

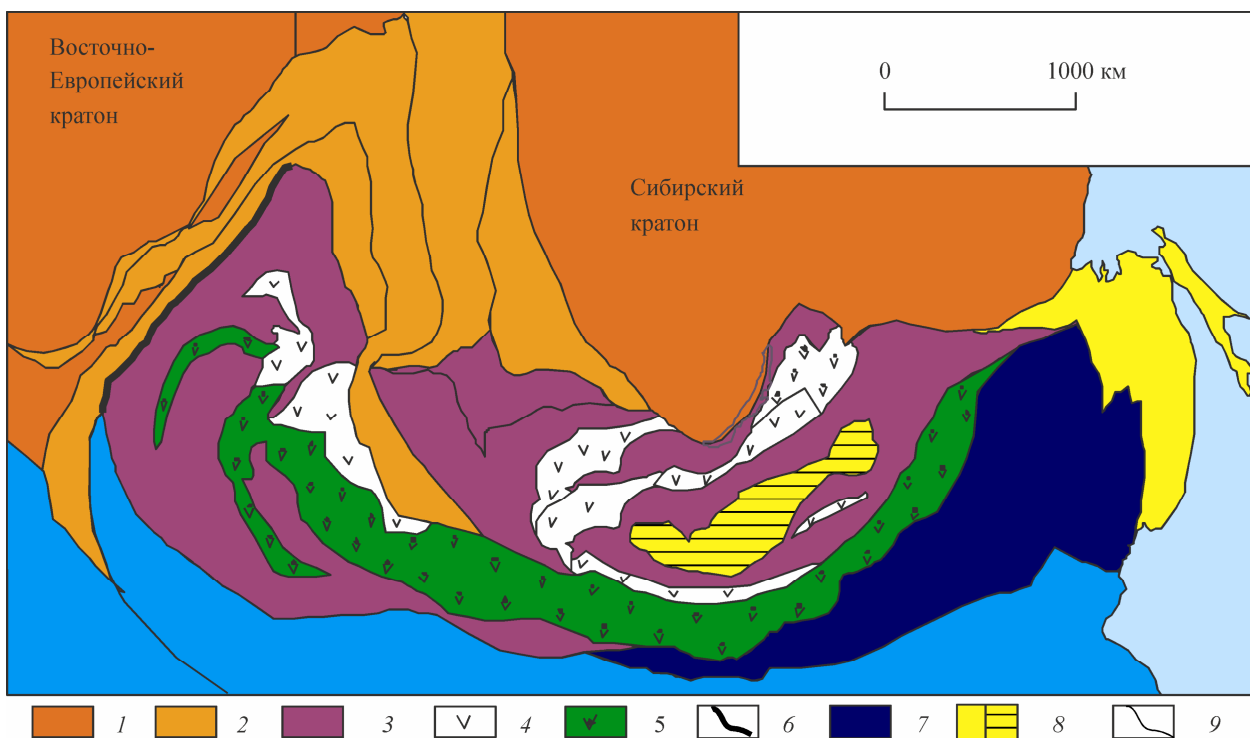
## ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 7.1.

### ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕЩЕСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ТВЕРДЫХ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ

#### Программа 7.1.1. Глубинная геодинамика, геодинамическая эволюция литосферы

Учеными Института геологии и минералогии в складчатой структуре Центральной Азии выделен и охарактеризован ордовикский аккреционно-коллизийный ороген, деформированный сдвигами в среднем—позднем палеозое (рис. 1). Установлено, что аккреционно-

коллизийные события проявились в результате субдукции океанической коры Палеоазиатского океана, содержащего континентальные блоки Гондваны, под единую Казахстанско-Тувинскую систему островных дуг Сибирского континента. Совпадение по времени крупно-



**Рис. 1.** Положение позднекембрийско-ордовикского Казахстанско-Байкальского орогена в структуре Центральной Азии.

1 — кратоны Лавразийской группы; 2 — окраинно-континентальные образования кратонов; 3—6 — Казахстанско-Байкальский ороген (3 — микроконтиненты Гондванской группы, 4, 5 — Казахстанско-Тувинско-Монгольская островная дуга (4 — преимущественно магматические образования, 5 — образования аккреционных призм и преддуговых прогибов), 6 — ограничения Казахстанско-Байкальского орогена); 7 — позднепалеозойско-раннемезозойский аккреционно-коллизийный пояс, содержащий микроконтиненты и континенты гондванского происхождения; 8 — мезозойские образования; 9 — границы террейнов.

масштабных аккреционно-коллизийных событий с открытием Уральского и Монголо-Охотского (Туркестанского) океанов позволяет рассматривать ранний ордовик как рубеж крупной перестройки в эволюции Земли, связанный с увеличением мантийного воздействия на литосферу, которое привело к раскрытию новых океанов и ускорило аккрецию гондванских блоков к островодужной системе.

Сотрудниками Института земной коры проведены геологические и геохронологические исследования бутулийн-нурского и заганского метаморфических комплексов. Результаты этих исследований позволили предположить, что комплексы метаморфических ядер в пределах Северной Монголии и Западного Забайкалья были сформированы в результате крупномасштабного растяжения в континентальной коре (115—130 млн лет), которая была утолщена в ходе предшествующих их образованию событий (рис. 2). В качестве событий, вызвавших аномальное утолщение коры, предполагаются:

1) известково-щелочной магматизм в обстановке активной континентальной окраины андского типа;

2) широко распространенные в регионе коллизийные и постколлизийные надвиги, возникшие после закрытия Монголо-Охотского океана;

3) щелочной магматизм на внутриплитной стадии эволюции Монголо-Охотского орогена.

Учеными Института геологии алмаза и благородных металлов совместно со специалистами Санкт-Петербургского госуниверситета предложена новая модель формирования Верхоянского складчато-надвигового пояса, основанная на теории сужающихся орогенных клиньев и расчетов величины палеопогружений слагающих пояс осадочных толщ (рис. 3). Установлено, что граница между внешней и тыловой зонами пояса совпадает с границей блоков коры, которые были разделены во время среднепалеозойского рифтогенеза и испытали различную структурную, осадочную и тектоническую эволюцию. Эта граница ин-

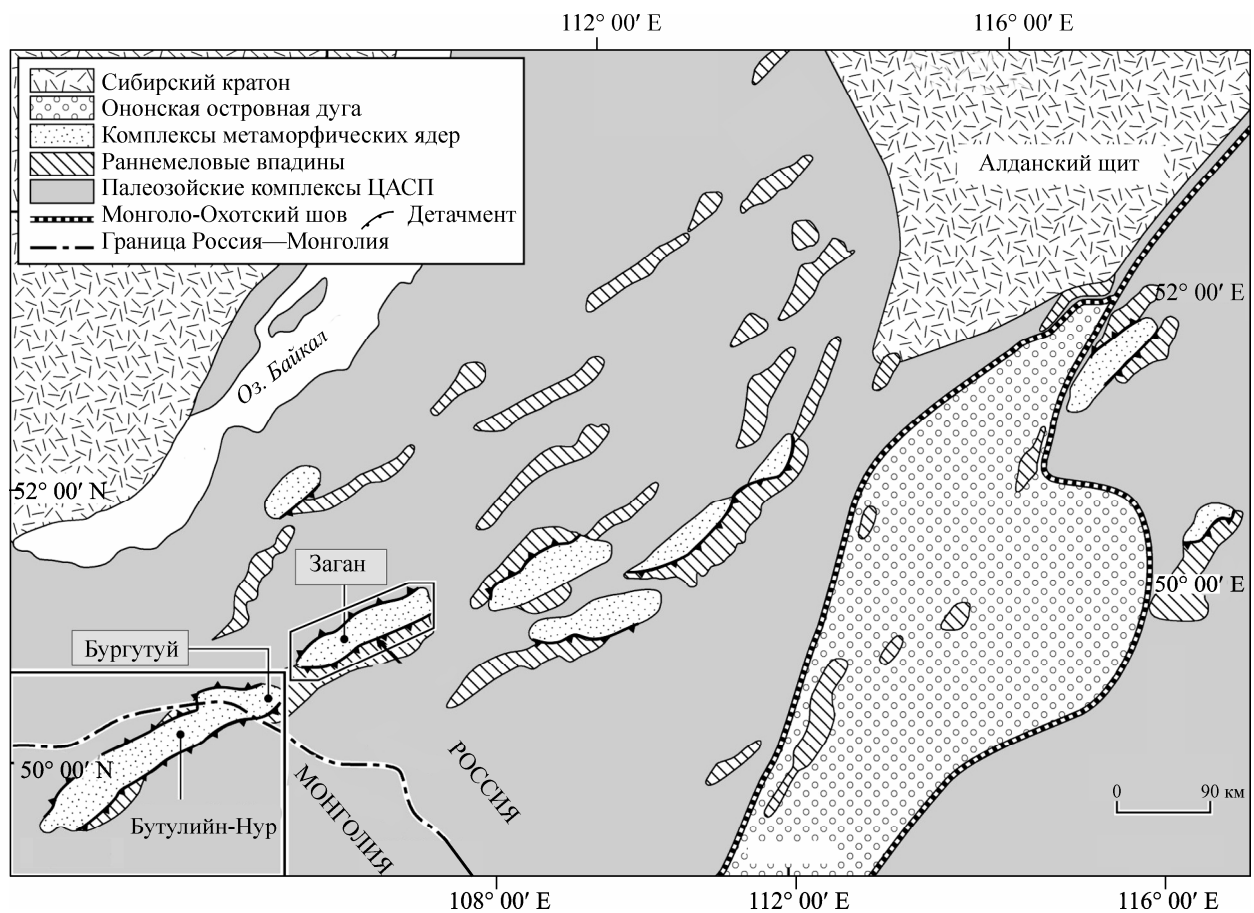
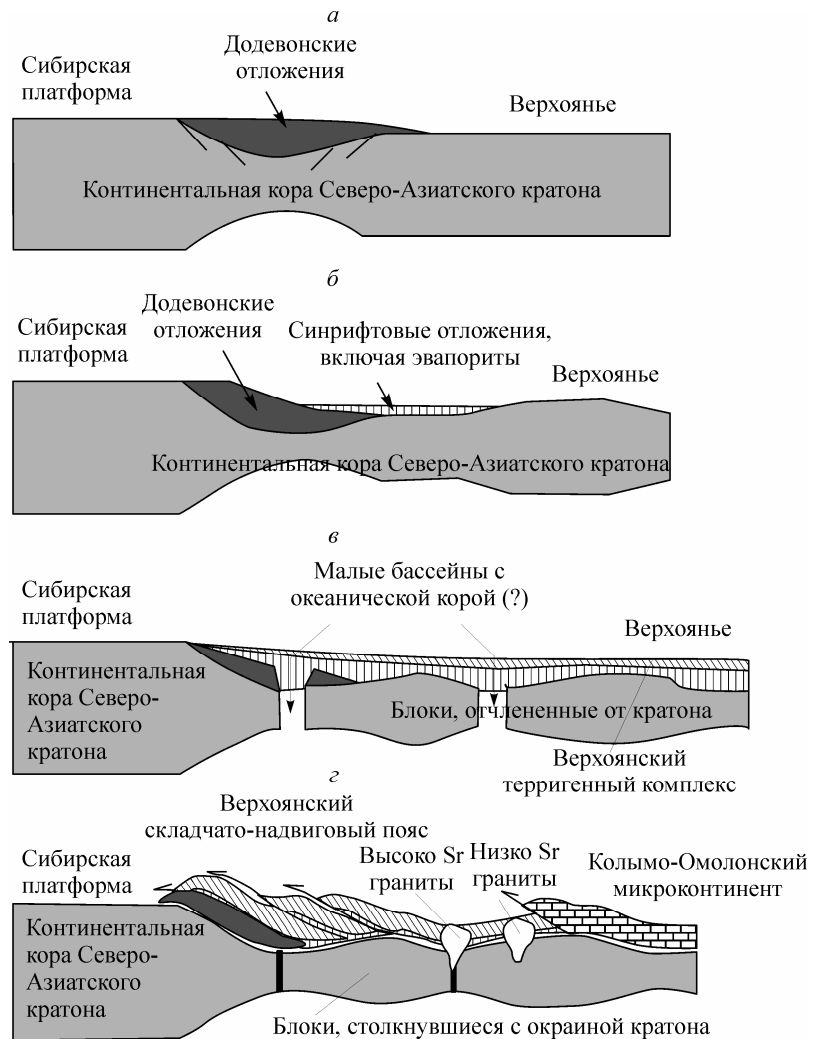


Рис. 2. Расположение комплексов метаморфических ядер и раннемеловых депрессий в структуре Забайкалья и Северной Монголии.



**Рис. 3.** Модель эволюции Западно-Верхоянского сектора и тыловой зоны Верхоянского складчато-надвигового пояса.

*а* — додевонское время; *б* — ранняя стадия средне-познедевонского рифтинга; *в* — стадия развития каменноугольно-юрской пассивной окраины; *г* — меловая орогения и формирование складчато-надвигового пояса.

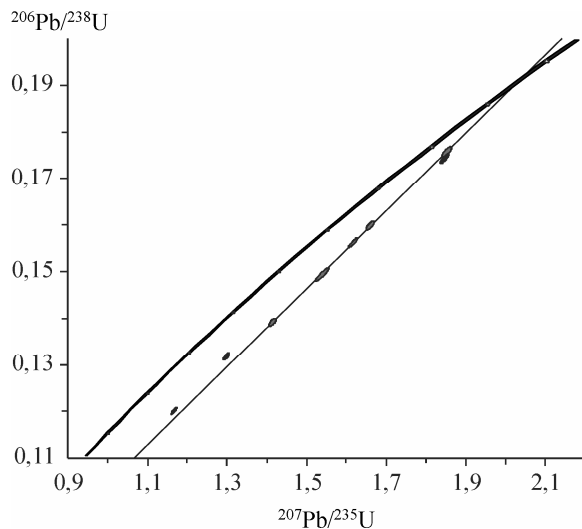
терпретируется как восточный предел распространения фундамента Северо-Азиатского кратона. Тыловая зона пояса подстилается блоками коры переходного типа, разделенными рифто-

генными бассейнами. Показано, что детачмент складчато-надвиговых структур в тыловой зоне пояса приурочен к зоне развития некомпетентных среднепалеозойских эвапоритов.

**Программа 7.1.2. Магматизм, метаморфизм и флюиды: источники вещества и энергии, закономерности эволюции, тектонические обстановки проявления**

Учеными Института земной коры и Института геологии и геохронологии докембрия РАН определены главные возрастные рубежи формирования гранитоидов Кокчетавской глыбы (северный Казахстан). Установлен гренавилльский возраст (рис. 4) гранодиоритов, залегающих среди протерозойских пород зерендинского комплекса. Проведено изохронное уран-свинцовое датирование по цирконам реперных каледонских массивов гранитоидов.

Наиболее древние датировки  $454 \pm 14$  млн лет и  $448 \pm 2$  млн лет характеризуют граниты крыкудукского комплекса. Лейкократовые граниты кольцевых интрузивов укладываются в интервал 431—423 млн лет. Главные фазы щелочных гранитоидов датируются в интервале 440—433 млн лет. Впервые оценен возраст плагиогранитов из эталонного габбро-диоритового Степнякского массива — 441 млн лет.



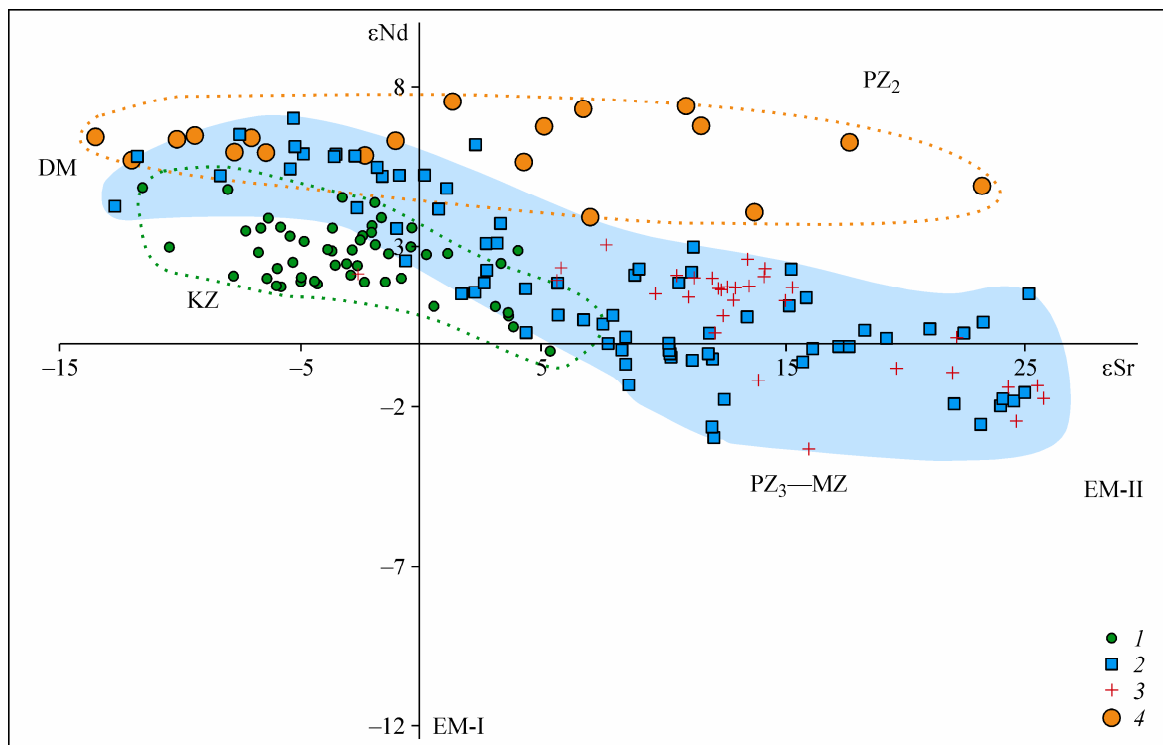
**Рис. 4.** Результаты U—Pb-датирования цирконов из гранитоидов Кокчетавской глыбы (северный Казахстан).

$T = 1128 \pm 12$  млн лет.

Учеными Института геохимии им. А. П. Виноградова обобщены данные об особенностях геологической позиции, вещественного состава и изотопных характеристик вулканических пород Северо-Монгольско-Забайкальской риф-

товой области, расположенной севернее Монголо-Охотской сутуры. Установлена миграция рифтогенного базальтового и бимодального вулканизма с запада на восток с последовательной сменой этапов от девонского (405—380 млн лет) и позднепалеозойского (320—250 млн лет) до ранне- и позднемезозойско-кайнозойского (225—190 и 165—25 млн лет) и позднекайнозойского (<25 млн лет) с последовательным увеличением роли щелочного базальтоидного магматизма во времени. Изотопно-геохимические характеристики пород свидетельствуют о вкладе в формирование вулканитов трех мантийных источников: EMII (обогащенная радиогенным стронцием мантия надсубдукционного клина), DM (деплементированная мантия) и OIB (обогащенная мантия «плюмового» генезиса). Зафиксирована смена мантийных источников от EMII—DM в раннем палеозое к OIB—DM в позднем палеозое—раннем мезозое и преимущественно DM—в кайнозое (рис. 5).

Учеными Института геологии и минералогии в рамках механики деформированного твердого тела выполнено математическое моделирование процессов субдукции. Рассматри-

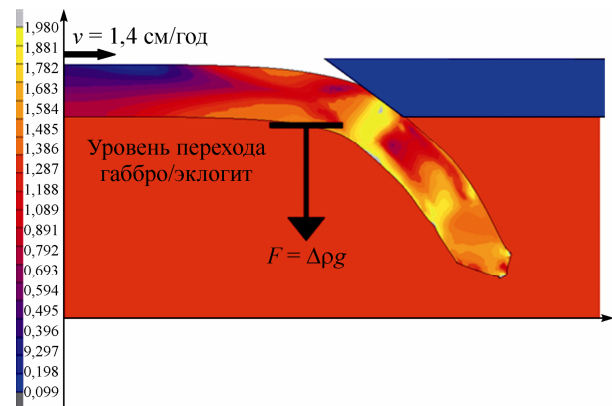


**Рис. 5.** Изотопно-геохимические характеристики базальтов Северо-Монгольско-Забайкальской рифтовой области.

1 — кайнозойских, 2, 3 — позднепалеозойских—раннемезозойских, 4 — раннепалеозойских.

ваются две плиты, океаническая и континентальная, которые в момент столкновения находились в равновесии с мантией и имели наклонный контакт между собой (рис. 6). Предполагается, что океаническая плита со скоростью  $v = 1,4$  см/год сталкивалась с континентальной. В модели учитывается увеличение удельного веса пород плиты за счет перехода габбро/эклогит, происходящего в интервале глубин 35—40 км, от 3,0 до 3,5 г/см<sup>3</sup>, что составляет около 17 мас.%. В моделировании поддвига/субдукции континентальная (правая) плита предполагается абсолютно жесткой, а левая, океаническая, — деформируемой, состоящей из упругопластичного материала с упрочнением, имеющего следующие механические характеристики: модуль Юнга  $E = 50$  ГПа, модуль упрочнения  $E_t = 0,02 \cdot E = 1$  ГПа, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ , предел текучести  $\sigma_y = 0,5$  ГПа. Материал мантии предполагается идеальным упругопластичным, с упругими характеристиками, как в океанической литосфере, и с пониженным пределом пластичности за счет более высокой температуры в мантии  $\sigma_y = 10$  МПа.

Предложенная модель позволяет описывать реалистичное взаимодействие литосферных плит на активных окраинах континентов, так как при учете фазового перехода габ-



**Рис. 6.** Модель крутого погружения субдукционной плиты с учетом перехода габбро/эклогит на глубине 35—40 км. Показаны форма плиты и поле напряжений в относительных единицах  $\sigma_{ef}/\sigma_y$  через 7,5 млн лет после начала субдукции. Синим цветом схематически показан жесткий, недеформируемый блок континентальной плиты.

ро/эклогит отпадает необходимость произвольно задавать скорость «затягивания» плиты в мантию, как это делалось в других моделях.

Результаты моделирования обнаруживают удовлетворительную сходимость с сейсмо-томографическими картинами структуры литосферной мантии в коллизионных областях.