией проявлены и локальные аномалии геофизических полей. Им соответствуют местные гравитационные минимумы и градиентные зоны разного порядка, часто сопровождаемые кольцевыми магнитными аномалиями [Огородников, 1970; Любалин, 1977; Менакер, 1990; Духовский и др., 1998, 2005; Константинов и др., 1998]. Одна из таких гравитационных аномалий выявлена Ю.А. Филипченко [Ищукова и др., 2007] в обрамлении знаменитого Стрельцовского Mo-U рудного узла. Западная граница последнего совмещается с Чиндачинским разломом, которому соответствует крупная гравитационная ступень, отделяющая метаморфиты Куланджинского поднятия от пород Аргунского купола и накоплений Тулукуйской впадины [Ищукова и др., 2007; Шумилин, 2007; Лаверов и др,. 2012]. Чиндачинский разлом ограничивает с запада Далайнор-Газимурскую глубинную тектоническую зону [Духовский и др., 1998; Павленко, 2011]. В ее восточном ограничении находятся субмеридиональные разломы, закартированные в Тулукуйской впадине (кальдере) и ее фундаменте [Ищукова и др., 2007; Лаверов и др., 2012]. Эти факты естественно позволяют констатировать, что Тулукуйская кальдера, так же как и Балейский грабен [Константинов и др., 1998; Борискина, Хомич, 2006], расположена на пересечении очень глубинных тектонических зон субмеридиональной и северо-восточной ориентации (рис. 4). В Далайнор-Газимурской зоне и на ее флангах выявлено значительное число упомянутых выше крупных и очень крупных месторождений полиметаллов, молибдена, урана, золота и флюорита (рис. 5).

Таким образом, в протяженной субмеридиональной полосе на отрезке длиной около 500 км (от Жирекена на севере до Шахтерска и Уртуя на юге — у российско-китайской границы), где пространственно сближены две линии — «возмущения мантии» и проекции фронтальной части слэба, сосредоточено более десяти самых крупных в регионе рудных полей и узлов разной специализации: Au, Mo, Cu, Pb-Zn, U, флюорита и цеолитов. Все они принадлежат РМС одинакового (среднепозднеюрско-раннемелового) возраста [Андреева и др., 1996; Рыбалов, 2000; Чернышов и др., 2014; Шатков, 2015]. Сосредоточенные в РМС месторождения по количественным параметрам (запасам и качеству руд), по крайней мере, на порядок превосходят другие из числа выявленных в провинции. Основная часть таких полей и узлов (см. рис. 4) расположена к югу от Монголо-Охотской сутуры над Ундино-Газимурским ванно-

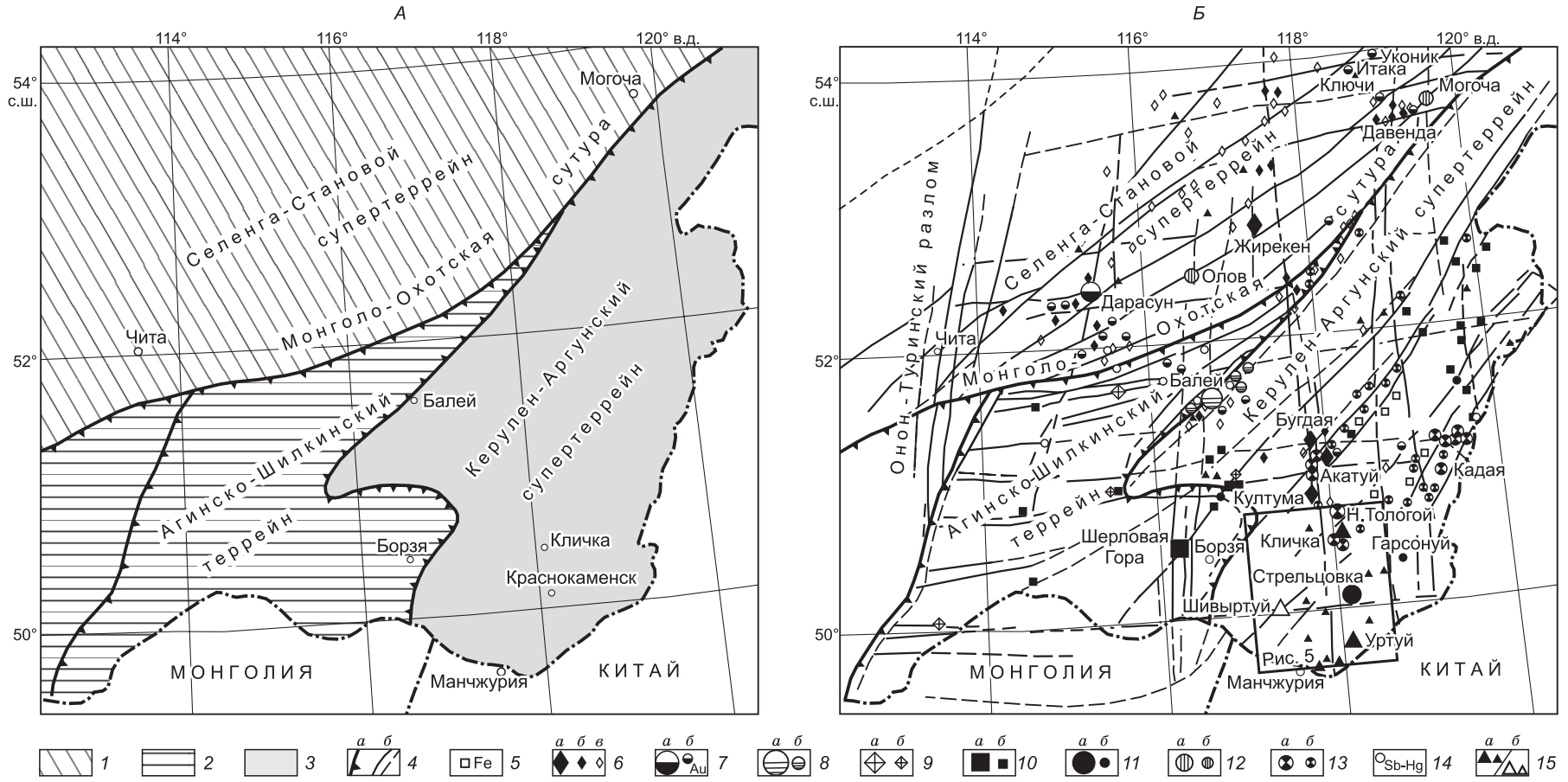


Рис. 4. Схема размещения на территории Юго-Восточного Забайкалья супертеррейнов (*А*) и проявления оруденения (*Б*), по [Рыбалов, 2000] с некоторыми изменениями и дополнениями.

1—3 — супертеррейны и террейны; *4* — шовные сутуры (*а*) и зоны разломов (*б*); *5—14* — рудные узлы и поля (*а*), месторождения (*б*), рудопроявления (*в*): *5* — железорудные (в скарнах), *6* — молибденовые и медно-молибденовые (с W), *7* — золоторудные; *8* — золото-серебряные, *9* — редкометалльные и редкоземельные, *10* — оловянно-вольфрамовые, *11* — молибден-урановые, *12* — уран-мышьяковые, *13* — свинцово-цинковые (с Ag, Au или Sn), *14* — сурьмяно-ртутные, *15* — флюоритовые (*а*), цеолитовые (*б*).

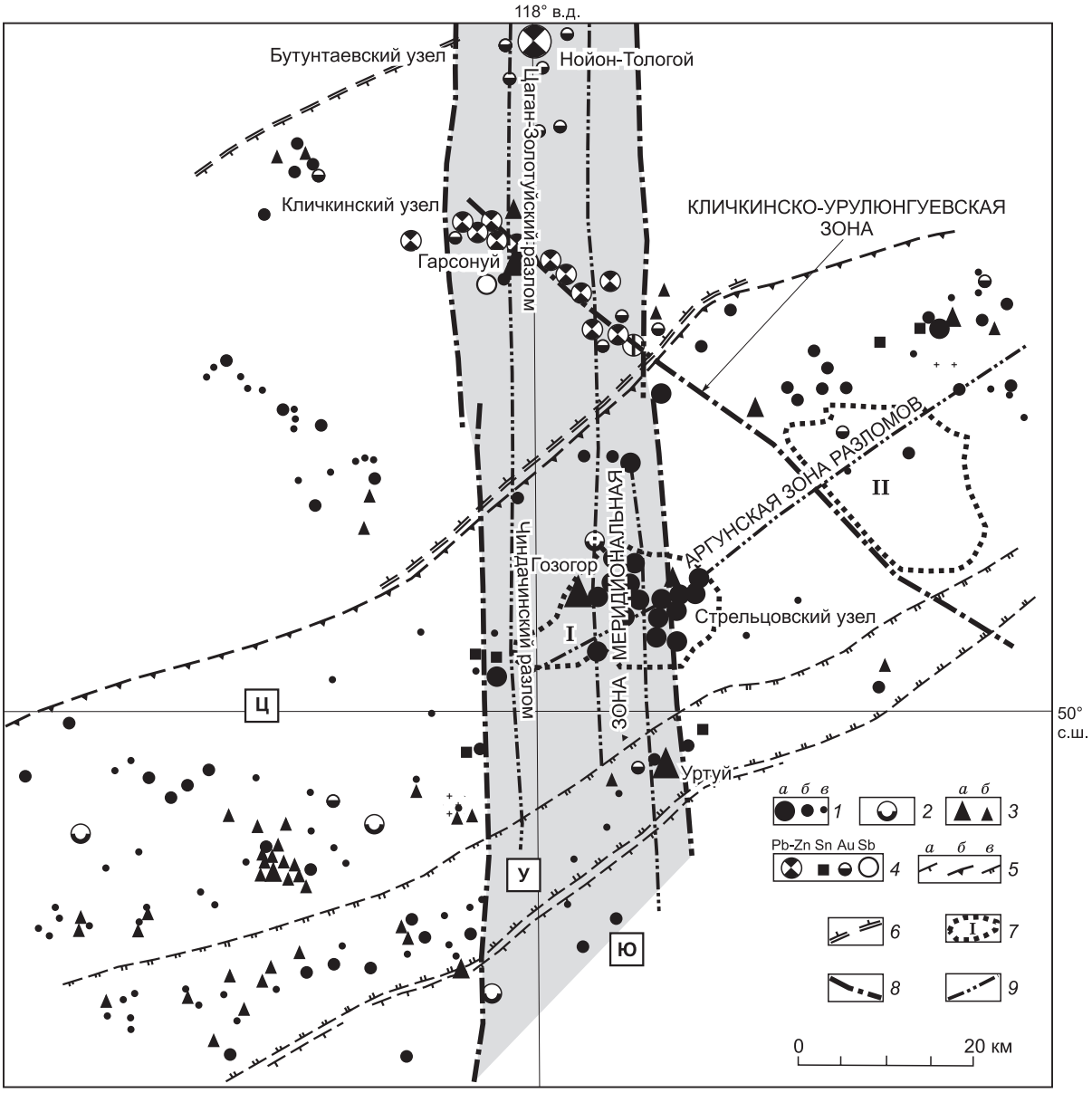


Рис. 5. Схема рудоносности Южного Приаргунья, по [Ищукова и др., 2007; Лаверов и др., 2012] с упрощениями и дополнениями.

1—4 — месторождения (*а*), рудопроявления (*б*), точки минерализации (*в*) разнотипного оруденения: *1*, *2* — урана: *1* — гидротермальные, *2* — инфильтрационные; *3* — флюорита; *4* — цветных и благородных металлов; *5* — границы (*а*, *б*, *в*) рудоносных зон Южно-Аргунского флюорит-уранового пояса: Центральной (Ц), Уртуйской (У), Южно-Аргунской (Ю); *6* — южный контур Приаргунского полиметаллического пояса; *7* — крупные кальдеры: I — Тулукуевская (Стрельцовская), II — Куйтунская; *8* — границы Далайнор-Газимурской тектономинерагенической зоны (выделена серым цветом); *9* — крупные разломы.

образным погружением поверхности М. Здесь между 117 и 119° в.д. оловянно-вольфрамово-редкометалльный пояс «разделяется» на две части: Даурско-Агинскую и Урюмкано-Уровскую. Кстати, еще С.С. Смирнов [1944] обратил внимание, что к северо-востоку от Белухинского месторождения вольфрама упомянутый пояс в значительной мере теряет свои специфические черты.

В итоге привлечение к районированию провинции данных о глубинном строении земной коры, мантии и количественных характеристик продуктивности позднемезозойских РМС позволяют не только усовершенствовать известные минерагенические схемы, но и учесть вероятность выявления других потенциально перспективных проявлений эндогенного оруденения в полосе совмещения структурных элементов транзитной зоны мантии с поднятиями-погружениями поверхности М.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Приведенная в предыдущих разделах информация об определенных сложностях минерагенического районирования Восточного Забайкалья и предлагавшихся путях их преодоления касалась, прежде всего, вероятного положения границы между редкометалльно-оловянно-вольфрамовым и полиметаллическим поясами, а также выяснения возможных причин существования на предполагаемом ее продолжении необычно крупных месторождений, полей и узлов с молибденовой, золотой, урановой, полиметаллической и флюоритовой эндогенной минерализацией. Привлечение к решению проблем минерагенического районирования не только количественных данных о перечисленных объектах, но и геофизических, сейсмотомографических материалов, раскрывающих местные особенности строения земной коры, верхней и средней мантии, позволяет предложить относительно простые ответы на упомянутые сложные вопросы минерагенического районирования. Существо этих ответов исходит из констатации факта размещения крупных и очень крупных — мирового масштаба — рудоносных объектов в земной коре над фронтальной частью стагнированного слэба, расположенного в транзитной (переходной) зоне мантии и соответствующего ей линейного магматического ареала [Хомич, Борискина, 2013; Khomich et al., 2014; Хомич, 2015]. Масштабность сосредоточенного здесь (в земной коре) оруденения объясняется длительным (I_2-K_1) интенсивным воздействием мантийных вещественно-энергетических потоков, формировавшихся по обрамлению стагнированного слэба. Причиной их возникновения считаются сложные преобразования породных комплексов последнего, сопровождавшиеся адвекцией и апвеллингом флюидных колонн в астеносферу, низы литосферы, что приводило к метасоматическим изменениям нижней части коры, формированию первичных, а затем промежуточных и периферических магматических очагов по моделям, предложенным в работах [Zhao et al., 2009; Guo et al., 2013; Goldfarb, Santosh, 2014; Li, Santosh, 2014;Yang et al., 2014].

Определенная многометалльность оруденения, сосредоточенного над фронтальной частью слэба, объясняется разнообразием возможных его корово-мантийных источников, а масштабность объектов — энергетической мощью флюидно-магматических колонн, в итоге формировавших конкретные РМС. В более мелком масштабе это подтверждается и существованием эшелонированной системы долготной ориентации куполо- и ваннообразных поднятий-погружений поверхности Мохо, выявленной в пространстве между Забайкальем и Приамурьем под Амурской плитой (см. рис. 3).

Таким образом, совокупность геодинамических явлений в западной части мегазоны конвергенции фрагментов Палеоазиатского континента и Палеотихого океана, сопровождавшаяся процессами субдукции, стагнирования, а затем дегидратации, адвекции, апвеллинга и возникновения возвратных потоков мантийных веществ, взаимодействующих с коровыми компонентами, в определенной степени конкретизирует причинность появления в Восточном Забайкалье в зоне сонахождения оловянно-вольфрамового и полиметаллического поясов, по С.С. Смирнову [1944, 1961] (двух минерагенических областей: Агинско-Борщевочной и Газимуро-Аргунской. Они образуют специфическую «полосу» из многих крупных и суперкрупных среднепозднеюрско-раннемеловых РМС с гидротермальной молибденовой, золотой, молибденово-урановой, полиметаллической и флюоритовой минерализацией. На юго-востоке региона она (полоса) совпадает с Далайнор-Газимурской зоной [Духовский и др., 1998; Павленко, 2011] и продолжается далее на площади Селенгино-Станового супертеррейна в верховья и среднее течение р. Олекма, поэтому названа нами Далайнор-Газимуро-Олекминской (ДГО). Своим существованием зона обязана глубинной геодинамике и сопряженным с ней процессам у фронтальной границы стагнированного слэба, расположенного в мантии на глубине 410—670 км. Имея мантийные корни, зона ориентирована ортогонально к выделенным в земной коре металлогеническим поясам. Доказательством ее существования устраняются «камни преткновения» минерагенического районирования, не имевшие логического объяснения со времен С.С. Смирнова и Ю.А. Билибина. Вообще в тысячекилометровой мультиметалльной зоне ДГО чаще других встречаются проявления с молибденитом и флюоритом. И если на ССВ фланге (на площади Селенгино-Станового супертеррейна) они обычно «моно- и биметалльны» (Жирекен), то на ЮЮВ среди пород Керулен-Аргунского супертеррейна часто являются элементами комплексных рудно-магматических систем. В Тулукуевской кальдере (Стрельцовский рудный узел) известно несколько проявлений цветных металлов, два месторождения флюорита (Гозогор и Стрельцовское) и два десятка молибден-урановых месторождений [Ищукова и др., 2007]. В жильно-штокверковых телах таких месторождений распространены и аморфные разности молибденита (иордизит и др.) и собственно молибденитовая минерализация. Последняя возникла в одну из поздних стадий рудогенеза [Алешин и др., 2007; Ищукова и др., 2007]. Что же касается флюорита, то в ДГО зоне размещены не только четыре самых крупных (Гарсонуй, Гозогор, Уртуй и Шахтерское), но и два самых богатых (Усугли, Абагайтуй) месторождения. В рудах последних среднее содержание флюорита составляет соответственно 56.39 и 59.86 % [Минерально-сырьевые ресурсы…, 2003]. Фтору отводится исключительно важная роль и в генезисе молибден-урановых месторождений региона [Шатков, Бутаков, 2013].

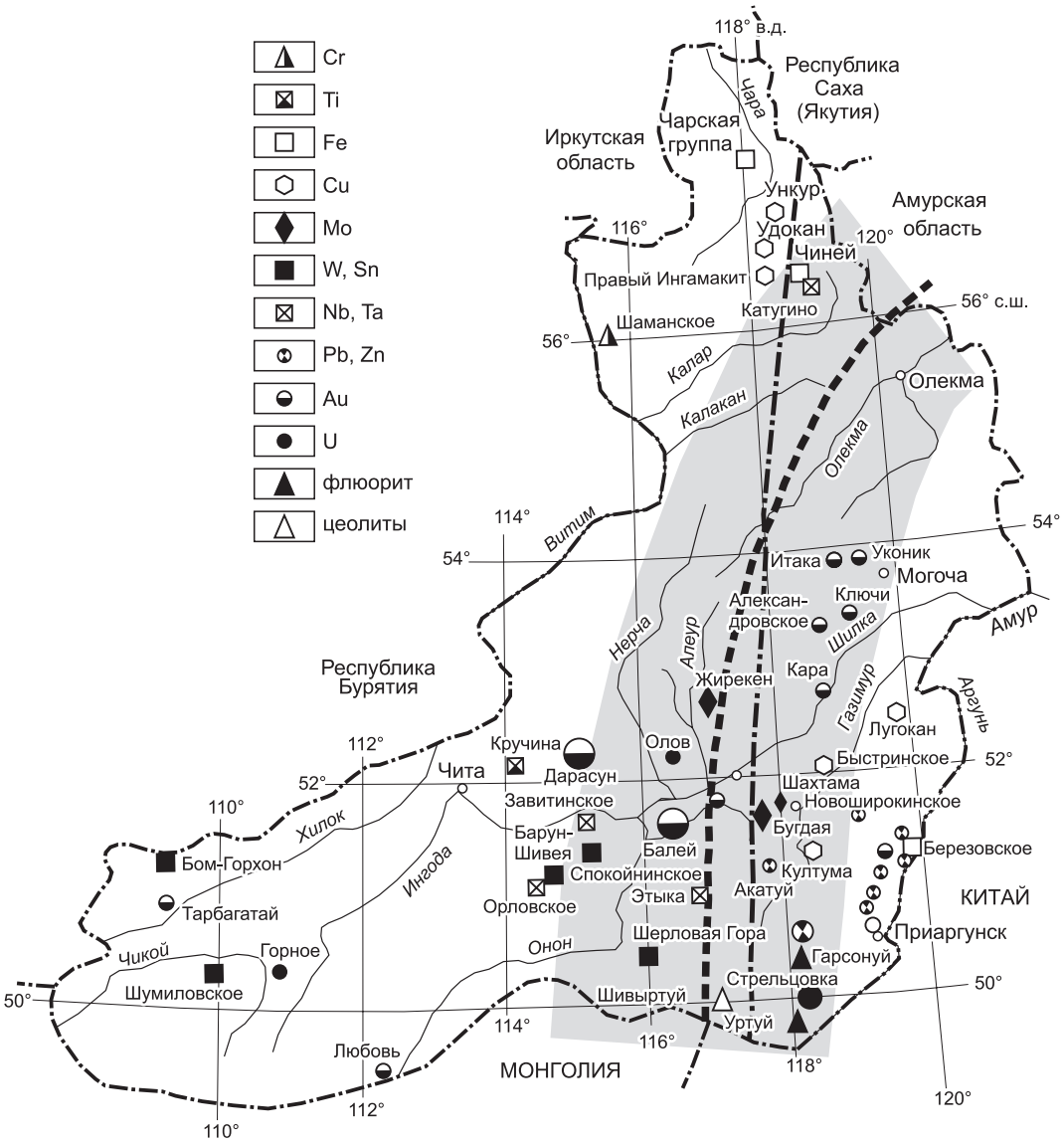


Рис. 6. Пространственное положение позднемезозойских крупных, сверхкрупных и уникальных рудных полей и узлов Восточного Забайкалья относительно проекции (штриховая линия) фронтальной части слэба, стагнированного в транзитной зоне мантии, и ареала (серое) ее вероятного влияния в земной коре.

Другие усл. обозн. см. на рис. 3.

Размещение в оловянно-вольфрамовом поясе Восточного Забайкалья в основном между 117-м и 119-м меридианами крупных и суперкрупных рудных полей и узлов с «несвойственной» ему Au, Mo, иной минерализацией предопределено, по всей вероятности, активным влиянием мантийных флюидно-энергетических потоков, размещавшихся у фронтальной части стагнированного слэба. Это подтверждается сосредоточением над ней соответствующих полей и узлов Далайнор-Газимуро-Олекминской тектонической и минерагенической зоны, пространственно сближенной с проекцией фронтальной части стагнированного в подастеносферной мантии океанского слэба. Воздействие на тектоно- и литосферу, земную кору флюидно-энергетических потоков, формировавшихся у границ слэба, доказывается результатами не только сейсмотомографии, но и таких геофизических исследований, как гравиметрия.

Расстояние между известными узлами в ДГО зоне изменяется от 25 до 40 км на площади Керулен-Аргунского супертеррейна. Вполне вероятно продолжение этой «полосы» и далее на север, за пределы Забайкалья, где известны месторождения Au и Mo Апсаканского узла [Казанский, Яновский, 2006], и на юг за пределы РФ. На южной оконечности Большехинганского хребта известны два крупных месторож-

дения, отстоящих друг от друга на 40 км: Байрендаба (Zn-Pb-Cu-Ag) и Хуанган (Fe-Sn). Они расположены в юго-западной части местной металлогенической области на вероятном продолжении ДГО зоны среди трех десятков других значительно уступающих им по запасам свинцово-цинковых месторождений (как и в Приаргунье) [Ouyang et al., 2015].

Таким образом, существование в Восточном Забайкалье ДГО минерагенической зоны, доказанное геолого-геофизическими, сейсмотомографическими материалами и данными о высокой продуктивности РМС, сосредоточенными в ее пределах (рис. 6), можно и необходимо учитывать при дальнейшем районировании провинции, планировании прогнозно-поисковых, организации оценочных и геологоразведочных работ.

Сведения о пространственном размещении крупных (по запасам руд и металлов) месторождений, превосходящих по ресурсному потенциалу сходные с ними по генезису, но расположенные в несколько иной геодинамической обстановке объекты позволяют рекомендовать к более продуманному использованию грависейсмических данных, отражающих положение глубинных геоструктур при детальном минерагеническом районировании рудоносных провинций. Такой вывод, например, вполне согласуется с предпосылками выявления месторождений медно-порфирового типа с золотом и молибденитом в Газимуро-Заводском, Могочинском и Верхнеолекминском рудных районах, которые в качестве перспективных выделены ранее В.С. Чечеткиным с соавторами [2011].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детализация, совершенствование эмпирической схемы металлогенического районирования Восточного Забайкалья, предпринимаемые вслед за С.С. Смирновым несколькими поколениями специалистов разного профиля, позволили глубже приникнуть в тайну проблемы закономерностей размещения разнотипного эндогенного оруденения на площади провинции. Привлечение к минерагеническому анализу данных по глубинной геодинамике позволяет более обоснованно осуществлять такое районирование и целенаправленнее выбирать потенциально перспективные участки для прогнозно-поисковых исследований.

Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект № 15-I-2-019.

ЛИТЕРАТУРА

Алешин А.П., Величкин В.И., Крылова Т.Л. Генезис и условия формирования месторождений уникального молибден-уранового Стрельцовского рудного поля: новые минералого-геохимические и физико-химические данные // Геология рудных месторождений, 2007, т. 49, № 5, с. 446—470.

Андреева О.В., Головин В.А., Козлова П.С., Сельцов Б.М., Чернышова И.В., Аракелянц М.М., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д. Эволюция мезозойского магматизма и рудно-метасоматических процессов в Юго-Восточном Забайкалье (Россия) // Геология рудных месторождений, 1996, т. 38, № 2, с. 115—130.

Балейское рудное поле (геология, минералогия, вопросы генезиса) // Под ред. Н.П. Лаверова, Н.В. Петровской, В.А. Нарсеева, Ю.Г. Сафонова. М., Изд-во ЦНИГРИ, 1984, 271 с.

Белоусов В.В. Тектоника плит и тектонические обобщения // Геотектоника, 1991, № 2, с. 3—12.

Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О., Крымский Р.Ш., Ларионов А.Н., Николаева И.В., Серов П.А. Шахтаминская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье): возраст, источники, генетические особенности // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (6), с. 764—786.

Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О., Баянова Т.Б., Киселева В.Ю., Крымский Р.Ш., Лепехина Е.Н., Палесский С.В. Жирекенская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье): U-Pb возраст, источники, геодинамическая обстановка // Геология и геофизика, 2015, т. 56 (3), с. 571—594.

Билибин Ю.А. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, 1961, т. 3, 518 с.

Борискина Н.Г., Хомич В.Г. Структурная позиция золоторудных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // ДАН, 2006, т. 408, № 3, с. 366—369.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток, Дальнаука, 2006, кн. 1, 572 с.; кн. 2, 408 с.

Глубинное строение и металлогения Восточной Азии / Под ред. А.И. Диденко, Ю.Ф. Малышева, Б.Г. Саксина. Владивосток, Дальнаука, 2010, 232 с.

Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. Геодинамика и металлогения Монголо-Забайкальского региона // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1545—1562.

Гордиенко И.В., Климук В.С., Цюань Хень. Верхнеамурский вулканоплутонический пояс Восточной Азии (строение, состав, геодинамические условия формирования) // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (12), с. 1655—1669.

Гусев Г.С., Хаин В.Е. О соотношениях Байкало-Витимского, Алдан-Станового и Монголо-Охотского террейнов (юг Средней Сибири) // Геотектоника, 1995, № 5, с. 68—82.

Духовский А.А., Амантов В.А., Артамонова Н.А., Панфильцев Д.Н., Ступак В.М. Сейсмические и гравитационные образы ведущих рудных районов и полей Юго-Восточного Приаргунья (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений, 1998, т. 40, № 2, с. 99—113.

Духовский А.А., Артамонова А.И., Атаков А.И. Методическое пособие по изучению глубинного геологического строения складчатых областей для государственной геологической карты России (м-б 1:1 000 000). СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2005, 132 с.

Жао Дапенг, Пирайно Франко, Лиу Люси. Структура и динамика мантии под Восточной Россией и прилегающими регионами // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с. 1188—1203.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Палеогеодинамика. М., Наука, 1993, 192 с.

Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г., Зорина Л.Д., Спиридонов А.М. Геодинамика западной части Монголо-Охотского складчатого пояса и тектоническая позиция рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (11), с. 1578—1586.

Зорин Ю.А., Турутанов Е.Х., Кожевников В.М., Рассказов С.В., Иванов А.В. О природе кайнозойских верхнемантийных плюмов в Восточной Сибири (Россия) и Центральной Монголии // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (10), с. 1060—1074.

Ищукова Л.П., Игошин Ю.А., Авдеев Б.В., Губкин Г.Н., Филиппенко Ю.А., Попова А.И., Рогова В.П., Макушин М.Ф., Хоментовский Б.Н., Спирин Е.К. Геология Урулюнгуевского рудного района и молибден-урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. М., Геоинформмарк, 1998, 526 с.

Ищукова Л.П., Модников И.С., Сычев И.В., Наумов Г.Б., Мельников И.В., Кандинов М.Н. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. Иркутск, Глазковская типография, 2007, 160 с.

Казанский В.И., Яновский В.М. Сопоставление мезозойских золоторудных районов Сино-Корейского и Алдано-Станового щитов // Геология рудных месторождений, 2006, т. 48, № 1, с. 51—70.

Карта закономерностей размещения и прогноза месторождений цветных и редких металлов Читинской области. М-б 1 : 1 000 000 / Составители И.Г. Рутштейн, Т.Ф. Абдукаримова, И.В. Душевич. Чита, Читагеолсъемка, 2005, 1 л.

Князев Г.И. Замкнутые и фрагментарные рудные пояса. Киев, Наук. думка, 1973, 258 с.

Коваленкер В.А., Киселева Г.Д., Крылова Т.Л., Андреева О.В. Минералогия и условия формирования руд золотоносного W-Mo-порфирового Бугдаинского месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений, 2011, т. 53, № 2, с. 107—142.

Комаров Ю.В., Беличенко В.Г., Мишарина Л.А., Петров П.А. Верхояно-Бирманская зона сочленения Центрально- и Восточно-Азиатских структур (зона Вебирс) // Трансазиатская континентальная зона Вебирс. Иркутск, Восточно-Сибирский филиал СО АН СССР, 1978, с. 5—24.

Константинов М.М., Аристов В.В., Вакин М.Е., Данковцев Р.Ф., Конышев В.О., Косовец Т.Н., Остроумова Н.П., Политов В.К., Симкин Г.С., Стружков С.Ф., Изотенкова В.А., Фогельман Н.А., Яновский В.М. Условия формирования и основы прогноза крупных золоторудных месторождений. М., ЦНИГРИ, 1998, 155 с.

Константинов Р.М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. М., Наука, 1973, 216 с.

Кормилицын В.С. Основные черты мезозойской металлогении Восточного Забайкалья // Советская геология, 1959, № 11, с. 96—109.

Кормилицын В.С. Рудные формации и процессы рудообразования (на примере Забайкалья). Л., Недра, 1973, 328 с.

Кузьмин М.И., Филиппова И.Б. История развития Монголо-Охотского пояса в среднем—позднем палеозое и мезозое // Строение литосферных плит. М., Наука, 1979, с. 189—226.

Кулаков И.Ю., Добрецов Н.Л., Бушенкова Н.А., Яковлев А.В. Форма слэбов в зонах субдукции под Курило-Камчатской и Алеутской дугами по данным региональной томографии // Геология и геофизика, 2011, т. 52 (6), с. 830—851.

Лаверов Н.П., Величкин В.И., Власов Б.П., Алешин А.П., Петров В.А. Урановые и молибден-урановые месторождения в областях развития континентального внутрикорового магматизма: геология, геодинамические и физико-химические условия формирования. М., ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН, 2012, 320 с.

Любалин В.Д. О пространственной связи рудных полей с некоторыми элементами гравитационного поля // Геология и геофизика, 1977 (2), с. 72—82.

Мельникова В.И., Радзиминович Я.Б., Гилева Н.А., Радзиминович Н.А., Папкова А.А. Балейское землетрясение 6 января 2006 г.: отражение современной тектонической активности Восточного Забайкалья // ДАН, 2011, т. 437, № 6, с. 828—832.

Менакер Г.И. Тектоносфера и металлогения Забайкалья в геоисторическом освещении // Геология рудных месторождений, 1990, № 1, с. 21—36.

Минерально-сырьевые ресурсы Читинской области. Инвестиционные предложения / Ред. Ю.Ф. Харитонов. Иркутск, Агентство РИП, 2003, 134 с.

Огородников В.Д. Элементы мезозойской структуры и закономерности пространственного размещения месторождений полезных ископаемых Восточного Забайкалья (по геофизическим данным): Автореф. дис. … к.г.-м. н. Томск, ТПИ, 1970, 24 с.

Павленко Ю.В. Структуры кристаллического фундамента и минерагения Юго-Восточного Забайкалья // Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных районах России, Китая и Монголии. Труды IX Международного симпозиума. Чита, Экспресс-издательство, 2011, с. 7—12.

Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозоид Северо-Востока Азии. Новосибирск, Наука, 1984, 192 с.

Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртогоо О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология, 2003, т. 22, № 6, с. 7—41.

Покалов В.Т. Геологические основы поисков и оценки эндогенных месторождений молибдена. М., Недра, 1983, 176 с.

Покалов В.Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. М., Недра, 1992, 288 с.

Рыбалов Б.Л. Эволюционные ряды позднемезозойских рудных месторождений Восточного Забайкалья // Геология рудных месторождений, 2000, т. 42, № 4, с. 377—388.

Рыбалов Б.Л. Пространственное размещение позднемезозойских рудных месторождений в Восточном Забайкалье (Россия) // Геология рудных месторождений, 2002, т. 44, № 4, с. 354—368.

Самович Д.А., Царук И.И., Кокарев А.А., Гаврилов Л.П., Митрофанов Е.А. Минерально-сырьевая база урана Восточной Сибири / Иркутск, Глазковская типография. 2012, 163 с.

Скурский М.Д. Недра Земли. Месторождения, металлогения. Кемерово, Кузбассвузиздат, 2014, 511 с.

Смирнов С.С. Очерк металлогении Восточного Забайкалья. М., Госгеолиздат, 1944, 89 с.

Смирнов С.С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. М., Изд-во АН СССР, 1961, 507 с.

Сотников В.И., Пономарчук В.А., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Гимон В.О. Возрастные рубежи формирования Cu-Mo-порфировых месторождений в структурах обрамления Монголо-Охотского орогенного пояса // ДАН, 2005, т. 403, № 4, с. 522—525.

Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2006, 291 с.

Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий // Под ред. Г.А. Шаткова, А.С. Вольского. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2004, 190 с.

Тимофеевский Д.А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. М., ЦНИГРИ, 1972, 260 с. (Тр. ЦНИГРИ, вып. 98).

Томсон И.Н. Металлогения рудных районов. М., Недра, 1988, 215 с.

Томсон И.Н., Кравцов В.С., Кочнева Н.Т., Курчавов А.М., Середин В.В., Селиверстов В.А., Тананаева Г.А. Металлогения орогенов. М., Недра, 1992, 272 с.

Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. На пути к постплейт-тектонике // Вестн. РАН, 2015, т. 85, № 7, с. 606—615.

Хомич В.Г. Металлогения вулканоплутонических поясов северного звена Азиатско-Тихоокеанской мегазоны взаимодействия. Владивосток, Дальнаука, 1995, 342 с.

Хомич В.Г. Глубинная геодинамика и позиция суперкрупных ураново-рудных узлов юго-востока России // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле, 2015, вып. 25, № 1, с. 231—238.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Структурная позиция крупных золоторудных районов Центрально-Алданского (Якутия) и Аргунского (Забайкалье) супертеррейнов // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (6), с. 849—862.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Позиция зональных платиноносных щелочно-ультраосновных массивов Юго-Востока России в ракурсе данных сейсмотомографии // ДАН, 2012, т. 446, № 2, с. 191—196.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Глубинная геодинамика юго-востока России и позиция платиноносных базит-гипербазитовых массивов// Вулканология и сейсмология, 2013, № 5, с. 40—50.

Чернышев И.В., Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Чугаев А.В., Гольцман Ю.В., Лебедев В.А., Ларионова Ю.О., Зорина Л.Д. Возраст гранодиорит-порфиров и березитов Дарасунского золоторудного поля (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений, 2014, т. 56, № 1, с. 3—18.

Чечеткин В.С., Харитонов Ю.Ф., Чабан Н.Н., Тарабарко А.Н. Минеральные ресурсы Забайкальского края. Перспективы освоения и развития // Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных районах России, Китая и Монголии. Труды IX Международного симпозиума. Чита, Экспресс-издательство, 2011, с. 12—17.

Шатков Г.А. Стрельцовский тип урановых месторождений // Региональная геология и металлогения, 2015, № 63, с. 85—96.

Шатков Г.А., Бутаков П.М. Признаки участия уранилфторидов в формировании богатых урановых руд месторождений стрельцовского типа, Восточное Забайкалье // ДАН, 2013, т. 449, № 6, с. 696—700.

Шумилин М.В. О возможности новых крупных открытий в Стрельцовском рудном поле // Геология рудных месторождений, 2007, т. 49, № 5, с. 471—473.

Щеглов А.Д. Актуальные проблемы металлогенических исследований // Региональная геология и металлогения, 1993, № 1, с. 87—103.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника, 2000, № 5, с. 3—29.

Ярмолюк В.В., Кудряшов Е.А., Козловский А.М., Саватенков В.М. Позднекайнозойская вулканическая провинция Центральной и Восточной Азии // Петрология, 2011, т. 19, № 4, с. 341—362.

Emmons W.H. Relation of metalliferous lode systems to igneous intrusives // Trans. Amer. Inst. Min. Metal. Eng., 1927, v. 74, p. 29—70.

Goldfarb R.J., Santosh M. The dilemma of the Jiaodong gold deposits: Are they unique? // Geosci. Front., 2014, v. 5, p. 139—153.

Guo P., Santosh M., Li Sh. Geodynamics of gold metallogeny in the Shandong Province, NE China: An integrated geological, geophysical and geochemical perspective // Gondwana Res., 2013, v. 24, p. 1172—1202.

Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. A geodynamic perspective of world-class gold deposits in East Asia // Gondwana Res., 2014, v. 26, p. 816—833.

Khomich V.G., Boriskina N.G., Santosh M. Geodynamic framework of large unique uranium orebelts in Southeast Russia and East Mongolia // J. Asian Earth Sci., 2016, v. 119, p. 145—166.

Li C., van der Hilst R. D. Structure of the upper mantle and transition zone beneath Southeast Asia from traveltime tomography // J. Geophys. Res., 2010, v. 115, B07308.

Li Sh.-R., Santosh M. Metallogeny and craton destruction: Records from the North China Craton // Ore Geol. Rev., 2014, v. 56, p. 376—414.

Maruyama S., Santosh M., Zhao D. Superplume, supercontinent, and post-perovskite: Mantle dynamics and antiplate tectonics on the Core-Mantle Boundary // Gondwana Res., 2007, v. 11, p. 7—37.

Ouyang H., Mao J., Zhou Zh., Su H. Late Mesozoic metallogeny and intracontinental magmatism, southern Great Xing'an Range, northeastern China // Gondwana Res., 2015, v. 27, p. 1153—1172.

Yang Q., Santosh M., Shen J., Li Sh. Juvenile vs. recycled crust in NE China: Zircon U–Pb geochronology, Hf isotope and an integrated model for Mesozoic gold mineralization in the Jiaodong Peninsula // Gondwana Res., 2014, v. 25, p. 1445—1468.

Zhao D. Seismic structure and origin of hotspots and mantle plumes // Earth Planet. Sci. Lett., 2001, v. 192, p. 251—265.

Zhao D., Hasegawa A., Horiuchi S. Tomographic imaging of *P* and *S* wave velocity structure beneath northeastern Japan // J. Geophys. Res., 1992, v. 97, B13, p. 19909—19928.

Zhao D., Tian Y., Lei J., Liu L., Zhenget S. Seismic image and origin of the Changbai intraplate volcano in East Asia: role of big mantle wedge above the stagnant Pacific slab // Phys. Earth Planet. Inter., 2009, v. 173, p. 197—206.

Zhao D., Yamamoto Y., Yanada T. Global mantle heterogeneity and its influence on teleseismic regional tomography // Gondwana Res., 2013, v. 23, № 2, p. 595—616.

Zorin Yu.A., Zorina L.D., Spiridonov A.M., Rutshtein I.G. Geodynamic setting of gold deposits in Eastern and Central Trans-Baikal (Chita Region, Russia) // Ore Geol. Rev., 2001, v. 17, № 4, p. 215—232.

Рекомендована к печати 6 декабря 2016 г.,
А.Э. Изохом

Поступила в редакцию 27 октября 2015 г.,
после доработки — 24 ноября 2016 г.