

ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ГАББРО-АНОРТОЗИТОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ПОЯСА И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Копылов М.И., Пустовойтова И.В.
*ФГУГП «Дальгеофизика» МПР РФ, Хабаровск, Россия
e-mail: adm@dalgeoph.ru*

PROBLEM OF THE ORIGIN GABBROIC-ANORTHOSITE FAR EASTERN BELT AND THEIR METALLOGENY

Kopylov M.I., Pustovoitova I.V.
*FSUGE «Dalgeophysika» MNR RF, Khabarovsk, Russia
e-mail: adm@dalgeoph.ru*

The called on conditions have allowed to install the most important factor of the shaping array and connected with them mineralization is gravity fractionation. The most favorable for complex apatite–titan-magnetite ore’s localization are intrusions of mixed andesin-labrodoritic of the composition with prevalence andesine forming. Ore phenocrysts, less massive are presented ilmenite, magnetite, titan-magnetite, vanadium and apatite.

ВВЕДЕНИЕ

Неясный генезис анортозитов, одних из древнейших комплексов нашей планеты давно интересовал исследователей, как одно из загадочных явлений в образовании древнейших реликтов земной коры. Многие известные петрографы высказывают чрезвычайно противоречивые взгляды на генезис габбро-анортозитов и сопутствующих им комплексов ультраосновных и метаморфических пород, выделенных за последнее время во многих регионах мира. Проведенное глубинное бурение в некоторых регионах мира, которое позволило установить, что анортозиты развиты очень широко не только в пределах щитов, но и в цоколях древних платформ. По данным космических исследований были установлены многочисленные находки анортозитовых пород на Луне, что ещё раз подтвердило о необходимости изучения этой ассоциации пород для познания эволюции Земли как планеты. Для выявления закономерностей локализации Ti, Fe, V, P, минерализации необходимо рассмотреть происхождение и последовательность образование габбро-анортозитовых ассоциаций, без чего трудно понять причины разнообразия магматических типов титановых месторождений и их приуроченность к определенным комплексам горных пород.

ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ГАББРО-АНОРТОЗИТОВЫХ МАССИВОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Особое значение для понимания роли и места автономных анортозитовых массивов в истории формирования Джугджуро-Становой области приобретают полученные в последнее время данные по их изохронным изотопным датировкам 2,7-2,9 млрд. лет [1,3,5] и отмеченные для большинства массивов признаки перекристаллизации в условиях гранулитового метаморфизма.

По проведенным комплексным геолого-геофизическим исследованиям краевых частей Куранахского, Геранского, Лантарского, Сехтахского, Чегорского и др. массивов наблюдается приуроченность наиболее высоких содержаний железа, титана, ванадия и фосфора к наиболее основным разностям габбро. Анортозитовые прослои, как правило, имеют минимальное количество железа, титана, ванадия и других элементов входящих в эту ассоциацию. К обогащенным прослоям относятся и более железистые оливиниты, магнезиальные же приурочены к прослоям лейкогаббро и анортозитам. При кристаллизации магмы базитовой серии в первую очередь происходит застывания ее силикатной части, в то время как насыщенный летучими компонентами рудоносный расплав сохраняется относительно длительное время в жидком состоянии, что позволяло ему внедряться в уже застывшие боковые породы. Ход кристаллизации «сухого» силикатного расплава довольно хорошо отражается в смене пород дифференцированных габбро, для которых характерно наличие полосчатости, такситовых, грубослоистых трахитоидных текстур

и др. особенностей. По данным О.А. Богатикова [2] детально изучившего петрографию расчлененных массивов установлена тесная пространственная связь и сопряженность оливиновых и безоливиновых габброидов, с одной стороны, с троктолитовыми разностями, а с другой стороны породами обогащенными Fe-Ti оксигорудными минералами.

Рассмотрим процесс образования и обогащение некоторых пород дифференцированных массивов Дальневосточного пояса. Обогащение основных пород – троктолитов оливином скорее всего происходит за счет гравитационной дифференциации, опускания ранних выделений оливина, а более кислых разностей как анортозитов за счет аккумуляции кристаллов плагиоклаза, т. е. всплывание их в верхней части магматической камеры. Появление в породах моноклинного пироксена происходит, при смене физико-химических условий, при которых вместо оливина, возможно и параллельно с ним начинает кристаллизоваться и пироксен. В отдельных участках магматического очага, обогащенных летучими компонентами, в место моноклинного пироксена может кристаллизоваться титанистая роговая обманка. По экспериментальным данным некоторых исследователей [4] кристаллизация роговой обманки может происходить в глубинных условиях при определенных парциальных давлениях водяного пара. Слои обогащенные бурой роговой обманкой, часто сопровождаются повышенной концентрацией рудного компонента. Приведенная характеристика, в целом согласуется с ходом магматической кристаллизационной дифференциации первичной базальтовой магмы произведенной Л. Уэджер и Г. Браун, постепенная эволюция магматического очага с образованием остаточного расплава обогащенного железом и лейкократовых пород типа анортозитов. При рассмотрении возможных причин, приводящих к возникновению неоднородностей в строении базитовых интрузий [2] приводятся две предпосылки: 1) первоначального существования гомогенного или частично закристаллизованного на глубине расплава и 2) постепенного его охлаждения и застывания либо на месте внедрения, либо в питающем очаге или подводном канале. Процессу дифференциации в этой эволюции большинство исследователей (Боуэн, Заварицкий, Кузнецов и др) отводят одну из главнейших ролей, связанную теснейшим образом с кристаллизацией основной магмы. Одним из важнейших в этом процессе считается гравитационное фракционирование, с которой связывают образования неоднородных в вертикальном разрезе интрузивных тел (с более основной нижней частью). Сущность гравитационного фракционирования как известно заключается в неравномерной скорости осаждения минералов с различным удельным весом при процессе кристаллизации магматического расплава. В первую очередь осаждаются феррические минералы оливин, за ним пироксен в различных участках расплава, в силу их более высокой плотности по сравнению с остальными минералами расплава и с плотностью одновременно кристаллизующихся плагиоклазов. Осаждение кристаллов происходит по закону Стокса, в первую очередь выпадают из расплава более крупные кристаллы с большим удельным весом, которые погружаются с большей скоростью на дно камеры или в расплав. Кристаллы с меньшим удельным весом погружаются с меньшей скоростью, в связи с этим происходит аккумуляция кристаллов с большим удельным весом на дне магматической камеры при незначительном ее вертикальном размахе или в растворе, при значительной величине последней в вертикальной плоскости. Вместе с тем, на скорость погружения кристаллов как крупных, так и мелких оказывает возрастающая вязкость раствора, в связи происходящим и возрастающим процессом кристаллизации и соответственно уменьшением объема жидкого раствора. Особую роль играет содержание воды в расплаве с повышением ее увеличивается количества пара, газов, HCl, H₂, F и других летучих, которые понижают вязкость расплава и тем самым способствуют опусканию кристаллов и их гравитационной дифференциации и увеличивают время всего процесса кристаллизации. Так как процесс кристаллизации происходит не одновременно по всей магматической камере, то здесь могут происходить различные ситуации. Чаще всего кристаллизация начинается в верхней части камеры, где температурный градиент наиболее высок, то в этом случае за счет гравитационного эффекта выкристаллизованная масса будет опускаться вниз на дно камеры или раствора. В последнем случае, попадая в более горячие слои раствора, они будут подвергаться частичному расплаву, и процесс гравитационного опускания будет затухать, но не приостанавливаться. Характеризуемый процесс гравитации будет осложняться, если в магматическую камеру поступает магма неоднородного состава и частично раскристаллизованная на глубине.

РУДОНОСНОСТЬ ГАББРО-АНОРТОЗИТОВЫХ МАССИВОВ

В пределах массивов комплексными геолого-геофизическими исследованиями выявлено более 50 рудопроявлений и четыре крупных месторождения апатито-титановых руд. Среди них выделено четыре генетических типа: раннемагматический, позднемагматический, метаморфический и метасоматический [5]. К раннемагматическому типу относится крупное месторождения Богидэ и ряд проявлений локализованных в краевой фации Геранского массива, в основании и верхней части расслоенной серии [1,5]. Рудные тела имеют пластообразную, реже линзовидную форму и залегают согласно с вмещающими габброидами, имея с ними постепенные переходы. Рудная зона, вмещающая месторождение Богидэ, прослежена по данным магниторазведки и горными выработками на протяжении более 10 км. Строение зоны неоднородное, на северо-западном фланге и в ее центральной части руды представлены вкрапленным типом апатит-титановых руд со средними содержаниями P_2O_5 3,4-4,5% и TiO_2 3,5-5,5%, которые чередуются с рядовыми рудами P_2O_5 5,3-6,4%; TiO_2 6,5-8,5%. Мощности тел, слагающих зону, изменяются от 10 до 80м при протяженности от 400 до 3000 м. Среди богатовкрапленных руд встречаются линзообразные тела массивных ильменит-титаномагнетит-apatитовых руд с высокими содержаниями P_2O_5 8-10% и TiO_2 10,8-17,1%.

Позднемагматический тип представлен крупным Гаюмским месторождением, расположенным в центральной части массива на расстоянии 2-4 км от границы краевой фации. Рудные тела имеют крутопадающие, жилое и штокообразные формы. Руды представлены массивной, гнездовой, пятнистой и вкрапленной типами. По данным магниторазведки они фиксируются интенсивными, резко дифференцированными положительными аномалиями от 2000 до 20000 нТл. По результатам бороздowego опробования отмечается некоторая зональность в распределении рудной минерализации, как по вертикали, так и по латерали. Горизонтальная зональность устанавливается нахождением в краевых частях рудных тел преимущественно ильменит-титаномагнетитовых руд, а в центральной – ильменит-титаномагнетит-apatитовых руд. Вертикальная зональность проявлена в смене вниз по падению бедных прожилковых и вкрапленных руд богатыми, с массивным и гнездовым характером руд. Содержание в таких рудах P_2O_5 5,3-6,5%, при TiO_2 – 17-19%.

Каларский анортозитовый массив относится к типу андезиновых [1,4,5]. В структурном отношении он представлен выходами пород анортозитовой ассоциации в междуречье р. Олекмы и Калара. По данным гравитационного и магнитного полей он является фрагментом одного крупного плутона, разделенного зонами гранитизации и блоковой тектоники. Сохранилась центральная часть этого плутона в виде Куранахского массива площадью более 1500 кв.км. Реликты краевой фации закартированы отдельными фрагментами вдоль северной, южной и восточной границ выхода габбро-анортозитового массива. По данным детальных геолого-геофизических исследований отмечаются постепенные переходы между фациями, в анортозитах в сторону краевой фации увеличивается количество шлировых обособлений габбро, габбро-норитов и они приобретают линейные формы и в краевой фации следует ритмичное чередование слоев анортозитов, габбро, габбро-анортозитов, габбро-норитов [4]. Породы рамы представлены ортосланцами и ортогнейсами, среди которых сохранились реликты анортозитов и габбро.

В пределах Куранахского массива по аэромагнитной и наземной магнитометрической съемках выявлено более 25 титано-железистых рудопроявлений, два мелких месторождения Куранахское, Саиктинское и уникальное месторождение Большой Сэйим [4]. В геологическом строении этого уникального месторождения принимают участие образования позднеархейского габбро-анортозитового комплекса, формирование которого происходило в три последовательные фазы. Магнетит-ильменитовое оруденение пространственно и генетически связано с формированием второй фазы, представленной роговообманковыми оливин-гранатсодержащими метагабброидами и ультрамафитами. Магнетит-ильменитовая минерализация наблюдается в виде вкрапленности, гнезд, а также массивных скоплений линзо- и жилообразной формы. В распределении оруденения по данным штупного опробования с поверхности отчетливо проявлены элементы концентрической зональности от центральной части к периферии. Непосредственно в эндоконтактной части локализуются жилообразные тела густо вкрапленных и массивных руд, при подчиненном значении вкрапленного оруденения.

По минеральному составу все месторождения, в том числе и зарубежные, в основном однотипные и в большинстве представлены апатит-ильменит-титано-магнетитовыми рудами. Но

количественные соотношения рудных минералов в них варьируют в значительных пределах. В рудах месторождений Лак-Тио, Иври и Теленез резко преобладает ильменит, для месторождений Джугджурского пояса отмечается высокое содержание апатита по сравнению с месторождениями Каларского массива. Наиболее благоприятными для локализации крупных месторождений комплексных апатит–титано-магнетитовых руд являются массивы смешанного андезин-лабрадоритового состава с преобладанием андезиновой составляющей. В качестве поисковых критериев месторождений титановых руд является наличие положительных (исключением служит месторождение Лак-Тио, сопровождающееся отрицательным ΔT) интенсивных магнитных аномалий значительной протяженности, при штокообразной форме площадь их имеет сложную овальную морфологию. Во вмещающих породах рамы известно много рудопроявлений, но не выявлено ни одного месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданова Н.Г. Строение Геранского анортозитового массива // Геология и минералогия анортозитовых ассоциаций. Владивосток, 1987. С. 86-96.
2. Богатилов О.А. Главные типы анортозитовых ассоциаций СССР // Очерки геологической петрологии. М.: Наука, 1976. С. 35-47.
3. Ленников А.М., Натарева З.С. Новые данные о строении, составе и рудоносности Джугджурского анортозитового массива // Докл. АН СССР. 1987. Т. 232. № 2. С. 437-439.
4. Копылов М.И., Пустовойтова И.В. Тектоника и металлогения Дальневосточного габбро-анортозитового пояса // Тектоника и глубинное строение Востока Азии. Хабаровск, 2009. С. 57-61.
5. Панских Е.А. Геология и минералогия автономных анортозитовых ассоциаций восточно-азиатского пояса // Геология и минералогия анортозитовых ассоциаций. Владивосток, 1987. С. 41-57.

РАСЧЕТ НОРМАТИВНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА МАФИЧЕСКИХ И УЛЬТРАМАФИЧЕСКИХ ПОРОД С ПРЕОБЛАДАНИЕМ МОДАЛЬНОГО ОЛИВИНА И КЛИНОПИРОКСЕНА: АЛГОРИТМ И КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Корпечков Д.И.*, Федоров Б.В., Попов В.С.****

**Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия*

e-mail: korpechkov@yandex.ru

***Российский государственный геологоразведочный университет, Москва, Россия*

CALCULATION OF NORMATIVE MINERAL COMPOSITION OF MAFIC AND ULTRAMAFIC ROCKS WITH PREDOMINANCE OF MODAL OLIVINE AND CLINOPYROXENE: ALGORITHM AND COMPUTER REALIZATION

Korpechkov D.I.*, Fedorov B.V., Popov V.S.****

**Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia*
e-mail: korpechkov@yandex.ru

***Russian State Geological Prospecting University, Moscow, Russia*

A new algorithm of calculation of normative mineral composition of mafic and ultramafic rocks with predominance of modal olivine and clinopyroxene is elaborated as an alternative to CIPW algorithm in order to take into account specific modal composition of dunite-wehrlite-clinopyroxenite association, real sequence of mineral crystallization and to estimate an amount of normative magnetite from chemical analyses with total FeO. The algorithm is realized in 1C language.

Расчет нормативного минерального состава с использованием алгоритма CIPW широко используется более ста лет как наглядный способ представления химического состава магматичес-