

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИГМ СО РАН

Иванов корр., д.г.-м.н. Н.Н. Крук



«5» марта 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Мамыкиной Марии Евгеньевны**

на тему

«Минералого-геохимические характеристики, возраст и условия формирования гранитоидов Белокурихинского массива (Горный Алтай)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа Марии Евгеньевны Мамыкиной «Минералого-геохимические характеристики, возраст и условия формирования гранитоидов Белокурихинского массива (Горный Алтай)» посвящена актуальной петролого-геохимической проблеме установления вещественных особенностей, закономерностей эволюции и происхождения анорогенных гранитоидов складчатых поясов. Объектом исследований автор выбрала Белокурихинский массив в Горном Алтае.

Главной *целью работы* являлось определение возраста и условий образования гранитоидов Белокурихинского массива на основе комплексного изотопно-геохимического и минералого-геохимического изучения гранитоидов и входящих в их состав акцессорных и породообразующих минералов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что автором исследований установлено закономерное изменение от ранней к поздней фазе состава гранитоидов Белокурихинского массива в отношении несовместимых элементов и ряда минералов (циркон, биотит, калиевый полевой шпат и плагиоклазы), а также индикаторных отношений редких элементов, которое обусловленное, по мнению автора, процессами фракционной кристаллизации. Для гранитоидов массива проведена оценка Р-Т параметров кристаллизации и диапазон их изменения на основе комплекса независимых минеральных геотермометров и барометров. Для гранитоидов всех трех фаз массива определен возраст кристаллизации U-Pb методом по циркону (SHRIMP-II), который подтверждает временной интервал формирования массива в пределах 255-245 млн лет.

Практическая значимость работы обусловлена использованием полученных данных отчетных материалах НИР ИГГД РАН «Совершенствование изотопных методов датирования докембрийских комплексов и разработка новых геохимических подходов использования минералов-геохронометров» (№ FMUW-2022-0005), что подтверждается актом внедрения, приведенным в Приложение Е.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-64 от 07.04.25
ЛВ УС

Предлагаемая к защите диссертация объемом 178 страниц состоит из введения, пяти глав с разделами и заключения. Список литературы составляет 208 наименований. Текст написан хорошим профессиональным языком, проиллюстрирован 75 рисунками и сопровождается 21 таблицей, в том числе в приложениях (А, Б, В, Г, Д, Е).

Глава 1. Состояние проблемы и геологическое строение

В работе проведен детальный обзор литературных данных по геохимической классификациям гранитоидов с выделением их типов и природой происхождения, приведены обзорные тектонические карты Горного Алая и, в общих чертах, показаны масштабы проявления интрузивных комплексов пространстве и во времени и характер изменения породного состава интрузивных ассоциаций при смене геодинамических обстановок формирования. В целом, общее геологическое описание строения региона проведено в полной мере.

Замечания:

1. В представленной диссертационной работе соискателю следовало бы привести более широкий спектр литературных данных по гранитоидному магматизму Горного Алтая. В частности, необходимо упомянуть следующий ряд работ (монография, статьи) – С.П. Шокальского с соавторами [Шокальский и др., 2000], А.Г. Владимирова [Владимиров и др., 1997, 1998, 2001 и др.], Н.Н. Крука с соавторами [Крук и др., 2009, 2010; Kruk et al., 2011 и др.], М.Л. Куйбида с соавторами, и других исследователей, которые посвятили не один десяток лет изучению интрузивного магматизма этого региона.
2. При рассмотрении вопроса о реальности процессов фракционирования гранитоидных магм автор, вслед за предшественниками, рассматривает ведущую роль в этом процессе механизма фильтр-прессинга (стр. 12-14). Поскольку такая схема предусматривает наличие стрессовых деформаций, автору следовало бы более детально обсудить возможность ее реализации во внутриплитных обстановках.
3. В описании истории геологической эволюции Горного Алтая большое удивление вызывает тезис о причленении Гондваны к Сибирскому континенту на рубеже позднего кембрия – раннего ордовика (стр. 16, последний абзац). Откуда автор взял эту информацию? В работе [Владимиров и др., 2001], на которую стоит ссылка, ее точно нет.
4. В диссертационной работе используется схема геологического строения Белокурихинского массива (рис. 1.3), которая заимствована из работы А.Н. Леонтьева (1969). Показанная схема весьма примитивна (здесь отсутствуют элементарные геологические данные: элементы залегания, разломы и др.), к настоящему времени устарела и дает читателям (до и, по-видимому автору) неверное представление о тектонической позиции массива. Так на стр. 22 указано, что на отдельных участках массива прорывает терригенно-карбонатные отложения Чарышско-Чуйской СФЗ. В действительности же, кембро-ордовикские отложения песчаной толщи, вмещающие массив, принадлежат Белокурихинскому аллохтону и никакого отношения к комплексам Чарышско-Чуйской СФЗ не имеют [Шокальский, 1999; Chen et al., 2015; Kruk et al., 2018]. Таким образом, массив полностью локализован в пределах аллохтона и природа подстилающих толщ достоверно неизвестна.

Справедливости ради, следует отметить, что уже давно есть более современная геологическая карта этого района (1:200 000, лист М-45-I, Солонешное), опубликованная в 2001 г. во ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург), где значительно детальнее показано геологическое строение массива и его обрамления. В числе прочего, на указанной схеме показано, что в районе г. Белокуриха породы первой фазы не образуют сплошного поля, а встречаются в виде небольших ксеноблоков, а основной объем гранодиоритов и меланогранитов первой фазы находится в крайне восточной части массива, не изученной автором. Соискателю следовало бы воспользоваться этими материалами дать более подробное и корректное описание геологического строения массива.

5. В работе, при описании строения массива и его обрамления используются названия нескольких геологических тел (Осокинский, Курановский и Точильный штоки, Белокурихинский и Каменский аллохтоны, блоки сложенные метаморфизованными образованиями раннего палеозоя), которые не показаны и не имеют условных обозначений на рис. 1.2. и 1.3.

6. Из других мелких замечаний - на рис. 1.3 не подписаны названия рек, которые упомянуты в тексте диссертации; вся речная сеть, по какому-то недоразумению, теряется на границе Бийско-Барнаульской впадины.

7. В работе диссертант совершенно справедливо указывает (стр. 21-22) на существование двух точек зрения об объеме белокурихинского комплекса. Первая, отраженная в легенде Алтайской серии листов Госгеолкарты – 200 [Шокальский, 1999; Шокальский и др., 2000] включает в состав комплекса ограниченное число гранит-лейкогранитных интрузий севера Горного Алтая, в то время как вторая, изложенная в [Гусев и др., 2008] предполагает объединение в составе комплекса ВСЕХ пермо-триасовых габброидов и гранитоидов Алтая. К сожалению, соискатель не определяет четко, какой из предложенных взаимоисключающих схем она придерживается и какую использует в дальнейших генетических построениях.

Глава 2. Методы исследования

В данной главе диссертант приводит широкий список современных прецизионных методов исследования, использованный для выяснения возраста, длительности становления гранитоидов Белокурихинского массива, а также для определения петрохимических особенностей, редкоэлементного состава и изотопно-геохимических характеристик его пород и слагающих их минералов. Для каждого метода приведено достаточно подробное описание используемых приемов и существующих ограничений, имеются необходимые ссылки на литературные источники. Глава написана ясно, на хорошем профессиональном уровне. Замечания отсутствуют.

Глава 3. Характеристика состава пород и породообразующих минералов

Петрографическое описание пород Белокурихинского массива выполнено на хорошем квалифицированном уровне. Дана добротная характеристика структурно-текстурных особенностей пород, на рисунках отображен характер взаимоотношений между отдельными интрузивными фазами, выполнено описание количественно-минерального

состава пород трех интрузивных фаз. Соискателем проведены полноценные исследования петрохимического и редкоэлементного составов всех породных разновидностей массива. На классификационных и дискриминационных диаграммах показаны вариации содержаний примесных элементов и эволюционные тренды изменения их содержаний при переходе от ранних фаз внедрения к поздним. Также на высоком уровне выполнено детальное изучение особенностей состава порообразующих минералов (плагиоклаз, калиевый полевой шпат, биотит, мусковит) для каждой изученной интрузивной фазы, полученные результаты проиллюстрированы необходимой графикой. Отметим, что автором получен большой объем информации о редкоэлементном составе порообразующих минералов. Ранее для Белокурихинского массива такие исследования никогда и никем не проводились и полученные данные уникальны!

В конечном итоге, полученные Диссертантом данные по валовому составу гранитоидов позволили сделать вывод, что отнесение наименее дифференцированных гранитоидов первой фазы массива к А-типу, является более вероятным, чем варианты, предложенные другими исследователями. К этому же выводу соискатель проходит при анализе петрохимического и редкоэлементного составов порообразующих минералов.

Замечания:

1. Вопрос о петрогеохимической типизации гранитов второй и третьей фаз Белокурихинского массива остался до конца нерешенным. Тренды эволюции составов пород, приведенные на диаграммах (рис. 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19) показывают, что эти разновидности могут быть отнесены также и к гранитам I- или S-типов. Соискатель не дает на этот счет четкого и ясного ответа. По мнению рецензентов, дело здесь не в недостаточной квалификации диссертанта или допущенных им методических ошибках, а в специфике состава гранитоидов, не позволяющей поместить их в «прокрустово ложе» имеющихся классификаций.

2. Один из ключевых вопросов типизации пород Белокурихинского массива – принадлежность их к типу редкометалльно-плюмазитовых гранитов по классификации [Таусон, 1985]. На это указывают как особенности их редкоэлементного состава [Владимиров и др., 1997, 1998], так и характер рудной минерализации, связанной с гранитоидами. К сожалению, автор, по-видимому не имел возможности изучить вариации лития и фтора как в породах, так и в минералах (за исключением циркона), поэтому вопрос остался открытым.

3. Крайне неудачна форма представления данных по содержанию редкоземельных элементов в гранитоидах. На рис. 3.11. спектры распределения РЗЭ показаны полями, кривые для индивидуальных проб отсутствуют. В таблице Б.1. не приведены индикаторные характеристики (суммарное содержание РЗЭ, величина нормированного La/Yb или La/Lu отношения, глубина европиевого минимума. Это резко затрудняет анализ эволюции редкоэлементного состава гранитоидов в пределах отдельных фаз.

4. Выводы по Главе 3 выглядят весьма скромными по сравнению с тем огромным количеством обработанного материала и полученных фактических данных. Выводы касаются только типизации гранитоидов массива (она вынесена в защищаемое положение) и изменению составов пород и минералов при переходе от ранних фаз к поздним. При этом

автор никак не касается эволюции составов пород и минералов в пределах каждой отдельной фазы, что, при имеющемся обилии фактического материала могло бы дать уникальную информацию о закономерностях эволюции магм на уровне становления интрузии и резко усилить генетические построения диссертанта.

Глава 4. Изотопно-геохимическая характеристика и возраст

Глава 4 по объему представленного аналитического материала сопоставима с предыдущей главой. В подглавах 4.1–4.3 автор приводит большой объем добротного и весьма солидного аналитического материала, полученного в результате U-Pb изотопного датирования циркона из пород Белокурихинского массива, а также изучения его редкоземельного состава. В работе представлено детальное описание морфологических особенностей циркона, а также показаны CL-изображения, которые позволили корректно оценить не только места точек для последующего геохронологического датирования, но и установить природу их образования. На основе этих данных диссертантом была установлена двойственная природа циркона из пород Белокурихинского массива и выделены два генетических типа. К *раннему типу* относятся цирконы магматического генезиса (центральная часть кристаллов), на что указывает ацилляторная зональность, свойственная циркону, кристаллизующимся из первичного магматического расплава. *Поздний тип* циркона образует темные каймы гидротермальной или метасоматической природы по краевым зонам кристаллов. Вместе с тем в работе проведены скрупулезные исследования по содержанию редких и редкоземельных элементов в цирконе этих двух генетических типов, установлены особенности их состава и характерные для них отличия. В конечном итоге, выполненные для этих двух типов циркона геохронологические исследования, в совокупности с их геохимическими характеристиками позволили оценить не только время кристаллизации циркона, но и вероятностную генетическую природу образования.

Также в работе представлены весьма интересные результаты U-Pb изотопного датирования титанита и данные о содержании редких и редкоземельных элементов в датированных зернах этого минерала. Полученные по титаниту возрастные даты, в совокупности с результатами датирования магматического циркона, позволили установить, что время кристаллизации пород Белокурихинского массива варьирует в диапазоне 255–245 млн лет. Полученные диссертантом результаты геохронологического датирования, в целом, совпадают с временем кристаллизации второй и третьей фаз массива (~250 млн лет), полученные ранее по слюдам Ar-Ar методом [Gavryushkina et al., 2017; Гаврюшкина, 2021].

В подглаве 4.3 соискатель приводит результаты Sm-Nd изотопных исследований по породам и Rb-Sr изотопных исследований по породам и мономинеральным фракциям (полевые шпаты, биотит, мусковит, табл. 4.2 и приложение Г) для каждой интрузивной фазы Белокурихинского массива. Результаты этих исследований представлены на графике $\epsilon_{Nd}(T) - {}^{87}Sr/{}^{86}Sr$. Соискателем было установлено, что значения $\epsilon_{Nd}(T)$ варьируют от 1.7 до 0.4, Nd модельные возрасты ($T_{DM-2st} = 0.86–1.0$ млрд лет) и ${}^{87}Sr/{}^{86}Sr_0 = 0.7064–0.7441$. В работе, также проведен сравнительный анализ полученных данных с результатами Sm-Nd изотопных исследований, полученные по интрузивным фазам этого же массива другими исследователями [Гаврюшкина, 2021].

Следует отметить, что приведенные результаты Sm-Nd исследований существенно отличны от данных, опубликованных ранее по гранитоидам Белокурихинского массива. Это, вероятно, потребует в будущем проведения ревизии имеющихся изотопных определений, но никак не влияет на ценность данных, полученных диссертантом.

В конечной итоге, результаты Sm-Nd и Rb-Sr изотопных исследований в совокупности с геохимическими характеристиками гранитоидов Белокурихинского массива, позволили соискателю сделать выводы о наличии вклада в их образование как мантийного, так и корового компонента. Большинство фигуративных точек гранитоидов Белокурихинского массива, как видно на диаграмме $^{87}\text{Sr}/\text{Sr} - \epsilon_{\text{Nd}}(t)$ (рис. 4.22), попадают в поле гранитов А-типа. Граниты третьей фазы демонстрируют повышенные значения первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (до 0.744), что возможно объяснить поступлением в гранитный расплав (мета)осадочных пород преимущественно рифейского возраста (0.95–0.85 млрд лет), что возможно в условиях открытой системы.

Замечания:

1. На геологических картах (рис. 1.3; рис. А.1, приложение) не показаны места отбора проб для U-Pb изотопного датирования. Представленные в табл. А.1 (Приложение) диссертации координаты точек отбора образцов являются весьма полезными и необходимыми, но неудобны при прочтении текста и просмотре рисунков.

2. В таблице Г.1. приведены расчеты Nd модельного возраста T_{DM} и T_{DM2} для всех исследованных проб, включая граниты третьей фазы (пробы ТНЗ-1, 202015, 202015-2), в которых значения отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ выше 0.15. В целом расчет модельных возрастов по таким данным некорректен, в таблице следовало ограничиться значениями $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$.

3. Не совсем понятен смысл использования в одних случаях одностадийных модельных возрастов, в других - двухстадийных (выделены жирным шрифтом) для пород одной интрузивной фазы, притом, что значения эти кардинально не отличаются. Диссертант подразумевает их разный генезис? Если нет – это следовало бы объяснить.

4. В общих выводах по Главе 4, соискатель подробно обсуждает только результаты изотопного датирования и состава цирконов, тогда как выводы по результатам Sm-Nd и Rb-Sr изотопных исследований гранитоидов полностью отсутствуют. Говоря о них следует отметить, что полученные диссертантом изотопные данные не дают веских оснований предполагать наличие мантийного компонента в источнике Белокурихинских гранитов. Модельные Nd возрасты менее 1 млрд лет вполне типичны для пород континентальной коры Горного Алтая. Так $T_{\text{DM2}} = 0,8-0,9$ млрд лет характерен для кембро-ордовикских песчаников и алевролитов Ануйско-Чуйского блока и турбидитов песчанской толщи в обрамлении Белокурихинского массива [Крук, 2015; Kruk et al., 2018].

5. По мнению рецензентов, подраздел 4.3, где показаны результаты Rb-Sr и Sm-Nd изотопных исследований), более логичным было бы поместить в виде самостоятельной главы. Там же можно было разместить и обсудить результаты исследования изотопного состава кислорода в цирконе, которые, в предложенном варианте работы рассматриваются в Главе 5 (глава 5.3).

Глава 5. Геохронология и условия образования Белокурихинского массива

В завершающей главе проведен сравнительный анализ результатов геохронологических исследований, проведенных автором, с результатами предшествующих исследований и приведена оценка продолжительности образования Белокурихинского массива. Также автором приведены оценки температуры и давления кристаллизации гранитоидных магм, рассчитанные по различным геотермобарометрам, основанным на данных по содержанию как главных, так и редких элементов в минералах и породах, полученные результаты сопоставлены с опубликованными ранее. В заключительном разделе (5.5.) диссертант предлагает модель образования Белокурихинского массива, основанную на синтезе полученных в ходе выполнения работы данных и предполагающую, в качестве ведущего механизма формирования всей гаммы гранитоидов массива, кристаллизационную дифференциацию.

Замечания:

Выводы, представленные в конце главы 5, являются неполными и не охватывают весь спектр материалов и рассуждений, которые изложены в различных ее подразделах. В частности, в них никак не отражена предлагаемая автором модель образования массива, которая является наиболее «уязвимой» частью работы.

Во-первых, диссертант так и не определился четко, каков объем белокурихинского комплекса. Если это только гранитоиды трех фаз массива (и его аналогов) – то никаких свидетельств участия мантийного материала в гранитообразовании нет ни на минеральном, ни на геохимическом, ни на изотопном (см. выше) уровне. Если же рассматривать белокурихинский комплекс в рамках представления А.И. Гусева с соавторами, то при обосновании петрологической модели необходимо было привлекать данные по другим пермо-триасовым интрузиям Алтая (как минимум – по габброидам и сиенитам расположенного поблизости Айского массива). Во-вторых, предположение в качестве ведущего механизма петрогенезиса фракционной кристаллизации наталкивается на серьезные сложности. Как справедливо отметил сам автор, высокая вязкость гранитоидных магм делает неэффективным гравитационный механизм сепарации минеральных фаз, а на первое место выходит фильтр-прессинг (и, добавим, дифференциация на фронте кристаллизации). Однако, такие механизмы предполагают однотипный набор и пропорции субликвидусных фаз: применительно к рассматриваемым гранитам – биотит, два полевых шпата, кварц (начиная со второй фазы) +/- акцессории. Это, с одной стороны, не позволяет объяснять наблюдаемые закономерности фракционированием только одного минерала (например – калишпата без учета роли биотита и плагиоклаза, как на рис. 5.3), а с другой – не дает возможности интерпретировать наличие «перегибов» на бинарных диаграммах и изменений направления трендов (что требует резкого изменения состава кумулюсного парагенезиса, с которым сосуществует расплав; просто изменением K_d не обойтись). В целом предложенная модель не очень убедительна, вероятно процесс образования и эволюции гранитоидных магм был существенно более сложным. Отметим особо, что диссертант не внес модель в защищаемые положения, а сама работа представлена не по петрологической специальности, поэтому данное замечание ни в коей мере не является критическим.

Из мелких технических недочетов следует также отметить несовпадение формы значков в условных обозначениях и на диаграммах в большинстве рисунков главы 3, а также крайне неудобную форму оформления ссылок на литературу (номера в списке вместо привычных фамилии автора и года публикаций).

Высказанные выше многочисленные замечания не оказывают критического влияния на ценность представленной диссертационной работы. Они, скорее всего, являются неизбежными, поскольку речь идет о крайне сложном для изучения и очень интересном объекте. Значительная часть замечаний имеет дискуссионный характер и ни одно из них не ставит под сомнение защищаемые положения. Соискатель при подготовке работы продемонстрировала свободное владение широким спектром геологических и аналитических методов, умение критически анализировать и грамотно синтезировать полученные материалы.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что выполненная М.Е. Мамыкиной диссертационная работа является законченным исследованием, которое вносит ощутимый вклад в понимание процессов образования анорогенных гранитоидов.

Автором определен возраст пород всех трех фаз, слагающих массив, U-Pb методом по циркону (SHRIMP-II). Проведена оценка P-T параметров кристаллизации и диапазон их изменения на основе комплекса независимых минеральных геотермометров и барометров. Установлено, что от ранней к поздней фазе состав гранитоидов Белокурихинского массива закономерно изменяется в отношении несовместимых элементов, индикаторных отношений редких элементов, а также ряда минералов (циркон, биотит, калиевый полевой шпат и плагиоклазы). Выводы автора достаточно аргументированы, поставленные задачи можно считать выполненными.

Диссертация М.Е. Мамыкиной написана хорошим языком, достаточно иллюстрирована, таблицы содержат большую первичную информацию, использованную при построении многочисленных диаграмм. Защищаемые положения отвечают содержанию работы, полностью обоснованы фактическим материалом и не вызывают сомнений. Автореферат соответствует по содержанию диссертации. Он выполнен на хорошем уровне, отражает структуру работы и существо исследований, соответствует требованиям ВАК. В автореферате отмечены актуальность, научная новизна и практическая значимость работы.

Достаточная степень апробации исследования отражена в 10 публикациях, в том числе в одной статье в журнале из списка ВАК и двух – входящих в базу данных Scopus.

Диссертация Мамыкиной Марии Евгеньевны, представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Мамыкина Мария Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата

геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. – Минералогия, кристаллография. Геохимия, Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Руднев Сергей Николаевич

доктор геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник лаборатории
петрологии и рудоносности магматических процессов

Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН)

Адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, 3

rudnev@igm.nsc.ru, 8 383 373-05-26 (доб. 736)

Я, Руднев Сергей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«5» марта 2025 г.

Хохрякова Ольга Александровна

кандидат геол.-минерал. наук, научный сотрудник лаборатории
петрологии и рудоносности магматических процессов

Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН)

Адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. академика Коптюга, 3

khokhryakova@igm.nsc.ru, 8 913 782 15 21

Я, Хохрякова Ольга Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«5» марта 2025 г.

Подписи д.г.-м.н. Руднева Сергея Николаевича и к.г.-м.н. Хохряковой Ольги Александровны заверяю



Отзыв на диссертацию М.Е. Мамыкиной подготовлен, обсужден и утвержден на расширенном заседании лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН), протокол № 3 от 5 марта 2025 года.

Председатель заседания, заведующий лабораторией петрологии рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН, к.г.-м.н. Р.А. Шелепаев

Секретарь заседания, м.н.с. лаборатории петрологии рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН, А.В. Нарыжнова