

ЗАКЛЮЧЕНИЕ КОМИССИИ ДИССОВЕТА Д. 003.022.02

О соответствии диссертационной работы Козлова Павла Сергеевича «Геология и тектоно-метаморфическая эволюция докембрийских комплексов западной окраины Сибирского кратона (Северо-Енисейский кряж)», специальность 25.00.01 – общая и региональная геология, профилю диссертационного совета Д. 003.022.02.

Комиссия в составе: председатель Скляр Е.В., члены комиссии Донская Т.В., Мазукабзов А.М., констатирует, что диссертационная работа «Геология и тектоно-метаморфическая эволюция докембрийских комплексов западной окраины Сибирского кратона (Северо-Енисейский кряж)» по своему содержанию соответствует специальности 25.00.01 – общая и региональная геология и может быть принята в диссертационный совет Д. 003.022.02 ИЗК СО РАН к защите на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, направленное на решение важной геологической проблемы – реконструкции истории геологического развития докембрийской континентальной коры в складчатом обрамлении Сибирского кратона на основе установления закономерностей образования региональных и глобальных деформационных, метаморфических и магматических докембрийских комплексов Северо-Енисейского кряжа.

Комиссия отмечает следующие основные научные результаты диссертационной работы:

1. Разработана оригинальная методика изучения тектоно-метаморфических комплексов на основе геолого-картировочных, петролого-геохимических и прецизионных изотопно-геохронологических комплексных исследований докембрийских структурно-вещественных комплексов Северо-Енисейского кряжа.
2. Исследованы особенности геологического строения, тектоники, состава петрологических индикаторов и изотопного датирования (U-Pb, U-Th-Pb, Ar-Ar методы) докембрийских тектоно-метаморфических комплексов Северо-Енисейского кряжа. Установленные P-T-t-d параметры их эволюции, представленные в авторской легенде и «Схеме районирования докембрийских тектоно-метаморфических комплексов», позволили реконструировать последовательность формирования пяти полиметаморфических комплексов в палеоконтинентальном (Гаревский, Тейский, Приангарский, Ангаро-Питский и Ангаро-Тисский) и Исаковского коллизионного полиметаморфического комплекса в палеоконтинентальном секторе региона. Геодинамические обстановки континентального рифтогенеза, сопутствующего магматизма и дислокаций в доминирующих в регионе Ишимбинско-Татарской сдвиговой зоне в Центральном поднятии и океанического рифтинга, субдукции и коллизии в Приенисейской сутурной зоне на сочленении палеоконтинентального и палеоокеанического секторов обоснованы тектоническими и разновозрастными петрологическими индикаторами эндогенных процессов.
3. Диссертантом предложена рифтогенно-коллизионная модель эволюции докембрийских комплексов Северо-Енисейского кряжа в интервале времени 1.84-0.6 млрд лет назад на западной окраине Сибирского кратона, включающая 6 тектонических этапов. Отмечена эволюционная направленность рифтогенеза, обоснованная развитием энсиалического режима коры в энсиматический, тектоно-метаморфическим преобразованием низкобарических метакомплексов андалузит-силлиманитового типа в умереннобарические кианит-силлиманитового дислокационного типа метаморфизма, 2-х этапным ростом гранито-гнейсовых куполов и геодинамическими обстановками растяжения, сжатия и воздымания при формировании комплексов в палео-неопротерозе. Обоснованность построения геодинамической модели Приенисейской палеосубдукционной зоны доказана высокобарическими HP/HT метабазитовыми бластомилопитами по глаукофановым HT/L T сланцам на сочленении тектонических структур Палеоазиатский океан – Сибирский кратон.

4. Полученные результаты и проанализированные литературные данные проинтерпретированы и «привязаны» к региональным и глобальным тектоническим процессам. Образование суперконтинента Родиния обосновано гренвилльским (1.18-0.85 млрд лет) и раннебайкальским (0.85-0.80 млрд лет) этапами тектогенеза на раннепротерозойской стадии формирования Северо-Енисейского орогена. Распад Родинии связывается с процессами деструкции гренвиллид на основе анализа рифтогенных и эндогенных процессов в Гаревском метакомплексе Приенисейской сдвиговой зоны, сопровождаемых гранитоидным и бимодальным магматизмом и бластомилонитами. Ранняя стадия формирования Палеоазиатского океана на рубеже поздней мезопротерозой-ранний неопротерозой обоснована новыми геолого-петрологическими, геохимическими и изотопно-геохронологическими результатами. Показано, что закрытие неопротерозойской ветви ПАО завершается коллизией Касско-Туруханского микроконтинента с Сибирским кратоном, окончательным формированием в позднем неопротерозое покровно-складчатой структуры Северо-Енисейского орогена и латеральным парадиванием континентальной коры Сибирского кратона Исаковским метаостроводужно-офиолитовым террейном.

5. Методические подходы, петрологическая, геодинамическая и геохронологическая информативность результатов диссертанта, по сравнению с некоторыми результатами предшественников, позволили с новых позиций создать новое представление о развитии континентальной коры западной окраины Сибирского кратона и весьма значимой роли эндогенных и деформационно-метаморфических процессов, сформировавших докембрийский тектонический облик Северо-Енисейского кряжа.

Практическая и научная значимость результатов диссертационной работы:

Полученные автором результаты по геологии, тектоно-метаморфической эволюции докембрийских комплексов, геодинамике Северо-Енисейского кряжа вошли в производственные геологические отчёты Ангарской геологоразведочной экспедиции ПГО «Красноярскгеология». Опорные участки (маяконский, панимбинский, большепитский и др.), выявленные ранее (1980-1984гг.) в процессе геологического доизучения площади (ГДП) 9-ти листов масштаба 1:50000 получили дальнейшее петрологическое доизучение с типизацией комплексов по P-T-t параметрам. Впервые выделены рудоносные (Pb-Zn) горевская свиты карбонатных пород верхнего рифея (неопротерозоя) и подстилающая их, нижнеречинская метапикрит – базальтовая толща, предложенные в качестве стратотипов основания широкинской серии, начинающая вулканогенно-осадочный разрез Ангаро-Большепитского рифтогенного внутриконтинентального палеобассейна; обоснован неопротерозойский возраст киселихинской толщи кутукасской серии, ранее датированной как средний рифей. Всё это позволило автору уточнить «Легенду стратиграфии Енисейской серии...» [Качевский, 1999]; мезо-неопротерозойских толщ Енисейского кряжа. Некоторые авторские результаты по стратиграфии, тектонике, метаморфизму и полезным ископаемым вошли в производственные отчёты по Центральному ГДП 9-ти листов масштаба 1:50 000, Западному ГДП 6-ти листов масштаба 1:50 000 и ГГК 4-х листов Горевской площади масштаба 1:50 000. Предварительная оценка практического использования минералов группы силлиманита, основанная на исследовании полиметаморфизма, в комплексе с бокситами, глинозёмистыми железными рудами и нефелиновыми сиенитами может быть использована для определения перспективы расширения сырьевой базы Богучанского алюминиевого завода в Нижнем Приангарье (Красноярский край). Разработанные методические комплексные подходы определения P-T-t параметров индикаторных тектоно-метаморфических комплексов по типам (региональный, дислокационный, контактовый, регрессивный; коллизионный), режимам давления (низкие, умеренные, высокие) и температуре (низкие, средние, высокие) могут быть использованы для реконструкции региональных и глобальных геодинамических обстановок внутриконтинентального растяжения, сжатия, синсдвигового бластомилонитового метаморфизма в shear-зонах, и воссоздания геолого-тектонической истории рифтогенных и рифтогенно-коллизионных структур в складчатом обрамлении кратонов.

Полученные в диссертационной работе результаты по исследованию геологии и тектоно-метаморфической эволюции региона позволили сделать главный вывод – докембрийские покровно-складчатые тектонические структуры Северо-Енисейского кряжа были сформированы в мезо-неопротерозое (1.2 -0.6 млрд лет н.) *in situ* на континентальной неархей?-палеопротерозойской коре западной окраины-Сибирского кратона в орогенный гренвилльский и раннебайкальский, деструкционный и аккреционно-коллизийный и позднебайкальский этапы.

Основные результаты работы, полученные в ходе диссертационного исследования, были представлены на научных конференциях. Наиболее важными из них являются: Международная научная конференция «Метаморфизм и геодинамика», II Чтения памяти С.Н. Иванова (Екатеринбург, 2006), XLI тектоническое совещание «Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики» (Москва, 2008), Международный симпозиум «Петрология литосферы и происхождение алмаза», посвященный 100-летию со дня рождения академика В.С. Соболева (Новосибирск, 2008), Конференция «Физико-химические факторы петро – и рудогенеза: новые рубежи», посвященная 110-ти летию со дня рождения академика Д.С. Коржинского (Москва, 2009), XI Всероссийское петрографическое совещание (Екатеринбург, 2010), Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 100-летию С.Н. Иванова, IV Чтения (Екатеринбург, 2011), III Российская конференция по проблемам геологии и геодинамики докембрия «Проблемы плейт- и плюм-тектоники в докембрии» (Санкт-Петербург, 2011), European Mineralogical Conference (Frankfurt on Main, Germany, 2012), Всероссийская конференция «Современные проблемы магматизма и метаморфизма», посвященная 150-летию акад. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию проф. Г.М. Саранчиной (Санкт-Петербург, 2012), Geodynamics Symposium «Rodinia 2013: Supercontinental Cycles» (Moscow, 2013), XLVI Тектоническое совещание «Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты горообразования, региональные обобщения» (Москва, 2014), VI Российская конференция по изотопной геохронологии «Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы» (Санкт-Петербург, 2015), Четвертая тектонофизическая конференция «Тектоника и актуальные вопросы наук о Земле» (Москва, 2016), VIII и IX Всероссийская петрографическая конференция с международным участием «Петрология магматических и метаморфических комплексов» (Томск, 2016, 2017), Международная научная конференция «Геодинамика раннего докембрия: сходства и различия с фанерозоем» (Петрозаводск, 2017), VII международный симпозиум. К 80-ти летию со дня рождения выдающегося ученого первого директора ИС РАН Ю.А. Трапезникова (Москва, 2017), V и VI Российская конференция по проблемам геологии и геодинамики докембрия (Санкт-Петербург, 2017, 2019), VIII, IX, XII, XVIII Всероссийское научное совещание «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: от океана к континенту» (Иркутск, 2010, 2011, 2014, 2020), Российская конференция с международным участием «Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований», посвященная 90-летию ИГЕМ РАН (Москва, 2020).

Диссертант является автором или соавтором более 45 научных статей. Основные положения диссертации и результаты исследований отражены в 41 статье рецензируемых научных изданий:

1. Козлов П.С., Лепезин Г.Г. Петрология, петрохимия и метаморфизм пород Заангарья Енисейского кряжа // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 5. С. 3-22.
2. Лиханов И.И., Шеплев В.С., Ревердатто В.В., Козлов П.С. Контактный метаморфизм железистых метапелитов при повышенном давлении в Заангарской части Енисейского кряжа // Доклады Академии наук. 1998. Т. 362, № 5. С. 673-676.
3. Лиханов И.И., Шеплев В.С., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Киреев А.Д. Об изохимической природе контактового метаморфизма высокоглиноземистых метапелитов: ореол Аяхтинского гранитоидного массива, Енисейский кряж // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, №1. С. 90-97.

4. Likhanov I.I., Reverdatto V.V., Sheplev V.S., Verschinin A.E., Kozlov P.S. Contact metamorphism of Fe- and Al-rich graphitic metapelites in the Transangarian region of the Yenisey Ridge, eastern Siberia, Russia // *Lithos*. 2001. V. 58, No. 1-2. P. 55-80.
5. Лиханов И.И., Козлов П.С., Попов Н.В., Ревердатто В.В., Вершинин А.Е. Коллизионный метаморфизм как результат надвигов в заангарской части Енисейского кряжа // *Доклады Академии наук*. 2006. Т. 411, № 2. С. 235-39.
6. Лиханов И.И., Козлов П.С., Полянский О.П., Попов Н.В., Ревердатто В.В., Травин А.В., Вершинин А.Е. Неопротерозойский возраст коллизионного метаморфизма в Заангарье Енисейского кряжа (по 40Ar - 39Ar данным) // *Доклады Академии наук*. 2007. Т. 412, № 6. С. 799-803.
7. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Попов Н.В. Коллизионный метаморфизм докембрийских комплексов в заангарской части Енисейского кряжа // *Петрология*. 2008. Т. 16, № 2. С. 148-173.
8. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Попов Н.В. Кианит-силлиманитовый метаморфизм докембрийских комплексов Заангарья Енисейского кряжа // *Геология и геофизика*. 2009. Т. 50, № 12. С. 1335-1356.
9. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Травин А.В. Верхнерифейский возраст кианит-силлиманитового метаморфизма в Заангарье Енисейского кряжа (по 40Ar - 39Ar данным) // *Доклады Академии наук*. 2010. Т. 433, № 6. С. 796-801.
10. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С. Коллизионные метаморфические комплексы Енисейского кряжа: особенности эволюции, возрастные рубежи и скорость эксгумации // *Геология и Геофизика*. 2011. Т. 52, № 10. С. 1593-1611.
11. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Вершинин А.Е. Тейский полиметаморфический комплекс в Заангарье Енисейского кряжа – пример совмещенной зональности фациальных серий низких и умеренных давлений // *Доклады Академии наук*. 2011. Т. 436, № 4. С. 509-514.
12. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Зиновьев С.В. Новые доказательства гренвильских событий на западной окраине Сибирского кратона на примере гаревского метаморфического комплекса в Заангарье Енисейского кряжа // *Доклады Академии наук*. 2011. Т. 438, № 4. С. 522-527.
13. Козлов П.С., Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Зиновьев С.В. Тектоно-метаморфическая эволюция гаревского полиметаморфического комплекса Енисейского кряжа // *Геология и геофизика*. 2012. Т. 53, № 11. С. 1476-1496.
14. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С. U-Pb и 40Ar - 39Ar свидетельства гренвильских событий на Енисейском кряже при формировании Тейского полиметаморфического комплекса // *Геохимия*. 2012. Т. 50, № 6. С. 607-614.
15. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Попов Н.В., Козлов П.С. Первая находка гранитов рапакиви на Енисейском кряже: возраст, P-T условия и обстановки формирования // *Доклады Академии наук*. 2012. Т. 443, № 2. С. 207-213.
16. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Хиллер В.В., Сухоруков В.П. Зональность граната в метапелитах как следствие трех метаморфических событий в докембрийской истории Енисейского кряжа // *Петрология*. 2013. Т. 21, № 6. С. 612-631.
17. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Зиновьев С.В. Неопротерозойский дайковый пояс Заангарья Енисейского кряжа как индикатор процессов растяжения и распада Родинии // *Доклады Академии наук*. 2013а. Т. 450, № 6. С. 685-690.
18. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Хиллер В.В. Первые данные о проявлении мезопротерозойских тектонических событий в геологической истории Южно-Енисейского кряжа // *Доклады Академии наук*. 2013. Т. 453, № 6. С. 671-675.
19. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Хиллер В.В. Реконструкция неопротерозойской метаморфической истории Заангарья Енисейского кряжа по данным U-Th-Pb датирования монацита и ксенотима в зональных гранатах // *Доклады Академии наук*. 2013б. Т. 450, № 3. С. 329-334.

20. Козлов П.С., Лиханов И.И., Зиновьев С.В., Хиллер В.В. Приангарский метаморфический комплекс (Енисейский кряж): особенности геологии, Р-Т-условия и возраст метаморфизма // Литосфера. 2014. №6. С. 52-61.
21. Лиханов И.И., Ножкин А.Д., Ревердатто В.В., Козлов П.С. Гренвильские тектонические события и эволюция Енисейского кряжа, западная окраина Сибирского кратона // Геотектоника. 2014. Т. 48, № 5. С. 32-53.
22. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Хиллер В.В., Ножкин А.Д. Позднепротерозойские А-граниты Чернореченского массива Енисейского кряжа: новые геохимические и геохронологические данные // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455, № 1. С. 82-86.
23. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Зиновьев С.В., Хиллер В.В. Свидетельства вальгальских тектонических событий на западной окраине Сибирского кратона // Доклады Академии наук. 2015. Т. 462, № 1. С. 73-78.
24. Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Зиновьев С.В., Хиллер В.В. Р-Т-*t* реконструкции метаморфической истории южной части Енисейского кряжа (Сибирский кратон): петрологические следствия и связь с суперконтинентальными циклами // Геология и геофизика. 2015. Т. 55, № 6. С. 1031-1056.
25. Лиханов И.И., Ножкин А.Д., Ревердатто В.В., Козлов П.С., Хиллер В.В. Р-Т-эволюция ультравысокотемпературного метаморфизма как следствие позднепалеопротерозойских процессов внутриплитного растяжения на юго-западной окраине Сибирского кратона // Доклады Академии наук. 2015. Т. 465, № 1. С. 82-86.
26. Likhanov I.I., Reverdatto V.V., Kozlov P.S., Khiller V.V., Sukhorukov V.P. P-T-t constraint on polymetamorphic complexes in the Yenisey Ridge, East Siberia: implications for Neoproterozoic paleocontinental reconstructions // Journal of Asian Earth Sciences. 2015. V. 113, P. 391-410.
27. Лиханов И.И., Ножкин А.Д., Ревердатто В.В., Крылов А.А., Козлов П.С., Хиллер В.В. Метаморфическая эволюция ультравысокотемпературных железисто-глиноземистых гранулитов Южно-Енисейского кряжа и тектонические следствия // Петрология. 2016. Т. 24, № 4. С. 423-440.
28. Попова В.И., Козлов П.С., Лапин А.В., Попов В.А., Котляров В.А., Паутов Л.А., Рассомахин М.А., Шиловских В.В., Блинов И.А. Новые данные о пирохлоре Татарского месторождения (Енисейский кряж, Россия) // Минералогия. 2017. Т. 3, №1. С. 23-37.
29. Лиханов И.И., Козлов П.С., Ревердатто В.В., Попов Н.В. Природа и возраст детритовых цирконов из пород сдвиговой зоны: к проблеме выделения архейского фундамента в Заангарье Енисейского кряжа // Доклады Академии наук, 2018. Т. 480, №2. С. 189-194.
30. Лиханов И.И., Козлов П.С., Иванов К.С., Зиновьев С.В. Высокобарические тектониты Енисейского кряжа как результат сдвиговых деформаций в сутурной зоне // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483, №4. С. 417-421.
31. Лиханов И.И., Козлов П.С., Савко К.А., Крылов А.А., Зиновьев С.В. Первые петрологические свидетельства субдукции на западной окраине Сибирского кратона // Доклады Академии наук. 2019. Т. 484, № 2. С. 209-214.
32. Козлов П.С., Лиханов И.И., Иванов К.С., Ножкин А.Д., Зиновьев С.В. Новые данные о возрасте неопротерозойских вулканитов Исаковского террейна Саяно-Енисейского аккреционного пояса (U-Pb по циркону) // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488, №5. С. 521-525.
33. Козлов П.С., Филиппов Ю.Ф., Лиханов И.И., Ножкин А.Д. Геодинамическая модель эволюции Приенисейской палеосубдукционной зоны в неопротерозое (западная окраина Сибирского кратона), Россия // Геотектоника. 2020. Т. 54, № 1. С. 62-78.
34. Козлов П.С., Лиханов И.И., Хиллер В.В. Первые данные о синаккреционном умереннобарическом метаморфизме на западной окраине Сибирского кратона (Енисейский кряж) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2020б, №1. С.78-86

35. Лиханов И.И., Зиновьев С.В., Козлов П.С. Бластомилонитовые комплексы западной части Енисейского кряжа (Восточная Сибирь, Россия): геологическая позиция, эволюция метаморфизма и геодинамические модели // Геотектоника. 2021, №1. С. 41-65.
36. Козлов П.С., Лиханов И.И., Савко К.А. Возрастной репер гранулитового метаморфизма в Ангаро-Капском блоке (Енисейский кряж) по результатам датирования циркона из постколлизийных даек гранит-аплита // Геохимия. 2021. Т. 66, №2. С. 191-196.
37. Kozlov P.S. On the relation ships between the Al_2SiO_5 polymorphs during formation of blastomylonites (North Yenisei Ridge) // News of the Ural State Mining University. 2021. V. 1 (61). P. 25-32.
38. Ножкин А.Д., Козлов П.С., Лиханов И.И., Зиновьев С.В., Крылов А.А. Раннепротерозойская метапикрит-базальтовая ассоциация приангарской части Енисейского кряжа: петрогеохимический состав, обстановки образования и Pb-Zn рудоносность // Геохимия. 2021. Т.66, №5. С. 387-406.
39. Sukhorukov V., Volkova V., Nevolko P., Kozlov P. Metamorphic Conditions and Raman Spectroscopic Carbonaceous Material Thermometry of Host Schists of Olympiada and Eldorado Gold Deposits (Yenisey Ridge, Russia) // Geosciences. 2021. №11, 452. <https://doi.org/10.3390/geosciences11110452>.
40. Козлов П.С. Метаморфизм, P-T-t условия образования и перспективы практического использования минералов группы силлиманита, хлоритоида и ставролита (Енисейский кряж) / Петрология магматических и метаморфических комплексов. Материалы IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием // Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2017. С. 199-205.
41. Kozlov P.S. Metamorphism, P-T-t Conditions of Formation and Prospects for the Practical Use of Al_2SiO_5 Polymorphs, Chloritoid, and Staurolite (Yenisei Ridge) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 110. Is. 1.

Комиссия предлагает назначить по диссертации: ведущую организацию: ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва; официальных оппонентов: д.г.-м.н. Козакова Ивана Константиновича (ФГБУН Институт геохронологии докембрия Российской академии наук (ИГГД РАН), г. Санкт-Петербург), д.г.-м.н. Пыстина Александра Михайловича (ФГБУН Института геологии Коми НЦ УрО Российской академии наук им. Н.П. Юшкина (ИГ Коми НЦ УрО РАН), г. Сыктывкар), д.г.-м.н. Макрыгину Валентину Алексеевну (ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Випоградова СО РАН, г. Иркутск).

Председатель комиссии: Е.В. Скляров

Члены комиссии: Т.В. Донская

А.М. Мазукабзов