

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ЦИПИКАНСКОЙ ТОЛЩИ БАЙКАЛО-ВИТИМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Н. А. Доронина*, О. Р. Минина*, Л. Н. Неберихутина**

*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

**Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 3 марта 2015 г.

Аннотация: в работе рассмотрены состав, строение ципиканской толщи, входившей в состав гаргинской серии докембрийского метаморфического комплекса байкальского структурного этажа БВСС Западного Забайкалья. Приведены первые результаты палинологических исследований метаморфических пород ципиканской толщи, позволяющие датировать ее поздним девоном. **Ключевые слова:** БВСС, верхний рифей, девон, метаморфический комплекс, мiosпores.

NEW DATA ON AGE OF THE TSYPICAN THICKNESS OF THE BAIKAL-VITIM FOLDED SYSTEM (WEST TRANSBAIKALIA)

ABSTRACT: THE PAPER DEALS WITH COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE TSYPICAN THICKNESS, WHICH IS RE THE GARGA SERIES OF THE PRECAMBRIAN METAMORPHIC COMPLEX OF THE BVFS BAIKAL STRUCTURAL LEVEL TRANSBAIKALIA. PRIMARY RESULTS OF THE METAMORPHIC ROCKS OF THE TSYPICAN THICKNESS PALINOLOGIC ENABLING TO DATE IT AS LATE DEVONIAN ARE SHOWN.

KEY WORDS: BVFS, UPPER RIPHAN, DENONIAN, METAMORPHIC COMPLEX, MIOPORES.

Введение

Вопросы формирования континентальной коры Западного Забайкалья, входящего в состав Центрально-Азиатского складчатого пояса, на протяжении многих лет вызывают особый интерес. В последние годы в Западном Забайкалье была выделена Байкало-Витимская складчатая система (БВСС), в составе которой установлены байкальский (RF), каледонский (V-C-S₁), ранне- (S₂-C₁) и позднегерцинские (PZ₂) структурно-формационные комплексы, образующие соответствующие структурные этажи [1]. Комплексы байкальского и каледонского структурных этажей слагают фундамент, на котором формировались герцинские комплексы [1, 2]. Байкальский структурный этаж БВСС объединяет магматические (с возрастом от 971 до 780 млн лет) и метаморфические комплексы, состав, строение и геодинамические обстановки формирования которых до сих пор дискуссионны [1, 3, 4, 5 и др.]. Докембрийские метаморфические комплексы представлены породами гаргинской серии, слагающей отдельные ксенолиты среди гранитоидов Ангаро-Витимского батолита. В состав серии включаются нижне-среднепротерозойские хойготская и талалинская свиты, нижнерифейская восточногогорбылокская толща, верхнерифейские сиваконская, асынская, андреевская свиты и ципиканская толща, сложенные слюдисто-кварц-полевошпатовыми сланцами с прослоями карбонатных пород, но возраст стратон недостаточен обоснован [5, 6 и др.]. Нами впер-

вые получена детальная палинологическая характеристика разрезов ципиканской толщи, входящей в состав докембрийского метаморфического комплекса байкальского структурного этажа Байкало-Витимской складчатой системы Западного Забайкалья.

Характеристика разреза ципиканской толщи

Ципиканская толща считается типичным и наиболее изученным представителем гаргинской серии, слагающим крупный (около 800 км²) останец в гранитоидах витимканского комплекса в бассейне р. Ципикан и мелкие ксенолиты в бассейнах рек Алакара, Талоя и Ципы [5]. Толща сложена преимущественно биотит-кварц-плагиоклазовыми (биотит-плагиоклаз-кварцевыми) сланцами с прослоями кальцитовых мраморов и вмещает силлы амфиболитов, мощностью от 0,3 до 100 м). В структурном отношении породы образуют сжатую, опрокинутую на юго-запад синклиналию складку северо-западного простирания, деформированную субширотными сдвигами (рис. 1). В составе ципиканской толщи выделяется четыре пачки [5, 6]. *Первая пачка* (видимая мощность 100 – 500 м) сложена кальцитовыми мраморами с гранатом, диопсидом, скаполитом; в верхней части содержит линзы биотит-кварцевых сланцев и амфиболитов. *Вторая пачка* (мощность 500 м) представлена биотит-кварц-полевошпатовыми сланцами часто с гранатом, ставролитом, содержит единичные маломощные силлы амфиболитов. *Третья*

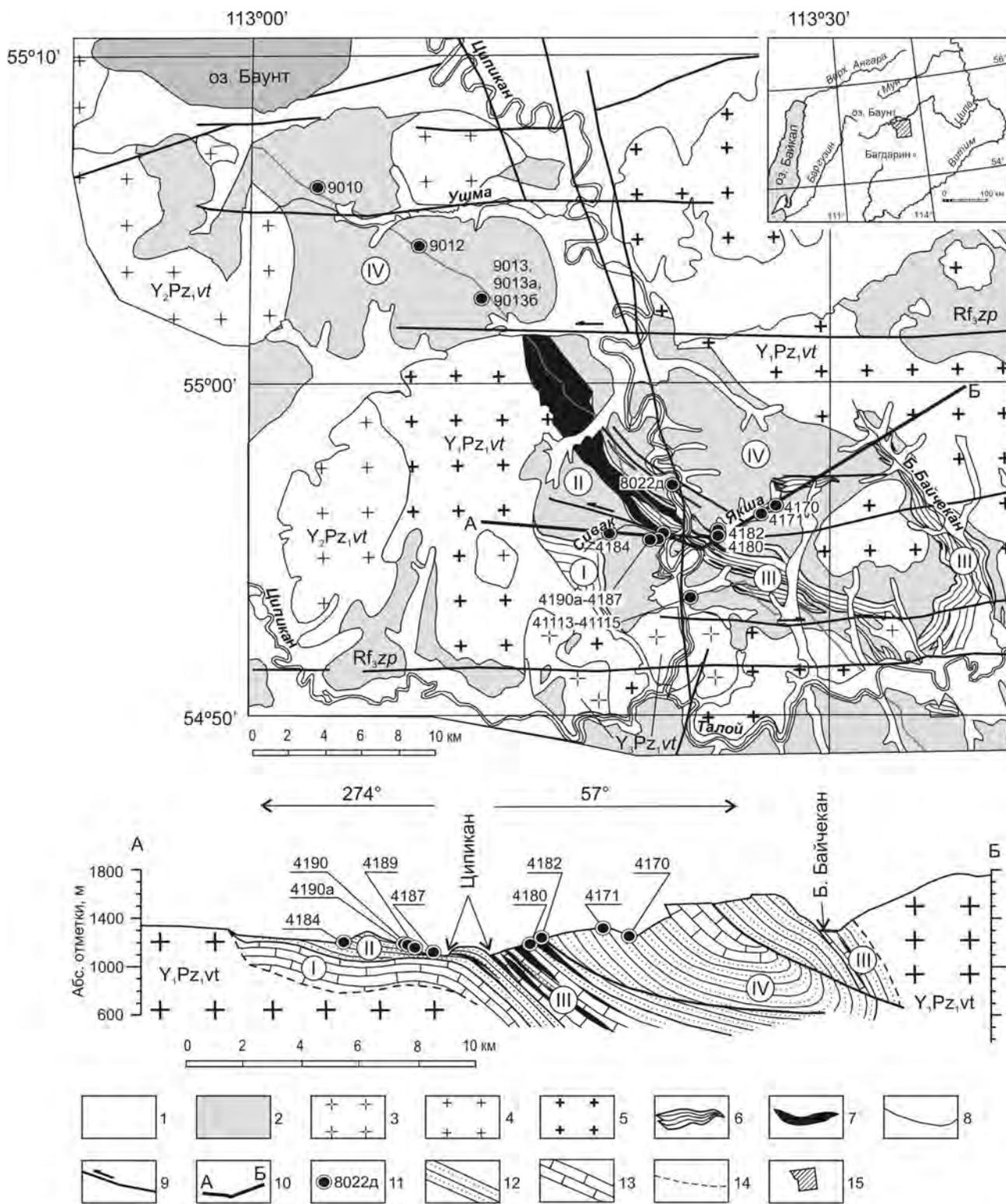


Рис. 1 Геологическая карта бассейна р. Ципикан [по Фишеву, 1968, Позднякову, 2001 с дополнениями авторов] и геологический разрез по линии А-Б. Условные обозначения: 1 – рыхлые отложения (N_2-Q_{IV}); 2 – ципиканская толща (Rf_3ZP), римскими цифрами в кружках (I – IV) обозначены номера пачек; 3–5 – витимканский интрузивный комплекс: 3 – третья фаза (Y_3Pz_1VT), 4 – вторая фаза (Y_2Pz_1VT), 5 – первая фаза (Y_1Pz_1VT); 6 – пачки карбонатных пород; 7 – силы амфиболитов; 8 – геологические границы; 9 – разломы и направление смещения по ним (нанесены по материалам дешифрирования АФС и полевых наблюдений); 10 – линия разреза А-Б; 11 – места отбора и номера палинологических проб; 12 – метапесчаники; 13 – мраморы; 14 – предполагаемые границы гранитоидных интрузий; 15 – участок работ.

пачка (мощность 1000 м) сложена чередованием биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев с гранатом и став-

ролитом, биотит-карбонат-кварцевых сланцев, кальцитовых мраморов, вмещает несколько силлов амфи-

болитов. В северо-западном направлении силлы сливаются в единое тело с шириной выхода 2,2 км (см. рис. 1). Четвертая пачка (мощность 1300 м) представлена биотит-кварц-плагиоклазовыми сланцами с гранатом, ставролитом, узловатыми сланцами того же состава со ставролитом, андалузитом, кианитом, силлиманитом, редкими линзами мраморов и слюдистых кварцитов. В бассейне р. Ушмы к ципиканской толще относятся метапесчаники и туфопесчаники, в том числе карбонатсодержащие, алевритистые аргиллиты, апориодацитовые сланцы, отделенные от основного поля распространения толщи широтным разломом. Эти отложения располагаются на простирании второй пачки и условно включались в ее состав. Общая мощность толщи оценивается более 4000 м.

Ципиканская толща неоднократно метаморфизована, степень метаморфизма возрастает в юго-восточном направлении от озера Баунт к верховьям ручья Якша (см. рис. 1). В бассейне р. Ушмы уровень преобразования пород отвечает условиям, промежуточным между катагенезом и хлорит-серицитовой субфацией зеленосланцевой фации. На водоразделе рек Ципикан – Большой Байчекан в биотит-кварц-плагиоклазовых сланцах всюду присутствуют гранат, ставролит, андалузит ± мусковит, в реликтах сохранились кианит и силлиманит (следы предшествующего метаморфизма с более высокими температурами и давлениями). Метаморфизм сланцев соответствует эпидот-амфиболитовой фации (ставролит-мусковит-биотитовой и андалузит-кианит-ставролит-биотит-мусковитовой субфации) В. А. Глебовицкого (1977) [7], но максимальные значения температур и давлений для андалузитсодержащей ассоциации достигали амфиболитовой фации – 560° 4,4 кбар (минеральные термобарометры Gr-St [8, 9]; Gr-Bt [10]; Gr-Pl-Qz [11]. Т-Р параметры проградного метаморфизма метабазитов также отвечают эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фациям, отличаясь более широким диапазоном значений, во внутренней части силла от 490° 2,8 кбар до 630° 6,2 кбар (амфиболовый термобарометр [12]), а в подошве силла и в апофизах 543° 5,1 кбар и 543,1 кбар (Gr-Amp геотермометр и геобарометр [13]). О полихронном характере зонального метаморфизма свидетельствует наличие в терригенных сланцах трех полиморфных модификаций SiAl₂O₅ [14], а также результаты изучения циркона из метабазитов (324,1±5,0 млн лет), позволяющие считать, что последние внедрялись в уже метаморфизованные породы [15]. Кроме того, в базитах присутствуют трещиноватые обогащенные ураном цирконы с возрастом 278,4±3,3 млн лет, возможно, омоложенные при метаморфизме.

Изотопные исследования (Sm-Nd и Rb-Sr методы) монофракций гранатов и слюд из биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев, а также из прорывающих гранитоидов и базитов, позволяют предполагать среднетриасово-раннеюрский возраст гранитоидного магматизма (240 – 192 млн лет) и верхнекаменноугольно-раннеюрский возраст метаморфизма алевропесчаников и базитов (302 – 179 млн лет) [16, 17].

Установлено, что протолитом метатерригенных биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев служили алевропесчаники с прослойками алевритистых аргиллитов и примесью грубозернистого материала гранитоидов (кварц, плагиоклаз). Терригенные осадки ципиканской толщи геохимически близки PAAS – постархейскому глинистому сланцу и грауваккам континентальных островных дуг. Осадконакопление происходило, вероятнее всего, в обстановке активной континентальной окраины и/или континентальной островной дуги за счет разрушения интрузивных и вулканических пород средне-кислого состава при слабом выветривании и незначительном переносе вещества. Возраст детритовых цирконов свидетельствует о докембрийских источниках обломочного материала: преимущественно верхнерифейских (810 млн лет), подчиненно раннепротерозойских (1883 млн лет) и архейских (2509 млн лет) комплексов [15]. Нижний возрастной предел толщи ограничивается возрастом самого молодого детритового циркона в 756 млн лет, а верхний – возрастом амфиболитовых силлов в 324 млн л [1, 18]. Кроме того, Л.К. Левским в породах толщи, помимо каменноугольно-пермских (302 – 256 млн лет), установлены метаморфические гранаты с возрастом 716 млн лет (Sm-Nd метод). Можно предположить, что областью сноса был Муйский континентальный блок [6].

Палинологическая характеристика отложений ципиканской толщи

В настоящее время ципиканская толща датируется верхним рифеем условно. Нами предпринята попытка определения возраста толщи палинологическим методом, который успешно применяется в регионе для датирования отложений, не содержащих видимых органических остатков [19]. Микрофоссилии выделены из биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев, в которых участками сохранился облик метапесчаников и метаалевролитов. Во всех пробах (18 проб) из второй, третьей и четвертой пачек толщи (рис. 1) установлены палиноморфы, первое появление которых отмечается с силура или девона. Миоспоры составляют основную часть комплекса, представляя собой дисперсные растительные остатки, полностью сохранившиеся в виде спорополениновых оболочек и приуроченные к определенным интервалам разреза.

Палинокомплекс (ПК) второй пачки характеризуется широким развитием зонатных спор с бугорчатой или зернистой скульптурой экзины, среди которых наиболее часто встречаются виды *GEMNOSPORA COMPACTA* (Naum.) Obukh., *G. MICROMANIFESTA* (Naum.) Owens, *GRAVISPORITES BASINATIS* (Naum.) Pashk., распространенные в среднем девоне – среднем карбоне патиатных спор без скульптуры и с крупносетчатой скульптурой, *THOLISPORITES VARIABILIS* (Naum.) Oshurk., *RETICULATISPORITES DEFORMICUS* (Naum.) Oshurk., акаватных азонатных спор *TUBERCULISPORIA EVLANATIS* (Naum.) Oshurk., характерные для франского яруса верхнего девона. Мелкие гладкие, шагреньевые и шиповатые формы представлены родами *LEIOTRILETES*, *CALAMO-*

SPORA, *TRACHYTRILETES*, *PUNCTATISPORITES* интервалом распространения, а виды *ACANTOTRILETES RUSTSCHIBR.*, *DENSOSPORITES SOROKINII* характеризуют нижнюю часть франского яруса. В составе палинокомплекса присутствуют зонатные формы с широкой экваториальной зоной рода *AURORASPORA* (D₁-C₂), среди которых вид *AURORASPORA VARANAE* (Naum.) Ahmed VAR. *MINOR* (Naum.) распространен в девоне. Спорадически встречаются формы с бугорчатым цингулом *LOPHOZONOTRILETES GRANDIS* (Naum.) распространены с живецкого яруса среднего девона до турнейского яруса нижнего карбона, и мелкие ямчатые формы *BROCHOTRILETES FAVOSITATUS* встречаются только в девоне. В двух пробах установлены дисперсные фрагменты кутикулы *ESTONIA SCARABEII* (Serg.), характерных для франских отложений.

Из третьей пачки богатые спектры микрофоссилий установлены в двух пробах (р. Ципикан и руч. Якша). В составе спектров, кроме форм с широкими интервалами распространения, встречены *AMBITISPORITES DECIENS* – *VERRUCOSISPORITES EVLANSIS* (Naum.) Oshurk., *GRAVISPORITES BASILARIS* (Naum.) Pashk., *GEMINOSPORA RUGOSA* (Naum.) Obukh. (D₂-C₂), *THOLISPORITES VARIABILIS* (Naum.) Oshurk. (D₂-C₁), *HYMENOZONOTRILETES EMENKAI* (Naum.) Obukh. (D₃). Вид *GEMINOSPORA SEMILUCENSA* (Naum.) Obukh. et M.Rask. и миоспоры с дистальной бороздой *ARCHAEOPERISACCUS* (Naum.) Pot. наиболее характерны для франка.

Палинокомплекс четвертой пачки самый представительный и разнообразный (р. Ушма, 5 проб и руч. Якша, 3 пробы). Основная часть его представлена зонатными спорами с бугорчатой или зернистой скульптурой экзины, среди которых наиболее часто встречаются виды *GEMINOSPORA RUGOSA* (Naum.) Obukh., *G. COMPACTA* (Naum.) Obukh., *G. MICROMANIFESTA* (Naum.) Owens, *G. PARVIBASILARIS* (Naum.) Byvsh. (D₂-C₂), *G. SEMILUCENSA* (Naum.) Obukh. et M.Rask., *RETICULATISPORITES PERLOVUS* (Naum.) Oshurk., *ARCHAEOZONOTRILETES ECHINATUS* (Naum.) распространены во франке. Для франка также характерны миоспоры *ARCHAEOPERISACCUS* (Naum.) Pot. Эпизодически в комплексе встречаются споры с ареей *VERRUCIRETUSISPORA MAMMATA* (Naum.) Oshurk. (D₂₋₃), ямчатые фовеолятные формы *BROCHOTRILETES FAVOSITATUS* (Naum.), крупнобугорчатые споры *LOPHOZONOTRILETES TYLOPHORUS* (Naum.), с пленчатым разрастанием экзины *HYMENOZONOTRILETES DELIQUENSIS* (Naum.) шиповатые *AMBITISPORITES EXIMIUS* (Naum.) Oshurk. типичные для верхнефранского подъяруса верхнего девона. Значителен процент простых безотороченных гладких и бугорчатых форм родов *LEIOTRILETES*, *CALAMOSPORA*, *TRACHYTRILETES* с широкими интервалами распространения, а вид *LEIOTRILETES FURCATUS* (Naum.) распространен в живецком ярусе среднего девона – франском ярусе верхнего девона. В палиноспектрах пачки встречены фрагменты кутикулы *ESTONIA SCARABEII* (Serg.) (фран).

Видовой состав палинокомплексов всех трех пачек ципиканской толщи близок между собой. Для палинокомплекса ципиканской толщи в целом характерно развитие зонатных миоспор *GEMINOSPORA*, *THOLISPORITES*, спор с тонкой экзоэкзиной *HYMENOZONOTRILETES*,

пространение форм с дистальной бороздой рода *ARCHAEOPERISACCUS*. Развитие и широкое развитие которых характеризует франский век, присутствие крупнобугорчатых миоспор *LOPHOZONOTRILETES* с персных кутикулы *Estonia scaber* Serg. (остатки растительных тканей высших растений). Палинокомплекс ципиканской толщи определяет позднедевонское, франское время накопления отложений. Присутствие в палиноспектрах второй пачки (р. Ципикан, руч. Сивак) видов *ACANTOTRILETES BUSHAEVUS*, *DENSOSPORITES SOROKINII*, характерных для нижней части франка, в палиноспектрах третьей пачки (р. Ципикан, руч. Якша) вида *GEMINOSPORA SEMILUCENSA* (Naum.), являющегося зональным видом миоспоровой зоны *SD* (*GEMINOSPORA SEMILUCENSA* – *PEROTRILITES DONENSI*) средней части франского яруса Русской платформы [20], а в спектрах четвертой пачки (р. Ушма, руч. Якша) *HYMENOZONOTRILETES DELIQUENSIS* – зонального вида миоспоровой зоны *CRISTATISPORITES DELIQUENSIS* части франского яруса [21], позволяет предполагать нижнефранское время накопления нижней, среднефранское для средней и позднефранское для верхней частей разреза толщи. Распространение миоспор по разрезу толщи подтверждает установленную ранее вертикальную последовательность пачек, характеризует развитие палеофлоры в данном регионе и отражает определенные этапы ее изменения в пределах палеофлористической области. Кроме того, установлено, что ПК из отложений бассейна р. Ушмы, ранее включавшихся в состав второй пачки, аналогичен ПК четвертой пачки, что позволяет нам включать эту часть разреза толщи в состав последней. Эти данные подтверждают наличие левого сдвига по широтному разлому вдоль ручья Поворотный и амплитуду его не менее 1,5 км.

Заключение

Впервые ципиканская толща, сложенная метатерригенными, в том числе довольно высоко метаморфизованными породами, охарактеризована палеонтологически. Полученные палинологические данные позволяют датировать толщу франским веком позднего девона и исключить ее из состава байкальского структурного этажа Байкало-Витимской складчатой системы. По вещественному составу и комплексам микрофоссилий ципиканская толща сопоставима с нижней частью разреза якшинской свиты Багдаринской подзоны Витимкан-Ципинской зоны ББС [2]. Учитывая палеонтологически обоснованную непрерывность франских отложений, можно полагать и относительно небольшую амплитуду субширотных сдвигов, в целом не нарушающих целостность разреза ципиканской толщи. С учетом франского возраста отложений толщи может быть пересчитан максимальный модельный возраст ее протолита 1455 – 2038 млн лет, εNd (380) – (2,8 – 13,8).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-12-324).

ЛИТЕРАТУРА

1. Руженцев, С. В. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция / С. В. Руженцев, О. Р. Минина, Г. Е. Некрасов, В. А. Аристов, Б. Г. Голионко [и др.] // Геотектоника. – 2012. – № 2. – С. 3 – 28.
2. Минина, О. Р. Стратиграфия и вулканизм нижнего и среднего палеозоя Байкальской горной области / О. Р. Минина, Л. И. Ветлужских, В. С. Ланцева // Отечественная геология. – 2013. – № 3. – С. 38 – 46.
3. Гордиенко, И. В. Геодинамическая эволюция поздних байкалид и палеозойд складчатого обрамления Сибирской платформы / И. В. Гордиенко // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47. – № 1. – С. 53 – 70.
4. Рыцк, Е. Ю. Структура и эволюция континентальной коры Байкальской складчатой области / Е. Ю. Рыцк, В. П. Ковач, В. И. Коваленко, В. В. Ярмлюк // Геотектоника. – 2007. – № 6. – С. 23 – 51.
5. Фишев, Н. А. Записка Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист N-49 - Чита. Объяснительная записка / Н. А. Фишев, К. М. Шелгачев, В. И. Игнатович, Ю. П. Гусев, О. Р. Минина [и др.]. – СПб.: ВСЕГЕИ. – 2011. – 454 с.
6. Доронина, Н. А. Терригенные породы рифей-раннепалеозойской ципиканской толщи: литохимия, источники сноса / Н. А. Доронина // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. – Вып. 10. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН. – 2012. – Т. 1. – С. 88 – 91.
7. Глебовицкий, В. А. Термо- и барометрия метаморфических пород / В. А. Глебовицкий, Г. М. Другова, С. Ц. Екимов [и др.]. – Л.: Наука, 1977. – 207 с.
8. Федькин, В. В. Ставролит: Состав, свойства, парагенезисы, условия образования / В. В. Федькин. – М.: Наука, 1975. – 272 с.
9. Федькин, В. В. Геотермобарометрия метapelитовых комплексов и проблема эволюции метаморфизма / В. В. Федькин // Эксперимент в решении актуальных задач геологии. – М.: Наука, 1986. – С. 183 – 200.
10. Перчук, Л. Л. Взаимосогласование некоторых Fe-Mg-геотермометров на основе закона Нернста: ревизия, Gr-Amp. геотермометр / Л. Л. Перчук // Геохимия. – 1989. – № 5. – С. 611 – 622.
11. Авченко, О. В. Минеральные геобарометры, Gr-Pl-Qz геобарометр / О. В. Авченко, М. М. Кузнецова // Тихоокеанская геология. – 1988. – № 1. – С. 95 – 100.
12. Мишкин М. А. Амфиболовый геотермобарометр для метабазитов Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция / М. А. Мишкин // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 312. – № 4. – С. 944 – 946.
13. Перчук, Л. Л. Эволюция метаморфизма, Gr-Vt геоТ и Gr-Amp геоР. / Л. Л. Перчук // Эксперимент в решении актуальных задач геологии. – М.: Наука, 1986. – С. 151 – 174.
14. Доронина, Н. А. ТР-параметры и последовательность зонального метаморфизма в рифейской ципиканской толще (Западное Забайкалье) / Н. А. Доронина // Современные проблемы магматизма и метаморфизма: материалы Всероссийской конференции, посвященной 150-летию академика Ф. Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию профессора Г. М. Саранчиной. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2012. – Т. 1. – С. 204 – 207.
15. Доронина, Н. А. Рифейский возраст ципиканской толщи (первые данные U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr изотопного датирования) / Н. А. Доронина, Е. Ю. Рыцк, И. П. Падерин [и др.] // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского складчатого пояса (от океана к континенту): мат-лы совещания. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – Т. 1. – С. 98 – 100.
16. Доронина, Н. А. Изотопный контроль метаморфических процессов в зонально-метаморфизованной ципиканской толще (Западное Забайкалье) / Н. А. Доронина, Л. К. Левский // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания – Вып. 12. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2014. – С. 109 – 110.
17. Посохов, В. Ф. Результаты датирования Ципиканской метаморфической толщи Rb-Sr методом (Западное Забайкалье) / В. Ф. Посохов, Н. А. Доронина, Д. А. Лыхин, К. М. Шелгачев // Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона: материалы Всероссийской научной конференции. – Якутск. – 2011. – Т. 1. – С. 193 – 198.
18. Доронина, Н. А. Геохимические особенности метаморфизованных базитовых силлов Ципиканского участка / Н. А. Доронина // Геология, тектоника и металлогения Северо-Азиатского кратона: материалы Всероссийской научной конференции – Якутск. – 2011. – Т. 1. – С. 29 – 34.
19. Минина, О. Р. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (состав, строение, геодинамическая эволюция): автореф. дисс. ... докт. геолого-минер. наук / О. Р. Минина. – Иркутск. – 2014. – 36 с.
20. Родионова, Г. Д. Девон Воронежской антиклизы и Московской синеклизы / В. Т. Умнова, Л. И. Кононова [и др.] – М. – 1995. – С. 92 – 121.
21. AVKHMIVITCH, MIDDLE and Upper Devonian miospore zonation off Eastern Europe / E. V. Tschibricova., T. G. Obukhovskaya, A. M. Nazarenko, V. T. Umnova [et al] // Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf. Aquitaine. – 1993. – V. 17. – P. 79 – 147.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ
 Минина О.Р., заведующая лаборатории геодинамики
 E-mail: yaksha@rambler.ru
 Доронина Н.А., научный сотрудник

Воронежский государственный университет
 Неберикутина Л.Н., научный сотрудник

Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude
 Minina O. R., manager of Geodynamics laboratory
 E-mail: yaksha@rambler.ru
 Doronina N. A., research associate

Voronezh State University
 Neberikutina L. N., research associate