

ИЗОТОПНЫЕ СИСТЕМЫ И ВРЕМЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. IV РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ИЗОТОПНОЙ ГЕОХРОНОЛОГИИ

Н.И. Гусев, ¹А.И. Гусев
ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург,

¹ Бийский педагогический государственный университет, г. Бийск

2-4 июня 2009 года в Санкт-Петербурге в Институте геологии и геохронологии докембрия состоялась IV Российская конференция по изотопной геохронологии: «Изотопные системы и время геологических процессов» при финансовой поддержке Отделения Наук о Земле РАН, Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-06040) и Фонда развития отечественной геологии. Материалы тезисов опубликованы в 2 томах.

Из большого числа докладов остановимся на тех, которые затрагивали Алтай и соседние регионы.

В сообщении *Е.А. Наумова, К.Р. Ковалёва, А.С. Борисенко, Г.С. Федосеева, А.В. Травина, Ю.А. Калинина, И.Г. Третьякова* (Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск) «Возраст золотого оруденения в структурах сочленения каледонид и герцинид Западной Сибири и Восточного Казахстана» указано, что в Обь-Зайсанской складчатой области широко развито оруденение разных формационных типов: золото-сульфидное (Au-As), золото-теллуридное (Au-Te), золото-кварцевое (Au-Q), золото-ртутное (Au-Hg) и другие. Они локализованы в двух основных рудных районах: Восточно-Казахстанском и Приобско-Салаирском. Данные о возрасте золотого оруденения до последнего времени отсутствовали. Авторами была предпринята попытка проведения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования серицита из руд разных типов золоторудных месторождений этого региона (анализы выполнены в Аналитическом центре ИГМ СО РАН, г. Новосибирск).

Наиболее древний возраст установлен для руд золото-теллуридного месторождения Секисовка – $306,6 \pm 3,8$ млн. лет. Оно расположено в пределах Рудно-Алтайского пояса среди гидротермально изменённых габбро-диоритов. В возрастном отношении оруденение отчетливо коррелируется с малыми интрузиями плагиогранитов и диоритов кунушского комплекса и близковозрастными с ними палео-вулканическими структурами – $306,7 \pm 8,7$ и $299 \pm 2,3$ млн. лет.

На золото-сульфидном месторождении Жерек в черносланцевых толщах возраст контактирующих плагиогранит-порфиров с молибденовой минерализацией по данным U-Pb метода (SHRIMP, Лаборатория ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург). Минерализация березитизированных эндоконтактовых зон с золото-сульфидным оруденением по данным $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ отвечает возрасту $286,7 \pm 3,4$ млн. лет.

Более молодой возраст имеет золото-сульфидное (Au-As) оруденение, широко развитое в пределах Западно-Калбинского и Калба-Нарымского поясов и, локализованное среди углеродистых терригенных отложений. Возраст основного золоторудного этапа месторождения Суздаль, определённый по серициту из кварц-серицит-пирит-арсенопиритовых метасоматитов, составляет $281,9 \pm 3,3$ млн. лет. На Суздальском месторождении в контурах раннего метасоматического Au-As оруденения проявлено более молодое сурьмяное и сурьмяно-ртутная гнездовая минерализация, серицит из которой имеет возраст $248,2 \pm 3,4$ млн. лет, что отвечает времени формирования трахибазальт-трахириолитовой ассоциации Семейтауской вулканно-плутонической структуры ($248,2 \pm 0,5$ млн. лет, проявленной и в рудном поле этого

месторождения. Кроме того, на Суздальском месторождении проявлены дайки изменённых гранит-порфиров с возрастом $257,8 \pm 2,1$ млн. лет (U-Pb, SHRIMP), содержащих регенерированное золото-полисульфидное оруденение.

Более молодое значение возраста Au-As оруденения, установленное по мусковиту для месторождения Даубай (Белая Горка) – $254,3 \pm 3,1$ млн. лет, вероятно, связано с воздействием контактового метаморфизма позднепермских гранитоидных интрузий на первичные золото-мышьяковые руды. Таким образом, в Восточном Казахстане выделяются три основных возрастных рубежа формирования золотого оруденения: позднекарбонный (Au-Te), раннепермский (Au-As) и раннетриасовый (Au-Sb-Hg).

Важно, что описанные структурно-формационные зоны в северо-западном направлении продолжаются на территории Алтайского края, что указывает на перспективы поисков здесь указанных типов оруденения.

Сходная последовательность и близкий возраст образования золотого оруденения устанавливается и в Приобско-Салаирском золоторудном районе, где оно локализовано в раннепалеозойских структурах С-З Салаира, активизированных в среднем палеозое и герцинидах Колывань-Томской складчатой зоны. В этом регионе широко проявлены базитовые и гранитоидные комплексы, относящиеся к позднегерцинскому (C_{2-3} – Р) и позднепермско-раннетриасовому этапам внутриплитного магматизма. Наиболее ранним типом золотого оруденения является Au-Te, представленное кварцевыми жилами и жильными штокверками с халькопиритом, галенитом, сульфосолями Cu, Ag, Pb, теллуридами Pb, Ag, Au, Hg (Новолушниковское месторождение, золото-кварцевые штокверки на Салаирском и Урском месторождениях и др.). Возраст этой минерализации составляет $299 \pm 2,7$ млн. лет ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$). Ей предшествовало Cu-Mo-порфировое оруденение в апикальных частях Новолушниковского плагиигранитного массива. Более молодым, по отношению к Au-Te, является Au-As оруденение, представленное кварц-арсенопиритовыми жилами, штокверками и зонами вкрапленной минерализации (Батуринское, Ларинское, Легостаевское и др.). Она является более ранней по отношению к гранитоидам приобского комплекса (252-249 млн. лет) и более молодой, чем кварцевые жилы с Au-Te минерализацией. С завершающим этапом гидротермальной деятельности в этом районе связано формирование Hg и Au-Hg оруденения, которое наложено на триасовые (241,6 - 238 млн. лет) дайки долеритов и лампрофиров (Семилуженское Au-Sb-Hg месторождение), с которыми оно, вероятно, связано.

Следует отметить, что структуры, контролируемые указанные типы оруденения, к югу и юго-западу продолжаются на площади Республики Алтай и Алтайского края, в пределах которых имеются аналогичные проявления, точки минерализации и интенсивные геохимические аномалии золота, мышьяка, сурьмы, ртути, серебра.

В докладе *Н.И. Гусева, С.П. Шокальского* (ВСЕГЕИ) «Изотопные системы раннедевонского вулканизма и связанного с ним оруденения в Юго-Восточном Алтае» отмечено, что возраст цирконов из субвулканических интрузий Аксайской ВТС (U-Pb SHRIMP II) колеблется в районе 405 млн. лет. В Уландрыкском массиве, с которым связано гематит-медно-редкоземельное оруденение, наряду с более широкими колебаниями возраста цирконов, фиксируется большая продолжительность функционирования магмо-рудно-метасоматической системы. Шлиры и блоки, сложенные K-Na гранитоидами, кристаллизующимися из остаточного расплава, характеризуются более поздним закрытием изотопной U-Pb системы цирконов ($395 \pm 3,4$ млн лет), а конкордантный возраст монацитов из сопряженного Cu-REE оруденения составляет $388 \pm 8,8$ млн лет.

Для вулканогенных пород аксайского ареала по соотношениям изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ устанавливается влияние мантийного источника типа РМ и эволюция составов в направлении к мантийному источнику типа EM2, который, обычно, интерпретируется как результат обогащения мантийного резервуара субдуцированными континентальными осад-

ками. Данные по стабильным изотопам С и S в Cu-REE рудах Уландрыкского месторождения также в пользу глубинного источника флюидов. Кальцит в кварц-карбонатных Cu-REE рудах по величине $\delta^{13}\text{C}$ от $-2,5$ до $-3,4$ ‰ имел глубиной близкий к мантийному источник углерода, который смешивался с углеродом карбонат-содержащих осадочных или метаморфических пород. Значения $\delta^{18}\text{O}$ от $-9,7$ до $-16,8$ ‰ свидетельствуют об участии метеорных вод при образовании кальцита. По величине изотопа ^{34}S в сульфидах из гранитоидов Уландрыкского массива (3,6‰), аналогичного таковым в халькопирите рудных тел (3,6–3,7‰) с низким содержанием REE, можно предполагать магматический источник серы или выщелачивание серы из магматических пород. В богатых Cu-REE рудах наблюдается отрицательное значение изотопного отношения ^{34}S – 1,8‰, по-видимому, обусловленное небольшим смешиванием с восстановленной (осадочной) серой.

В сообщении *А.А. Воронцова, В.В. Ярмлюк, И.В. Сандимирова, А.В. Никифорова, С.И. Дриль* (ИГХ СО РАН, Иркутск и ИГЕМ РАН, Москва) «Изотопный состав и источники магматизма девонской Алтае-Саянской внутриплитной области» указано, что область сформировалась в конце среднего палеозоя в юго-западном обрамлении Сибирской платформы и представлена Минусинской и Алтае-Тувинской системами вулканических грабенов и впадин. Она возникла в сложной геодинамической позиции. С одной стороны распределение её впадин типично для тройных соединений грабенов (triple junction), которые образуются над мантийными плюмами. С другой стороны эта область приурочена к краевой части палеоконтинента, развивавшейся в режиме активной континентальной окраины. В Минусинской котловине, Хан-Хухейских грабенах северо-западной Монголии, на восточном (Кропоткинский палеорифт) и западном (впадина Чадан-Хову-Аксы) участках Тувинского прогиба существуют базиты с различным содержанием TiO_2 , от 1,1 до 4,2 мас. %. Эти породы обогащены редкими литофильными элементами по сравнению с N-MORB и близки к составу внутриплитовых субщелочных базальтов типа OIB. Однако умеренно-титанистые базальты по сравнению с высокотитанистыми обеднены высокозарядными некогерентными элементами Th, U, Nb, Ta, в меньшей степени – Zr, Hf, а также редкоземельными элементами за счёт уменьшения доли лёгких лантаноидов относительно тяжёлых и обогащены Ba. Сложная геодинамическая позиция Алтае-Саянской внутриплитной области (АСВО) и разделение базитов по составу порождает предположение о разных механизмах формирования обоих типов базитов и о различиях состава их источников, а также заставляет искать в пределах внутриплитной области определённую изотопно-геохимическую зональность в распределении продуктов магматизма. С этой целью были изучены вариации изотопного состава Sr и Nd базитов (пикритоподобных базальтов, базальтов, базальтовых трахиандезитов и тешенитов с содержанием SiO_2 43-58 мас. %), участвующих в строении разных по составу ассоциаций из различных грабенов области.

Изотопный состав базитов образует серии линейно вытянутых групп точек, веерообразно расходящихся от области PREMA и распределённых между трендом, параллельным к оси $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$, и трендом, совпадающим с полем мантийной корреляции. Такие тренды предполагают участие в формировании расплавов общего источника типа PREMA и дополнительных источников, обогащённых ^{87}Sr . Состав этих дополнительных источников меняется по мере удаления от конвергентной границы палеоконтинента вглубь его. В наиболее приближенных к краю палеоконтинента грабенах северо-западной Монголии и западной части Тувинского прогиба базиты характеризуются существенными вариациями $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ при относительно стабильных значениях ϵNd . Эти особенности могут быть объяснены плавлением мантии PREMA с участием дополнительного компонента с высоким содержанием Sr, повышенной величиной $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и низкими содержаниями PЗЭ. Таким параметрам удовлетворяет карбонатный материал, который, по-видимому, вовлекался в зону субдукции. По

мере удаления от края континента доля этого компонента сокращалась, но возрастала роль источников с характеристиками мантии типа EM II.

Таким образом, полученные данные отражают изотопную неоднородность источников магм, участвовавших в формировании АСВО. Эта неоднородность увязывается с геодинамическими факторами, определившими взаимодействие обеднённого плюмового, умеренно-обогащённого плюмового (или литосферного) и субдукционного компонентов в источнике расплавов. Первый компонент, по-видимому, был близок к мантии типа PREMA и оказал влияние на состав всех базитов вне зависимости от их удалённости от края континента. В составе субдукционной составляющей важную роль сыграло карбонатное вещество, вовлечённое в область магмогенерации при субдукции. В результате его подмешивания в очаг плавления мантийного плюма под фронтальной частью активной окраины формируются флюидонасыщенные базитовые расплавы с конвергентными геохимическими характеристиками IAB-OIB (умеренно-титанистые базиты с минимумами Nb и Ta и пологим спектром РЗЭ). Максимальное влияние субдукционной компоненты сказалось на формировании девонских базальтов и андезитов островодужной толеитовой и известково-щелочной серий западной части Горного Алтая. Умеренно-обогащённый плюмовый (или литосферный) компонент участвовал в формировании базитов тыловой внутриконтинентальной части активной окраины с параметрами OIB (высокотитанистые базальты и пикритоподобные базальты с высокими содержаниями некогерентных литофильных элементов, в том числе LILE и HSFЕ). Такие ассоциации зафиксированы в хребте Кропоткина Восточного Саяна).

В докладе *Н.Н. Крука, С.П. Шокальского, Н.И. Гусева, В.И. Тимкина* (ИГиМСО РАН, ВСЕГЕИ, Горно-Алтайская экспедиция) «Возрастные рубежи и геодинамические обстановки проявления гранитоидного магматизма повышенной щёлочности в Горном Алтае» отмечено, что в результате геологических и геохронологических исследований установлены 4 главных этапа проявления гранитоидного магматизма.

Начало первого этапа отвечает лохковскому ярусу раннего девона и синхронно с бимодальным магматизмом быскарской серии Минусинских впадин, формированием щелочно-базит-ультрабазитовых комплексов в Кузнецком Алатау (горячегорский и соколиногорский комплексы, внедрением субщелочных габброидов в Восточном Саяне и алмазоносных кимберлитов – на Сибирской платформе. В Горном Алтае этому событию отвечают субщелочные габброиды и гранитоиды югалинского комплекса (400 ± 28 и $403 \pm 3,9$ млн. лет, U-Pb метод). Близкие возраста ($409,9 \pm 7,4$ и 398 ± 2 млн. лет, соответственно, U-Pb, SHRIMP) получены для субщелочных гранитов Тургундинского и Аскатинского массивов, относившихся ранее к позднедевонскому топольнинскому комплексу. В то же время возрастная интервал проявления девонского магматизма повышенной щёлочности в Горном Алтае оказался существенно шире в сопредельных регионах. Здесь проявлены щелочные и субщелочные гранитоиды среднедевонского (Майорский массив - 381 ± 4 млн. лет) и позднедевонского (франского) возраста, более поздние по отношению к ранне-среднедевонскому вулканизму Алтайской активной континентальной окраины. Так возраст щелочных и субщелочных гранитов Бирюксинского массива топольнинского комплекса - 360 ± 14 млн. лет (U-Pb). Близкие возрасты получены для субщелочных гранитов Киндерлинского и щелочных Елиновского массивов ($383,7 \pm 3,8$ и $372 \pm 7,2$ млн. лет, соответственно). С девонскими щелочными и субщелочными гранитоидами и вулканидами (комендиты в центральной части Уймено-Лебедского прогиба, ультракалиевые риолиты Коргонского, Сайлюгемского хребтов) нередко ассоциируют протяжённые пояса долеритовых даек. Природа магматизма этого этапа возможно обусловлена интерференцией субдукционной и плюмовой геодинамических обстановок или связана с локальным растяжением и рифтогенезом на Алтайской континентальной окраине.

Второй этап проявления гранитоидного магматизма повышенной щелочности в Горном Алтае отвечает рубежу карбона - перми и синхронен с формированием Монголо-Забайкальской щелочной провинции, проявлением траппов и Cu-Ni – носных базит-ультрабазитовых интрузий в Восточном Казахстане и Северном Китае. Эти тектоно-магматические события, вероятно, связаны с активностью Таримского плюма. В центральной части Горного Алтая этому времени отвечает внедрение малых гипабиссальных и субвулканических интрузий щелочных гранитов шибеликского комплекса ($301,4 \pm 5,6$ млн. лет, U-Pb, SHRIMP), пространственно ассоциирующих с ареалами развития девонского окраинно-континентального вулканизма и линейными роями даек высокотитанистых долеритов.

Третий этап синхронен с формированием пермо-триасовой крупной изверженной провинции, проявленной на Сибирской платформе и в её обрамлении. Ему отвечают субщелочные и щелочные сиениты и граниты айского и умеренно-щелочные граниты синюшинского комплексов на севере Горного Алтая (249 ± 6 и 251 ± 5 млн. лет, соответственно, U-Pb). Близкий возраст получен для ультракалиевых сиенитов тархатинского комплекса, слюдяных лампрофиров и лампроитов на юге Горного Алтая ($247 \pm 5,2$ млн. лет, U-Pb, SHRIMP).

В то же время некоторые проявления гранитоидного магматизма повышенной щелочности не обнаруживают связи с крупными эпизодами эндогенной активности в Центральной Азии. Так для пород габбро-монцодиорит-граносиенитового харловского комплекса определён раннекарбонный возраст ($328,8 \pm 2,4$ млн. лет, U-Pb, SHRIMP), отвечающий начальной стадии коллизии Сибирского и Казахстанского континентов.

Таким образом, проявления щелочного гранитоидного магматизма Горного Алтая в большинстве своём коррелируют с эпизодами плюмовой активности. В то же время субщелочные гранитоиды могут не только ассоциировать со щелочными породами плюмовой природы, но и проявляться самостоятельно, вероятно, маркируя смену тектонических режимов.
