

## НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ЛЕДНИКОВЫЕ ПОКРОВЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: U-Pb-LA-ICP-MS ДАТИРОВКА ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ БОЛЬШЕПАТОМСКОЙ СВИТЫ И ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ СНОСА

© 2011 г. Н. М. Чумаков\*, У. Линнеманн\*\*, М. Хофманн\*\*, Б. Г. Покровский\*

\* Геологический институт РАН, Москва

e-mail: chumakov@ginras.ru

\*\* Senckenberg Naturhistorische Sammlungen, Dresden

e-mail: ulf.linnemann@senckenberg.de

Поступила в редакцию 07.06.2011 г., получена после доработки 20.06.2011 г.

Центры многих неопротерозойских и фанерозойских оледенений располагались на кратонах и кристаллических щитах и не всегда были связаны с рифтами, как полагают некоторые исследователи. Одним из примеров этого является ледниковая большепатомская свита венда (р. Лена, Якутия). U-Pb датирование детритовых цирконов из этой свиты указывает на то, что она была отложена ледниками, располагавшимися на дорифейских кристаллических щитах Сибирской платформы. Оледенение произошло после завершения рифтогенеза в регионе и не могло быть связано с рифтами. Большепатомская свита является частью среднесибирского ледникового горизонта, который сформировался во время оледенения Марино и прослеживается вдоль южного края Сибирской платформы от Алданского щита до Прибайкалья и Присаянья. Это свидетельствует о том, что в Сибири оледенение Марино охватывало, по меньшей мере, всю южную часть Сибирской платформы. Рифтогенез мог сопровождать и усиливать оледенения, предоставлять пространство для осадконакопления и сохранять ледниковые отложения от эрозии, но не был единственной и главной причиной оледенений.

*Ключевые слова:* оледенения, щиты, рифты, U-Pb-LA-ICP-MS метод, обломочные цирконы, среднесибирский ледниковый горизонт, Марино.

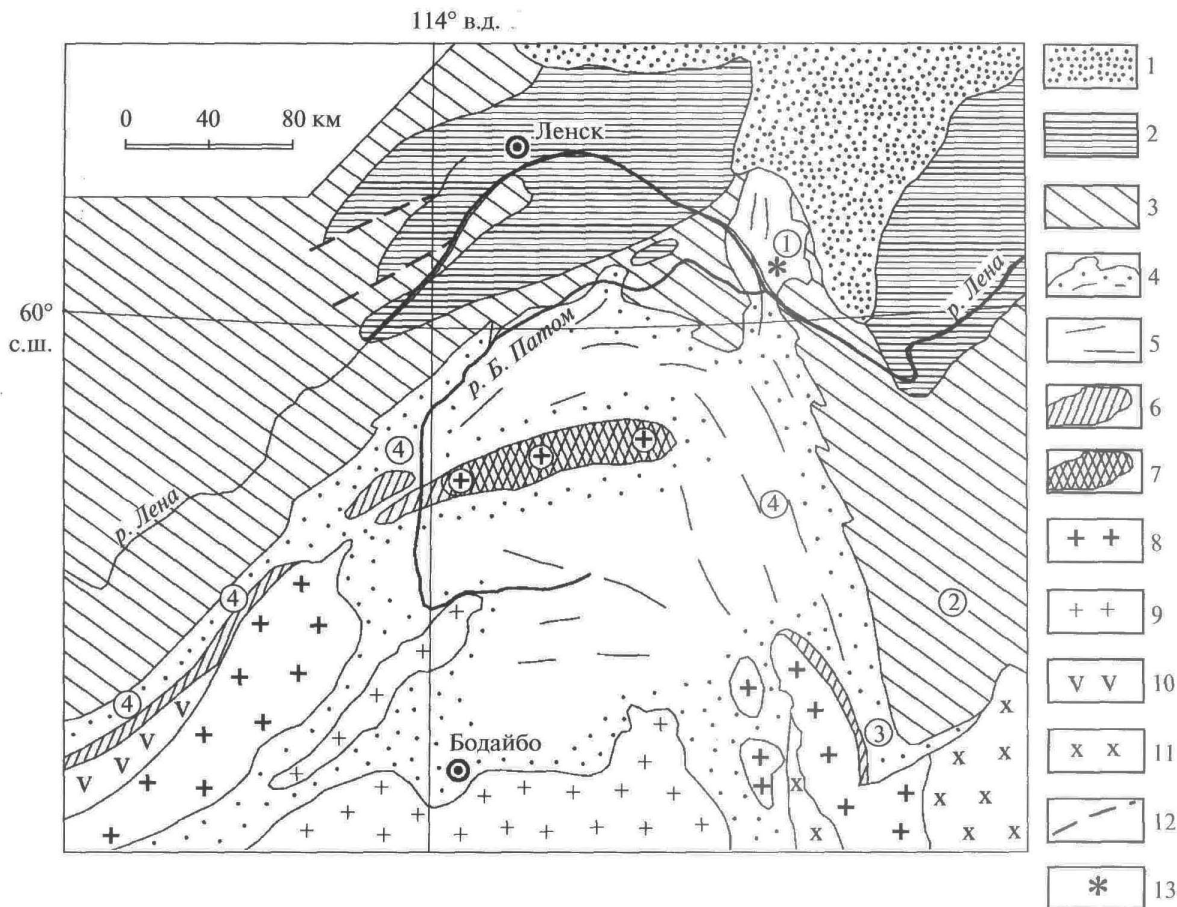
### ВВЕДЕНИЕ

Геотектоническое положение древних ледниковых щитов неоднократно обсуждалось в литературе. Часто высказывалась точка зрения о том, что неопротерозойские и другие оледенения в основном были связаны с рифтами, зарождаясь на их гористых флангах (Young, 1989; Eyles, Januszczak, 2004; Eyles, 2008 и др.). Эти представления в значительной мере были вызваны тем, что многие мощные ископаемые ледниковые отложения, главным образом их мариногляциальные разности, сохранились в рифтах. Согласно другой точке зрения ледниковые покровы и их центры располагались главным образом на платформах и нередко на кристаллических щитах (Chumakov, 1973). На шельфах и континентальных склонах ледники разгружались, образуя мощные мариногляциальные толщи. Неопротерозойский ледниковый щит, реконструированный на юге Сибирской платформы по геологическим данным и с помощью U-Pb датирования детритовых цирконов из ледниковых отложений большепатомской свиты, может быть одним из примеров оледене-

ний, зародившихся на кристаллических щитах платформы.

### ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬШЕПАТОМСКОЙ СВИТЫ

**Стратиграфическое положение.** Мощный неопротерозойский патомский комплекс Байкало-Патомского нагорья состоит из трех серий: нижней баллаганахской, средней дальнетайгинской и верхней жуинской. В основании дальнетайгинской серии в пределах Уринского поднятия (рис. 1) залегает большепатомская свита, имеющая ледниковый и мариногляциальный генезис (Чумаков, Красильников, 1991). В нижней части баракунской свиты, которая согласно перекрывает большепатомскую свиту, найдены вендские фоссилии *Beltanelloides sorichevae* Sokolov (Леонов, Рудько, в печати), а в вышележащей уринской свите — богатый комплекс ранневендских (раннеэдиакарских) микрофоссилий, близкий к комплексу ЕСАР Австралии (Grey, 2005; Воробьева и др., 2008; Голубкова и др., 2010; Sergeev et al., 2011). Дальнетайгинская серия, за исключением базального доломита,



**Рис. 1.** Схема геологического строения Патомского нагорья.

1 – юрские отложения; 2 – силур и ордовик; 3 – кембрий; 4 – патомский комплекс и бодайбинская серия; 5 – простирание складок; 6 – тепторгинская серия; 7 – нижний протерозой; 8 – нижнепротерозойские граниты; 9 – палеозойские граниты; 10 – акитканская серия; 11 – архей; 12 – сбросы; 13 – место отбора изученного образца. Цифры в кружках: 1 – Уринское поднятие; 2 – западный склон Алданского щита; 3 – район распространения ничатской свиты; 4 – районы распространения джемжуканской свиты.

венчающего ледниковые отложения большепатомской свиты, характеризуется значительными положительными величинами  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  (от +3 до +8‰) и возрастающими вверх по разрезу отношениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (от 0.7073 до 0.7077; Покровский и др., 2006). Биостратиграфические и хемотратиграфические данные хорошо согласуются между собой и указывают на ранневендский (раннеэдиакарский) возраст баракунской свиты. Поэтому большепатомская свита, которая согласно подстилает баракунскую свиту, может быть отнесена к нижнему венду (к верхнему криогению, согласно международной стратиграфической шкале) и сопоставлена со свитой Нантуо Китая и подсерией Ерилина Австралии (оледенение Марино).

**Генезис.** Большепатомская свита состоит из чередования мощных слоистых и массивных диамиктитов, а также турбидитов. Диамиктиты содер-

жат тилловые пеллеты и штрихованные валуны. В некоторых массивных диамиктитах установлена ледниковая ориентировка удлинённых обломков. Тонкослоистые турбидиты содержат друпстоуны. Самая верхняя пачка массивных диамиктитов перекрыта тонкослоистым венчающим доломитом (“cap dolomites”) мощностью 5 м, содержащим характерные асимметричные мелкие складки (структуры “типи”). Выше по разрезу располагается пачка черных сланцев. Кроме перечисленных диагностических признаков, ледниковое происхождение большепатомской свиты подтверждается ее надежной корреляцией с ледниковой ничатской свитой, которая на северо-западном склоне Алданского щита замещает большепатомскую свиту. В типовых разрезах ничатская свита сложена тиллитами, озерно-ледниковыми и флювиогляциальными отложениями (Чумаков, 1993). Тиллиты

ничатской свиты содержат в большом количестве граненные и штрихованные камни и характеризуются ледниковой ориентировкой удлиненных обломков. В основании тиллитов наблюдаются сложные гляциодислокации. Озерно-ледниковые отложения характеризуются тонкой ритмичной слоистостью и многочисленными дропстоунами. Флювиогляциальные отложения этой свиты образуют крупные песчано-галечные конуса выноса. В северном направлении континентальные ледниковые отложения ничатской свиты сменяются мариногляциальными фациями.

**Тектоническое положение.** Патомское нагорье с прилежащими к нему с запада, севера и востока участками представляло в неопротерозое типичную пассивную окраину Сибирской платформы, которая имела характер большого залива (Sklyarov et al., 2002; Станевич и др., 2007). В этом заливе накапливались мощные обломочные и карбонатные отложения патомского комплекса и вышележащей бодайбинской серии. Патомский комплекс несогласно перекрывает мезопротерозойские рифтогенные структуры, к которым приурочены вулканогенные отложения тепогоринской серии. Поэтому нельзя экстраполировать рифтогенную ситуацию на патомский комплекс и тем более на его среднюю часть, как делают, согласно традиции, некоторые авторы. В действительности, в сторону платформы бассейновые фации патомского комплекса замещаются сначала более мощными склоновыми, а затем шельфовыми отложениями, которые постепенно уменьшаются в мощности и частично выклиниваются, как на всех типичных пассивных континентальных окраинах (Чумаков и др., 2007). Состав и ориентировка удлиненных обломков и другие седиментационные текстуры в большепатомской и ничатской свитах, а также общая палеогеографическая обстановка указывают на снос обломочно-го материала во время оледенения со стороны платформы. Это хорошо подтверждается датировками обломочных цирконов из большепатомской свиты.

#### ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЦИРКОНОВ

**Материал и метод.** Для датирования обломочных цирконов большепатомской свиты был отобран образец № 1/15 из обнажения на правом берегу р. Лена, в 4,5 км вниз по течению от пос. Чапаево (60°05'28.17" с.ш.; 117°11'15.65" в.д.). Образец происходит из турбидитового песчаника, залегающего между двумя мощными пачками диамиктитов. Данное обнажение расположено в южной части Уринского поднятия, и слагающие его породы патомского комплекса не имеют каких-либо следов метаморфических изменений. Цирконы были сепарированы из пробы весом 3 кг стандартным

методом в Лаборатории минералогического и треккового анализа Геологического института РАН (Москва). Для U-Pb датирования под бинокулярным микроскопом вручную были отобраны зерна цирконов всех размеров и морфологических типов. Цирконы были помещены в эпоксидную смолу и отполированы. Изотопы U, Th и Pb анализировались методом LA-SF-ICP-MS в Музее минералогии и геологии Дрездена (Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden) на приборе Thermo-Scientific Element 2 XR sector field ICP-MS, соединенном с New Wave UP-193 Excimer Laser System. Каплевидная лазерная ячейка малого объема, сконструированная Ben Jähne (Дрезден) и Axel Gerdes (Франкфурт-на-Майне), была использована для последовательного опробования гетерогенных зерен. Каждый анализ состоял из приблизительно 15-секундного замера фона с последующим 35-секундным измерением изотопных данных. При этом использовались лазерные точки размером 25 и 35 мкм соответственно. При необходимости проводили коррекцию обычного свинца, основанную на скорректированном сигнале  $^{204}\text{Pb}$  и модельном составе свинца (Stacey, Kramers, 1975). Коррекцию проводили, когда  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  превышало внутренние ошибки в измеренных отношениях. Первичные результаты корректировались с учетом фонового сигнала, нерадиогенного Pb, лазерного фракционирования, инструментального разделения масс и временно-зависимого фракционирования Pb/Th и Pb/U с помощью программы Excel® spreadsheet program, разработанной Axel Gerdes (Institute of Geosciences, Johann Wolfgang Goethe-University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany). Все ошибки рассчитаны на основании замеров стандарта циркона GJ-1 (~0.6 и 0.5–1% для  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  и  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  соответственно) во время индивидуального аналитического процесса в пределах точности каждого анализа. Диаграмма с конкордией (эллипс ошибок  $2\sigma$ ) и конкордантный возраст (95%-ный уровень достоверности) получены с помощью программы Isoplot/Ex 2.49 (Ludwig, 2001), а кривые частоты и относительной вероятности – с помощью программы AgeDisplay (Sircombe, 2004). Для всех цирконов древнее 1.0 млрд. лет использовались возрасты, полученные по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Детали, касающиеся аналитического процесса и обработки данных, изложены в (Frei, Gerdes, 2009).

**Результаты.** Было проанализировано 132 зерна цирконов, многие из которых дали дискордантные результаты. Удовлетворительные результаты, полученные по 79 зернам, отражены на рис. 2 и 3. Из них следует, что все детритовые цирконы большепатомской свиты имеют архейский и палеопротерозойский возраст. На графике относительной вероятности отчетливо выделяется два доминирующих максимума возрастов около 1850–1950 и 2700 млн. лет. Кроме того, имеется несколько второсте-

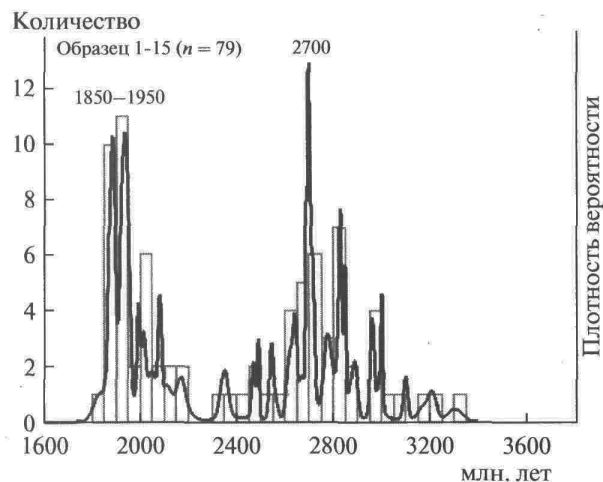


Рис. 2. Гистограммы и кривые относительной вероятности возрастов детритовых цирконов из большепатовской свиты.

пленных максимумов (около 2000, 2100, 2500, 2550, 2600, 2850 и 2950–3000 млн. лет). Эти датировки определенно указывают на то, что во время большепатовского оледенения эродировался исключительно архейский и палеопротерозойский кристаллический фундамент Сибирской платформы, обнажавшийся в ее неопротерозойских щитах. В районе Патомского бассейна фундамент платформы состоял из Анабарского и Алданского архейских блоков и разделявшего их палеопротерозойского Ачитканского вулканогенно-орогенного пояса (рис. 4). Нельзя исключить, что некоторую роль при формировании возрастного спектра цирконов большепатовской свиты могло играть перетолжение пород баллаганаской серии. Однако если оно и имело место, то отсутствие более молодых цирконов в большепатовской свите свидетельствует о том, что и во время отложения баллаганаской серии рифтогенные мезопротерозойские породы тепторгинской серии не подвергались эрозии, а снос происходил с палеощитов кратона.

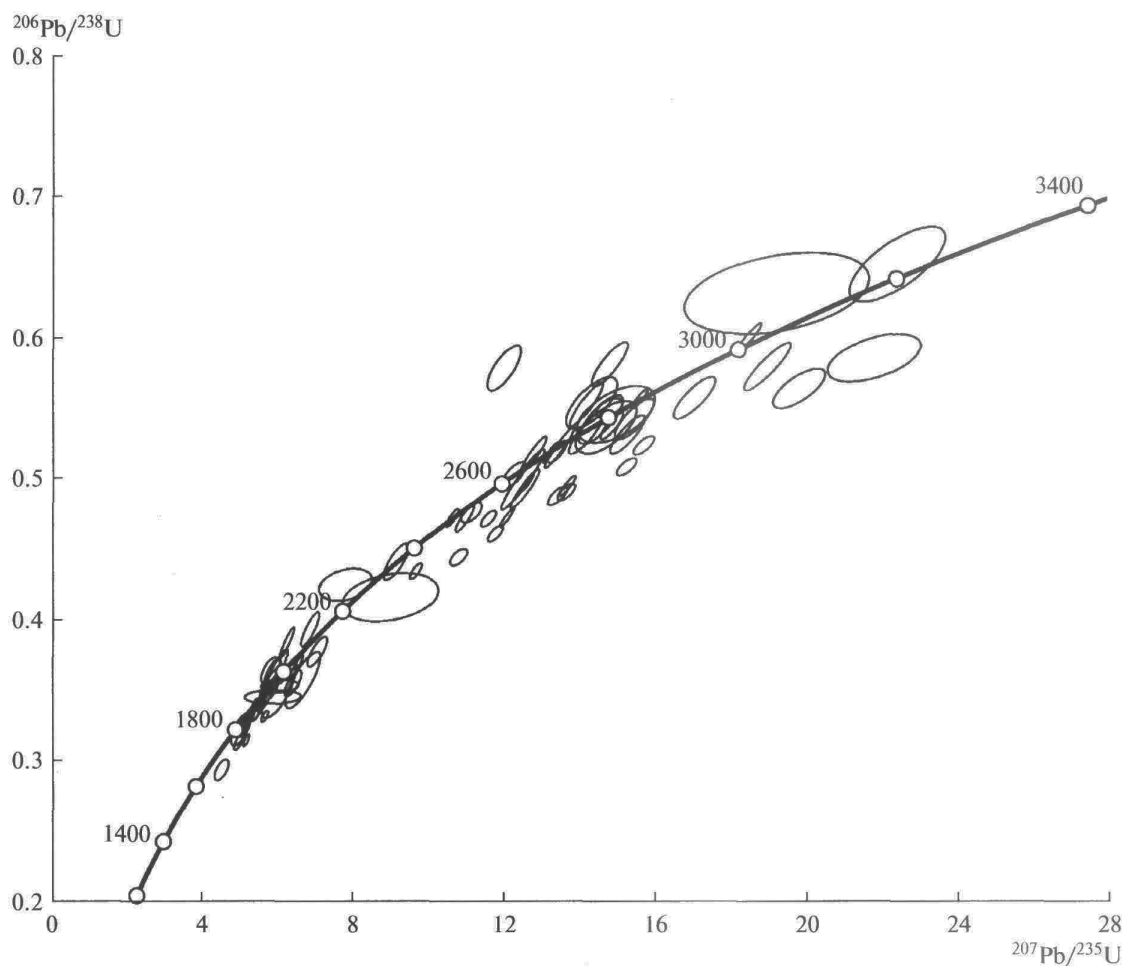


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для обломочных цирконов из большепатовской свиты.

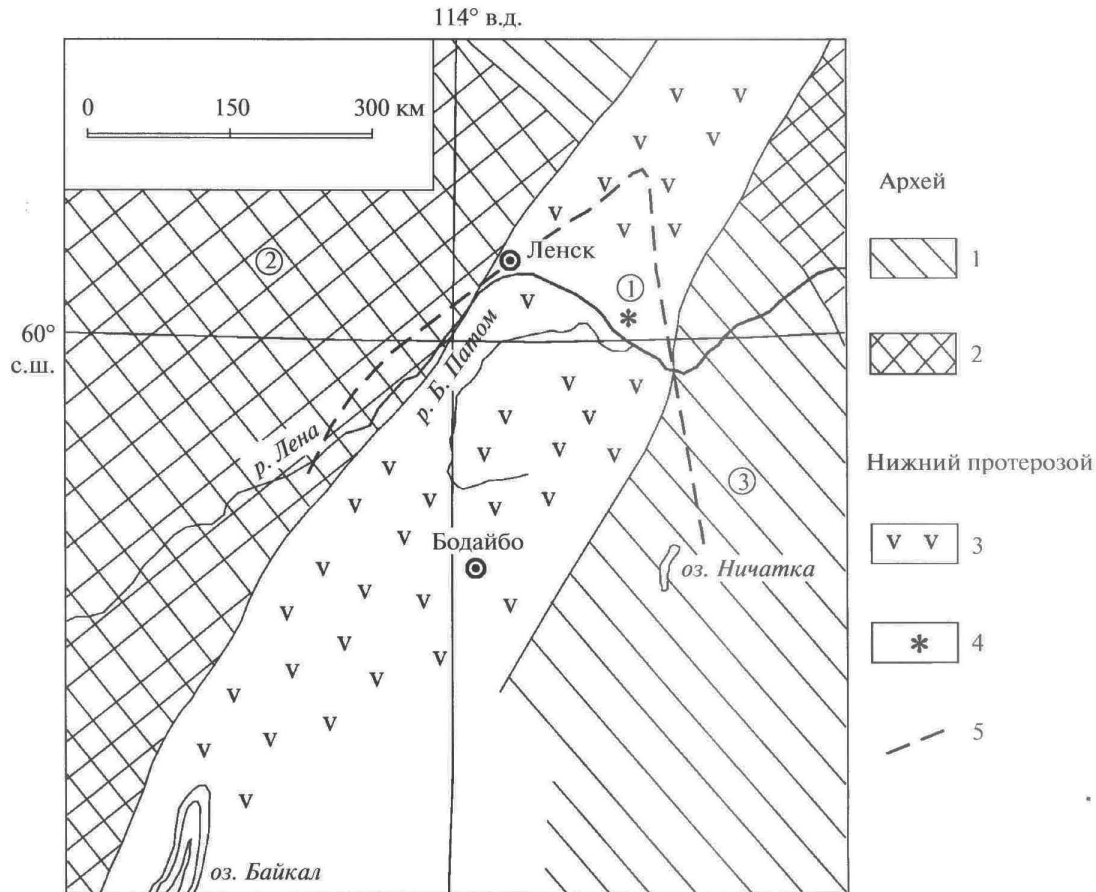


Рис. 4. Архейский и раннепротерозойский фундамент патомского комплекса и теплогоринской серии (по Розен и др., 2006).

1 — архейские гранит-зеленокаменные области; 2 — архейские гранулит-гнейсовые области; 3 — нижнепротерозойский Ачитканский вулканогенно-орогенный складчатый пояс; 4 — место отбора изученного образца; 5 — предполагаемые внешние границы распространения большепатомской свиты. Цифры в кружках: 1 — Уринское поднятие; 2 — архейский Анабарский блок; 3 — архейский Алданский блок.

### ДИСКУССИЯ

Как уже отмечалось выше, на северо-западном склоне Алданского щита стратиграфическим и фациальным аналогом большепатомской свиты является ледниковая ничатская свита. К юго-западу от Уринского поднятия таким аналогом является джемкукаская свита, ледниковые фации которой прослеживаются вдоль северо-западного края Байкало-Патомского бассейна от левобережья среднего течения р. Большой Патом до рек Витим и Большая Чуя и далее до верхнего течения р. Малая Чуя. Стратиграфически и литологически ледниковая джемкукаская свита близка к большепатомской свите. К югу от верхнего течения р. Малая Чуя джемкукаская свита и баллаганакская серия выклиниваются. Ледниковые отложения, которые можно коррелировать с большепатомской свитой, появляются вновь в

основании неопротерозойского разреза только в южной части Западного Прибайкалья (Чумаков, 1993), где они выделяются в качестве бугульдейской пачки голоуспенской свиты байкальского комплекса (Советов, Комлев, 2005). Эти геологические корреляции в настоящее время подкрепляются данными по изотопному составу углерода и стронция, а также определениями возраста известняков Pb-Pb методом ( $550 \pm 40$  млн. лет), которые показали значительное сходство байкальского комплекса с верхней частью патомского комплекса (Летникова и др., 2006). Все перечисленные ледниковые подразделения от ничатской свиты до бугульдейской пачки были объединены в один среднесибирский ледниковый горизонт (Чумаков, 1993). С помощью литологических и секвентных корреляций бугульдейская пачка сейчас сопоставляется с ледниковыми отложениями марнинской свиты Присаянья (Советов, Комлев,

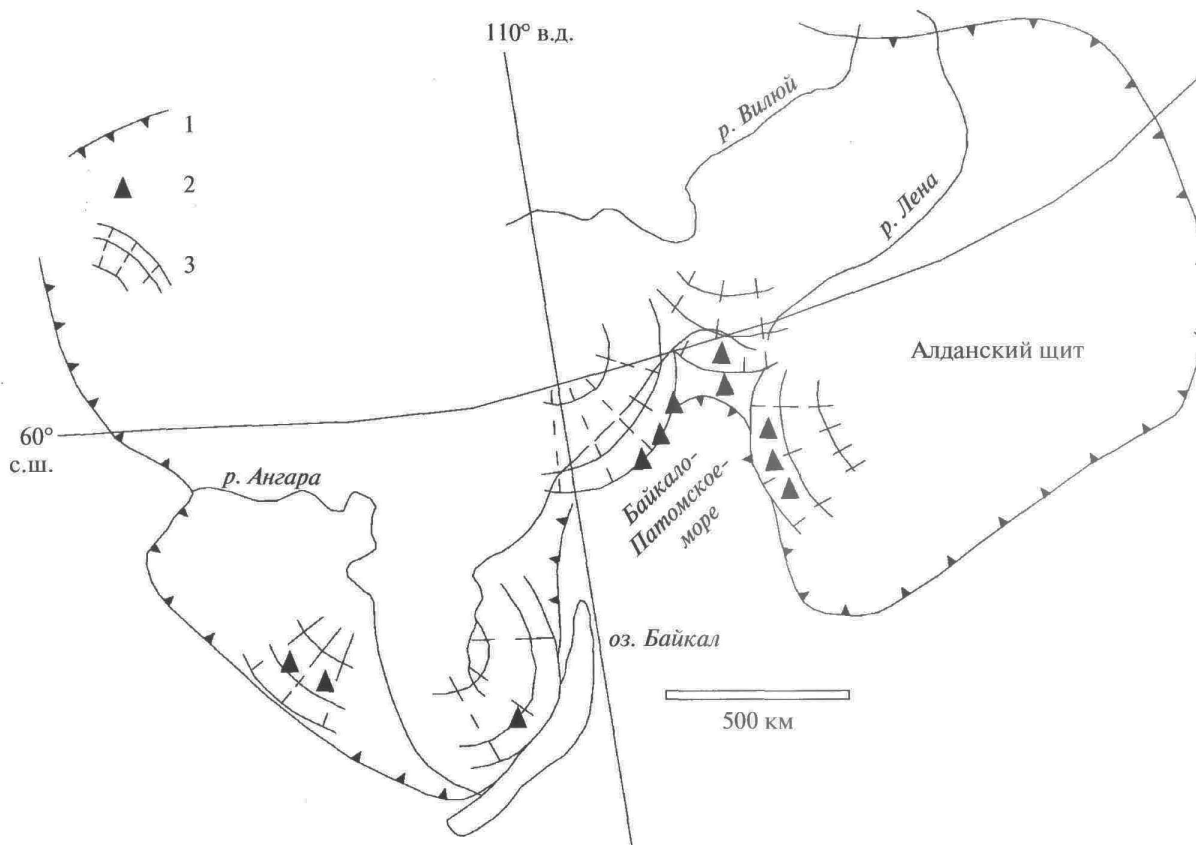


Рис. 5. Ранневендские ледниковые щиты в южной части Сибирской платформы (Чумаков, 1993; Sovetov, 2002).

1 — границы Сибирской платформы; 2 — отложения среднесибирского ледникового горизонта; 3 — реконструируемые ледниковые щиты.

2005), поэтому последняя тоже может быть включена в среднесибирский ледниковый горизонт. Главными источниками сноса при накоплении среднесибирского ледникового горизонта были, как и для большепатомской и ничатской свит, прилежащие части Сибирской платформы (Чумаков, 1993). Движение ледников со стороны платформы предполагается и в Западном Прибайкалье (Sovetov, 2002; Советов, Комлев, 2005). Во время отложения марнинской и ничатской свит происходил незначительный снос со стороны обрамления Сибирской платформы (Советов, Комлев, 2005), однако в целом Сибирская платформа была основным источником обломочного материала для ледниковых отложений среднесибирского горизонта. Это свидетельствует о том, что главные центры среднесибирского оледенения располагались на Сибирской платформе и что, по меньшей мере, вся южная часть платформы покрывалась ледниками, которые стекали в обрамлявшие Сибирскую платформу моря (рис. 5). Огромная протяженность полосы, в которой прослежены ледниковые отложения (почти

2000 км), также говорит о материковых масштабах среднесибирского оледенения.

Среднесибирское оледенение Сибирской платформы не было исключением среди неопротерозойских и фанерозойских оледенений. Приблизительно одновременно со среднесибирским оледенением происходили оледенения на Русской плите (Чумаков, Сергеев, 2004), Южно-Китайской платформе (Vernhet et al., 2007 и др.) и в Западной Африке (Deynoux et al., 2006 и др.). Несколько ранее (очевидно, в среднем криогении) оледенению подвергся кратон Сан Франсиску в Южной Америке (Vieira et al., 2007 и др.). Центры этих оледенений в большинстве случаев располагались также на платформах и кристаллических щитах. В позднем ордовике оледенению подверглась Северо-Африканская платформа (Le Heron, Dowdeswell, 2009 и др.). В позднем палеозое ледники покрывали большую часть Экваториальной и Южной Африки, Антарктиды и Австралии (Crowell, 1999). Еще более очевидна приуроченность большинства кайнозойских ледников и центров оледенений к кратонам и кристаллическим щитам (Европа, Антарк-

тида, Северная Америка). Главным центром, из которого растекались европейские ледники во время всех плейстоценовых оледенений, был Балтийский кристаллический щит (Wohlfarth et al., 2008). На Северо-Американской платформе, как известно, имелись Гренландский, Ньюфаундлендский и Лаврентьевский центры плейстоценовых оледенений (Flint, 1957). Ледники Лаврентьевского центра растекались на 2000 км, почти до подножий Скалистых гор, где они встречались с ледниками из Кордильерского центра. В южном направлении максимальное плейстоценовое оледенение из Лаврентьевского центра распространялось до 38° с.ш. Таким образом, не следует преувеличивать роль рифтов в ледниковых событиях. Возникновение рифтов могло сопровождать и усиливать оледенения, но рифты не были единственной причиной оледенений, и не с ними были связаны центры многие крупных оледенений неопротерозоя и фанерозоя. В действительности, рифты были благоприятным местом для захоронения очень неустойчивых ледниковых отложений и их сохранения от последующей эрозии и переотложения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ледниковая большепатомская свита отложилась на пассивной окраине Сибирской платформы значительно позже тепторгинской серии, которая маркирует этап рифтообразования в Патомском бассейне. Большепатомская свита является частью обширного среднесибирского ледникового горизонта, который коррелируется с отложениями оледенения Марино. Ледниковые покровы среднесибирского ледникового горизонта охватывали, по меньшей мере, всю южную часть Сибирской платформы. В случае большепатомской свиты центры оледенений располагались на ее щитах. Рифты не были единственной причиной оледенений и центрами крупных оледенений. Они были благоприятным местом для захоронения очень неустойчивых ледниковых отложений и их сохранения от последующей эрозии.

*Благодарности.* Авторы благодарны за консультацию и помощь А.В. Соловьеву и Н.Я. Щербачевой.

Исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 11-05-00232-а).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Чумаков Н.М.* Новые находки нижневендских микрофоссилий в уринской свите: пересмотр возраста Патомского комплекса Средней Сибири // Докл. АН. 2008. Т. 419. № 6. С. 782–787.
- Голубкова Е.Ю., Раевская Е.Г., Кузнецов А.Б.* Нижневендские комплексы микрофоссилий Восточной Сибири в решении стратиграфических проблем региона // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18. № 4. С. 3–27.
- Леонов М.В., Рудько С.В.* Находка эдиакарской фоссилии в отложениях дальнетайгинской серии (эдиакарий–венд Патомского нагорья) // Докл. АН, в печати.
- Летникова Е.Ф., Кузнецов А.Б., Вещева С.В., Ковач В.П.* Вендская пассивная континентальная окраина юга Сибирской платформы: геохимические, Sm–Nd и Sr-изотопные свидетельства // Докл. АН. 2006. Т. 409. № 2. С. 1–6.
- Покровский Б.Г., Мележик В.А., Буякайте М.И.* Изотопный состав С, О, Sr и S в позднедокембрийских отложениях Патомского комплекса, Центральная Сибирь. Сообщение 1. Результаты, изотопная стратиграфия и проблемы датирования // Литология и полезн. ископаемые. 2006. № 5. С. 505–530.
- Розен О.М., Манаков А.В., Зинчук Н.Н.* Сибирский кратон: формирование, алмазоносность. М.: Научный мир, 2006. 210 с.
- Советов Ю.К., Комлев Д.А.* Тиллиты в основании оселковой серии Присаянья и нижняя граница венда на юго-западе Сибирской платформы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 4. С. 3–34.
- Станевич А.М., Мазукабзов А.М., Постников А.А. и др.* Северный сегмент Палеоазиатского океана в неопротерозое: история седиментогенеза и геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 1. С. 60–79.
- Чумаков Н.М.* Среднесибирский гляциогоризонт рифей // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1. № 1. С. 21–34.
- Чумаков Н.М., Красильников С.С.* Литологические особенности рифейских тиллоидов Уринского поднятия // Литология и полезн. ископаемые. 1991. № 3. С. 58–78.
- Чумаков Н.М., Сергеев В.Н.* Проблема климатической зональности в позднем докембрии. Климатические и биосферные события // Климат в эпохи крупных биосферных перестроек. М.: Наука, 2004. С. 271–289.
- Чумаков Н.М., Покровский Б.Г., Мележик В.А.* Геологическая история патомского комплекса, поздний докембрий, Средняя Сибирь // Докл. АН. Геология. 2007. Т. 413. № 3. С. 379–383.
- Chumakov N.M.* Continental ice sheets and Precambrian shields: Discussion // Bull. Geol. Soc. Am. 1973. V. 84. № 5. P. 1839–1840.
- Crowell J.C.* Pre-Mesozoic ice ages: their bearing on understanding the climate system // Geol. Soc. Am. Mem. 1999. № 192. 106 p.
- Deynoux M., Affaton P., Trompette R., Villeneuve M.* Pan-African tectonic evolution and glacial events registered in Neoproterozoic to Cambrian cratonic and foreland basins of West Africa // J. Afr. Earth Sci. 2006. V. 46. P. 397–426.
- Flint R.F.* Glacial and Pleistocene geology. Princeton: Princeton University Press, 1957.
- Frei D., Gerdes A.* Precise and accurate in situ U–Pb dating of zircon with high sample throughput by automated LA-SF-ICP-MS // Chem. Geol. 2009. V. 261. P. 261–270.
- Eyles N.* Glacio-epochs and the supercontinents cycle after ~3.0 Ga: tectonic boundary conditions for glaciation // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2008. V. 258. P. 89–129.

- Eyles N., Januszczak N.* “Zipper-rift”: Neoproterozoic glaciations and the diachronous break up of Rodinia between 740 and 620 Ma // *Earth Sci. Rev.* 2004. V. 65. P. 1–73.
- Grey K.* Ediacaran palynology of Australia // *Mem. Assoc. Austral. Paleontol.* 2005. V. 31. P. 1–439.
- Le Heron D.P., Dowdeswell J.A.* Calculating ice volumes and flux to constrain the dimensions of a 440 Ma North African ice sheet // *J. Geol. Soc. London.* 2009. V. 166. P. 277–281.
- Ludwig K.R.* Users Manual for Isoplot/Ex rev. 2.49 // *Berkeley Geochronology Center Spec. Publ.* 2001. № 1a. P. 1–56.
- Sergeev V.N., Knoll A.H., Vorob’eva N.G.* Ediacaran microfossils from the Ura Formation, Baikal-Patom Uplift, Siberia: taxonomy and biostratigraphic significance // *J. Paleontol.* 2011. V. 85. № 5. P. 987–1011.
- Sircombe K.N.* Age Display: an EXCEL workbook to evaluate and display univariate geochronological data using binned frequency histograms and probability density distributions // *Computers & Geosciences.* 2004. V. 30. P. 21–31.
- Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M. et al.* Geological complexes in the margin of the Siberian Craton as indicators of the evolution of a Neoproterozoic Supercontinent // *Russ. J. Earth Sci.* 2002. V. 4. № 3. P. 171–186.
- Sovetov J.K.* Vendian foreland basin of the Siberian cratonic margin: Paleopangean accretionary phases // *Russ. J. Earth Sci.* 2002. V. 4. № 5. P. 363–387.
- Stacey J.S., Kramers J.D.* Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. V. 26. P. 207–221.
- Vernhet E., Heubeck C., Zhu M.-Y., Zhang J.-M.* Stratigraphic reconstruction of the Ediacaran Yangtze Platform margin (Hunan Province, China) using a large olistolith // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2007. V. 254. P. 123–139.
- Vieira L.C., Tridade R.I.F., Nogueira A.C.R., Ader M.* Identification of a Sturtian cap carbonate in the Bambui Group, Brazil // *Comptes Rendus Geoscience.* 2007. V. 339. P. 240–258.
- Wohlfarth B., Bjorck S., Funder S. et al.* Quaternary of Norden // *Episodes.* 2008. V. 31. № 1. P. 73–81.
- Young G.M.* Glaciation and tectonics // *Episodes.* 1989. V. 12. № 2. P. 117.

*Рецензенты М.А. Семихатов, А.В. Соловьев*