

## ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ПОЯС ЛИТИЙ-ФТОРИСТЫХ ГРАНИТОВ, ОНГОНИТОВ И ОЛОВОВОРУДНЫХ ЦВИТТЕРОВ

В.И.АЛЕКСЕЕВ, канд. геол.-минерал. наук, доцент, *wia59@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

С учетом опубликованных и авторских данных исследовано размещение ареалов редкотектонально-гранитового магматизма Северо-Восточной Азии. Выделен Дальневосточный пояс литий-фтористых гранитов и онгонитов. Обсуждены причины и история развития редкотектонально-гранитовых поясов Северо-Восточной Азии. Сделан вывод о том, что Дальневосточный пояс литий-фтористых гранитов контролирует крупнейшие вольфрам-оловянные месторождения Дальнего Востока.

**Ключевые слова:** литий-фтористый гранит, онгонит, цвиттер, вольфрамово-оловорудные месторождения, Дальний Восток, Чукотка, Якутия, Приамурье.

Дальний Восток России\* представляет собой крупное звено Тихоокеанского рудного пояса, которое прослеживается на расстоянии более 6000 км в виде сложнейшего ансамбля геоблоков и является источником богатейших ресурсов олова, вольфрама, редкоземельных элементов и других полезных ископаемых. В позднем мезозое и кайнозое на Дальневосточной окраине Евразии развивались грандиозные по своим масштабам и энергетике геологические события, сопровождавшие взаимодействие Тихоокеанской и Азиатской плит. В результате возникли крупнейшие вулканогенно-плутонические и плутонические пояса – Охотско-Чукотский, Восточно-Сихотэ-Алинский, Главный Колымский и другие, которые «сшивают» гетерогенные и разновозрастные геоблоки и служат свидетельством единой природы Тихоокеанского рудного пояса (ТРП) [5, 8]. В последние десятилетия обнаружено еще одно доказательство единства геологической истории ТРП: во многих оловорудных районах региона установлены массивы редкотектонических литий-фтористых гранитов (ЛФГ) и онгонитов, подобные тем, что широко известны в оловорудных провинциях Европы, Австралии, Африки, Америки и Центральной Азии. Цель статьи – на основе новых данных о магматизме региона обсудить масштабы, движущие силы и рудоносность редкотектонического гранитового магматизма ТРП.

Определяющая особенность северо-западного сектора ТРП – многократное проявление орогенного гранитоидного магматизма, в том числе наиболее масштабного юрско-мелового: мезозойские гранитоиды занимают 75 % «гранитизированной» части территории [8]. Корреляция гранитоидов Дальнего Востока, сформированных в условиях перманентного взаимодействия континентальных и океанических плит, должна осуществляться на геодинамической основе. Препятствием этому служит противоречивость существующих геодинамических схем [5]. В статье использована классическая схема тектонического районирования Северо-Восточной Азии [6, 9] и схема металлогенического районирования Н.П.Митрофанова [7], в соответствии с которыми выделены Новосибирско-Чукотская, Яно-Колымская и Сихотэ-Алинская гранитоидно-металлогенические провинции. В сеномане – кампане (97-74 млн лет) установилась единая Восточно-Азиатская окраина, вдоль которой происходило наращивание континентальной коры. Пик конструктивных процессов пришелся на коньек – сантон, когда наметился переход к трансформным перемещениям Тихоокеанской плиты, а в тылу континентальной окраины происходило растяжение и тектономагматическая активизация земной коры, развивался внутрив плитный редкотектонический магматизм [1].

\* Дальний Восток – восточная часть России, которая охватывает бассейны рек, впадающих в Тихий океан и моря Восточной Арктики, и соответствует Дальневосточному федеральному округу.

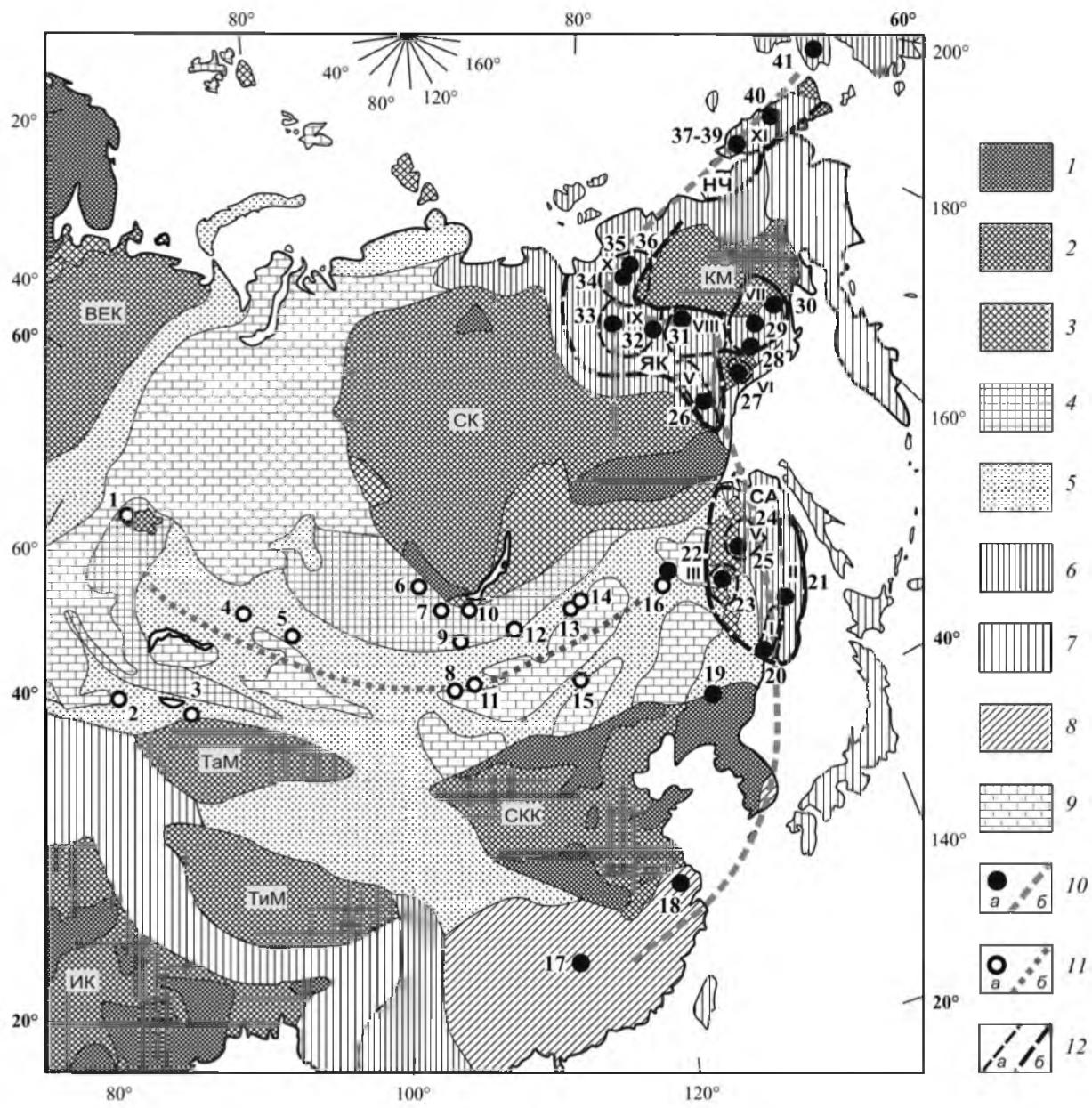


Рис.1. Геотектоническая позиция Дальневосточного и Центрально-Азиатского поясов литий-фтористых гранитов и онгонитов

1 – щиты; 2 – кратоны (ВЕК – Восточно-Европейский, СК – Сибирский, СКК – Северо-Китайский, ИК – Индостанский) и микроконтиненты с докембрийским фундаментом (ТаM – Таримский, ТиM – Тибетский, КМ – Колымский); 3 – рифейские срединные массивы; 4–7 – орогенные пояса: каледонские (4), герцинские (5), мезозойские (6), альпийские (7); 8 – Южно-Китайская платформа с юрско-меловыми (яньшаньскими) дислокациями; 9 – мезокайнозойский платформенный чехол; 10, 11 – ареалы литий-фтористых гранитов (*а*) и линии простирации редкометалльно-гранитовых поясов (*б*): Дальневосточного (10) и Центрально-Азиатского (11); 12 – границы орогенных мегасводов (*а*) (I – Ханкайский, II – Приморский, III – Бира-Хинганский, IV – Буреино-Баджальский, V – Южно-Верхоянский, VI – Охотский, VII – Верхне-Колымский, VIII – Верхне-Индигирский, IX – Верхне-Янский, X – Полоуский, XI – Чунский) и редкометалльно-гранитовых провинций (*б*) (НЧ – Новосибирско-Чукотская, ЯК – Яно-Колымская, СА – Сихотэ-Алинская).

Тектоническое и металлогеническое районирование по [6, 7, 9]

Ареалы Li-F-гранитов приурочены к складчатым верхоянидам, реже располагаются в вулканических зонах и на активизированных окраинах срединных массивов (рис.1).

Вещественное сходство близких по возрасту магматических пород, развитых на обширных территориях, отмечено в трудах А.Харкера, Г.Розенбуша, А.Н.Заварицкого, Ю.А.Кузнецова, Э.П.Изоха, В.Н.Москалевой, О.А.Богатикова и послужило основанием для

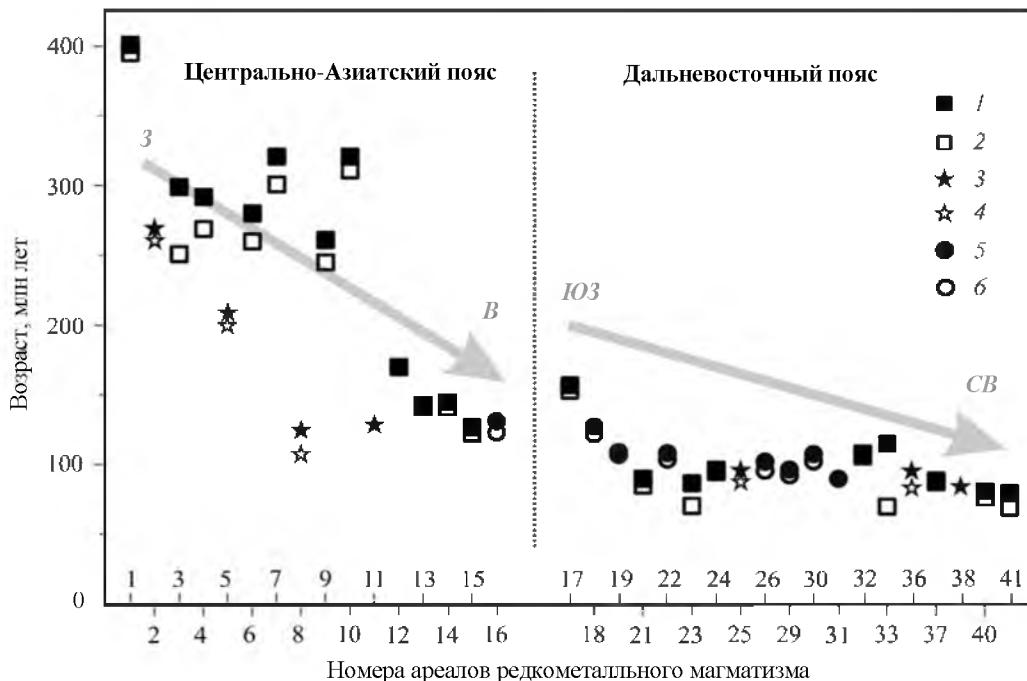


Рис.2. Латеральное скольжение возраста литий-фтористых гранитов и онгонитов

1, 2 – верхняя и нижняя границы возраста литий-фтористых гранитов; 3, 4 – верхняя и нижняя границы возраста онгонитов; 5, 6 – верхняя и нижняя границы возраста сопряженных лейкогранитов. Стрелки – тренды латерального скольжения возраста пород

выделения петрографических провинций. Современные крупные магматические провинции (КМП) объединяют разобщенные магматические ареалы, характеризующиеся сходным вещественным составом, возрастом, тектонической позицией и набором рудных формаций [13]. Редкометалльно-гранитовые КМП выделены в Центральной Азии, где образуют широтный пермско-меловой пояс, протянувшийся от Южного Урала до Большого Хингана, и контролируют многочисленные месторождения Sn, W, Ta, Nb, Li, Be [3]. В состав Центрально-Азиатского пояса входят самостоятельные в геотектоническом и минерагеническом отношении редкометалльно-гранитовые провинции (рис.1): Тянь-Шаньская, Казахстанская, Алтайская, Баргузинская, Монголо-Забайкальская [10], которые включают ареалы ЛФГ и онгонитов: 1 – Тотогуз, 2 – Чаткальский, 3 – Ташкоринский, 4 – Чечекский и Ахмировский, 5 – Калгутинский, 6 – Окинский, 7 – Биту-Джидинский, 8 – Цаганцабский, 9 – Хэнтэйский, 10 – Ургедей-Утуликский, 11 – Онгон-Хайерхан, 12 – Шумиловский, 13 – Ары-Булак, 14 – Этыка, 15 – Барун-Цогто, 16 – Водухэ и др. Устойчивая ассоциация и закономерное размещение Li-F-гранитов, их жильных и вулканических аналогов (онгонитов, эльванов, калгутитов, онгориолитов) и редкометалльных месторождений свидетельствует о явлении внутриплитного рудоносного редкометалльно-гранитового магматизма Центральной Азии, развивающегося в районах типа «горячих точек» в условиях локального растяжения континентальной коры над мантийными диапирами [3, 10, 11]. Анализ геохронологических данных показывает последовательное омоложение редкометалльно-гранитовых ареалов с запада на восток [12] (рис.2).

На Востоке Азии – от Южного Китая до Чукотки и Аляски, также выявлены многочисленные ареалы литий-фтористых гранитов, включающие крупнейшие вольфрамово-оловорудные месторождения (см.рис.1): 17 – Лэйцзылин, 18 – Сучжоу, 19 – Сюцзян, 20 – Вознесенский, 21 – Тигринский, 22 – Шанмачан, 23 – Обманийский, 24 – Дождливый, 25 – Верхнеурмийский, 26 – Кютепский, 27 – Нютский, 28 – Бутугычагский, 29 – Верхне-Оротуканский, 30 – Невский, 31 – Хаяргастахский, 32 – Джелакагский, 33 – Кестер, 34 –

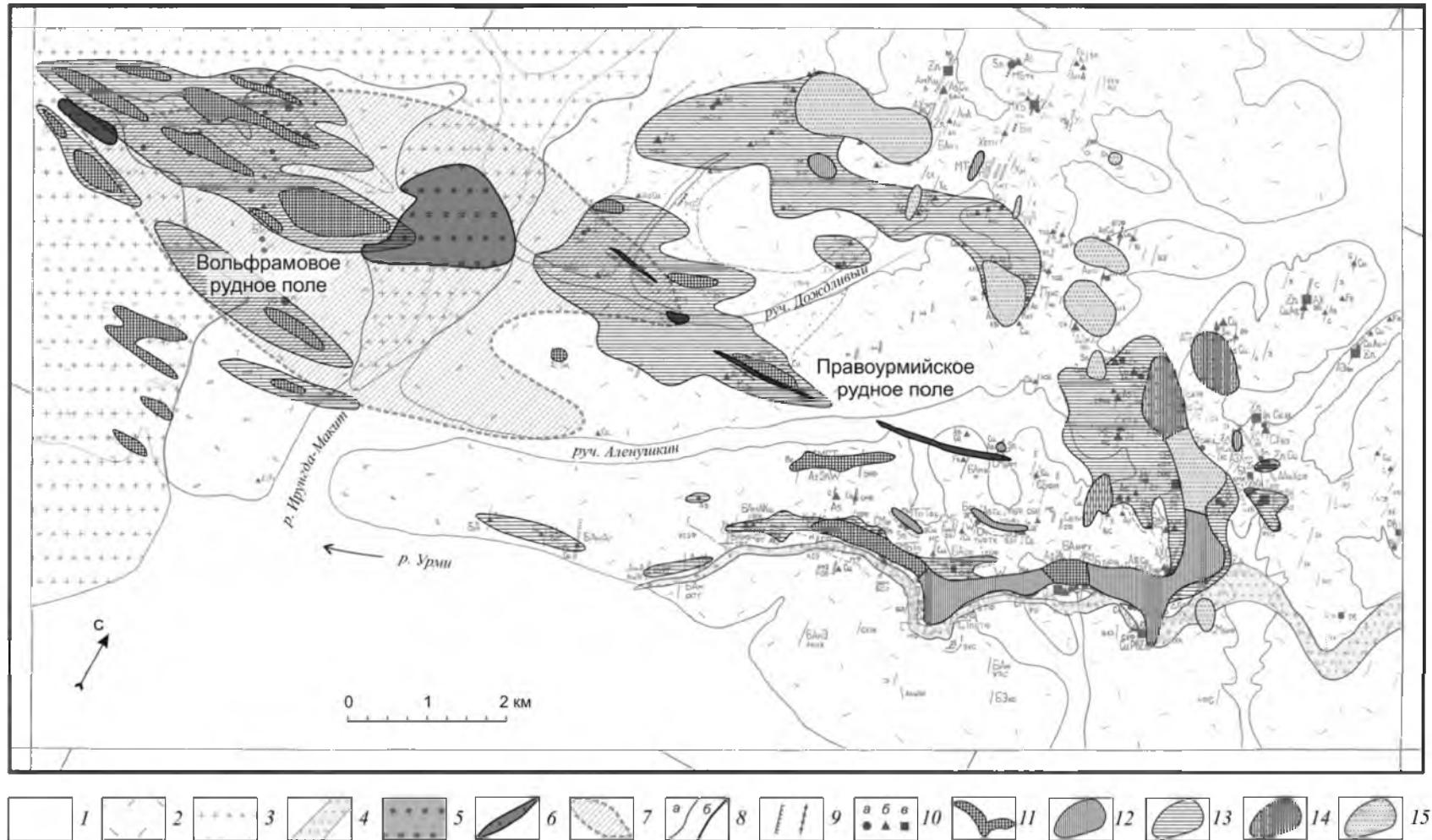


Рис.3. Фациальная зональность оловорудных цвигтеров Верхнеурмийского рудного узла, Приамурье

1 – четвертичные отложения; 2-4 – баджальский комплекс: кислые вулканиты (2), биотитовые граниты и лейкограниты (3), гранит-порфиры (4); 5-7 – правоурмийский комплекс: циннвалльдитовые (5) и сидерофиллитовые (6) Li-F-граниты, ареал онгонитов (7); 8 – границы: геологические (а), фациально-метасоматические (б); 9 – зоны минерализации; 10 – пункты минерализации: редкометалльно-оловянной (а), сульфидной (б), полиметаллической (с); 11-15 – фации цвигтеров: кварц-топазовая и сидерофиллит-топаз-кварцевая нерасчлененные (11), кварц-топаз-мусковитовая (12), мусковит-сидерофиллит-кварцевая (13), кварц-топаз-мусковитовая и слюдисто-полевошпатовая нерасчлененные (14), слюдисто-полевошпатовая и кварц-альбитовая нерасчлененные (15)

Депутатский, 35 – Полярный, 36 – Одинокий, 37 – Кулювеемский, 38 – Пыркакайский, 39 – Куйвивеемский, 40 – Иультинский, 41 – Сьюард. Вследствие незначительных размеров (первые квадратные километры) и внешнего сходства с вмещающими лейкогранитами ЛФГ большей частью не были установлены при мелко- и среднемасштабной геологической съемке и не включались в легенды Госгеолкарты. Заслуга их выделения принадлежит сотрудникам академических организаций и университетов России и Китая [1, 4, 5]. Сравнительный анализ Li-F-гранитов ареалов показал сходство их состава, возраста, рудной минерализации, общность геотектонической позиции и принадлежность к сходным интрузивным сериям региона [1, 2], что позволяет выделить единую магматическую суперпровинцию (Дальневосточный пояс) редкометалльных гранитов, простирающуюся во внешней, континентальной зоне ТРП и включающую несколько самостоятельных в геотектоническом отношении редкометально-гранитовых КМП – Новосибирско-Чукотскую, Яно-Колымскую, Сихотэ-Алинскую, Южно-Китайскую и др. (см.рис.1).

Таким образом, в Северо-Восточной Азии существуют два редкометалльно-гранитовых пояса: Центрально-Азиатский позднепалеозойско-мезозойский, протянувшийся от Казахстана до Большого Хингана, и Дальневосточный мезозойский, сочлененный с первым в районе Ям-Алиня и Шантарских островов. Ареалы редкометалльного магматизма несут признаки глубинных очаговых структур и закономерно располагаются во внутриплитных магматических областях, связанных с мантийными пломами [10]. Геофизическое моделирование строения литосферы показало наличие под ареалами ЛФГ глубинных структур разуплотнения земной коры, опирающихся на выступы астеносферы на глубинах от 20-25 до 70-100 км. Очаговые структуры выражены в виде аномалий силы тяжести (-30-160 мГал), теплового потока (55-90 мВт/м<sup>2</sup>), скорости продольных волн (8,0-8,17 км/с) и температуры на поверхности Мохо (до 600-900 °C). Движущей силой мезозойского редкометалльно-гранитового магматизма Центральной Азии и Дальнего Востока являлось взаимодействие Азиатской, Индо-Австралийской и Тихоокеанской плит, определившее трансрегиональное распространение ареалов Li-F-гранитов [1].

Крупнейшие месторождения Восточно-Азиатской олово-вольфрамовой зоны, такие как Правоурмийское, Пыркакайское, Иультинское, Одинокое, Тигриное, Сянъхуалин и другие, сосредоточены в ареалах редкометалльно-гранитового магматизма и являются вместе с интрузиями литий-фтористых гранитов закономерными элементами рудно-магматических систем. Литий-фтористые граниты Дальнего Востока – наиболее поздние из гранитоидов, предшествующих рудообразованию. Рудоносными (Sn, W, Cu, Nb, Bi, In, REE) являются генетически связанные с ними комплексы цвиттер-турмалинитовой метасоматической формации (ЦТФ), включающие последовательно образующиеся меланократовые метасоматиты: цвиттеры, турмалиниты и хлорититы, – а также сопряженные рудные жилы и прожилки. Анализ схем фациально-стадийного расчленения оловоносных метасоматитов ряда рудных районов показал единую направленность гидротермальных процессов и детальное сходство гидротермалитов конкретных фаций и стадий. Установлена связь вольфрамово-оловянного оруднения с гидротермалитами ЦТФ, чаще всего с цвиттерами [1]. Месторождения занимают закономерное положение в структуре метасоматической зональности рудных узлов и полей, а их геолого-промышленные параметры определяются размерами, морфологией и залеганием оловорудных цвиттеров (рис.3).

Таким образом, установлено геодинамическое, петрографическое, минералого-геохимическое, геохронологическое и минерагеническое единство разобщенных ареалов литий-фтористых гранитов Дальнего Востока и выделен Дальневосточный пояс ЛФГ, протянувшийся от Приморья до Чукотки и продолжающийся на смежных территориях Китая и США. Постмагматическая эволюция литий-фтористых гранитов Дальнего Востока сопровождается формированием многостадийных зональных цвиттер-турмалинитовых комплексов с лиофильно-халькофильной (Sn, W, Cu, Nb, Bi, In, REE) рудной минерализацией. Месторождения с Li-F-гранитами и вольфрамово-оловорудными цвиттерами сле-

дует выделить в самостоятельную редкометалльно-оловянную рудную формацию, имеющую признаки кассiterит-кварцевой и кассiterит-силикатной формаций и собственные структурно-вещественные особенности. Связь гидротермальных ЦТФ и W-Sn-руденения редкометалльно-оловянной формации с Li-F-гранитами имеет преимущественно генетический характер и может служить основой прогнозирования, поисков и оценки вольфрамово-оловорудных месторождений Дальнего Востока.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-05-00364) и Минобрнауки РФ (в рамках базовой и проектной части государственного задания в сфере научной деятельности № 5.2115.2014/К на 2014-2016 годы).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.И. Литий-фтористые граниты Дальнего Востока / Национальный минерально-сырьевая университет «Горный». СПб, 2014. 244 с.
2. Алексеев В.И. Состав и эволюция акцессорной минерализации литий-фтористых гранитов Дальнего Востока как индикаторы их рудоносности / В.И.Алексеев, Ю.Б.Марин // Записки РМО. 2014. № 6. С.1-16.
3. Владимиров А.Г. Онгонит-эльвановый магматизм Южной Сибири / А.Г.Владимиров, И.Ю.Анникова, В.С.Антипин // Литосфера. 2007. № 4. С.21-40.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: В 2 кн. / Под ред. А.И.Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.
5. Гоневчук В.Г. Оловоносные магматические системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток: Дальнаука, 2002. 297 с.
6. Карта структурно-формационных комплексов России. Масштаб 1:10 000 000 / К.И.Дворцова, А.А.Смыслов, В.М.Терентьев и др.; отв. ред. А.А.Смыслов. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995.
7. Митрофанов Н.П. Геодинамические условия формирования месторождений олова в Северо-Западном секторе Тихоокеанского рудного пояса / ВИМС. М., 2013. 225 с. (Минеральное сырье. № 29).
8. Романовский Н.П. Тихоокеанский сегмент Земли: глубинное строение, гранитоидные рудно-магматические системы. Хабаровск: Изд-во ДВО РАН, 1999. 166 с.
9. Тектоническая карта Евразии. Масштаб 1:5 000 000 / Гл.ред. А.Л.Яншин, Н.С. Зайцев, М.В.Муратов, и др.; ГИН АН СССР; М-во геологии СССР. М.: ГУГК, 1966.
10. Ярмолюк В.В. Позднепалеозойский и раннемезозойский редкометальный магматизм Центральной Азии: этапы, области и обстановки формирования / В.В.Ярмолюк, М.И.Кузьмин // Геология рудных месторождений. 2012. Т.54. № 5. С.375-399.
11. Эпохи формирования, геодинамическое положение и источники редкометального магматизма Центральной Азии / В.И.Коваленко, В.В.Ярмолюк, Н.В.Владыкин и др. // Петрология. 2002. Т.10 № 3. С.227-253.
12. Alekseev V.I. Age boundaries of a ongonit province of Asia // Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny. Novosibirsk: Sibprint, 2009. P.22-24.
13. Bryan S.E. Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs) / S.E.Bryan, R.E.Ernst // Earth-Science Reviews. 2008. Vol.86. P.175-202.

## REFERENCES

1. Alekseev V.I. Litij-ftoristye granity Dal'nego Vostoka (*Lithium-fluoric granites of the Far East*). Nacional'nyj mineral'no-sy'revoj universitet «Gornyy». St Petersburg, 2014, p.244.
2. Alekseev V.I., Marin Ju.B. Sostav i jevoljucija akcessornoj mineralizacii litij-ftoristih granitov Dal'nego Vostoka kak indikatory ih rудносности (*Composition and evolution of accessory mineralization in lithium-fluoric granites of the Far East as indicators of their ore content*). Zapiski RMO. 2014. N 6, p.1-16.
3. Vladimirov A.G., Annikova I.Ju., Antipin V.S. Ongonit-jel'vanovyj magmatizm Juzhnoj Sibiri (*Ongonite-elvanite magmatism of South Siberia*). Litosfera. 2007. N 4, p.21-40.
4. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii (*Geodynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East*): In 2 books. Ed. by A.I.Khanchuk. Vladivostok: Dalnauka, 2006. Book I, p.572.
5. Gonevchuk VG. Olovonosnye magmaticheskie sistemy Dal'nego Vostoka: magmatizm i rudogenet (Tin-bearing igneous systems of the Far East: magmatism and ore genesis). Vladivostok: Dal'nauka, 2002, p.297.
6. Karta strukturno-formacionnyh kompleksov Rossii. Masshtab 1:10 000 000 (*Map of structural and formational complexes of Russia. Scale 1:10 000 000*). K.I.Dvorcova, A.A.Smyslov, V.M.Terent'ev et.al. St Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 1995.
7. Mitrofanov N.P. Geodinamicheskie usloviya formirovaniya mestorozhdenij olova v Severo-Zapadnom sektore Tihookeanskogo rudnogo pojasa (*Geodynamic conditions of tin-field formation in the Northwest sector of the Pacific ore belt*). VIMS. Moscow, 2013, p.225 (Mineral'noe sy're N 29).
8. Romanovskij N.P. Tihookeanskij segment Zemli: glubinnoe stroenie, granitoidnye rудно-magmaticheskie sistemy (*The Earth's Pacific segment: deep structure, granitoid ore-magmatic systems*). Habarovsk: Izd-vo DVO RAN, 1999, p.166.

9. Tektonicheskaya karta Evrazii. Masshtab 1:5 000 000 (*Tectonic map of Eurasia. Scale 1 : 5 000 000*). Ed. A.L. Yanshin, N.S. Zaytsev, M.V. Muratov et al.; GIN AN SSSR; M-vo geologii SSSR. Moscow: GUGK, 1966.
10. Jarmoljuk V.V., Kuz'min M.I. Pozdnepaleozojskij i rannemezozojskij redkometal'nyj magmatizm Central'noj Azii: jetapy, oblasti i obstanovki formirovaniya (*Late Palaeozoic and early mesozoic rare-metal magmatism of Central Asia: stages, areas and conditions of formation*). Geologija rudnyh mestorozhdenij. 2012. Vol.54. N 5, p.375-399.
11. Kovalenko V.I., Jarmoljuk V.V., Vladyskin N.V. et.al. Jepohi formirovaniya, geodinamicheskoe polozhenie i istochniki redkometal'nogo magmatizma Central'noj Azii (*Formation periods, geodynamic situation and sources of Central Asia rare-metal magmatism*). Petrologija. 2002. Vol.10. N 3, p.227-253.
12. Alekseev V.I. Age boundaries of a ongonit province of Asia. Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny. Novosibirsk: Sibprint, 2009, p.22-24.
13. Bryan S.E., Ernst R.E. Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs). Earth-Science Reviews. 2008. Vol.86, p.175-202.

---

---

## FAR EAST BELT OF LITHIUM-FLUORIC GRANITES, ONGONITES AND TIN ORE ZWITTERS

V.I.ALEKSEEV, *PhD in Geological and Mineral Sciences, Associate Professor, via59@mail.ru*  
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

Taking into consideration published and author's data, occurrence of areas of rare-metal granitic magmatism in Central and East Asia is investigated. The Far East Belt of lithium-fluoric granites and ongonites is defined. Reasons and history of development of rare-metal granitic belts in North-east Asia are discussed. The conclusion that the Far East Belt of lithium-fluoric granites controls the largest tungsten-tin fields of the Far East is drawn.

**Key words:** lithium-fluoric granite, ongonite, zwitter, tungsten-stanniferous deposits, the Far East, Chukotka, Yakutia, the Amur region.