

# ГЕОАРХЕОЛОГИЯ

## ГЕОЛОГИЯ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ



Серия «Геоархеология. Этнология. Антропология»

2012. № 1 (1). С. 3–21

Онлайн-доступ к журналу:

<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ

*Иркутского  
государственного  
университета*

УДК 551.24(571.5)

### Байкальский рифт как долгоживущая система

Т. М. Мельникова

*Иркутский государственный университет*

**Аннотация.** Зарождение и формирование Байкальского рифта, располагающегося на границе таких крупных региональных структур, как Сибирская платформа и Байкальская складчатая область, несомненно, связано с развитием этих крупнейших структур Земли. И если платформа относительно стабильная область с определенно-го момента своего развития, то складчатая область в своем развитии претерпела неоднократные активные тектонические перестройки, в результате чего приобрела свой современный вид. Надо полагать, что события, происходящие в этих структурах, в той или иной мере оказывали влияние друг на друга. Современная Байкальская рифтовая система и, прежде всего собственно Байкальский рифт, в своем формировании и пространственном положении контролируется возобновившимися в кайнозой подвижками по заложившейся в архее раздвиго-сдвиговой системе крупнейших разрывных нарушений. В статье предлагается оригинальная гипотеза происхождения Байкальской складчатой области, началом зарождения которой послужило образование континентальной системы, формирующейся циклично до настоящего времени.

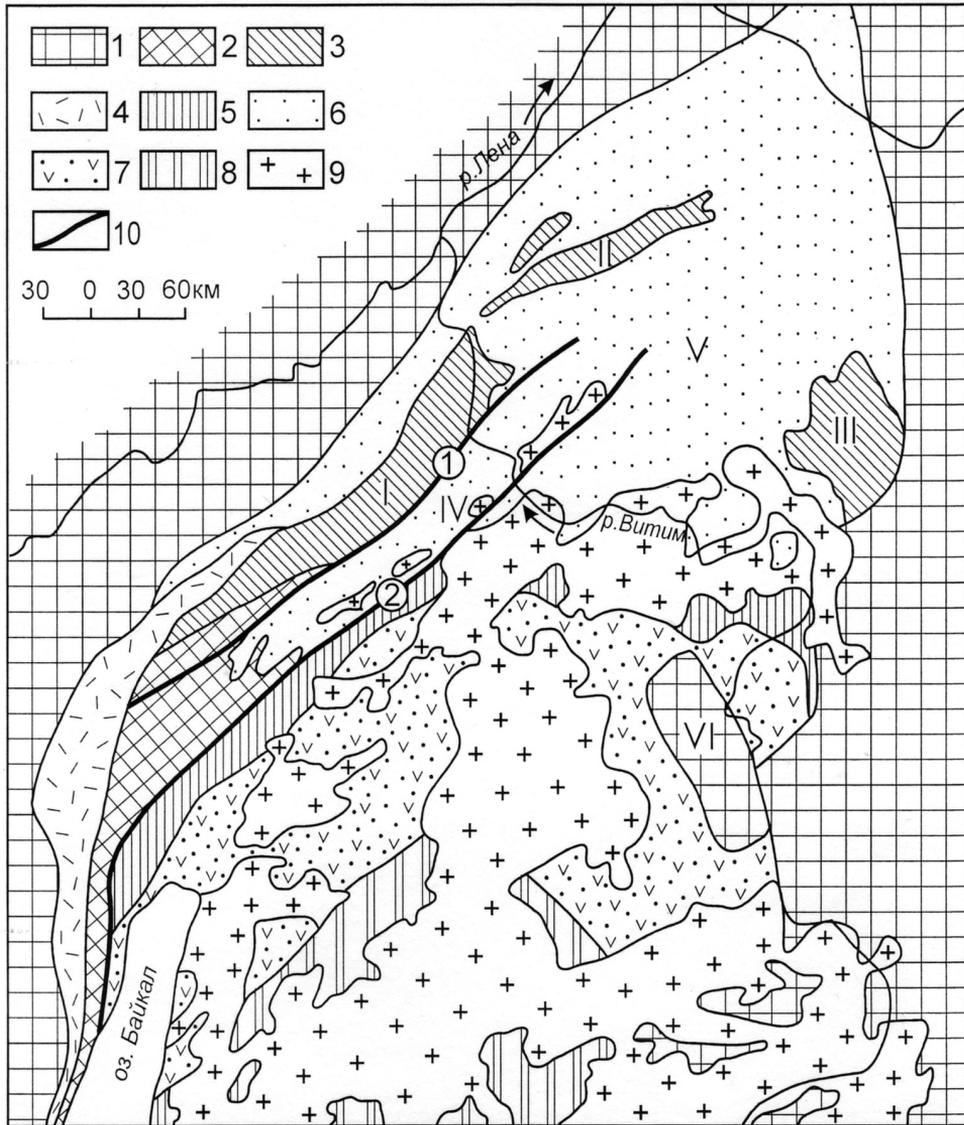
**Ключевые слова:** Байкальский рифт, Байкальская складчатость, Сибирская протоплатформа, геологическое районирование, грабен, кайнозой, архей, сдвиг.

Байкальская складчатая область (БСО) – одно из самых интересных и загадочных явлений в геологической истории Земли. Вдающееся с юга в структуру Сибирской платформы складчатое сооружение является предметом острых дискуссий со времен Э. Зюсса и Л. Делоне (1901–1911), В. А. Обручева и М. М. Тетяева (1914–1932) [Салоп, 1967] и до настоящего времени. Наиболее противоречивые точки зрения высказываются в отношении докембрийских образований северной части Байкальской складчатой области – Байкало-Патомского нагорья. Ее рассматривают то как часть фундамента платформы (Алданского щита), закончившей свое развитие в раннем протерозое [Тектоника фундамента ..., 1978], то она выступает в качестве причленившегося в конце раннего протерозоя к платформе террейна [Гусев, Хаин, 1995], то считают областью сочленения трех плит – Ангарской и Чарско-Алданской континентальных и океанической [Кушев, 1976]. Существуют и другие точки зрения, но при любой из взятых в пример эта часть складчатой области, в отличие от расположенного южнее Байкало-Муйского офиолитового пояса,

наименее затронута активными тектоническими процессами, и именно здесь возможно решить некоторые ключевые вопросы в геологической истории развития этой крупнейшей структуры земли.

В современной мегаструктуре северной части Байкальской складчатой области выделяют две главные структурно-фациальные зоны: внешнюю – Приленскую, и внутреннюю – Мамско-Бодайбинскую (рис. 1), которые разделяются зоной геоантиклинальных поднятий. Во внешней зоне развиты непрерывные разрезy рифея, венда, кембрия, ордовика, силура и девона. В пределах зоны поднятий обособляются три крупные структуры: Чуйский, Тонодский и Нечерский антиклинории, сложенные метаморфическими толщами (кевактинская серия) и прорывающими их гранитами чуйско-нечерского комплекса раннепротерозойского возраста. На северо-западном крыле Чуйского поднятия метаморфические толщи перекрываются эффузивами Аkitканского вулканического пояса, возраст которых определяется как раннепротерозойский. В юго-восточной части Нечерского поднятия и в Укучиктинской структуре, расположенной в южной части Чуйского поднятия, выделяют образования архейского возраста [Докембрий Патомского нагорья, 1995; Сизых, 1998]. Внутренняя зона представляет собой прогиб, в пределах которого расположены Мамский, Бодайбинский синклинии и Делюн-Уранская зона [Салоп, 1964], где распространены преимущественно рифейские и рифейско-вендские осадочные и вулканогенно-осадочные образования, претерпевшие в палеозое прогрессивный зональный метаморфизм кианит-силлиманитового типа. Считается, что эта часть складчатой области развивалась в режиме пассивной континентальной окраины и ее часто включают в состав платформы, проводя краевой шов последней по северной границе Байкало-Муйского (Байкало-Витимского, Муйского и др.) офиолитового пояса [Васильев, Беличенко, Резницкий, 1997].

Байкало-Муйский офиолитовый пояс – одна из самых спорных структур складчатой области. Причины, время его образования, возраст и природа составляющих его комплексов трактуются по-разному в зависимости от позиций исследователей [Добрецов, 1983; Схема стратиграфии ..., 1987; Sm-Nd-данные о возрасте ..., 1998; Салоп, 1967; Станевич, Переляев, 1997; Федоровский, 1985]. В пределах пояса распространены габброиды и гипербазиты, плагиограниты, спилиты, диабазы, кератофиры. Возраст пояса определяется от раннепротерозойского [Салоп, 1967; Федоровский, 1985] до позднепротерозойского [Схема стратиграфии ..., 1987] и позднерифейско-вендского [Sm-Nd-данные о возрасте ..., 1998]. В его составе присутствуют глыбы древней, предположительно, архейской континентальной коры – Муйская глыба (Северная и Южная) в обрамлении, и офиолитов. В результате исследований последних лет архейский возраст поставлен под сомнение – расчеты Sm-Nd модельного возраста осадочных пород Южно-Муйской глыбы соответствуют 1400 млн лет [Доронина, Скляр, 1995]. Образования Мамско-Бодайбинского синклиния, Делюн-Уранской зоны и Байкало-Муйского офиолитового пояса прорываются палеозойскими гранитоидами северной части Ангаро-Витимского ареал-плутона.



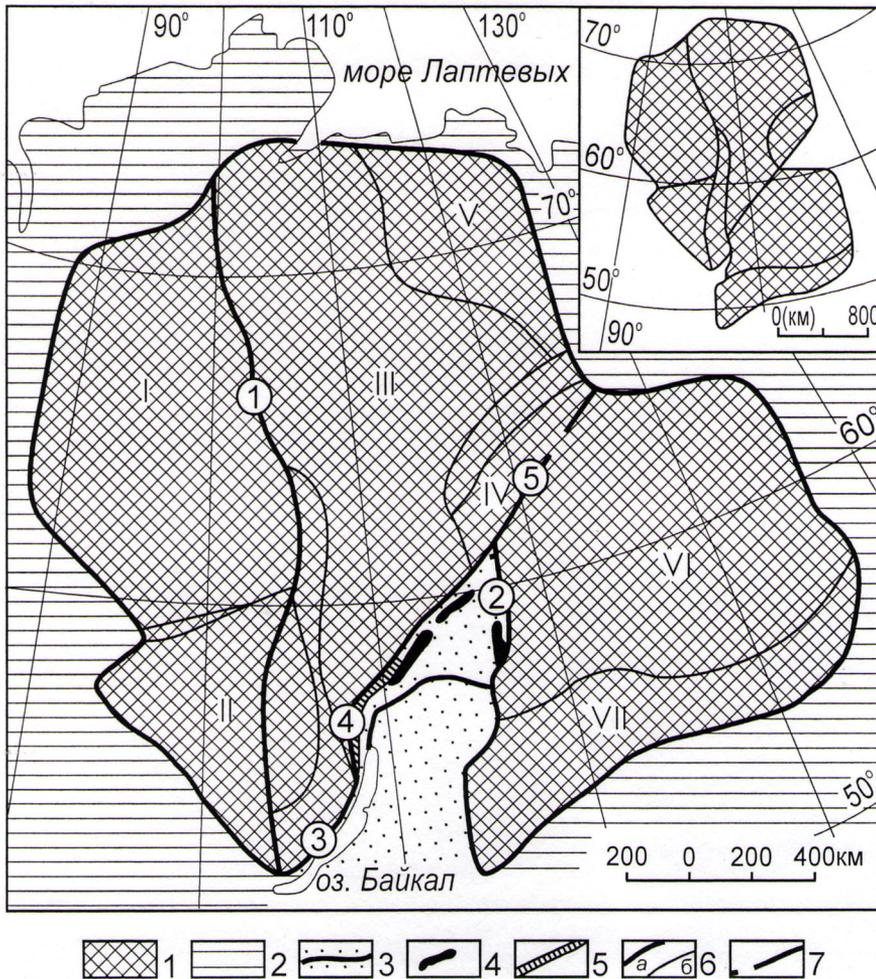
**Рис. 1.** Схематизированная геологическая карта северной части Байкальской складчатой области.

I–III – поднятия (I – Чуйское, II – Тонодское, III – Нечерское); IV–V – синклинии (IV – Мамский, V – Бодайбинский); VI – Муйская глыба.

Условные обозначения: 1 – Сибирская платформа (континентальная кора, образованная в архее); 2 – преимущественно архейские образования Чуйско-Укучиктинской структуры; 3–4 – раннепротерозойские образования; 5–6 – рифейские образования (5 – преимущественно вулканогенные Делюн-Уранской зоны, 6 – преимущественно осадочные); 7 – вулканогенные образования Байкало-Муйского офиолитового пояса нерасчлененные; 8 – условно раннепалеозойские образования; 9 – комплексы палеозойских гранитоидов; 10 – разломы (1 – Чуйский, 2 – Абчадский)

В пределах Байкальской складчатой области и прилегающих частей Сибирской платформы широко распространены разрывные нарушения, различные по возрасту, геологической значимости, глубинности, морфологии и механизмам формирования [Докембрий Патомского нагорья, 1995; Егоров, 1978; Лобачевский, Ветров, 1976; Митрофанов, Таскин, 1994; Салоп, 1967]. И снова, в зависимости от позиций исследователей, акцентируется внимание на одних и игнорируется наличие других нарушений. Очевидно, что все выделяемые по тем или иным признакам разрывы имеют место. Часть нарушений распространена только в пределах складчатой области, часть – в пределах платформы, но имеются и сквозные, прослеживаемые из фундамента платформы в складчатую область. По всей совокупности разломов отчетливо выделяются четыре основных направления: широтное, меридиональное, северо-восточное и северо-западное.

Поскольку Байкальская складчатая область примыкает непосредственно к Сибирской платформе, надо полагать, что история их развития взаимосвязана. На всех схемах тектонического районирования платформы и ее обрамления показано блоковое строение земной коры [Тектоническое районирование фундамента ..., 1978; Структурно-тектоническое положение ..., 1989; Митрофанов, Таскин, 1994]. И хотя у разных авторов количество блоков, их форма и размеры в составе платформы различаются, можно выделить следующие основные структуры: Ангаро-Тунгусский, Анабаро-Чонский и Алдано-Становой мегаблоки, и разделяющие их тектонические швы меридиональной и северо-восточной ориентировки (рис. 2). Алдано-Становой мегаблок на всех геолого-геофизических картах обособлен от основной части платформы Вилюйской синеклизой или Вилюйским тектоническим швом. Он вносит дисгармонию в компактную, почти правильную трапециевидную форму Сибирской платформы (в отличие от других древних платформ), с западной стороны от севера до Енисейского кряжа на юге, а с восточной на всем протяжении, включая восточную и западную части Алданского блока, платформа имеет меридиональные ограничения. Южная граница основной части платформы (без Алдано-Станового мегаблока) представляет собой выступающий к югу угол, образованный разломами северо-западного и северо-восточного направлений, которые вписываются в регматическую сеть Земли. Менее отчетливо в структуре платформы прослеживается широтное направление: это северное ограничение платформы, а также южное и северное ограничения Алдано-Станового мегаблока. Байкальская складчатая область отделена от платформы тектоническими швами, которые одновременно являются и краевыми швами платформы. Жуинский тектонический шов, отделяющий Алданский блок от складчатой области, имеет меридиональное направление. Южное продолжение этого шва проводится по-разному, главным образом из-за того, что архейские породы в этом районе разрознены, картируются фрагментарно, поскольку здесь интенсивно проявлены последующие геологические процессы. Но в целом сегменты южного продолжения Жуинского шва имеют северо-восточную и меридиональную ориентировку. Такое же строение имеет Байкало-Вилюйский шов, но его положение более определено.



**Рис. 2.** Схема структур дорифейского фундамента Сибирской платформы и северной части Байкальской складчатой области.

Тектонические мегаблоки: I, II – Ангаро-Тунгусский (I – Тунгусский, II – Ангарский блоки); III–V – Анабаро-Чонский (III – Анабаро-Байкальский, IV – Вилюйский, V – Оленекский блоки); VI–VII – Алдано-Становой (VI – Алданский, VII – Становой блоки).

Межблоковые тектонические швы: 1 – Саяно-Анабарский; 2 – Жуинский; 3 – Байкальский; 4 – Ахитканский; 5 – Вилюйский.

На врезке показан контур Сибирской платформы в случае совмещения по меридиану восточной границы ее основной части с восточной границей Алдано-Станового блока.

Условные обозначения: 1 – раннедокембрийская континентальная кора; 2 – обрамление платформы (дорифейские, рифейские и палеозойско-мезозойские образования); 3–5 – Байкальская складчатая область (3 – северная граница Байкало-Муйского офиолитового пояса, 4 – раннепротерозойские образования Чуйско-Тонодско-Нечерского поднятия, 5 – Ахитканский вулканно-плутонический пояс); 6 – граница платформы, межблоковые тектонические швы основные (a) и второстепенные (b); 7 – предполагаемое продолжение тектонического шва под образованиями Вилюйской синеклизы

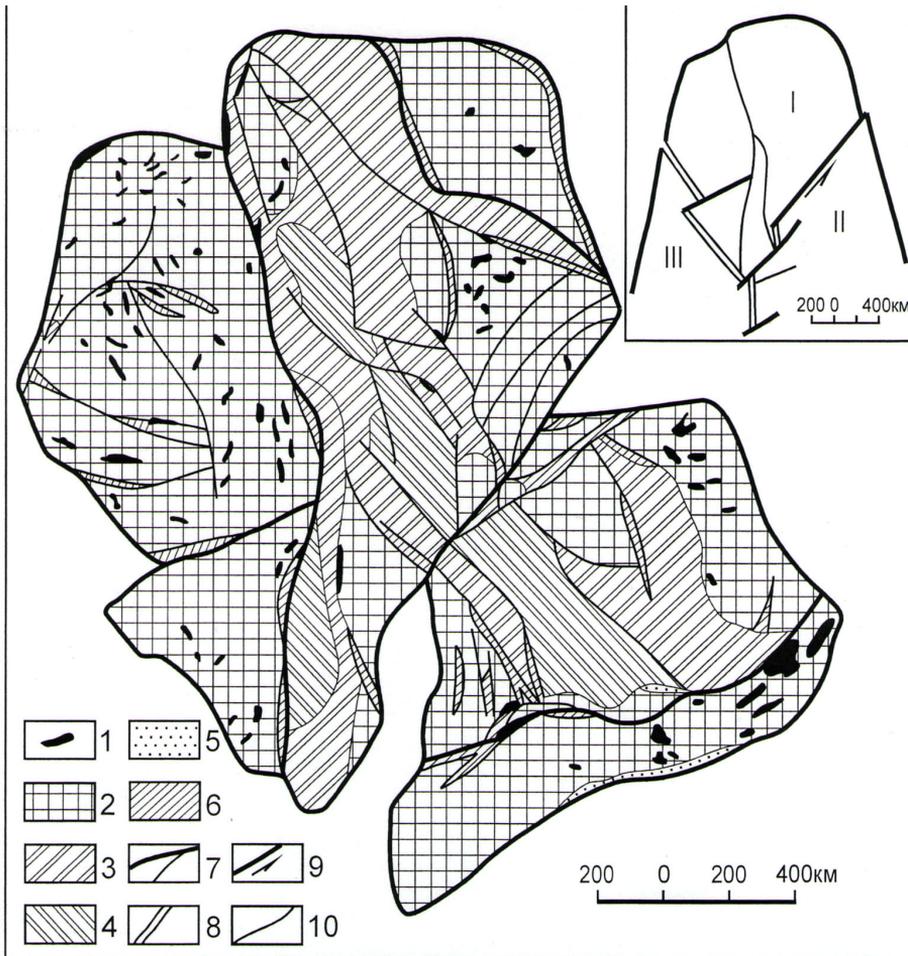
Он состоит из трех сегментов, ориентированных в северо-восточном направлении: Приморского, Вилюйского и субмеридионального Ачитканского, отделяющих Байкальскую складчатую область и Алдано-Становой блок от основной части платформы [Геологическая карта ..., 1982; Карта магматических формаций ..., 1988; Тектоника фундамента ..., 1978].

Таким образом, Сибирская платформа представляет собой мегаблок древней континентальной коры, форма которого обусловлена сетью пересекающихся ограничений субширотного, меридионального, северо-восточного и северо-западного направлений, компактность которого нарушена на востоке выступом Алдано-Станового блока. Совмещая восточные границы основной части платформы и Алдано-Станового блока, сдвигая его вдоль северо-восточного (Вилюйского) сегмента Байкало-Вилюйского шва в юго-западном направлении, мы обнаруживаем следующее: при совпадении названных границ совмещается и западная меридиональная граница Алданского блока с восточной границей Ангарского. При этом территория Байкальской складчатой области полностью «закрывается». Платформа приобретает на западе и востоке почти идеальные меридиональные ограничения, за исключением юго-западного участка ее границы (рис. 3, врезка).

Следуя предположению о первичном меридиональном ограничении платформы, возможно предположить, что существовал и ее юго-западный угол.

Обратимся к внутреннему строению фундамента Сибирской платформы. Р. А. Гафаровым с соавторами [1978] составлена тектоническая карта ее до-рифейского фундамента. В длительной и сложной истории становления до-рифейской континентальной коры этой мегаструктуры распознаются два этапа. Ранний этап (до 3,0–3,5 млрд лет) привел к формированию гранулит-базитового слоя, поздний (от 3,0–1,5 млрд лет) отвечал времени преобразования пород раннего этапа (см. рис. 3).

Комплексы раннего этапа представлены образованиями базит-гипербазитового меланократового фундамента и глубоко метаморфизированной осадочно-вулканогенной оболочки первичной земной коры. К ним отнесены массивы и тела гипербазитов, метагабброидов, габбро-амфиболитов, основных и ультраосновных кристаллических сланцев, анортозитов и габбро-анортозитов. Тела гипербазитов в обнаженных выступах основания литосферы, представленные перидотитами, пироксенитами, лерцолитами и другими ультраосновными породами, иногда расположены в зонах протяженных разломов, как правило, разделяющих крупные области различного строения. Среди образований позднего этапа выделены комплексы океанической стадии, комплексы рифтогенных шовных прогибов и комплексы переходной стадии. Комплексы рифтогенных шовных прогибов имеют осадочно-вулканогенный и железисто-кремнистый, нередко железорудный состав, тектонически прослоены телами гипербазитов и габброидов – так называемый троговый комплекс. Ориентировка погребенных шовных прогибов подчинена субширотному и субмеридиональному направлениям, и приурочены они к зонам крупных разломов. Особенно часто шовные структуры располагаются



**Рис. 3.** Палеотектоническая карта дорифейского фундамента Сибирской платформы для конца раннего архея [по: Тектоническое районирование фундамента ..., 1978].

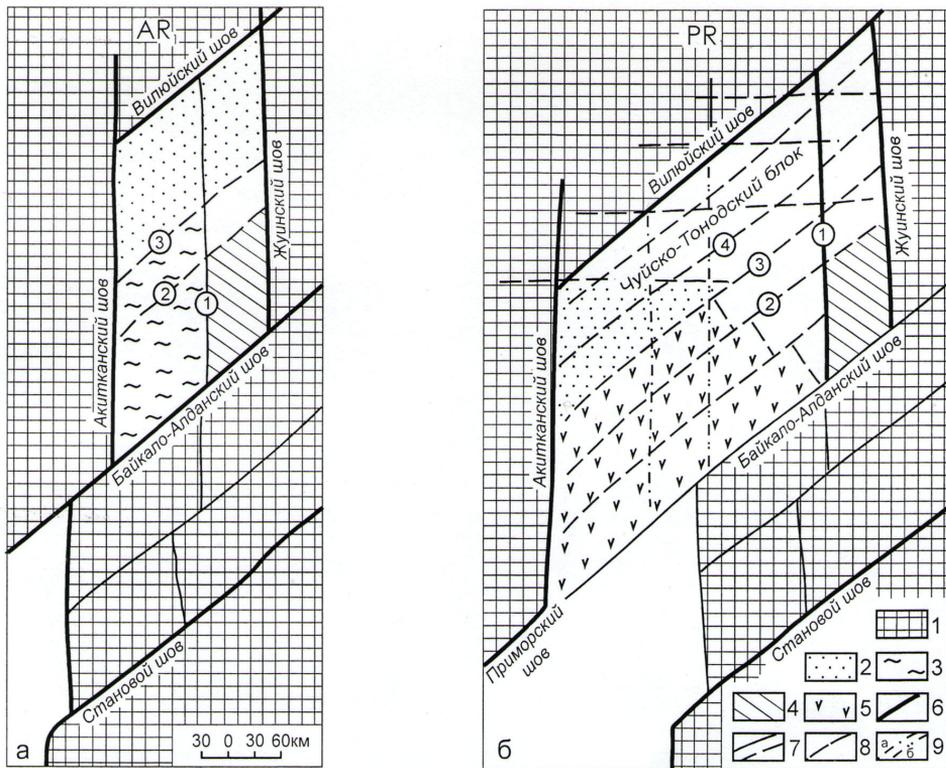
Условные обозначения: 1–4 – комплексы протометаморфического гранулит-базитового слоя, образовавшегося к 3,5–3,0 млрд лет: 1 – меланократовый фундамент (массивы и тела гипербазитов, метагаббро, габбро-амфиболитов, меланократовых амфиболитов и кристаллических сланцев, массивы анартозитов и габбро-анартозитов); 2 – меланократовый фундамент, архейские аналоги образований океанической стадии нерасчлененные, подвергшиеся региональной раннепротерозойской гранитизации, повторному регрессивному метаморфизму (2,4–1,7 млрд лет); 3–4 – глубоко метаморфизованная архейская осадочно-вулканогенная оболочка первичной земной коры (3 – аналоги образований вулканических стадий с широким развитием основных вулканитов, 4 – аналоги образований океанической и переходной стадий нерасчлененные с широким развитием первично-осадочных комплексов); 5 – осадочно-вулканогенные океанические стадии (до 2,6 млрд лет); 6 – осадочно-вулканогенные и железисто-кремнистые рифтогенные образования шовных прогибов (3,0–2,6 млрд лет); 7 – межблоковые тектонические швы и внутриблоковые разломы; 8 – зоны раздвига; 9 – сдвиги (трансферы) и направление движения; 10 – крупные тектонические нарушения, оставшиеся за пределами рифтовой системы. На врезке показана палеотектоническая схема Сибирского протоконтинента для конца раннего архея – начальная стадия формирования рифтовой системы. Блоки: I – Анабаро-Ангарский, II – Алдано-Становой, III – Таримо-Тибетский

на границах складчатых областей различного строения, трассируя протяженные линеаменты. В некоторых случаях и тела гипербазитов раннего этапа, и комплексы рифтогенных шовных прогибов располагаются в одних и тех же тектонических швах. То есть в раннем архее основание платформы было разделено на ряд блоков подвижными зонами. Некоторые из них сохраняли активность и в более позднее время.

Характер и ориентировка архейских структур Анабаро-Чонского и Алдано-Станового блоков обнаруживают удивительное сходство, а при мысленном смещении Алдано-Станового блока по Вилуйскому шву выделенные структуры совмещаются, образуя единый структурный план с небольшими отклонениями, вызванными, очевидно, последующими трансформациями. Но при том, что структуры названных блоков совместились, пространство, занимаемое Байкальской складчатой областью, полностью не закрылось и восточные ограничения Алдано-Станового и Анабаро-Чонского блоков платформы также не совместились по меридиану. Из предположения о первичном меридиональном ограничении платформы следует вывод о том, что ко времени формирования структурного плана архейского основания платформы (3,5–3,0 млрд лет) Алдано-Становой блок уже был сдвинут на северо-восток примерно на 200 км и в относительно узком межблоковом пространстве должны были сформироваться архейские образования.

Действительно, архейские образования в северной части Байкальской складчатой области фиксируются лишь на крайнем востоке в пределах Нечерского поднятия и на крайнем западе в пределах южной части Чуйского поднятия. При совмещении структур фундамента область их распространения соответствует площади межблокового пространства, образованного к концу раннего архея (рис. 4, а).

Таким образом, в конце раннего архея произошло разобщение некогда единой структуры на отдельные относительно мелкие блоки. На то, что это была единая структура, указывают границы блоков, слагающих фундамент платформы, – они конформны. Восточное и западное ограничения платформы имели меридиональную ориентировку. Подобную ориентировку имеет и восточная граница Восточно-Европейской платформы. Возможно, что когда-то они представляли единое целое. Затем по системе меридиональных нарушений протоплатформа была разделена на блоки и в результате горизонтальных перемещений литосферные плиты отделились одна от другой. Тогда же Сибирская платформа была разделена на две части: западную, представленную Ангаро-Тунгусским блоком, который впоследствии сохранил свою целостность, и восточную. После этого заложилась и активно проявила себя системы нарушений северо-восточного и северо-западного простираний, разделившие восточную часть платформы на более мелкие фрагменты, один из которых (Алдано-Становой) и был сдвинут на северо-восток. С этого времени начинается развитие Байкальской складчатой области как подвижной области, образованной в результате косога раздвига-сдвига одного из блоков платформы. Произошло это событие в конце раннего архея.



**Рис. 4.** Палеотектоническая схема Байкальской складчатой области для позднего архея (а) и раннего протерозоя (б).

Разломы: 1 – Нечерский; 2 – Байкало-Жуинский; 3 – Абчадский; 4 – Чуйский.

Условные обозначения: 1 – архейский фундамент Сибирской платформы; 2 – Чуйско-Укучиктинский блок; 3 – Нюрундуканский блок; 4 – Нечерский блок; 5 – вулканогенные образования Байкало-Муйского офиолитового пояса; 6 – тектонические швы на границе Сибирской платформы и складчатой области; 7–8 – разломы: 7 – заложившиеся в архее – раннем протерозое, 8 – проявившиеся в конце раннего протерозоя; 9 – положение Нечерского разлома (а) и Жуинского тектонического шва (б) в архее (на схеме б)

Причиной тектонической перестройки фундамента платформы и заложения подвижной области послужило формирование внутриконтинентальной рифтовой системы в виде цепочки впадин (аналогичной современной Байкальской рифте) (см. рис. 3, врезка). Рассматриваемая область представляла собой конечное звено рифтовой системы, простирающейся далеко на юг. Это была внутриконтинентальная впадина, образованная на крайнем западе северной части современной Байкальской складчатой области (Патомская впадина). С юга и севера она ограничивалась соответственно Вилюйским и Байкало-Алданским разломами трансформного типа, с запада – Аkitканским, с востока – Жуинским меридиональным. Присутствие архейского этапа развития в этом регионе устанавливается по наличию архейских вещественных комплексов, значительно видоизмененных, разрозненных, сохранившихся фрагментарно и часто восстанавливаемых лишь по косвенным признакам. В пределах Чуйско-Укучиктинской структуры породы архея оказались глубоко

преобразованы неоднократными метаморфическими процессами [Сизых, 1998]. Это различные гнейсы, кристаллосланцы, мигматиты. К этому же времени, возможно, относятся и дважды метаморфизированные образования нюрундуканской свиты (вначале в гранулит-чарнокитовой, а затем в эпидот-амфиболитовой фациях метаморфизма), сосредоточенные в западной части Байкало-Муйского офиолитового пояса. На Нечерском поднятии архейские образования в виде ксенолитов и обособленных блоков включены в поля гранитов и гнейсов раннего протерозоя. Сложены они гнейсами с минеральными парагенезисами гранулитовой фации метаморфизма [Докембрий Патомского нагорья, 1995]. Характер структур архейского возраста восстановить практически невозможно по причине многократных проявлений последующих событий, поскольку складчатая область, в отличие от платформы, в силу своей специфики – мобильная область.

Таким образом, амплитуда сдвига Алдано-Станового блока по Виллойскому разлому в архее устанавливается по совпадению структур архейского фундамента платформы при совмещении блоков и по характеру распространения архейских образований в пределах складчатой области.

Следующий этап в развитии региона фиксируется более уверенно по присутствию разрозненных выходов пород раннепротерозойского возраста, по периферии складчатой области – в Чуйско-Тонодско-Нечерской зоне поднятий.

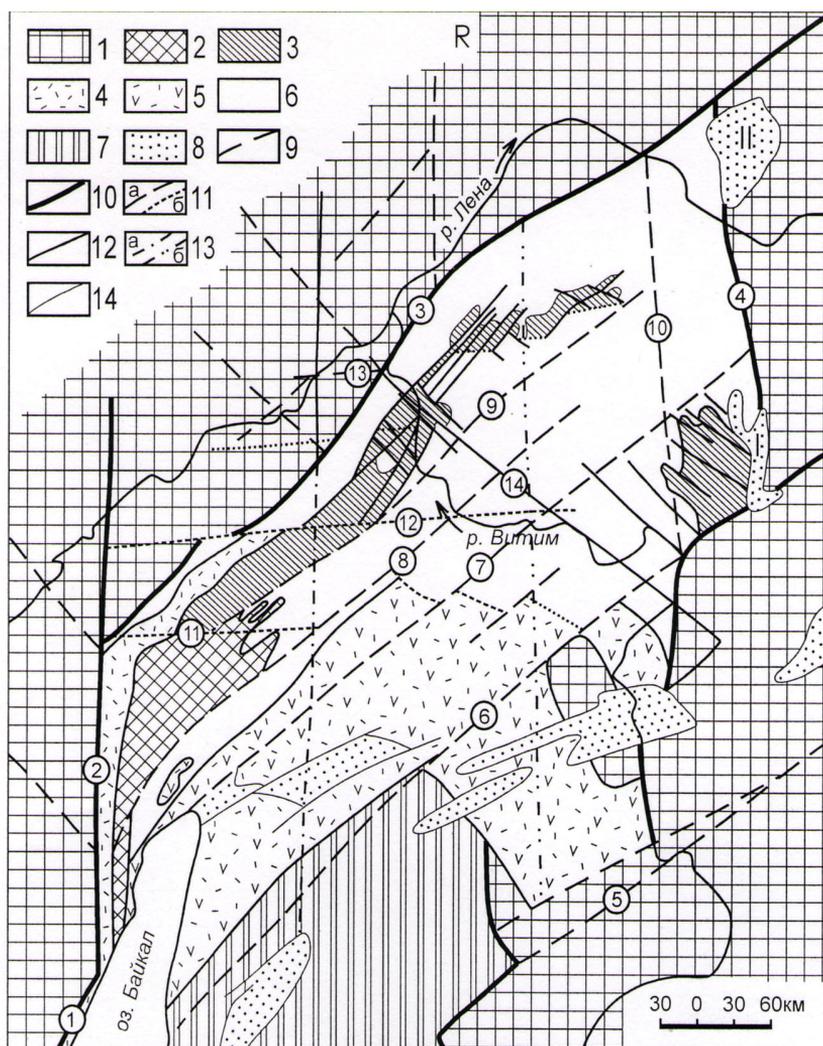
Осадочные образования того времени (кевактинская серия) представлены разнообразными метапесчаниками, метаконгломератами, гнейсами, тремолитовыми мраморами, сланцами с присутствием туфогенного вещества основного и кислого состава. В них заключены послынные и секущие тела метабазитов, иногда в большом количестве (Быстринская антиклиналь). После длительной стабилизации в конце архея, устанавливаемой по наличию кварцитов илинакской свиты, залегающих в основании раннепротерозойского разреза, вновь произошла активизация тектонического режима. Заложённая в первой половине архея внутриконтинентальная рифтовая система продолжила свое развитие. Об амплитуде сдвига Алдано-Станового блока по Виллойскому разлому можно судить по распространению раннепротерозойских образований, область накопления которых ограничивалась серединой современного контура Тонодского поднятия. Она составила примерно 240 км (рис. 4, б). В этот период проявились разломы северо-восточного направления, параллельные Виллойскому трансформному разлому (возможно, они были заложены в начальный этап развития рифта): Чуйский, Абчадский, Байкало-Жуинский и др. Формировалась и меридиональная рифтогенная система нарушений, субпараллельная ограничениям Ангарского и Алданского блоков, в частности, Нечерский сброс. В результате основание Патомской впадины было разбито на блоки, которые, судя по сохранившимся фрагментам архейских и раннепротерозойских образований, ступенчато погружались к ее центру. Часть архейского основания, ограниченная Нечерским сбросом, сдвинулась на восток вместе с Алданским блоком (Нечерское поднятие), а часть, примыкавшая к Ангарскому блоку, осталась на месте (Чуйско-Укучиктинская структура и южнее). Они представляли наиболее стабильные и наиболее поднятые участки рифтовой зоны. Выступающая часть Станового блока, отделенная от Алданского Байкало-Алданским разломом, попала в

активную зону развивающегося рифта, и его целостность была нарушена отдельными проникающими в него разломами, в частности Нечерским.

Тип и характер осадков указывает на то, что их накопление происходило в условиях окраинного моря и соответствовало шельфу и континентальному склону. То есть Патомская впадина в раннем протерозое представляла собой окраинно-морской бассейн, отделенный от основной акватории выступающей частью Станового блока и островными дугами, устанавливаемыми в западной части современного Байкало-Муйского офиолитового пояса [Позднепротерозойская эволюция ..., 1994]. На условия растяжения указывает обилие метабазитов. Рифтогенез привел к утонению сформированной к этому времени протоконтинентальной коры (протометаморфического слоя [Тектоническое районирование фундамента ..., 1978]) и, возможно, к ее раскрытию с новообразованием коры океанического типа. После этого последовала стадия закрытия осадочного бассейна за счет сближения континентальных блоков, завершившаяся мощной гравитацией и гранитоидным интрузивным магматизмом на уровне 2,0–1,7 млрд лет. Завершился этот процесс на рубеже раннего и позднего протерозоя (1,6–1,7 млрд лет) формированием Аkitканского вулканоплутонического комплекса, являющегося свидетельством субдукции.

В рифее-палеозое после раннепротерозойского орогенеза и последующей стабилизации тектонического режима, фиксируемого корой выветривания, вновь произошли события, во многом близкие раннепротерозойским. И немалую роль в последующей истории и развитии региона сыграла заложившаяся в конце архея – начале протерозоя тектоническая анизотропия.

К началу раннепротерозойского рифтогенеза проявила себя система субширотных близвертикальных блоковых ограничений, которая нашла отражение как в фундаменте платформы, так и в ограничениях складчатой области (разломы выделены Н. Ю. Давыденко по геофизическим данным – рис. 5). В большинстве случаев они не фиксируются прямыми геологическими наблюдениями, так как впоследствии движения по ним не возобновлялись. Наиболее значимый из них – Лимпейско-Илаунский (вброшено северное крыло). Он фиксируется смещением в плане границы платформы, ограничивает распространение на север образований Аkitканского вулканоплутонического пояса, разграничивает Бодайбинскую впадину и Делюн-Уранскую зону, отличающуюся от синхронных отложений северных зон прежде всего присутствием вулканогенных пород. Восточнее он устанавливается только по геофизическим данным. Укучиктинский разлом на поверхности выражен слабо, расположен в районе замыкания Мамского синклиория. Тонодский разлом с юга ограничивает одноименное поднятие, целостность его нарушена системой сдвиговых нарушений северо-восточного направления. По этой системе взбросов и взбросо-сдвигов выведены на один уровень раннепротерозойские магматические образования различной степени глубинности. Гранитоиды чуйско-нечерского комплекса, во временном и пространственном отношении близкие интрузивным образованиям Аkitканского вулканоплутонического пояса скорее всего представляют разновидности единого процесса.



**Рис. 5.** Палеотектоническая схема севера Байкальской складчатой области для рифея. 1–5 – краевые тектонические швы: 1 – Приморский, 2 – Аkitканский, 3 – Виллоиский, 4 – Жуинский, 5 – Становой; 6–10 – внутрискладчатые блоковые ограничения: 6 – Байкало-Алданский, 7 – Байкало-Жуинский, 8 – Аkitканский, 9 – Чуйский, 10 – Нечерский; 11–13 – меридиональные нарушения: 11 – Лимпейско-Илаунский, 12 – Укучиктинский, 13 – Тонодский, 13 – Тонодский, I, II – кайнозойские впадины, отнесенные к Байкальской рифтовой системе.

Условные обозначения: 1–2 – архейские образования: 1 – фундамента платформы и блоков в пределах складчатой области, 2 – Чуйско-Укучиктинской структуры; 3–4 – раннепротерозойские образования: 3 – Чуйско-Нечерского антиклинория, 4 – Аkitканского вулканоплутонического комплекса; 5 – вулканогенные образования Байкало-Муйского офиолитового пояса; 6 – рифейские осадочно-вулканогенные образования; 7 – область складчатости, продолжавшая развитие в пострифейское время; 8 – кайнозойские впадины; 9 – разломы фундамента платформы; 10 – краевые ограничения платформы; 11–12 – разломы: 11а – заложившиеся в архее-протерозое, активизированные и продолжавшие развиваться в рифее, 11б – проявившиеся только в конце раннего протерозоя, 12 – заложившиеся в рифее; 13 – положение Жуинского тектонического шва в конце архея (а) и в конце раннего протерозоя (б); 14 – разломы кайнозойского заложения

В основании мощной толщи метаморфических образований Мамского и Бодайбинского синклиналиев, представленной зрелыми песчаниками, алевролитами, углеродистыми глинистыми сланцами и карбонатными породами, залегает пурпольская свита, состав которой резко отличается от других стратиграфических подразделений. Сложена она кварцитами, кварцевыми гравелитами и конгломератами, высокоглинистыми сланцами и представляет собой переотложенную метаморфизованную кору выветривания. Наличие последней указывает на длительную стабилизацию тектонического режима. Не менее своеобразен и состав медвежевской свиты, залегающей выше пурпульской. Сложена она конгломератами, гравелитами, песчаниками, зелеными сланцами, в отдельных участках в ее строении принимают участие вулканогенные образования как кислого, так и основного составов и железистые кварциты. Основание разреза свиты насыщено силами и дайками метабазитов чайского комплекса. Мощность свиты колеблется от первых десятков метров до 2700 м. Состав и характер разреза медвежевской свиты свидетельствуют о рифтовой ее природе. Метабазиты чайского комплекса по геохимическим параметрам имеют сходство с низкокалийевыми базальтами Сибирской трапповой провинции [Соколов, 1992]. А географическое положение, возрастная корреляция и геохимические особенности свидетельствуют об их формировании на этапе континентального рифтогенеза [Гладких, Гусев, 1993].

В процессе крупномасштабного геологического картирования, главным образом в местах распространения пурпольской и медвежевской свит, были выделены линейные структуры – грабены. Они формировались в течение всего медвежевского времени. Раннемедвежевские грабены имеют отчетливую субмеридиональную ориентировку, среднемедвежевские – субмеридиональную и северо-восточную, позднемедвежевские – северо-восточную. Структуры эти конседиментационные, отражают более масштабные процессы, на их примере можно проследить смену во времени механизма формирования рельефа. Общая фациальная изменчивость медвежевской свиты определялась двумя факторами: изменением общей глубины осадконакопления и происшедшим грабенообразованием. Анализ характера осадков позволяет определить, что, как и в пурпольское время, береговые линии медвежевского бассейна седиментации контролировались Вилюйским и Жуинским разломами, а глубина его уменьшалась к северу и северо-западу. И если во внутренних частях бассейна плечи грабенов находились ниже уровня моря, то в более мелководных участках они время от времени выступали выше его, формируя острова, поставляющие грубообломочный материал. Такими островами были Чуйско-Тонодское и Нечерское поднятия.

Вулканогенные образования медвежевской свиты наиболее характерны для северо-восточного склона Чуйского поднятия, где формировались в течение всего медвежевского времени. В этом же районе между Чуйским и Тонодским поднятиями свита имеет наибольшую мощность, грубый (валунно-галечный) состав, здесь же закартированы мощные горизонты железистых кварцитов, силы диабазов, вулканические постройки. Эти факты позволяют предполагать, что некогда единое Чуйско-Тонодское поднятие было разделе-

но грабенom. Перед указанными событиями целостность его уже была нарушена широтным разломом, фрагменты которого фиксируются в качестве южного ограничения Тонодского поднятия. Грабен этот северо-западного простирания более высокого ранга, чем картируемые в пределах свиты. Его юго-западным ограничением является Медвежевский разлом рифейского заложения (выделен Н. Ю. Давыденко). Он прослеживается из фундамента платформы, его возраст оценивается как раннепротерозойский. Возможно, наличие разлома в фундаменте платформы послужило причиной образования разлома в пределах складчатой области во время тектонической активизации. Он ограничивает Чуйское поднятие на северо-востоке, прослеживаясь в гранитах серией разрывных нарушений, в рифейском осадочном чехле – серией поперечных пликативных осложнений; в палеозойских гранитоидах к нему приурочен отрезок долины р. Витим, а на юго-востоке в его створе расположено разломное оз. Орон. По геофизическим данным неоднородность фундамента выражена градиентом поля –  $\Delta g$ , контрастно видна в контурах полей –  $\Delta T$ ,  $U$ ,  $Th$ ,  $K$ . Пересечение грабена северо-западного направления, ограниченного с юго-запада Медвежевским разломом, и наиболее погруженной областью северо-восточного направления (подтверждается наличием палеозойских щелочных и ультращелочных интрузий, трассирующих ее по простиранию), ограниченной Абчадским и Байкало-Жуинским разломами, в результате привело к образованию наиболее глубокой Бодайбинской впадины, на месте которой впоследствии сформировался Бодайбинский синклиорий.

Системы нарушений различного направления, образованные в процессе формирования рифейского рифта, в различных участках проявились с разной степенью интенсивности, что повлекло за собой существенные различия в строении этих участков. В восточной части в районе Нечерского поднятия более активной была система нарушений северо-западного простирания, в результате раннепротерозойские образования разделились на отдельные относительно крупные блоки. На северном фланге рассматриваемой области (Тонодское поднятие) наиболее интенсивно проявила себя система сдвиговых нарушений северо-восточного направления, в результате раннепротерозойские образования были «растянуты» на значительное расстояние, составившее в общей сложности 80–100 км. Разломы северо-западного простирания в этом районе играют второстепенную роль. На западном фланге поднятия гранитоида рассланцеваны до милонитов, приобретают сланцеватую текстуру. На восток интенсивность тектонической проработки гранитоидов затухает и на восточном фланге поднятия (Амандракский массив) развиты купольные структуры, отчетливо выделяемые по прямым геологическим наблюдениям, геофизическим, геохимическим и другим характеристикам.

Массивные гранитоиды, слагающие центральные части куполов, к периферии переходят в теневые мигматиты. Важно отметить тот факт, что уровень метаморфизма здесь не превышал зеленосланцевой фации в протерозойское и палеозойское время. Представляется, что раннепротерозойские образования Тонодского поднятия выведены на поверхность с различного уровня глубинности. Наиболее глубинные, корневые части гранитоидов, представ-

ленные в Амандракском массиве, появляются на поверхности в результате растяжения в процессе соскальзывания верхней части разреза и поднятия на поверхность нижней. Подобные процессы установлены в Забайкалье [Комплексы метаморфических ядер ..., 1997], они также согласуются с моделью континентального рифтогенеза, предложенной В. И. Козьминым и А. Ф. Бяковым [1997]. «При этом образуется широкая полоса наклонных верхнекорových блоков или “аллохтонов растяжения”, залегающих над неглубокой плоскостью пологого разлома. Местами эта плоскость и прилегающие нижнекоровые породы могут даже выходить на поверхность...» [Там же, с. 26]. Обе модели приведены для случаев простого раздвига. В рассматриваемой ситуации раздвиг сочетается со сдвигом.

Раздвиг блоков с меридиональными ограничениями со сдвиговой составляющей северо-восточного направления, в условиях имеющейся субширотной тектонической анизотропии, привел к созданию сложной результирующей картины. Перпендикулярно к направлению сдвига формировались нарушения отрывного характера, в результате была сформирована система разломов северо-западного направления, обусловившая наличие грабенов того же направления. Активизировались разломы северо-восточного и меридионального простираний, заложенные в раннем протерозое, в частности Нечерский. Как и в раннепротерозойское время, меридиональный блок, ограниченный Нечерским и Жуинским разломами, в пределах которого находится Нечерское поднятие, был сдвинут вместе с жестким блоком платформы и представлял собой наиболее поднятый участок в этой части складчатой области. Блоки, ограниченные Чуйским, Абчадским, Байкало-Жуинским разломами, ступенчато погружались на юго-восток. Формирование складчатой области, начавшееся в архее на крайнем западе, передвинувшееся в конце архея – начале протерозоя восточнее, в раннем рифее продолжалось на ее восточном фланге. То есть раскрытие территории будущей складчатой области происходило поэтапно с относительной стабилизацией западных частей современной складчатой области. В этап раннерифейской активизации сохранили относительную стабильность Чуйский и Нечерский блоки, в зону активного растяжения попал Тонодский. В результате сложных движений отдельных блоков по тектоническим нарушениям различного плана и характера был сформирован рифт меридионального направления. Образованная в рифее рифтовая впадина компенсировалась, как и в архее, протерозое, мощной толщей осадков. И если в северной части современной складчатой области рифтогенные процессы привели лишь к утонению коры континентального типа, образованной к тому времени, то южнее произошло разделение литосферных плит, на месте которого сформировался Байкало-Муйский офиолитовый пояс.

С позиций вышеизложенного развитие Байкало-Муйского офиолитового пояса представляется следующим образом. В зону активного рифейского рифтогенеза попал выступающий к югу блок платформы – Становой, целостность которого уже была нарушена в раннепротерозойский этап тектонической активизации. В результате он был разделен на блоки, один из которых

(Муйская глыба) сохранился в пределах Байкальской складчатой области до настоящего времени. Разделение блоков континентальной коры осуществлялось по системе нарушений отрывного характера северо-западного направления, сопровождающих северо-восточный сдвиг (трансформа). Активизировалась и западная часть пояса, начавшая формироваться в раннем протерозое, а, возможно, и в архее. Обнаружение бонинитовых лав в офиолитах рассматриваемого региона позволило Э. Г. Конникову с соавторами [1994] сделать вывод о том, что они образовались в окраинно-морском бассейне, близком по своей структуре и характеру эволюции магматизма к окраинным морям западно-тихоокеанского типа. По их мнению, развитие этого бассейна, отделенного от основной акватории цепочкой островов и подводных поднятий, на добайкальском этапе шло от спрединга и разрастания его дна к субдукции и образованию юных вулканических дуг. Дальнейшее его развитие происходило на фоне продолжавшейся аккреции. Окраинное море просуществовало от раннего рифея до венда, об этом свидетельствуют осадочные образования. Тогда же произошло формирование Байкало-Муйского офиолитового пояса. То есть это долгоживущая структура, в которой отражались события, происходившие в южной части современной складчатой области, как в более подвижной и проницаемой зоне, в отличие от северной с утоненным континентальным основанием.

Наличие рифейской погребенной меридиональной рифтовой структуры подтверждает и тот факт, что все известные рудопроявления и месторождения золота в этом регионе на севере, начиная от рудопроявлений в раннепротерозойских породах Тонодского поднятия, затем в рифейских Бодайбинской впадины и заканчивая архейскими породами Муйской глыбы и окружающих ее образований Байкало-Муйского офиолитового пояса на юге, сосредоточены в ее контурах [Карта металлогении золота ..., 1995]. Надо подчеркнуть, что рудопроявления располагаются в докембрийских образованиях различного возраста и типа. В пределах Байкало-Муйского офиолитового пояса установлено, что источником золота является сверхкларковое его содержание во вмещающих базит-ультрабазитовых комплексах. На месторождениях Бодайбинской впадины в золотых рудах обнаружена платиновая рудная минерализация. Кроме самородного золота и платины обнаружены самородное серебро, железо, титан, хром, алюминий, вольфрам, свинец, олово, медь, которые приносились в зону рудоотложения высокотемпературными растворами [Платина и другие самородные металлы ..., 1997]. То есть можно говорить о едином независимом глубинном источнике золота, связанном с базитами и ультрабазитами, сосредоточенными под утоненной, а потому более проницаемой континентальной корой рифтовой зоны.

Таким образом, Сибирская платформа входила в состав суперконтинента, который начал распадаться вследствие зарождения системы рифтов в конце раннего архея. Преимущественная ориентировка рифтовых систем имела меридиональное направление (в современной системе координат). Несколько позже уже в отделившемся блоке Сибирского протоконтинента по присутствующей меридиональной анизотропии, вновь образованной системе наруше-

ний северо-восточной и северо-западной ориентировки, сформировалась новая (или продолжала развиваться уже заложившаяся) рифтовая структура. В результате произошло относительное сдвигание Алданского блока в северо-восточном направлении первоначально примерно на 200 км. Платформа приобрела конфигурацию, близкую к современной. Итогом явилось заложение (раскрытие) будущей Байкальской складчатой области, которая располагалась в месте вырождения рифтовой структуры, и началом ее формирования исходя из вышеизложенного следует считать архей. Рассматриваемая часть складчатой области образована в результате поэтапного сдвигания Алдано-Станового блока в архее, раннем протерозое и рифее со смещением активной зоны на восток и относительной стабилизацией ее западных частей. Каждый этап активизации, приводящий к растяжению и утонению коры континентального типа, а, возможно, к ее разделению, завершался коллизионными процессами. В итоге Алдано-Становой блок был относительно сдвинут к северо-востоку в общей сложности на 650–700 км, а максимальная ширина образованной в результате этого сдвигания подвижной области составила около 400 км. Судя по всему, развитие территории шло по типу развития континентального рифта со слабым и эпизодическим проявлением магматизма (амагматический рифт) [Козьмин, Бяков, 1997]. Рифтогенез привел к утонению континентальной коры, сопровождающейся образованием односторонних грабенов и накоплением грабеновых фаций.

Рифтовая система, послужившая прообразом складчатой области, имела северо-восточную ориентировку с меридиональными сегментами. От места тройного сочленения (современная южная точка Сибирской платформы) она имела меридиональную ориентировку и простиралась далеко на юг. Современная Байкальская рифтовая система и прежде всего собственно Байкальский рифт в своем формировании и пространственном положении также контролируется возобновившимися в кайнозое подвижками в этой грандиозной раздвиго-сдвиговой зоне. Из проведенного анализа следует, что к этой системе следует относить также современные впадины, расположенные вдоль Жуинского разлома в меридиональном направлении (на рис. 5 обозначены цифрами I и II). Почему эта часть континента активна в течение столь длительного времени? На этот вопрос еще предстоит ответить и причину, очевидно, следует искать в подкоровых процессах. Проведенная реконструкция позволяет по-иному взглянуть не только на историю развития данного региона, но и ответить на многие другие вопросы. В частности, один из вытекающих выводов – крупномасштабного перемещения блоков земной коры, по крайней мере, в этом регионе не было. Происходило лишь поэтапное их сдвиговое смещение и раздвигание с последующим наращиванием в зонах раздвигания коры континентального типа.

### Список литературы

*Васильев Е. П.* Соотношение древней и кайнозойской структур на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны / Е. П. Васильев, В. Г. Беличенко, Л. З. Резницкий // ДАН. – 1997. – Т. 353, № 6. – С. 789–792.

*Геологическая карта Иркутской области и сопредельных территорий.* М 1:500000. – М. : Изд-во ВСЕГЕИ, 1982.

*Гладких В. С.* Низкокальциевые толеиты континентов: геодинамические условия образования, петрохимия и геохимия / В. С. Гладких, Г. С. Гусев // *Геотектоника.* – 1993. – № 5. – С. 44–60.

*Гусев Г. С.* О соотношениях Байкало-Витимского, Алдано-Станового и Монголо-Охотского террейнов (юг Средней Сибири) / Г. С. Гусев, В. Е. Хаин // *Геотектоника.* – 1995. – № 5. – С. 68–82.

*Добрецов Н. Л.* Офиолиты и проблема Байкало-Муйского офиолитового пояса / Н. Л. Добрецов // *Магматизм и метаморфизм зоны БАМ и их роль в формировании полезных ископаемых.* – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 11–18.

*Докембрий Патомского нагорья* / А. И. Иванов [и др.]. – М. : Недра, 1995. – 352 с.

*Доронина Н. А.* Особенности метаморфизма Южно-Муйской глыбы / Н. А. Доронина, Е. В. Скляр // *Российский фонд фундаментальных исследований в Сибирском регионе.* – Иркутск : Наука, 1995. – Т. 2. – С. 36–37.

*Егоров Ю. И.* Тектоника и глубинное строение Байкало-Патомского нагорья в свете геолого-геофизических данных / Ю. И. Егоров // *Тектоника и металлогения Восточной Сибири.* – Иркутск : Изд-во ВостСибНИИГГиМС, 1978. – С. 19–37.

*Карта магматических формаций юга Восточной Сибири и северной части МНР* (М 1: 10000000). – Л. : ВСЕГЕИ, 1988.

*Карта металлогении золота горных сооружений Юго-Восточной Сибири и Северной Монголии* (М 1: 1500000) / Ю. В. Комаров [и др.]. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 1995.

*Козьмин В. И.* Континентальные рифты: структурный контроль магматизма и раскол континентов / В. И. Козьмин, А. Ф. Бяков // *Геотектоника.* – 1997. – № 1. – С. 20–31.

*Комплексы метаморфических ядер в раннемеловой рифтогенез в Забайкалье* / Ю. А. Зорин, Е. В. Скляр, А. М. Мазукабзов, В. Г. Беличенко // *Геология и геофизика.* – 1997. – Т. 38, № 10. – С. 1574–1583.

*Кушев В. Г.* Байкальская горная область как пример древней зоны сочленения литосферных плит / В. Г. Кушев // *Геология и геофизика.* – 1976. – № 8. – С. 11–25.

*Лобачевский И. В.* О глубинном строении северной части Байкальской горной области по данным гравиметрии и ГСЗ / И. В. Лобачевский, С. В. Ветров // *Геология и геофизика.* – 1976. – № 7. – С. 55–62.

*Митрофанов Г. Л.* Структурное соотношение Сибирской платформы со складчатым окружением / Г. Л. Митрофанов, А. П. Таскин // *Геотектоника.* – 1994. – № 1. – С. 3–15.

*Платина и другие самородные металлы в рудах месторождения Сухой Лог* / Н. П. Лаверов, В. В. Дистлер, Г. Л. Митрофанов, Л. К. Семейкина, В. К. Немеров, В. А. Коваленкер, А. В. Мохов, М. А. Юдовская // *ДАН.* – 1997. – Т. 355, № 5. – С. 664–668.

*Позднепротерозойская эволюция северного сегмента Палеоазиатского океана: новые радиологические, геологические и геохимические данные* / Э. Г. Конников [и др.] // *Геотектоника.* – 1994. – № 7–8. – С. 152–168.

*Салоп Л. И.* Геология Байкальской горной области / Л. И. Салоп. – М. : Недра, 1964. – Т. 1. – 516 с.

*Салоп Л. И.* Геология Байкальской горной области / Л. И. Салоп. – М. : Изд-во АН СССР, 1967. – Т. 2. – 700 с.

*Сизых А. И.* Эволюция метаморфизма и рудообразования в докембрии Чуйско-Укучиктинского метаморфического пояса Северного Прибайкалья / А. И. Сизых //

Структурно-вещественный комплекс докембрия Восточной Сибири. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 1998. – С. 142–157.

*Соколов С. К.* Рифтовые и шельфовые комплексы протерозойского Бодайбинского прогиба и закономерности размещения золотого оруденения : автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / С. К. Соколов. – М., 1992. – 27 с.

*Станевич А. М.* К стратиграфии позднего докембрия Средневитимской горной страны (Делюн-Уранский хребет) / А. М. Станевич, В. И. Переляев // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38, № 10. – С. 1642–1652.

*Структурно-тектоническое* положение кимберлитов на древних платформах / В. Г. Кушев [и др.] // Проблемы кимберлитового магматизма. – Новосибирск : Наука, 1989. – С. 38–42.

*Схема* стратиграфии геологического картирования в масштабе 1:50000 Восточной Сибири / Т. А. Дольник, Г. Л. Митрофанов, А. П. Таскин, М. И. Стецюк. – Новосибирск : Изд-во СНИИГГиМС, 1987. – С. 93–99.

*Тектоника* фундамента Восточно-Европейской и Сибирской платформ // Тр. ГИН АН СССР. – М. : Наука, 1978. – Вып. 321. – 192 с.

*Тектоническое* районирование фундамента Сибирской платформы и этапы становления его континентальной коры / Р. А. Гафаров [и др.] // Геотектоника. – 1978. – № 1. – С. 43–57.

*Федоровский В. С.* Нижний протерозой Байкальской горной области / В. С. Федоровский. – М. : Наука, 1985. – 200 с.

*Sm-Nd-данные* о возрасте ультрабазит-базитовых массивов восточной ветви Байкало-Муйского офиолитового пояса / А. Э. Изох, А. С. Гибшер, Д. З. Журавлев, П. А. Балыкин // ДАН. – 1998. – Т. 360, № 7. – С. 88–92.

## The Baikal Rift as a Long-Lived System

T. M. Melnikova

**Abstract.** The formation and subsequent development of the Baikal rift, which is located on the verge of such large-scale regional structures as the Siberian platform and the Baikal orogen, is obviously related to the evolution of these structures, which are some of the largest on earth. While the Siberian platform is a relatively stable province since its initial development, the Baikal orogen has undergone several active tectonic alterations. One can assume that events taking place in the structures influenced each other to some extent. The modern Baikal rift system and, to a wider extent, the Baikal rift itself were determined in their formation and location by the adjustment movements that resumed in the Cenozoic, according to a displacement system of biggest ruptural dislocations settled in the Archaean. This article contains an original hypothesis of etiology of the Baikal orogen, which is believed to have formed as a result of the creation of a continental system, still being formed cyclically in recent times.

**Key words:** Baikal rift, Baikal orogeny, Siberian protoplatform, geologic demarcation, trough, Cenozoic, Archean, upheavals.

*Мельникова Татьяна Михайловна* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Иркутский государственный университет, 664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1, strahova-tm@mail.ru

*Melnikova Tatyana Mykhaylovna* – Ph. D. in Geology and Mineralogy, Docent, Irkutsk State University, 1, K. Marks str., Irkutsk, Russia, 664003, strahova-tm@mail.ru