

УДК 553.2:551.2+551.7(571. 5/6)

Машковцев Г.А., Коротков В.В., Руднев В.В. (ФГБУ «ВИМС»)

РУДОНОСНОСТЬ ОБЛАСТИ МЕЗОЗОЙСКОЙ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

*Рассмотрены условия размещения и образования основных рудных объектов области мезозойской тектоно-магматической активизации (ТМА) Монголо-Охотского пояса (МОП) и сопредельных территорий. Анализ рудоносности изложен последовательно в пределах крупнейших таксонов ТМА: активизированных структур собственно Монголо-Охотского пояса (МОП), примыкающей с севера Южной окраины Сибирского кратона и Сихотэ-Алинского фрагмента Западно-Тихоокеанского пояса (ЗТОП). Показано, что в каждом из таксонов рудные объекты имеют свою возрастную и геолого-генетическую специфику. Рассмотренные принципиальные модели рудообразования могут послужить методологической базой для прогнозирования новых объектов преимущественно скрытого типа. **Ключевые слова:** тектоно-магматическая активизация, Монголо-Охотский и Тихоокеанский пояса, плутоногенно-вулканогенные процессы, коллизия, аккреция, рудообразование.*

Mashkovtsev G.A., Korotkov V.V., Rudnev V.V. (VIMS)

ORE-BEARING OF THE MESOZOIC TECTONIC-MAGMATIC ACTIVATION AREA OF THE EASTERN SIBERIA AND THE FAR EAST

*The location and formation conditions of the main ore objects of the Mesozoic tectonic-magmatic activation area (TMA) of the Mongol-Okhotsk belt and adjacent territories are considered. Analysis of the ore-bearing is presented sequentially within the largest taxa of the TMA: activated structures of the Mongol-Okhotsk belt proper, the adjacent to the north southern margin of the Siberian craton and the Sikhote-Alin fragment of the West Pacific belt. It is shown that there are age and geological-genetic specificities of ore objects for each taxon. The considered ore formation conceptual models can be used as a methodological basis for predicting of the new objects of a predominantly hidden type. **Keywords:** tectonic-magmatic activation, Mongol-Okhotsk and Pacific belts, plutonic-volcanic processes, collision, accretion, ore formation.*

Рассматриваемая территория многие десятилетия является объектом изучения геологических, геодинимических и минерагенических особенностей в связи с ее положением на стыке Евразийского континента

и гигантской океанической мегаструктуры, а, главное, в связи с уникальным рудоносным потенциалом, представленным широчайшим спектром типов рудных и нерудных объектов. В регионе размещаются разрабатываемые и разведываемые месторождения черных, цветных, благородных, редких и радиоактивных металлов, а также крупные объекты угля и нерудных полезных ископаемых, которые сформировались в различных структурно-формационных обстановках и принадлежат минерагеническим эпохам широкого возрастного диапазона: от докембрия до позднего мезозоя. Основа современного понимания эволюции пояса была заложена в работах крупных отечественных геологов — Л.П. Зоненшайн и др., 1990; А.А. Моссаковский и др., 1993; В.И. Хаин, 1995; Н.Л. Добрецов и др., 1995–2003; М.И. Кузьмин и др., 1995; И.В. Гордиенко, 1987–2006; М.И. Кузьмин, 1999; В.И. Хаин, 2001; В.В. Ярмолук и др., 2006–2019; Didenko et al., 2010; Т.Н. Хераскова и др., 2010, и др.

Определяющее значение мезозойской эпохи для металлогении региона было заложено в многочисленных публикациях выдающегося исследователя металлогении академика А.Д. Щеглова, основные положения которых отражены в изданной ФГБУ «ВСЕГЕИ» специальной монографии [20]. В 1968 г. вышла в свет монография «Металлогения областей автономной активизации» [16, 19], в которой было показано, что, наряду с металлогенией, связанной с традиционными геосинклинальными этапами эволюции геологических структур, существует металлогения процессов автономной (наложенной) тектоно-магматической активизации.

Целью настоящей статьи является выяснение закономерностей размещения ведущих рудных объектов на огромной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока и на этой основе определение возможных перспектив развития ее металлогенического потенциала. Предусматривается последовательный металлогенический анализ крупнейших таксонов области мезозойской ТМА, активизированных складчатых структур МОП, Южной окраины Сибирской платформы и Сихотэ-Алинский фрагмент ТОП в районе его сочленения с Монголо-Охотским поясом.

Геотектоническое районирование области ТМА

Домезозойское основание области ТМА как единая структура было сформировано к концу палеозоя — началу мезозоя за счет последовательного сближения и конечного столкновения Сибирского и Северо-Китайского континентов. В результате была образована континентальная кора преимущественно «гранитного» типа, наложившая свой отпечаток на формационный состав и геохимический облик структур и рудных объектов мезозойской активизации (рисунок). МОП сложен главным образом тремя разновозрастными

ассоциациями пород, связанными с заложением и развитием океанических бассейнов и островодужных континентальных окраин палеоокеана в течение трех главных этапов [6, 7, 15, 18].

В позднекаледонский (ордовикско-раннесилурийский) этап в результате межконтинентального рифтогенеза произошло заложение обширного океанического спредингового бассейна и формирование в его пределах глубоководных кремнистых отложений, излияние пиллоулав базальтов и андезитбазальтов, образование расслоенных и кумулятивных габбро, даек габбро-долеритов на океанической коре, а также зон субдукции с островодужным магматизмом. Данный океанический бассейн, представлявший начальную стадию развития палеоокеана, существовал с позднего кембрия до раннего силура. В раннегерцинский (позднесилурийско-девонский) этап после небольшого перерыва вновь произошло заложение новых зон спрединга и субдукции и формирование на южных границах Сибирского континента и окружающих его каледонских микроконтинентов спредингового океанического бассейна с островодужными окраинами. Этот океанический бассейн был наиболее активным в девонский период. В позднегерцинский (каменноугольно-пермский) этап завершилось образование крупных задуговых осадочных бассейнов, формирование аккреционных призм и «сшивающих» внутриплитных магматических комплексов во всех структурах Монголо-Охотской складчатой системы в результате аккреционно-коллизонных и динамометоморфических процессов, связанных со столкновением Сибирского и Северо-Китайского таксонов.

Среди таксонов области мезозойской ТМА, в основном соответствующей выделенной магматической провинции [21], ведущее значение по рудоносности имеет Монголо-Охотский пояс [14]. Геотектонический режим его развития в этот период имел рифтогенный характер, связанный в этот период по представлениям В.В. Ярмолюк и др., 2006—2019 гг. с деятельностью плюм-тектонических процессов. В пределах активизационной области проявлена система структурно-формационных зон (рисунок): Западно-Прибайкальской с преимущественным развитием терригенных и терригенно-вулканогенных линейных, часто приразломных впадин, Хантэй-Даурской с плутоногенными структурами гранитоидного формационного состава, Восточно-Монгольской плутоногенно-вулканогенной зоны с широким развитием локальных гранитных интрузий и вулкано-тектонических структур с бимодальным составом лавового комплекса пород. В восточной части пояса мезозойская активизация представлена Становой зоной с широким проявлением интрузивного магматизма гранодиоритового профиля и незначительной по протяженности Джагдинской зоной с локально развитыми линейными гранитоидными плутоногенными структурами [8, 12].

На крайнем востоке область мезозойской активизации ограничивается меридиональными структурами Сихотэ-Алинского фрагмента Западно-Тихоокеанско-

го пояса (рисунок). В пределах пояса выделяются крупные Мало-Хинганская и Приморская зоны, в которых доминируют преимущественно плутоногенные гранитоидные структуры позднемезозойского возраста — продукты глубинных субдукционных процессов [11].

К северной части МОП примыкают активизированные области Алданского щита — фундамента Сибирской платформы и протерозойского чехла в Северном Прибайкалье (Патомское нагорье). Мезозойская ТМА здесь проявлена локальными районами развития даек преимущественно основного состава, карбонатитовых массивов и активизацией крупных глубинных тектонических зон. С юга ТМА ограничена крупнейшей системой субширотных разломов, имеющих важнейшее геотектоническое и металлогеническое значение. Юго-западное замыкание области мезозойской тектонической активизации — палеозойские и позднепротерозойские структуры Монголо-Алтайского региона, не затронутые молодыми тектоническими и рудообразующими процессами.

Рудоносность области развития тектоно-магматической активизации

Очевидно, что наиболее значимое металлогеническое значение анализируемой части Дальневосточного региона имеет собственно *Монголо-Охотский пояс*, в пределах которого сосредоточен крупный потенциал с осваиваемыми и резервными месторождениями цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов [21], и где прогнозируется выявление новых объектов (табл. 1, рисунок). Как видим, подавляющее количество месторождений вне зависимости от типа сырья имеют мезозойский возраст, отвечающий в целом эпохе проявления ТМА, и контролируются главным образом локальными вулкано-тектоническими и плутоногенными структурами выделенных структурно-формационных зон.

Среди *урановых объектов* региона наиболее значимое значение имеет Приаргунский район (Л.П. Ищукова и др., 1991, 1998, 2005, 2007), осваиваемые запасы руд которого сосредоточены главным образом в 17 месторождениях Стрельцовского рудного поля (СРП), первоначально составлявшие суммарно порядка 280 тыс. т при содержании урана 0,26 %. СРП приурочено к одноименной кальдере ВТС, сложенной бимодальным вулканитовым комплексом пород [1, 17] с маломощными прослоями конгломератов [1, 15, 16].

Образование урановых месторождений в вулканотектонических структурах (ВТС) в наибольшей степени отражают историко-геологические и геодинамические условия развития мезозойской тектоно-магматической активизации. Рудоносные ВТС сформировались в активизированных узлах крупных тектонических нарушений над куполами палеозойских гранитоидов, в кремне-калиевых разностях которых установлены высокие содержания урана (до $n=0,001$ %). Собственно промышленное рудообразование происходило в условиях локального рифтогенеза, сопровождавшегося формированием кальдер обрушения, проявлением бимодального вулканизма в виде покровов, штоков

и даек и, главное, завершающей активной деятельностью продуктивных гидротермальных растворов, мобилизовавших уран из гранитоидов и отлагавших его на термобарогеохимических барьерах. Воздействие гидротермальных агентов на вмещающие породы, происхождение которых связывается с глубинными нижнекоровыми очагами, приводили к метасоматической аргиллизации, гидрослюдизации и березитизации рудовмещающего комплекса, которые являются надежными поисковыми критериями. К тому же геолого-промышленному типу урановых объектов в ВТС относится Дорнотское месторождение в МНР.

Вторым по промышленному значению урановым объектом является Витимский район (Бурятия) с водородным оруденением в русловых неогеновых структурах, врезанных в гранитизированный комплекс Байсыханского массива и перекрытых молодыми платобазальтами; запасы урана в котором в основном сосредоточены в Хиагдинском рудном поле и составляют 35 тыс. т урана при его среднем содержании в рудах 0,045 %. К тому же водородному типу относится крупное Имское месторождение в Амалатской орогенной впадине, сложенной разнообломочными меловыми образованиями. Запасы урана на объекте составляют 23,5 тыс. т, содержание металла в рудах — 0,06 %. К депрессионным структурам, сформировавшимся в связи с мезозойской ТМА, относятся монгольские водородные урановые месторождения Хайрханское, Харатское и др. Водородные объекты региона образованы в ходе неоген-четвертичного орогенеза в результате деятельности продуктивных ураносодержащих грунтовоокислительных процессов на склонах локальных поднятий (витимский тип) и в мезозойских впадинах (харатский тип).

В регионе размещаются шесть крупных месторождений *молибдена*: Ореkitканское, Бугдаинское, Жерикенское, Жарчихинское и Малоойногорское на территории Забайкалья и Эрденетское — в Монголии (рисунок). Основные характеристики ведущих объектов приведены в табл. 1, запасы молибдена варьируют от 60 до 880 тыс. т, содержание металла в рудах — от 0,08 до 0,15 %. Все молибденовые месторождения относятся к эндогенному жильно-штоковому типу и пространственно-генетически связаны с локально проявленными мезозойскими плутоногенными структурами и малыми интрузиями — штоками и дайками гранит-порфиров, кварцевых порфиров и др. [4, 13]. Однако рудоконтролирующие интрузивные образования на рудных объектах различаются возрастом, условиями и историей формирования. Так, в районе Бугдаинского месторождения гранитоидные интрузии имеют позднеюрский возраст, Жирекенский объект связан с глубинным гранитоидным массивом, сформировавшимся на протяжении всего мезозоя, крупное Ореkitканское месторождение контролируется интрузивным комплексом, зародившимся в позднем протерозое — раннем палеозое, и завершившим свое развитие дайками гранит-порфиров и масштабным рудообразованием в раннем мелу.

В рудном потенциале региона важное значение имеют *вольфрамовые месторождения* — Инкурское, Холтосонское, Спокойненское и ряд других объектов, относящихся к жильному и жильно-штоковому типу. При различных запасах минерального сырья содержание триоксида вольфрама имеет близкое значение на всех объектах — на уровне 0,15 %, исключение составляет Холтосонское месторождение с 0,75 % (табл. 1). Небольшое по масштабам жильно-штоковое Спокойненское месторождение приурочено к мезозойскому массиву биотитовых и двуслюдяных лейкократовых гранитоидов, поздние рудоносные стадии которого сформировались в раннем мелу. Группа близрасположенных объектов — Джидинское (ранее отработано), Холтосонское и Инкурское, пространственно связаны с дайками и другими малыми телами диоритов юрского джидинского комплекса. Возраст оруденения определен как позднеюрский — раннемеловой (130–145 млн лет). К тому же геолого-промышленному типу относятся монгольские месторождения Жангивлаи и Харгулут, расположенные на юго-западной периферии области ТМА, их возраст формирования относится к триас-юрскому периоду [2, 3].

Происхождение молибденовых, молибден-вольфрамовых и вольфрамовых месторождений связано главным образом с плутоногенным проявлением ТМА. Промышленное оруденение располагается либо в надкупольной части мезозойских гранитоидных куполов, либо в их краевом экзоконтакте, при этом оно контролируется участками развития даек и штоков гранит-порфиров, кварцевых и диорит-порфиров, формационно отвечающих составу пород интрузивных массивов. Модель образования месторождений по данным ведущих исследователей имеет эволюционный характер [14, 23]. Рудообразование зарождается на заключительных стадиях становления плутонов: после формирования эндоконтактной кристаллической корки остывания расплава образуется значительная по объему камера с водными магматогенными флюидами — будущими продуктивными гидротермальными агентами. Последние реализуются после или в ходе формирования даек, штоков, открытых трещинных систем, зон брекчирования и др. в условиях проявления локальных рифтогенных усилий растяжения, сменивших плутоногенный конструктивный режим.

Крупное, активно разрабатываемое Ноен-Тологойское, ранее отработанное Кличкинское и резервное Озерное *полиметаллические* месторождения относятся к жильному и жильно-штоковому геолого-промышленным типам в вулканотектонических структурах (ВТС). Рудоносные ВТС сложены вулканитами преимущественно основного состава, являются локальными элементами протяженных вулканогенных поясов ТМА и наложены на терригенно-карбонатный субстрат домезозойского основания. Запасы Ноен-Тологойского объекта составляют: цинка 1170,1 тыс. т при содержании 1,3%, свинца 1040,4 тыс. т при содержании 1,1%, геологический возраст руд J₃–K₁.

Ноен-Тологойское месторождение расположено в северной части Кличкинского рудного района, образовано в связи с внедрением Акатуйского интрузива сиенит-порфиров (J_{2-3}) в среднеюрскую осадочно-вулканогенную толщу: разнообломочные несортированные отложения (конгломераты, песчаники, алевролиты и др.), перемежающиеся в разрезе с базальтами, трахиандезитами, андезито-базальтами и другими вулканитами. Магматические образования сопровождаются комплексом гидротермально-метасоматических изменений — березитизация, пропилитизация и др., и полиметаллическим оруденением (галенит, сфалерит, арсенопирит, пирит), развитым главным образом в эффузивах и, в меньшей мере, в осадочных и интрузивных образованиях. По данным изотопно-геохимических исследований источником расплава (А.Н. Берзина, 2019 г.) и, вероятно, продуктивных

гидротермальных растворов могут являться процессы мантийно-корового взаимодействия. Кличкинское полиметаллическое месторождение, расположенное в одноименном рудном районе Забайкалья, локализуется в пределах изометричной терригенной депрессионной структуры, сложенной песчано-глинистыми мезозойско-кайнозойскими образованиями и наложенной на диабаз-базальтовый комплекс палеозойского основания [10]. Оруденение представляет собой прерывистую линейную систему линз протяженностью около 2 км и сложено сфалерит-галенитовым агрегатом, содержащим наряду с основными свинцом и цинком попутные компоненты — кадмий, мышьяк, медь. Рудная зона сопровождается широким ореолом березитизации и пропилитизации.

Крупными комплексными с золотом и серебром полиметаллическими объектами являются месторож-

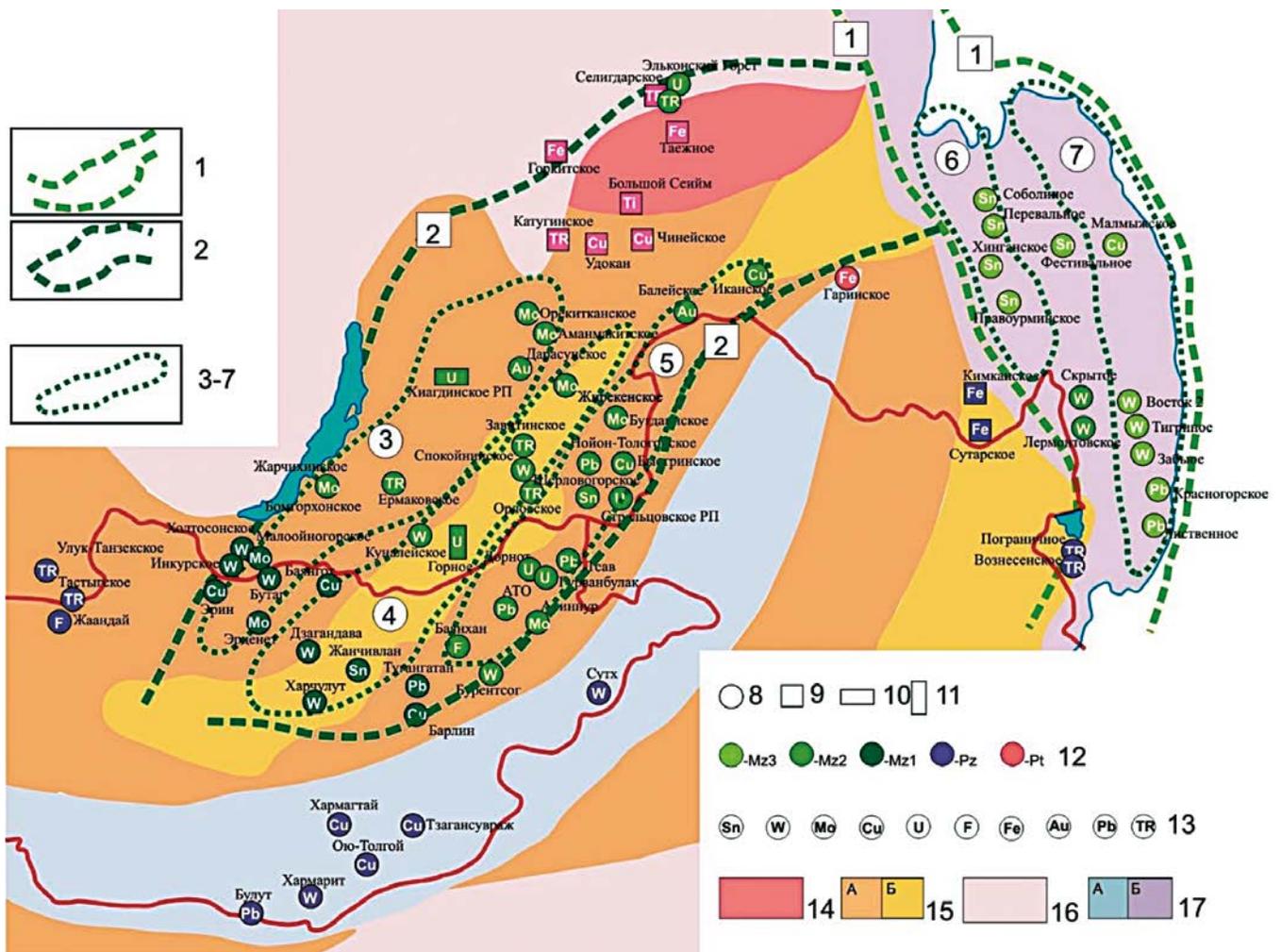


Схема геотектонического районирования и размещения основных месторождений: 1–2 — металлогенические пояса: 1 — Западно-Тихоокеанский (Сихотэ-Алинский сегмент), 2 — Монголо-Охотский; 3–7 — структурно-формационные зоны: 3 — Прибайкальская, 4 — Хантей-Даурская, 5 — Восточно-Монгольская, 6 — Мало-Хинганская, 7 — Приморская; 8–11 — геолого-промышленные типы месторождений: 8 — жильные, жильно-штоковковые, скарновые, медно-порфировые, 9 — осадочно-метаморфогенные, 10 — гидрогенные в песчаниках, 11 — гидрогенные в гранитах; 12 — возраст оруденения; 13 — основное оруденение; 14–17 — основные геотектонические элементы: 14 — щиты платформ, 15 — коллизионно-акреционные зоны активных континентальных окраин (А — ранне-среднепалеозойские, Б — позднепалеозойские), 16 — чехлы платформ, 17 — коллизионно-акреционные зоны пассивных континентальных окраин (А — позднепалеозойская, Б — мезозойская)

Таблица 1
Основные месторождения области тектоно-магматической активизации МОП

Месторождение	Формационный и геолого-пром. тип	Запасы ABC ₁ и ABC ₂ осн. комп.	Содержание осн. комп.	Условия локализации	Возраст, млн лет
Стрельцовское рудное поле	U-Мо жильно-штокверковый	280 тыс. т	0,26 %	BTC*	J ₃ -K ₁ 135
Дорнотское	U-Мо жильно-штокверковый	48 тыс. т	0,175 %	BTC*	J ₃ -K ₁
Хиагдинское рудное поле	U гидрогенный	35 тыс. т	0,045 %	палеорусл	N ₂
Имское	U гидрогенный	23,5 тыс. т	0,06 %	впадина	N ₂
Бугдаинское	Mo, W жильно-штокверковый	Mo 59,9 тыс. т WO ₃ 202 тыс. т	Mo 0,08 %	малые интрузии гранит-порфиры	J ₃
Ореkitканское	Mo жильно-штокверковый	360,5 тыс. т	0,09 %	интрузии гранит-порфиры	J
Инкурское	W жильное	WO ₃ 185,6 тыс. т	0,15 %	малые тела диоритов	J ₃ -K
Жирекенское	Mo жильно-штокверковый	880 тыс. т	0,15 %	гранитоиды	J ₃ -K ₁
Холтосонское	W жильный	WO ₃ 32,3 тыс. т	0,75 %	малые тела диоритов	J ₃ -K ₁
Быстринское	Au-Fe-Cu скарновый и порфировый	Cu 2273,9 тыс. т Au 297,8 т	Cu 0,72% Au 0,912 г/т	интрузии гранодиорит порфиры и малые тела диоритов	J ₂₋₃
Ноен-Тологойское	Pb-Zn жильно-штокверковый	Zn 1170,1 тыс. т Pb 1040,4 тыс. т	Zn 1,3% Pb 1,1%	вулcano-осадочная депрессия	J ₃ -K ₁
Озерное	Pb-Zn линзообразный	Zn 8269,6 тыс. т Pb 1515,4 тыс. т	Zn 6,16% Pb 1,17%	вулcano-осадочная депрессия	Pz ₁
Холоднинское	Pb-Zn линзообразный	Zn 21195,2 тыс. т Pb 2277,7 тыс. т	Zn 3,99% Pb 0,60%	осадочно-метаморфический комплекс	PR
Балейское	Au-Ag жильно-штокверковый	Au 74,4 т Ag 27,5 т	Au 2,13 г/т Ag 1,52 г/т	дайки и штоки диоритовых порфиры, лампрофиры	Mz-Kz
Этыкинское	Sn-Ta-Nb жильное		Ta ₂ O ₅ 0,013 % Nb ₂ O ₅ 0,018 %	Ta-носные апограниты, пегматиты	J ₃ -K ₁
Ермаковское	Be, Fl	CaF ₂ 312 тыс. т	CaF ₂ 24,6 %		
Орловское	Ta-Nb		Ta ₂ O ₅ 0,01 % Nb ₂ O ₅ 0,012 %	плутон биот. гранитов, дайки осн. пород	J ₂₋₃

*Вулcano-тектоническая структура

дения Алтын Тзаган Обо (АТО), Уланское и Цав в Северо-Чойбалсанском рудном районе Монголии. Первые два относятся к брекчиевому формационному типу, месторождение Цав связано с BTC. Ресурсы и запасы полиметаллов в них насчитывают сотни тыс. т, средние содержания — первые проценты [5].

Таким образом, формирование крупных полиметаллических месторождений вероятнее всего связано с нижнекоровыми флюидами, зарождавшимися в связи с образованием в узлах пересечения глубинных разломов локальных депрессионных терригенных или вулcano-тектонических структур, служивших каналами их продвижения вверх к палеоповерхности. По ходу движения флюидов при их дегазации формировались гидротермальные растворы, мобилизовавшие металлы из вмещающих пород и отлагавшие их в виде промышленных концентраций в благоприятных термобарогеохимических и гидродинамических обстановках.

Наиболее крупные месторождения *меди* имеют, как правило, комплексный состав руд — наряду с основным компонентом в них присутствует золото, серебро

и другие металлы. Так, крупное Быстринское месторождение располагает запасами меди более 2 млн т с содержанием металла 0,72 % и золота 297,8 т с содержанием 0,912 г/т, Култуминское — запасы Cu 624 тыс. т и содержание 0,37 %, золота — 125,4 т с содержанием 18 г/т, серебра — 977,7 т. Оба объекта пространственно связаны с гранодиорит-порфирами интрузивного массива шахтаминского комплекса, имеющих средне-позднелюрский возраст, как и сопровождающее их оруденение. Более древний триасс-юрский возраст образования у монгольских меднорудных месторождений Барлин и Эрин [2, 3]. Медно-золото-порфировое Быстринское месторождение расположено в Газимуро-Заводском районе Забайкальского края, сложено двумя геолого-промышленными типами руд: скарновым золото-железо-медным и медно-порфировым. В геолого-генетическом отношении оно связано с интрузивным массивом диоритов и гранодиорит-порфиритов юрского возраста и сопровождающим его дайковым комплексом пород.

Модель образования медно-порфировых месторождений [23], ярким примером которых в современном

понимании является месторождение Эрденет в Монголии и другие объекты, в упрощенном виде принципиально сходна с рассмотренными выше для молибденовых и вольфрамовых объектов [4, 13]. Крупный магматический очаг, сформировавшийся на глубине в процессе плутогенной ТМА, при остывании и образовании граничной кристаллической корки стал объемным источником гидротермальных рудоносных растворов, отделившихся от магмы в ходе ее кристаллизации. Впоследствии при локальном тектоническом растяжении по раскрытым разрывным нарушениям в надкупольное пространство устремлялись остаточные массы магматического расплава и вновь сформированные гидротермальные, в т.ч. рудоносные растворы; следствием этих процессов стало формирование сложной системы даек, гидротермально-метасоматическое преобразование пород и образование комплексных медь- и золотосодержащих руд.

Благороднометалльный потенциал региона включает крупные золоторудные месторождения Дарасунское, Балейское, Итакинское, Ключевское и др. (табл. 1, рисунок) и большое количество золотых россыпей. Дарасунский, ранее отработанный объект, относится к жильно-штокверковому золото-кварц-сульфидному типу; в рудах, наряду с основным компонентом, присутствует серебро, медь, висмут и др. Объект размещался в пределах среднепозднепалеозойской вулканокупольной структуры (ВКС). Запасы золота составляли 573 т при среднем содержании 12 г/т. Комплексное оруденение наложено на субвулканические структуры и дайки плагиогранит-порфилов. Балейское крупное золоторудное месторождение с запасами 74,4 т при C_{cp} 2,0 г/т относится к жильно-штокверковому золото-сульфидному типу, в рудах которого присутствуют также молибден, полиметаллы, сурьма. Оруденение сопровождаются дайками и штоками диоритовых порфилов, лампрофилов, ортоклазитов. Его абсолютный возраст определен рубидий-стронциевым методом в 146 млн лет — позднеюрский.

В рассматриваемой области тектономагматической активизации собственно Монголо-Охотского пояса сосредоточена значительная по своему масштабу минерально-сырьевая база *редких металлов* — тантала, ниобия, лития и др. (табл. 1, рисунок). Тантало-ниобиевое Орловское месторождение содержит крупные запасы вкрапленных руд со сравнительно низкими концентрациями тантала (Ta_2O_5 — 0,01–0,015 %), ниобия (Nb_2O_5 — 0,011–0,015 %), а также сопутствующих лития, рубидия и цезия. Рудная минерализация распределена в биотитовых и литий-фтористых гранитах Хангилайского плутона, ее возраст определен как средне-позднеюрский. Крупное Этыкинское олово-редкометалльное месторождение с ниобием, танталом, литием и рубидием приурочено к одноименному лакколиту танталоносных апогранитов; по данным калий-аргонового метода абсолютный возраст оруденения составляет 130–140 млн лет — поздняя юра — ранний мел. Во многом сходным по компонентному составу руд с Этыкинским является Завитинский объ-

ект с весьма низкими содержаниями в комплексных рудах ниобия, тантала, лития и олова. Оруденение сопровождают дайки редкометалльных пегматитов, лейкократовых гранитов, лампрофилов и кварцевых жил, его абсолютный возраст — 157–163 млн лет (юра).

Таким образом, рассмотренные и другие объекты ТПИ области ТМА собственно Монголо-Охотского пояса имеют определенные *особенности в размещении и возрасте формирования*. Образование практически всех (за исключением экзогенных урановых) месторождений соответствует мезозойской эпохе проявления активизации главным образом периода поздняя юра — ранний мел (J_3-K_1). В то же время месторождения юго-западных регионов сформировались в более раннее время (Т- J_1). Эти данные могут быть свидетельством поступательного омоложения тектономагматических процессов активизации с запада на восток, в сторону тихоокеанской окраины континента.

Некоторые особенности пространственного размещения месторождений обусловлены их положением в структурно-формационных зонах определенного типа. Так, например, урановые, полиметаллические, флюоритовые объекты, контролируемые преимущественно вулканотектоническими структурами, тяготеют к Восточно-Монгольской структурно-формационной зоне с доминирующей ролью мезозойского вулканизма [3]. Месторождения вольфрама, молибдена и редких металлов, связанные с интрузивными мезозойскими образованиями, располагаются преимущественно в пределах плутогенного Хантэй-Даурского свода, наследующего сходную структуру домезозойской эпохи формирования МОП.

Область мезозойской ТМА южной окраины Сибирской платформы, непосредственно примыкающая к Монголо-Охотскому поясу, включает две крупнейшие структуры — архей-раннепротерозойский Алданский щит на востоке и протерозойскую плиту в северо-восточном Прибайкалье. Мезозойская активизация проявлена локально — в Прибайкалье установлены районы развития даек основного состава, в пределах Алданского щита — редкометалльные карбонатиты и молодые интрузии пестрого состава. Рудный потенциал территории — *крупные месторождения железа, меди, флогопита протерозойского возраста и также крупные объекты золота, урана, угля и других ТПИ, сформированные в ходе мезозойской активизации* (табл. 2, рисунок).

Наиболее древними являются *железорудные* месторождения Южно-Алданского и Чаро-Токинского районов (Якутия), сформировавшиеся в условиях глубокого архейского метаморфизма первичноосадочных масштабных накоплений железа и составляющих суммарно значительную (около 6 млрд т) долю в МСБ железа РФ в целом. Оруденение относится к магнетитовому, наиболее ценному промышленному типу. В Южно-Алданском районе разведано 11 месторождений, среди которых основными являются Таежное и Десовское, в Чаро-Токинском главные — Горкитское и Тарыннахское. Магнетитовые руды, как правило, являются комплексными, наряду с железом в них со-

Таблица 2
Основные рудные месторождения активизированной окраины Сибирской платформы

Месторождения	Геолого-промышленный тип	Запасы А, В, С ₁ и С ₂	Содержание компонентов	Геолого-структурные условия локализации	Геологический возраст
Южно-Алданский Fe-рудный р-н, Респ. Саха (Якутия)	Fe-магнетитовый в железистых кварцитах и скарнах	1820 млн т	27–53 %	Осадочно-метаморфогенные в архейских гнейсах и сланцах	Ar
Чаро-Токкинский Fe-рудный р-н, Респ. Саха (Якутия)	Fe-магнетитовый в железистых кварцитах	3930 млн т	28,3 %	—«—	Ar
Чинейское, Забайкальский край	Fe-титано-магнетитовый	Fe 937,5 млн т	33,5 %	Расслоенные титаносодержащие габброиды плутона	PR ₂
Большой Сейим, Амурская обл.	Ti-ильменит-титано-магнетитовый	TiO ₂ 22462 тыс. т	7,7 %	Рудоносные габброиды	Ar
Удоканское, Забайкальский край	Cu-медистые песчаники	Cu 20096 тыс. т	1,44 %	Протерозойские медистые песчаники	PR
Катугинское, Забайкальский край	Zr-РЗМ-Ta метасоматический		Ta ₂ O ₅ 0,019 % Nb ₂ O ₅ 0,3 % Zr ₂ O ₃ 1,57 % TR ₂ O ₃ 0,348 %	Рудоносные приразломные метасоматиты по PR сланца	PR (?)
Куранахская группа Респ. Саха (Якутия)	Au-карстовый	145,2 т	1,6 г/т	Карсты в карбонатной толще	J ₃ -K ₁
Зона Южная Респ. Саха (Якутия)	U-золото-урановый в метасоматитах	U 357,7 тыс. т	0,147 %	Ураноносные зоны щелочных метасоматитов в активизированных в мезозое уровнях глубинных разломов	J ₃ -K ₁

держатся цветные и благородные металлы, а на Таежном объекте установлены и подсчитаны запасы бора и в принципе оруденение может быть использовано в качестве природного исходного концентрата при производстве специальных, в том числе броневых сортов сталей. Также крупным железорудным объектом является Чинейское месторождение в Забайкалье (запасы Fe 937,5 млн т, содержание металла в рудах 33,5 %) с титаномагнетитовыми рудами. Объект локализован в Чинейском раннепротерозойском диорит-габбро-нитритовом расслоенном массиве, с дифференцированностью руд на титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые. *Ильменит-титаномагнетитовое* месторождение Большой Сейим располагает значительными запасами двуоксида титана (22462 тыс. т) при среднем ее содержании в рудах 7,7 %. Оруденение локализовано в метаморфизованных формациях краевых частей архейского раннепротерозойского габброидного массива. При освоении месторождения возможно получение ильменитового, титаномагнетитового и апатитового концентратов. Для обеспечения приемлемой экономической эффективности разработки на начальном этапе возможно выделение первоочередных участков со средним содержанием TiO₂ 10–17 %.

Одно из ведущих мест в рудном потенциале региона занимает уникальное по запасам *меди* Удоканское месторождение медистых песчаников в Кодаро-Удоканском районе (Забайкальский край). Запасы металла составляют 20096 тыс. т (среднее содержание

металла 1,44 %), что ставит его в число мировых лидеров, способного обеспечить в значительной мере на многие десятилетия потребности РФ для внутренних и экспортных нужд. Практически в том же Кодаро-Удоканском районе, где установлены медное Удоканское, железорудное Чинейское и угольное Апсатское, располагается крупное редкометалльное Катугинское месторождение, что в целом определяет за счет комплексности значительный экономический потенциал территории. Катугинский объект является комплексным — он содержит в промышленных концентрациях цирконий, редкие земли, тантал, иттрий. Оруденение локализовано в приразломных метасоматических зонах среди протерозойских сланцев и гнейсов.

Целевому назначению статьи — анализу рудоносности мезозойской ТМА — напрямую отвечают Куранахский золоторудный и Эльконский урановорудный районы, сформировавшиеся в эту эпоху.

Куранахская группа *золоторудных* месторождений (Республика Саха (Якутия)) приурочена к карстовым структурам, наследующим золотоносные зоны в древнем протерозойском фундаменте и сформированных в период мезозойской активизации. Первичное оруденение имеет золотоурановый состав, в карстовых структурах оно свободно от радиоактивных металлов. Суммарные запасы металла группы составляют 145,2 т при среднем содержании 1,6 г/т. Объекты располагаются в пределах Эльконского горста, где интенсивно проявилась мезозойская ТМА с образованием щелочных

порфировых интрузий, даек и золотоурановой минерализации. В пределах горста размещаются и золоторудные залежи Лебединского рудного поля, также являющиеся продуктивным результатом активизационных процессов. Куранахское золоторудное месторождение располагается на северном склоне Алданского щита, на борту Куранахского прогиба и в целом подчиняется в своем размещении мезозойским субмеридиональным зонам тектонических нарушений, вдоль которых оно протягивается на несколько километров. В геологическом строении объекта участвуют кембрийские карбонатные комплексы, перекрывающая их маломощная пачка глинисто-песчаных и грубообломочных юрских отложений и мезозойские малые интрузии (дайки и линзы) щелочных пород — керсантиты, бостониты, сиенит-порфиры, контролируемые субвертикальными зонами тектонических нарушений близ меридиональной ориентировки. В верхней части кембрийской карбонатной толщи развита доюрская кора выветривания, морфологически осложненная карстами и в настоящее время погребенная плащом разнообломочных, крайне несортированных песчано-гравийно-глыбовых юрских накоплений. Зона структурно-стратиграфического несогласия (СН) между юрскими и кембрийскими карбонатными образованиями является важнейшим фактором контроля и локализации золотого оруденения, которое в целом имеет сложную грубопластовую морфологию, осложненную раздувами и сокращением мощности. В зоне СН в осадочных породах установлено широкое развитие окремнения, окварцевания, калишпатизации, пиритизации и ожелезнения, в интрузивных образованиях — хлоритизация, карбонатизация, а также калишпатизация и окремнение. В рудном контуре выделяются две разновидности и генерации руд. Первичная золоторудная минерализация установлена главным образом в обломках гидротермально измененных осадочных и интрузивных пород, но основная часть промышленных скоплений, по-видимому, связана с гидрогенным продуктивным процессом, активно протекавшим в позднеюрское время, особенно в карстовых образованиях.

В общем виде модель образования Куранахского золоторудного месторождения имеет следующий вид. В результате очагового проявления мезозойской ТМА в зонах субмеридиональных, испытывавших растяжение тектонических нарушений, проявился щелочной магматизм и интенсивная гидротермальная деятельность, сформировавшая в интрузивных и осадочных породах первичную золоторудную минерализацию, скопления которой имели гнездовый приразломный характер. В последующем в обстановке суборогенного воздымания активно развивались эрозивно-аккумулятивные процессы, в результате которых сформировался комплекс несортированных, грубослоистых глыбово-галечных и песчано-гравийных отложений с образованием в их подошве за счет перераспределения первичных концентраций золота пласто- и линзообразного промышленного оруденения, сложная морфология которого подчиняется скульптуре СН и карстовых структур.

С мезозойской ТМА связан уникальный по масштабам урана, один из крупнейших в мире Эльконский урановорудный район, включающий шесть месторождений зоны Южной и зону Северную, а также группу мелких уран-золоторудных объектов. Запасы урана зоны Южной составляют ≈ 358 тыс. т при среднем содержании металла 0,147 %, в рудах в низких концентрациях присутствует золото (до 1 г/т) и молибден. Зона Южная представляет собой протяженную (до 25 км) систему субвертикальных плитообразных залежей, сменяющих по простиранию друг друга и прослеженных на глубину более километра. По падению и простиранию оруденение контролируется зонами тектонических нарушений, подновивших в мезозое крупные глубинные древние разломы, и сопровождается сложным комплексом гидротермально-метасоматических приразломных изменений щелочного характера. Геолого-экономические параметры месторождений в настоящее время не соответствуют конъюнктуре мирового рынка, однако в будущем при неизбежном истощении запасов «дешевого» сырья и соответствующего повышения цен Эльконский урановорудный район будет востребован для освоения. В геологическом отношении район располагается в центральной области Алданского щита в пределах купольной части древнейшего архейского Алдано-Тимптомского мегантиклинория. В результате мезозойской ТМА сформировалась система блоковых структур, в т.ч. Эльконский рудоносный район, сложенный глубоко метаморфизованной гнейсово-сланцевой толщей. В позднем архее — раннем протерозое породы основания претерпели ультраметаморфизм с образованием лейкократовых гранитов, постгранитизационные кремне-калиевые метасоматиты которых содержат высокие концентрации урана, тория и редких земель — источники будущего рудообразования. В ходе интенсивной ТМА в пределах горста проявились два этапа гранитообразования — 210–170 и 105–85 млн лет, представленные штоками и дайками эгириновых и нефелиновых сиенитов, сиенит-порфиров и других щелочных магматических малых тел. Важнейшим рудообразующим фактором является мощный импульс тектонической деструкции с активизацией древних протяженных милонитизированных разломов и формированием новых разрывных структур и, главное, активное проявление по системам нарушений мезозойских, в т.ч. рудоносных гидротермальных процессов, сопровождавшихся щелочными преобразованиями пород и браннерит-уранинитовым оруденением с золотом и иногда молибденом.

Наряду с рудным потенциалом региона, являющимся основным предметом анализа в данной работе, на территории размещены крупные и средние по масштабу объекты неметаллических полезных ископаемых; в их числе месторождения архей-протерозойского флогопита, мезозойского апатита, крупнейший Южно-Якутский угольный бассейн и многие другие.

Таким образом, активизированная в мезозое Южная окраина Сибирского кратона обладает мощной

минерально-сырьевой базой железа, меди и редких металлов, месторождения которых образовались еще в архей-протерозойскую эпоху, и урана, золота, апатита и угля, связанных с мезозойской ТМА. Очаговое проявление последней обеспечило сохранность от тектоно-магматической переработки древних крупнейших объектов, оказавшихся в «тени» областей развития мезозойских процессов, с одной стороны, а с другой — предопределило относительно локальный характер размещения районов сосредоточения месторождений, связанных с продуктивной реализацией рудообразующих гидротермальных систем эпохи ТМА. Исключение составляет гигантский Южно-Якутский угольный бассейн, сформировавшийся в юрский период в связи с тафrogenным прогибом, непосредственно наложенным на архей-протерозойские глубоко метаморфизованные формации Алданского щита.

На востоке область мезозойской активизации Монголо-Охотского пояса граничит с меридионально ориентированными структурами *Западно-Тихоокеанского пояса (ЗТОП)*, который по данным многих исследователей (Л.П. Зоненшайн, А.А. Моссаковский и др.) сформировался за счет субдукции тихоокеанской плиты под континентальную окраину Евразии в позднемезозойскую эпоху. В соответствии с основными положениями тектоники плит субдукция сопровождалась масштабным плутоногенезом гранитоидного профиля. В пределах рассматриваемого фрагмента ЗТОП (Хабаровский край и Приморье) сформировались структурно-формационные зоны, отвечающие в металлогеническом отношении Сихотэ-Алинской провинции. Рудный потенциал территории представлен месторождениями вольфрама, олова и меди, размещающимися главным образом в связи с локальными плутоногенными структурами гранитоидного формационного профиля (рисунок, табл. 3) и сформированными в основном в позднемезозойскую эпоху — К₂–Р.

Месторождения *олова* Соболиное, Перевальное, Фестивальное и Правоурмийское принадлежат жильному касситерит-сульфидному геолого-промышленному типу и в геолого-структурном отношении контролируются штоками диоритов различного петрографического состава — собственно диоритов, диоритовых порфириров, кварцевых диоритовых порфириров и др. (табл. 3). Запасы олова — от 44 тыс. т (Перевальное) до 141,5 тыс. т (Правоурмийское), средние содержания металла в рудах варьируют в пределах от 0,41 (Перевальное) до 0,55 % (Соболиное), попутными компонентами являются вольфрам, молибден, свинец, серебро, золото; концентрации меди на Перевальном, Фестивальном и Правоурмийском месторождениях достигают промышленного уровня. Несколько отличается от основной группы объектов Хинганское месторождение, в годы войны являвшееся одним из основных источников олова. Относясь к тому же жильному сульфидно-касситеритовому геолого-промышленному типу, Хинганский объект пространственно-генетически связан с интрузивами кислого состава — с гранит-порфирами, кварцевыми

порфирами и с экструзиями риолитов [9, 15]. Вероятно эта связь определяет иной состав попутных компонентов, в числе которых тантал, ниобий, редкие земли, торий и др. Также с более кислыми магматическими телами — штоками и дайками гранит-порфириров, связано крупное жильное касситерит-вольфрамитовое Тигриное месторождение, в рудах которого наряду с оловом в промышленных концентрациях и в значительных количествах присутствует вольфрам — запасы WO₃ 68,3 тыс. т, содержание 0,15 %.

Вольфрамовый потенциал территории связан с месторождениями Скрытое, Восток-2 и Лермонтовское (табл. 3). Крупное Скрытое месторождение принадлежит собственно вольфрамовому геолого-промышленному типу, связано с массивом гранодиоритов и гранит-порфириров, образовано в юрско-меловой период. Объект обладает значительными запасами вольфрама — 136 тыс. т WO₃, однако содержание триоксида невелико — 0,36%, что обуславливает нерентабельность его освоения при современной конъюнктуре рынка сырья. Месторождения Восток-2 и Лермонтовское обладают высококонтрастными рудами — содержания WO₃ составляют 3,5 и 3,37 % соответственно, однако за счет активной их разработки остаточные запасы объектов невелики (17,2 и 3,7 тыс. т, соответственно) и способны обеспечить добычу лишь на несколько лет. Поэтому наиболее актуальной геолого-поисковой задачей является обнаружение новых объектов богатых вольфрамовых руд в пределах осваиваемого района.

Скарново-шеелитово-сульфидное месторождение Восток-2, расположенное в главном синклинии Сихотэ-Алинской минерагенической зоны, является средним по запасам месторождением вольфрама с весьма богатыми рудами. Оруденение локализуется в экзоконтакте позднемеловой интрузии гранодиоритов, плагиогранитов и диабазовых порфириров, прорывающих пермскую вулканогенно-осадочную толщу — песчаники, алевролиты, известняки, сланцы, спилиты, андезитовые порфириды, туфолавы. С интрузией связан шток гранит-порфириров. Шеелит-сульфидные руды образуют систему субпараллельных залежей среди роговиков и песчаников, в рудосопровождающем ореоле гидротермально-метасоматических изменений, включающих три стадии минералообразования: первая основная — шеелитовая грейзеновая, вторая — сульфидная с арсенопиритом, халькопиритом и пиротином, третья — кварц-карбонатная с прожилками пирита, флюорита и хлорита. Модель рудообразования принципиально сходна с рассмотренными выше для молибденовых и молибден-вольфрамовых месторождений [11, 13] — исходной основой рудогенеза служит магматический очаг гранодиоритового состава, сформированный в результате плутоногенеза в ходе аккреционно-колизийных процессов. При его остывании и кристаллизации образовывались значительные объемы рудообразующих растворов, из которых позднее в экзоконтактной зоне массива в благоприятных условиях возникали промышленные концентрации вольфрама и сопутствующих компонентов.

Таблица 3

Основные рудные месторождения Тихоокеанской окраины (Хабаровский край, Приморье)

Месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы	Содержание полезных компонентов	Геолого-структурные условия локализации	Геологический возраст
Соболиное, Хабаровский край	Sn жильный касситерит-сульфидный	Sn 92 тыс. т	0,55 %	Штоки диоритов	K ₂ -P
Перевальное, Хабаровский край	Sn, Cu жильный касситерит-сульфидный	Sn 44,4 тыс. т Cu 2739 тыс. т	Sn 0,41% Cu 1,2%	Штоки диоритов	K ₂ -P
Фестивальное, Хабаровский край	Sn, Cu жильный касситерит-сульфидный	Sn 58,8 тыс. т Cu 1294 тыс. т	Sn 0,37-2,2% Cu 1,0-2,8%	Штоки диоритов	K ₂ -P
Правоурмийское, Хабаровский край	Sn, Cu жильный касситерит-сульфидный	Sn 141,5 тыс. т Cu 1584 тыс. т	Sn 0,54% Cu 0,5%	Штоки диоритов	K ₂ -P
Хинганское, Хабаровский край	Sn жильный сульфидно-касситеритовый	Sn 159 тыс. т	0,65 %	Интрузив гранит-порфиров и кварцевых порфиров	K ₂ -P
Тигриное, Приморский край	Sn, W жильный вольфрамит-касситеритовый	Sn 186,1 тыс. т WO ₃ 68,3 тыс. т	Sn 0,62% WO ₃ 0,15%	Штоки и дайки гранит-порфиров	K ₁
Скрытое, Приморский край	W стратиформный шеелитовый	WO ₃ 136 тыс. т	0,36 %	Массив гранодиоритов и гранит-порфиров	J ₁ -K ₁
Восток-2, Приморский край	W пластовой и штокверковый шеелитовый	WO ₃ 17,2 тыс. т	3,5 %	Массив гранодиоритов	K ₂
Лермонтовское, Приморский край	W пластовой и штокверковый шеелитовый	WO ₃ 3,7 тыс. т	3,37 %	Массив гранодиоритов	K ₁
Малмыжское, Хабаровский край	Cu, Au золото-медно-порфировый	Cu 5150 тыс. т Au 556,2 т	Cu 0,34% Au 0,17 г/т	Штоки диоритов, гранодиоритов	K ₂ -P
Албазинское, Хабаровский край	Au, Ag жильный золото-серебряный	Au 119,6 т	6,66 г/т	Малые интрузии гранодиорит-порфиров	K ₂ -P
Многовершинное, Хабаровский край	Au, Ag жильный золото-серебряный	Au 30,5 т Ag 74,2 т	Au 27,5 г/т Ag 34,0 г/т	Субвулкан. ВТС андезитов	K ₂ -P

Вероятно, по такой же генетической схеме, которая должна явиться методологической основой прогноза и поисков новых объектов в регионе образованы Лермонтовское, Скрытое и другие вольфрамовые месторождения Приморья,

Громадным достижением последних лет отечественной геологической службы является обнаружение и оценка Малмыжского золото-порфирового месторождения с крупнейшими запасами *меди* — 5150 тыс. т и *золота* — 556,2 т (табл. 3). Объект образован в поздне-меловой-палеогеновый период в связи с проявлением штоков диоритов и гранодиоритов. Его освоение на многие десятилетия обеспечит добычные и перерабатывающие мощности строящегося предприятия.

Малмыжское золото-медно-порфировое месторождение. Запасы C₁+C₂ комплексных руд составляют 1,39 млрд т, меди ~5,2 млн т при среднем содержании 0,34 % и золота — 556,2 т при среднем 0,17 г/т. В геологическом строении месторождения участвуют (Чернявский, Шапкунов, 1977) осадочные меловые глинисто-песчаные отложения, прорванные штокообразными массивами, штоками и дайками диорит-гранодиоритов Нижнеамурского интрузивного комплекса. Магматические образования сопровождаются калиевыми, кварц-хлорит-серицитовыми и пропилитовыми метасоматитами, на которые наложено жильно-шток-

верковое прожилково-вкрапленное оруденение. По результатам датировок уран-свинцовым методом формирование рудоносных штоков и даек происходило в возрастном интервале от 130 до 95 млн лет.

Также длительно (до 30 млн лет) — от баррема (K₁) до сеномана (K₂) протекал стадийный гидротермальный продуктивный процесс, сопровождавшийся неоднократным перераспределением золото-медно-порфирового с редкими землями оруденения, которое представлено содержащими благородные металлы пиритом и халькопиритом при подчиненном значении галенита, сфалерита, борнита и халькозина. По данным изучения газово-жидких включений оно формировалось в обстановке проявления постмагматических гидротермальных процессов при температуре 330–580 °C на глубинах 1–2 км.

В целом модель образования гигантского Малмыжского месторождения включает основные факторы формирования генетической модели медно-порфировых объектов [22, 23]. Первопричиной и источником рудообразующих процессов являлся плутоногенный магматический очаг с расплавом состава диоритового профиля, сформировавшийся в обстановке сложных глубинных процессов коллизии и аккреции зоны Беньофа. При застывании очага в пределах огромной камеры магмы выделялся значительный объем рудо-

носных растворов, которые вслед за образованием в условиях локальной деструкции (тектонического растяжения) штоков, даек и других малых тел продвигались к поверхности и в барьерных обстановках падения температуры и давления происходило рудоотложение.

Албазинское *золотосеребряное* месторождение жильного типа наряду со значительными запасами Au отличается высокими (6,66 г/т) концентрациями металла в рудах. Оно также сформировалось в связи с проявлением малых интрузий гранодиорит-порфи́ров. Более контрастное золотосеребряное оруденение свойственно Многовершинному объекту (табл. 3), пространственно-генетически связанному с субвулканическими структурами, сложенными андезитами.

В заключение следует отметить, что рассмотренная рудоносность Тихоокеанского пояса и непосредственно Сихотэ-Алинской металлогенической зоны сформировалась в связи с позднемезозойской эпохой проявления масштабных субдукционных и аккреционных процессов, вероятно переработавших структурно-формационные, в том числе рудоносные комплексы былого восточного замыкания Монголо-Охотского пояса [11].

В целях сравнительного анализа рудоносности областей мезозойской активизации с особенностями металлогении сопредельных районов остановимся на *кратком рассмотрении геотектонической позиции и возрасте формирования приграничных крупных объектов*. На востоке, в непосредственной близости от границы с Сихотэ-Алинской зоной, располагается крупное редкометалльное-флюоритовое Пограничное месторождение, комплексные руды которого содержат тантал, ниобий, флюорит, бериллий, литий и другие элементы. Объект сформирован в ордовик-силурийский период в пределах структурно-формационных комплексов позднепалеозойской коллизионно-аккреционной зоны, не затронутых позднемезозойскими геодинамическими процессами. В той же геодинамической зоне размещаются два весьма крупных осваиваемых палеозойских железорудных объекта — Кимканское и Сутарское, также не претерпевшие наложенных мезозойских преобразований. В южном сопредельном районе на территории Монголии сосредоточена большая группа месторождений меди, полиметаллов, вольфрама и редких металлов. Все они размещаются в пределах позднепалеозойской коллизионно-аккреционной зоны и имеют соответствующий геологический возраст образования. Безусловным лидером этой группы является недавно выявленное, и в настоящее время активно разрабатываемое медно-порфировое Ою-Толгойское месторождение с уникальными по масштабу запасами меди, золота, серебра и других элементов. Непосредственно в районах юго-западного замыкания области мезозойской ТМА — в Центральной Монголии, Алтае-Саянской области, Хакассии и Тувы, на территории которых доминируют структурно-формационные комплексы ранне-среднепалеозойского субстрата, размещаются месторождения редких,

благородных и цветных металлов, возраст которых определен как палеозойский.

Таким образом, приведенные возрастные данные по месторождениям в сопредельных районах достаточно надежно очерчивают границы проявления рудообразующих процессов мезозойской ТМА.

Заключение

Область мезозойской ТМА Восточной Сибири и Дальнего Востока охватывает три крупных таксона — Монголо-Охотский пояс, Южную окраину Сибирского кратона и Сихотэ-Алинский фрагмент Тихоокеанского пояса. Рудоносность каждого из них имеет свою специфику, связанную с масштабом и интенсивностью проявления тектонических и магматических процессов, формационного состава субстрата, геодинамического механизма формирования рудоносных структур и другие особенности.

Основное металлогеническое значение имеет *Монголо-Охотский пояс*, территория которого была полностью охвачена интенсивной тектоно-магматической активизацией в поздней юре-раннем мелу, вызывавшей плутоногенно-вулканогенную переработку домезозойского основания и масштабное рудообразование с формированием крупных месторождений цветных, редких, радиоактивных и благородных металлов. Примечательно, что перечень ТПИ исключительно литофильный при полном отсутствии черных металлов, что вероятно связано с преимущественно «гранитным» составом домезозойского основания, определявшим при активизации соответствующий геохимический профиль рудообразующих процессов.

Образование месторождений, названных ТПИ, связано с мезозойскими плутоногенными и вулканогенными структурами: с первыми — объекты молибдена, вольфрама, меди, золота, со вторыми — полиметаллические и эндогенные урановые.

Месторождения первой группы имеют сравнительно сходные условия образования. Источником гидротермальных рудообразующих растворов являются мезозойские крупные магматические очаги — исходные для будущего формирования плутонов гранит-диоритового ряда. Состав магматического очага, а значит и плутонов во многом зависит от формационного состава пород домезозойского основания, перерабатываемых в процессе ТМА. В ходе остывания магматического очага, образования внешней граничной корки, постепенной кристаллизации расплава в верхней его части формируется камера с отделившимися остаточными водосодержащими флюидами, которые и являются рудоносными гидротермальными растворами. В завершающей стадии процесса в условиях локального тектонического растяжения в надкупольной части возникали открытые трещины, с которыми было связано образование даек, штоков и, главное, проявление гидротермально-метасоматического изменения пород и собственно рудообразование. Молибденовые месторождения, как правило, связаны с гранитными плутонами, остальные — с гранит-диоритовыми и диоритовыми.

Принципиально иная геолого-генетическая модель свойственна месторождениям полиметаллов и урана. Их образование связано с локальными рифтогенными локальными вулкано-тектоническими структурами и крупными узлами глубинных тектонических нарушений, обеспечивающих зарождение и деятельность рудообразующих систем. Системы включают три важнейших основных элемента: нижнекоровые области стягивания высоконапорных флюидов и растворов; их восходящие колонны, приуроченные к открытым трещинным узлам, зонам обрушения и брекчирования; приповерхностные низконапорные области разгрузки восходящих растворопотоков, где резко снижается их температура, давление и скорость движения, что предопределяет контрастное рудоотложение. Источником свинца, цинка и сопутствующих компонентов служили специализированные на металлы очаги нижнекорового и возможно мантийного уровней, а также вмещающий комплекс, из которого они извлекались восходящими агрессивными гидротермальными растворами. Для формирования гидротермальных месторождений урана в качестве породных источников металла служили массивы гранитов или крупных гранитизированных структур преимущественно специализированного лейкократового формационного профиля, в которых радиоактивные элементы (уран и торий) находятся в повышенных концентрациях и в свободных минеральных формах, благоприятных для их мобилизации растворами.

Особую категорию представляют гидрогенные урановые месторождения, образованные в неоген-четвертичный период в терригенных мезозойских впадинах и молодых русловых структурах Забайкалья и Монголии, представляющие значительный практический интерес в связи с высокой геотехнологической (подземное выщелачивание) и экономической эффективностью их освоения.

Приведенные обобщенные сведения об особенностях размещения и образования рудных объектов области активизации МОП не претендуют на исчерпывающие геолого-генетические построения, в то же время они могут учитываться при региональном прогнозе новых месторождений, особенно скрытого типа, перспективы выявления которых в регионе достаточно велики.

Рудоносность *южной окраины Сибирской платформы*, где проявление мезозойской ТМА имело очаговый характер, связана главным образом с крупными протерозойскими месторождениями железа (Таежное, Тарынахское и др.), меди (Удоканское, Чинейское), редких металлов (Катугинское) и др. В мезозойскую эпоху в пределах Патомского плато активно проявился дайковый магматизм основного состава, а на северном склоне Алданского щита — интенсивная активизация древних глубинных разломов и образование малых интрузий щелочных гранитов, в связи с которыми сформировался крупный Эльконский рудный район с Куранахским золоторудным месторождением и гигантская урановая Зона Южная с сопредельными рудными сателлитами.

По мнению авторов Куранахское месторождение имеет полигенное происхождение: первоначально по мезозойским зонам тектонических нарушений в связи с проявлением металлоносных гидротермальных растворов в пермских карбонатных породах сформировалась золоторудная жильно-гнездовая минерализация. Впоследствии в поздней юре в условиях активной эрозионно-аккумулятивной деятельности, сопровождавшей малоамплитудное воздымание района, первичное оруденение было преобразовано в пластовые залежи сложной морфологии в разнообломочных отложениях и в нижних частях карстовых образований. Территория района достаточно хорошо изучена на золото, поэтому перспективы обнаружения новых объектов невелики.

Урановые месторождения Зоны Южная представляют собой протяженную (до 25 км) систему пластообразных субвертикальных залежей, локализованных в милонитизированных древних глубинных разломах мощностью в первые десятки метров среди архей-протерозойских гранитогнейсов. Объекты Зоны временно законсервированы в связи с низкими содержаниями металла, сложными горнотехническими условиями, а, главное, с невысокой востребованностью атомного сырья отечественным и мировым рынками. Поэтому проведение прогнозных и поисковых работ на подобные типы объектов в настоящее время нецелесообразно.

Сихотэ-Алинский фрагмент Западно-Тихоокеанского пояса включает значительную группу месторождений вольфрама, олова, медно-порфириновых и других объектов. Практически все они связаны с плутоническими структурами гранитоидного формационного комплекса, сформированных в позднем мелу, т.е. позднее подобных рудоносных образований МОП в связи с глубинными процессами зоны Беньюфа. Условия формирования месторождений вольфрама и олова принципиально близки таким же объектам Монголо-Охотского пояса, а уникального медно-порфирикового месторождения Малмыжское — Быстринскому. Это обстоятельство позволяет еще раз сделать очевидный вывод, что прогноз и поиски месторождений одного геолого-промышленного типа, обладающих близкими геолого-генетическими свойствами, вне зависимости от возраста, районов размещения и геолого-структурных условий образования, должны базироваться на единой технологии выявления, учитывающей лишь конкретные ландшафтно-геоморфологические и другие региональные обстановки. Подобный прогнозно-поисковый комплекс хорошо отработан в Сихотэ-Алинской металлогенической зоне на вольфрам, олово, а теперь и на медно-порфириновые объекты, который без промедления следует использовать для оперативного развития геологоразведочных работ.

Подводя итог рассмотрению рудоносности области мезозойской тектоно-магматической активизации юга Сибири и Дальнего Востока следует отметить, что, несмотря на огромный потенциал выявленных и осваиваемых объектов, ее минерально-сырьевой потенциал далеко не исчерпан и перспективы его расширения

связаны с реальной возможностью выявления скрытых объектов, подтвержденных обнаружением крупных слепых месторождений — медно-порфировых Малмыжского и Ою-Толгойского, уранового Стрельцовского и многих других. Для обеспечения результативности прогнозных и поисковых работ необходимо создание и использование современных технологий, специально нацеленных на их выявление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, Г.В. Урановые провинции мира / Г.В. Афанасьев, Ю.Б. Миронов, Э.М. Пинский // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 58. — С. 91–99.
2. Батулзий, Д. Геохимия и рудоносность шошонит-латитовой серии районов Цагандэлгэр и Чойр позднемезозойского вулканического пояса Монголии / Д. Батулзий, В.С. Антипин // Изв. Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. — 2009. — № 2 (35). — С. 50–61.
3. Батулзий, Д. Восточно-Монгольский вулканический пояс: геодинамические условия формирования ассоциирующего оруденения / Д. Батулзий, В.С. Антипин, А.Б. Перепелов // Изв. Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. — 2011. — № 2 (39). — С. 61–70.
4. Бессонов, Н.Н. Выделение молибден-медно-порфирового типа оруденения на территории юго-восточного Забайкалья / Н.Н. Бессонов // Вестник Читинского государственного университета. — 2009. — № 1 (52). — С. 12–19.
5. Гантумур, Х. Геологическая характеристика и рудоформирующие растворы серебро-свинцово-цинкового месторождения Цав в северо-восточной Монголии / Х. Гантумур, Д. Батулзий, Ж. Лхамсурэн // Изв. Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. — 2010. — № 1 (36). — С. 12–22.
6. Гордиенко, И.В. Хантей-Даурская складчатая система Монголо-Охотского пояса (магматизм, седиментогенез, геодинамика) / И.В. Гордиенко, О.Р. Минина, Л.И. Ветлужских, А.Я. Медведев, Д. Одгэрэл // Геодинамика и тектонофизика. — 2018. — Т. 9. — № 3. — С. 1063–1097.
7. Гордиенко, И.В. Некоторые фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики Центрально-Азиатского складчатого пояса / И.В. Гордиенко // Геодинамика и тектонофизика. — 2014. — Т. 5. — № 3. — С. 585–593.
8. Кириллова, Г.Л. Позднемезозойский рифтогенез на флангах Джагдинского звена Монголо Охотского коллизионного орогена: глобальные и региональные аспекты / Г.Л. Кириллова // Геодинамика и тектонофизика. — 2017. — Т. 8. — № 1. — С. 171–180.
9. Лугов, С.Ф. Генетическая и промышленная классификация оловорудных месторождений / С.Ф. Лугов, Б.В. Макеев // Советская геология. — 1972. — № 5. — С. 49–60.
10. Месторождения Забайкалья. — М.: Геоинформарк, 1995.
11. Митрофанов, Н.П. Геодинамические проблемы металлогении олова, вольфрама, молибдена / Н.П. Митрофанов // Отечественная геология. — 2018. — № 6. — С. 3–13.
12. Пересторонин, А.Е. Месторождения золото-медно-молибден-порфировой формации Приамурской золотоносной провинции / А.Е. Пересторонин, Д.Л. Вьюнов, В.А. Степанов // Региональная геология и металлогения. — 2017. — № 70. — С. 78–85.
13. Покалов, В.Т. Рудномагматические системы гидротермальных месторождений / В.Т. Покалов. — М.: Недра, 1992.
14. Семинский, Ж.В. Рудные пояса Байкало-Забайкальского региона / Ж.В. Семинский // Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. — 2017. — Т. 40. — № 3 (60). — С. 20–34.
15. Шарпенко, Л.Н. Магмато-генно-рудные системы континентальных вулканно-плутонических поясов подвижных областей / Л.Н. Шарпенко // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 58. — С. 84–90.
16. Шатов, Г.А. Актуальность концепции автономной активизации на современном этапе металлогенических исследований / Г.А. Шатов // Региональная геология и металлогения. — 2013. — № 55. — С. 77–86.
17. Шатов, Г.А. Стрельцовский тип урановых месторождений / Г.А. Шатов // Региональная геология и металлогения. — 2015. — № 63. — С. 85–96.

18. Шевченко, Б.Ф. Тектоника и эволюция литосферы восточной части Монголо-Охотского орогенного пояса / Б.Ф. Шевченко, Л.И. Попеко, А.Н. Диденко // Геодинамика и тектонофизика. — 2014. — Т. 5. — № 3. — С. 667–682.
19. Щеглов, А.Д. Металлогения областей автономной активизации / А.Д. Щеглов. — М.: Недра, 1968.
20. Щеглов, А.Д. Основные проблемы металлогении / А.Д. Щеглов. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007.
21. Ярмолюк, В.В. Позднемезозойская магматическая провинция Востока Азии: строение, магматизм и условия формирования / В.В. Ярмолюк, А.В. Никифоров, А.М. Козловский, Е.А. Кудряшова // Геотектоника. — 2019. — № 4.
22. Porter, T.M. The geology, structure and mineralisation of the Oyu Tolgoi porphyry copper-gold-molybdenum deposits, Mongolia: a review / T.M. Porter // Geoscience Frontiers. — 2016. — Т. 7. — № 3. — С. 375–407.
23. Sillitoe, R.H. Porphyry copper systems / R.H. Sillitoe // Economic Geologists. — 2010. — Vol. 105. — P. 3–41.

© Машковцев Г.А., Коротков В.В., Руднев В.В., 2020

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@vims-geo.ru
Коротков Владимир Викторович // vvk46@list.ru
Руднев Владимир Васильевич // vims-rudnev@mail.ru

УДК 553.22, 550.812.1, 549.08:535.34

**Жунёв Н.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова, ФГБУ «ВИМС»),
Березнев М.В., Рассулов В.А. (ФГБУ «ВИМС»)**

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ КУПОЛЬСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)

*Исследования, проведенные методом гиперспектральной ИК-спектроскопии по образцам из керна эпитермально-го золотосеребряного месторождения Купол (Чукотский автономный округ), позволили выявить состав слюди-сто-гидрослюдистых метасоматических изменений. По результатам анализа полученных данных были выделены отдельные минералы и группы минералов, которые маркируют интервалы повышенных содержаний золота на месторождении. **Ключевые слова:** гиперспектральная ИК-спектроскопия, Vis-NIR-SWIR- спектроскопия, гидротермально-метасоматические изменения, диагностика глинистых минералов, современные методы картирования метасоматических изменений, метасоматическая зональность, эпитермальные месторождения золота.*

Zhunyov N.V. (Lomonosov Moscow state University, VIMS),
Bereznev M.V., Rassulov V.A. (VIMS)

DISTRIBUTION FEATURES AND DIAGNOSTICS HYDROTHERMAL METASOMATIC FORMATIONS WITHIN KUPOL ORE UNIT (CHUKOTKA AUTONOMOUS DISTRICT)

Studies performed by hyperspectral IR spectroscopy on core samples from the Kupol gold-silver epithermal deposit (ChAO) revealed the composition of mica-hydromica metasomatic alterations. Based on the results of the analysis of the obtained