

**ХIII ВСЕРОССИЙСКОЕ
ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
(с участием зарубежных ученых)**

**ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**



Донская Т.В., Гладкочуб Д.П.

**ДОКЕМБРИЙСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
ЮЖНОГО ФЛАНГА
СИБИРСКОГО КРАТОНА**

Путеводитель геологической экскурсии

**Иркутск
2021**

ПЛАН ЭКСКУРСИИ

10 сентября	
08:00 – 09:30	Переезд из г. Иркутска в п. Листвянка (Байкал)
09:30 – 11:00	Стоп 1: мигматизированные биотитовые гнейсы Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы Стоп 2: долериты мезопротерозойского возраста
11:00 – 12:30	Переход на корабле от п. Листвянка до Кругобайкальской железной дороги (КБЖД). Обед на борту корабля во время движения.
12:30 – 15:00	Стоп 3: долериты неопротерозойского возраста Стоп 4: гранулиты по магматическим породам среднего состава Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы Стоп 5: тоннели КБЖД (памятники инженерного искусства начала XX века)
15:00 – 16:30	Переход на корабле от мыса Толстый (КБЖД) в п. Листвянка
16:30 – 18:00	Возвращение из п. Листвянка в г. Иркутск

РАСПОЛОЖЕНИЕ СТОПОВ



Рис. 1 – Схема геологического строения южной части Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы и расположение стопов

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШАРЫЖАЛГАЙСКОГО ВЫСТУПА ФУНДАМЕНТА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сибирский кратон (фундамент Сибирской платформы) является одной из ключевых докембрийских структур Северной Евразии. Сибирский кратон представляет собой коллаж архейских и раннепротерозойских террейнов, отделенных друг от друга (и от других кратонов) складчатыми поясами и разломными зонами (рис. 2). В настоящее время практически всеми исследователями признается точка зрения об окончательном формировании Сибирского кратона в качестве единой структуры в палеопротерозое, а именно на временном интервале 2.00 – 1.85 млрд лет [Хаин, 2000; Розен, 2003; Мазукабзов и др., 2006; Gladkochub et al., 2006; Smelov, Timofeev, 2007; Глебовицкий и др., 2008; Donskaya, 2020].

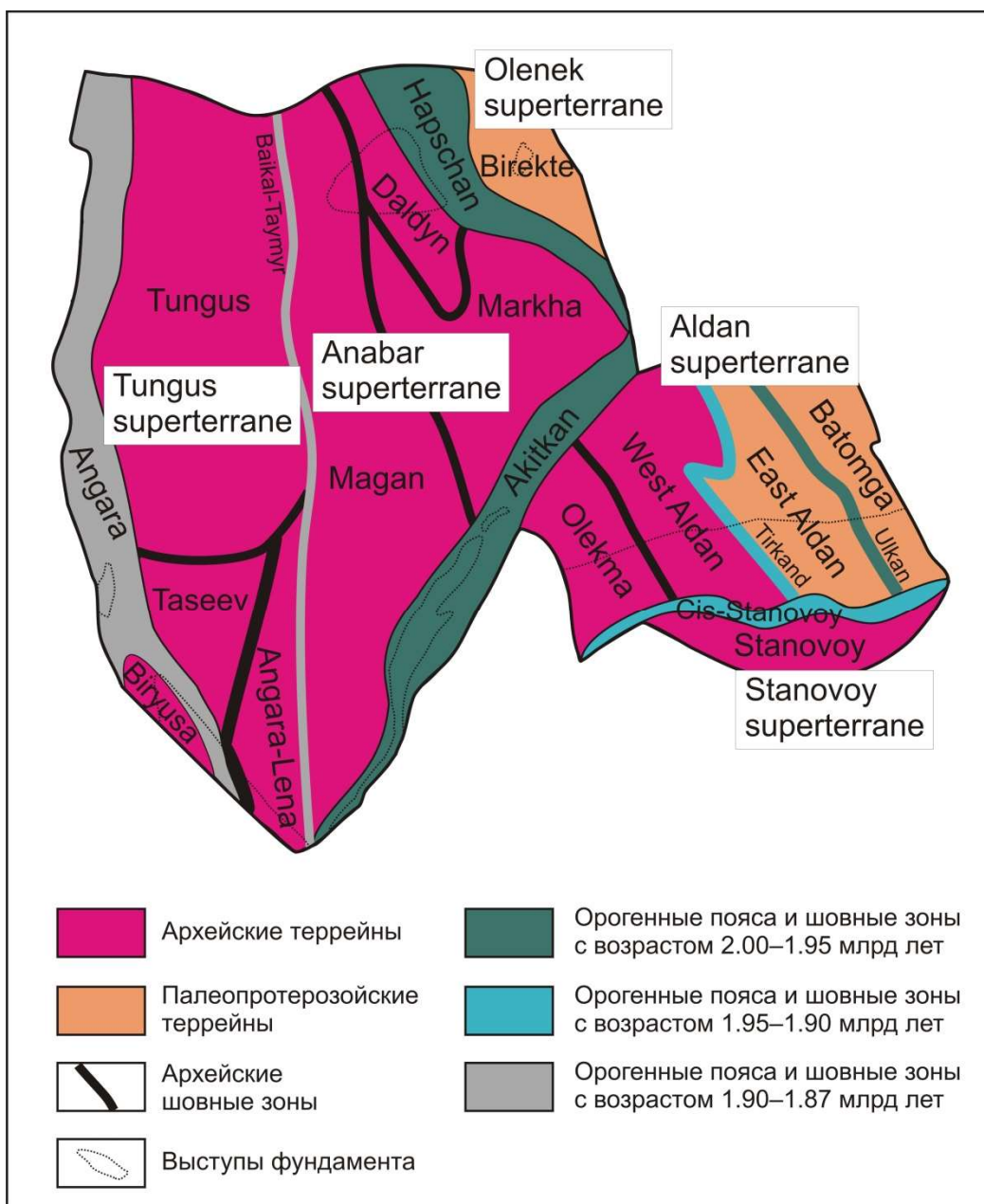


Рис. 2 – Основные элементы структуры фундамента Сибирского кратона [Donskaya, 2020]

Шарыжалгайский выступ представляет собой выход докембрийских пород фундамента Сибирской платформы в ее южной части. Шарыжалгайский выступ протягивается в северо-западном направлении от южного края оз. Байкал до р. Ока (рис. 3).

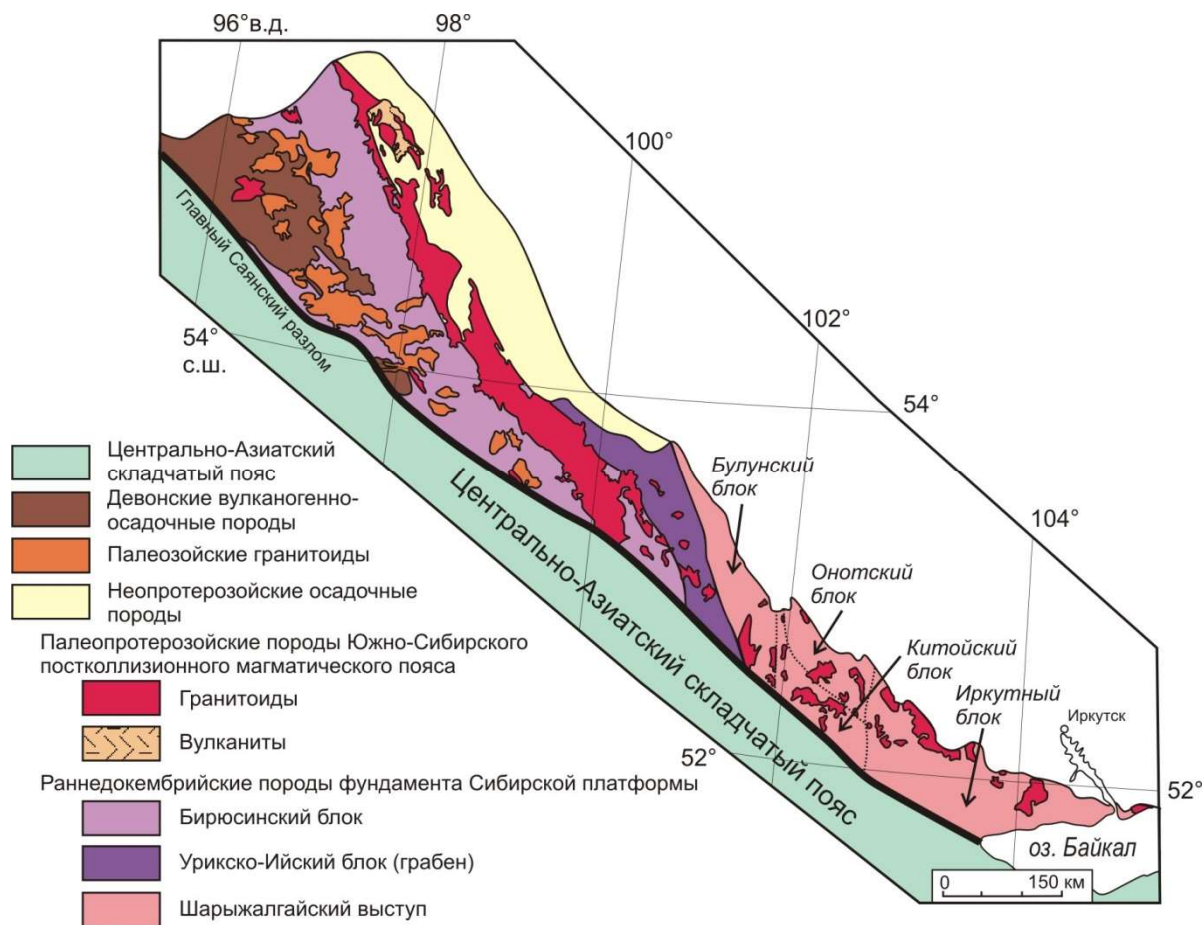


Рис. 3 – Схема геологического строения Присаянского краевого поднятия Сибирской платформы (модифицирована после [Геологическая..., 1983])

Согласно тектонической схеме О.М. Розена [Розен, 2003] породы Шарыжалгайского выступа принадлежат Тунгусскому супертеррейну, согласно схеме В.А. Глебовицкого с соавторами [2008] они входят в состав Южно-Сибирского коллизионного пояса, а по схеме А.П. Смелова и В.Ф. Тимофеева [Smelov, Timofeev, 2007] попадают в пределы Шарыжалгайского гранулит-ортогнейсового и Онотского гранит-зеленокаменного террейна.

Традиционно в строении Шарыжалгайского выступа выделяются четыре блока, отделенные друг от друга системами разломов: Иркутский, Китойский, Онотский и Булунский (рис. 3) [Грабкин, Мельников, 1980]. Иркутский и Китойский блок относятся к гранулит-гнейсовым областям, а Онотский и Булунский к гранит-зеленокаменным.

Иркутский блок расположен в юго-восточной части Шарыжалгайского выступа и сложен преимущественно метаморфизованными магматическими и осадочными породами, объединенными в состав шарыжалгайской серии [Петрова, Левицкий, 1984; Ножкин, Туркина, 1993; Эволюция..., 1988]. Степень метаморфизма пород варьируется от высокотемпературной амфиболитовой до гранулитовой фации. Возраст протолитов большей части пород шарыжалгайской серии считается архейским [Эволюция..., 1988; Poller et al., 2005; Туркина и др., 2009а; Turkina et al., 2012], однако для части метатерригенных пород в восточной части Иркутского блока было установлено палеопротерозойское время осадконакопления [Туркина, Урманцева, 2009; Туркина и др., 2010]. Nd модельный возраст архейских метаморфических

пород шарыжалгайской серии составляет 3.9 – 2.9 млрд лет [Туркина, 2010; Gladkochub et al., 2009], палеопротерозойских метаосадочных пород – 3.1 – 2.4 млрд лет [Туркина и др., 2010]. Наиболее древние породами Иркутского блока считаются биотит-гиперстеновые и двупироксеновые гранулиты по магматическим породам среднего состава с возрастом протолита около 3.4 млрд лет (возраст ядер цирконов) [Poller et al., 2005; Туркина и др., 2011]. Протолиты гранулитов по магматическим породам основного и кислого составов Иркутского блока были сформированы в надсубдукционной геодинамической обстановке на временном интервале 2.7 – 2.6 млрд лет (возраст магматических цирконов в гранулитах) [Turkina et al., 2012]. Иркутский блок представляет собой область, для которой характерно полициклическое развитие эндогенных процессов [Сальникова и др., 2007; Aftalion et al., 1991; Poller et al., 2005; Мельников, 2011; Turkina et al., 2012]. В настоящее время надежно обоснованы два временных рубежа проявления метаморфических, и сопряженных с ними магматических, событий в пределах Иркутского блока: неоархейский – 2.65 – 2.48 млрд лет и палеопротерозойский – 1.88 – 1.84 млрд лет [Диденко и др., 2003; Левицкий и др., 2004; Гладкочуб и др., 2005; Сальникова и др., 2007; Туркина и др., 2009а; Левченков и др., 2012; Aftalion et al., 1991; Poller et al., 2004, 2005; Turkina et al., 2012]. Кроме того, допускается еще один более ранний этап проявления метаморфических процессов около 2.8 млрд лет [Aftalion et al., 1991; Сальникова и др., 2007].

Китойский блок представлен объединенными в китойскую серию метаморфизованными породами карбонатно-гнейсового состава [Галимова и др., 2012]. В строении серии принимают участие биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, переслаивающиеся с силлиманитовыми, кордиерит-силлиманитовыми сланцами, а также с мраморами и кальцифирами [Галимова и др., 2012]. Степень метаморфизма пород китойской серии варьируется от высокотемпературной амфиболитовой до гранулитовой фации. Возраст протолитов метатерригенных пород серии считается архейским, их Nd модельный возраст составляет 3.2 – 3.1 млрд лет [Туркина, 2010]. Возраст метаморфических преобразований в Китойском блоке был определен по породам Китойского силлиманитового месторождения и составил 2.54 – 2.48 млрд лет [Левицкий и др., 2010; Глебовицкий и др., 2011].

Онотский и Булунский гранит-зеленокаменные блоки Шарыжалгайского выступа сложены чередующимися блоками и пластинами, в которых представлены плагиогнейсово-гранитоидные породные ассоциации тоналит-гранодиоритового (ТТГ) состава и метаосадочно-вулканогенные супракрустальные отложения зеленокаменных поясов [Ножкин и др., 2001; Туркина, Ножкин, 2008; Туркина, 2010]. Возраст пород ТТГ ассоциации Онотского блока был определен как 3.4 и 3.3 млрд лет [Бибикова и др., 1982, 2006], а породы этой же ассоциации Булунского блока были сформированы на временных рубежах ~3.30 и 3.25 млрд лет, при том что их метаморфизм и мигматизация имели место на рубеже ~3.30 млрд лет [Туркина и др., 2009б]. Формирование супракрустальных осадочно-вулканогенных отложений зеленокаменных поясов Онотского и Булунского блока имело место в неоархее [Туркина и др., 2014а, б]. Nd модельный возраст этих отложений в обоих блоках составляет 3.6 – 3.0 млрд лет [Туркина, 2010; Туркина и др., 2014а, б]. Время метаморфических преобразований, определенное для пород Онотского пояса, составило 1.88 млрд лет [Туркина, Ножкин, 2008].

Тунгусский супертеррейн, к которому, согласно тектонических реконструкций [Розен, 2003; Gladkochub et al., 2006; Donskaya, 2020], принадлежат породы Шарыжалгайского выступа был присоединен к ядру Сибирского кратона на временном интервале 1.90 – 1.87 млрд лет, т.е. на финальной стадии становления структуры кратона (рис. 2). На заключительных этапах становления структуры кратона на временном интервале 1.88–1.84 млрд лет в пределах всей южной части кратона имел место масштабный раннепротерозойский магматизм, связанный с обстановкой постколлизиионного растяжения, индикаторами которого являются магматические породы Южно-Сибирского постколлизиионного магматического пояса. В

глобальном масштабе этот пояс является крупной сшивающей структурой, фиксирующей становление единого Сибирского кратона.

В Шарыжалгайском выступе породы Южно-Сибирского пояса представлены магматическими породами кислого и основного составов. Раннепротерозойские постколлизийные гранитоиды прорывают породы всех блоков Шарыжалгайского выступа (рис. 3). Наиболее хорошо изученными являются следующие массивы: Аларский (1853 ± 7 млн лет [Туркина, Капитонов, 2017]), Шумихинский (1857 ± 12 и 1861 ± 1 млн лет [Донская и др., 2002, 2005; Туркина и др., 2006; Туркина, Капитонов, 2017]), Тойсукский ($1827 \pm 9 - 1855 \pm 5$ млн лет) [Диденко и др., 2005; Туркина, Капитонов, 2019]), Малобельский (1863 ± 16 млн лет [Туркина, Капитонов, 2019]), Нижнекитойский (1846 ± 7 млн лет [Туркина, Капитонов, 2019]) и Гиргантуйский (1871 ± 17 млн лет [Левицкий и др., 2002]). Большинство гранитоидов имеют геохимические характеристики гранитов А-типа (Шумихинский, Тойсукский, Гиргантуйский, Малобельский, Нижнекитойский) [Левицкий и др., 2002; Донская и др., 2002, 2005; Туркина и др., 2006; Туркина, Капитонов, 2017, 2019], в то же время граниты Аларского массива обнаруживают составы близкие гранитам I-типа [Туркина, Капитонов, 2017].

Магматические породы основного состава, входящие в Южно-Сибирский постколлизийный магматический пояс, в Шарыжалгайском выступе представлены комбинированными дайками долеритов – гранитов (1864 ± 4 млн лет [Гладкочуб и др., 2013]), дайками лампрофиров (1865 ± 2 млн лет [Ivanov et al., 2019]), Малозадойским массивом (дайкой) габброидов в ассоциации с породами ультраосновного состава и анортозитами (1863 ± 1 млн лет [Мехоношин и др., 2016; Ernst et al., 2016]).

Следующие этапы эволюции юга Сибири в структуре Шарыжалгайского выступа зафиксированы дайками долеритов или небольшими массивами магматических пород основного состава. В частности, в структуре выступа были отмечены единичные дайки долеритов с возрастом 1350 ± 6 млн лет [Ernst et al., 2016; Donskaya et al., 2018], 1018 ± 35 млн лет [Demonterova et al., 2016] и многочисленные дайки долеритов с возрастом около 720 млн лет, относящиеся к нерсинскому комплексу Саяно-Байкальского дайкового пояса (Иркутская крупная магматическая провинция) [Гладкочуб и др., 2001, 2007; Ernst et al., 2016]. Внедрение даек с возрастом 725 – 715 млн лет в южной части Сибирского кратона имело место на стадии внутриконтинентального растяжения, предшествующей отделению Сибирского кратона от Лаврентии на стадии распада суперконтинента Родиния и открытия Палеоазиатского океана [Ernst et al., 2016; Gladkochub et al., 2010, 2019]. К наиболее молодым магматическим образованиям Шарыжалгайского выступа относятся пироксениты, щелочные породы и карбонатиты Жидойского массива (632 ± 2 млн лет [Ярмолук и др., 2005]) и дайки долеритов с возрастом 275 ± 4 млн лет, прорывающие породы Иркутского блока в районе Кругобайкальской железной дороги [Pisarevsky et al. 2006; Gladkochub et al., 2010].

Стоп 1

Мигматизированные биотитовые гнейсы (породы фундамента Сибирской платформы (2.9 млрд лет), претерпевшие метаморфическую и вещественную переработку в палеопротерозое (1.9 млрд лет))

Иркутский блок Шарыжалгайского выступа в районе экскурсии сложен метаморфизованными в условиях высокотемпературной амфиболитовой и гранулитовой фации породами, в том числе ортогнейсами разного состава, гранат-биотитовыми и высокоглиноземистыми парагнейсами, метабазитами, мраморами, кварцитами, кальцифирами [Петрова, Левицкий, 1984; Ножкин, Туркина, 1993; Сальникова и др., 2007; Туркина, Капитонов, 2019; Poller et al., 2005 и др.]. Кроме того значительную площадь Иркутского блока занимают мигматиты и ассоциирующие с ними гранитоиды, среди которых выделяются автохтонные и аллохтонные разности [Петрова, Левицкий, 1984; Ножкин, Туркина, 1993; Сальникова и др., 2007; Мельников, 2011]. Среди гранитоидов преимущественное распространение имеют чарнокитоиды (эндербиты, черно-эндербиты, чарнокиты), а также биотитовые, аляскитовые и пегматоидные граниты [Петрова, Левицкий, 1994; Turkina, 2014].

На первом стопе (рис. 4) мы будем наблюдать мигматизированные биотитовые гнейсы ($\text{SiO}_2 = 66$ мас.%, $\text{K}_2\text{O} = 1.8$ мас. %). Возраст протолита этих гнейсов составляет около 2.9 млрд лет (возраст ядер цирконов), а возраст их метаморфической переработки, оценка которого была выполнена по краевым частям зерен циркона и отдельным кристаллам «молодых» цирконов, составил 1.86 млрд лет.



Рис. 4. Породы докембрийского фундамента и дайки мезопротерозойского возраста в береговых обнажениях пос. Листвянка

Стоп 2

Долериты мезопротерозойского возраста (1.3 млрд лет)

Дайки долеритов мезопротерозойского возраста в южной части Сибирского кратона прорывают докембрийские породы Иркутского блока Шарыжалгайского выступа и Голоустенского блока Байкальского выступа (рис. 5) [Гладкочуб и др., 2019; Ernst et al., 2016; Donskaya et al., 2018]. Дайки представляют собой субвертикальные тела, имеющие крутые секущие контакты с вмещающими породами. Мощность даек варьируется от двух до ста метров. Совокупность геологические, геохимических и изотопных характеристик этих долеритов позволили установить, что их формирование имело место в условиях внутриконтинентального растяжения связанного с активностью мезопротерозойского мантийного плюма [Donskaya et al., 2018]. В результате проведенных сопоставлений близковозрастных дайковых роев южной части Сибирского кратона и северной части Лаврентии (Северо-Американский кратон) было показано, что близковозрастные дайковые рои юга Сибирского кратона и выступа Веллингтон (комплекс Баркинг Дог, север Лаврентии) могли быть образованы под воздействием единого мантийного плюма и принадлежать к единой крупной магматической провинции эктазийского возраста.

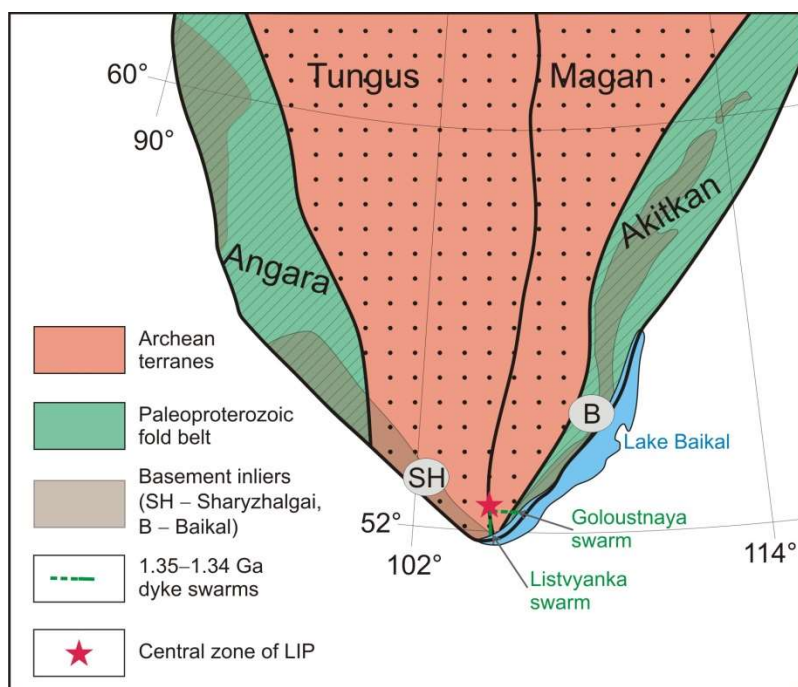


Рис. 5 – Схема расположения мезопротерозойских даек долеритов в южной части Сибирского кратона [Donskaya et al., 2018]

На втором стопе мы будем наблюдать дайки долеритов в районе пос. Листвянка, которые включают в себя одну крупную дайку мощностью около 30 м и несколько более мелких даек (рис. 4, 6). Дайки характеризуются северным – северо-восточным простираением и крутыми углами падения. Возраст долеритов составляет 1350 ± 6 млн лет (U-Pb метод по бадделеиту и циркону [Ernst et al., 2016]).

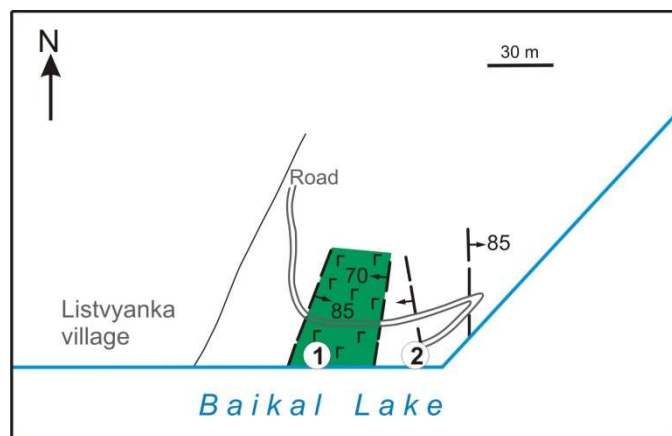


Рис. 6. Схема расположения мезопротерозойских даек долеритов в районе пос. Листвянка

По химическому составу долериты соответствуют базальтам нормальной щелочности. Породы представляют собой дифференцированные разности ($mg\# = 48 - 54$), принадлежат толеитовой серии и характеризуются повышенными содержаниями TiO_2 (1.6 – 2.6 мас. %) и P_2O_5 (0.2 – 0.3 мас. %). Концентрации редких и редкоземельных элементов в долеритах, а также их мультиэлементные спектры, позволяют сопоставлять данные долериты с базальтами ОИВ типа (рис. 7). Долериты характеризуются положительными значениями $\epsilon Nd(t)$, равными +1.1...+1.5 [Donskaya et al., 2018]. Геохимические и изотопные характеристики долеритов позволяют связывать их формирование с плюмовым источником (рис. 7).

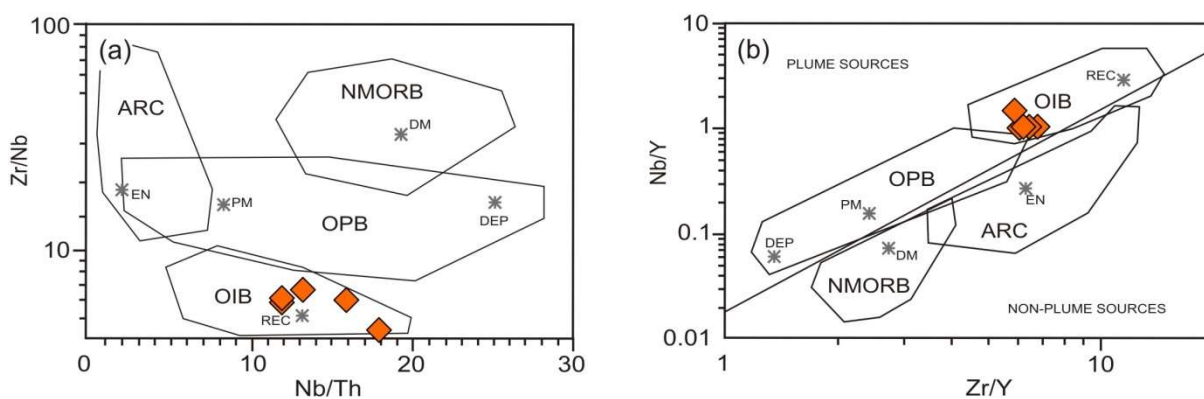


Рис. 7. $Zr/Nb-Nb/Th$ и $Nb/Y-Zr/Y$ диаграммы [Condie, 2005] для мезопротерозойских долеритов района пос. Листвянка

Стоп 3

Долериты неопротерозойского возраста (720 млн лет)

Неопротерозойские дайки долеритов пользуются широким распространением в южной части Сибирского кратона. Сотни даек встречаются повсеместно в пределах краевых выступов фундамента кратона, слагая протяженный Саяно-Байкальский дайковый пояс, протягивающийся от бассейна р. Бирюса на западе до северного окончания озера Байкал на востоке (Иркутская крупная магматическая провинция) [Гладкочуб и др., 2001, 2007; Sklyarov et al., 2003; Gladkochub et al., 2006; Pisarevsky et al., 2013; Ernst et al., 2016]. Дайки имеют возраст 725 – 715 млн лет (неопубликованные авторские данные). Совокупность геохимических и изотопных характеристик неопротерозойских долеритов южной части Сибирского кратона указывают на их происхождение за счет плавления субконтинентальной литосферной мантии, сопровождавшееся коровой контаминацией первичных расплавов. Внедрение даек отвечает крупному Франклинскому магматическому событию и имело место на стадии внутриконтинентального растяжения, предшествующей отделению Сибирского кратона от Лаврентии на стадии распада суперконтинента Родиния и открытия Палеоазиатского океана [Ernst et al., 2016; Gladkochub et al., 2010, 2019].

Третий стоп посвящен обзору неопротерозойских даек долеритов в южной части Шарыжалгайского выступа (районы пос. Листвянка или Кругобайкальской железной дороги (КБЖД)) (рис. 8).

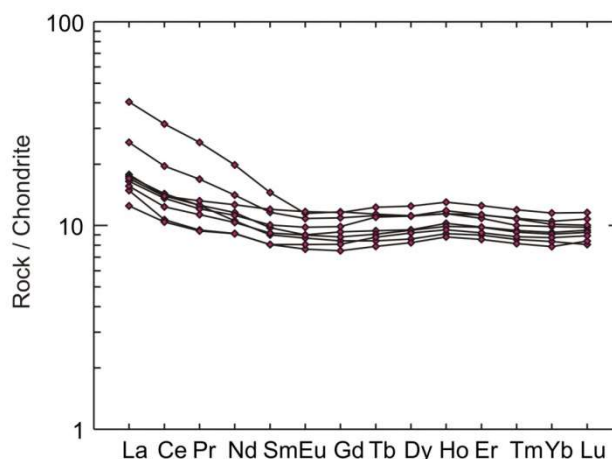


Рис. 8. Схема геологического строения южной части Шарыжалгайского выступа и расположение неопротерозойских и раннепалеозойских даек долеритов

В южной части Шарыжалгайского выступа отмечается серия даек, сложенных долеритами, которые имеют субширотное простирание ($260\text{--}280^\circ$) и крутые углы падения (рис. 9а) [Гладкочуб и др., 2015; Gladkochub, 2011]. Мощность даек варьируется от одного до пятнадцати метров. По составу неопротерозойские долериты в районах КБЖД и пос. Листвянка соответствуют нормальнощелочным базальтам толеитовой серии ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.5 - 3.1$ мас. %; $\text{FeO}^*/\text{MgO} = 0.8 - 2.1$). Значение $\text{mg}\#$ варьируется в проанализированных долеритах от 50 до 73. Долериты обнаруживают низкие содержания TiO_2 ($0.5 - 1.2$ мас. %) и P_2O_5 ($0.05 - 0.10$ мас. %), а также слабофракционированные спектры распределения редкоземельных элементов ($\text{La}/\text{Yb}_n = 1.4 - 4.5$) (рис. 9б). На мультиэлементных спектрах отмечаются хорошо выраженные отрицательные аномалии по Nb-Ta и Ti. Долериты характеризуются отрицательными значениями $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$, варьирующимися от -6.2 до -10.2. Совокупность геохимических и изотопных характеристик долеритов указывает на их происхождение за счет плавления субконтинентальной литосферной мантии, возможно контаминированной коровым материалом.



а



б

Рис. 9. Фотография неопротерозойской дайки, прорывающей породы Шарыжалгайского выступа (а), спектры распределения РЗЭ, нормализованные к хондриту, для неопротерозойских долеритов (б)

Стоп 4

Гранулиты палеопротерозойского возраста по магматическим породам среднего состава

Породы гранулитовой фации метаморфизма (гранулиты) являются одними из наиболее распространенных пород Иркутского блока Шарыжалгайского выступа. Среди них отмечаются, в том числе, двупироксеновые и амфибол-пироксеновые кристаллические сланцы (ортогнейсы), гиперстеновые и биотит-гиперстеновые гнейсы, высокоглиноземистые кордиерит- или силлиманитсодержащие гранат-биотит-гиперстеновые гнейсы, мраморы, кальцифиры [Петрова, Левицкий, 1984; Ножкин, Туркина, 1993; Сальникова и др., 2007; Туркина и др., 2010; Туркина, Капитонов, 2019; Poller et al., 2005 и др.]. Протолитами гранулитов являются как магматические породы, составы которых варьируются от основных до кислых, так и разнообразные осадочные породы (терригенные, карбонатные, силикатно-карбонатные) [Петрова, Левицкий, 1984; Ножкин, Туркина, 1993; Туркина и др., 2010; Урманцева и др., 2012]. Гранулиты, протолитами которых являлись породы архейского возраста, в большинстве своем испытали два этапа метаморфизма (2.6 – 2.5 млрд лет и 1.88 – 1.84 млрд лет), однако отмечаются и породы, в которых фиксируется только один из этих этапов метаморфизма [Сальникова и др., 2007; Туркина и др., 2009а; Aftalion et al., 1991; Poller et al., 2005; Turkina et al., 2012]. Для гранулитов, образованных по осадочным породам палеопротерозойского возраста, фиксируется, соответственно, только один палеопротерозойский этап метаморфической переработки [Туркина и др., 2010]. РТ параметры регионального метаморфизма составляют $T = 720\text{--}830^\circ\text{C}$ и $P = 7.2\text{--}9.5$ кбар [Петрова, Левицкий, 1984], пик метаморфизма соответствовал $T = 800\text{--}850^\circ\text{C}$ и $P = 6\text{--}7$ кбар [Урманцева и др., 2012 по неопубликованным данным В.П. Сухорукова].

На стопе мы будем наблюдать гранулиты (двупироксеновые ортогнейсы), сформированные по магматическим породам среднего состава ($\text{SiO}_2 = 58.8 - 65.0$ мас. %). Возраст протолита ортогнейсов составляет около 3.4 млрд лет (возраст ядер цирконов), а возраст их метаморфической переработки, оценка которого была выполнена по краевым частям зерен циркона, составляет 1.88 млрд лет (рис. 10) [Poller et al., 2005].

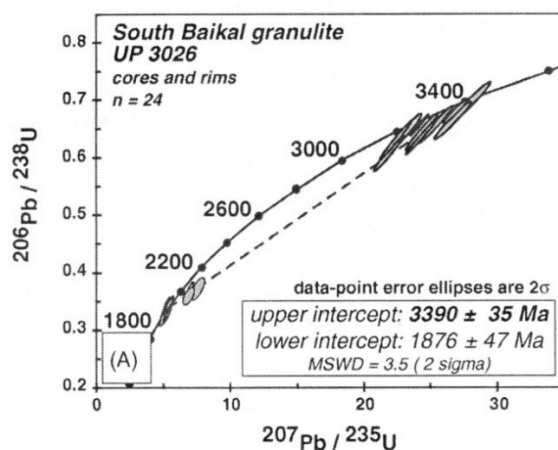


Рис. 10. U-Pb диаграмма с конкордией для цирконов из гранулита (двупироксенового ортогнейса) [Poller et al., 2005]

Стоп 5

Тоннели КБЖД (памятники инженерного искусства начала XX века)

Кругобайкальская железная дорога (КБЖД) является уникальным памятником инженерного искусства, строительства и архитектуры начала XX века. Кругобайкальская железная дорога проходит вдоль южного побережья озера Байкал от станции Байкал до станции Слюдянка и имеет протяженность 89 км. Период строительства дороги занял всего 6 лет (с 1899 по 1905 годы) и вплоть до 1949 года, до ввода в эксплуатацию обходного пути ВСЖД на маршруте Иркутск – Слюдянка, КБЖД представляла собой ключевую часть Транссибирской железнодорожной магистрали.

В настоящее время на Кругобайкальской железной дороге используется 38 тоннелей общей длиной 9063 м (см. больше информации в Интернете на ресурсе https://ru.wikipedia.org/wiki/Кругобайкальская_железная_дорога).

На стопе 5 мы сможем пройти через один из тоннелей КБЖД (рис. 11).



Рис. 11 – Фотография одного из тоннелей КБЖД

Литература

Бибикина Е.В., Хильтова В.Я., Грачева Т.В., Макаров В.А. Возраст зеленокаменных поясов Присяянья // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 267. – № 5. – С. 1171–1174.

Бибикина Е.В., Туркина О.М., Кирилова Т.И., Фугзан М.М. Древнейшие плагиогнейсы Онетского блока Шарыжалгайского выступа: изотопная геохронология // Геохимия. – 2006. – № 3. – С. 347–352.

Галимова Т.Ф., Пашкова А.Г., Поваринцева С.А., Перфильев, В.В., Намолова М.М., Андрищенко С.В., Денисенко Е.П., Пермяков С.А., Миронюк Е.П., Тимашков А.Н., Плеханов А.О. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-47 – Нижнеудинск. Объяснительная записка.– СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. – 652 с.

Геологическая карта юга Восточной Сибири и северной части МНР. М-б 1:1 500 000 / Гл. ред. А.Л.Яншин. М.: Мингео СССР, 1983.

Гладкочуб Д.П., Скляр Е.В., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Меньшагин Ю.В., Пантеева С.В. Петрология габбро-долеритов из неопротерозойских дайковых роев Шарыжалгайского выступа и проблема распада суперконтинента Родиния // Петрология. – 2001. – Т. 9. – № 6. – С. 639–656.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Сальникова Е.Б., Скляр Е.В., Яковлева С.З. Возраст и геодинамическая интерпретация гранитоидов китойского комплекса (юг Сибирского кратона) // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46. – № 11. – С. 1139–1150.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Мазукабзов А.М., Станевич А.М., Скляр Е.В., Пономарчук В.А. Комплексы-индикаторы процессов растяжения на юге Сибирского кратона в докембрии // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 1. – С. 22–41.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Эрнст Р., Мазукабзов А.М., Писаревский С.А., Ухова Н.А. Фанерозойский базитовый магматизм южного фланга Сибирского кратона и его геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 9. – С. 1222–1239.

Гладкочуб Д.П., Писаревский С.А., Мазукабзов А.М., Седерлунд У., Скляр Е.В., Донская Т.В., Эрнст Р.Е., Станевич А.М. Первые свидетельства палеопротерозойского постколлизийного базитового магматизма в Присяянском выступе фундамента Сибирского кратона // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 450. – № 4. – С. 440–444.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Эрнст Р.Е., Писаревский С.А., Мазукабзов А.М., Гамильтон М.А. Три этапа внутриконтинентального базитового магматизма в юго-восточной части Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирского кратона // Крупные изверженные провинции, мантийные плюмы и металлогения в истории Земли (Материалы конференции). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 20–21.

Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Эрнст Р.Е., Гамильтон М.А., Мазукабзов А.М., Писаревский С.А., Камо С. Новое событие базитового магматизма эктазийского возраста в южной части Сибирского кратона // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 486. – № 3. – С. 63–67.

Глебовицкий В.А., Хильтова В.Я., Козаков И.К. Тектоническое строение Сибирского кратона: интерпретация геолого-геофизических, геохронологических и изотопно-геохимических данных // Геотектоника. – 2008. – № 1. – С. 12–26.

Глебовицкий В.А., Левченков О.А., Левицкий В.И., Ризванова Н.Г., Левский Л.К., Богомолов Е.С., Левицкий И.В. Возрастные рубежи проявления метаморфизма на Китойском силлиманитовом месторождении // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 436. – № 3. – С. 351–355.

Габкин О.В., Мельников А.И. Структура фундамента Сибирской платформы в зоне краевого шва (на примере Шарыжалгайского блока). – Новосибирск: Наука, 1980. – 95 с.

Диденко А.Н., Козаков И.К., Бибикина Е.В., Водовозов В.Ю., Хильтова В.Я., Резницкий Л.З., Иванов А.В., Левицкий В.И., Травин А.В., Шевченко Д.О., Рассказов С.В. Палеомагнетизм нижнепротерозойских гранитоидов Шарыжалгайского выступа фундамента Сибирского кратона и геодинамические следствия // Доклады Академии наук. – 2003. – Т. 390. – № 3. – С. 368–373.

Диденко А.Н., Водовозов В.Ю., Козаков И.К., Бибикина Е.В. Палеомагнитное и геохронологическое изучение постколлизийных раннепротерозойских гранитоидов юга Сибирской платформы: методические и геодинамические аспекты // Физика Земли. – 2005. – № 2. – С. 66–83.

Донская Т.В., Сальникова Е.Б., Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П., Мазукабзов А.М., Ковач В.П., Яковлева С.З., Бережная Н.Г. Раннепротерозойский постколлизийный магматизм южного фланга Сибирского кратона: новые геохронологические данные и геодинамические следствия // Доклады Академии наук. – 2002. – Т. 382. – № 5. – С. 663–667.

Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Ковач В.П., Мазукабзов А.М. Петрогенезис раннепротерозойских постколлизийных гранитоидов юга Сибирского кратона // Петрология. – 2005. – Т. 13. – № 3. – С. 253–279.

Левицкий В.И., Мельников А.И., Резницкий Л.З., Бибикина Е.В., Кирилова Т.И., Козаков И.К., Макаров В.А., Плоткина Ю.В. Посткинematические раннепротерозойские гранитоиды юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43. – № 8. – С. 717–731.

Левицкий В.И., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Резницкий Л.З., Бараш И.Г., Яковлева С.З., Ковач В.П., Мельников А.И., Плоткина Ю.В. Возраст формирования апокарбонатных метасоматитов Шарьжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы (Юго-Западное Прибайкалье): U-Pb данные по бадделеиту и циркону // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 399. – № 5. – С. 650–654.

Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Сальникова Е.Б., Левицкий И.В., Котов А.Б., Бараш И.Г., Яковлева С.З., Анисимова И.В., Плоткина Ю.В. Возраст и происхождение Китайского месторождения силлиманитовых сланцев (Восточная Сибирь) // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 431. – № 3. – С. 386–391.

Левченков О.А., Левицкий В.И., Ризванова Н.Г., Ковач В.П., Сергеева Н.А., Левский Л.К. Возраст пород Иркутского блока Присаянского выступа фундамента Сибирской платформы: датирование минералов метаморфических пород // Петрология. – 2012. – Т. 20. – № 1. – С. 95–101.

Мазукабзов А.М., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В. Тектоническое районирование и структура южной части Сибирского кратона // Эволюция южной Сибирского кратона в докембрии, Скляров Е.В. (ред.). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 8–76.

Мельников А.И. Структурная эволюция метаморфических комплексов древних щитов. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. – 288 с.

Мехоношин А.С., Эрнст Р., Седерлунд У., Гамильтон М.А., Колотилина Т.Б., Изох А.Э., Поляков Г.В., Толстых Н.Д. Связь платиноносных ультрамафит-мафитовых интрузивов с крупными изверженными провинциями (на примере Сибирского кратона) // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 5. – С. 1043–1057.

Ножкин А.Д., Туркина О.М. Геохимия гранулитов канского и шарьжалгайского комплексов. – Новосибирск: Изд-во ОИГГМ РАН, 1993. – 223 с.

Ножкин А.Д., Туркина О.М., Мельгунов М.С. Геохимия метасадочно-вулканогенных толщ и гранитоидов Онотского зеленокаменного пояса // Геохимия. – 2001. – № 1. – С. 31–50.

Петрова З.И., Левицкий В.И. Петрология и геохимия гранулитовых комплексов Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1984. – 200 с.

Розен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. – 2003. – № 3. – С. 3–21.

Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левицкий В.И., Резницкий Л.З., Мельников В.И., Козаков И.К., Ковач В.П., Бараш И.Г., Яковлева С.З. Возрастные рубежи проявления высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах Иркутского блока Шарьжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2007. – Т. 15. – № 4. – С. 3–19.

Туркина О.М. Этапы формирования раннедокембрийской коры Шарьжалгайского выступа (юго-запад Сибирского кратона): синтез Sm-Nd и U-Pb изотопных данных // Петрология. – 2010. – Т. 18. – № 2. – С. 168–187.

Туркина О.М., Ножкин А.Д. Океанические и рифтогенные метавулканические ассоциации зеленокаменных поясов северо-западной части Шарьжалгайского выступа, Прибайкалье // Петрология. – 2008. – Т. 16. – № 5. – С. 501–526.

Туркина О.М., Капитонов И.Н. Изотопный Lu-Hf состав циркона как индикатор источников расплава для палеопротерозойских коллизийных гранитов (Шарьжалгайский выступ, Сибирский кратон) // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – № 2. – С. 181–199.

Туркина О.М., Капитонов И.Н. Источники палеопротерозойских коллизийных гранитоидов (Шарьжалгайский выступ, ЮЗ Сибирского кратона): от литосферной мантии до верхней коры // Геология и геофизика. – 2019. – т. 60. – № 4. – С. 489–513.

Туркина О.М., Ножкин А.Д., Баянова Т.Б. Источники и условия образования раннепротерозойских гранитоидов юго-западной окраины Сибирского кратона // Петрология. – 2006. – Т. 14. – № 3. – С. 282–303.

Туркина О.М., Бережная Н.Г., Урманцева Л.Н., Падерин И.П., Скублов С.Г. U-Pb изотопный и редкоземельный состав циркона из пироксеновых кристаллосланцев Иркутского блока

- (Шарьжалгайский выступ): свидетельство неоархейских магматических и метаморфических событий // Доклады Академии наук. – 2009а. – Т. 429. – № 4. – С. 527–533.
- Туркина О.М., Бережная Н.Г., Ларионов А.Н., Лепехина Е.Н., Пресняков С.Л., Салтыкова Т.Е. Палеоархейский тоналит-трондьемитовый комплекс северо-западной части Шарьжалгайского выступа (юго-запад Сибирского кратона): результаты U-Pb и Sm-Nd исследования // Геология и геофизика. – 2009б. – Т. 50. – № 1. – С. 21–37.
- Туркина О.М., Урманцева Л.Н., Бережная Н.Г., Пресняков С.Л. Палеопротерозойский возраст протолитов метатерригенных пород восточной части Иркутского гранулитогнейсового блока (Шарьжалгайский выступ Сибирского кратона) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2010. – Т. 18. – № 1. – С. 18–33.
- Туркина О.М., Урманцева Л.Н., Бережная Н.Г., Скублов С.Г. Формирование и мезоархейский метаморфизм гиперстеновых гнейсов в Иркутском гранулитогнейсовом блоке (Шарьжалгайский выступ Сибирского кратона) // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52 – № 1. – С. 122–137.
- Туркина О.М., Лепехина Е.Н., Бережная Н.Г., Капитонов И.Н. U-Pb возраст и изотопная Lu-Hf систематика детритовых цирконов из парагнейсов Булунского блока (Шарьжалгайский выступ фундамента Сибирской платформы) // Доклады Академии наук. – 2014а. – Т. 458. – № 5. – С. 582–589.
- Туркина О.М., Сергеев С.А., Капитонов И.Н. U-Pb возраст и Lu-Hf изотопные характеристики детритовых цирконов из метаосадков Онотского зеленокаменного пояса (Шарьжалгайский выступ, юг Сибирского кратона) // Геология и геофизика. – 2014б. – Т. 55. – № 11. – С. 1581–1597.
- Урманцева Л.Н., Туркина О.М., Капитонов И.Н. Состав и происхождение протолитов палеопротерозойских кальцифиров Иркутского блока (Шарьжалгайский выступ Сибирской платформы) // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 12. – С. 1681–1697.
- Хаин В.Е. Проблемы тектоники раннего докембрия // Вестник МГУ. – Сер. 4. – Геология. – 2000. – № 4. – С. 3–24.
- Эволюция земной коры в докембрии и палеозое (Саяно-Байкальская горная область) / Беличенко В.Г., Шмотов А.П., Сезько А.И. и др. – Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1988. – 161 с.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Никифоров А.В., Котов А.Б., Владыкин Н.В. Позднерифейский рифтогенез и распад Лавразии: данные геохронологических исследований щелочно-ультраосновных комплексов южного обрамления Сибирской платформы // Доклады Академии наук. – 2005. – Т. 404. – № 3. – С. 400–406.
- Aftalion M., Bibikova E.V., Bowes D.R., Hopgood A.M., Perchuk L.L. Timing of Early Proterozoic collisional and extensional events in the granulite-gneiss-charnokite-granite complex, lake Baikal, USSR: A U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic study // Journal of Geology. – 1991. – V. 99. – P. 851–861.
- Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. – 2005. – V. 79. – P. 491–504.
- Demonterova E.I., Ivanov A.I., Savelyeva V.B. Mafic, Ultramafic and Carbonatitic Dykes in the Southern Siberian Craton with Age of ca 1 Ga: Remnants of a New Large Igneous Province? // Acta Geologica Sinica 2016. – V. 10. – Supp. 1. – P. 9.
- Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Ernst R.E., Pisarevsky S.A., Mazukabzov A.M., Demonterova E.I. Geochemistry and petrogenesis of Mesoproterozoic dykes of the Irkutsk Promontory, southern part of the Siberian craton // Minerals. – 2018. – V. 8. – No 12. – 545.
- Donskaya T.V. Assembly of the Siberian Craton: Constraints from Paleoproterozoic granitoids // Precambrian Research. – 2020. – V. 348. – 105869.
- Ernst R.E., Hamilton M.A., Söderlund U., Hanes J.A., Gladkochub D.P., Okrugin A.V., Kolotilina T., Mekhonoshin A.S., Bleeker W., LeCheminant A.N., Buchan K.L., Chamberlain K.R., Didenko A.N. Long-lived connection between southern Siberia and northern Laurentia in the Proterozoic // Nature Geosciences. – 2016. – V. 9. – No 6. – P. 464–469.
- Gladkochub D.P. (Ed.) Large Igneous Provinces of the Southern Siberia (Guidebook for Field Excursion). Irkutsk: Petrographica, 2011. – 72 p.
- Gladkochub D.P., Pisarevsky S.A., Donskaya T.V., Natapov L.M., Mazukabzov A.M., Stanevich A.M., Sklyarov E.V. Siberian Craton and its evolution in terms of Rodinia hypothesis // Episodes. – 2006. – V. 29. – No 3. – P. 169–174.
- Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Reddy S.M., Poller U., Bayanova T.B., Mazukabzov A.M., Dril S., Todt W., Pisarevsky S.A. Palaeoproterozoic to Eoarchean crustal growth in southern Siberia: a Nd-isotope synthesis // Geological Society, London, Special Publications. – 2009. – V. 323. – P. 127–143.
- Gladkochub D.P., Pisarevsky S.A., Donskaya T.V., Ernst R.E., Wingate M.T.D., Söderlund U., Mazukabzov A.M., Sklyarov E.V., Hamilton M.A., Hanes J.A. Proterozoic mafic magmatism in Siberian

craton: An overview and implications for paleocontinental reconstruction // *Precambrian Research*. – 2010. – V. 183. – P. 660–668.

Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Stanevich A.M., Pisarevsky S.A., Zhang S., Motova Z.L., Mazukabzov A.M., Li H. U-Pb detrital zircon geochronology and provenance of Neoproterozoic sedimentary rocks in southern Siberia: New insights into breakup of Rodinia and opening of Paleo-Asian Ocean // *Gondwana Research*. – 2019. – V. 65. – P. 1–16.

Ivanov A.V., Levitskii I.V., Levitskii V.I., Corfu F., Demonterova E.I., Reznitskii L.Z., Pavlova L.A., Kamenetsky V.S., Savatenkov V.M., Powerman V.I. Shoshonitic magmatism in the Paleoproterozoic of the south-western Siberian Craton: An analogue of the modern post-collision setting // *Lithos*. – 2019. – V. 328–329. – P. 88–100.

Pisarevsky S.A., Gladkochub D.P., Donskaya T.V., De Waele B., Mazukabzov A.M. Palaeomagnetism and geochronology of mafic dykes in south Siberia, Russia: the first precisely dated Early Permian palaeomagnetic pole from the Siberian craton // *Geophysical Journal International*. – 2006. – V. 167. – No. 2. – P. 649–658.

Pisarevsky S.A., Gladkochub D.P., Konstantinov K.M., Mazukabzov A.M., Stanevich A.M., Murphy J.B., Tait J.A., Donskaya T.V., Konstantinov I.K. Paleomagnetism of Cryogenian Kitoi mafic dykes in South Siberia: Implications for Neoproterozoic paleogeography // *Precambrian Research*. – 2013. – V. 231. – P. 372–382.

Poller U., Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Mazukabzov A.M., Sklyarov E.V., Todt W. Timing of Early Proterozoic magmatism along the Southern margin of the Siberian Craton (Kitoy area) // *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*. – 2004. – V. 95. – P. 215–225.

Poller U., Gladkochub D., Donskaya T., Mazukabzov A., Sklyarov E., Todt W. Multistage magmatic and metamorphic evolution in the Southern Siberian Craton: Archean and Palaeoproterozoic zircon ages revealed by SHRIMP and TIMS // *Precambrian Research*. – 2005. – V. 136. – P. 353–368.

Sklyarov E.V., Gladkochub D.P., Mazukabzov A.M., Menshagin Yu. V., Watanabe T., Pisarevsky S.A. Neoproterozoic mafic dike swarms of the Sharyzhalgai metamorphic massif (southern Siberian craton) // *Precambrian Research*. – 2003. – V. 122. – P. 359–376.

Smelov A.P., Timofeev V.F. The age of the North Asian Cratonic basement: An overview // *Gondwana Research*. – 2007. – V. 12. – P. 279–288.

Turkina O.M. Paleoproterozoic granitoid magmatism of granite-greenstone and granulite-gneiss terranes of the south-western Siberian craton // *Precambrian high-grade mobile belts. Extended Abstract*. – Petrozavodsk: KRC RAS, 2014. – P. 112–113.

Turkina O.M., Berezhnaya N.G., Lepkhina E.N., Kapitonov I.N. U–Pb (SHRIMP II), Lu–Hf isotope and trace element geochemistry of zircons from high-grade metamorphic rocks of the Irkut terrane, Sharyzhalgay Uplift: Implications for the Neoarchean evolution of the Siberian Craton // *Gondwana Research*. – 2012. – V. 21. – P. 801–817.