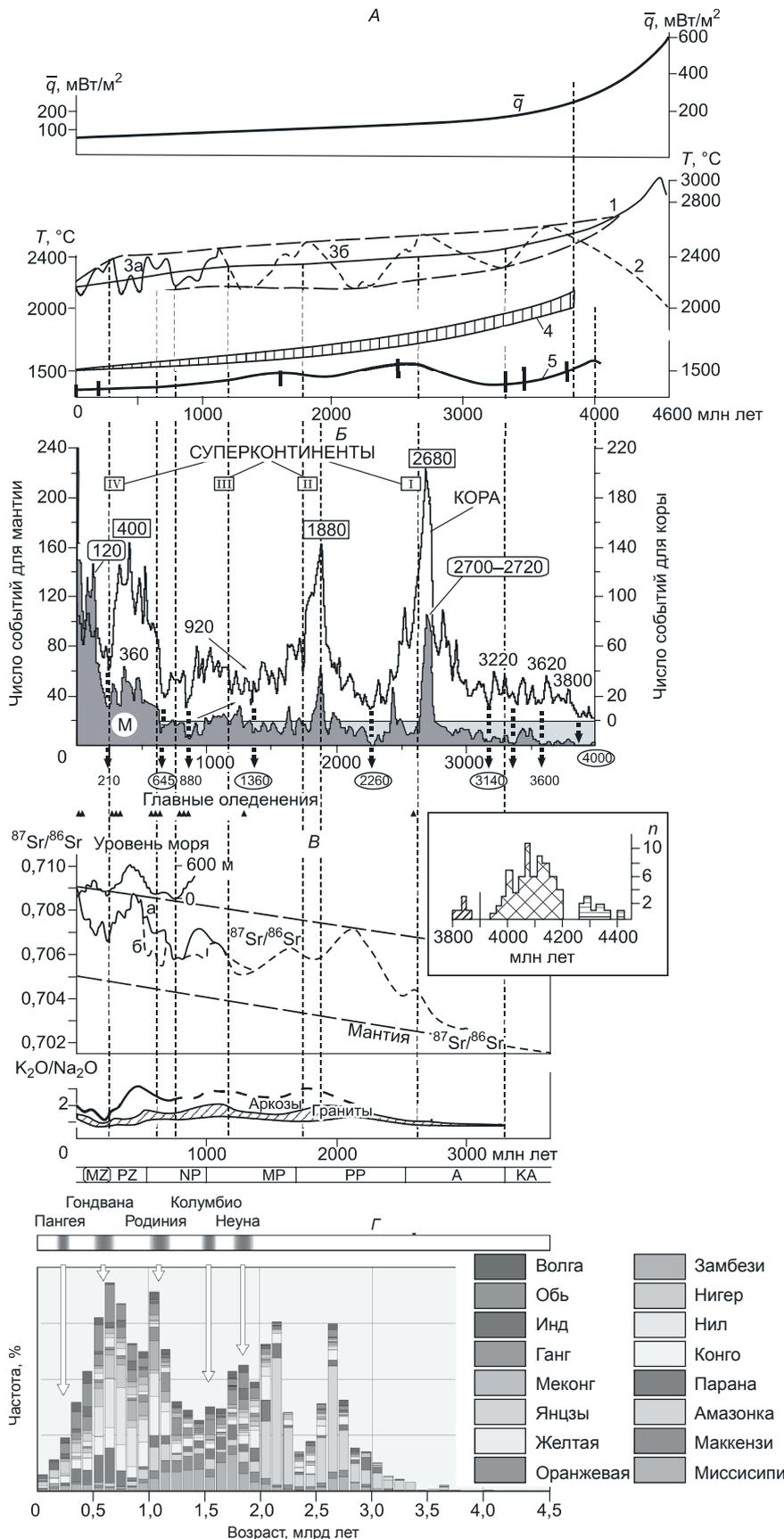


**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ VII.54.  
ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ТВЕРДЫХ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ,  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСАДОЧНОГО ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ,  
МАГМАТИЗМА, МЕТАМОРФИЗМА И МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ**

**Программа VII.54.1. Глубинная геодинамика, геодинамическая эволюция литосферы, концепция геодинамической истории Земли (координатор акад. Н. Л. Добрецов)**

Учеными Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева выделены три орогенные стадии роста континентальной коры Евразии в палеозое: позднекембро-ордовикская (510—470 млн лет), позднедевонско-раннекарбоновая (380—320 млн лет) и пермотриасовая (285—230 млн лет). Эти стадии в эволюции Центрально-Азиатского складчатого пояса сопровождались раскрытием океанов и прояв-

лением плюмового магматизма (ультрабазит-базитового и бимодального). Периоды проявления Таримского (285—275 млн лет) и Сибирского (250—230 млн лет) суперплюмов совпадают с закрытием Уральского океана и раскрытием мезо- и нео-Тетиса, а также с эпохами крупнейших эндогенных оруденений. Эти палеозойские этапы — важная часть длительной пульсационной эволюции Земли (рис. 1).

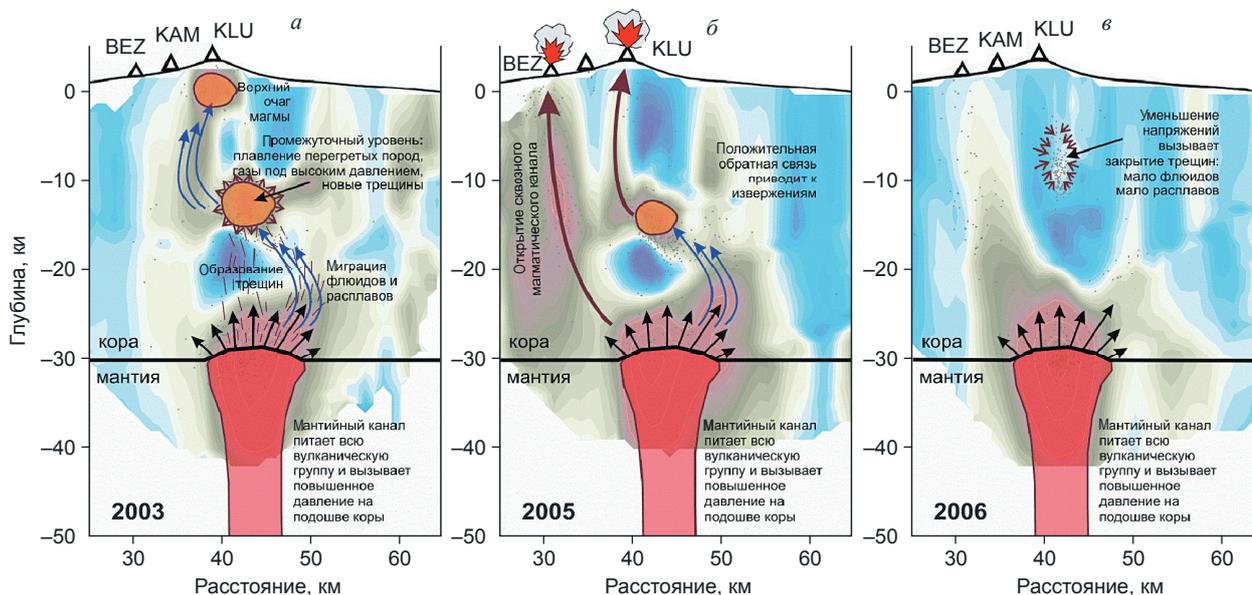


**Рис. 1.** Сводные диаграммы, иллюстрирующие эволюцию Земли [Добрецов, 2010].

*А* — изменение теплового потока из мантии ( $q$ ) и температуры в мантии (кривые 1—5); 1, 2 — (Tajika, Matsui, 1992); 3а, 3б — [Добрецов и др., 2001]; Добрецов, 2009]; 4, 5 — [Komiya, 2007]. *Б* — основные события в истории Земли: время существования суперконтинентов I—IV — [Хаин, 2003, с уточнениями]; статистика возраста пород коры (кора) и мантия (м) — [Балашов, Глазнев, 2008; Добрецов, 2011]; главные оледенения [Добрецов, Чумаков, 2001]. *В* — геолого-геохимические индикаторы эволюции: уровень моря [Maruyama et al., 2007]; изотопия  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в карбонатных породах [Halverson et al., 2008; Maruyama, Liou, 2007] отношение  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  в гранитах и аркозовых песчаниках [Семихатов, 1995; Добрецов, 2011]. *Г* — гистограмма U—Pb-возрастов детритовых цирконов из 16 рек. Доминируют пять пиков в 2,7, 2,0—2,2, 1,7—1,9, 1,0—1,2, 0,5—0,8 млн лет, указывающие на эпизоды максимального роста континентальной коры [Komiya, 2011].

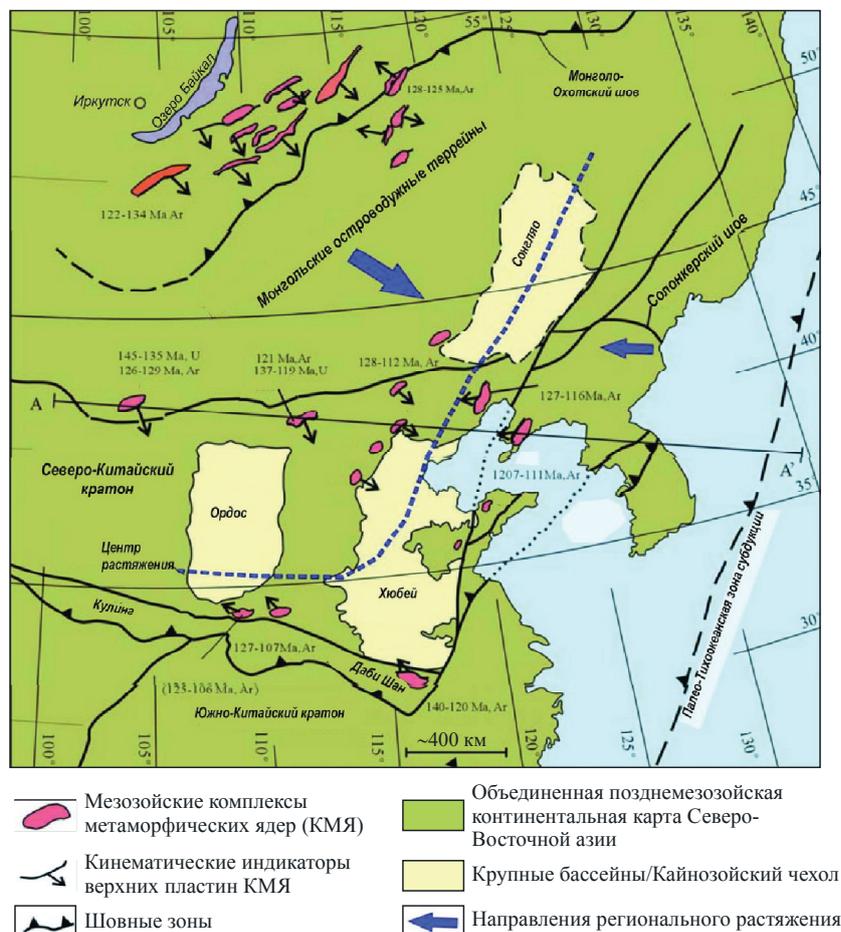
Учеными Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука изучена динамика магматических очагов под Ключевской группой вулканов на Камчатке по результатам 4D сейсмической томографии. Обработанные данные сейсмических наблюдений с 2001 по 2008 г. позволили построить четырехмерную сейсмическую модель (с учетом вариаций по времени) коры и верхов мантии под Ключевской группой вулканов. На протяжении всего времени на глубине около 30—25 км наблюдается аномалия с чрезвычайно высоким отношением  $V_p/V_s$ , которая отражает наличие мантийного канала, питающего эти вулканы (рис. 2). Полученная модель показывает четкую связь между изменениями сейсмических свойств в коре и фазами активности вулканов. Установлено, что магматические очаги могут достаточно быстро менять свои свойства, что по-видимому, связано с вариациями напряженного состояния и миграцией флюидов, приводящими к лавинообразным процессам плавления и перемещениям расплавов в коре, результатом которых являются извержения вулканов.

Учеными Института земной коры выполнено обобщение основных характеристик мезозойских комплексов метаморфических ядер Азии, а также представлены модель и кинематика континентального растяжения, с которым связано их формирование (рис. 3). Полученные данные свидетельствуют, что раннемеловое растяжение в пределах северо-восточной части Азиатского континента было практически одновременным в интервале 140—120 млн лет. Изучение кинематики деформаций по разномасштабным структурным элементам в пределах большинства комплексов метаморфических ядер в Забайкалье, Монголии, северо-западной и центральной частях Северо-Китайского кратона показывает, что транспортировка вещества осуществлялась в юго-восточном направлении. В восточной и южной частях Северо-Китайского кратона транспортировка вещества осуществлялась в северо-западном направлении. Три самых больших мезозойских осадочных бассейна в Северном Китае (Сонгляо, Хюбей и Ордос) расположены в переходной зоне между комплексами метаморфиче-



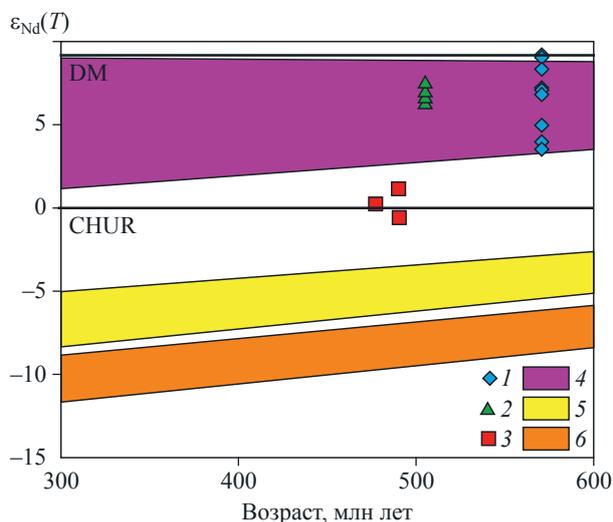
**Рис. 2.** Стадии развития вулканической системы под Ключевской группой вулканов по результатам 4D томографии. Показано соотношение  $V_p/V_s$  на вертикальном сечении (коричневые цвета — высокие значения, синие — низкие) по данным за 2003, 2005 и 2006 гг.

*a* — стадия перед извержением (2003 г.): высокое давление в низах коры → трещины → миграция флюидов и расплавов → плавление перегретых пород на глубинах 10—13 км → газы под высоким давлением → новые трещины (положительная обратная связь); *б* — извержения Безымянного и Ключевского вулканов в 2005 г. Ключевской вулкан питается через систему промежуточных камер; Безымянный вулкан связан с мантийным источником напрямую; *в* — после извержений происходит релаксация напряженного состояния и закрытие трещин. Дефицит флюидов приводит к быстрому застыванию материала в промежуточных магматических очагах. Вулканы: BEZ — Безымянный, КАМ — Камень, KLU — Ключевской.



**Рис. 3.** Распространение мезозойских комплексов метаморфических ядер в пределах Азиатской провинции и главные кинематические индикаторы.

ских ядер, для которых фиксируются противоположно направленные кинематические индикаторы.



В пределах Джидинской островодужной системы венда—нижнего палеозоя Палеоазиатского океана установлено близкоодновременное формирование островодужных габброидов ( $506 \pm 1$  млн лет) и гранитоидов ( $504 \pm \pm 2$  млн лет). Становление массивов коллизионных гранитоидов произошло на аккреционно-коллизионной стадии в позднем кембрии—раннем ордовике в интервале  $490 \pm 2$ — $477 \pm$

**Рис. 4.** Диаграмма  $\epsilon_{Nd}$  — возраст для островодужных и коллизионных гранитоидов Джидинской зоны Юго-Западного Забайкалья.

1 — базальты вендско-раннекембрийского офиолитового комплекса Джидинской зоны; 2 — островодужные гранитоиды (506—504 млн лет); 3 — коллизионные гранитоиды (490—477 млн лет); 4—6 — поле эволюции изотопного состава Nd: 4 — базальтов офиолитового и островодужного комплексов; 5 — терригенных осадков джидинской свиты задугового бассейна, 6 — метатерригенных пород Хамардабанского террейна.

± 6 млн лет после тектонического совмещения океанических и островодужных образований. Геохронологические, геохимические и Nd-изотопные данные (рис. 4) позволяют рассматривать формирование островодужных гранитоидов как результат плавления субдуцированной коры и первичного деплетированного мантийного источника, а образование коллизионных гранитоидов — в рамках модели плавления утолщенной в результате аккреции континен-

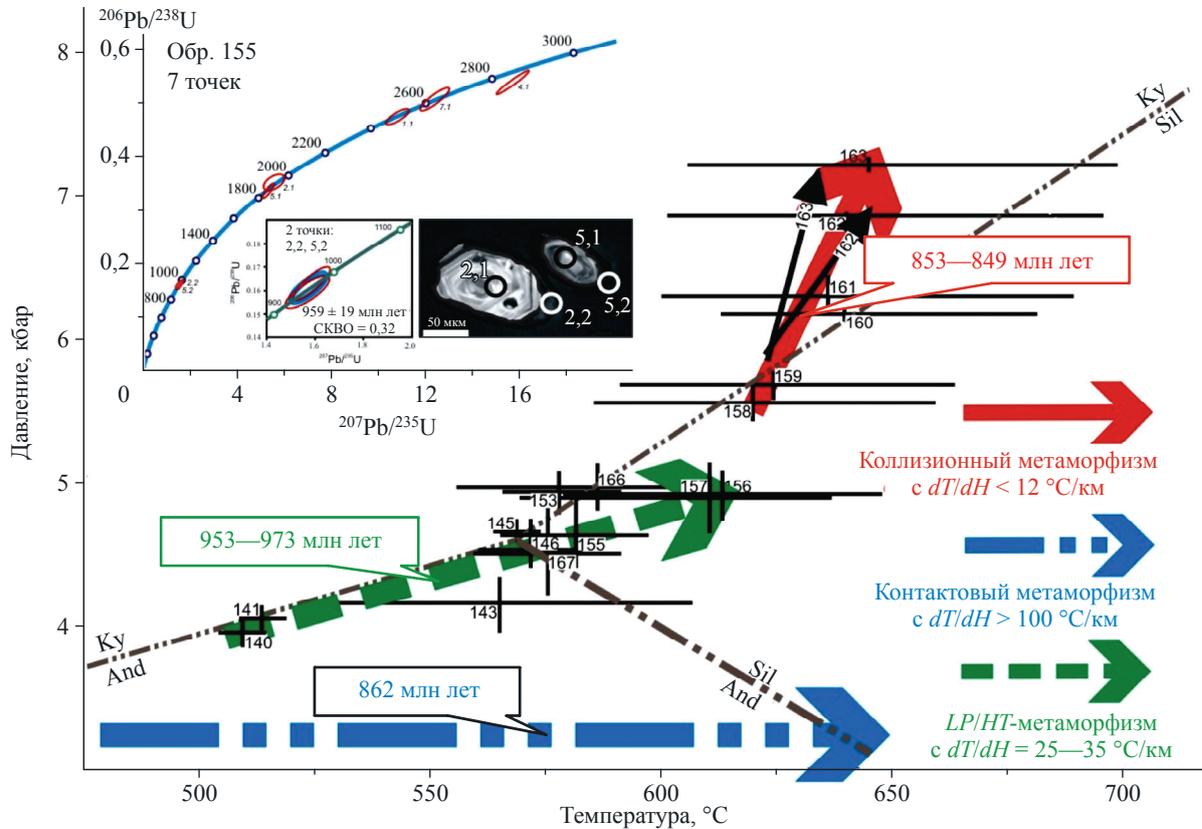
тальной коры. Источниками родоначальных для них расплавов послужили вендско-раннекембрийские ювенильные изверженные породы офиолитового и островодужного комплексов, а также коровый материал нижнепалеозойских флишоидных отложений задугового бассейна Джидинской и метатерригенных пород Хамардабанской зон.

**Программа VII.54.2. Магматизм, метаморфизм и флюиды: источники вещества и энергии, закономерности эволюции, тектонические обстановки проявления (координаторы акад. В. В. Ревердатто, акад. Ф. А. Летников)**

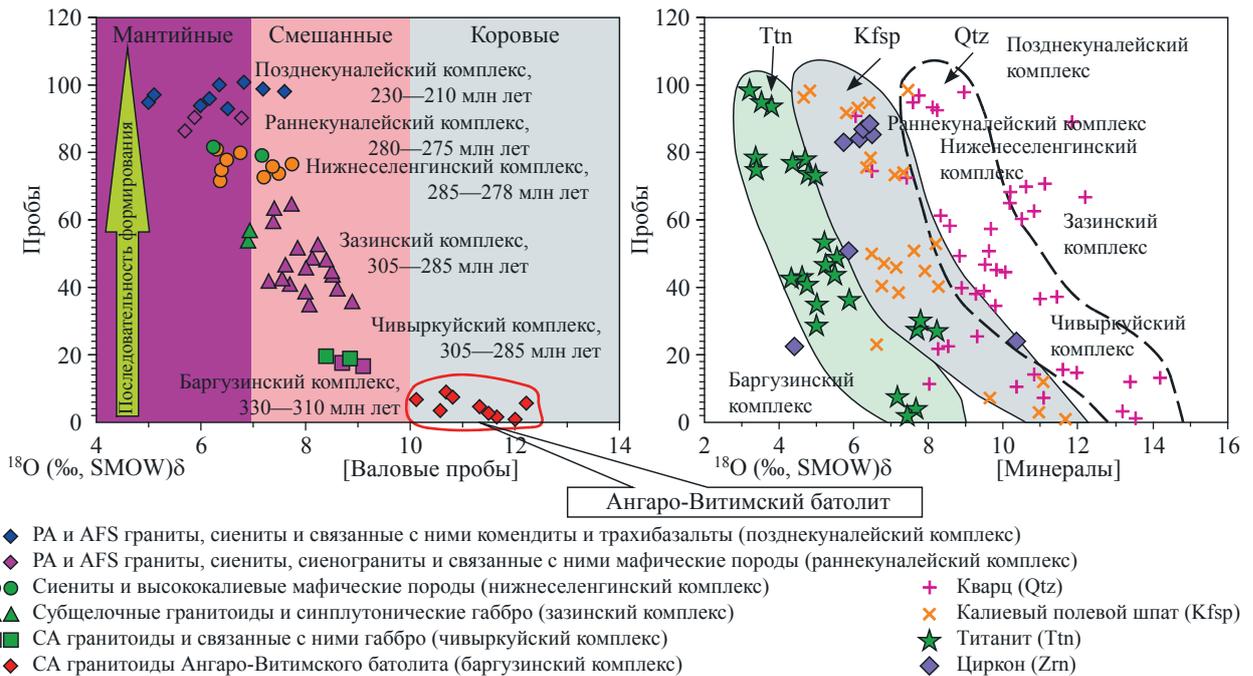
Учеными Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева проведена реконструкция эволюции метапелитов Тейского полиметаморфического комплекса (Енисейский кряж), являющегося характерным примером совмещенной зональности фациальных серий низких и умеренных давлений. Установлено два этапа в его развитии, различающихся термодинамическими режимами и величинами метаморфических градиентов. Было выделено пять зон регионального метаморфизма и зафиксировано положение пяти одноименных изоград с ростом степени метаморфизма по направлению к ядру антиклинали. На первом этапе (973—953 млн лет) сформировались зональные метаморфические комплексы низких давлений — высоких температур андалузит-силлиманитового типа ( $P = 3,9—5,1$  кбар;  $T = 510—640$  °C) при типичном для орогенеза метаморфическом градиенте  $dT/dH = 25—35$  °C/км (рис. 5). На втором этапе (863—849 млн лет) породы подверглись позднерифейскому коллизионному метаморфизму умеренных давлений кианит-силлиманитового типа ( $P = 5,7—7,2$  кбар;  $T = 660—700$  °C) с локальным повышением давления вблизи надвига с низким градиентом ( $dT/dH$  не более 12 °C/км). Синхронно с этим процессом вблизи гранитоидных плутонов был проявлен контактовый метаморфизм позднерифейского (862 млн лет) возраста с высоким

градиентом  $dT/dH \geq 100$  °C/км. Изученные метаморфические события соответствуют завершающей эпохе гренвилльской орогении с пиками орогенеза 960 и 860 млн лет. Полученные результаты являются первыми достоверными свидетельствами проявления гренвилльских событий в западном обрамлении Сибирского кратона, интерпретация которых позволила создать новое представление о развитии земной коры в регионе.

Учеными Геологического института на основании изотопных (Sr, Nd, O) данных по породам и минералам установлено, что позднепалеозойско-раннемезозойский гранитоидный магматизм Западного Забайкалья эволюционировал от типично корового, обусловленного плавлением протерозойской континентальной коры (Ангаро-Витимский батолит, баргузинский комплекс), до мантийного (щелочные гранитоиды позднего триаса), с постепенным нарастанием доли мантийного компонента в источнике магм (рис. 6). Вовлечение мантийного компонента происходило путем смешения мантийных (трахибазальтовых) и коровых калийных магм с последующей дифференциацией гибридных расплавов. В одних случаях доминировало смешение (чивыркуйский комплекс), в других — дифференциация гибридных магм (заянский комплекс).



**Рис. 5.** *P–T–t*-тренды эволюции разных типов метаморфизма для метапелитов Тейского полиметаморфического комплекса. Для каждого образца показаны средние значения *P–T*-параметров и их диапазон, полученные по разным геотермобарометрам. Цветные стрелки — направления *P–T*-трендов коллизионного, LP/HT и контактового метаморфизма. На врезке в левом верхнем углу — диаграмма с конкордией для цирконов из метапелитов LP/HT-метаморфизма с катодлюминесцентными микрофотографиями типичных цирконов.



**Рис. 6.** Изотопный состав кислорода в позднепалеозойских и раннемезозойских гранитоидах и связанных с ними мафических породах Западного Забайкалья.