

УДК 552.3; 550.4

НОВЫЕ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИЗОТОПНЫЕ ДАННЫЕ ПО МЕЗОЗОЙСКИМ ГРАНИТОИДАМ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2023 г. А. В. Нарыжнова^{1,*}, С. В. Хромых¹, член-корреспондент РАН Н. Н. Крук¹, П. Д. Котлер¹

Поступило 31.01.2023 г.

После доработки 17.02.2023 г.

Принято к публикации 21.02.2023 г.

Восточное Забайкалье является уникальной редкометальной провинцией России. Большинство изученных месторождений связано с гранитоидными интрузиями. Несмотря на высокую степень изученности магматизма региона остается ряд вопросов, связанных как с принадлежностью конкретных массивов к магматическим комплексам, так и с корреляцией тех или иных комплексов в пределах различных структурно-формационных зон. В данной работе сравниваются вещественный состав и возраст нескольких петротипических и парапетротипических массивов, отнесенных к позднемезозойским комплексам, распространенных в пределах Агинской, Пришилкинской и Аргунской структурно-формационных зон Восточного Забайкалья. На основании результатов U–Pb-датирования установлено два этапа гранитоидного магматизма: 1) конец средней – начало поздней юры (163–156 млн лет) и 2) начало раннего мела (142 млн лет). Показано, что близковозрастные породы борщовочного, амуджикано-сретенского и шахтаминского комплексов имеют сходные вещественные характеристики, а породы кукульбейского комплекса (из трех массивов) варьируют по составу. Повышенные значения $\delta^{18}\text{O}$ (от +10.8 до +11.9‰) в породах юрских комплексов свидетельствуют об их образовании преимущественно за счет плавления корового материала, а более низкие значения $\delta^{18}\text{O}$ (от +9.8 до +10.3‰) для раннемеловых гранитоидов позволяют предполагать вклад в их формирование мантийного источника.

Ключевые слова: гранитоиды, U–Pb-возраст, изотопия кислорода, Восточное Забайкалье

DOI: 10.31857/S2686739723600170, **EDN:** UKERHO

ВВЕДЕНИЕ

Территория Восточного Забайкалья является одной из наиболее известных рудоносных провинций России. Здесь расположены крупнейшие месторождения золота, олова, вольфрама, молибдена, урана, тантала, ниобия, лития, бериллия. Большинство рудообразующих систем генетически связаны с гранитоидами, проявившимися в интервале от среднего палеозоя до позднего мезозоя. Один из главных этапов рудоносного гранитоидного магматизма приходится на поздний мезозой (средняя юра–ранний мел), когда в связи с внутримплитной (плюмовой) активностью было сформировано множество интрузий гранит-лейкогранитного состава ([2, 4] и др.). В результате многолетних исследований геологической позиции и вещественного состава позднемезозойские гранитоиды были разделены на ряд интрузивных комплексов, создано несколько схем их корреля-

ции [3, 5], однако до сих пор остается ряд вопросов, связанных как с принадлежностью конкретных массивов к магматическим комплексам, так и с корреляцией тех или иных комплексов в пределах различных структурно-формационных зон. В решении этих вопросов актуальными являются детальные исследования геологической позиции, вещественного, изотопного состава и возраста ключевых интрузивных массивов. В данной работе приводятся новые данные, полученные для нескольких позднемезозойских гранитоидных интрузий в пределах Восточного Забайкалья.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ

Территория Восточного Забайкалья традиционно разделяется на несколько структурно-формационных зон (рис. 1): Даурскую, Агинскую, Пришилкинскую и Аргунскую (Газимурская и Приаргунская). Согласно [7, 12] эти зоны являются составными частями единого аккреционного комплекса, возникшего на этапе закрытия Монголо-Охотского палеоокеана. Начиная со средней юры, в пределах орогена образуются протяженные рифтогенные впадины, заполнен-

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук,
Новосибирск, Россия

*E-mail: naryzhnovav@igm.nsc.ru

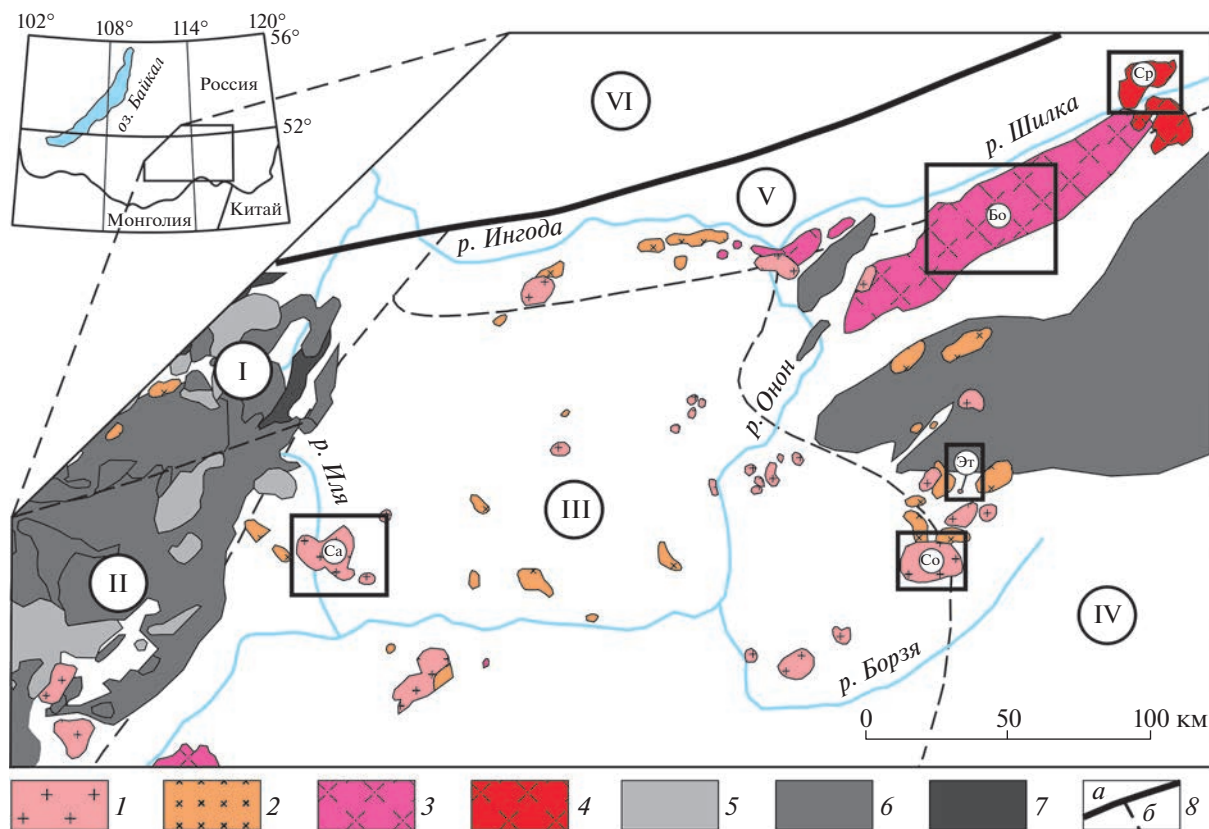


Рис. 1. Схема распространения гранитоидных интрузий в структурах Юго-Восточного Забайкалья, по [5]. 1 – харалгинский (Даурская зона) и кукульбейский (Агинская зона) комплексы (J_3); 2 – шахтаминский комплекс (J_{2-3}); 3 – борщовочный комплекс (J_{2-3}); 4 – амуджикано-сретенский комплекс (J_{2-3}); 5 – сохондинский комплекс (J_{2-3}) (Центральное Забайкалье); 6 – даурский и кыринский комплексы (P_3-T_1); 7 – палеозойские гранитоиды; 8а – Монголо-Охотский разлом, 8б – границы структурно-формационных зон. Прямоугольниками на схеме выделены изученные массивы: Бо – Борщовочный, Ср – Сретенский, Са – Саханайский, Со – Соктуйский, Эт – Этыкинский. Структурно-формационное районирование: I-II – Даурская зона (I – Зачикийская, II – Даурская подзоны); III – Агинская, IV – Газимурская и Приаргунская подзоны, V – Пришилкинская, VI – Малханская и Олекминская зоны.

ные грубообломочными осадками и вулканическими породами базальт-андезит-дацит-риолитовой серии нормальной и умеренной щелочности, а с раннего мела – бимодальной трахибазальт-риолитовой серии [3]. Кроме того, среднеюрско-раннемеловой этап характеризуется широким развитием гранитоидного магматизма.

Мезозойские интрузивы на территории Восточного Забайкалья объединены в несколько комплексов: амуджикано-сретенский гранодиорит-гранитный (J_{2-3}), шахтаминский монцодиорит-гранодиорит-гранитный (J_{2-3}), борщовочный гранитный (J_{2-3}), кукульбейский гранит-лейкогранитный (J_3) [3].

В последние годы получены данные о вещественном составе и возрасте монцодиорит-гранодиорит-гранитной ассоциации шахтаминского комплекса с сопряженным Cu–Au–Fe-, Cu–Mo–Au-оруденением [16, 19] и гранит-лейкогранитов кукульбейского комплекса с сопряженным Ta, Nb, Li, Wo- и Sn-оруденением [6, 8, 9]. Если объ-

емы и возрастные соотношения шахтаминских и кукульбейских гранитоидов в целом не вызывают сомнений, то объемы и возрастные рамки амуджикано-сретенского и борщовочного комплексов до их пор не имеют однозначного толкования.

Для сравнения вещественных и изотопных характеристик нами были опробованы несколько ключевых массивов из четырех комплексов, расположенных в Агинской, Аргунской и Пришилкинской структурно-формационных зонах Восточного Забайкалья (рис. 1).

Борщовочный массив является наиболее крупным (площадь выхода ~ 2500 км²) среди интрузий Восточного Забайкалья и сложен гранодиоритами, гранитами и лейкогранитами борщовочного комплекса. Также в пределах массива локализуются многочисленные жилы пегматитов с Li-минерализацией [11]. Расположенный поблизости Сретенский массив имеет изометричную форму (площадь выхода ~ 200 км²) и сложен гранитами и гранит-порфирами амуджикано-сре-

тенского комплекса. Соктуйский массив площадью $\sim 250 \text{ км}^2$ является петротипичным для пород кукульбейского комплекса. Главный объем массива сложен умеренно-щелочными гранитами и лейкогранитами первой фазы кукульбейского комплекса. В северной части массива обнажаются гранодиориты и граносиениты шахтаминского комплекса. Саханайский массив ($\sim 130 \text{ км}^2$), расположенный в Агинской зоне, имеет изометричную форму и сложен умеренно-щелочными гранитами и лейкогранитами первой фазы кукульбейского комплекса, причем в его составе отмечаются двуслюдяные разности, не характерные для Соктуйского массива. Этыкинский массив — небольшой ($\sim 2 \text{ км}^2$) шток альбит-амазонитовых лейкогранитов второй фазы кукульбейского комплекса. В пределах всех массивов кукульбейского комплекса обнаружены многочисленные пегматитовые жилы.

РЕЗУЛЬТАТЫ U—Pb-ДАТИРОВАНИЯ

Ранее, в работах ([1, 19] и др.) приведены возрастные данные для пород шахтаминского, амуджикано-сретенского и кукульбейского комплексов, полученные различными методами (K—Ar, Rb—Sr, U—Pb). В целях уточнения времени становления конкретных массивов нами было выполнено U—Pb-датирование методом LA-ICP-MS (Центр коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований (ЦКП МИИ) ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, аналитики Д.В. Семенова и А.В. Карпов) цирконов из шести проб гранитоидов различных комплексов.

Исследованные цирконы хорошо огранены, среди них встречаются кристаллы как с преобладанием призматического облика ($K_{уд}$ от 0.9 до 6.0), так и с близким развитием граней призм и дипирамид. Все цирконы характеризуются преимущественно ростовой зональностью. Содержание U и Th/U-отношения: Борщовочный массив (326—5534 и 0.08—0.55 г/т соответственно), Сретенский массив (723—2720 и 0.14—0.93 г/т соответственно), Соктуйский массив (шахтаминский комплекс) (156—555 и 0.45—0.94 г/т соответственно), Соктуйский массив (кукульбейский комплекс) (133—17376 и 0.12—0.73 г/т соответственно) и Саханайский массив (69—16457 и 0.03—0.78 г/т соответственно). Морфология, внутреннее строение и концентрации Th и U, согласно принятым критериям [15, 18], позволяют уверенно идентифицировать цирконы как магматические. Результаты U—Pb-изотопных исследований и их интерпретация приведены на диаграммах с конкордиями (рис. 2).

Наиболее древние (позднеюрские) возрасты получены для пород шахтаминского комплекса (Соктуйский массив, 162.7 ± 1.1 и 161.9 ± 1.1 млн лет)

(рис. 2 а, б). Близкие возрастные значения наблюдаются для пород Борщовочного (156.6 ± 0.97 млн лет) (рис. 2 в) и Сретенского (157.2 ± 0.94 млн лет) (рис. 2 г) массивов. Время формирования первой фазы кукульбейского комплекса соответствует началу мелового периода: возраст пород Соктуйского массива — 142.7 ± 1.1 (рис. 2 д), Саханайского — 141.9 ± 0.65 (рис. 2 е) млн лет. Цирконы из Этыкинского массива оказались сильно метамиктными и непригодными для датирования. Однако по Rb—Sr-данным [6] возраст пород массива Этыка оценивается в 142.1 ± 0.8 млн лет. Таким образом, возраст всех фаз кукульбейского комплекса идентичен и соответствует раннему мелу.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГРАНИТОИДОВ

Для исследований была использована коллекция авторских образцов, отобранных в ходе полевых работ 2021 и 2022 г. 130 проб проанализированы на содержания петрогенных компонентов методом XRF (аналитики — Н.Г. Карманова, А.В. Торяник), в 80 пробах определены содержания примесных элементов методом ICP-MS (аналитики И.В. Николаева, С.В. Палесский). Анализы выполнены в ЦКП МИИ ИГМ СО РАН (г. Новосибирск).

Породы шахтаминского комплекса представлены граносиенитами (SiO_2 65.30—67.74 мас. %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 8.23—8.45 мас. %) и являются сильно магнезиальными (рис. 3 а). По соотношению щелочей и кальция фигуративные точки составов лежат в области известково-щелочных пород (рис. 3 б). По соотношению глинозема, щелочей и кальция породы шахтаминского комплекса относятся к метаглиноземистым (рис. 3 в). Согласно классификации [20] (рис. 3 г, д) и перечисленным выше параметрам, граносиениты комплекса относятся к нефракционированным гранитоидам I-типа.

Борщовочный массив сложен гранитоидами нормального и умеренно-щелочного ряда (SiO_2 63.10—76.39 мас. %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 6.34—10.49 мас. %). По соотношению железа и магния лейкограниты являются железистыми, остальные рассматриваемые породы комплекса — магнезиальными (рис. 3 а). По соотношению щелочей и кальция (рис. 3 б) гранитоиды варьируют от щелочно-известковистых до щелочных. По соотношению глинозема, щелочей и кальция (рис. 3 в) большая часть гранитоидов является перглиноземистыми. На дискриминантных диаграммах (рис. 3 г, д) часть фигуративных точек лежат в полях фракционированных и нефракционированных гранитоидов I- и S-типов, а часть — попадают в поле анорогенных гранитоидов.

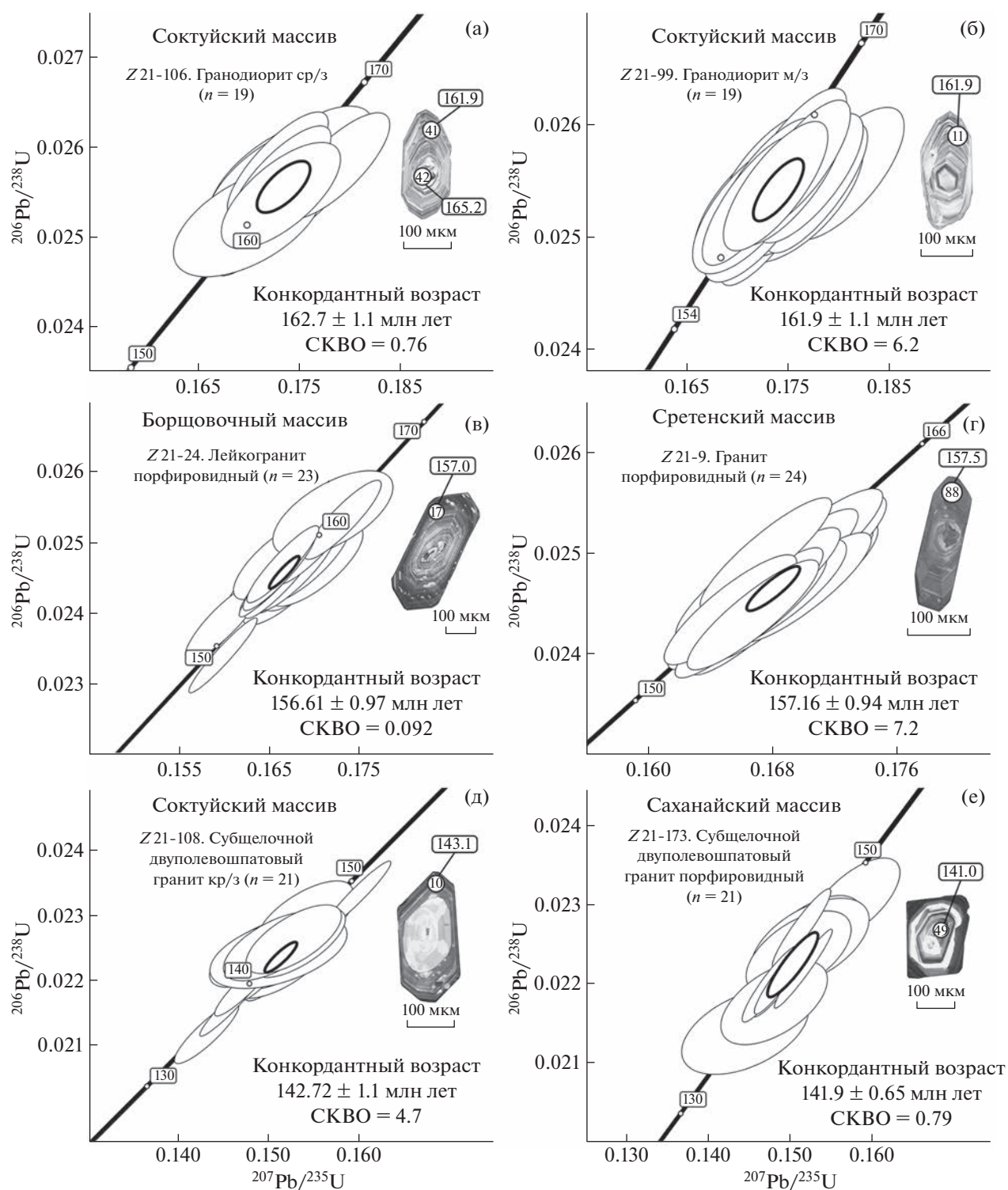


Рис. 2. Диаграммы с конкордиями и катодолуминесцентные изображения цирконов из гранитоидов Восточного Забайкалья.

Основной объем амуджикано-сретенского комплекса составляют граносиениты и умеренно-щелочные граниты, реже встречаются граниты нормального ряда (SiO_2 64.59–76.38 мас. %;

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 6.87–8.38 мас. %). По соотношению железа и магния породы магнезиальные (рис. 3 а), по соотношению щелочей и кальция — варьируют от щелочно-известковистых до известково-щелочных

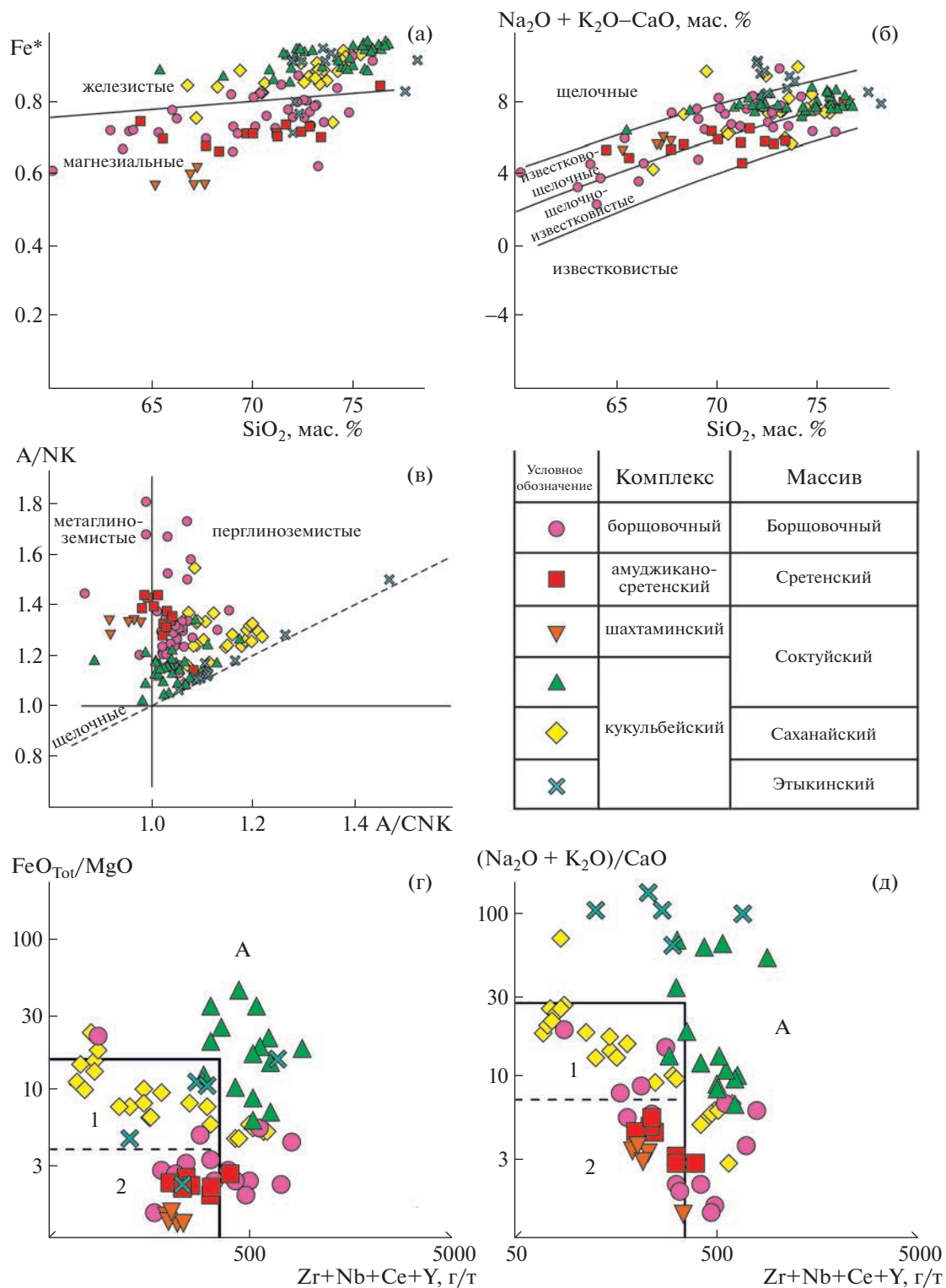


Рис. 3. Классификационные и дискриминантные диаграммы для гранитоидов Восточного Забайкалья: а–в – $\text{SiO}_2 - \text{Fe}^*$, $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO})$, $\text{A}/\text{CNK} - \text{A}/\text{NK}$, [14]; г–д – $\text{FeO}_{\text{Tot}}/\text{MgO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ и $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{CaO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$ соответственно [20]. $\text{Fe}^* = \text{FeO}_T/(\text{FeO}_T - \text{MgO})$; $\text{A}/\text{CNK} = \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, $\text{A}/\text{NK} = \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (мол. кол.). Поля гранитоидов: 1 – фракционированные и 2 – нефракционированные гранитоиды I-, S-, M-типов; А – анорогенные гранитоиды.

Таблица 1. Содержания $\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW) в породообразующих минералах гранитоидов Восточного Забайкалья (*среднее по породе с учетом распространенности минералов (по петрографическим данным))

№ обр.	Массив	Комплекс	Порода	SiO_2 , мас. %	Минерал	$\delta^{18}\text{O}$, ‰	Среднее* $\delta^{18}\text{O}$, ‰
Z21-9	Сретенский	амуджикано-сретенский	Амфибол-биотитовый гранит	69.80	кварц	12.9	10.8
					полевой шпат	10.5	
					биотит	7.1	
Z21-24	Борщовочный	борщовочный	Биотитовый лейкогранит	73.32	кварц	13.1	11.9
					полевой шпат	11.5	
					биотит	8.6	
Z21-108	Соктуйский	кукульбейский (1 фаза)	Биотитовый умеренно-щелочной гранит	72.36	кварц	11.1	9.8
					полевой шпат	9.5	
					биотит	6.5	
Z21-173	Саханайский		Двуслюдяной умеренно-щелочной гранит	73.23	кварц	12.2	10.0
					полевой шпат	9.6	
					биотит	5.7	
Z21-59	Этыкинский	кукульбейский (2 фаза)	Альбит-амазонитовых	78.21	кварц	11.4	10.3
					полевой шпат	9.6	
					циннвальдит	8.8	

(рис. 3 б). По соотношению глинозема, щелочей и кальция (рис. 3 в) точки составов локализованы на границе полей мета- и перглиноземистых разновидностей. Подобно гранитоидам шахтаминского комплекса, породы Сретенского массива относятся к нефракционированным гранитоидам I-типа (рис. 3 г, д).

Гранит-лейкограниты первой фазы кукульбейского комплекса в составе Соктуйского массива соответствуют породам умеренно-щелочного ряда (SiO_2 68.64–76.77 мас. %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 7.75–9.30 мас. %), а в Саханайском массиве – нормально-умеренно-щелочного и щелочного рядов (SiO_2 68.36–75.61; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 6.59–10.36 мас. %). Породы обоих массивов являются железистыми (рис. 3 а). По соотношению щелочей и кальция (рис. 3 б) гранитоиды Соктуйского массива соответствуют известково-щелочной серии, а в пределах Саханайского массива отмечаются широкие вариации составов: от щелочно-известковистой до щелочной серии. Большая часть пород первой фазы по соотношению глинозема, щелочей и кальция попадает в область перглиноземистых гранитоидов, а породы Саханайского массива являются более высокоглиноземистыми (рис. 3 в). На дискриминантных диаграммах (рис. 3 г, д) породы первой фазы кукульбейского комплекса соответствуют либо фракционированным гранитоидам S-типа (Саханайский массив), либо анорогенным гранитоидам (Соктуйский массив).

Вторая фаза кукульбейского комплекса представлена умеренно-щелочными и щелочными гранит-лейкогранитами Этыкинского массива

(SiO_2 72.02–78.21; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 8.08–10.48 мас. %). По соотношению магния и железа (рис. 3 а) преобладают железистые разновидности. По соотношению щелочей и кальция (рис. 3 б) породы относятся к известково-щелочной и щелочной сериям, а по соотношению глинозема, щелочей и кальция (рис. 3 в) являются перглиноземистыми. Согласно классификации [20], породы массива Этыка относятся к анорогенным гранитоидам (рис. 3 г, д).

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА

Для оценки возможных источников расплавов был проанализирован изотопный состав кислорода в монофракциях главных породообразующих минералов (кварц, полевые шпаты и слюды) гранитоидов. Анализы выполнены в ЦКП “Геоспектр” ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) (аналитик В.Ф. Посохов). Полученные результаты приведены в табл. 1.

Самые высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ характерны для пород амуджикано-сретенского и борщовочного комплексов. $\delta^{18}\text{O}$ в минералах из пород кукульбейского комплекса, в целом, ниже. Высокие значения $\delta^{18}\text{O}$ в циннвальдите из массива Этыка объясняются тем, что светлые слюды проявляют большую тенденцию к накоплению тяжелого изотопа кислорода, чем биотиты [10]. С учетом петрографических наблюдений были рассчитаны средневзвешенные значения $\delta^{18}\text{O}$ для исследованных пород. Они составили для гранитов борщовочного и амуджикано-сретенского комплекса +10.8 и +11.9‰ соответственно, а для гранитов

и лейкогранитов кукульбейского комплекса — от +9.8 до +10.3‰. Согласно ранее проведенным исследованиям ([14, 17] и др.) пониженные значения $\delta^{18}\text{O}$ (от +5 до +8‰) характерны для пород, образованных из мантийных источников, а повышенные (от +8‰ и выше) — для пород корового генезиса. При этом для гранитоидов I- и A-типов характерны значения $\delta^{18}\text{O}$ от +6.6 до +9.9‰, а для гранитов S-типа — выше +9.5‰ [14], что подчеркивает большой вклад зрелых коровых источников в их формирование. Таким образом, повышенные значения $\delta^{18}\text{O}$ для пород борщовочного и амуджикано-сретенского комплекса свидетельствуют о генерации магм преимущественно за счет пород коры, в то время как значения $\delta^{18}\text{O}$ для гранитов кукульбейского комплекса позволяют предполагать некоторое участие мантийных источников в их генезисе. Эти предположения совпадают с геохимическими особенностями изученных пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили уточнить возрастные этапы гранитоидного магматизма Восточного Забайкалья и получить новые данные об источниках их магм.

На основании данных U—Pb-датирования выделяются два главных этапа гранитоидного магматизма: 1) конец средней—начало поздней юры (163—156 млн лет назад): формирование гранитоидов шахтаминского, борщовочного, амуджикано-сретенского комплексов; 2) начало раннего мела (142 млн лет назад): образование гранит-лейкогранитной ассоциации кукульбейского комплекса.

Данные о вещественном составе позволяют выделить общие геохимические черты у гранитоидов шахтаминского, борщовочного и амуджикано-сретенского комплексов — они могут быть отнесены к гранитоидам I-типа, которые формируются при плавлении субстратов средней и нижней коры (часто — под воздействием тепла мантийных магм). При этом гранитоиды Борщовочного массива демонстрируют обогащение глиноземом, железом и щелочами, что сближает с породами S-типа, образующимися при плавлении преимущественно коровых метаосадочных субстратов. Исходя из этого можно предположить, что на рубеже средней-поздней юры при участии магм мантийного генезиса в нижней коре сформировались области анатексиса, которые в дальнейшем разрастались с постепенным вовлечением в частичное плавление вышележащих коровых субстратов. Первыми были сформированы гранодиориты и граносиениты шахтаминского комплекса, затем I-граниты шахтаминского и амуджикано-сретенского комплексов, и, в завер-

шение — S-I-граниты Борщовочного массива, характеризующие наибольший прогрев и вовлечение в плавление метаосадочных субстратов средней и верхней. Такие механизмы обычно реализуются в коллизионных обстановках.

Гранит-лейкогранитная ассоциация кукульбейского комплекса отстоит во времени от предшествующих гранитоидов и является результатом отдельного термального события, произошедшего в начале раннего мела. Геохимические и изотопные характеристики позволяют характеризовать эти породы как близкие к гранитоидам A-типа, формирование которых связывается с плавлением ниже-среднекоровых субстратов под воздействием базитовых магм. Этот механизм может быть реализован либо в постколлизии обстановке, либо во внутриплитных условиях при взаимодействии мантийных плюмов с литосферой.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Е.И. Михеева и О.П. Герасимову за помощь в экспедиционных работах, И.В. Николаеву, С.В. Палесского, Н.Г. Карманову, А.В. Торяник, Д.В. Семенову, А.В. Карпова и В.Ф. Посохова за аналитические исследования.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 21-17-00175).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева О.В., Петров В.А., Полуэктов В.В. Мезозойские кислые магматиты Юго-Восточного Забайкалья: петрогеохимия, связь с метасоматизмом и рудообразованием // Геология рудных месторождений. 2020. Т. 62 (1). С. 76—104.
2. Владимиров А.Г., Ляхов Н.З., Загорский В.Е. и др. Литиевые месторождения сподуменовых пегматитов Сибири // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. Т. 20 (1). С. 3—20.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Лист М-50 — Борзя. Объяснительная записка. // СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2010. 553 с.
4. Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Антипин В.С. и др. Необычная ассоциация литий-фтористых и щелочных гранитоидов Соктуйского массива (Восточное Забайкалье): возраст и источники магм // ДАН. 2000. Т. 372 (4). С. 536—540.
5. Козлов В.Д., Свадковская Л.Н. Петрохимия, геохимия и рудоносность гранитоидов Восточного Забайкалья. Новосибирск, Наука. 1977. 252 с.
6. Костицын Ю.А., Зарайский Г.П., Аксюк А.М. и др. Rb-Sr изотопные свидетельства генетической общности биотитовых и Li-F гранитов на примере

- месторождений Спокойнинское, Орловское и Этыкинское (Восточное Забайкалье) // Геохимия. 2004. № 9. С. 940–948.
7. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртогов О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18 (5). С. 24–43.
 8. Сырицо Л.Ф. Мезозойские гранитоиды Восточного Забайкалья и проблемы редкометалльного рудообразования. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2002. 360 с.
 9. Сырицо Л.Ф., Баданина Е.В., Абушкевич В.С. и др. Продуктивность редкометалльных плюмазитовых гранитов и условия образования месторождений вольфрама // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60 (1). С. 38–56.
 10. Форт Г. Основы изотопной геологии М.: Мир. 1989. 590 с.
 11. Юргенсон Г.Л. Ювелирные и поделочные камни Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2001. 390 с.
 12. Gordienko I.V., Metelkin D.V., Veltuzhskikh L.I., et al. New paleomagnetic data from Argun terrane. Testing its association with Amuria and the Mongol-Okhotsk Ocean // Geophys. J. Int. 2018. V. 213. P. 1463–1477.
 13. Frost B.R., Arculus R.J., Barnes C.G., et al. A geochemical classification of granitic rocks // J. Petrol. 2001. V. 42. P. 2033–2048.
 14. Harris C., Faure K., Diamond R., et al. Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of S- and I-type granitoids: the Cape Granite suite, South Africa // Chemical Geology. 1997. V. 143. P. 95–114.
 15. Hoskin P.W.O., Schaltegger U. The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2003. V. 53. P. 27–62.
 16. Nevvolko P.A., Svetlitskaya T.V., Savichev A.A., et al. Uranium-Pb zircon ages, whole-rock and zircon mineral geochemistry as indicators for magmatic fertility and porphyry Cu-Mo-Au mineralization at the Bystrinsky and Shakhtama deposits, Eastern Transbaikalia, Russia // Ore Geology Reviews. 2021. 104532.
 17. O'Neil J.R., Shaw S.E., Flood R.H. Oxygen and hydrogen isotope composition as indicators of granite genesis in the New England Batholith, Australia // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1977. V. 62. P. 313–328.
 18. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contrib. Mineral. Petrol. 1980. V. 73. P. 207–220.
 19. Svetlitskaya T.V., Nevvolko P.A. New whole-rock skarn and porphyry fertility indicators: insights from Cu-Au-Fe skarn and Cu-Mo-Au porphyry deposits in Eastern Transbaikalia, Russia // Ore Geology Reviews. 2022. 105108.
 20. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // Contrib. Mineral. Petrol. 1987. V. 95. P. 407–419.

NEW GEOCHRONOLOGICAL AND ISOTOPE DATA ON MESOZOIC GRANITOIDS OF EASTERN TRANSBAIKALIA

A. V. Naryzhnova^{a, #}, S. V. Khromykh^a, Corresponding Member of the RAS N. N. Kruk^a, and P. D. Kotler^a

^a*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

[#]*E-mail: naryzhnovav@igm.nsc.ru*

Eastern Transbaikalia is a unique rare-metal province of Russia. Most of the studied deposits are associated with granitoid intrusions. Despite the high degree of knowledge of regional magmatism, a number of questions remain related to both the belonging of specific massifs to magmatic complexes and the correlation of certain complexes within various structural-formation zones. This paper compares the material composition and age of several prototypical and paraprototypical massifs classified as Late Mesozoic complexes distributed within the Aginskaya, Prishilkinskaya, and Argunskaya structural-formational zones of Eastern Transbaikalia. Based on the results of U-Pb dating, two stages of granitoid magmatism have been established: 1) the end of the Middle – the beginning of the Late Jurassic (163–156 million years ago) and 2) the beginning of the Early Cretaceous (142 million years ago). It is shown that the closely aged rocks of the Borshchovochny, Amudzhikano-Sretensky and Shakhtama complexes have similar material characteristics, while the rocks of the Kukulbey complex (from three massifs) vary in composition. Elevated $\delta^{18}\text{O}$ values (from +10.8‰ to +11.9‰) for the rocks of the Jurassic complexes indicate their formation mainly due to the melting of crustal material, and lower $\delta^{18}\text{O}$ values (from +9.8‰ up to +10.3‰) for the Early Cretaceous granitoids suggest the contribution of a mantle source to their genesis.

Keywords: granitoids, U-Pb age, oxygen isotopy, Eastern Transbaikalia