

Статья принята в печать и будет опубликована в журнале:
«Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле»

**Строение и возраст Рассохинского массива гранитоидов
(хребет Арга-Тас, Восточная Якутия)**

*Сергей Николаевич Сычев, Ольга Валентиновна Якубович,
Ольга Юрьевна Лебедева, Александр Васильевич Рогов,
Павел Алексеевич Львов, Роберт Шамильевич Крымский*



DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.107>

Дата получения рукописи: 10.06.2023

Дата принятия рукописи в печать: 10.11.2023

Для цитирования: Сычев, С. Н., Якубович, О. В., Лебедева, О. Ю., Рогов, А. В., Львов, П. А., Крымский, Р. Ш. (2024) Строение и возраст Рассохинского массива гранитоидов (хребет Арга-Тас, Восточная Якутия). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 69 (1). DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.107>

Это неотредактированный файл принятой к публикации рукописи. До публикации в окончательном виде она будет подвергнута редактированию и верстке. Обратите внимание, что во время производственного процесса могут быть выявлены ошибки, влияющие на содержание. К данной рукописи применяются все правовые оговорки, относящиеся к журналу.

УДК 550.93:552.321.1/.4.08:54(571.56)

Строение и возраст Рассохинского массива гранитоидов (хребет Арга-Тас, Восточная Якутия)¹

Сергей Николаевич Сычев^{1,2,3}, Ольга Валентиновна Якубович^{1,4}, Ольга Юрьевна Лебедева^{1,2}, Александр Васильевич Рогов⁵, Павел Алексеевич Львов^{2,4}, Роберт Шамильевич Крымский²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Российская Федерация, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74

³ Геологический институт Российской Академии наук, Российская Федерация, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7

⁴ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2

⁵ ООО “Голд Майнинг”, Российская Федерация, 677000, Якутск, ул. Курашова, 43

Сычев Сергей Николаевич: s.sychev@spbu.ru, 0000-0002-9266-4482

Якубович Ольга Валентиновна olya.v.yakubovich@gmail.com, 0000-0001-7435-3149

Лебедева Ольга Юрьевна olyalela@mail.ru

Рогов Александр Васильевич rog80@yandex.ru

Львов Павел Алексеевич pavel_lvov@vsegei.ru

Крымский Роберт Шамильевич robert_krymsky@vsegei.ru

Аннотация

Рассохинский (Рассошинский) массив гранитоидов расположен на сочленении Рассохинского и Арга-Тасского террейнов, которые находятся в западной части Колымо-Омолонского микроконтинента (супертеррейна), в пределах Верхояно-Колымской

¹ В рамках темы ФГБУ “ВСЕГЕИ” проведены полевые работы и получены изотопно-геохронологические данные. Интерпретация результатов выполнена при поддержке проекта РНФ 20-17-00197-П.

складчатой системы, простираются в северо-западном направлении и граничат на юго-западе с Омулевским террейном пассивной континентальной окраины, а на северо-востоке перекрыты кайнозойскими отложениями Ожогинской впадины. Рассохинский массив является сшивающим террейны небольшим штоком. Большая часть массива сложена светло-серыми, кремовыми массивными и трахитоидными порфировидными крупно- и среднезернистыми умеренно-щелочными лейкогранитами и аляскитами. Для выяснения возраста Рассохинского массива и рудной минерализации в нем был проведен комплекс изотопно-геохронологических исследований, включающий в себя U-Pb датирование циркона и Re-Os датирование молибденита. Возраст Рассохинского массива, установленный U-Pb методом по циркону составляет 165 ± 0.7 млн лет ($n=38$). Результаты U-Pb датирования циркона указывают на то, что внедрение пород Рассохинского массива (аляскитов, лейкогранитов и аплитов) происходило в относительно узкий временной интервал около 165 млн. лет назад. Полученные значения возраста сульфидной минерализации (179 ± 11 млн лет), полученные по Re-Os системе в молибдените, выделенном из аляскитов оказались древнее значений U-Pb возраста циркона. Наиболее вероятно некоторое удревнение значений Re-Os возраста отражает неоднородный изотопный состав захваченного осмия. Время образования гранитоидов коррелирует с ранними этапами становления Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса. Вероятнее всего, массив является интрузивной разностью комплексов вулканогенного пояса. Учитывая геологическое положение массива в зоне Арга-Тасского надвига, можно предположить образование гранитоидов в обстановке трансформного взаимодействия.

Ключевые слова: Рассохинский массив, гранитоиды, циркон, молибденит, U-Pb возраст, Re-Os возраст.

1. Введение

Рассохинский (Рассошинский) массив гранитоидов расположен на сочленении Рассохинского и Арга-Тасского террейнов, которые находятся в западной части Колымо-Омолонского микроконтинента (супертеррейна), в пределах Верхояно-Колымской складчатой системы, простираются в северо-западном направлении и граничат на юго-западе с Омулевским террейном пассивной континентальной окраины, а на северо-востоке перекрыты кайнозойскими отложениями Ожогинской впадины (Парфенов и Кузьмин, 2001; Соколов, 2010). Арга-Тасский турбидитовый террейн, примыкающий с

северо-востока к Рассохинскому террейну, по одноименному надвигу, сложен глубоководными сланцами верхнего палеозоя. В состав террейна включаются девонские палеорифтовые образования Увязкинского субтеррейна (блока), отделенные от Рассохинского террейна Булкутским надвигом. Рассохинский островодужный террейн представлен кембрийско–ордовикскими и девон–нижнеюрскими вулканогенными и осадочными образованиями. Комплексы Рассохинского и Арга-Тасского террейнов перекрыты с угловым несогласием средне-верхнеюрскими вулканитами Уяндино-Ясачненского пояса (рис. 1).

Возраст Рассохинского массива и других массивов гранитоидов, расположенных на территории проведенных работ, в конце прошлого века принимался мезозойским (Сурмилова и Максимова, 1985; Терехов и др., 1989), но исследования последних лет выявили палеозойские возрасты Трюлиньинского и Левобулкутского массивов (Сычев и др., 2020), что вызвало повышенный интерес к определению возрастных характеристик остальных штоков, в том числе, и рассматриваемого в данной работе Рассохинского. Также Рассохинский массив считается перспективным на выявление крупного золото-молибден-медно-порфирового объекта (Петров и др., 2019; 2020; Сычев и др., 2022). Возраст гранитоидов Рассохинского массива К-Аг методом был определен как поздний мел (Гринберг и др., 1981). На среднемасштабных картах указан раннемеловой (Сурмилова и Максимова, 1985) и позднемеловой (Терехов и др., 1986) возраст массива. Проведенное исследование позволило устранить вышеописанные противоречия и нестыковки, а также существенно восполнить пробел возрастной принадлежности интрузива.

2. Строение Рассохинского массива

Рассохинский массив с севера и востока ограничен зоной разрывного нарушения сбросовой кинематики, за которой вмещающие породы представлены верхнепалеозойскими вулканогенно-осадочными образованиями, западный и южный контакты интрузивные, а вмещающими отложениями являются верхнетриасовые осадочно-вулканогенные и среднедевонские карбонатные толщи, соответственно (рис. 2). В экзоконтактовых частях развиты маломощные (до 15-20 м протяженностью и до 3-5 м мощностью) зоны скарирования со сфалеритовой минерализацией и более обширные (до сотен метров протяженностью и 40-50 м мощностью) области катаклаза с обильной сульфидизацией (преимущественно пирит и халькопирит).

Большая часть массива сложена светло-серыми, кремовыми массивными и трахитоидными порфировидными крупно- и среднезернистыми умеренно-щелочными лейкогранитами и аляскитами. Породы часто катаклазированы, ожелезнены, приобретают кирпичный цвет. Макроскопически в лейкогранитах и аляскитах наблюдаются выделения молибденита. Лейкограниты и аляскиты рассекаются аплитовыми и лейкогранит-порфировыми телами. Породы массива пересекаются позднеюрскими дайками долеритов северо-западного простирания.

Лейкограниты и аляскиты макроскопически – светло-серые массивные плотные породы со светлыми вытянутыми вкрапленниками калиевого полевого шпата, серыми более мелкими зернами кварца и редкими обособлениями зеленоватого биотита. Ожелезненные лейкограниты отличается коричневатым, бежевым или розоватым цветом. Катаклазированные породы приобретают трещиноватость и гнейсовидную текстуру, выраженную ориентированным расположением вытянутых порфировых вкрапленников калиевого полевого шпата и линзочек биотита.

Структура пород порфировидная, средне-, крупнозернистая с гранитовой, гипидоиморфнозернистой, микропегматитовой структурами основной массы. Вкрапленники (0.6-1.5 см) представлены широкими идиоморфными кристаллами пелитизированного ортоклаза. Ортоклаз образует простые двойники, пронизан обильными тонкими пертитовыми вростками альбита. Основная масса пород сложена призматическими зернами ортоклаза (50-65%); более ксеноморфными призматическими полисинтетически сдвойникованными зернами плагиоклаза (олигоклаз, альбит) (0-15%); кварцем (25-35%), ксеноморфными редкими чешуйками зеленого биотита (0-2%), реликтами роговой обманки (рис. 3, 1). В аляскитах содержание плагиоклаза уменьшается до его полного исчезновения (рис. 3, 2). Акцессорные минералы представлены цирконом, титанитом, апатитом, эпидотом, алланитом, рутилом, флюоритом. Они, как правило, включены в биотит и образуют скопления вместе с рудными минералами в узких интерстиционных пространствах между зернами ортоклаза. Титанит образует различные по размеру (0.1-0.4 см) клиновидные и неправильные зерна, лейкоксенизирован. Рудные минералы образуют тонкую вкрапленность и более крупные отдельные выделения до 1-6 мм и представлены пиритом, халькопиритом, молибденитом. Вторичные процессы представлены пелитизацией и альбитизацией ортоклаза (до 45%); хлоритизацией биотита, метасоматической калишпатизацией (5-30%), незначительной грейзенизацией

(вторичный кварц 1-8%, мусковит 0-4%), эпидотизацией (1-2%), развитием по спайности ортоклаза коричневого тонкоигльчатого биотита.

Детальное изучение петрографического состава, структурно-текстурных особенностей, последовательности образования минералов пород массива позволило сделать вывод о метасоматической природе части наблюдаемого в породе калиевого полевого шпата, кварца и альбита. Метасоматический калиевый полевой шпат образует резко ксеноморфные зерна различного размера с извилистыми очертаниями, заливами по трещинам в кварце, первичном калиевом полевом шпате. Содержание его по сравнению с общим содержанием калиевого полевого шпата в породе различно – от 5 до 30%. Метасоматический кварц образует мелкие округлые зерна, окаймляющие крупные вкрапленники ортоклаза. Хлорит образует полные псевдоморфозы по биотиту, а также наблюдается по трещинам в катаклазитах. Эпидот развивается по трещинкам в породе, образует скопления в биотите. Мусковит распространяется по зернам плагиоклаза, а также в виде листочков-чешуй по тонким трещинкам между зерен, иногда по спайности в ортоклазе, представлен тонкими чешуйчатыми листовидными образованиями. В катаклазированных лейкогранитах мусковитизация достигает 25%. Флюорит редко наблюдается в виде неправильных ксеноморфных неокрашенных зерен, выполняющих трещины.

Аплиты характеризуются аплитовой мелкозернистой структурой, сложены идиоморфными округлыми зернами кварца (30-35%), короткопризматическими зернами пелитизированного ортоклаза (50-55%), плагиоклазом (альбитом, олигоклазом) (0-6%), редкими ксеноморфными зернами хлоритизированного биотита, рудными минералами (молибденитом, халькопиритом), единичными зернами титанита, циркона, алланита (рис. 3,3). Трещинки в ортоклазе и кварце выполнены темно-коричневыми гидроокислами железа. Пелитизация ортоклаза и гидроокислы железа придают породе кирпичный цвет. В аплитах также наблюдается метасоматическая калишпатизация. Аплиты с микропегматитовой основной массой сложены пелитизированными идиоморфными зернами полевого шпата (1-2 мм), закономерно проросшими одновременно угасающими вростками кварца, имеющими извилистую, вытянутую форму. Между зернами ортоклаза наблюдаются редкие ксеноморфные рудные минералы (до 1%), биотит и циркон. Вторичные процессы выражены в пелитизации полевого шпата, развитии гидроокислов железа, хлорита по биотиту, редких зерен эпидота.

Лейкогранит-порфиры – светло-коричневая, бежевая резкопорфировая порода с тонкозернистой светлой основной массой и обилием порфировых вкрапленников серого

кварца размерами 3.5-4 мм и измененного ортоклаза (рис. 3, 4). Структура основной массы – микроаплитовая, тонкозернистая, иногда с участками микропегматитовой. В катаклазированных лейкогранит-порфирах раздробленная мелкозернистая масса значительно мусковитизирована. Основная масса сложена мелкими изометричными округлыми зернами кварца, пелитизированного ортоклаза, редкими зернами измененного коричневого хлоритизированного биотита, идиоморфными зернами рудного минерала.

В гранитах Рассохинского массива широко распространена сингенетичная прожилково-вкрапленная молибденитовая минерализация, в его северной невоскрывтой части присутствует, предположительно более позднее, жильное медное оруденение (халькопирит, халькозин, ковеллин, борнит) и ассоциирующие проявления золота и серебра, в юго-западном экзоконтакте массива, осложненном тектоническим нарушением в кварцевых жилах, ассоциирующих с аплитами, также присутствуют проявления золота. В зонах скарнирования в апикальных частях массива отмечается сфалеритовая и галенитовая минерализация.

3. Изотопные исследования и методика их проведения

Для выяснения возраста Рассохинского массива и рудной минерализации в нем был проведен комплекс изотопно-геохронологических исследований, включающий в себя U-Pb датирование циркона и Re-Os датирование молибденита.

Для определения U-Pb возраста циркон был выделен из четырех проб, одна из которых относились к аляскитам (P16-28-1), одна к аплитам (3057-5) и две к лейкогранитам (1001-1; L-17-8) (рис.2). Из каждой пробы изотопные отношения U и Pb были получены для 10 зерен циркона.

Для проведения изотопных исследований молибденит был выделен из аляскитов (45-6-1) в центральной части массива на удалении от зон развития катаклазитов. Для проведения Re-Os датирования по молибдениту было использовано 5 навесок с массой от 0,5 до 2 мг.

U-Pb датирование циркона осуществлялось на прецизионном вторично-ионном микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II, Re-Os датирование молибденита на

твердофазном многоколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения Triton TI в ЦИИ ФГБУ ВСЕГЕИ. Подробно методика описана в электронном приложении 7.1².

Изучение *циркона* на электронном микроскопе CamScan MX 2500 показало, что большинство кристаллов циркона имеют субидиоморфную форму, нередко с хорошо сохранившимися гранями. В режиме катодolumинесценции в них отчетливо проявляется осцилляторная зональность, характерная для магматических цирконов (рис. 4). В пользу магматического происхождения свидетельствуют также высокие значения $\text{Th/U} = 0.19\text{--}1.20$ в изученных зернах (электронное приложение 7.2³, таблица S1). Метаморфические каймы не наблюдались.

Результаты измерений изотопных отношений Pb и U в цирконе из Рассохинского массива представлены в электронном приложении 7.2 (Таблица S1). Все зерна характеризуются низкой степенью дискордантности. В пределах аналитической ошибки (с учетом воспроизводимости стандарта в различных шайбах – 0.43%) возраст циркона из аляскитов, аплитов и лейкогранитов идентичен (рис 5). Среднее значение возраста циркона из пород Рассохинского массива, рассчитанное по 38 зернам, составляет: 165 ± 0.7 млн лет. Для двух зерен циркона в южной части массива (лейкогранит и аплит) получены омоложенные значения возраста 155 ± 3 (L-17-8-5.1; рис 4) и 136 ± 6 млн лет (3057-5-7.1; рис.4), соответственно, поэтому эти зерна были исключены из расчета среднего значения возраста циркона.

Результаты измерений изотопных отношений Os и Re в молибдените из аляскитов Рассохинского массива представлены в электронном приложении 7.2 (Таблица S2). Изотопные характеристики навески №4 существенно отличаются от остальных измерений, поэтому она была исключена из расчета Re-Os возраста. Изохронное значение возраста, полученное по оставшимся четырем навескам, составляет 179 ± 11 млн лет (рис. 6).

4. Обсуждение результатов

Полученные значения U-Pb возраста циркона и Re-Os значение возраста молибденита указывают на становление пород массива в среднеюрское время.

² Приложение 7.1 доступно по следующему электронному адресу:
<https://escjournal.spbu.ru/article/view/16216/11583>

³ Здесь и далее приложение 7.2 доступно по следующему электронному адресу:
<https://escjournal.spbu.ru/article/view/16216/11584>

Результаты U-Pb датирования циркона указывают на то, что внедрение пород Рассохинского массива (аляскитов, лейкогранитов и аплитов) происходило в относительно узкий временной интервал около 165 млн. лет назад. Судя по геологическим наблюдениям аляскиты и лейкограниты составляют основную часть массива, а аплиты и лейкогранит-порфиры являются более поздними образованиями и образуют небольшие секущие тела внутри массива. Согласно международной стратиграфической шкале (Cohen et al., 2023), вышеуказанный временной интервал входит в среднеюрскую эпоху (батский и келловейский века). Данная эпоха фиксирует проявленность одного из основных этапов мезозойской амальгамации террейнов, связанной с началом функционирования Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса (УЯВП) (Данилов и Ставский, 1984), образования которого распространены повсеместно в пределах Рассохинского и Арга-Тасского террейнов (рис. 1). В среднем бате - келловее происходило накопление вулканогенно-осадочных пород сарканынской свиты, относимой к низам илиньтасской серии (Данилов, 1984; Сычев и др., 2021a), которая, в свою очередь, является типичным членом УЯВП для данной территории. Основную часть разреза свиты составляют базальные конгломераты, менее распространены андезиты, андезибазальты, песчаники и алевролиты. Рассохинский массив является сшивающим террейны небольшим штоком и, вероятно, представляет собой интрузивную разновидность комплексов УЯВП. Учитывая геологическое положение массива в зоне Арга-Тасского надвига, можно предположить образование гранитоидов в обстановке трансформного взаимодействия, сопоставимой с трансформными окраинами, описанными в работе (Grebennikov and Khanchuk, 2020).

Для южной части массива в редких зернах циркона отмечены позднеюрские и раннемеловые значения возраста, которые, вероятно, указывают на нарушение U-Pb изотопной системы вследствие наложенного события. Учитывая, что в пределах массива и на территории Рассохинского и Арга-Тасского террейнов развиты дайки и известен магматизм позднеюрского и раннемелового возраста (Сычев и др., 2021a; 2021b), эти события могли привести к появлению дискордантности в двух из 40 изученных зерен циркона.

Полученные значения возраста сульфидной минерализации (179 ± 11 млн лет), полученные по Re-Os системе в молибдените, выделенном из аляскитов оказались древнее значений U-Pb возраста циркона, выделенного из тех же пород (163 ± 1.3 млн лет). Наиболее вероятно некоторое удревнение значений Re-Os возраста отражает неоднородный изотопный состав захваченного осмия, что косвенно подтверждается

присутствием аномальной пробы с сильно отличными изотопными значениями осмия (проба 5373; таблица S2). Однако нельзя исключать, что нарушение Re-Os изотопной системы в молибдените может быть также связано и с наложенными процессами, о проявлении которых в пределах массива указывает дискордантность нескольких зерен циркона. Таким образом, полученное значение возраста сульфидной минерализации по молибдениту, вероятно, надо рассматривать как искаженное.

5. Заключение

Возраст пород Рассохинского массива, установленный U-Pb методом по циркону (SHRIMP; $n=38$) составляет 165 ± 0.7 млн лет. Время образования гранитоидов коррелирует с ранними этапами становления УЯВП и, вероятнее всего, массив является интрузивной разностью комплексов вулканогенного пояса. Возраст сульфидной минерализации, установленный Re-Os методом по молибдениту близок с возрастом становления массива.

Авторы благодарны рецензентам статьи за обсуждение результатов и конструктивную критику.

Литература

Гринберг, Г.А., Гусев, Г.С., Бахарев, А.Г. и др. (1981). *Тектоника, магматические и метаморфические комплексы Колымо-Омолонского массива*. М.: Наука.

Данилов, В.Г. (1984). Верхнеюрские отложения Момского горст-антиклинория. *Сб.: Геология и полезные ископаемые Верхояно-Колымской складчатой системы*. Якутск: Кн. изд-во, 98-105.

Данилов, В.Г., Ставский, А.П. (1984). Стратиграфия и литология Уяндино-Ясачнинского вулканического пояса (Северо-Восток СССР). *Бюлл. МОИП. Отд. геол.* 59 (1), 44-56.

Парфенов, Л.М., Кузьмин, М.И. (2001). Под ред. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республика Саха (Якутия)*. М.: Наука.

Петров, О.В., Киселев, Е.А., Молчанов, А.В., Шатов, В.В., Зубова, Т.Н., Терехов, А.В., Белова, В.Н., Кашин, С.В., Семенова, В.В., Соболев, А.Е., Соловьев, Н.С., Шамахов В.А. (2020). Карта закономерностей размещения золото-медно-порфировых месторождений России масштаба 1 : 2 500 000 (на основе комплектов государственных геологических карт масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения). *Региональная геология и металлогения*, 84, 5-24.

Петров, О.В., Киселев, Е.А., Шпикерман, В.И., Змиевский, Ю.П. (2019). Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулcano-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3. *Региональная геология и металлогения*, 80, 50-73.

Соколов, С.Д. (2010). Очерк тектоники Северо-Востока Азии. *Геотектоника*, 6, 60-78.

Сурмилова, Е.П., Максимова, Г.А. (1985). *Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 (первое поколение). Серия Среднеколымская, Лист Q-55-XXIX,XXX (Устье р. Булгут)*. М.: Объединение «Аэрогеология».

Сычев, С.Н., Лебедева, О.Ю., Рогов, А.В. (2021a). *Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 200000. Изд. 2-е. Серия Яно-Индибирская. Листы Q-55-XXIX,XXX (Устье р. Булгут). Под ред. С.Д. Соколова. Минприроды России, Роснедра, Якутнедра, ВСЕГЕИ. СПб.: ВСЕГЕИ. (в печати)*

Сычев, С.Н., Лебедева, О.Ю., Худолей, А.К., Соколов, С.Д., Рогов, А.В., Маклашин, В.С., Львов, П.А. (2021b). Валанжинский умеренно-щелочной магматизм Рассохинского и Арга-Тасского террейнов (Северо-Восток России). *Докл. РАН. Науки о Земле*, 501 (1), 34-42. <https://doi.org/10.31857/S2686739721090188>

Сычев, С.Н., Рогов, А.В., Лебедева, О.Ю. (2022). Золото-медно-порфировые перспективные рудные объекты Омuleвского поднятия (Восточная Якутия). *В сб.: Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов. Тез. докл. XI Международной научно-практической конференции (г. Москва, 12–15 апреля 2022 г.)*. М.: ЦНИГРИ, 224–227.

Сычев, С.Н., Худолей, А.К., Лебедева, О.Ю., Рогов, А.В., Соколов, С.Д., Чемберлен, К.Р., Маклашин, В.С., Львов, П.А. (2020). Силурийский гранитоидный магматизм Рассохинского террейна (Северо-Восток России). *Докл. РАН. Науки о Земле*, 494 (2), 9-14. <https://doi.org/10.31857/S2686739720100102>

Терехов, М.И., Мерзляков, В.М., Шпикерман, Л.А. и др. (1989). *Геологическая карта верховьев рек Мома, Зырянка, Рассоха, Омuleвка, Таскан, Ясачная и Сеймчан. М-б 1 : 500000*. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН.

Cohen, K.M., Harper, D.A.T., Gibbard, P.L. (2023). *ICS International Chronostratigraphic Chart 2023/04*. International Commission on Stratigraphy, IUGS. www.stratigraphy.org [Accessed 29.05. 2023].

Grebennikov, A.V., Khanchuk, A.I. (2020). Pacific-type transform and convergent margins: igneous rocks, geochemical contrasts and discriminant diagrams. *Int. Geol. Rev.*, 63 (5), 601-629.

Vermeesch, P. (2018). IsoplotR: A free and open toolbox for geochronology. *Geosci. Front*, 9, 1479-1493. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.04.001>

Whitney, D.L., Evans, B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187. <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>

ACCEPTED MANUSCRIPT
ПРИНЯТО В ПЕЧАТЬ

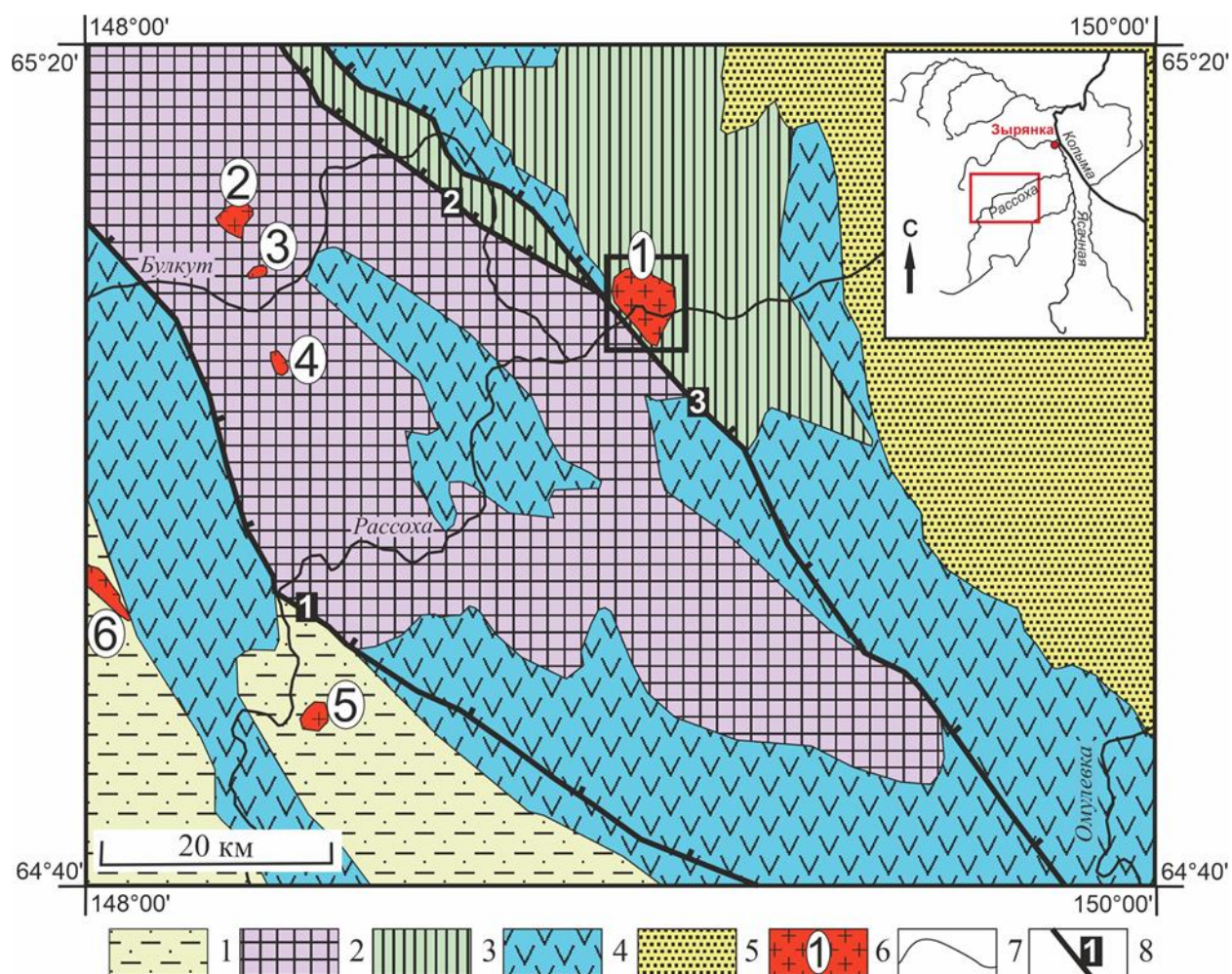


Рис. 1. Схема тектонического строения верхнего течения р. Рассоха (по (Терехов и др., 1989), с изменениями). 1-5 – региональные подразделения: 1 – Омутевский террейн; 2 – Рассохинский террейн; 3 – Арга-Тасский террейн; 4 – Уяндино-Ясачненский вулканогенный пояс; 5 – Ожогинская впадина; 6 – гранитоидные массивы и их номера (1 – Рассохинский, 2 – Трюлиньинский, 3 – Левобулкутский, 4 – Левосереченский, 5 – Безымянный, 6 – Овачанский); 7 – геологические границы; 8 – региональные разрывные нарушения и их номера: 1 – Сереченский, 2 – Булкутский, 3 – Арга-Тасский надвиги. Квадратом показано расположения рисунка 2.

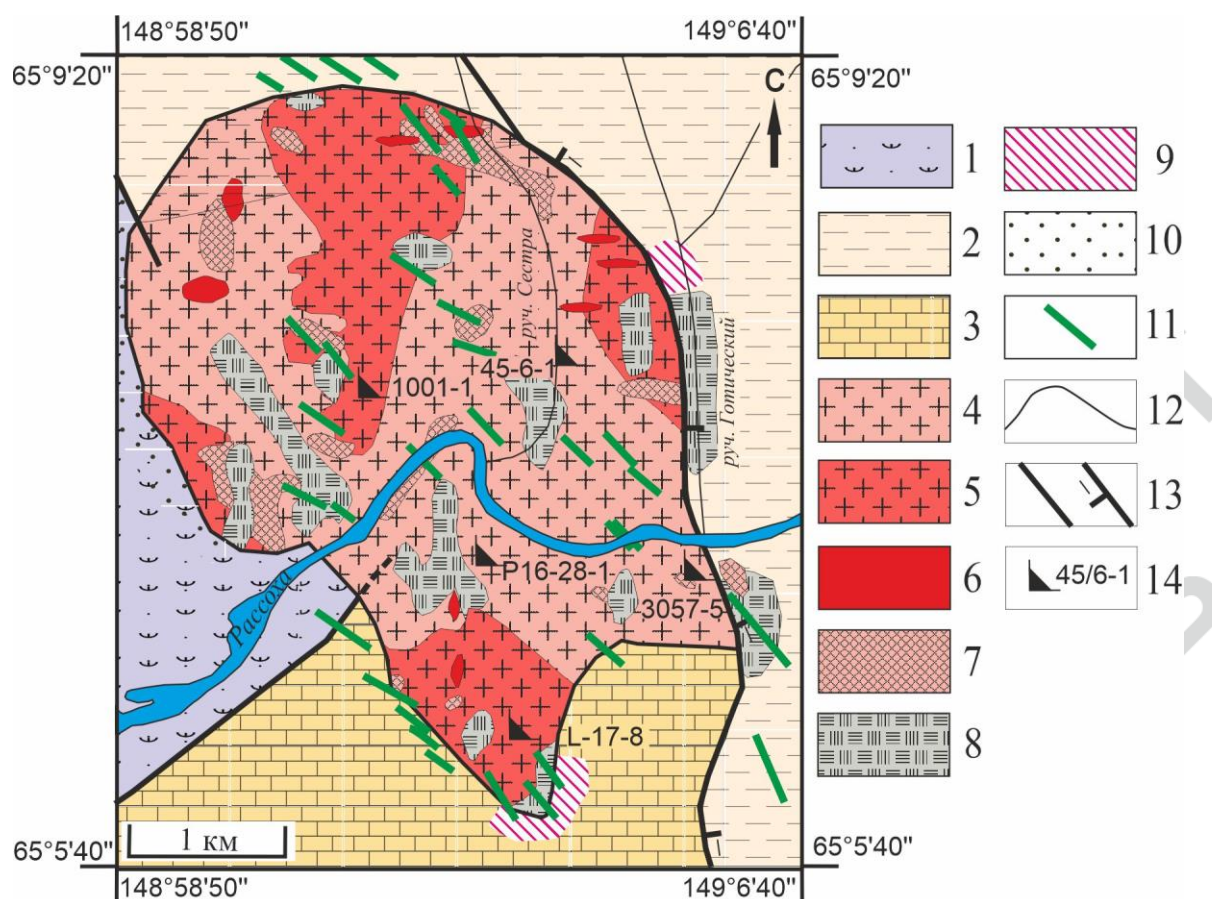


Рис. 2. Схема строения Рассохинского массива (по материалам авторов). 1 – верхнетриасовые туфопесчаники; 2 – каменноугольно-нижнепермские туффиты и кремнисто-глинистые сланцы; 3 – среднедевонские известняки; 4 – аляскиты; 5 – лейкограниты; 6 – лейкогранит-порфиры; 7 – аплиты; 8 – катаклазиты; 9 – скарны; 10 – роговики; 11 – позднеюрские дайки долеритов; 12 – геологические границы; 13 – разрывные нарушения; 14 – места отбора проб на изотопный возраст.

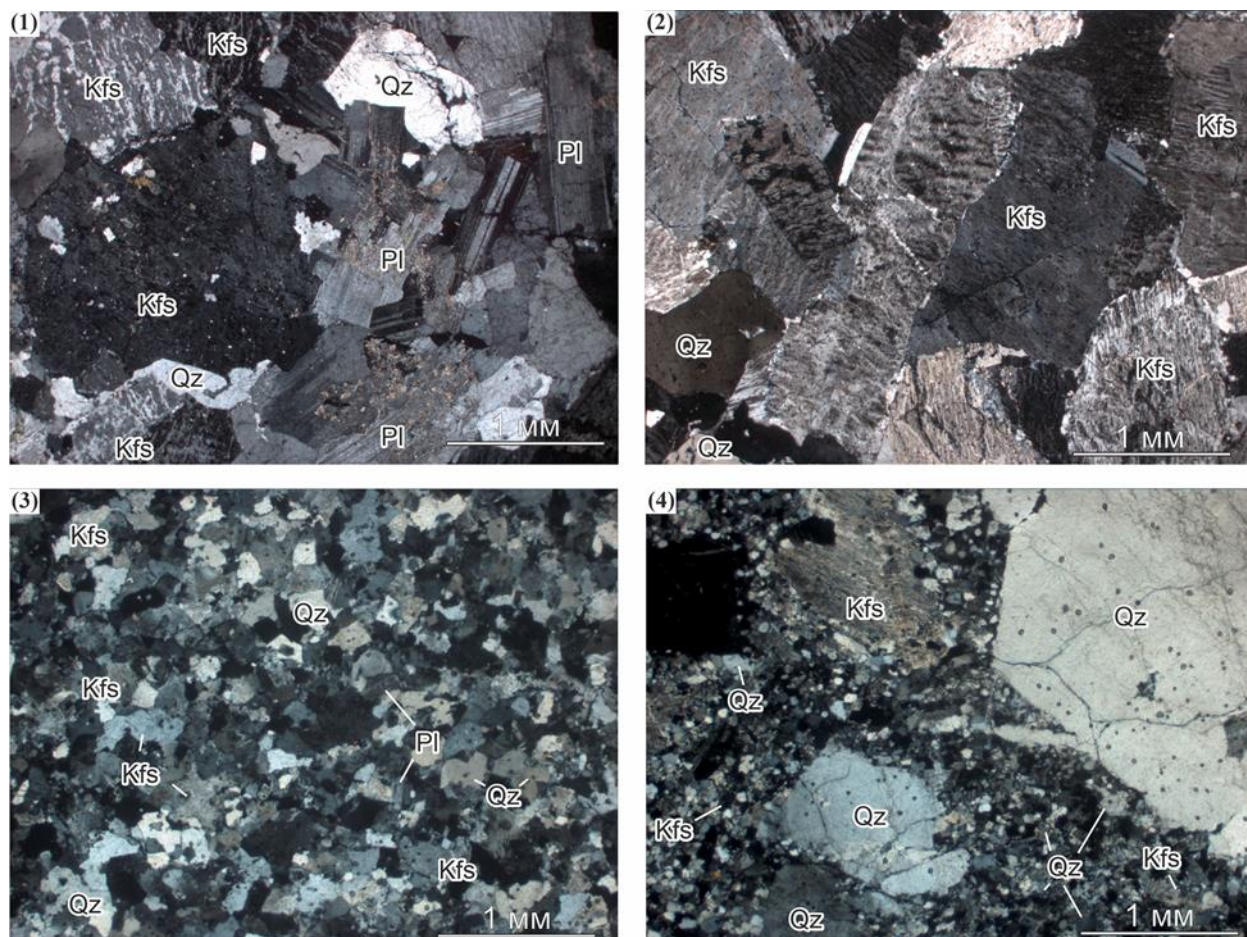


Рис. 3. Микрофотографии шлифов в поляризованном свете. 1 – Лейкогранит. Структура среднезернистая, гранитовая. Плагиоклаз серицитизирован; 2 – Аляскит. Структура среднезернистая, порфировидная. Порфировые включения представлены ортоклазом, пронизанным пертитом альбита; 3 – Аплит. Структура микроаплитовая; 4 – Лейкогранит-порфир. Структура резко порфировидная. Порфировые включения представлены кварцем, калиевым полевым шпатом. Структура основной массы – микрогранитовая. Все фотографии в скрещенных николях.

Обозначения минералов, по (Whitney and Evans, 2010): Fsp – калиевый полевой шпат; Pl – плагиоклаз; Qz – кварц.

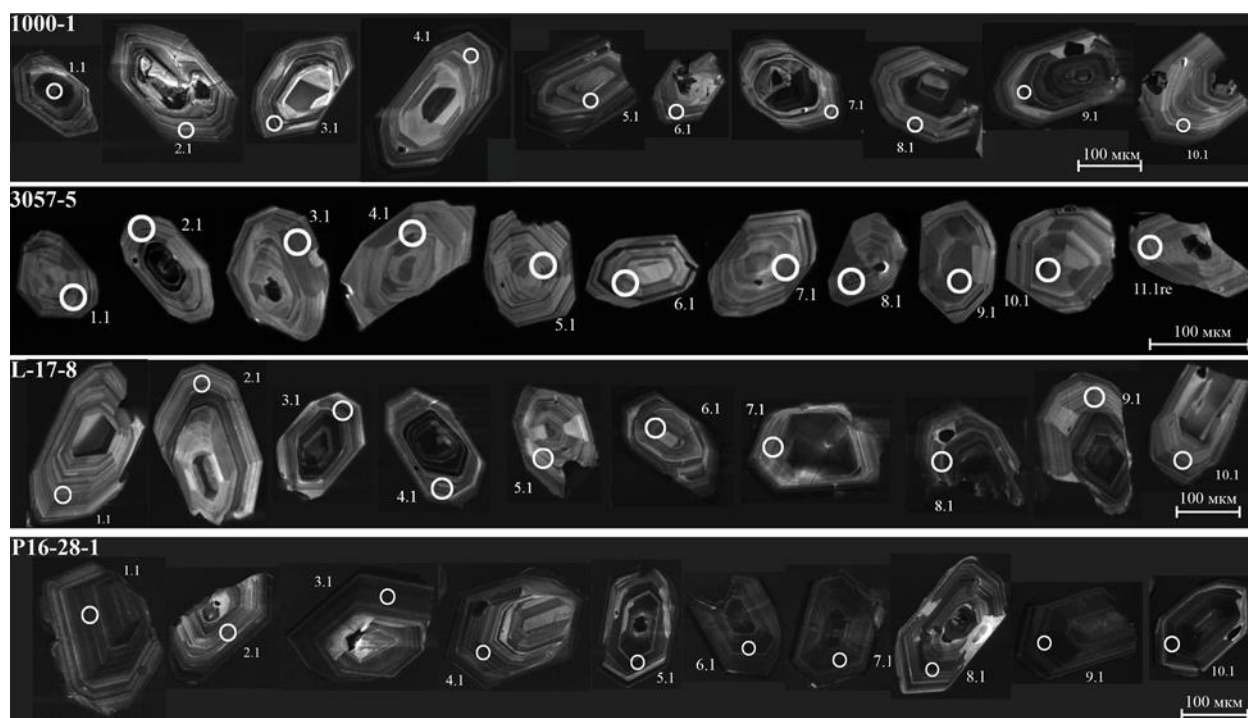


Рис. 4. Католюминесцентные изображения продатированных цирконов, из гранитоидов Рассохинского массива, характеризующихся осцилляторной зональностью, свидетельствующей в пользу их магматического происхождения.

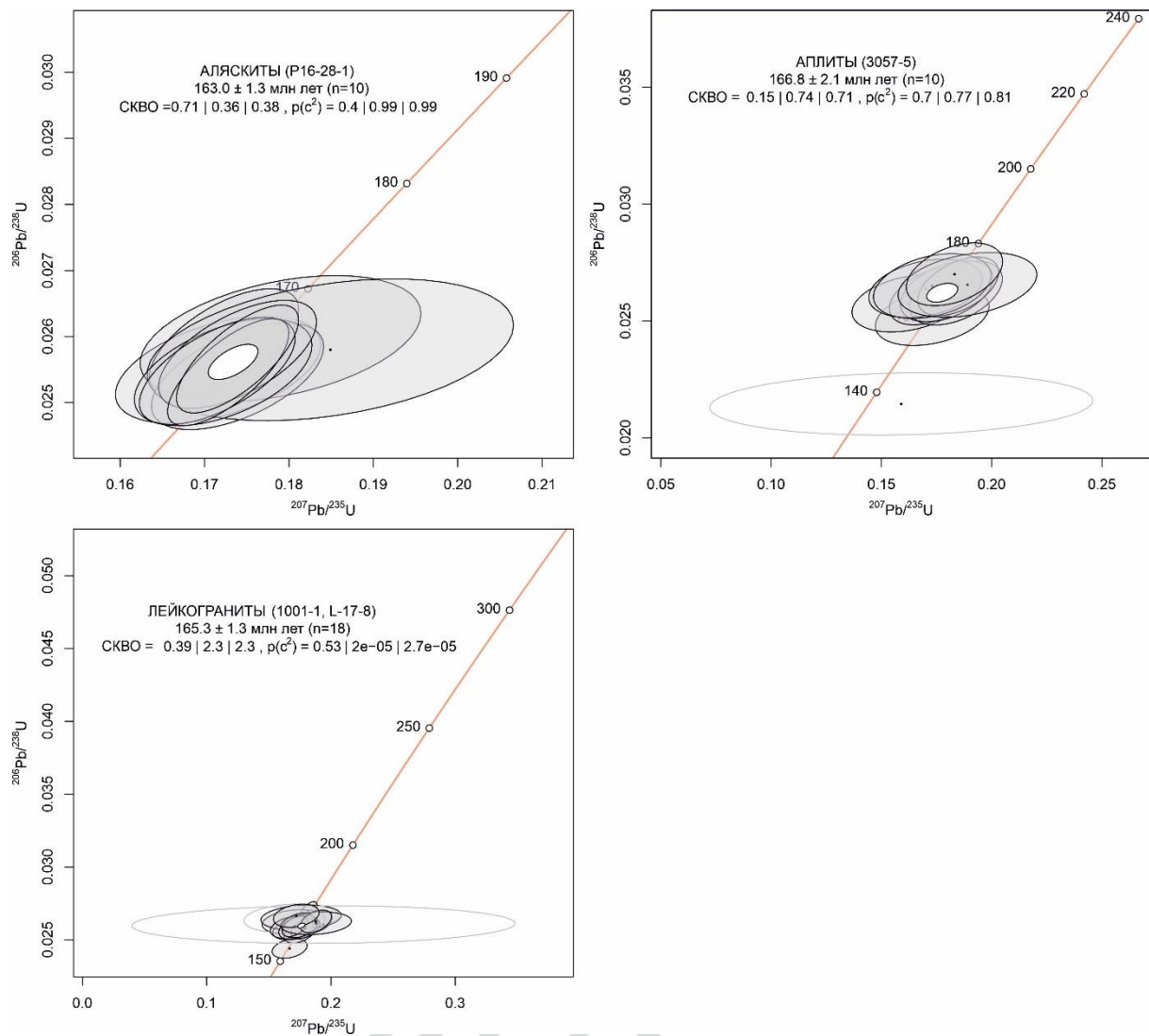


Рис. 5. Графики с конкордиями для циркона из аляскитов, аплитов и лейкогранитов Рассохинского массива, построенный в программе IsoplotR (Vermeesch, 2018). Вертикальная черта разделяется значения СКВО и $p(\chi^2)$ для конкордантности, эквивалентности и обобщенной величины.

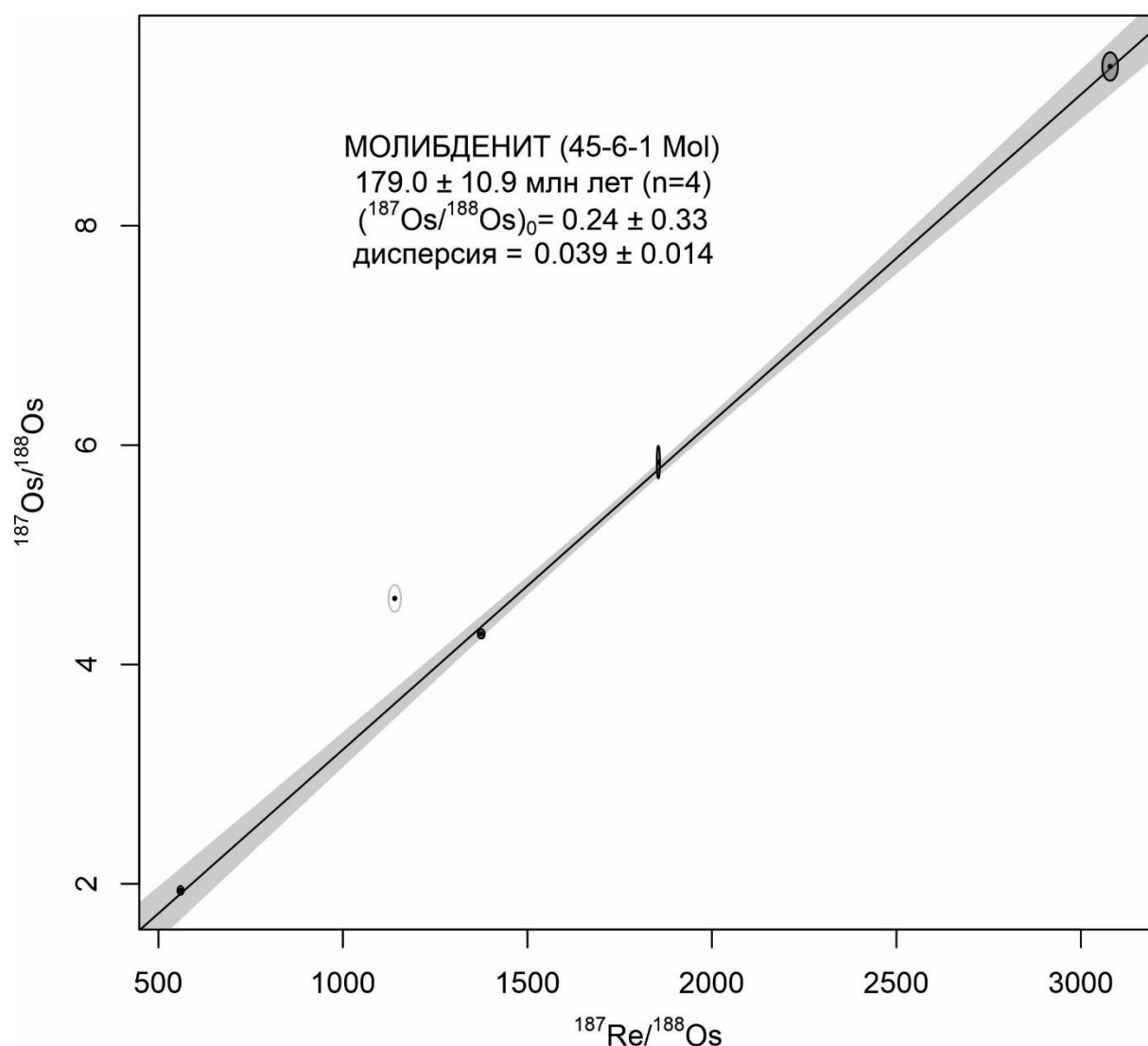


Рис. 6. Re-Os изохрона молибденита из аляскитов Рассохинского массива (45-6-1 Mol), построенная в программе IsoplotR (Vermeesch, 2018). При построении изохроны использовалась модель наибольшей вероятности с учетом овердисперсии, предполагая, что она связана с изменчивостью изотопного состава унаследованной компоненты. Образец №5374 был исключен из расчета изохронного возраста как аномальный.

Structure and age of the Rassokha granitoid massif (Arga-Tas Ridge, Eastern Yakutia)⁴

Sergey Nikolaevich Sychev^{1,2,3}, Olga Valentinovna Yakubovich^{1,4}, Olga Yuryevna Lebedeva^{1,2}, Alexander Vasilyevich Rogov⁵, Pavel Alekseevich Lvov^{2,4}, Robert Shamilevich Krymsky²

¹St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (FGBU “VSEGEI”), 74, Sredniy pr., St. Petersburg, 199106, Russian Federation

³Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Pyzhevsky lane, Moscow, 119017, Russian Federation

⁴Institute of Precambrian Geology and Geochronology of the Russian Academy of Sciences, 2, nab. Makarova, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

⁵OOO Gold Mining, 43, Kurashova st., Yakutsk, 677000, Russian Federation

Sergey Nikolaevich Sychev: s.sychev@spbu.ru , 0000-0002-9266-4482

Yakubovich Olga Valentinovna olya.v.yakubovich@gmail.com , 0000-0001-7435-3149

Lebedeva Olga Yurievna olyalela@mail.ru

Rogov Alexander Vasilyevich rog80@yandex.ru

Pavel Alekseevich Lvov pavel_lvov@vsegei.ru

Krymsky Robert Shamilevich robert_krymsky@vsegei.ru

Annotation

The Rassokha (Rassoshina) granitoid massif is located at the junction of the Rassokha and Argatass terranes, which are located in the western part of the Kolyma–Omolon microcontinent (superterrane), within the Verkhoyansk–Kolyma fold belt, extend in a northwesterly direction and border in the southwest with the Omulevka terrane of the passive continental margin, and in the north-the east is blocked by Cenozoic deposits of the Ozhogino depression. The massif is mainly composed of light gray, creamy massive and trachytoid porphyritic coarse- and medium-grained moderately alkaline leucogranites and alaskites. The

⁴ Within the framework of the FGBU “VSEGEI” theme, field work was carried out. The isotope-geochronological data were obtained. The interpretation of the results was supported of the Russian Science Foundation project 20-17-00197-II.

age of the Rassokha massif and its ore mineralization was determined by a complex of isotope-geochronological methods such as U-Pb dating of zircon and Re-Os dating of molybdenite. U-Pb zircon age of the Rassokha massif is 165 ± 0.7 Ma ($n=38$). The results of U-Pb dating of zircon indicate that the introduction of rocks of the Rassokha massif (alaskites, leukogranites and aplites) occurred in a relatively narrow time interval about 165 million years ago. The obtained values of the age of sulfide mineralization (179 ± 11 million years), obtained by the Re-Os system in molybdenite isolated from alaskites, turned out to be older than the values of the U-Pb age of zircon. Most likely, some increase in the values of the Re-Os age reflects the heterogeneous isotopic composition of the captured osmium. The time of granitoids formation correlates with the early stages of Uyardino-Yasachenskiy volcanic belt formation, and most likely the massif represents intrusive part of volcanogenic belt complexes. Taking into account the geological position of the massif in the zone of the Argatass thrust, it is possible to assume the formation of granitoids in an environment of transform interaction.

Key words: Rassokha massif, granitoids, zircon, molybdenite, U-Pb age, Re-Os age.

References

- Cohen, K.M., Harper, D.A.T., Gibbard, P.L. (2023). ICS International Chronostratigraphic Chart 2023/04. International Commission on Stratigraphy, IUGS. www.stratigraphy.org [Accessed 29.05. 2023].
- Danilov, V.G. (1984). Upper Jurassic deposits of the Momsky mountain anticlinory. *Collection: Geology and minerals of the Verkhoyano-Kolyma folded system*. Yakutsk: Kn. izd-vo Publ., 98-105. (In Russian)
- Danilov, V.G., Stavskii, A.P. (1984). Stratigraphy and lithology of the Uyandino-Yasachninsky volcanic belt (Northeast of the USSR). *Byull. MOIP. Geol. Publ.*, 59 (1), 44-56. (In Russian)
- Grebennikov, A.V., Khanchuk, A.I. (2020). Pacific-type transform and convergent margins: igneous rocks, geochemical contrasts and discriminant diagrams. *Int. Geol. Rev.*, 63 (5), 601-629.
- Grinberg, G.A., Gusev, G.S., Bakharev, A.G. et al. (1981). *Tectonics, magmatic and metamorphic complexes of the Kolymo-Omolon massif*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)
- Parfenov, L.M., Kuz'min, M.I. (2001). Pod red. *Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)

Petrov, O.V., Kiselev, E.A., Molchanov, A.V., SHatov, V.V., Zubova, T.N., Terekhov, A.V., Belova, V.N., Kashin, S.V., Semenova, V.V., Sobolev, A.E., Solov'ev, N.S., SHamakhov V.A. (2020). A map of the regularities of the placement of gold-copper-porphyry deposits in Russia on a scale of 1 : 2,500,000 (based on sets of state geological maps on a scale of 1: 1,000,000 of the third generation). *Regional Geology and Metallogeny*, 84, 5-24. (In Russian)

Petrov, O.V., Kiselev, E.A., SHpikerman, V.I., Zmievskii, IU.P. (2019). The forecast of the placement of gold-copper-porphyry deposits in the volcanic-plutonic belts of the eastern regions of Russia based on the results of work on the preparation of sheets of the State Geological Map-1000/3. *Regional Geology and Metallogeny*, 80, 50-73. (In Russian)

Sokolov, S.D. (2010). Tectonics of Northeast Asia: An Overview. *Geotectonics*, 44 (6), 493-509. <https://doi.org/10.1134/S001685211006004X>

Surmilova, E.P., Maksimova, G.A. (1985). *he State Geological Map of the USSR on a scale of 1:200,000 (first generation). Srednekolymskaya series, Sheet Q-55-XXIX,XXX (Mouth of the Bulkut river)*. Moscow: Obedinenie «Aerogeologii» Publ. (In Russian)

Sychev, S.N., Khudoley, A.K., Lebedeva, O. Yu., Rogov, A.V., Sokolov, S.D., Chamberlain, K.R., Maklashin, V.S., Lvov, P.A. (2020). Silurian Granitoid Magmatism of the Rassokha Terrane (North-East Russia). *Doklady Earth Sciences*, 494 (2), 762-766. <https://doi.org/10.1134/S1028334X20100104>

Sychev, S.N., Lebedeva, O. Yu., Khudoley, A.K., Sokolov, S.D., Rogov, A.V., Maklashin, V.S., Lvov, P.A. (2021b). Valanginian Subalkaline Magmatism of the Rassokha and Argatass Terranes (Northeastern Russia). *Doklady Earth Sciences*, 501 (1), 925-932. <https://doi.org/10.1134/S1028334X2109018X>

Sychev, S.N., Lebedeva, O. Yu., Rogov, A.V. (2021a). *Gosudarstvennaia geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. M-b 1 : 200000. Izd. 2. Seriya IAno-Indigirskaia. Q-55-XXIX,XXX (Ust'e r. Bulkut). Pod red. S.D. Sokolova. Minprirody Rossii, Rosnedra, IAKutnedra, VSEGEI. St. Petersburg: VSEGEI Publ. (in print).* (In Russian)

Sychev, S.N., Rogov, A.V., Lebedeva, O. Yu. (2022). Gold-copper-porphyry promising ore objects of the Omulevsky uplift (Eastern Yakutia). *In the collection: Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, and evaluation of deposits of diamonds, precious and non-ferrous metals. Thesis of the XI International Scientific and Practical Conference (Moscow, April 12-15, 2022)*. Moscow: TSNIGRI Publ., 224-227. (In Russian)

Terekhov, M.I., Merzliakov, V.M., Shpikerman, L.A. et al. (1989). *Geological map of the upper reaches of the Moma, Zyryanka, Rassokha, Omulevka, Taskan, Yasachnaya and Seymchan rivers. M-b 1 : 500000*. Magadan: SVKNII DVO RAN Publ. (In Russian)

Vermeesch, P. (2018). IsoplotR: A free and open toolbox for geochronology. *Geosci. Front*, 9, 1479-1493. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.04.001>

Whitney, D.L., Evans, B.W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187. <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>

ACCEPTED MANUSCRIPT
ПРИНЯТО В ПЕЧАТЬ