

**ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТКОЛЛИЗИОННОГО
МАГМАТИЗМА И МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА МОНГОЛО-ОХОТСКОГО
ОРОГЕННОГО ПОЯСА**

Л.Ф. Мишин, Г.Л. Кириллова, Т.В. Меркулова, Е.А. Коновалова

ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск,
680000; e-mail: lfmishin@mail.ru

Поступила в редакцию 29 марта 2018 г.

Забайкальский сектор Монголо-Охотского орогенного пояса имеет выдержанную геохимическую и металлогеническую зональности. Осевая зона пояса, контролируемая с севера Монголо-Охотской структурной зоной, сложена восстановленными породами ильменитовой серии. К породам ильменитовой серии приурочены месторождения и проявления олова, вольфрама и редких металлов, выделенных ранее С.С. Смирновым как редкометалльный пояс. Восстановленные породы с севера и юга обрамляются окисленными породами магнетитовой серии с халькофильной минерализацией. Породам ильменитовой серии соответствуют аномалии с низкими значениями гравитационного и магнитного полей, а окисленным породам магнетитовой серии – аномалии с повышенными значениями.

Ключевые слова: ильменитовая серия, магнетитовая серия, мезозой, Монголо-Охотский орогенный пояс, Забайкалье.

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы появились новые методы и подходы к изучению геологии и металлогении территорий. Одним из таких подходов является изучение влияния окислительных условий на геохимическую зональность и металлогеническую специализацию магматических пород. Нами данная проблема изучена в пределах западного сектора Монголо-Охотской структурной зоны (рис. 1).

При изменении окислительных условий большинство элементов, в особенности рудных, меняют свою валентность, а разновалентные формы по-разному участвуют в геохимических процессах [3]. Например, растворимость в силикатных расплавах двухвалентного олова на порядок выше растворимости четырехвалентной формы [30], поэтому на геохимической диаграмме валентные формы элементов занимают поля, как правило, резко различающиеся по геохимическим характеристикам [54].

Переход из одного валентного состояния в другое (redox реакция) при фиксированной температуре и давлении зависит от редокс пары, состава расплава и, главным образом, от летучести кислорода. При региональных исследованиях наиболее доступным показателем летучести кислорода является соотношение

в магматических породах окисной и закисной валентных форм железа.

Редокс реакция трехвалентного и двухвалентного железа определяется следующей формулой [3]:

$$\log (\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}) = h/T + k \log f\text{O}_2 + S,$$

где h , k и S – константы, зависящие от состава расплава, T – температура расплава (К).

Применительно к известково-щелочным магматическим породам, соотношение $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ практически не зависит от глубины кристаллизации магмы [24–26], почти не зависит от ее щелочности [47]. Отмечается лишь определенный тренд возрастания окисленности пород от базальтов к риолитам и от габбро к гранитам, поэтому при использовании всего спектра пород для определения окислительных условий было рассчитано эмпирическое уравнение окисленности железа, учитывающее содержание в магматических породах кремнезема [26]:

$$f' = (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) + 0.38 - \text{SiO}_2/200.$$

Коэффициент f' позволяет сравнивать в безразмерных единицах окислительные условия кристаллизации магматических пород независимо от их кремнекислотности (базальт–риолит, габбро–гранит) и глубины кристаллизации. На практике при ограниченном количестве в выборках пород основного со-

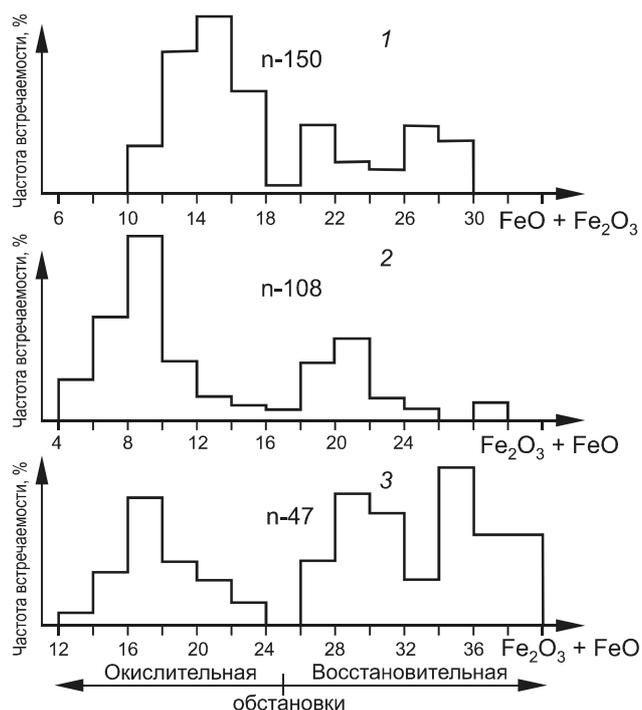


Рис. 2. Гистограмма распределения $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ во вкрапленниках темноцветных минералов в вулканических породах кислого и среднего составов в зависимости от окислительных условий их кристаллизации.

Биотит (1), клинопироксен (2) и ортопироксен (3). Используются авторские анализы, неопубликованные данные Б.Р. Григоряна, С.О. Максимова и литературные данные [8, 21, 22, 26, 35, 38, 40].

северо-востоку от поселка Нерчинский Завод, в Газимурском и Пришилкинском районах. По составу среди них преобладают гнейсограниты.

В средне-позднепалеозойское время выделяется несколько этапов интрузивного магматизма [4]. В первый этап происходит внедрение мелких интрузивных тел основного состава. Во второй этап формируются крупные плутоны гранодиоритового и плагиигранитного состава. К ним относятся интрузии газимурского комплекса. В третий этап формировалась большая часть крупных гранитоидных плутонов, таких как Кутомарский, Кадаинский, Верхнеундинский и ряд других.

Раннемезозойские гранитоиды в Восточном Забайкалье пользуются ограниченным распространением.

Наиболее интенсивный магматизм проявился в поздней и, возможно, средней юре. Для этого этапа характерны гипабиссальные многофазные массивы, нередко тесно связанные с вулканическими породами.

В отличие от вулканических пород, представленных главным образом базальтоидами, слабо охарак-

теризованными силикатными анализами, химический состав гранитов достаточно хорошо проиллюстрирован петрохимическими данными.

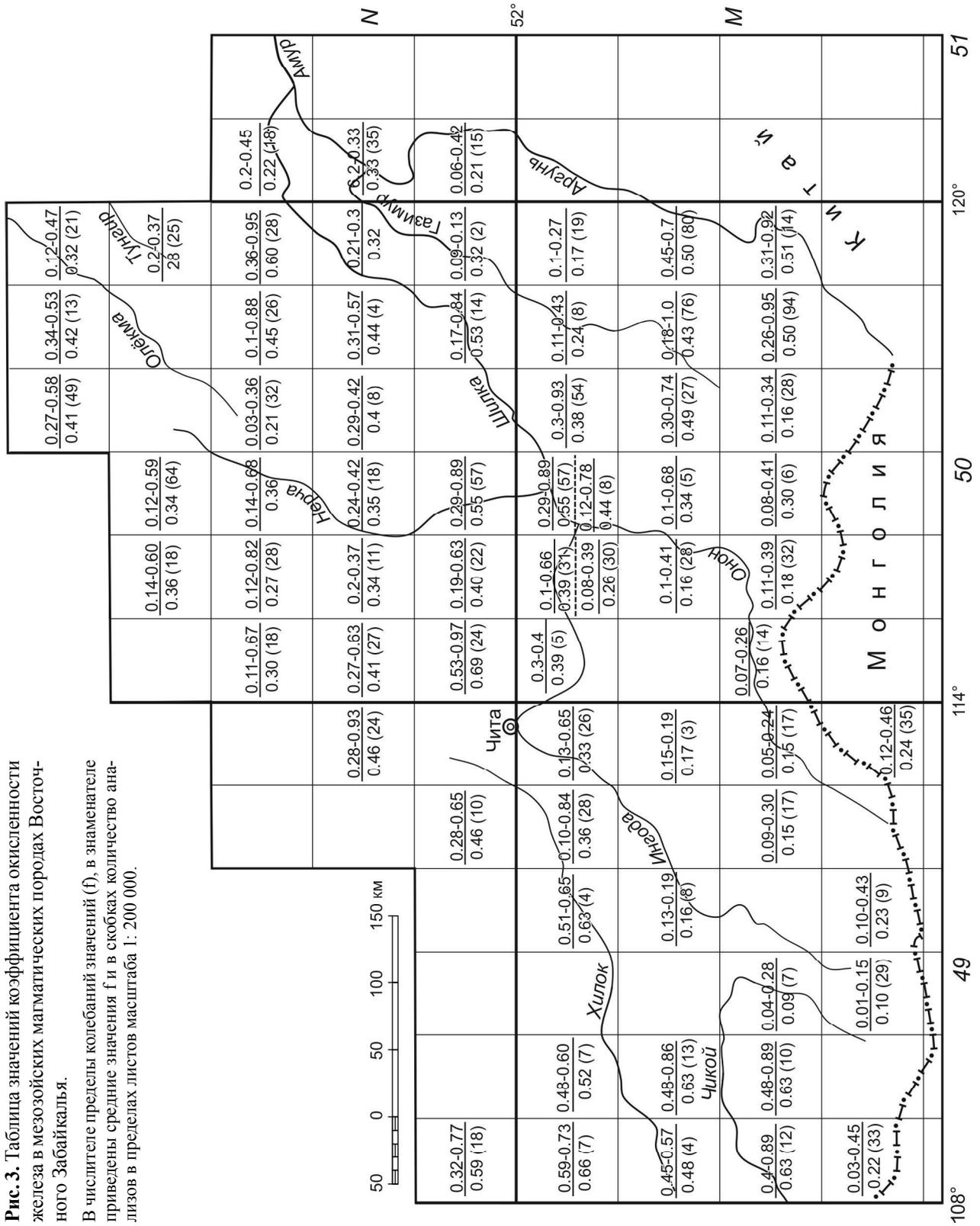
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Для оценки корреляции между содержаниями окисного и закисного железа в выборки включались анализы из объяснительных записок к планшетам 1:200 000 масштаба, в которых достаточно полно представлен петрохимический состав как палеозойских, так и мезозойских магматических пород. Из выборок были исключены гранитогнейсы и породы основного и ультраосновного составов. Использовались материалы из записок, в которых были одновременно представлен весь возрастной диапазон магматических образований от позднего палеозоя по мезозой включительно.

В таблице (рис. 3), представляющей схему листов 1:200 000 масштаба, приведены средние значения и пределы колебаний коэффициента окисленности железа для отдельно взятых листов. Оказалось, что между позднепалеозойскими и мезозойскими магматическими породами существует устойчивая корреляционная зависимость. Коэффициент корреляции составил около 0.95 (рис. 4). Это позволило при построении региональной схемы пространственного распределения пород магнетитовой и ильменитовой серий использовать весь возрастной диапазон магматических пород, начиная с позднего палеозоя включительно.

В окраинно-континентальных вулканических поясах Дальнего Востока металлогеническая зональность и зональность окислительных условий имеют однополярную направленность. Внутренние (по отношению к океану) зоны сложены магматическими породами магнетитовой серии (МС), их кристаллизация происходила при воздействии окислительных флюидов, внешние зоны сложены восстановленными породами ильменитовой серии (ИС). С окисленными магматическими породами МС серии связаны месторождения и проявления меди, молибдена и полиметаллов, а с восстановленными – олово, вольфрам и редкие элементы [24–27, 37]. По петрофизическим данным однонаправленная (от побережья внутрь континента) зональность окислительных условий и металлогении отмечается и в других районах Тихоокеанской окраины [48–50].

Возраст магматических образований, перекрывающих территории Монголо-Охотского складчатого пояса, направленно омолаживается с запада на восток [9, 13, 28]. В верховьях р. Амур Монголо-Охот-



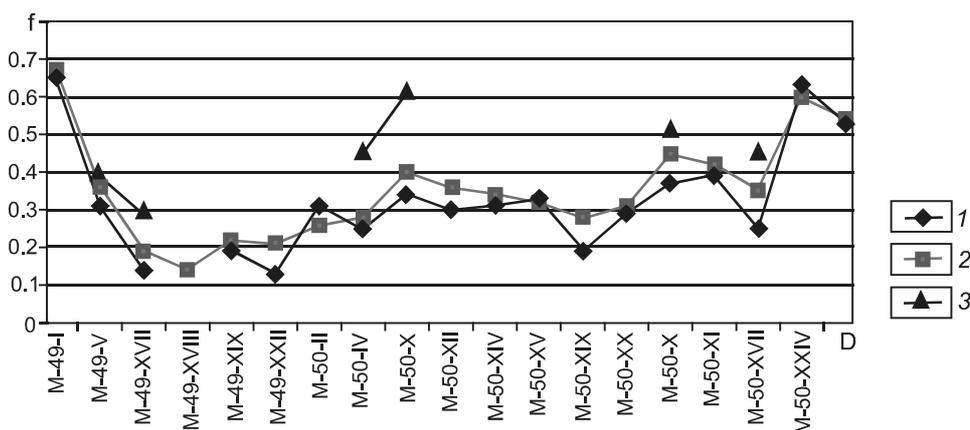


Рис. 4. Корреляция коэффициента окисленности железа в магматических породах мезозойского и палеозойского возраста: Восточное Забайкалье, в пределах листов масштаба 1:200 000.

1–2 – гранитоиды палеозойские (1) и мезозойские (2); 3 – вулканические породы позднепалеозойского и мезозойского возраста.

ский складчатый пояс разделяется на два сегмента, разделенных так называемым Аникинским порогом (рис. 1), в пределах которого древние континентальные блоки сходятся друг с другом [31].

Учитывая наметившуюся связь [25, 51] олововольфрамовой минерализации с восстановленными породами ИС серии, а медно-порфирового, молибденпорфирового и полиметаллического гидротермального оруденения с МС серией, для позднепалеозойских и мезозойских магматических образований Забайкальского сегмента Монголо-Охотского пояса изучено пространственное распределение магматических пород (МС) и (ИС) серий, отличающихся окислительно-восстановительными условиями формирования. При региональных построениях за основу было взято соотношение:

$$f = \text{Fe}_2\text{O}_3 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}).$$

Этот коэффициент достаточно эффективен, поскольку хорошо коррелируется с магнитной восприимчивостью пород, с железистостью темноцветных минералов и составом рудных акцессорных минералов (рис. 2).

Оказалось, что вулканические и плутонические породы ИС серии образуют полосу северо-восточного простирания протяженностью на территории Российской части Забайкалья 1350 км, расширяющуюся на границе с Монголией до 300 км. В восточном направлении на границе с Амурской областью, вблизи Аникинского порога, полоса восстановленных пород постепенно выклинивается (рис. 5).

Северная граница восстановленных пород контролируется Монголо-Охотской сутурной зоной и зоной рассеянного спрединга. Последняя представляет собой эшелонированную систему грабенов рифтогенного типа [10, 11, 14–16, 19, 33, 36].

Полоса восстановленных пород к югу и северу обрамляется породами МС серии с постепенным возрастанием величины коэффициента окисленности в этих направлениях.

Ранее на примере Сунгари-Селитканского, Охотско-Чукотского и Сихотэ-Алинского вулканических поясов было установлено, что границы магматических комплексов мезозойского возраста разной степени окисленности контролируются региональными аномалиями гравитационного и магнитного полей [23]. При этом региональные аномалии гравитационного и магнитного полей положительного знака коррелируются с зонами пород МС серии, и наоборот, аномалии отрицательного знака приурочены к породам ИС серии. Этот факт показывает, что становление магматических комплексов разной степени окисленности вызывает преобразование всей литосферы и находит отражение в аномалиях геофизических полей.

На рис. 6 показаны аномалии гравитационного поля по данным наземных среднемасштабных съемок для исследуемого района [7].

Наиболее контрастный юго-западный фланг зоны восстановленных пород четко выражен гравитационным минимумом, имеющим продолжение в северную Монголию. На северо-восточном фланге, по мере повышения окисленности пород, растет интенсивность гравитационного поля, принимающего знакопеременный характер.

Практически вся область основной аномалии пониженных значений f от изолинии 0.4 сопровождается аномалией магнитного поля отрицательного знака [17]. С северо-запада эта аномальная зона обрамляется знакопеременным полем с выдержанным рисунком, а с юго-востока – относительно крупными аномалиями тоже переменного знака. С гравитацион-

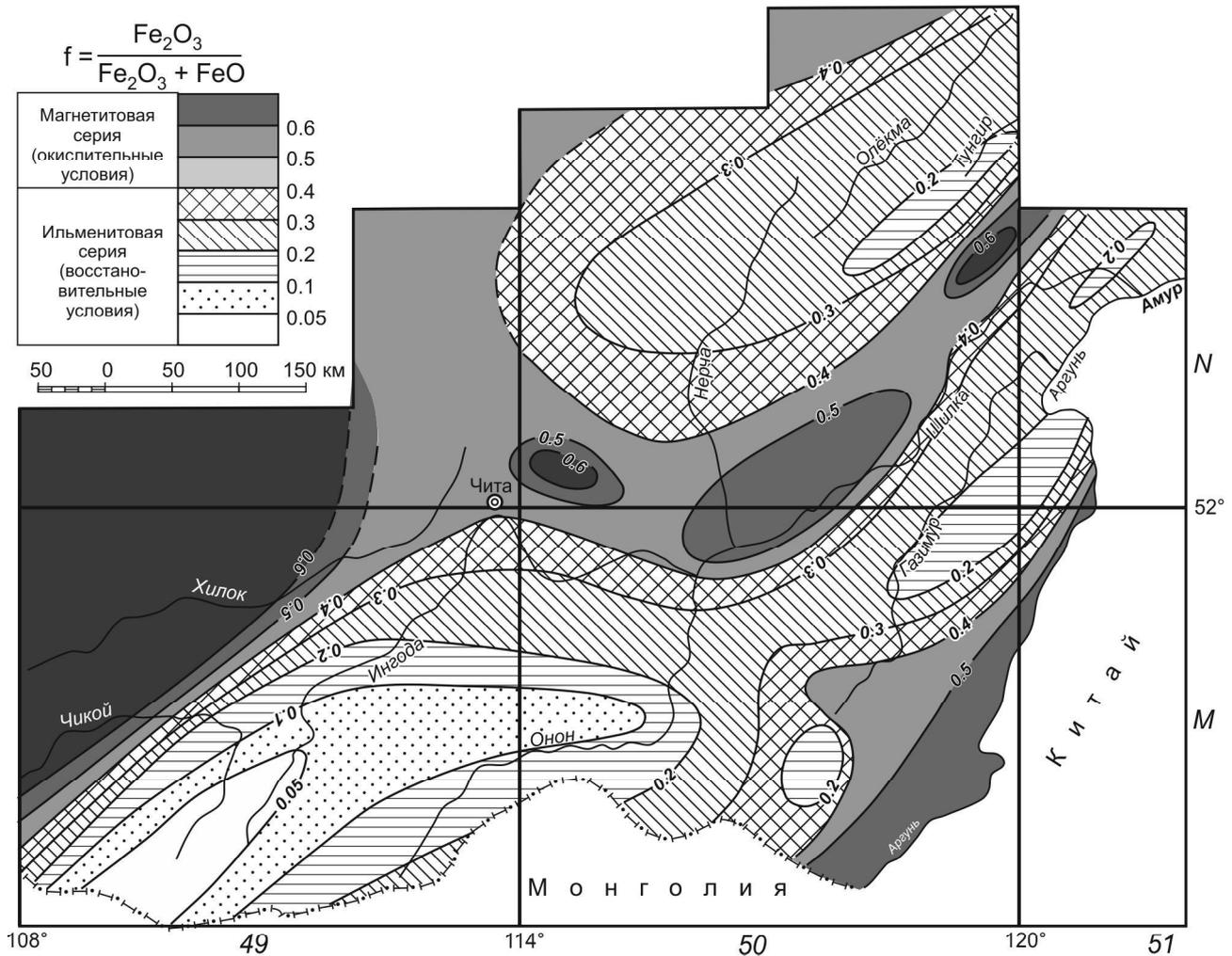


Рис. 5. Схематическая карта окисленности железа в магматических породах западного фланга Монголо-Охотского пояса.

ными аномалиями коррелируется металлогеническая нагрузка [12].

Аномалии гравитационного поля по сравнению с магнитными аномалиями в большей мере несут информацию о глубинных источниках магматических пород разной степени окисленности. Аномалии магнитного поля, вероятно, демонстрируют положение магматических пород разной степени окисленности в близповерхностном слое земной коры. Описанная закономерность указывает, что процессы становления магматических комплексов в местах соответствия их аномалиям геофизических полей оказали значительное влияние на формирование литосферы региона.

В целом заметим, что характер связи гравитационных и магнитных аномалий с окислительными условиями в окраинно-континентальных поясах и в Забайкалье, и в Монголо-Охотском поясе во многом схож [23]. Рисунок зональности окислительных ус-

ловий в юго-восточном Забайкалье во многом напоминает смену от океана к континенту пород МС восстановленными магматическими образованиями ИС.

СВЯЗЬ МЕТАЛЛОГЕНИИ С ОКИСЛИТЕЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ

На рис. 7 показана металлогеническая зональность Читинской области, основанная на результатах современных геологических и поисковых исследований [6, 44]. Осевую ее часть образует олово-вольфрамовый с редкими металлами пояс, выделенный в 1946 г. С.С. Смирновым [39]. Олово-вольфрамовый пояс обрамляется полиметаллическими, золото-молибденовыми, молибденовыми и эпитермальными флюоритовыми и золото-серебряными месторождениями. Сопоставление этой карты с картой окисленности магматических пород показывает их исключительное подобие, особенно велико сходство на участках с высокими значениями окисленности железа,

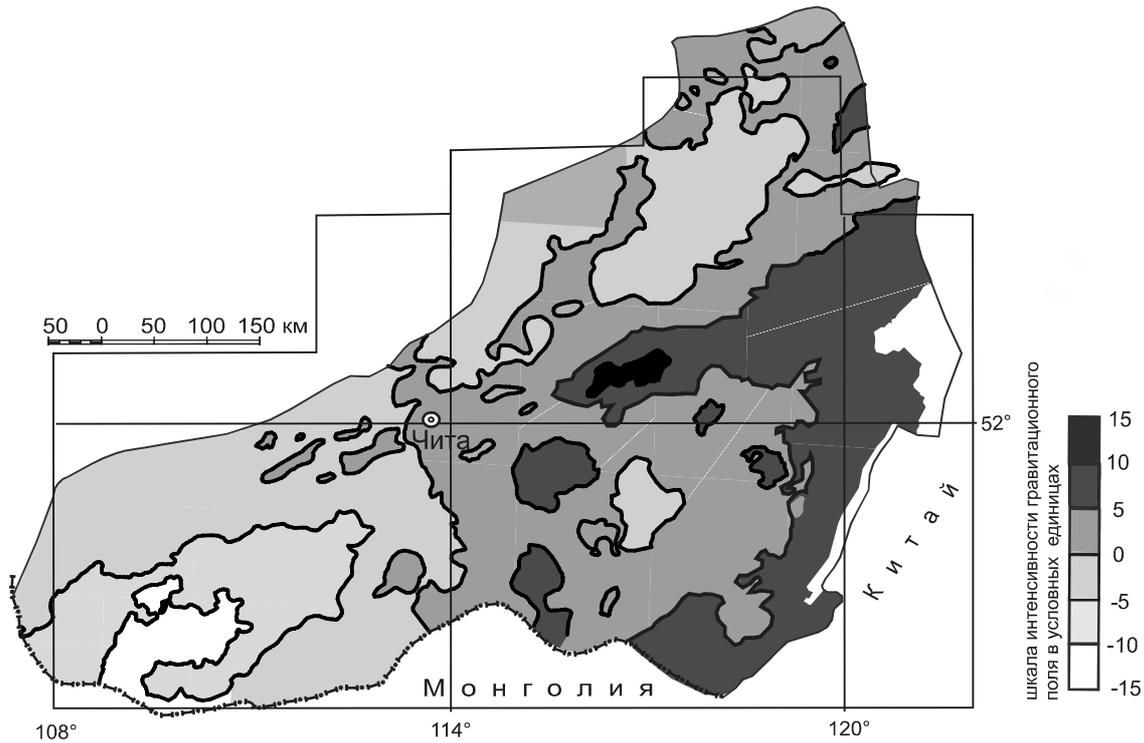


Рис. 6. Карта аномалий гравитационного поля.

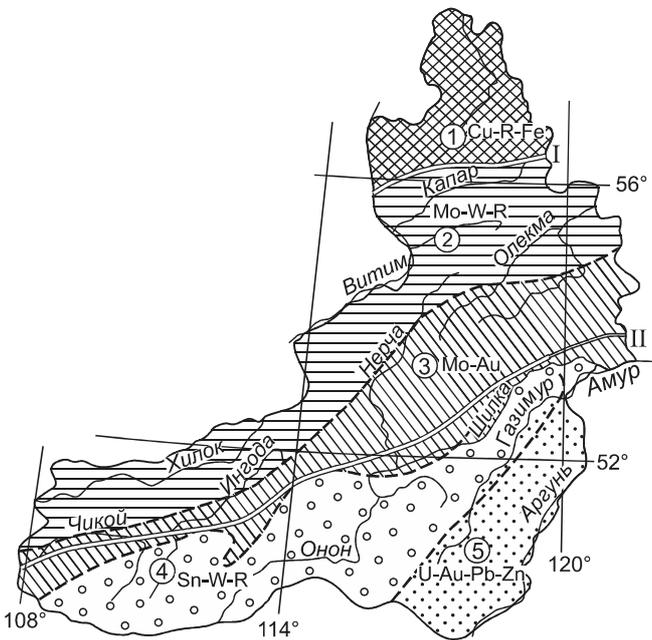


Рис.7. Металлогеническая зональность Восточного Забайкалья [44].
 Зоны разломов: I – Станового, II – Монголо-Охотского.
 1–5 – металлогенические зоны.

полно охарактеризованных аналитическими данными. Оловянно-вольфрамовому с редкими металлами поясу, постепенно выклинивающемуся на северо-восток, соответствует зона восстановленных пород ИС, которая сопровождается гравитационным минимумом и магнитным полем отрицательного знака.

Олово-вольфрамовый пояс обрамляется окисленными породами МС серии с месторождениями и рудопроявлениями меди, молибдена, полиметаллов и урана. Повторим, что на рубеже Аникинского порога происходит окончательное выклинивание пород ИС серии. В пределах восточного сектора Монголо-Охотского пояса подобные породы уже отсутствуют полностью и одновременно исчезают месторождения и проявления олово-вольфрамовой группы.

В верховьях рек Олекма и Нерча выделяется вторая, менее контрастная аномалия магматических пород с пониженными значениями коэффициента окисленности железа (рис. 5), которой соответствует гравитационный минимум (рис. 6) и молибденовая с вольфрамом и редкими элементами минерализация (рис. 7).

По сравнению с магматическими породами, образование которых происходило с палеозоя по мезозой включительно, формирование рудных месторождений тесно связано с мезозойским этапом магматизма. Так, оловянная и вольфрамовая минерализации

ИС, по результатам К-Аг датирования [20], формировалась приблизительно в три этапа: 174–164, 157–148 и 140–120 млн лет назад.

Для Джидинского вольфрам-молибденового месторождения современным Rb-Sr методом установлены близкие изотопные возрасты для вмещающих рудные тела гранитов Первомайского массива – 124.3 ± 1.6 млн лет, грейзенизированных разновидностей – 123.5 ± 0.7 млн лет, и вольфрамового рудного процесса – 123 ± 0.5 млн лет [42].

Золоторудные месторождения Дарасунского узла МС, по данным Rb-Sr датирования, формировались в интервале 150–144 млн лет назад [33]. Несколько более древние возрасты (для Дарасунского месторождения – 159.6 и вмещающих гранодиорит-порфиров – 160.5 млн лет) приведены в работе [43].

Эпитермальные золото-серебряные месторождения Балейского рудного поля, расположенные среди магматических пород магнетитовой серии, судя по геологическим данным, образовались на границе юры и раннего мела [1].

На юго-западном обрамлении пород ИС известно крупное Шахтаминское молибден-порфировое месторождение с близким возрастом вмещающих гранитоидов. Здесь выделяются граниты и монцониты шахтаминского комплекса с датировками уран-свинцовым методом по цирконам (161 ± 1.7 млн лет) и дайки монцонит- и гранит-порфиров рудоносного комплекса с возрастом, соответственно: 159.3 ± 0.9 и 155 ± 1.7 млн лет [2]. В этой же зоне распространения пород МС расположено крупнейшее Стрельцовское урановое месторождение с возрастом 133–135 млн лет. Не исключая вулканогенный источник урана, И.В.Чернышев, и В.Н. Голубев В.Н. на основании полученных изотопных данных предполагают заметную роль магматических пород фундамента Толокуевской структуры в концентрировании рудного вещества. На основе изотопных данных предполагается, что концентрация урана в них происходила в два этапа – 450–460 и 250–260 млн лет назад [41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постколлизийный магматизм Забайкалья с позднего палеозоя по ранний мезозой представлен разнообразными по составу магматическими формациями, преимущественно гранитами и гранодиоритами. В ранней юре–раннем мелу формируются многочисленными прогибы, выполненные терригенными образованиями и вулканическими породами, главным образом, базальт-трахибазальтового состава, менее – гранитоидами.

В целом для Западного фланга Монголо-Охотского орогенного пояса характерна симметричная гео-

химическая и металлогеническая зональности. Субширотная зона магматических пород ильменитовой серии с олово-вольфрамовой минерализацией с юга и севера обрамляется окисленными породами магнетитовой серии с халькофильной минерализацией. Пространственное распределение пород ильменитовой и магнетитовой серий, ответственных за металлогеническую специализацию магматических пород, практически не зависит от формационного состава и возраста магматических образований, а определяется исключительно окислительными условиями их формирования. При этом границы восстановленных и окисленных пород простираются в широтном направлении, нередко пересекая однотипные магматические комплексы и отдельные монолитные массивы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балейское рудное поле (геология, минералогия, вопросы генезиса) / Ред. Н.П. Лавров и др. М.: ЦНИГРИ, 1984. 271 с.
2. 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.
3. Борисов А.А., Кадик А.А., Луканин О.А. Флюиды и окислительно-восстановительные равновесия в магматических системах. М.: Наука, 1991. 256 с.
4. Варганова Н.С., Завьялова И.В., Щербакова З.В. Гранитоиды Восточного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1972. 272 с.
5. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. 981 с.
6. Геологическое строение Читинской области: Объясн. зап. к геологической карте. 1:500 000 / К.К. Анашкина, К.С. Бутин, Ф.И. Еникеев и др. Чита, 1977. 239 с.
7. ГИС атлас «Недра России» http://www.vsegei.com/ru/info/gisatlas/sfo/zabaykalsky_kray/036_grav.jpg
8. Гребенников Г.А. Петрогенезис игнимбритов Якутинской вулканоструктуры (Приморье): Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 2003. 33 с.
9. Гордиенко И.В. Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Наука, 1987. 227 с.
10. Гордиенко И.В., Баянов В.Д., Климук В.С., Пономарчук В.А., Травин А.В. Состав и возраст ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) вулканогенных пород Чикой-Хилокской рифтогенной впадины в Забайкалье // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 4. С. 583–591.
11. Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. Геодинамика и металлогения Монголо-Забайкальского региона // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 11. С. 1545–1562.
12. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист М-49 – Петровск-Забайкальский: Объясн.

- зап. / Ред. Е.А. Зотова. СПб.: Картогр. ф. ВСЕГЕИ, 2012.
13. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Коваленко В.И., Салтыковский А.Я., Натапов Л.М., Кудрявцев Г.А., Гатинский Ю.Г., Виноградов И.В., Мишина А.В. Структурно-магматическая зональность и металлогения западной части Тихоокеанского пояса // Геотектоника. 1973. № 5. С. 3–21.
 14. 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.
 15. Иванов В.Г., Ярмолюк В.В., Смирнов В.Н. Новые данные о времени вулканизма в Западном Забайкалье в позднем мезозое и кайнозое // Докл. АН. 1996. Т. 347, № 1. С. 57–60.
 16. Казимирский М.Э., Сандиминова Г.П., Пахольченко Ю.А. Геохимия и Sr-изотопные характеристики магматических пород Западно-Усуглинской бимодальной вулcano-плутонической ассоциации (J_3 - K_1 ; Забайкалье) // Геология и геофизика. 2001. № 6. С. 951–967.
 17. Карта аномальной магнитного поля (ΔT) России, сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) и прилегающих акваторий. 5 000 000. МПР России. СПб.: СПб. картогр. ф. ВСЕГЕИ, 2000. Лист 4.
 18. Кириллова Г.Л. Этапы позднемезозойского и кайнозойского рифтогенеза на юго-востоке России и в сопредельных регионах в связи с проблемой нефтегазоносности // Докл. АН. 2008. Т. 419, № 1. С. 104–107.
 19. Комаров Ю.В. Мезозойский внегеосинклинальный магматизм Западного Забайкалья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Наука», 1972. 154 с.
 20. Константинов Р.М., Томсон И.Н., Полякова О.П. Возрастная последовательность формирования рудных формаций Восточного Забайкалья // Новые данные по магматизму и минерализации в рудных районах Востока СССР. М.: Наука, 1971. С. 36–49.
 21. Максимов С.О. Магматизм и особенности пороодообразующих пироксенов Баджала // Петрохимия магматических формаций вулканических зон Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 70–102.
 22. Мартынов Ю.А. Петрология эоцен-миоценовой контрастной формации Нижнего Приамурья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 140 с.
 23. Меркулова Т.В., Мишин Л.Ф. Окислительно-восстановительные процессы в мезозойско-кайнозойских вулcano-плутонических системах и их роль в формировании региональных гравитационных и магнитных аномалий Дальнего Востока // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 5. С. 112–124.
 24. Мишин Л.Ф., Петухова Л.Л. Окисленность железа как показатель металлогенической специализации вулcano-плутонических комплексов на примере Востока СССР // Тихоокеан. геология. 1990. № 4. С. 69–77.
 25. Мишин Л.Ф., Романовский Н.П. Окислительно-восстановительные обстановки формирования и металлогеническая специализация рудно-магматических систем юга Дальнего Востока // Тихоокеан. геология. 1992. № 6. С. 31–42.
 26. Мишин Л.Ф. Субвулканические интрузии кислого состава. М.: Наука, 1994. 207 с.
 27. Мишин Л.Ф., Чжао Ч., Солдатов А.И. Мезозойско-кайнозойские вулcano-плутонические пояса и системы в континентальной части Востока Азии и их зональность // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 3. С. 28–48.
 28. Нагибина М.С. Тектоника и магматизм Монголо-Охотского пояса. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 464 с.
 29. Натальин Б.А., Фор М. Геодинамика восточной окраины Азии в мезозое // Тихоокеан. геология. 1991. № 6. С. 3–20.
 30. Некрасов И.Я. Олово в магматическом и постмагматическом процессах. М.: Наука, 1984. 236 с.
 31. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 24–43.
 32. 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., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-восточной Азии // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 7–41.
 33. Пахольченко Ю.А., Зорина Л.Д., Плюсин Г.С. Первые Rb-Sr даты для метасоматитов Дарасунского рудного узла // Докл. АН. 1987. Т. 295, № 5. С. 1219–1223.
 34. Пономарева Г.П., Самсонов В.В. Геохимические условия образования нефти в континентальных отложениях межгорных впадин Забайкалья // Геология и геофизика. 1971. № 6. С. 39–48.
 35. Попов В.К. Петрология палеоген-неогеновых вулканических комплексов Восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 152 с.
 36. Рассказов С.В. Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Наука, 1993. 285 с.
 37. Романовский Н.П., Гурович В.Г., Сато К. Магнитная восприимчивость и металлогенические характеристики гранитоидов Циркум-Япономорского региона // Тихоокеан. геология. 1995. Т. 14, № 6. С. 24–31.
 38. Руб М.Г. Особенности вещественного состава и генезиса рудоносных вулcano-плутонических комплексов. М.: Наука, 1986. 356 с.
 39. Смирнов С.С. Некоторые общие вопросы изучения рудных месторождений // Изв. Акад. наук СССР. Серия геол. 1946. № 5.
 40. Царева Г.М. Минералы вулcanoгенных пород орогенных формаций как показатель условий их кристаллизации (Центральный Казахстан) // Особенности пороодообразующих минералов магматических пород. М.: Наука 1986. С. 201–229.
 41. Чернышев И., В., Голубев В.Н. Изотопная геохронология процессов формирования месторождения Стрельцовское, Восточное Забайкалье-крупнейшего уранового месторождения России // Геохимия. 1996. № 10. С. 924–937.
 42. Чернышев И.В., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д., Иванова Г.Ф. Rb-Sr-геохронология процессов последовательного формирования гранитов, грейзенизации и гидротермальной минерализации: Джидинское W-Mo месторождение, Западное Забайкалье // Докл. АН. 1998. Т. 360, № 4. С. 537.
 43. 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 руд. месторождений. 2014. Т. 56, № 1. С. 3–18.
 44. Четкин В.С. Харитонов Ю.Ф., Чабан Н.Н. Минеральные

- ресурсы Забайкальского края. Перспективы освоения и развития // Горн. журн. 2011. № 3. С. 3–18.
45. Ярмолюк В.В., Иванов В.Г. Позднемезозойский и кайнозойский магматизм и геодинамика Западного Забайкалья // Геотектоника. 1996. № 2. С. 65–84.
 46. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Северо-Азиатский суперплот в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3–29.
 47. Douglas R.W., Nath P., Faul A. Oxygen ion activity and its influence on the redox equilibrium in glasses // Phys. Chem. Glasses. 1965. V. 6, N 6. P. 216–223.
 48. Gastil G. The boundary between the magnetite-series granitic rocks in peninsular California // Recent advances in concepts concerning zoned plutons in Japan and Southern Baja California. Tokyo, 1990. P. 91–100.
 49. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // Mining Geol. (Japan) 1977. V. 27. P. 293–305.
 50. Ishihara S., Ulriksen C.E. The magnetite-series and Ilmenite-series granitoids in Chile // Mining Geol. 1980. P.183–190.
 51. Ishihara S., Sasaki A. Sulfur isotopic ratios of the magnetic-series and ilmenite-series granitoides of the Sierra Nevada batholith – A reconnaissance study // Geology. 1989. V. 17. P. 788–791.
 52. Khanchuk A.J., Didenko A.N., Popeko L.I., Sorokin A.A., Shevchenko B.F. Structure and evolution of the Okotsk Orogenic Belt // The Central Asian Orogenic Belt / Kröner (ed.) Stuttgart: Germany, 2015. P. 211–234.
 53. Maruyama S., Isozaki Y., Kimura G., Terabayashi M. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate synthesis from 750 Ma to the present // The Island Arc. 1997. V. 6. P. 121–142.
 54. Rollinson H.R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Essex: London Group UK Ltd., 1994. 352 p.
 55. Tectonic map of Central Asia and adjacent areas / Eds O. Petrov, Yu. Leonov (Russia), Li Tingdong (China), O. Tomurtogoo (Mongolia), Hwang Jae Ha (Republic of Korea). Lead compilers: S. Shokalsky, I. Pospelov (Russia), O. Tomurtogoo (Mongolia), Chen Bingwei (China), V. Koshkin (Kazakhstan), Hwang Jae Ha (Republic of Korea) // Atlas of geological maps of Central Asia and adjacent areas. 1:2 500 000. Tectonic map / Beijing: Geol. Publ. House. 2008.
 56. Zhang X., Zhang M., Chi X., Liu Zh. The division and evolution of Mesozoic basin groups in Northeastern China // Workshop on petroleum geology and mineral resources in Northeastern Asia // Abstr. Vol. China: Changchun, 2008. P. 38–39.

Рекомендована к печати В.Г. Сахно

после доработки 30.10.2018 г.

принята к печати 13.03.2019 г.

L.F. Mishin, G.L. Kirillova, T.V. Merkulova and E.A. Konovalova

Postcollision magmatism of western sector of the Mongol-Okhotsk orogenic belt: oxidation conditions and metallogenic zonality

The Transbaikalian sector of the Mongol-Okhotsk orogenic belt displays a well-consistent geochemical and metallogenic zonality. The axial zone of the belt which is controlled by the Mongol-Okhotsk suture zone from the north is composed of the recycled ilmenite-series rocks. Tin, tungsten, and rare metals deposits and occurrences previously distinguished by S.S. Smirnov as a rare metal belt are confined to the ilmenite-series rocks. The recovered rocks are framed from the north and south with oxidized magnetite-series rocks with chalcophile mineralization. The distribution zones of the ilmenite-series rocks correspond to anomalies with low values of gravity and magnetic fields, whereas the oxidized rocks of the magnetite-series correspond to the anomalies with increased values of gravity and magnetic fields.

Key words: ilmenite series, magnetite series, Mesozoic, Mongol-Okhotsk orogenic belt, Transbaikalia.