

**NORTH BICHURA GABBRO-GRANITE ASSOCIATION OF WESTERN TRANSBAIKALIA:
COMPOSITION, AGE, CORRELATION ISSUES AND GEODYNAMIC ASPECTS**A.L. Elbaev ¹, I.V. Gordienko ¹, V.B. Khubanov ², M.S. Skripnikov ¹

¹ Dobretsov Geological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 6a Sakhyanova St, Ulan-Ude 670047, Republic of Buryatia, Russia

² Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, 10-1 Bolshaya Gruzinskaya St, Moscow 123242, Russia

ABSTRACT. This paper presents new data on the age and distribution features of the main rock-forming components and trace elements in the rocks of the North Bichura gabbro-granite association, which is a petrotype of the Bichura intrusive complex. The chemical composition of the rocks studied corresponds to the gabbro, monzogabbro, monzodiorite, monzonite, granosyenite, moderately alkaline granite and leucogranite families. The geological structure and composition of the North Bichura rocks provide important insights into the Early Mesozoic tectonomagmatic processes in the southern part of Western Transbaikalia during the closure of the Mongol-Okhotsk paleocean. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology allows us to distinguish two stages of magmatic activity: 247–245 and 228–226 Ma ago, corresponding to the Middle and Late Triassic periods. The early stage was characterized by the formation of gabbro-monzonite rocks, and the late stage – by the formation of granitoid rocks. More than 20 million-year gap between the gabbroids and granitoids of the North Bichura pluton contradicts the model of rock formation based on differentiation of the initial basic melt. Two petrographic types of gabbroids have been distinguished that show different geochemical characteristics – amphibole-pyroxene and pyroxene-biotite. The first type is comparable to rocks formed in intraplate settings, while the second is similar to subduction zone magmatism. The formation of the Middle Triassic basic melts with different geochemical parameters most likely indicates their origin from two different sources: suprasubduction lithospheric mantle and asthenospheric mantle. Analysis of geochemical and geochronological data indicates the Early Mesozoic tectonomagmatic-related convergence caused by the closure of the Mongol-Okhotsk paleocean.

KEYWORDS: U-Pb geochronology; tectonomagmatic processes; Triassic period; Bichura intrusive complex; Western Transbaikalia; Mongol-Okhotsk paleocean

FUNDING: The study was carried out on the state assignment of the Dobretsov Geological Institute SB RAS (project No. 126020216347-8) and state assignment Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS (research topic FMWU-2022-0002).



EDN: ICJHPQ

RESEARCH ARTICLE**Correspondence:** Alexey L. Elbaev, elbaev@ginst.ru

Received: February 17, 2026

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 13, 2026

FOR CITATION: Elbaev A.L., Gordienko I.V., Khubanov V.B., Skripnikov M.S., 2026. North Bichura Gabbro-Granite Association of Western Transbaikalia: Composition, Age, Correlation Issues and Geodynamic Aspects. *Geodynamics & Tectonophysics* 17 (2), 0883. doi:10.5800/GT-2026-17-2-0883

СЕВЕРО-БИЧУРСКАЯ ГАББРО-ГРАНИТНАЯ АССОЦИАЦИЯ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: СОСТАВ, ВОЗРАСТ, ВОПРОСЫ КОРРЕЛЯЦИИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.Л. Елбаев¹, И.В. Гордиенко¹, В.Б. Хубанов², М.С. Скрипников¹

¹Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, Республика Бурятия, Россия

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 123242, Москва, ул. Большая Грузинская, 10, стр. 1, Россия

АННОТАЦИЯ. Приведены новые данные о возрасте и особенностях распределения основных породообразующих компонентов и микроэлементов в породах Северо-Бичурской габбро-гранитной ассоциации, являющейся петротипом бичурского интрузивного комплекса. По химическому составу исследованные породы отвечают семействам габбро, монцогаббро, монцодиоритов, монцонитов, граносиенитов, умеренно щелочных гранитов и лейкогранитов. Геологическое строение и состав пород этой ассоциации дают важное представление о ранне-мезозойских тектономагматических процессах в южной части Западного Забайкалья в период закрытия Монголо-Охотского палеоокеана. U-Pb геохронология циркона, полученная методом LA-ICP-MS, позволяет выделить два этапа магматической активности: 247–245 и 228–226 млн лет назад, что соответствует средне- и поздне-триасовому периодам. На раннем этапе происходило становление пород габбро-монцонитового состава, а на позднем – гранитоидного. Установленный временной разрыв более 20 млн лет между габброидами и гранитоидами Северо-Бичурского плутона противоречит модели формирования пород при дифференциации исходного базитового расплава. Выделено два петрографических типа габброидов – амфибол-пироксеновый и пироксен-биотитовый, они имеют различные геохимические характеристики. Первый тип сопоставим с породами, формирующимися в условиях внутриплитных обстановок, в то время как второй аналогичен магматическим образованиям, возникающим в зонах субдукции. Формирование базитовых расплавов с разными геохимическими параметрами в среднем триасе, скорее всего, указывает на их происхождение из двух различных источников: надсубдукционной литосферной мантии и астеносферной мантии. Анализ геохимических и геохронологических данных свидетельствует о явлениях конвергенции на раннемезозойском тектономагматическом этапе, обусловленных закрытием Монголо-Охотского палеоокеана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: U-Pb геохронология; тектономагматические процессы; триасовый период; бичурский интрузивный комплекс; Западное Забайкалье; Монголо-Охотский палеоокеан

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование проведено в рамках госзадания ГИН СО РАН (проект № 126020216347-8) и госзадания ИФЗ РАН (тема НИР FMWU-2022-0002).

1. ВВЕДЕНИЕ

В складчатых областях наблюдаются не менее двух типов взаимоотношений между гранитоидами и базитами (габброидами): габбро-гранитные серии и габбро-гранитные ассоциации. Первый тип характеризуется генетической сопряженностью всех пород, многофазным формированием и, чаще всего, гомодромной последовательностью внедрения [Izokh, 1975; Vladimirov et al., 2013; и др.]. Второй тип объединяет интрузивные породы от основного до кислого состава, расположенные в одной структурной зоне, возможно объединенные сходными тектоническими обстановками формирования, но генетически не связанные между собой [Ripp et al., 2013; Karmysheva et al., 2019; и др.]. Традиционно габбро-монцонит-гранитовые интрузии бичурского комплекса Западного Забайкалья относили к первому типу, что основывалось на ограниченном объеме геохимических данных [State Geological Map..., 2002], надежность которых не соответствует современным требованиям.

Согласно государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200000 (лист М-48-

XVIII), в западной части Малханского хребта Западного Забайкалья широко развиты интрузивные образования бичурского комплекса, формирующие массивы площадью до 150–200 км² и прорывающие вулканы тамирской и унгуркуйской свит пермского возраста [State Geological Map..., 2002]. В составе комплекса по петрографическим характеристикам выделено три фазы, сложенных соответственно габброидами, монцонитоидами и гранитами. Геохронологические исследования, проведенные в последние годы, убедительно демонстрируют, что формирование гранитоидов Тамирского, Хамнигадайского и Сарамского массивов, которые являются опорными для второй и третьей фазы комплекса, происходило в интервале от позднего триаса до ранней юры [Elbaev et al., 2020, 2023, 2024]. Эти результаты подтверждают мнение о принадлежности интрузивных пород региона к мезозойскому этапу магматизма [Kozubova, 1962; Geological Map..., 1969]. Однако бичурский комплекс, выделенный в конце 1950-х годов в ходе геологической съемки, в настоящее время относят к поздней перми [State Geological Map..., 2002]. Отметим, что при выделении раннемезозойского

Монголо-Забайкальского зонально-симметричного тектономагматического ареала бичурские гранитоиды и вулканы унгуркуйской и тамирской свит, локализованные в Западно-Забайкальской области, не соответствовали временным рамкам ареала и рассматривались как магматические комплексы с проблемным возрастом [Yarmolyuk et al., 2002; Kovalenko et al., 2003; Vorontsov et al., 2007]. Предшественниками в качестве петротипа бичурского комплекса выделены две крупные габбро-монцит-гранитные ассоциации, участ-

вующие в строении многофазных массивов. Они расположены в среднем течении р. Бичура – это Северо-Бичурская и Южно-Бичурская ассоциация (рис. 1, а). В связи с этим для уточнения времени образования габброидов и гранитоидов, выяснения характера взаимосвязи (генетическая или парагенетическая, или просто пространственная близость) между основными, средними и кислыми разностями этих интрузивных ассоциаций, а также определения геодинамической обстановки их формирования нами были проведены

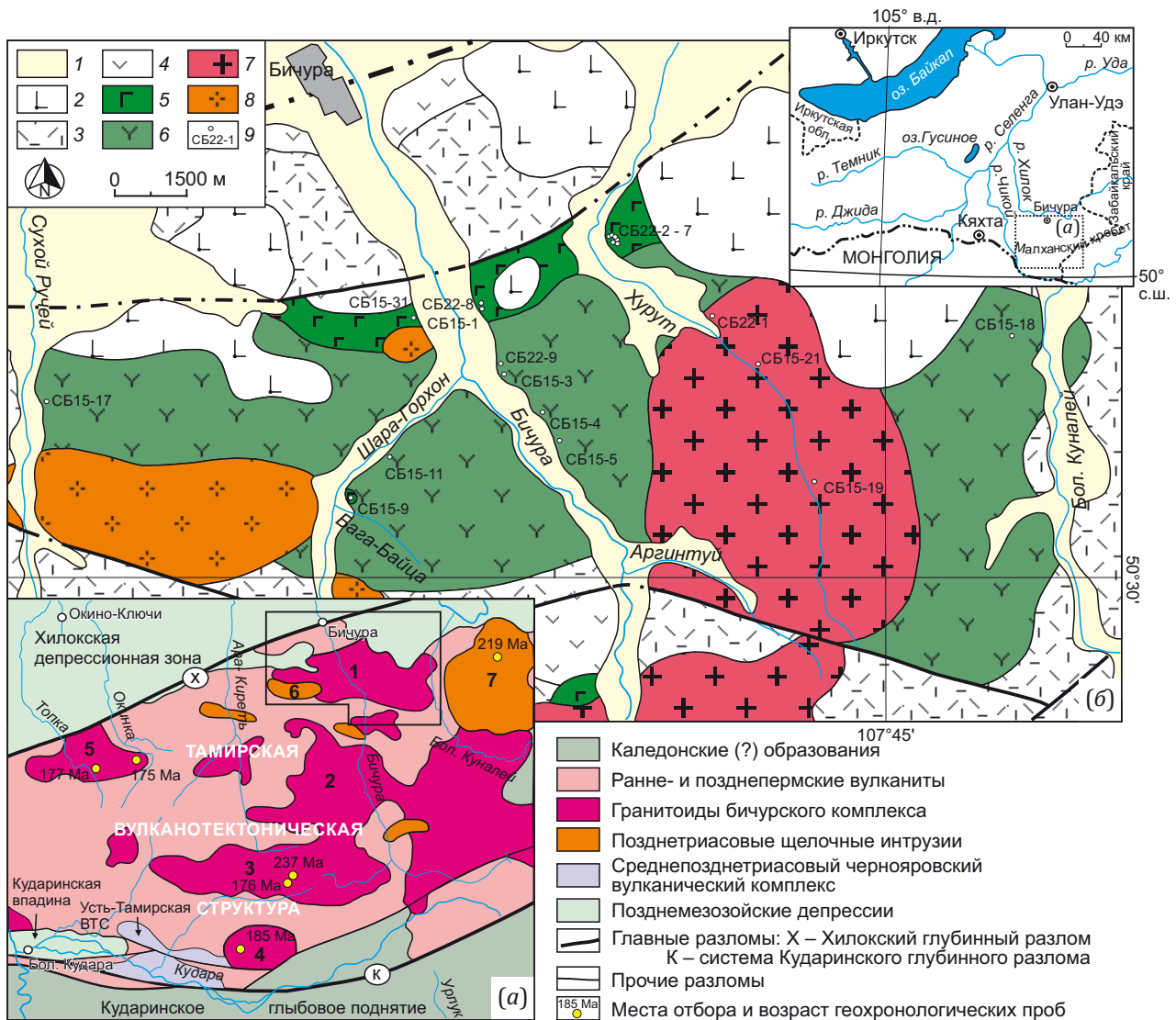


Рис. 1. Схема тектонического районирования (а) и схема геологического строения Северо-Бичурской ассоциации и точки опробования (б) [State Geological Map..., 2002].

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – меловые базальты; 3 – тамирская свита (P_2); 4 – унгуркуйская свита (P_1); 5–7 – бичурский комплекс: 5 – габброиды, 6 – монцитдиориты, кварцевые монцитониты, 7 – граносиениты, граниты; 8 – щелочные гранитоиды позднекуналейского комплекса (T_3); 9 – места опробования. Интрузивные ассоциации (массивы): 1 – Северо-Бичурская, 2 – Южно-Бичурская, 3 – Тамирская, 4 – Хамнигадайская, 5 – Сарамская, 6 – Вороти-Иначе, 7 – Малокуналейская.

Fig. 1. A tectonic scheme (a) and a geological scheme for the North Bichura association and sampling point (b) [State Geological Map..., 2002].

1 – loose Quaternary sediments; 2 – Cretaceous basalts; 3 – Tamir formation (P_2); 4 – Ungurkui formation (P_1); 5–7 – Bichura complex: 5 – gabbroids, 6 – monzodiorites, quartz monzonites, 7 – granosyenites, granites; 8 – alkaline granitoids of the Late Kunaley intrusive complex (T_3); 9 – testing sites. Intrusive associations (massifs): 1 – North Bichura, 2 – South Bichura, 3 – Tamir, 4 – Khamnigaday, 5 – Saram, 6 – Voroti-Inache, 7 – Maly Kunaley.

дополнительные геохронологические и геохимические исследования пород Северо-Бичурской ассоциации, ранее объединяемых в бичурский комплекс.

2. КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район работ расположен в западной оконечности Малханского хребта Западного Забайкалья и обладает сложной геологической структурой, включающей неопротерозойско-раннепалеозойские, позднепалеозойские и мезозойские структурно-вещественные комплексы (СВК) [State Geological Map..., 2002].

Наиболее древние породы развиты в пределах Кударинского глыбового поднятия (рис. 1, а) и представлены вулканогенными образованиями катаевской свиты неопротерозоя (?), а также раннепалеозойскими габброидами монстойского и гранитоидами джидинского комплекса [State Geological Map..., 2002]. Данная вулканоплутоническая ассоциация некоторыми исследователями рассматривается как фрагмент Еравнинского островодужного террейна [Belichenko et al., 1994; State Geological Map..., 2002].

Позднепалеозойские структурно-вещественные комплексы представлены преимущественно вулканогенными образованиями унгуркуйской и тамирской свит ранней и поздней перми и гранитоидами, относимыми к бичурскому комплексу. Все эти образования также объединяли в крупную Тамирскую вулканотектоническую структуру (рис. 1). Считается, что в ее строении наряду с пермскими вулканитами участвуют щелочные гранитоиды куналейского комплекса раннего триаса [State Geological Map..., 2002]. Однако по результатам U-Pb-изотопно-геохронологических исследований щелочно-гранитоидный магматизм в регионе проявился намного позже в позднетриасовое время [Reichow et al., 2010].

Мезозойские структурно-вещественные комплексы слагают сравнительно узкие, но протяженные вулканотектонические депрессии (ВД), небольшие вулканоструктуры и впадины (грабен-синклинали), разделенные поднятиями, сложенными домезозойскими образованиями [State Geological Map..., 2002]. Выделяются ранне- и позднемезозойские тектономагматические этапы. Раннемезозойский этап представлен терригенно-вулканогенными образованиями чернойяровского вулканического комплекса среднего и позднего триаса [State Geological Map..., 2012], слагающими Усть-Тамирскую вулканотектоническую структуру (рис. 1, а). Позднемезозойский этап характеризуется вулканогенными и терригенными образованиями мела, или развитыми в пределах раннемезозойских структур, или образующими самостоятельные впадины и депрессии, приуроченные к зонам крупных разломов [State Geological Map..., 2002]. К ним относятся Хилокская депрессионная зона и Кударинская впадина, выполненные трахибазальтами и конгломератами хилокского вулканического комплекса и угленосными осадками гусиноозерской серии нижнего мела.

Согласно новым геохронологическим исследованиям гранитоидов, ранее относимых к бичурскому комплексу [Elbaev et al., 2020, 2023, 2024], значительная часть интрузивных образований данного региона относится к раннемезозойскому триасово-юрскому периоду. Ниже приведена геолого-петрографическая характеристика петротипичной для бичурского комплекса Северо-Бичурской габбро-монцонит-гранитной ассоциации.

Северо-Бичурская ассоциация, расположенная на водоразделе нижнего течения рек Сухой Ручей, Бичура и Бол. Куналей (юг Республики Бурятия), представляет собой серию сближенных интрузивов, образующих поле выходов, вытянутое в широтном направлении на 20 км и имеющее ширину от 3 до 8 км (рис. 1, б). Общая площадь ассоциации составляет 120 км². Согласно данным геолого-съемочных работ и наших наблюдений наиболее ранними образованиями являются в основном мелко- и среднезернистые массивные габбро, развитые в северной краевой части района исследований и относимые к первой интрузивной фазе [State Geological Map..., 2002]. Полевые исследования и петрографическое изучение позволили выделить две основные разновидности габбро в составе плутона: амфибол-пироксеновые и пироксен-биотитовые (рис. 2). В долине руч. Бичура преимущественно распространены амфибол-пироксеновые габбро, тогда как на правобережье руч. Хурут преобладают пироксен-биотитовые разновидности. Амфибол-пироксеновые габброиды представляют собой темно-серые среднезернистые массивные породы (рис. 2, а), в которых главными породообразующими минералами выступают плагиоклаз (45–50 %) и амфибол (30–35 %). В качестве второстепенных минералов обнаружены калиево-натриевый полевой шпат (5–10 %) и пироксен (5–10 %). Вторичные минералы – эпидот, серицит. Акцессорные – апатит, титанит, циркон. Рудные – магнетит, ильменит. Пироксен-биотитовые габброиды характеризуются зеленовато-светло-серым цветом и значительным структурным разнообразием. Встречаются мелко- и среднезернистые мезократовые (рис. 2, б) и среднезернистые слаботрахиитоидные (рис. 2, в) разновидности. Они представлены плагиоклазом (60–65 %), пироксеном (30–35 %) и биотитом (5 %). Встречается плагиоклаз нескольких генераций. Крупные зональные плагиоклазы первой генерации пятнами замещаются соскуритом, а средние и мелкие призматические зерна второй генерации преобладают и составляют основную массу породы. Пироксен распределен в породе равномерно в виде небольших призм. Биотит темно-бурого цвета ассоциирует с рудным минералом и имеет ксеноморфные очертания. Акцессорные минералы: апатит, титаномангнетит, ильменит, циркон.

Интрузивные тела среднего состава или породы второй фазы, преимущественно сложенными монцодиоритами и кварцевыми монцонитами [State Geological Map..., 2002], составляют значительную часть ассоциации (рис. 2, г, д). Монцодиориты макроскопически

представляют собой темно-серую плотную, порфировидную, среднезернистую породу, которая состоит из плагиоклаза, калиевого полевого шпата, амфибола, биотита и реликтов пироксена. Присутствуют рудные и акцессорные минералы – титаномагнетит, ильменит, титанит, апатит, циркон. Порфировидность породе придают крупные удлиненно-призматические зерна плагиоклаза размером до 6–7 мм, в которых неоднородное внутреннее строение подчеркивается процессом сосюритизации. Встречаются ксеноморфные выделения калиевого полевого шпата, содержащие пойкилитовые включения амфибола и плагиоклаза. Кварцевые монцониты внешне не отличаются от монцодиоритов. Они состоят практически из тех же минералов, что и монцодиориты, – плагиоклаза, амфибола, биотита, калиево-натриевого полевого шпата (микрпертита). Встречаются реликты клинопироксена. Отличитель-

ной чертой является присутствие кварца в количестве 5–10 %. Некоторые зерна плагиоклаза сильно подвержены вторичным изменениям. Биотит и амфибол нередко обнаруживаются в тесной ассоциации друг с другом. Рудный минерал в породе распределен неравномерно в виде мелких и средних выделений ксеноморфных очертаний. Важной особенностью второй фазы является широкое развитие меланократовых включений (рис. 2, е). Тем не менее детальный анализ их петрографической характеристики и природы не был проведен. Секущие контакты кварцевых монцонитов с туфами тамирской свиты были установлены в береговых обнажениях правобережья р. Бол. Куналей.

Наиболее поздние магматиты, или породы третьей фазы, по материалам геологосъемочных работ [State Geological Map..., 2002] формируют штокообразное тело размером 5×8 км в бассейнах ручьев Хурут и Аргинтуй.

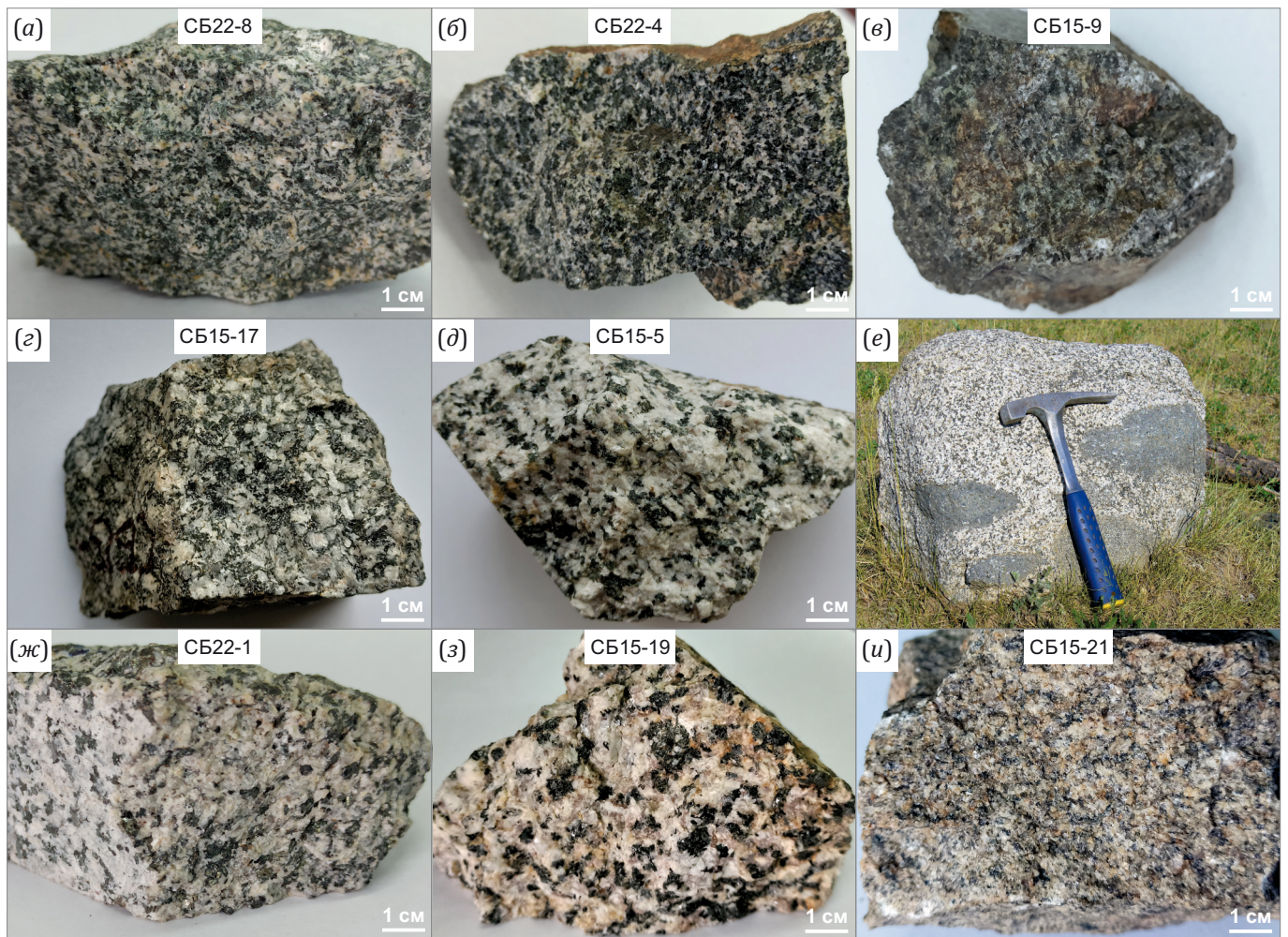


Рис. 2. Фотографии пород.

(а) – амфибол-пироксеновые габбро, (б) – пироксен-биотитовое мелко- и среднезернистые габбро, (в) – пироксен-биотитовые слаботрахитоидные габбро, (г) – монцодиорит, (д) – кварцевый монцонит, (е) – меланократовые включения в кварцевых монцонитах, (ж) – граносиенит, (з) – среднезернистый гранит, (и) – мелкозернистый гранит.

Fig. 2. Photographs of rocks.

(a) – amphibole-pyroxene gabbro, (b) – pyroxene-biotite fine-to-medium-grained gabbro, (c) – pyroxene-biotite weakly trachtyoid gabbro, (d) – monzodiorite, (e) – melanocratic inclusions in quartz monzonites, (ж) – granosyenite, (з) – medium-grained granite, (и) – fine-grained granite.

Они представлены граносиенитами и двуполевошпатовыми гранитами, имеющими мелко- и среднезернистую структуру и розовато-серую окраску (рис. 2, ж-и). Граносиениты состоят из плагиоклаза, калиево-натриевого полевого шпата, кварца, амфибола и биотита. Среди акцессорных минералов отмечается апатит, циркон, титанит и магнетит. Граниты сложены кварцем, калиевым полевым шпатом, плагиоклазом и хлоритизированной слюдой. Аксессуары – апатит, циркон, монацит, магнетит, ильменит. Эти гранитоиды имеют эруптивные контакты с нижне- и верхнепермскими вулканогенными образованиями. С гранитоидами бичурского комплекса, преимущественно с его заключительной жильной порфировой фазой и полями метасоматитов (грейзены, аргиллизиты), связано молибденовое оруденение кварцево-жильного и штокверкового типа, а также проявления молибден-медно-порфирового типа [State Geological Map..., 2002; Gordinenko et al., 2019; Damdinova, Elbaev, 2022].

3. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Основные аналитические исследования были выполнены с использованием оборудования ЦКП «Геоспектр» (ГИ СО РАН, г. Улан-Удэ) [Kanakin et al., 2022]. Определение содержаний петрогенных компонентов осуществлялось различными методами анализа: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, P₂O₅ – фотометрическим, CaO, MgO, MnO, Fe₂O₃ – атомно-абсорбционным спектральным, FeO – титриметрическим, Na₂O, K₂O – пламенно-фотометрическим, потери при прокаливании – гравиметрическим (Б.Б. Лыгденова, Л.В. Митрофанова, Т.Г. Хумаева, О.В. Корсун, Е.Д. Утина). Для определения содержаний редких элементов применялся рентгенофлуоресцентный анализ на спектрометре ARL Perform'X (Б.Ж. Жал-

сараев, С.В. Бартанова). Выделение циркона из проб проводилось с использованием тяжелых жидкостей в лаборатории геохронологии и геохимии окружающей среды. Полученные зерна циркона имплантировали в эпоксидную смолу. Затем их сошлифовали, оставив более половины толщины, и отполировали. U-Pb (LA-ICP-MS)-исследования циркона выполнены на масс-спектрометре высокого разрешения Element XR с системой лазерного пробоотбора UP-213 по методике, описанной в работах [Khubanov et al., 2016; Buyantuev et al., 2017]. Первичная обработка масс-спектрометрического сигнала проводилась с помощью программы Glitter [Griffin et al., 2008], расчет возраста и построение графиков – с помощью Microsoft Excel с надстройкой IsoPlot [Ludwig, 2008].

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Петро- и геохимическая характеристика пород

По химическому составу породы Северо-Бичурской ассоциации отвечают семействам габбро, монцогаббро, монцодиоритов, монцонитов, граносиенитов, умеренно щелочных гранитов и лейкогранитов (рис. 3, а). В ранних габброидах содержание кремнезема колеблется от 48.3 до 51.0 мас. %, в монцонитоидах – от 57.3 до 61.8 мас. %, а в поздних гранитоидах – от 64.8 до 73.8 мас. % (Прил. 1, табл. 1.1). Щелочность в габброидах возрастает с увеличением кремнекислотности с 3.46 до 5.3 мас. %, в монцонитоидах – с 6.68 до 8.13 мас. %, тогда как в поздних гранитоидах она снижается с 8.39 до 7.96 мас. %. По соотношению K₂O – SiO₂ (рис. 3, б) большинство пород ассоциации принадлежат к высококальциевой известково-щелочной петрохимической серии. В свою очередь, пироксен-биотитовые габброиды относятся к известково-щелочной

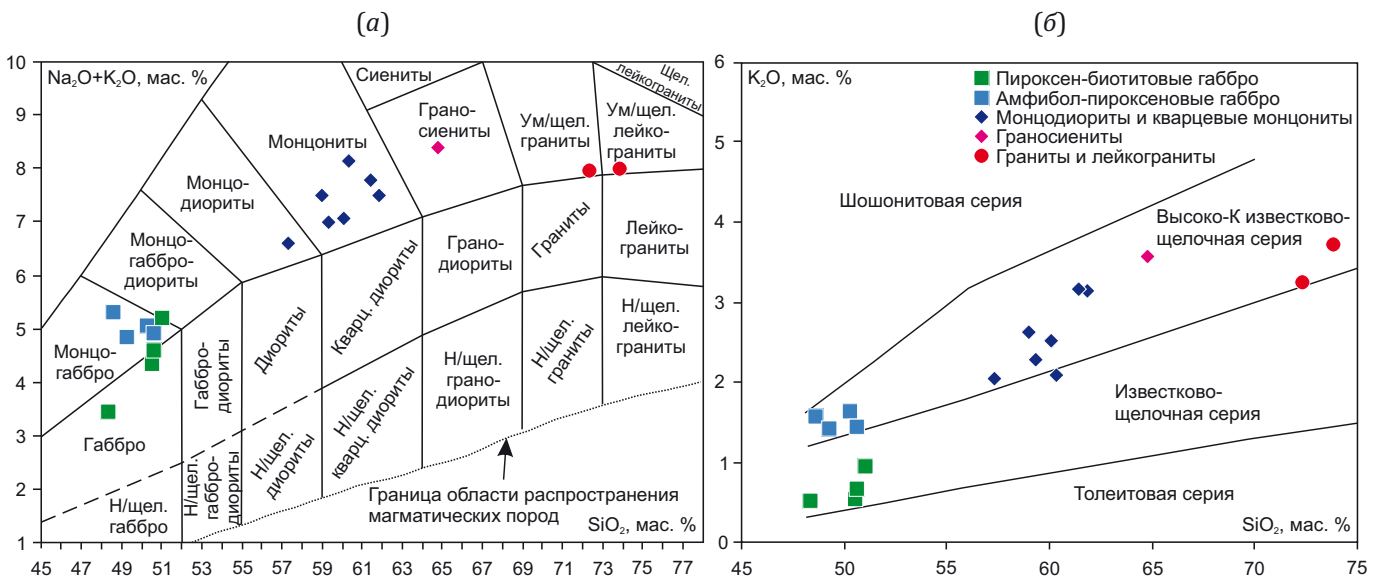


Рис. 3. Классификация пород Северо-Бичурской ассоциации. (а) – SiO₂ – (Na₂O+K₂O) [Sharpenok et al., 2013]; (б) – соотношение K₂O – SiO₂ [Peccerillo, Taylor, 1976].

Fig. 3. Classification of rocks of the North Bichura association. (а) – SiO₂ – (Na₂O+K₂O) [Sharpenok et al., 2013]; (б) – K₂O – SiO₂ ratio [Peccerillo, Taylor, 1976].

серии. По коэффициенту глиноземистости ($al' = Al_2O_3 / (FeO + Fe_2O_3 + MgO)$) две разновидности габброидов Северо-Бичурской ассоциации относятся к высокоглиноземистому типу ($al' = 1.05 - 1.84$).

Согласно классификации в работе [Frost et al., 2001], исследуемые монцониты и граносиениты обладают низкоглиноземистыми показателями индекса насыщения алюминием ($ASI = 0.85 - 0.97$) и относятся к щелочно-известковым и магнезиальным образованиям (Fe-индекс составляет $0.62 - 0.78$). В то же время граниты и лейкограниты характеризуются умеренной глиноземистостью ($ASI = 1.08 - 1.11$), принадлежат к известково-щелочной серии и отличаются более железистым составом (Fe-индекс $0.83 - 0.87$) (рис. 4).

На вариационных диаграммах (рис. 5) фиксируется отрицательная корреляционная связь содержания кремнекислоты с оксидами магния, алюминия, кальция, титана, железа, марганца, фосфора. В то же время наблюдается положительная корреляционная зависимость содержания кремнекислоты от щелочей (Na_2O и K_2O). На диаграммах (рис. 6) видно, что высокозарядные редкие элементы демонстрируют небольшой разброс фигуративных точек. Тем не менее можно заметить, что при увеличении кремнекислотности пород, от амфиболовых габбро через монцониты к граносиенитам и гранитам, наблюдается повышение содержания бария и рубидия, в то время как количество стронция уменьшается. Габброиды и граниты харак-

теризуются самыми низкими уровнями Nb, Zr и Y, а монцонитоиды показывают повышенные концентрации этих элементов.

4.2. U-Pb изотопное датирование цирконов

Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) анализа зерен циркона приведены в Прил. 1, табл. 1.2. Для геохронологических исследований пород основного состава использовались две пробы габброидов. Одна проба характеризует пироксен-биотитовые разности СБ22-6 (устьевая часть руч. Хурут), а вторая представляет амфибол-пироксеновые габбро СБ22-8 (бассейн руч. Бичура).

Возраст зерен циркона из пироксен-биотитовых разностей габбро, оцененный методом пересечения по 34 точкам с конкордией, составляет 246 ± 1.8 млн лет ($СКВО = 0.22$). Средневзвешенное значение, рассчитанное по отношению $^{206}Pb / ^{238}U$ с ^{207}Pb -поправкой на неродиогенный свинец, показывает аналогичный среднетриасовый возраст 246 ± 1.4 млн лет при $СКВО = 0.22$ (рис. 7).

Возраст зерен циркона из амфибол-пироксеновых габбро, полученный по 35 точкам методом пересечения, составляет 245 ± 0.8 млн лет (T_2). Средневзвешенный $^{206}Pb / ^{238}U$ возраст, скорректированный на обыкновенный свинец (^{207}Pb -метод), составляет 245 ± 0.77 млн лет при $СКВО = 0.49$ (рис. 8) и соответствует среднему триасу.

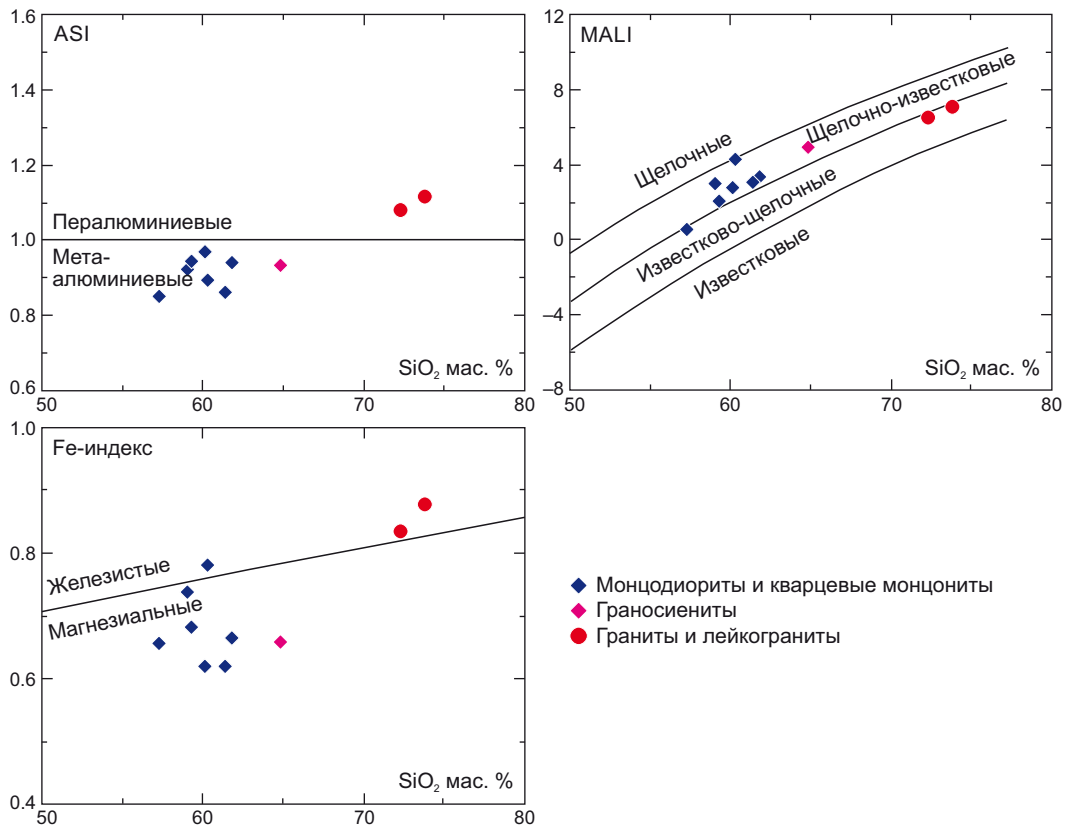


Рис. 4. Петрохимическая классификация гранитоидов Северо-Бичурской ассоциации [Frost et al., 2001].

Fig. 4. Petrochemical classification of granitoids of the North Bichura association [Frost et al., 2001].

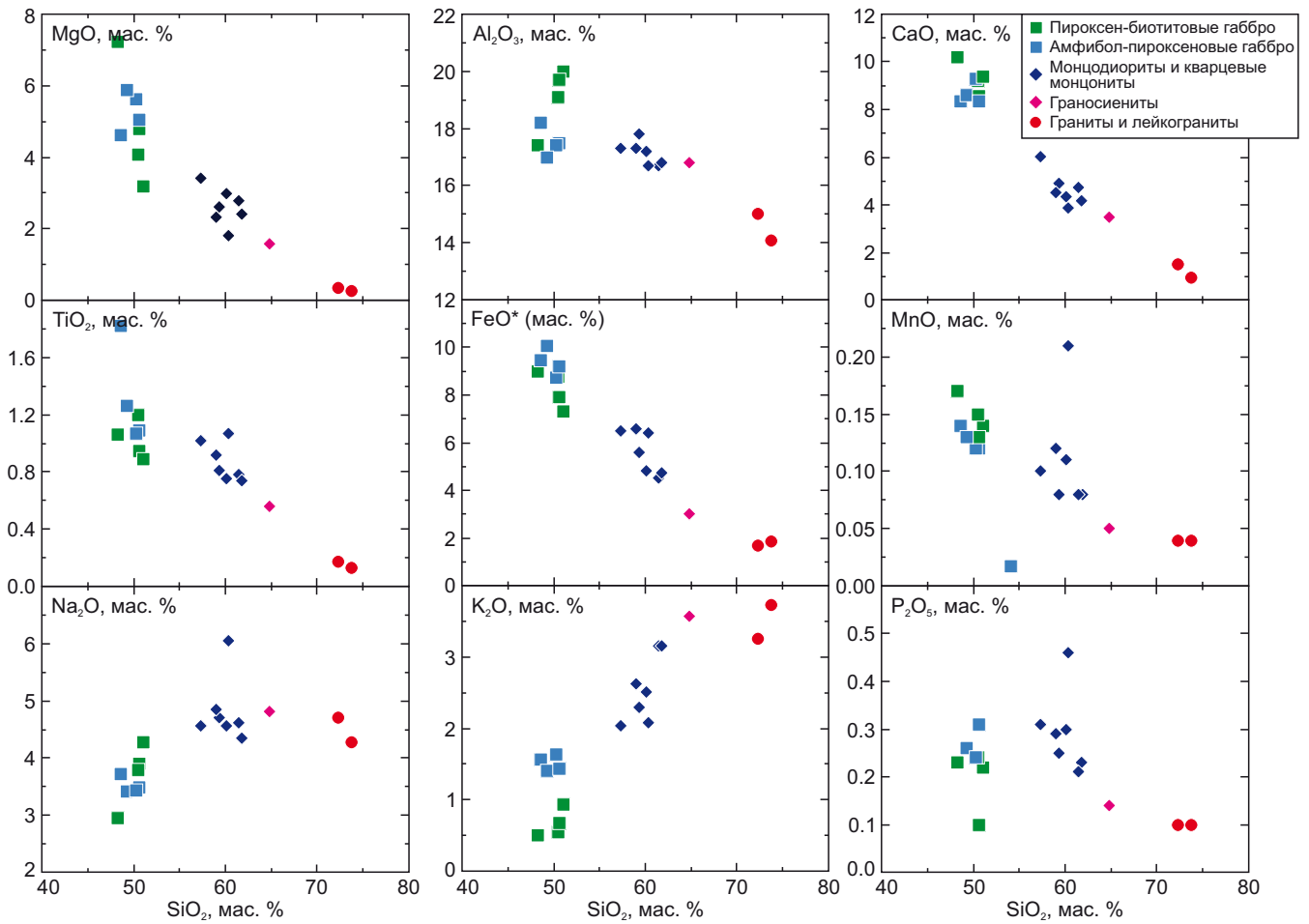


Рис. 5. Вариационные диаграммы Харкера для исследуемых пород.
 Fig. 5. Harker variation diagrams for the studied rocks.

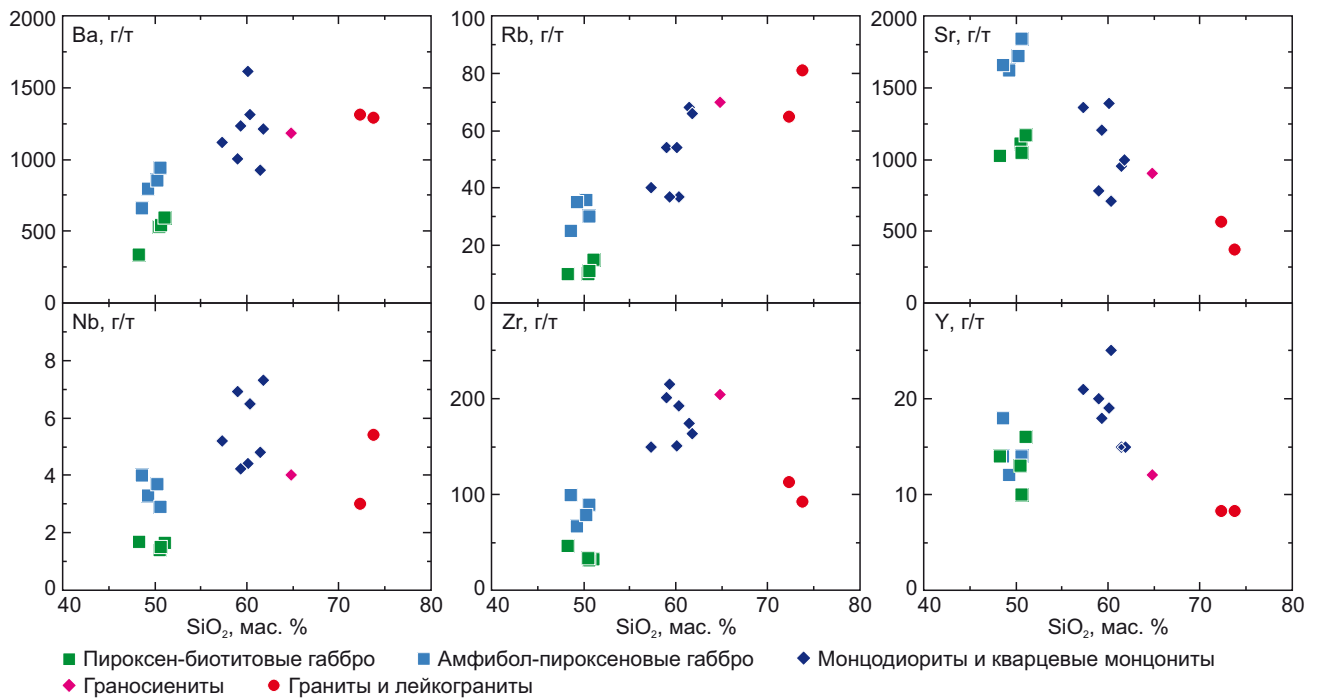


Рис. 6. Вариации содержаний высокозарядных редких элементов в породах Северо-Бичурской ассоциации.
 Fig. 6. Variations in the contents of highly charged rare elements in the rocks of the North Bichura association.

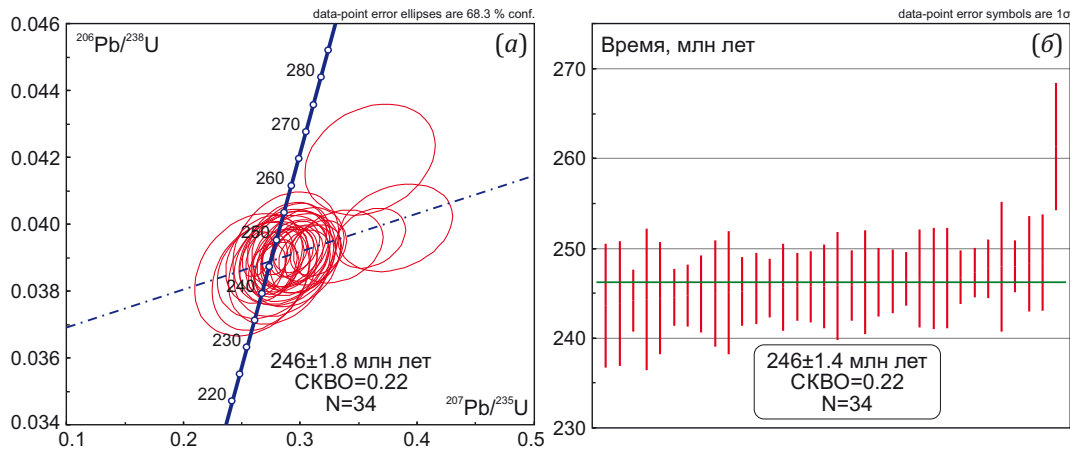


Рис. 7. Диаграмма с конкордией (а) и диаграмма средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста, скорректированного на обыкновенный свинец ^{207}Pb -методом (б), для цирконов из пироксен-биотитовых разновидностей габбро Северо-Бичурской ассоциации.

Fig. 7. Diagrams with concordia (a) and weighted average $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age corrected for common lead by the ^{207}Pb method (b), for zircons from pyroxene-biotite varieties of gabbro in the North Bichura association.

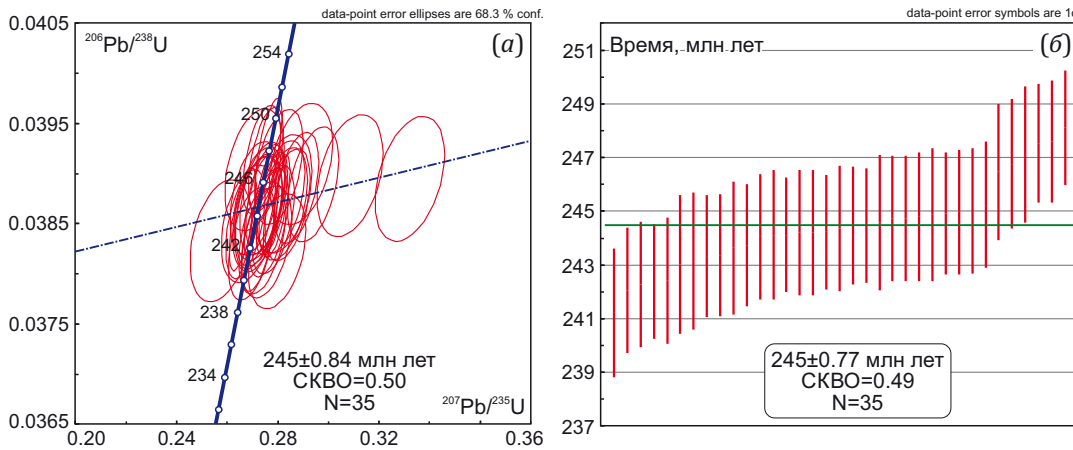


Рис. 8. Диаграмма с конкордией (а) и диаграмма средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста, скорректированного на обыкновенный свинец ^{207}Pb -методом (б), для цирконов из амфибол-пироксеновых разновидностей габбро Северо-Бичурской ассоциации.

Fig. 8. Diagrams with concordia (a) and weighted average $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age corrected for common lead by the ^{207}Pb method (b), for zircons from amphibole-pyroxene varieties of gabbro in the North Bichura association.

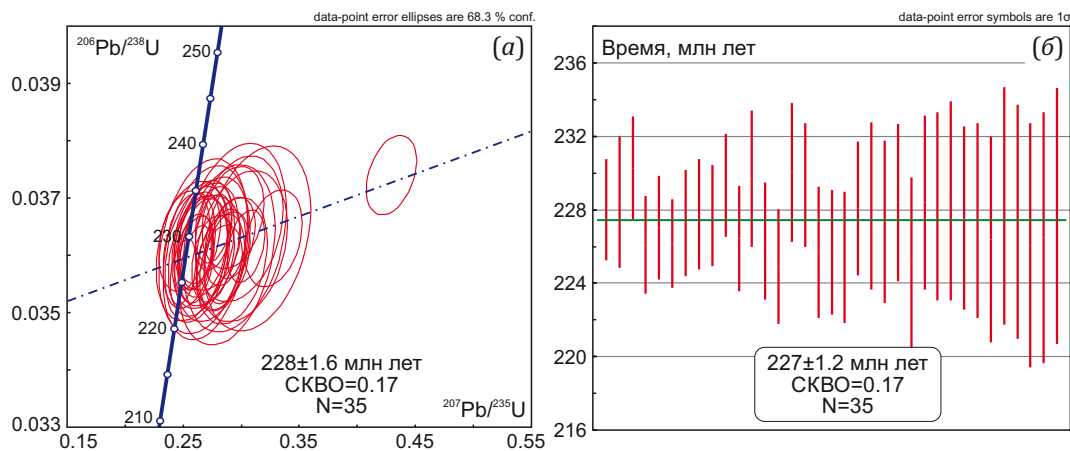


Рис. 9. Диаграмма с конкордией (а) и диаграмма средневзвешенного $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраста, скорректированного на обыкновенный свинец ^{207}Pb -методом (б), для цирконов из граносиенитов Северо-Бичурской ассоциации.

Fig. 9. Diagrams with concordia (a) and weighted average $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age corrected for normal lead by the ^{207}Pb method (b), for zircons from granosyenites in the Severo-Bichur association.

Для определения возраста пород поздних гранитоидов использовалась проба амфибол-биотитовых граносиенитов. Возраст зерен циркона, полученный по 35 точкам методом пересечения, составляет 228 ± 1.6 млн лет. Средневзвешенный $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ возраст, скорректированный на обыкновенный свинец (^{207}Pb -метод), составляет 227 ± 1.2 млн лет, что соответствует позднему триасу (рис. 9).

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Возраст формирования Северо-Бичурской ассоциации

Породы Северо-Бичурской интрузивной ассоциации на геологических картах второго поколения отнесены к позднепермским образованиям и рассматриваются в составе позднепалеозойской Тамирской вулканотектонической структуры (ВТС) [State Geological Map..., 2002]. Однако по результатам новых геохронологических исследований установлено, что габброиды сформировались в интервале 247–245 млн лет, а гранитоиды – интервале 228–226 млн лет. Полученные данные свидетельствуют о средне- и поздне триасовом возрасте пород ассоциации и в совокупности с ранее проведенными геохронологическими исследованиями [Elbaev et al., 2020, 2023, 2024] указывают на широкое проявление раннемезозойского интрузивного магматизма в пределах западной части Малханского хребта. При этом отмечается следующая последовательность – габброиды и монциты Северо-Бичурской ассоциации являются наиболее ранними образованиями (247–245 млн лет), затем сформировались умеренно щелочные гранитоиды Тамирского (237 млн лет) и Северо-Бичурского (227 млн лет) плутонов, далее морионовые лейкограниты (окисленные А-граниты) массивов Хамнигадой и Этытей (190–185 млн лет) и наиболее молодой возраст получен для умеренно щелочных кварцевых сиенитов и лейкогранитов Сарамского массива (177–175 млн лет) и рудоносных лейкогранит-порфиров Тамирского проявления молибдена (176 млн лет). Приведенные возрастные данные охватывают широкий временной диапазон – от 247 до 175 млн лет, указывающий на формирование пород, ранее относимых к бичурскому интрузивному комплексу, в период от среднего триаса до ранней юры. В этом же интервале формировались (см. рис. 1, а) массивы щелочных гранитоидов позднекуналейского комплекса (219 млн лет, U-Pb-метод) [Reichow et al., 2010] и среднепознетриасовые субщелочные вулканиты чернойяровской свиты [State Geological Map..., 2002, 2012]. Данный период, охватывающий значительную часть раннего мезозоя, характеризуется сложными тектоническими и магматическими процессами, происходившими на территории Западного Забайкалья и Северной Монголии.

5.2. Обзор геодинамических моделей формирования региона

Существуют различные точки зрения на природу раннемезозойского магматизма. Одни исследователи

считали, что в данном регионе существовала сложная геодинамическая обстановка калифорнийского или монголо-охотского типа, которая характеризовалась надвиганием Сибирского континента на структуры Монголо-Охотского океанического бассейна, в результате чего оказалась перекрытой спрединговая зона этого бассейна, которая продолжала функционировать и обусловила образование овальных зон «рассеянного» рифтогенеза и «распыленного» вулканизма [Gordienko, Kuzmin, 1999, и ссылки в этой работе]. Отличительной особенностью этого процесса явилось сочетание обстановок сжатия и растяжения, в связи с чем в регионе образовались многочисленные вулканотектонические структуры, сложенные вулканитами островодужного и внутриплитного типа в ассоциации с редкометалльными и другими гранитоидами [Gordienko et al., 2019]. В дальнейшем была установлена доминирующая роль конвергентных процессов, что стало основой для гипотезы о субдукционном происхождении раннемезозойского магматизма в условиях активной континентальной окраины [Zorin, 1999; Donskaya et al., 2012, 2013]. По этим данным магматизм, контролируемый субдукционными процессами, в северных окрестностях Монголо-Охотского бассейна начался в позднем палеозое и завершился только в раннеюрское время в результате закрытия океанического бассейна. Согласно более поздней модели геодинамической эволюции хэнтэйского сегмента Монголо-Охотского складчатого пояса, предложенной академиком В.В. Ярмолюком с коллегами [Yarmolyuk et al., 2024], в период 300–250 млн лет протекали субдукционные процессы как в пределах Ада-Цагской ветви Монголо-Охотского океана, так и на противоположной стороне (стадия двухсторонней субдукции), а около 250 млн лет назад произошло закрытие океана, столкновение активных окраин и прекращение субдукции. В интервале 250–230 млн лет предполагаются процессы расслоения и проникновения астеносферы в нижнюю часть земной коры, а после 230 млн лет – коллапс орогена над астеносферным поднятием, обеспечившим формирование Монголо-Забайкальской (Хэнтэйской) зональной магматической области [Yarmolyuk et al., 2002; Kovalenko et al., 2003; Vorontsov et al., 2007].

Приведенный краткий обзор показывает, насколько различаются представления исследователей об истории геологического развития территории Забайкалья и Северной Монголии, и не позволяет однозначно определить геодинамическую обстановку формирования пород Северо-Бичурского плутона с учетом полученных геохронологических данных. В связи с этим ниже принята попытка выяснения геодинамической природы габброидов по вещественным признакам.

5.3. Происхождение габброидов

Предполагалось, что закономерное изменение химизма пород Северо-Бичурской ассоциации и других массивов бичурского комплекса связано с дифференциацией и фракционированием исходного базитового

расплава в малоглубинных условиях, с образованием промежуточного монцонитового и заключительного гранитного дифференциатов [State Geological Map..., 2002]. Однако установленный временной разрыв более 20 млн лет между габброидами и гранитоидами Северо-Бичурской ассоциации и гранитоидами других массивов, ранее относимых к бичурскому комплексу, противоречит этой гипотезе. Скорее всего, кислые магмы сформировались автономно в результате частичного плавления различных коровых субстратов в разное время. Тем не менее вопрос о происхождении гранитоидов данного региона остается открытым.

С одной стороны, анализ вариационных диаграмм демонстрирует, что точки, характеризующие состав

вы амфибол-пироксеновых габбро, монцодиоритов и кварцевых монцонитов, формируют единый тренд, который отражает главное направление фракционной дифференциации умеренно щелочного базитового расплава (см. рис. 5, 6). В ходе кристаллизационного процесса в расплаве происходит накопление главным образом кремния и щелочей, а также бария, рубидия, ниобия, циркония, что приводит к последовательному образованию монцодиоритов и кварцевых монцонитов. Кроме того, на диаграмме $MgO - FeO - Al_2O_3$ [Pearce, Gale, 1977], применяемой для классификации базальтов в зависимости от их тектонической обстановки, все исследуемые габброиды благодаря повышенной глиноземистости преимущественно попадают

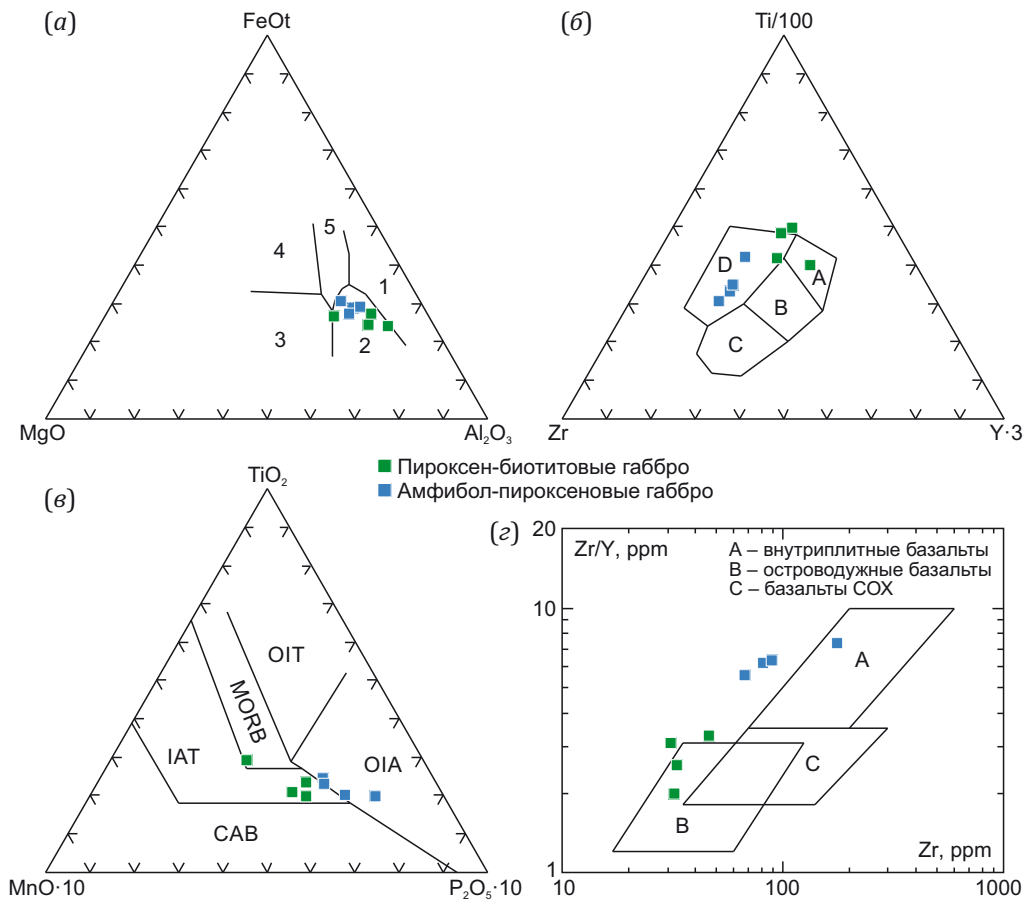


Рис. 10. Дискриминационные диаграммы для мафических пород.

(a) – $MgO - FeO - Al_2O_3$ [Pearce, Gale, 1977]: 1 – базальты надспрединговых островов; 2 – базальты вулканических дуг и активных континентальных окраин; 3 – базальты срединно-океанических хребтов; 4 – базальты океанических островов; 5 – континентальные базальты; (б) – $Ti - Zr - Y$ [Pearce, Cann, 1973]: A – толеиты островных дуг; B – базальты срединно-океанических хребтов, островодужные толеиты и известково-щелочные базальты; C – известково-щелочные базальты; D – интратипитные базальты; (в) – $MnO - TiO_2 - P_2O_5$ [Mullen, 1983]: CAB – известково-щелочные базальты, IAT – островодужные толеиты, MORB – базальты срединно-океанических хребтов, OIT – толеиты океанических островов, OIA – андезиты океанических островов; (г) – $Zr/Y - Zr$ [Pearce, Norry, 1979].

Fig. 10. Discrimination diagrams for mafic rocks.

(a) – $MgO - FeO - Al_2O_3$ [Pearce, Gale, 1977]: 1 – basalts of superspreading islands; 2 – basalts of volcanic arcs and active continental margins; 3 – basalts of mid-oceanic ridges; 4 – basalts of oceanic islands; 5 – continental basalts; (б) – $Ti - Zr - Y$ [Pearce, Cann, 1973]: A – tholeiites of island arcs; B – basalts of mid-oceanic ridges, island-arc tholeiites and calcareous-alkaline basalts; C – calcareous-alkaline basalts; D – intraplate basalts; (в) – $MnO - TiO_2 - P_2O_5$ [Mullen, 1983]: CAB – calcareous-alkaline basalts, IAT – island-arc tholeiites, MORB – basalts of mid-oceanic ridges, OIT – tholeiites of oceanic islands, OIA – andesites of oceanic islands; (г) – $Zr/Y - Zr$ [Pearce, Norry, 1979].

в область базальтов надсубдукционного происхождения (рис. 10, а).

С другой стороны, существует множество дискриминационных диаграмм для реконструкции тектонических условий формирования базальтов и габброидов, которые основаны на анализе содержания в них примесных элементов [Sklyarov, 2001]. Так, на диаграмме Ti – Zr – Y [Pearce, Cann, 1973] представлена другая закономерность. Амфибол-пироксеновые габброиды занимают центральную область внутриплитных базальтов, в то время как пироксен-биотитовые габброиды располагаются в пограничной зоне между внутриплитными образованиями и толеитовыми базальтами островных дуг (рис. 10, б). Различия двух петрографических разновидностей габброидов отчетливо проявляются на дискриминационных диаграммах Zr/Y – Zr [Pearce, Norry, 1979] и MnO – TiO₂ – P₂O₅ [Mullen, 1983], где первые тяготеют к полю внутриплитных базальтов, в то время как вторые – к полю базальтов островных дуг (рис. 10, в, г).

Данные геохимические характеристики могли бы быть результатом различных геодинамических условий, в которых происходило формирование основных пород. Однако, если принять во внимание близость абсолютного возраста габброидов и их пространственной локализации, различные обстановки формирования представляются маловероятными.

Использование дискриминационных диаграмм для основных пород показало, что составы исследуемых габброидов схожи с базальтами, образовавшимися в условиях надсубдукционной и внутриплитной обстановки. По-видимому, это не случайно, хотя вопрос о геодинамике южной части Западного Забайкалья в триасовом периоде до сих пор остается открытым. Следует отметить, что формирование габброидов с геохимическими признаками островодужных в период раннекембрийско-ордовикских аккреционно-коллизионных событий отмечается во многих ареалах Центрально-Азиатского складчатого пояса и обсуждалось неоднократно [Izokh et al., 1998; Borodina et al., 2004; Lavrenchuk et al., 2017; Shelepaev et al., 2018]. В цитируемых работах также отмечается, что петрогеохимические особенности габброидов позволяют относить их к типичным образованиям вулканических дуг, но результаты изотопно-геохронологических исследований свидетельствуют о проявлении базитового магматизма синхронно с коллизионными процессами. Кроме того, согласно геодинамической модели В.В. Ярмолюка [Yarmolyuk et al., 2024], в этот период на территории Забайкалья и Монголии имело место столкновение (аккреция) и прекращение субдукции (~250–230 млн лет). В этом случае геохимическое различие габброидов можно объяснить плавлением двух различных источников: надсубдукционной литосферной мантии и астеносферной мантии. В данном контексте ключевым фактором, инициирующим плавление надсубдукционной литосферной мантии, очевидно, выступает тепловое воздействие более горячего вещества астеносферной

мантии, вероятно, имевшего подъем синхронно с аккреционно-коллизионными событиями в результате раслаивания нижней части литосферы [Yarmolyuk et al., 2024] либо в результате отмирания зоны субдукции с отрывом слэба и образованием «окна» в субдуцированной плите. В последнем случае через разрыв в субдуцированной плите астеносферные «горячие» магмы проникли в надсубдукционную вышележащую мантию, подвергнув ее плавлению, а также на более высокие горизонты в кору, где образовали собственные интрузии.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геохронологическое изучение Северо-Бичурской ассоциации позволило установить, что габброиды сформировались в среднем триасе, в интервале 247–245 млн лет назад, в то время как гранитоиды образовались в позднем триасе, 228–226 млн лет назад.

Вариации геохимического состава габброидов, от островодужных до внутриплитных, по-видимому, обусловлены выплавлением различных источников – надсубдукционной литосферной мантии и астеносферной мантии.

Пространственно-временное совмещение габброидов разной геохимической специализации свидетельствует о сложной геодинамической обстановке с подъемом астеносферных магм в результате либо расслоения утолщенной литосферы, либо отрыва слэба при закрытии Монголо-Охотского палеоокеана.

Позднетриасовые гранитоиды сформировались, по-видимому, в постколлизионный период синхронно с магматическими процессами, протекавшими в Монголо-Забайкальской (Хэнтэйской) зональной магматической области (230–195 млн лет), в ее периферийной части.

Исследование петротипичного для бичурского интрузивного комплекса Северо-Бичурской габбро-гранитной ассоциации демонстрирует существенные различия полученных значений возраста от данных, указанных в легендах государственных геологических карт.

7. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность рецензентам А.А. Воронцову и И.В. Кармышевой за пожелания и критические замечания, которые, без сомнения, способствовали повышению качества статьи, а также искренне благодарят Т.А. Гонегер, инженера лаборатории геодинамики ГИН СО РАН, за ее неоценимую помощь в организации и проведении экспедиционных работ.

8. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

9. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

10. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Belichenko V.G., Sklyarov E.V., Dobretsov N.L., Tomurtogo O., 1994. Geodynamic Map of the Paleo-Asian Ocean. Eastern Segment. *Russian Geology and Geophysics* 35 (7–8), 29–41 (in Russian) [Беличенко В.Г., Склярлов Е.В., Добрецов Н.Л., Томуртого О. Геодинамическая карта Палеоазиатского океана. Восточный сегмент // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 29–41].

Borodina E.V., Egorova V.V., Izokh A.E., 2004. Petrology of Ordovician Collision-Related Layered Peridotite-Gabbro Intrusions (Exemplified by the Mazhalyk Intrusion, South-eastern Tuva). *Russian Geology and Geophysics* 45 (9), 1074–1091.

Buyantuev M.D., Khubanov V.B., Vrublevskaya T.T., 2017. U-Pb LA-ICP-MS Dating of Zircons from Subvolcanics of the Bimodal Dyke Series of the Western Transbaikalia: Technique, and Evidence of the Late Paleozoic Extension of the Crust. *Geodynamics & Tectonophysics* 8 (2), 369–384 (in Russian) [Буянтуев М.Д., Хубанов В.Б., Врублевская Т.Т. U-Pb LA-ICP-MS датирование цирконов из субвулканитов бимодальной дайковой серии Западного Забайкалья: методика, свидетельства позднепалеозойского растяжения земной коры // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 2. С. 369–384]. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-2-0246>.

Damdinova L.B., Elbaev A.L., 2022. The Tamir Molybdenum Event (Western Transbaikalia, Russia): The First Data on the Physicochemical Formation Parameters. *Geology of Ore Deposits* 64 (6), 389–394. <https://doi.org/10.1134/S1075701522060034>.

Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., De Waele B., Presnyakov S.L., 2012. The Late Triassic Kataev Volcanoplutonic Association in Western Transbaikalia, a Fragment of the Active Continental Margin of the Mongol-Okhotsk Ocean. *Russian Geology and Geophysics* 53 (1), 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.12.002>.

Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Ivanov A.V., 2013. Late Paleozoic – Mesozoic Subduction-Related Magmatism at the Southern Margin of the Siberian Continent and the 150 Million-Year History of the Mongol-Okhotsk Ocean. *Journal Asian Earth Sciences* 62, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.07.023>.

Elbaev A.L., Gordienko I.V., Khubanov V.B., Karmanov N.S., Zhalsaraev B.Zh., 2024. U-Pb Age and Geochemical Typification of the Saram Massif Rocks (Western Transbaikalia): Early Jurassic Granitoid Magmatism. *Geodynamics & Tectonophysics* 15 (6), 0795 (in Russian) [Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., Хубанов В.Б., Карманов Н.С., Жалсараев Б.Ж. U-Pb возраст и геохимическая типизация пород Сарамского массива (Западное Забайкалье): к проблеме раннеюрского гранитоидного магматизма // Геодинамика

и тектонофизика. 2024. Т. 15. № 6. 0795]. <https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-6-0795>.

Elbaev A.L., Gordienko I.V., Khubanov V.B., Rampilov M.O., 2023. Granitoids of the Tamir (Mo) Ore Occurrence (Western Transbaikalia): Composition, Age and Probable Sources of Melts. *Geosphere Research* 3, 13–27 (in Russian) [Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., Хубанов В.Б., Рампилов М.О. Гранитоиды Тамирского (Мо) рудопроявления (Западное Забайкалье): состав, возраст и вероятные источники расплавов // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 13–27]. DOI:10.17223/25421379/28/2.

Elbaev A.L., Gordienko I.V., Khubanov V.B., Zarubina O.V., 2020. Petrogeochemical Characteristics and U-Pb Age of Morion-Granite Rocks in Central Transbaikalia: Classification and Genesis Problems. *Lithosphere* 20 (5), 690–705 (in Russian) [Елбаев А.Л., Гордиенко И.В., Хубанов В.Б., Зарубина О.В. Петрогеохимические особенности и U-Pb возраст морион-гранитов Центрального Забайкалья: типизация пород и вопросы их генезиса // Литосфера. 2020. Т. 20. № 5. С. 690–705]. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-5-690-705>.

Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D., 2001. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 42 (11), 2033–2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>.

Geological Map of the USSR, 1969. West Trans-Baikal Series. Scale of 1:200000. Sheet M-48-XVIII. Explanatory Note. Nedra, Moscow, 52 p. (in Russian) [Геологическая карта СССР. Серия Западно-Забайкальская. Масштаб 1:200000. Лист М-48-XVIII: Объяснительная записка. М.: Недра, 1969. 52 с.].

Gordienko I.V., Badmatsyrenova R.A., Lantseva V.S., Elbaev A.L., 2019. Selenga Ore District in Western Transbaikalia: Structural-Minerogenic Zoning, Genetic Types of Ore Deposits, and Geodynamic Settings of Ore Localization. *Geology of Ore Deposits* 61 (5), 391–421. <https://doi.org/10.1134/S1075701519050027>.

Gordienko I.V., Kuz'min M.I., 1999. Geodynamics and Metallogeny of the Mongolo-Trasbaikalian Region. *Russian Geology and Geophysics* 40 (11), 1522–1538.

Griffin W.L., Powell W.J., Pearson N.J., O'Reilly S.Y., 2008. GLITTER: Data Reduction Software for Laser Ablation ICPMS. In: P.J. Sylvester (Ed.), *Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues*. Mineralogical Association of Canada Short Course Series. Vol. 40. Vancouver, Canada, p. 308–311.

Izokh A.E., Polyakov G.V., Gibsher A.S., Balykin P.A., Zhuravlev D.Z., Parkhomenko V.A., 1998. High-Alumina Layered Gabbroids of the Central-Asian Folded Belt: Geochemical Composition, Sm-Nd Isotopic Age, and Geodynamic Conditions of Formation. *Russian Geology and Geophysics* 39 (11), 1565–1577.

Izokh E.P. (Ed.), 1975. *Formation Analysis of Granitoids of Western Uzbekistan*. Novosibirsk, Nauka, 518 p. (in Russian) [Формационный анализ гранитоидов Западного Узбекистана / Ред. Э.П. Изох. Новосибирск: Наука, 1975. 518 с.].

Kanakin S.V., Khubanov V.B., Zhalsaraev B.Zh., Posokhov V.F., Dampilova B.V., Khromova E.A., Khubanova A.M.,

Lygdenova B.B., 2022. The Shared Research Facilities "Geospectrum" of the Geological Institute SB RAS. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (2), 0583 (in Russian) [Канакин С.В., Хубанов В.Б., Жалсараев Б.Ж., Посохов В.Ф., Дампилова Б.В., Хромова Е.А., Хубанова А.М., Лыгденова Б.Б. Центр коллективного пользования «Геоспектр» Геологического института СО РАН // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Т. 13. № 2. 0583]. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2-0583>.

Karmysheva I.V., Vladimirov V.G., Shelepaev R.A., Rudnev S.N., Yakovlev V.A., Semenova D.V., 2019. Bayan-Kol Gabbro-Granite Association (Western Sangilen, Southeastern Tuva): Composition, Age Boundaries, and Tectonic and Geodynamic Settings. *Russian Geology and Geophysics* 60 (7), 720–734. <https://doi.org/10.15372/RGG2019065>.

Khubanov V.B., Buyantuev M.D., Tsygankov A.A., 2016. U-Pb Dating of Zircons from PZ₃-MZ Igneous Complexes of Transbaikalia by Sector-Field Mass Spectrometry with Laser Sampling: Technique and Comparison with SHRIMP. *Russian Geology and Geophysics* 57 (1), 190–205. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.01.013>.

Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Sal'nikova E.B., Budnikov S.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Ponomarchuk V.A., Kozlov V.D., Vladykin N.V., 2003. Sources of Igneous Rocks and Genesis of the Early Mesozoic Tectonomagmatic Area of the Mongolia-Transbaikalia Magmatic Region: 1. Geology and Isotope Geochronology. *Petrology* 11 (2), 147–160.

Kozubova L.A., 1962. On Mesozoic Intrusive Magmatism in the Western Part of the Malkhan Range. In: *Materials on Petrology of Granitoids of Transbaikalia*. Gosgeoltekhizdat, Leningrad, p. 41–48 (in Russian) [Козубова Л.А. О мезозойском интрузивном магматизме в западной части Малханского хребта // Материалы по петрологии гранитоидов Забайкалья. Л.: Госгеолтехиздат, 1962. С. 41–48].

Lavrenchuk A.V., Sklyarov E.V., Izokh A.E., Kotov A.B., Sal'nikova E.V., Fedorovsky V.S., Mazukabzov A.M., 2017. Compositional of Gabbro Intrusions in the Krestovsky Zone (Western Baikal Region): A Record of Plume-Suprasubduction Mantle Interaction. *Russian Geology and Geophysics* 58 (10), 1139–1153. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2017.09.001>.

Ludwig K.R., 2008. ISOPLOT 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. User's Manual. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4, 76 p.

Mullen E.D., 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: A Minor Element Discriminant for Basaltic Rocks of Oceanic Environments and Its Implications for Petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters* 62 (1), 53–62. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(83\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0012-821X(83)90070-5).

Pearce J.A., Cann J.R., 1973. Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks Determined Using Trace Element Analyses. *Earth and Planetary Science Letters* 19 (2), 290–300. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(73\)90129-5](https://doi.org/10.1016/0012-821X(73)90129-5).

Pearce J.A., Gale G.H., 1977. Identification of Ore-Deposition Environment from Trace-Element Geochemistry of Associated Igneous Host Rocks. Geological Society, London, Special Publications 7, 14–24. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1977.007.01.03>.

Pearce J.A., Norry M.J., 1979. Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variation in Volcanic Rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 69 (1), 33–47. <https://doi.org/10.1007/BF00375192>.

Peccerillo A., Taylor S.R., 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58 (1), 63–81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>.

Reichow M.K., Litvinovsky B.A., Parrish R.R., Saunders A.D., 2010. Multi-Stage Emplacement of Alkaline and Peralkaline Syenite-Granite Suites in the Mongolian-Transbaikalian Belt, Russia: Evidence from U-Pb Geochronology and Whole Rock Geochemistry. *Chemical Geology*, 273 (1–2), 120–135. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2010.02.017>.

Ripp G.S., Izbrodin I.A., Doroshkevich A.G., Lastochkin E.I., Rampilov M.O., Posokhov V.S., Sergeev S.A., Travin A.V., 2013. Chronology of the Formation of the Gabbro-Syenite-Granite Series of the Oshurkovo Pluton, Western Transbaikalia. *Petrology* 21 (4), 375–392. <https://doi.org/10.1134/S0869591113030053>.

Sharpenok L.N., Kostin A.E., Kukhareno E.A., 2013. TAS Diagram of the Sum of Alkalis – Silica for Chemical Classification and Diagnosis of Plutonic Rocks. *Regional Geology and Metallogeny* 56, 40–50 (in Russian) [Шарпенюк Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма суммы щелочей – кремнезем для химической классификации и диагностики плутонических пород // Региональная геология и металлогения. 2013. № 56. С. 40–50].

Shelepaev R.A., Egorova V.V., Izokh A.E., Seltmann R., 2018. Collisional Mafic of the Fold-Thrust Belts Framing Southern Siberia (Western Sangilen, Southeastern Tuva). *Russian Geology and Geophysics* 59 (5), 525–540. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.04.006>.

Sklyarov E.V. (Ed.), 2001. Interpretation of Geochemical Data. Intermet Engineering, Moscow, 288 p. (in Russian) [Интерпретация геохимических данных / Ред. Е.В. Складоров. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2002. Selenginskaya Series. Scale of 1:200000. Sheet M-48-XVIII (Bichura). Explanatory Note. VSEGEI, Saint Petersburg, 111 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Селенгинская. Масштаб 1:200000. Лист М-48-XVIII (Бичура): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002. 111 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2012. Aldan-Zabaikalskaya Series. Scale of 1:1000000. Sheet M-49 (Petrovsk-Zabaikalsky). Explanatory Note. VSEGEI, Saint Petersburg, 438 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Алдано-Забайкальская. Масштаб 1:1000000. Лист М-49 (Петровск-Забайкальский): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. 438 с.].

Vladimirov A.G., Izokh A.E., Polyakov G.V., Babin G.A., Mekhonoshin A.S., Kruk N.N., Khlestov V.V., Khromykh S.V. et al., 2013. Gabbro-Granite Intrusive Series and Their Indicator Importance for Geodynamic Reconstructions. *Petrology* 21 (2), 158–180. <https://doi.org/10.1134/S0869591113020070>.

Vorontsov A.A., Yarmolyuk V.V., Lykhin D.A., Dril S.I., Tatarnikov S.A., Sandimirova G.P., 2007. Magmatic Sources and Geodynamics of the Early Mesozoic Northern Mongolia – Western Transbaikalia Rift Zone. *Petrology* 15 (1), 35–57. <https://doi.org/10.1134/S0869591107010031>.

Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I., Sal'nikova E.B., Budnikov S.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Ponomarchuk V.A., 2002. Tectono-Magmatic Zoning, Sources of Igneous Rocks and Geodynamics of the Early Mesozoic Mongolo-Transbaikal Region. *Geotectonics* 36 (4), 293–311.

Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M., Savatenkov V.M., Novikova A.S., Oyunchimeg Ts., 2024. Early Mesozoic Bimodal Volcanic Sequences of Central Mongolia: Implications for the Evolution of the Khentey Segment of the Mongol-Okhotsk Belt. *Petrology* 32 (6), 804–827. <https://doi.org/10.1134/S0869591124700206>.

Zorin Yu.A., 1999. Geodynamics of the Western Part of the Mongolia-Okhotsk Collisional Belt, Trans-Baikal Region (Russia) and Mongolia. *Tectonophysics* 306 (1), 33–56. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00042-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00042-6).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 / APPENDIX 1

Таблица 1.1. Содержания петрогенных оксидов (мас. %) и редких элементов (г/т) в породах Северо-Бичурской ассоциации
Table 1.1. Contents of major oxides (wt. %) and trace elements (ppm) in the North Bichura association

Проба	СБ15-1	СБ15-31	СБ15-9	СБ22-8	СБ22-2	СБ22-4	СБ22-5	СБ22-6	СБ15-4	СБ15-3	СБ15-5	СБ15-11	СБ15-17	СБ15-18	СБ22-9	СБ22-1	СБ15-19	СБ15-21
Порода	Амфибол-пироксеновые габбро				Пироксен-биотитовые габбро				Монцонитоиды				Гранитоиды					
Si ₂	50.60	49.30	48.60	50.30	50.60	48.30	50.50	51.00	57.30	61.80	59.30	59.00	60.30	60.10	61.40	64.80	73.80	72.30
TiO ₂	1.09	1.26	1.82	1.07	0.95	1.06	1.20	0.89	1.02	0.74	0.81	0.92	1.07	0.75	0.78	0.56	0.13	0.17
Al ₂ O ₃	17.50	17.00	18.20	17.40	19.70	17.40	19.10	20.00	17.30	16.80	17.80	17.30	16.70	17.20	16.70	16.80	14.10	15.00
Fe ₂ O ₃	3.52	2.88	3.33	4.05	3.29	2.67	3.99	3.57	2.34	2.12	2.47	2.64	2.95	1.96	1.85	1.54	0.60	0.73
FeO	6.02	7.48	6.44	5.08	4.96	6.60	5.20	4.12	4.40	2.84	3.36	4.20	3.76	3.08	2.88	1.64	1.32	1.04
MnO	0.12	0.13	0.14	0.12	0.13	0.17	0.15	0.14	0.10	0.08	0.08	0.12	0.21	0.11	0.08	0.05	0.04	0.04
MgO	5.04	5.88	4.62	5.62	4.79	7.23	4.06	3.18	3.42	2.40	2.61	2.33	1.81	2.98	2.79	1.57	0.26	0.34
CaO	8.43	8.62	8.34	9.30	8.54	10.21	9.22	9.38	6.04	4.17	4.92	4.53	3.86	4.33	4.73	3.49	0.94	1.50
Na ₂ O	3.49	3.41	3.73	3.43	3.91	2.95	3.80	4.27	4.56	4.34	4.70	4.85	6.05	4.56	4.62	4.82	4.27	4.71
K ₂ O	1.44	1.43	1.57	1.64	0.68	0.51	0.55	0.94	2.04	3.15	2.29	2.63	2.08	2.51	3.16	3.57	3.73	3.25
P ₂ O ₅	0.31	0.26	0.59	0.24	0.10	0.23	0.24	0.22	0.31	0.23	0.25	0.29	0.46	0.30	0.21	0.14	0.10	0.10
П.п.п	1.83	1.85	2.64	1.90	2.31	2.67	1.86	2.44	0.91	0.84	1.15	0.75	0.56	1.60	0.98	0.80	0.37	0.52
Сумма	99.39	99.50	100.02	100.15	99.96	100.00	99.87	100.15	99.74	99.51	99.74	99.56	99.81	99.48	100.18	99.78	99.66	99.70
Ba	1128	799	657	857	537	336	531	596	1118	1213	1233	1006	1309	1610	927	1186	1287	1315
Rb	30	35	25	36	11	10	10	15	40	66	37	54	37	54	68	70	81	65
Sr	1930	1623	1238	1722	1048	1025	1108	1168	1364	997	1206	780	707	1391	953	901	372	569
Nb	2.9	3.3	8.1	3.7	1.5	1.7	1.4	1.7	5.2	7.3	4.3	6.9	6.5	4.4	4.8	4.0	5.4	3.0
Zr	89	67	176	81	31	46	33	32	150	164	215	201	192	151	174	204	93	113
Y	14	12	24	13	10	14	13	16	21	15	18	20	25	19	15	12	8.3	8.3
al'	1.20	1.05	1.26	1.18	1.51	1.05	1.44	1.84	1.70	2.28	2.11	1.89	1.96	2.14	2.22	3.54	6.47	7.11
ASI	0.79	0.76	0.82	0.72	0.87	0.73	0.82	0.81	0.85	0.94	0.94	0.92	0.89	0.97	0.86	0.94	1.11	1.08
Fe#	0.65	0.63	0.67	0.61	0.62	0.55	0.68	0.70	0.66	0.66	0.68	0.74	0.78	0.62	0.62	0.66	0.88	0.83

Примечание. al'=Al₂O₃/(FeO+Fe₂O₃+MgO); ASI=Al/(Ca-1.67×P+Na+K); Fe#=FeO^{tot}/(FeO^{tot}+MgO).

Note. al'=Al₂O₃/(FeO+Fe₂O₃+MgO); ASI=Al/(Ca-1.67×P+Na+K); Fe#=FeO^{tot}/(FeO^{tot}+MgO).

Таблица 1.2. Результаты U-Pb изотопных исследований циркона из пород Северо-Бичурской ассоциации LA-ICP-MS методом
Table 2. LA-ICP isotopic U-Pb age of zircon from the rocks in the North-Bichura association

№ точки	Th/U	Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет				D, %
		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	
SB22-1 граносиенит, 35 точек, средневзвешенный возраст = 227 млн лет, СКВО=0.17											
01	1.06	0.2597	0.0103	0.0361	0.0004	0.3	234	8	229	3	3
02	0.75	0.2708	0.0187	0.0362	0.0006	0.2	243	15	229	3	6
03	0.71	0.2757	0.0105	0.0366	0.0004	0.3	247	8	231	3	7
04	1.20	0.3040	0.0106	0.0362	0.0004	0.3	270	8	229	3	18
05	0.86	0.2861	0.0115	0.0362	0.0004	0.3	256	9	229	3	12
06	0.98	0.2496	0.0074	0.0357	0.0004	0.4	226	6	226	2	0
07	0.78	0.4294	0.0144	0.0374	0.0005	0.4	363	10	237	3	53
08	0.68	0.2930	0.0126	0.0363	0.0005	0.3	261	10	230	3	13
09	0.55	0.2614	0.0095	0.0360	0.0004	0.3	236	8	228	3	3
10	0.74	0.2759	0.0104	0.0364	0.0004	0.3	247	8	231	3	7
11	1.02	0.2615	0.0094	0.0359	0.0005	0.4	236	8	227	3	4
12	0.61	0.2506	0.0145	0.0363	0.0006	0.3	227	12	230	4	-1
13	1.10	0.2754	0.0122	0.0360	0.0005	0.3	247	10	228	3	8
14	1.05	0.2822	0.0120	0.0358	0.0005	0.3	252	9	227	3	11
15	0.68	0.2927	0.0174	0.0367	0.0006	0.3	261	14	232	4	12
16	0.85	0.2637	0.0121	0.0363	0.0005	0.3	238	10	230	3	3
17	0.73	0.3275	0.0164	0.0363	0.0006	0.3	288	13	230	3	25
18	0.83	0.2874	0.0131	0.0360	0.0005	0.3	257	10	228	3	13
19	0.78	0.2815	0.0138	0.0359	0.0006	0.3	252	11	227	3	11
20	0.87	0.2668	0.0138	0.0361	0.0006	0.3	240	11	229	4	5
21	0.77	0.2700	0.0189	0.0362	0.0007	0.3	243	15	229	4	6
22	0.98	0.2621	0.0168	0.0360	0.0007	0.3	236	14	228	4	4
23	0.59	0.2550	0.0148	0.0361	0.0007	0.3	231	12	229	4	1
24	0.69	0.2919	0.0199	0.0359	0.0007	0.3	260	16	228	5	14
25	0.89	0.2667	0.0178	0.0362	0.0007	0.3	240	14	229	5	5
26	0.55	0.2574	0.0206	0.0361	0.0008	0.3	233	17	229	5	2
27	0.60	0.2981	0.0250	0.0365	0.0008	0.3	265	20	231	5	15
28	0.79	0.2622	0.0185	0.0360	0.0008	0.3	236	15	228	5	4
29	0.75	0.2749	0.0216	0.0361	0.0008	0.3	247	17	229	5	8
30	0.73	0.3000	0.0260	0.0362	0.0009	0.3	266	20	229	5	16
31	0.77	0.2671	0.0253	0.0362	0.0010	0.3	240	20	229	6	5
32	1.05	0.2692	0.0243	0.0361	0.0010	0.3	242	19	228	6	6
33	0.73	0.2869	0.0276	0.0360	0.0010	0.3	256	22	228	6	12
34	1.13	0.3139	0.0305	0.0363	0.0011	0.3	277	24	230	7	21
35	1.15	0.2944	0.0293	0.0363	0.0011	0.3	262	23	230	7	14
SB22-6 Amph-Rx габбро, 34 точки, средневзвешенный возраст = 246 млн лет, СКВО=0.22											
01	0.76	0.2940	0.0114	0.0392	0.0005	0.3	262	9	248	3	6
02	0.64	0.2962	0.0131	0.0393	0.0005	0.3	263	10	249	3	6
03	0.59	0.3151	0.0159	0.0393	0.0006	0.3	278	12	249	3	12
04	0.94	0.2803	0.0085	0.0392	0.0004	0.4	251	7	248	3	1
05	0.78	0.2900	0.0105	0.0392	0.0005	0.3	259	8	248	3	4
06	0.58	0.3030	0.0143	0.0391	0.0005	0.3	269	11	247	3	9
07	0.54	0.3600	0.0198	0.0396	0.0006	0.3	312	15	250	4	25
08	0.37	0.3326	0.0252	0.0394	0.0007	0.2	292	19	249	4	17

Таблица 1.2 (продолжение)
Table 2 (continued)

№ точки	Th/U	Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет				D, %
		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	
09	0.91	0.2633	0.0086	0.0391	0.0005	0.4	237	7	247	3	-4
10	1.26	0.2714	0.0105	0.0387	0.0005	0.3	244	8	245	3	0
11	0.57	0.2936	0.0173	0.0391	0.0006	0.3	261	14	247	4	6
12	0.81	0.2795	0.0124	0.0387	0.0005	0.3	250	10	245	3	2
13	0.70	0.2787	0.0120	0.0388	0.0005	0.3	250	10	245	3	2
14	0.72	0.3109	0.0159	0.0391	0.0006	0.3	275	12	247	4	11
15	0.75	0.2904	0.0162	0.0390	0.0006	0.3	259	13	247	4	5
16	0.80	0.3017	0.0184	0.0390	0.0007	0.3	268	14	246	4	9
17	0.64	0.2685	0.0134	0.0389	0.0006	0.3	242	11	246	4	-2
18	0.70	0.2812	0.0146	0.0389	0.0006	0.3	252	12	246	4	2
19	0.47	0.3810	0.0322	0.0399	0.0009	0.3	328	24	252	5	30
20	0.80	0.2932	0.0200	0.0390	0.0008	0.3	261	16	247	5	6
21	0.58	0.2890	0.0273	0.0390	0.0009	0.3	258	22	247	6	4
22	0.86	0.2919	0.0219	0.0394	0.0008	0.3	260	17	249	5	4
23	0.71	0.2887	0.0222	0.0394	0.0008	0.3	258	18	249	5	3
24	0.43	0.3596	0.0367	0.0419	0.0011	0.3	312	27	265	7	18
25	0.78	0.3019	0.0232	0.0392	0.0009	0.3	268	18	248	5	8
26	0.77	0.2687	0.0216	0.0390	0.0009	0.3	242	17	246	5	-2
27	0.62	0.2712	0.0282	0.0386	0.0010	0.2	244	23	244	6	0
28	0.85	0.2891	0.0239	0.0391	0.0009	0.3	258	19	247	6	4
29	0.74	0.2959	0.0254	0.0389	0.0009	0.3	263	20	246	6	7
30	0.71	0.2658	0.0276	0.0385	0.0011	0.3	239	22	243	7	-2
31	0.93	0.2853	0.0282	0.0389	0.0011	0.3	255	22	246	7	4
32	0.84	0.2819	0.0289	0.0386	0.0011	0.3	252	23	244	7	3
33	0.94	0.2873	0.0298	0.0393	0.0011	0.3	256	23	249	7	3
34	0.56	0.2590	0.0326	0.0385	0.0012	0.2	234	26	244	7	-4
SB22-8 Pх-Вт габбро, 35 точек, средневзвешенный возраст = 245 млн лет, СКВО=0.49											
01	1.19	0.2738	0.0062	0.0384	0.0004	0.4	246	5	243	2	1
02	0.75	0.2672	0.0051	0.0385	0.0004	0.5	240	4	244	2	-1
03	0.87	0.2721	0.0043	0.0383	0.0003	0.6	244	3	243	2	1
04	0.55	0.2694	0.0059	0.0383	0.0004	0.4	242	5	242	2	0
05	0.72	0.2755	0.0066	0.0383	0.0004	0.4	247	5	242	2	2
06	0.21	0.2874	0.0059	0.0389	0.0004	0.5	257	5	246	2	4
07	0.85	0.2838	0.0059	0.0387	0.0004	0.5	254	5	245	2	4
08	0.66	0.2821	0.0064	0.0387	0.0004	0.4	252	5	245	2	3
09	0.71	0.2820	0.0075	0.0388	0.0004	0.4	252	6	245	2	3
10	0.67	0.2803	0.0063	0.0391	0.0004	0.4	251	5	247	2	2
11	1.83	0.2782	0.0055	0.0385	0.0004	0.5	249	4	244	2	2
12	0.86	0.2738	0.0049	0.0391	0.0004	0.5	246	4	248	2	-1
13	0.72	0.2728	0.0065	0.0387	0.0004	0.4	245	5	245	2	0
14	0.75	0.2729	0.0043	0.0387	0.0004	0.6	245	3	245	2	0
15	0.48	0.2797	0.0075	0.0382	0.0004	0.4	250	6	242	2	4
16	0.17	0.2764	0.0035	0.0392	0.0003	0.7	248	3	248	2	0
17	0.44	0.2795	0.0035	0.0387	0.0003	0.7	250	3	245	2	2
18	0.54	0.3085	0.0087	0.0390	0.0004	0.4	273	7	247	2	11

Таблица 1.2 (продолжение)

Table 2 (continued)

№ точки	Th/U	Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет				D, %
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	
19	0.71	0.2708	0.0064	0.0388	0.0004	0.4	243	5	245	2	-1
20	0.70	0.2812	0.0061	0.0388	0.0004	0.4	252	5	245	2	3
21	0.89	0.2775	0.0041	0.0387	0.0003	0.6	249	3	245	2	2
22	1.33	0.3322	0.0090	0.0390	0.0004	0.4	291	7	246	3	18
23	1.18	0.2725	0.0060	0.0386	0.0004	0.4	245	5	244	2	0
24	1.17	0.2751	0.0045	0.0391	0.0004	0.5	247	4	248	2	0
25	0.86	0.2763	0.0052	0.0385	0.0004	0.5	248	4	244	2	2
26	1.35	0.2753	0.0052	0.0388	0.0004	0.5	247	4	245	2	1
27	0.75	0.2660	0.0035	0.0386	0.0003	0.7	240	3	244	2	-2
28	1.11	0.2719	0.0065	0.0386	0.0004	0.4	244	5	244	2	0
29	1.06	0.2892	0.0083	0.0391	0.0004	0.4	258	7	247	3	4
30	0.83	0.2716	0.0059	0.0386	0.0004	0.4	244	5	244	2	0
31	0.70	0.2687	0.0072	0.0385	0.0004	0.4	242	6	244	2	-1
32	1.28	0.2939	0.0068	0.0389	0.0004	0.4	262	5	246	2	6
33	0.78	0.2575	0.0080	0.0383	0.0004	0.3	233	6	243	2	-4
34	1.18	0.2708	0.0077	0.0390	0.0004	0.4	243	6	247	3	-1
35	2.17	0.2739	0.0060	0.0388	0.0004	0.4	246	5	245	2	0

Примечание. Rho – коэффициент корреляции между ошибками определения отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ и $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. D – дискордантность: $D = (\text{возраст}(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{возраст}(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)100$.

Note. Rho – correlation coefficient measuring the relationship between $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ratio errors. D – discordance: $D = (\text{age}(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{age}(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)100$.