Геология и геофизика, *2023*, *т. 64, № 6, с. 767–782,* doi: 10.15372/GiG2022138
Поступила в редакцию 22.06.2022, принята в печать 14.10.2022 *Опубликована онлайн: 14.11.2022*

УДК 551.22+551.75+552(51/52+313)

ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ И МАГМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТРИАСА КРЯЖА ПРОНЧИЩЕВА (*Восточная Сибирь, Арктика*): СОСТАВ, СТРОЕНИЕ, ГЕНЕЗИС, ВОЗРАСТ

А.Ю. Попов[1,2], А.Я. Шевко[3], Е.С. Соболев[1], А.В. Ядренкин[1], Б.Л. Никитенко[1,2], А.В. Травин[3,4]

[1]*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

[2]*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия*

[3]*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

[4]*Новосибирский государственный технический университет, 630073, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20, Россия*

На основе петрографического и геохимического изучения магматических и вулканогенно-осадочных пород средней части кряжа Прончищева и Терпейской низменности получены новые данные об их составе и строении. Литолого-стратиграфическими методами уточнено расчленение вмещающей магматические и вулканогенно-осадочные тела пермско-нижнетриасовой толщи. Впервые на территории кряжа прослежены улахан-юряхская, чекановская и подтверждены ыстанахская и пастахская свиты нижнего триаса. Показано, что изученное долеритовое тело и примыкающие к нему брекчии в поле развития средневерхнепермских пород принадлежат диатремовой фации трубки взрыва, а туффитовые песчаные гравелиты в поле нижнетриасовых пород — образованиям эродированного кольца тефры во внешней области этой трубки. Приуроченность пластовых туффитовых тел к ыстанахской свите позволяет определить возраст формирования трубки как начало позднего оленека. Полученные $^{40}Ar/^{39}Ar$ методом возрастные датировки долеритов диатремовой фации трубки взрыва и одной из даек дайкового пояса свидетельствуют о неоднократной тектономагматической активизации изученного района в триасовый период.

Трубка взрыва, пермь, нижний триас, Восточная Сибирь, Арктика

TRIASSIC VOLCANICLASTIC AND IGNEOUS ROCKS OF THE PRONCHISHCHEV RIDGE (*East Siberia, Arctic*): COMPOSITION, STRUCTURE, GENESIS, AND AGE

A.Yu. Popov, A.Ya. Shevko, E.S. Sobolev, A.V. Yadrenkin, B.L. Nikitenko, A.V. Travin

Petrographic and geochemical studies of igneous and volcaniclastic rocks of the middle part of the Pronchishchev Ridge and the Terpei lowland provided new data on their composition and structure. The subdivision of the Permian–Lower Triassic strata enclosing igneous and volcanicalstic bodies has been clarified by lithological/stratigraphic methods. The Lower Triassic Ulakhan-Yuryakh, Chekanovsky, Ystanakh, and Pastakh formations have been traced for the first time in the ridge area. It is shown that the studied dolerite body and adjacent breccias in the field of middle–upper Permian rocks are part of the volcanic pipe. The tuffite sand gritstones in the field of Lower Triassic rocks are parts of an eroded tephra ring around this diatreme. The confinedness of the tuffite bodies to the Ystanakh Formation makes it possible to determine the age of the pipe as the beginning of the late Olenekian. The obtained $^{40}Ar/^{39}Ar$ dates for the dolerites of the volcanic pipe and one of the dikes of the Pronchishchev dike belt indicate the repeated tectonomagmatic activity of the studied area in the Triassic.

Diatreme, Permian, Lower Triassic, East Siberia, Arctic

ВВЕДЕНИЕ

Крупнейшим магматическим событием в фанерозойской истории Северной Евразии является формирование в конце перми и начале триаса гигантского траппового комплекса на значительной части Западной и Восточной Сибири [Добрецов и др., 2013; и др.]. В пределах северного обрамления Сибирской платформы выделен отдельный верхнепермско-нижнетриасовый рифтовый структурный этаж, формирование которого сопровождалось трапповым магматизмом [Афанасенков и др., 2018]. Достаточно широко этот комплекс изучен в пределах Норильского и Маймеча-Котуйского ареала развития [Золотухин и др., 1986; Альмухамедов и др., 2004; и др.]. Однако исследования более восточных и север-

© Попов А.Ю. ✉, Шевко А.Я., Соболев Е.С., Ядренкин А.В., Никитенко Б.Л., Травин А.В., 2023
✉e-mail: popovay@ipgg.sbras.ru

ных районов на границе современного распространения комплекса достаточно немногочисленны. В частности, до настоящего времени остается дискуссионным вопрос о возрасте и генезисе эффузивных и субвулканических образований, проявленных в поле развития терригенной пермско-нижнетриасовой толщи кряжа Прончищева.

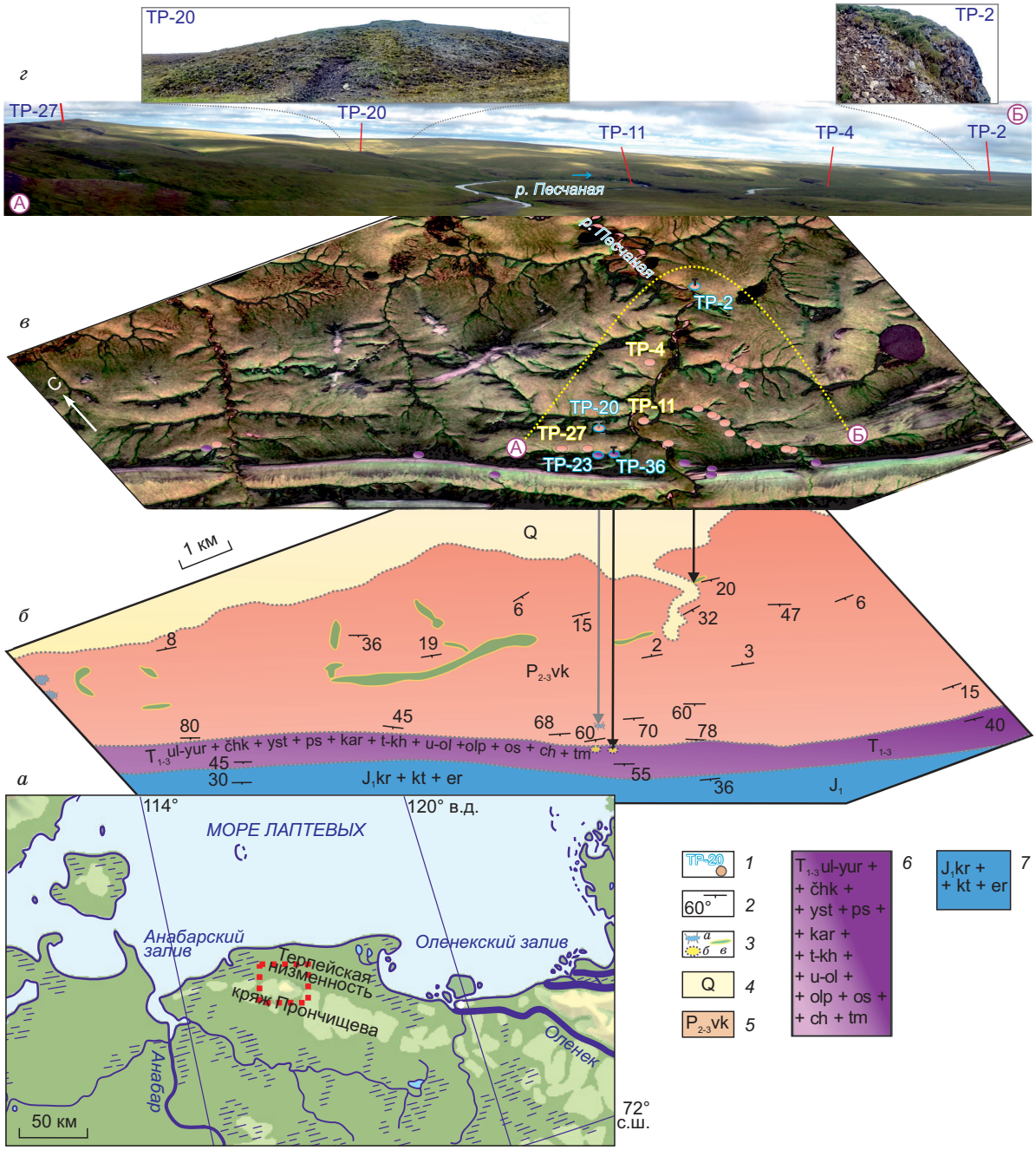


Рис. 1. Положение района исследований (красным пунктиром) на физической карте побережья моря Лаптевых (*а*); положение точек наблюдения на геологической схеме, по [Государственная…, 1992] с изменениями и дополнениями (*б*) и на космофотоснимке (*в*); панорамный вид района исследований по линии А—Б (*г*).

1 — точки наблюдения; *2* — элементы залегания толщ; *3* — элементы вулканических аппаратов (*а*), туффитовые образования (*б*), образования прончищевского базальт-долеритового комплекса (*в*); *4* — четвертичные отложения; *5* — средневерхнепермская верхнекожевниковская свита; *6* — триасовые свиты (ul-yur — улахан-юряхская, čhk — чекановская, yst — ыстанахская, ps — пастахская, kar — карангатинская, t-kh — туора-хаинская, u-ol — усть-оленекская, olp — олимпийская, os — осипайская, ch — чайдахская, tm — тумулская), *7* — нижнеюрские свиты (kr — кыринская, kt — китербютская, er — эренская). Расчленение триасовой толщи в том числе по [Попов и др., 2015, 2017].

Кряж Прончищева протягивается в субширотном направлении вдоль побережья моря Лаптевых в междуречье низовьев рек Анабар и Оленек и граничит с севера с Терпейской низменностью (рис. 1, *а*). Согласно структурно-тектонической характеристике подошвы мезозоя Лено-Анабарского региона [Конторович и др., 2013, 2014], он приурочен к цепочке положительных структур северной части Лено-Анабарской моноклизы.

Основные геологические данные по этому району были получены при геологических и геофизических съемках середины прошлого века, а результаты исследований отражены в геологических отчетах и практически не представлены в опубликованных материалах. В центральной части кряжа Прончищева авторскими коллективами геологических отчетов под руководством В.А. Руцкова (1955), М.И. Крупнова (1962), Ф.Ф. Ильина (1966) были отмечены дайки, силлы и остатки вулканических аппаратов позднепермского и раннетриасового возраста. Доизучение рассматриваемой территории было проведено в первой половине 80-х годов прошлого столетия ПГО «Аэрогеология», а полученные новые материалы изложены в отчете под руководством В.Н. Боброва (1984) и использованы в объяснительных записках к государственным геологическим картам [Государственная…, 2001, 2016, 2017].

В средней части кряжа Прончищева, в бассейне рек Песчаная и Синнигес-Песчаная фиксируются магматические образования прончищевского базальт-долеритового комплекса, представленные дайками, силлами и субвулканическими телами трубок взрыва. Все известные интрузивные тела расположены в поле развития верхнепермских толщ [Государственная…, 1992]. Результаты датирования долеритов (6 определений) K-Ar методом показали возрастной интервал от 223 ± 9 (верхняя часть карния—нижняя часть нория) до 243 ± 10 млн лет (верхняя часть перми—нижняя часть карния). С учетом того, что магматические образования прончищевского комплекса на смежной с запада территории (бассейн нижнего течения р. Анабар) прорывают правобоярскую свиту индского возраста, был сделан вывод о раннетриасовом возрасте комплекса. Кроме того, в смежных районах установлена верхнепермско-нижнетриасовая эффузивно-туфовая толща [Государственная…, 2001, 2017].

С целью уточнения возраста и генезиса вулканогенных образований района работ нами были изучены магматические, вулканогенно-осадочные и осадочные тела в среднем течении р. Песчаная (см. рис. 1), которая прорезает кряж Прончищева в его центральной части. Главными объектами исследований являлись вулканогенно-осадочные и магматические образования в поле развития средневерхнепермских и нижнетриасовых отложений — точки наблюдения (т. н.) ТР-20 и ТР-23, ТР-36 (рис. 1, *б—г*; 2). Также выполнено детальное литологическое и стратиграфическое изучение осадочных толщ, вмещающих эти образования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основным методом исследования осадочных и вулканогенно-осадочных образований являлось петрографическое изучение шлифов пород под оптическим поляризационным микроскопом. Проанализировано более 50 шлифов различных типов пород. Для алевритопесчаных разностей проведен количественный подсчет их гранулометрического и петрографического составов. При характеристике гранулометрического состава пород применялась десятичная классификация [Фролов, 1964]. При интерпретации обстановок побережья с терригенной седиментацией использована классификация из работы [Обстановки…, 1990].

Для магматических образований, помимо петрографического описания, было проведено определение валового содержания основных породообразующих оксидов на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL-9900-XP (Thermo Electron Corporation), а редких и рассеянных элементов — на ICP масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT (Finnigan MAT) в Аналитическом центре Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН).

Для более точной диагностики минерального состава и морфологических особенностей составных компонентов пород некоторые образцы были исследованы под сканирующим электронным микроскопом на установке TESCAN MIRA-3 с использованием микрозондового аппарата Inca Energy 500.

Стратиграфическое расчленение отложений выполнено био- и литостратиграфическими методами. Обоснование возраста толщ дано по результатам макро- и микрофаунистических анализов с использованием региональных биостратиграфических шкал, разработанных в последние годы для перми [Бяков и др., 2021] и триаса [Константинов и др., 2013].

Определения абсолютного возраста для магматических пород проводили $^{40}Ar/^{39}Ar$ методом ступенчатого прогрева по мономинеральным фракциям. В качестве монитора использовался стандартный K/Ar образец мусковита МСА-11, а для его калибровки в качестве $^{40}Ar/^{39}Ar$ монитора применялись международные стандартные образцы мусковита Bern 4m и биотита LP-6 [Baksi et al., 1996]. Нейтронный градиент не превышал 0.5 % на размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву осуществля-

ли в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Выделенные газы очищались с помощью двух последовательных ZrAl-, SAES-геттеров. Измерения изотопного состава аргона проводили на масс-спектрометре Micromass 5400. Холостой опыт установки ступенчатого прогрева по ^{40}Ar не превышал $n \cdot 10^{-10}$ нсм^3. При расчетах возраста использовались константы распада и изотопные распространенности, рекомендованные Комиссией по геохронологии [Steiger, Yager, 1977].

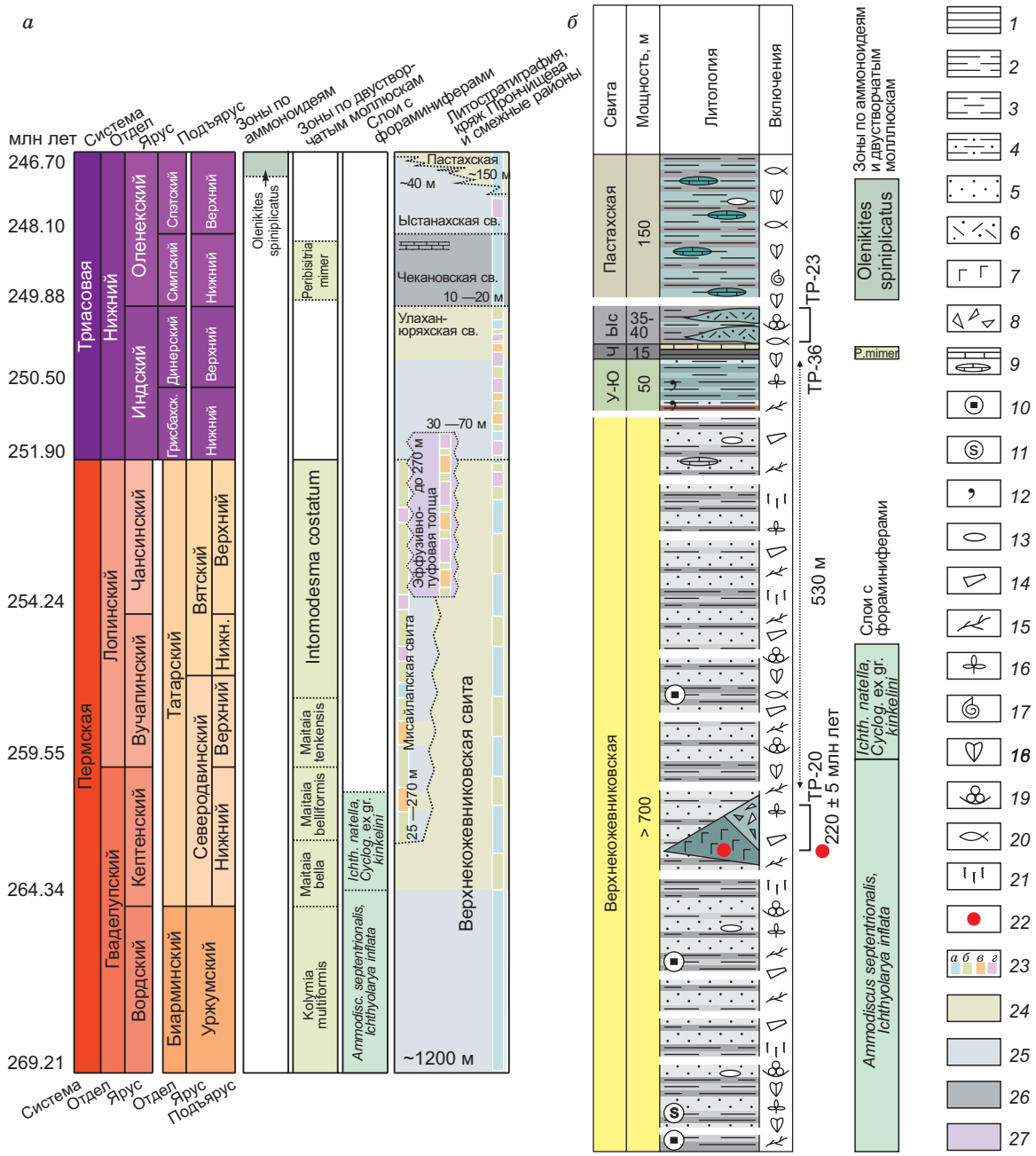


Рис. 2. Стратиграфическая колонка (*а*) и сводный разрез (*б*) перми—нижнего триаса кряжа Прончищева.

Стратиграфические шкалы, по [Стратиграфический кодекс…, 2019; Geologic…, 2020;], двустворчатые моллюски перми, по [Бяков и др., 2021]. *1* — аргиллит, *2* — алевроаргиллит, *3* — алевролит, *4* — алевропесчаник, *5* — песчаник, *6* — туффит, *7* — долерит, *8* — брекчия, *9* — известняк, известковистые конкреции, *10* — пиритовые конкреции, *11* — сидеритовые конкреции, *12* — глауконит, *13* — галька, *14* — глинистые интракласты, *15* — растительный детрит, *16* — отпечатки флоры, *17* — аммонитоидеи, *18* — двустворчатые моллюски, *19* — фораминиферы, *20* — рыбные остатки, *21* — биотурбация; *22* — изотопно-геохронологические датировки ($^{40}Ar/^{39}Ar$); *23* — палеообстановки: *а* — морские, *б* — переходные (прибрежные, лагунные и субконтинентальные), *в* — континентальные, *г* — вулканогенные; *24* — преимущественно песчано-алевритовые толщи, *25* — преимущественно алевритоглинистые толщи, *26* — высокоуглеродистые толщи, *27* — эффузивно-туфовые толщи; свиты: У-Ю — улахан-юряхская, Ч — чекановская, Ыс — ыстанахская.

ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОДНОГО РАЗРЕЗА ВЕРХОВ ПЕРМИ И НИЖНЕГО ТРИАСА

Анализ нового материала позволил значительно уточнить литолого-стратиграфические характеристики пермско-нижнетриасовой толщи района исследований (см. рис. 2).

Пермская часть сводного разреза представлена верхнекожевниковской свитой [Государственная…, 2017]. На рассматриваемой и прилегающих территориях на площади развития свиты фаунистически доказано присутствие среднего и верхнего отделов перми [Государственная…, 2017; Бяков и др., 2021]. Нами в нижней части верхнекожевниковской свиты встречены комплексы фораминифер слоев с *Ammodiscus septentrionalis*, *Ichthyolaria inflata* и *Ichthyolaria natella*, *Cyclogyra* ex gr. *kinkelini*. В современной трактовке слои с *Ammodiscus septentrionalis, Ichthyolaria inflata* соответствуют д-зоне Kolymia multiformis и низам д-зоны Maitaia bella — уржумский (верхняя часть биарминского отдела) и низы северодвинского яруса (основание татарского отдела) ОСШ России или вордский—нижняя половина кептенского ярусов (гваделупский отдел) МСШ. Слои с *Ichthyolaria natella*, *Cyclogyra* ex gr. *kinkelini* параллелизуются с верхней частью д-зоны Maitaia bella и д-зоной Maitaia belliformis — нижняя половина северодвинского яруса (татарский отдел) ОСШ России, или кептенский ярус (гваделупский отдел) МСШ.

Наблюдаемая мощность свиты составляет более 1000 м. Характер элементов залегания толщи, зафиксированных в ряде естественных выходов, показывает общее падение отложений в юго—юго-западном направлении с изменяющимися углами наклона от первых градусов до 60° и более (см. рис. 1, *б*).

Верхнекожевниковская свита сложена неравномерным чередованием алевролитов мелкокрупнозернистых и песчаников мелко- до среднезернистых с алевритоглинистыми прослоями. Алевритопесчаные разности относятся к кварцево-полевошпатовым, реже полевошпатово-кварцевым грауваккам (рис. 3). Среди обломочной части преобладают литокласты (40—75 %), в значительной степени представленные эффузивными породами кислого и среднего составов, в меньшей степени обломками осадочных пород, слюдистых сланцев, кремней, а также редкими кварцитами, карбонатными породами. Обломки эффузивных пород основного состава и их туфов единичны. Присутствует значительное количество полевых шпатов (15—45 %), представленных калиевыми разновидностями, редкими плагиоклазами. Кварц составляет 10—25 % обломков. Акцессорный комплекс представлен преимущественно цирконами, встречаются эпидот, гранат, апатит, рутил. Цемент развит неравномерно и сложен пленочно-поровым хлорит-гидрослюдистым (1—10 %), поровым каолинитовым (около 1 %) материалом, регенерационным кварцем (0.5—1.0 %). Участками проявлена карбонатизация пород с развитием порового до базального кальцитового и сидеритового цемента. В качестве включений отмечается растительный детрит (в среднем 1.5—3.5 %), встречаются раковинные фрагменты, в том числе остатки фораминифер, единичный рыбный костный детрит.

Вещественно-текстурные особенности изученных отложений перми позволяют сделать вывод об их формировании в периодически сменяющихся обстановках предфронтальной зоны пляжа и переходной зоны побережья выше и ниже базиса действия нормальных волн, вблизи активной дельтовой системы.

Нижнетриасовая толща представлена в естественных выходах разной степени обнаженности на значительном протяжении северной гряды кряжа Прончищева. Проведенные лито- и биостратиграфические исследования позволили впервые установить, что она сложена всеми характерными для данного региона свитами: улахан-юряхской, чекановской, ыстанахской и пастахской (см. рис. 2). Слои падают в юго—юго-западном направлении под углами порядка 40—55°.

Залегающая в основании триасового разреза **улахан-юряхская свита** в районе исследований имеет мощность 50 м и сложена алевритовыми глинистыми породами с алевритопесчаными линзами

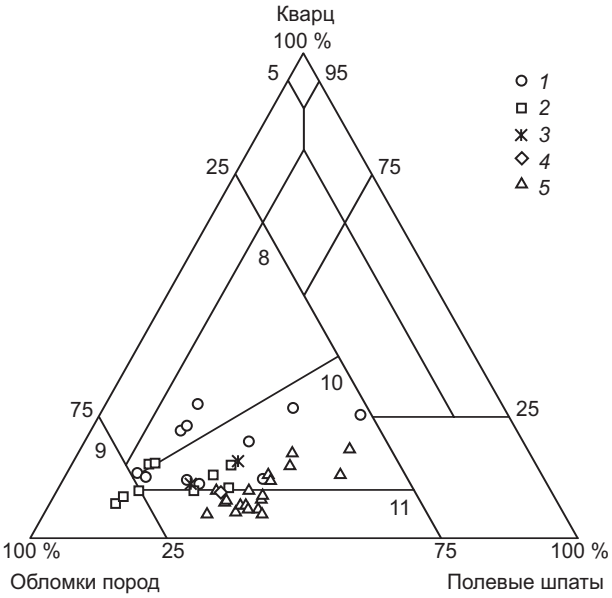


Рис. 3. Положение фигуративных точек алевритопесчаных пород на триграмме [Шутов, 1967].

Свиты: *1* — верхнекожевниковская, *2* — улахан-юряхская, *3* — чекановская, *4* — ыстанахская, *5* — пастахская; обозначение полей: 8 — полевошпатово-кварцевые граувакки, 9 — собственно граувакки, 10 — кварцево-полевошпатовые граувакки, 11 — полевошпатовые граувакки.

и прослоями. По составу алевролиты и алевропесчаники относятся к кварцево-полевошпатовым, реже полевошпатово-кварцевым грауваккам и собственно грауваккам (см. рис. 3). Среди обломочной части резко преобладают литокласты (55—80 %), однако в сравнении с подстилающими верхнепермскими отложениями они в значительной степени представлены эффузивными породами основного состава, их туфами, а также хлоритизированным стеклом. Присутствуют обломки глинистых и терригенных пород, эффузивов кислого и среднего составов, слюдистых сланцев, редких кремней. Полевые шпаты (15—30 %) представлены преимущественно калиевыми разновидностями. Доля плагиоклазов несколько увеличивается в верхней части свиты. Кварц составляет 10—15 % обломков. Акцессорный комплекс в целом унаследован от пород пермского возраста. Цемент преимущественно хлорит-гидрослюдистый пленочно-порового типа составляет от первых до 15 %, редко более 20 %. Неравномерно проявлена сидеритизация. В качестве включений постоянно отмечается разноразмерный растительный детрит (3—10 %). Для пород нижней части свиты характерно наличие редких глобул глауконита, в разной степени хлоритизированного и ожелезненного. Встречаются прослои, обогащенные обломками лимонит-гетитового состава.

По своим вещественно-текстурным особенностям эти отложения интерпретированы как формировавшиеся в обстановках заливно-лагунного комплекса и предфронтальной зоны пляжа. Особенностью является наличие значительного количества обломков, связанных с пепловым материалом основного состава, что указывает на активизацию в регионе вулканической деятельности. Однако каких-либо излившихся образований в свите не зафиксировано.

Выше по разрезу залегают тонкоплитчатые строматолитовые известняки, аргиллиты и алевролиты **чекановской свиты** (мощность 15 м), являющейся региональным репером. Рассматриваемые отложения содержат комплекс двустворчатых моллюсков, типичный для д-зоны Peribositria mimer, являющейся возрастным аналогом аммоноидной зоны Lepiskites kolymensis нижнего оленека. Возможно, верхняя часть свиты, где макрофауна не обнаружена, относится к зоне Anawasatchites tardus. Отмечены находки элясмобранхий, которые в ряде разрезов смежных фациальных районов характерны именно для чекановской свиты. Отложения формировались в специфических условиях относительно мелководного бассейна при крайне низком поступлении обломочного материала. Свита непосредственно подстилает рассматриваемые туффитовые образования т. н. ТР-36.

Ыстанахская свита имеет видимую мощность порядка 35—40 м и представлена существенно алевритоглинистыми отложениями с отдельными мелкоалевритовыми прослоями. Обломочный материал близок к таковому подстилающих свит, однако обеднен кварцем, что позволяет отнести алевритовые породы к полевошпатовым грауваккам (см. рис. 3). Встречены единичные фораминиферы. Свита хорошо выделяется в разрезе литостратиграфически. Отложения формировались в обстановках дальней зоны побережья ниже базиса действия штормовых волн. К ыстанахской свите приурочены локально развитые пластовые линзовидные тела туффитовых песчаных гравелитов (т. н. ТР-23, ТР-36), сильно контрастирующие с вмещающей алевритоглинистой толщей по структуре и составу. В области их развития отмечается увеличение мощности свиты.

Выше по разрезу залегают зеленовато-серые крупнозернистые алевролиты и алевропесчаники **пастахской свиты** мощностью порядка 150 м. Породы большей частью относятся к полевошпатовым, реже к кварц-полевошпатовым грауваккам (см. рис. 3). Среди обломков несколько преобладают литокласты (40—60 %), представленные девитрофицированным хлоритизированным стеклом основного состава, эффузивами основного состава и их туфами, нередко ожелезненными. Также встречаются обломки терригенных и глинистых пород, эффузивов кислого и среднего составов, единичные слюдистые сланцы и кварциты. Среди полевых шпатов (30—50 %) отмечаются как калиевые разновидности, так и плагиоклазы. Доля кварца составляет 5—15 %, реже выше. В акцессорном комплексе также преобладает циркон, присутствуют минералы эпидот-цоизитовой группы, сфен, гранат. Доля пленочно порового хлорит-гидрослюдистого цемента варьирует от 5 до 20 %, реже выше. По цементу и некоторым зернам развиваются сидерит и железоокисные минералы. Участками проявляется кальцитизация пород. В качестве включений постоянно отмечается растительный детрит (3—7 %), встречаются раковинные фрагменты и рыбный костный детрит. В изученных отложениях найдена руководящая ископаемая макрофауна (аммоноидеи, двустворчатые моллюски) зоны Olenikites spiniplicatus верхнего оленека.

Вещественно-текстурные особенности пород позволяют интерпретировать их как формировавшиеся в обстановках переходной зоны побережья и нижней части предфронтальной зоны пляжа вблизи базиса действия нормальных волн. Как и в более низких горизонтах нижнетриасовой толщи, в свите наблюдается значительное количество обломков, связанных с разрушением изверженных пород основного состава. Однако среди поступающего материала преобладают продукты разрушения толщ, претерпевших определенные стадии выветривания. Это может указывать на снижение магматической активности в регионе и активный размыв сформированных базальтовых и долеритовых пород.

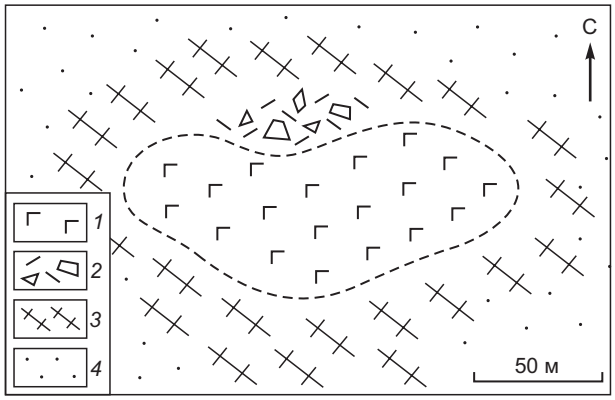


Рис. 4. Схема развития магматических и вулканогенно-осадочных образований в т. н. ТР-20.

1 — долериты, *2* — брекчии, *3* — задернованные участки, *4* — песчаники верхнекожевниковской свиты.

ВУЛКАНОГЕННЫЕ И СУБВУЛКАНИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Точки наблюдения ТР-20, ТР-2. Одним из объектов настоящих исследований являются магматические образования Прончищевского комплекса в т. н. ТР-20 и ТР-2 (см. рис. 1, 2). В точке ТР-20 детально изучена слегка вытянутая в субширотном направлении останцовая возвышенность около 100 × 150 м в поперечнике (см. рис. 1, *г*; 4). Она сложена коренными выходами и развалами магматических, в меньшей степени вулканогенно-осадочных и осадочных пород. Возвышенность окружена эллювием существенно песчаных пород верхнекожевниковской свиты. Контакт вмещающей песчаной толщи с магматическими образованиями не зафиксирован вследствие значительной задернованности местности. Согласно выполненным замерам мощностей средневерхнепермских отложений, установлено, что магматические и вулканогенно-осадочные образования в т. н. ТР-20 стратиграфически расположены порядка 500 м ниже границы перми и триаса (см. рис. 2).

Основная часть рассматриваемой возвышенности представлена коренными выходами и развалами долеритов. Породы имеют толеитовую структуру основной массы, образованной лейстами плагиоклаза ($An_{68–34}$), промежутки между которыми занимает замещенное вторичными минералами стекло (рис. 5, *а*, *б*). Изредка в породе встречаются микропорфировые выделения плагиоклаза ($An_{73–74}$) и реликты ойкокристаллов клинопироксена ($Wo_{44}En_{39}Fs_{17}$, *f*-29), рудные минералы представлены титаномагнетитом и ильменитом. Вторичные и акцессорные — халькопиритом, хлоритом, кальцитом, халцедоном и фторапатитом.

В 3.5 км северо-восточнее т. н. ТР-20 на правом берегу р. Песчаная изучено одно из дайковых тел, секущих пермскую толщу (т. н. ТР-2) (см. рис. 1). Дайка имеет субширотное простирание, угол падения 75° в северном направлении и мощность около 3 м. На контакте с вмещающими песчаными отложениями хорошо просматривается небольшая зона закалки. Дайка сложена долеритами с пойкилоофитовой структурой (см. рис. 5, *в*). Главными породообразующими минералами являются плагиоклаз и пироксен. Призматические хадакристаллы плагиоклаза представлены лабрадором ($An_{68–59}$). Пироксен образует изометричные зональные ойкокристаллы размером 1—2 мм, по составу отвечающие авгиту — $Wo_{44–40}En_{44–41}Fs_{15–16}$, *f*-26—27. Рудные минералы представлены титаномагнетитом и ильменитом. Вторичные минералы — халькопиритом, пиритом, хлоритом, сидеритом, халцедоном. Из акцессорных минералов встречаются игольчатые кристаллы фторапатита.

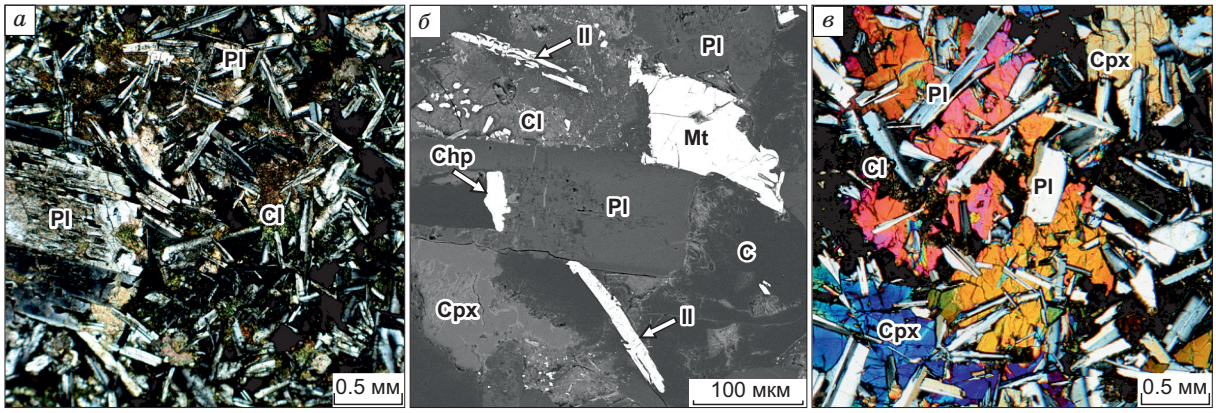


Рис. 5. Долерит с толеитовой структурой т. н. ТР-20, обр. ТР-20/5 (*а*, *б*) и долерит с пойкилоофитовой структурой т. н. ТР-2, обр. ТР-2/1 (*в*).

а, *в* — фотографии шлифов, николи×; *б* — изображения в обратнорассеянных электронах. C — халцедон, Chp — халькопирит, Cl — хлорит, Cpx — клинопироксен, Il — ильменит, Mt — магнетит, Pl — плагиоклаз.

Таблица 1. **Химический и редкоэлементный состав изученных долеритов**

Компонент	ТР-2/2	ТР-20/5
SiO_2, мас.%	44.63	46.99
TiO_2	2.08	1.84
Al_2O_3	13.32	15.31
Fe_2O_3	15.48	10.40
MnO	0.22	0.18
MgO	5.14	3.03
CaO	10.98	10.44
Na_2O	2.29	2.50
K_2O	0.39	0.26
P_2O_5	0.20	0.19
П.п.п.	4.79	7.58
Сумма	99.52	98.73
Sc, г/т	37	39
V	369	340
Cr	124	176
Co	54	51
Ni	94	124
Cu	190	229
Zn	106	100
Rb	6.8	2.2
Sr	351	684
Y	31	33
Zr	136	133
Nb	9.1	6.0
Cs	0.16	0.19
Ba	269	1 090
La	10.3	9.6
Ce	26	22
Pr	3.8	3.5
Nd	17.1	15.1
Sm	4.7	4.2
Eu	1.60	1.47
Gd	5.5	5.1
Tb	0.87	0.82
Dy	5.6	5.7
Ho	1.13	1.18
Er	3.2	3.5
Tm	0.47	0.50
Yb	2.8	3.1
Lu	0.40	0.48
Hf	3.4	3.5
Ta	0.51	0.36
Th	1.20	1.23
U	0.36	0.39

По химическому составу изученные долериты относятся к толеитовым базитам нормального ряда щелочности ($Na_2O + K_2O$ = 2.7—2.8 %), принадлежат к низкомагнезиальному (MgO 3.0—5.1 мас.%, mg# 37—40) и низкотитанистому (TiO_2 1.8—2.1 мас. %) типу (табл. 1). В геохимическом плане они имеют слабо фракционированные спектры РЗЭ (рис. 6, *а*) с относительным обогащением легкими лантаноидами (La_n/Yb_n) = 2.1—2.5). Наблюдаются близкие мультиэлементные спектры, которым присущи достаточно выраженный Nb-Ta минимум и слабые положительные аномалии U и Sr (см. табл. 1; рис. 6, *б*).

Проведено сравнение редкоэлементного состава магматических образований прончищевского комплекса (см. рис. 6, *а*, *б*) [Государственная…, 2017; данные настоящей статьи] и датированных проявлений траппового магматизма в различных частях Сибирской платформы на рубеже среднего—верхнего триаса (см. рис. 6, *в*, *г*) [Ivanov et al., 2009, 2013; Прокопьев и др., 2020] со средним составом преобладающих типов пермско-триасовых вулканитов Сибирской платформы (см. рис. 6, *д*, *е*) [Альмухамедов и др., 2004]. Оно показало, что и долериты прончищевского комплекса и интрузивные образования, датированные триасом, характеризуются распределением редкоземельных и редких элементов сходным с наиболее типичными для трапповой формации толеитовыми базальтами (см. рис. 6).

На северном склоне холма т. н. ТР-20 к рассмотренному долеритовому телу непосредственно примыкают вулканогенно-осадочные слоистые образования, представленные чередованием щебневых и глыбовых брекчий с отдельными прослоями крупнозернистых туфов общей видимой мощностью более 20 м (см. рис. 4, 7). Элементы их слоистого залегания в целом сопоставимы с таковыми вмещающей терригенной толщи. В глыбах размером 0.2—1.0 м представлены обломки долеритовых, базальтовых и алевритопесчаных пород. Петрографические характеристики последних аналогичны изученным пермским песчаникам, а в некоторых встречены остатки характерной пермской флоры.

Более мелкообломочный щебневый материал брекчий помимо указанных пород представлен эффузивными образованиями и туфами среднего—основного состава. В несортированном алевритопесчаном матриксе присутствует значительная доля обломков эффузивных пород среднего—основного состава, их туфов и в разной степени девитрофицированного и хлоритизированного стекла. Некоторые обломки кальцитизированы и ожелезнены. Встречаются в количестве первых процентов полевые шпаты, кварц, эффузивные породы кислого—среднего состава и слюдистые сланцы, поступившие, вероятно, из разрушенных терригенных отложений вмещающей пермской толщи. Также отмечается редкий растительный детрит и единичные раковинные фрагменты. Цементом в матриксе является тонкозернистый хлоритизированный и ожелезненный материал, доля которого составляет в среднем 10—20 %.

Точки наблюдения ТР-23, ТР-36. Чуть более 0.5 км юго—юго-западнее от ТР-20 в т. н. ТР-23, ТР-36 (см. рис. 1, 2) были изучены линзовидные пластовые выходы туффитовых песчаных гравелитов (рис. 8) суммарной мощностью до первых десятков метров, расположенные в поле развития нижнетри-

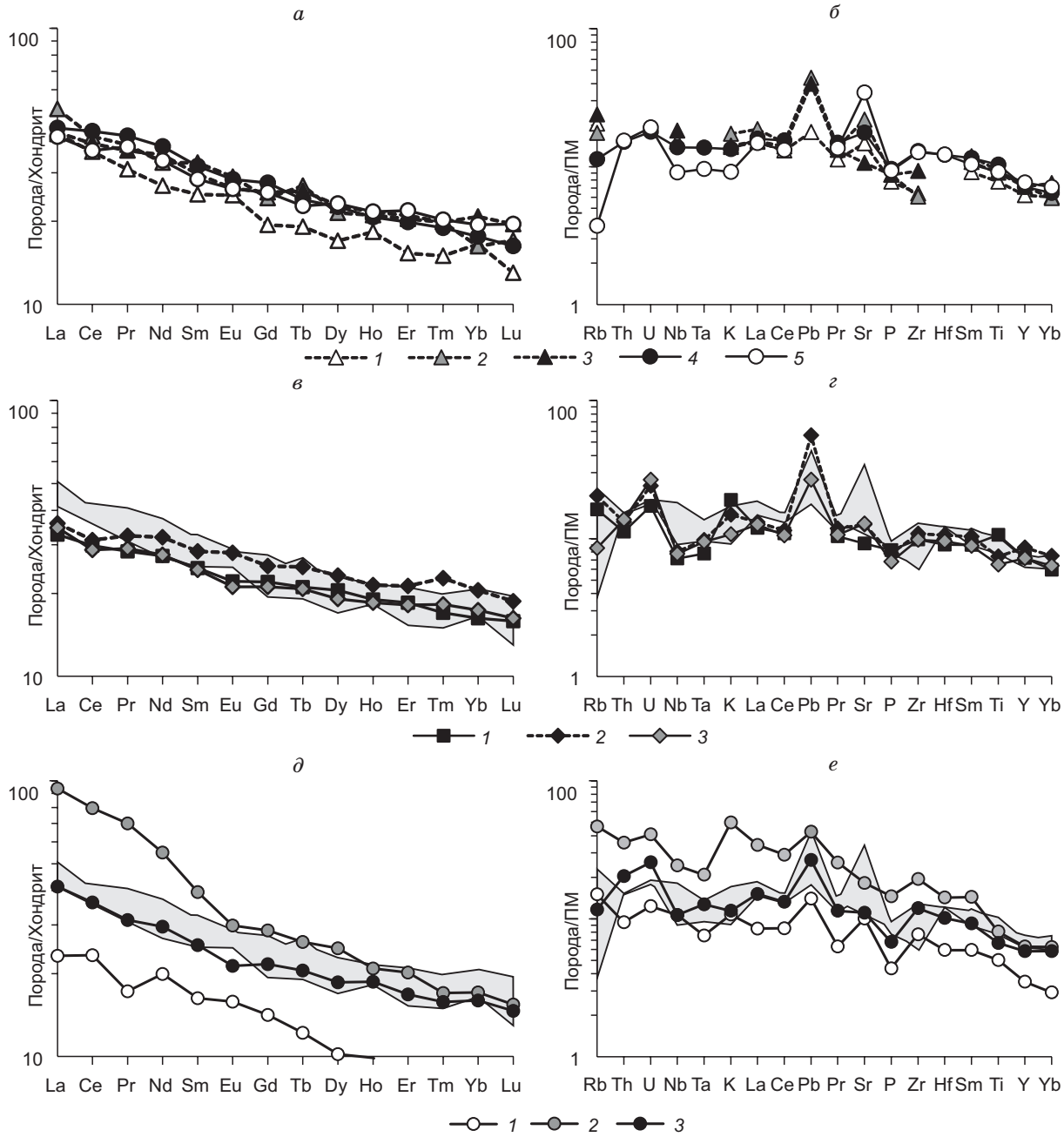


Рис. 6. Сравнение спектров микроэлементов пород прончищевского комплекса с пермско-триасовыми магматическими образованиями различных участков Сибирской платформы.

Содержания редкоземельных и редких элементов нормализованы на состав хондрита и примитивной мантии, по [McDonough, Sun, 1995]. *а*, *б* — магматические образования прончищевского базальт-долеритового комплекса: *1—3* — долериты и габбро-долериты [Государственная…, 2017], *4* — долерит с пойкилоофитовой структурой (обр. ТР-2/2), *5* — долерит с толеитовой структурой (обр. ТР-20/5); *в, г* — датированные проявления траппового магматизма: *1* — долеритовый силл Моркокинской скважины (обр. 12ДВ13 [Прокопьев и др., 2020]), *2* — Тулунский силл, Ангаро-Тасеевская синеклиза (обр. Т2 [Ivanov et al., 2009]); *3* — хонамакитская свита, плато Путорана (обр. ХА39 [Ivanov et al., 2013]); *д*, *е* — базальты Сибирской платформы (средние содержания, по [Альмухамедов и др., 2004]): *1* — пикритовые, *2* — субщелочные, *3* — толеитовые. *в—е* — серое поле — данные прончищевского комплекса с рис. *а*, *б*.

асовых отложений (ыстанахская свита). По своим структурным характеристикам туффитовые тела сильно контрастируют с вмещающей глинисто-терригенной толщей. Примечательно, что подобные туффитовые породы в поле триасовых отложений присутствуют только на участке вблизи выходов магматических и вулканогенно-осадочных образований т. н. ТР-20 и не встречены на других участках кря-

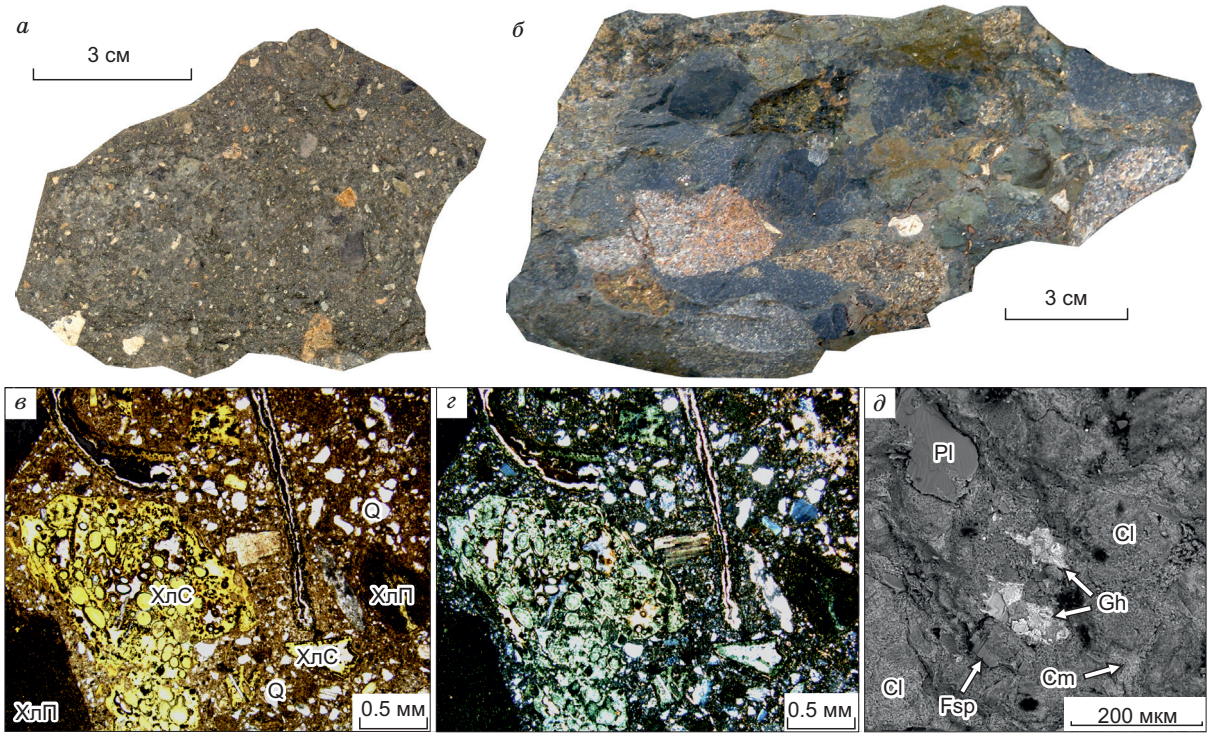


Рис. 7. Породы т. н. ТР-20:

а — туф витро-литокластический; *б* — брекчия; *в* — несортированный матрикс брекчии с обильными витрокластами (шлиф ТР-20-2л); *г* — то же в поляризованном свете; *д* — матрикс брекчии (электронная микроскопия, обр. ТР-20-6л) с идентифицированными хлоритом (Cl), шамозитом (Cm), гетитом (Gh), калиевым полевым шпатом (Fsp), кварцем (Q), плагиоклазом (Pl), хлоритизированным основным стеклом (ХлС), хлоритизированной породой (ХлП).

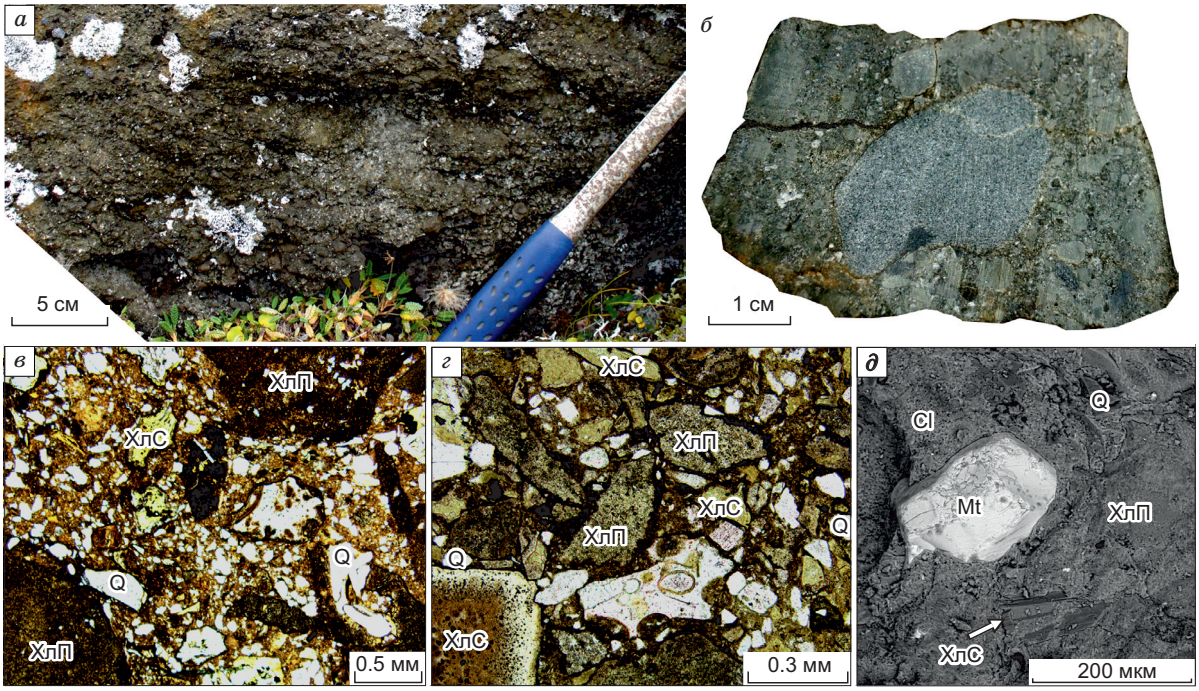


Рис. 8. Туффитовые песчаные гравелиты т. н. ТР-23, ТР-36:

а — внешний вид линз; *б* — полуокатанные гравийные и галечные обломки в матриксе; *в* — несортированный матрикс с витрокластами и обломками туфов (шлиф ТР-23-1л, николи ||); *г* — плохо сортированный матрикс со слабоокатанными витро- и литокластами (шлиф ТР-23-2л, николи ||); *д* — матрикс брекчии (электронная микроскопия, обр. ТР-23-1л) с идентифицированными хлоритом (Cl), магнетитом (Mt), кварцем (Q), хлоритизированным основным стеклом (ХлС), хлоритизированной породой (ХлП).

жа. Ранее эти образования рассматривались лишь в отчетах по геологическому картированию под руководством В.А. Руцкого (1955) и Ф.Ф. Ильина (1966), где были описаны как локальные проявления туффитов в верхах пермской толщи. Позже эти образования стали интерпретировать как базальные грубообломочные слои триасовой толщи [Государственная…, 2017].

Петрографическое исследование туффитовых песчаных гравелитов показало, что они сложены преимущественно обломками эффузивов основного состава и их туфов (см. рис. 8), присутствуют обломки песчаников (схожие по составу с пермскими) и долеритов. В алевритопесчаной фракции отмечаются слабоокатанные обломки хлоритизированного стекла, кварц, полевые шпаты. В целом по составу изученные породы идентичны гравийно-песчано-алевритовому матриксу вулканогенно-осадочных брекчий т. н. ТР-20. Обломочный материал характеризуется крайне низкой степенью сортировки и высокой долей плохо окатанных зерен. Содержание хлорит-гидрослюдистого ожелезненного цемента варьирует от 5 до 15 %. Отмечено, что в некоторых линзах снижается доля гравийных обломков, несколько увеличивается степень сортировки материала. Отдельными прослоями в породе фиксируется снижение доли вулканогенной кластики.

Таким образом, при крайне близком составе вулканогенно-осадочных пород из средневерхнепермской и нижнетриасовой частей разреза последние отличаются определенной минералогической и структурной зрелостью обломочного материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ $^{40}Ar/^{39}Ar$ ДАТИРОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

С целью оценки возраста изученных магматических образований прончищевского базальт-долеритового комплекса было выполнено $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирование долеритов в т. н. ТР-20 и ТР-2 (табл. 2; рис. 9). В спектрах полевых шпатов образцов ТР-20/1, ТР-20/5, выделенных из долеритов т. н. ТР-20, формируются кондиционные плато, характеризующиеся согласующимися в пределах ошибки значениями 207 ± 17 и 220 ± 5 млн лет. Эти значения в пределах ошибки отвечают значениям, рассчитанным для изохронных линейных регрессий — 242 ± 40 и 242 ± 11 млн лет соответственно. Наиболее точной

Таблица 2. **Результаты $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирования**

T, °C	*t*, мин	^{40}Ar(STP)	$^{40}Ar/^{39}Ar$	±1σ	$^{38}Ar/^{39}Ar$	±1σ	$^{37}Ar/^{39}Ar$	±1σ	$^{36}Ar/^{39}Ar$	±1σ	Ca/K	$\Sigma^{39}Ar$, %	Возраст, млн лет ±1σ	±1σ
Обр. ТР-2/1, плагиоклаз, навеска 140.54 мг, *J* = 0.003354 ± 0.000030; возраст промежуточного плато (925—1030 °C) = 237 ± 8 млн лет, включает 57 % выделенного ^{39}Ar; интегральный возраст = 269 ± 15 млн лет														
500	10	$4.1\cdot e^{-9}$	108.5	21.1	0.280	0.181	20.6	64.2	0.2519	0.1940	74.2	2.7	195.0	303.3
650	10	$8.2\cdot e^{-9}$	113.4	9.5	0.004	0.061	52.8	57.9	0.1681	0.0724	190.2	8.0	349.3	108.0
800	10	$20.9\cdot e^{-9}$	60.9	0.6	0.019	0.007	11.9	4.7	0.0223	0.0089	42.8	32.9	301.7	13.9
925	10	$23.5\cdot e^{-9}$	58.3	0.4	0.005	0.025	11.3	4.7	0.0557	0.0050	40.6	62.1	236.8	8.2
1030	10	$19.7\cdot e^{-9}$	52.1	1.3	0.053	0.016	9.9	7.3	0.0280	0.0234	35.6	89.6	247.1	36.9
1130	10	$11.3\cdot e^{-9}$	78.7	1.8	0.002	0.032	15.9	14.2	0.0750	0.0209	57.4	100.0	312.9	32.1
Обр. ТР-20/1, полевой шпат, навеска 110.12 мг, *J* = 0.003349 ± 0.000030; возраст плато (875—1130 °C) = 207 ± 17 млн лет, включает 64 % выделенного ^{39}Ar; интегральный возраст = 193 ± 13 млн лет														
500	10	$14.7\cdot e^{-9}$	78.2	1.4	0.035	0.023	1.3	13.0	0.148	0.015	4.6	15.2	197.1	23.3
625	10	$17.1\cdot e^{-9}$	56.3	1.0	0.024	0.021	0.2	4.9	0.071	0.016	0.7	39.7	201.8	26.5
750	10	$19.5\cdot e^{-9}$	65.0	1.3	0.026	0.022	0.5	9.8	0.096	0.019	1.9	63.9	208.3	30.7
875	10	$13.9\cdot e^{-9}$	73.6	1.8	0.028	0.024	0.8	14.6	0.121	0.022	3.1	79.1	214.9	34.8
1000	10	$11.2\cdot e^{-9}$	78.6	1.5	0.030	0.017	17.7	11.5	0.156	0.017	63.8	90.7	185.4	26.9
1130	10	$8.9\cdot e^{-9}$	76.9	2.6	0.069	0.025	38.0	12.7	0.206	0.032	136.8	100.0	95.0	53.5
Обр. ТР-20/5, полевой шпат, навеска 142.0 мг, *J* = 0.004910 ± 0.000063; возраст плато (830—1150 °C) = 220 ± 5 млн лет, включает 61 % выделенного ^{39}Ar; интегральный возраст = 139 ± 8 млн лет														
600	10	$2.0\cdot e^{-9}$	6.4	1.1	0.128	0.024	7.8	1.0	0.0212	0.0213	28.2	12.6	0.9	56.5
700	10	$22.8\cdot e^{-9}$	35.4	0.4	0.056	0.009	4.8	0.6	0.1127	0.0059	17.1	38.5	18.4	15.1
830	10	$30.2\cdot e^{-9}$	37.5	0.1	0.024	0.006	6.8	0.3	0.0358	0.0018	24.6	70.9	223.9	5.1
930	10	$10.1\cdot e^{-9}$	46.7	0.8	0.038	0.014	7.8	0.5	0.0743	0.0082	28.2	79.6	206.7	19.3
1150	10	$23.8\cdot e^{-9}$	46.9	0.5	0.014	0.005	5.0	0.2	0.0767	0.0052	17.9	100.0	202.5	12.5

Примечание. *J* — параметр, характеризующий величину нейтронного потока.

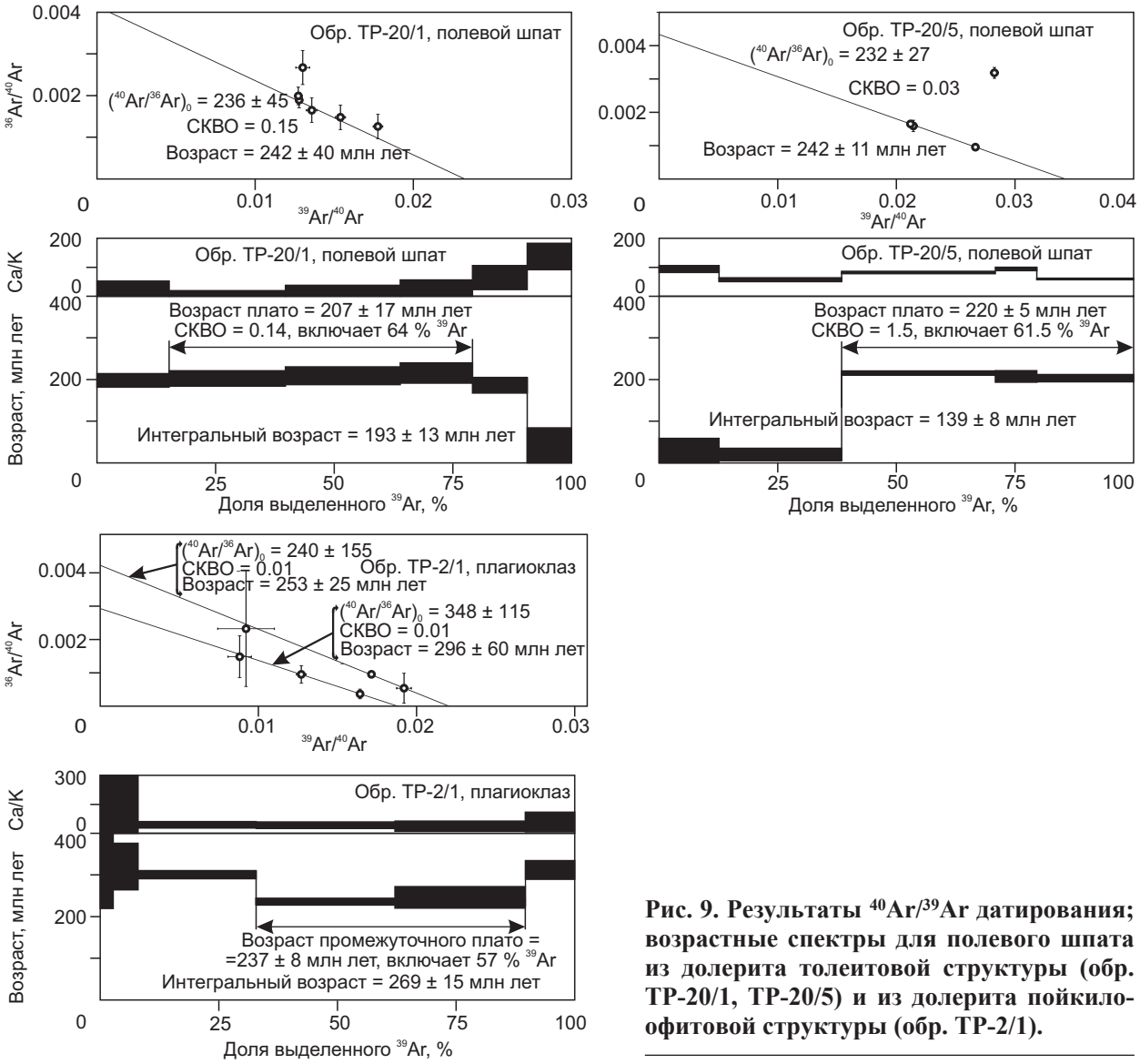


Рис. 9. Результаты $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирования; возрастные спектры для полевого шпата из долерита толеитовой структуры (обр. ТР-20/1, ТР-20/5) и из долерита пойкилоофитовой структуры (обр. ТР-2/1).

оценкой возраста закрытия изотопной системы и формирования полевого шпата является рассчитанный методом плато возраст 220 ± 5 млн лет.

Для полевого шпата из обр. ТР-2/1 долеритовой дайки т. н. ТР-2 получен возрастной спектр, в средней части которого выделяется промежуточное плато из двух ступеней, характеризующееся значением возраста 237 ± 8 млн лет и 57 % выделенного ^{39}Ar. На изохронной диаграмме экспериментальные точки формируют две линейных регрессии. Первая, включающая точки промежуточного плато, характеризуется значением возраста 253 ± 25 млн лет, что в пределах ошибки согласуется с возрастом плато, вторая — 296 ± 60 млн лет. Значение промежуточного плато рассчитано с меньшей ошибкой, можно считать его оценкой возраста закрытия изотопной системы плагиоклаза и формирования дайки, поскольку остывание породы на небольшой глубине было практически мгновенным.

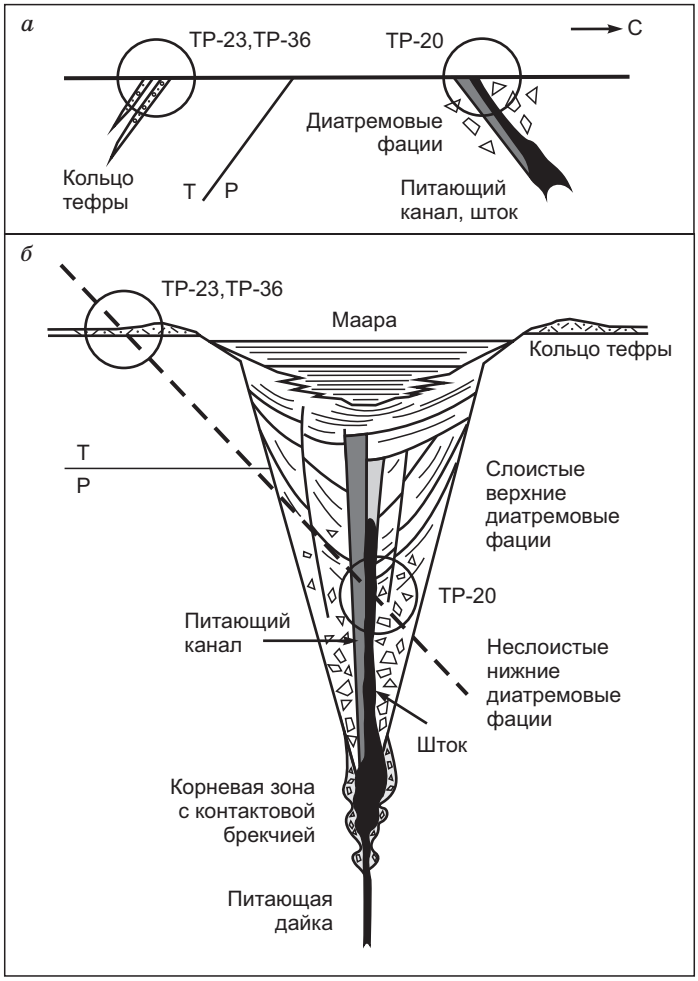
Таким образом, зафиксированы разновозрастные генерации долеритов с абсолютными значениями 220 ± 5 млн лет (ТР-20) и 237 ± 8 млн лет (ТР-2).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ состава и строения осадочных, вулканогенно-осадочных и магматических образований района исследований позволил сделать определенные выводы о генезисе и морфологии изученных тел. Полученные нами вещественно-структурные характеристики компактно расположенных магматических и вулканогенно-осадочных пород в поле терригенных осадков перми (т. н. ТР-20) подтверждают сделанный ранее [Геологическая…, 2017] вывод, что они представляют собой эрозионный срез вулка-

Рис. 10. Современный эрозионный срез (*а*) и схематическая идеализированная модель трубки взрыва, по [Милашев, 1984; Lorenz, Kurszlaukis, 2007] (*б*), отражающие пространственное взаимоотношения изученных объектов т. н. ТР-20 и ТР-23, ТР-36;

Т — нижнетриасовые, Р — пермские отложения.



нической постройки эксплозивного типа (трубка взрыва) (рис. 10). Помимо долеритов, которые составляют большую часть изученного тела, в его сложении участвуют брекчии с обломками субвулканических, эффузивных и осадочных пород, характерные для диатремовой части трубок [Милашев, 1984; Lorenz, Kurszlaukis, 2007]. Причем осадочные породы представлены алевропесчаниками вмещающей вулканическую постройку средневерхнепермской толщи, а магматические — долеритами жерловой фации трубки взрыва. Слоистый характер брекчий и значительное содержание в них продуктов вулканической деятельности (обломки стекол, туфов, эффузивных пород среднего—основного состава) позволяет отнести их к средним фациям трубки взрыва, где происходило смешение фрагментов пород корневой зоны, вмещающих отложений, выброшенных в результате эксплозии, и обломков различных изверженных пород.

Локальное распространение линзовидных туффитовых пластовых тел непосредственно в районе развития описанных образований трубки взрыва и идентичный с ними состав обломочных компонентов, контрастирующий с вмещающими отложениями, не оставляют сомнений в генетической связи этих геологических тел. Последние тем не менее отличаются некоторым проявлением окатанности обломков и большей долей терригенного материала, что указывает на определенную минералогическую и структурную зрелость осадков. Сопоставление состава и строения этих двух тел с учетом принятых моделей [Милашев, 1984; Lorenz, Kurszlaukis, 2007] позволяет предположить, что мы наблюдаем в современном эрозионном плане срез трубки взрыва, обнажающий ее диатремовые фации (т. н. ТР-20) и участок окружавшего маару кольца тефрового материала — переотложенного вулканогенного материала, смешанного с осадочным (т. н. ТР-23, ТР-36) (см. рис. 10). Проведенные замеры показали, что рассмотренные точки наблюдения разделены пермско-нижнетриасовыми отложениями общей мощностью 530 м (см. рис. 2), что вполне соответствует размерам небольшой трубки взрыва.

Определение стратиграфического положения изученных пластовых туффитовых образований, идентифицированных нами как окружающее трубку взрыва кольцо переотложенной тефры, позволяет зафиксировать время формирования постройки. Оно происходило во временном интервале позднего оленека, равном фазам Bajarunia euomphala–Parasibirites grambergi. Этот интервал соответствует 247—248.3 млн лет [Geologic…, 2020].

Следует отметить, что северо-западнее в районе р. Синнигес-Песчаная в поле развития средневерхнепермских образований исследователями также было отмечено несколько геологических тел, до нескольких сотен метров в поперечнике, сложенных различными вулканогенно-осадочными породами и интерпретированных как части трубок взрыва [Геологическая…, 2017]. Подобные парагенезы, с учетом отсутствия гипабиссальных магматических пород, характерны для верхних частей трубок взрыва [Милашев, 1984; Lorenz, Kurszlaukis, 2007]. О том же говорят и большие, чем для изученной трубки, диаметры эрозионных срезов, достигающие 400 м. Таким образом, в районе исследования может быть зафиксировано несколько разноуровневых срезов трубок взрыва, представляющих, вероятно, единую систему.

Получены возрастные датировки для изученных долеритов трубки взрыва (220 ± 5 млн лет) и дайки (237 ± 8 млн лет), расположенных в поле развития верхнекожевниковской свиты (средняя—верхняя пермь). Как уже говорилось, весь комплекс вулканогенных проявлений в данном регионе связывался с активной магматической деятельностью — трапповым магматизмом на рубеже перми и триаса. До недавнего времени считалось, что трапповый магматизм Сибирского кратона и бимодальный вулканизм Западно-Сибирской плиты и ее обрамления происходил синхронно в узком возрастном интервале [Reichow et al., 2009; и др.]. На сегодняшний момент в развитии Сибирской изверженной провинции выделяют три этапа: 255—265, 249—251, 230—243 млн лет [Добрецов и др., 2010]. Заключительный регрессивный этап остывания провинции характеризуется магматизмом пестрого состава, включающим ареалы дайковых комплексов лампрофиров и базитов, интрузии сиенит-граносиенитового и габбро-гранитового составов и редкометалльных гранитов [Добрецов и др., 2010; Ivanov et al., 2013, 2018].

Примером неоднократного проявления магматической активизации в смежном с юго-запада районе в палеозое—мезозое могут служить дайки и силлы катангского комплекса, прорывающие верхнюю пермь и нижний триас в пределах Анабарской антеклизы. K-Ar методом здесь было продатировано 12 интрузивных тел, абсолютный возраст которых охватывает временной интервал от нижней перми (262 ± 18 млн лет) до нижней юры (198 ± 4 млн лет). При этом 8 определений приходится на нижний—верхний триас (от 251 ± 15 до 209 ± 4 млн лет) [Государственная…, 2013]. Проявление среднепозднетриасового магматизма на других сопредельных с кряжем Прончищева территориях подтверждается рядом исследователей: на Южном Таймыре (Ar-Ar) — 220—230 млн лет [Walderhaug et al., 2005]; в ряде районов Сибирской платформы — 232.6 ± 7.4 млн лет (междуречье Марха—Вилюй) [Прокопьев и др., 2020], 239.1—242.8 млн лет (Ангара-Тасеевская синклиналь), 240.9 млн лет (плато Путорана) и 233.9—238.3 млн лет (Норильский район) [Ivanov et al., 2013, 2018]; среднепозднетриасовый этап магматической активности в низовье р. Лена (U-Pb изотопное датирование) — 234—236 млн лет (р. Булкур) [Летникова и др., 2014], 228 млн лет (р. Булкур) и 239 млн лет (о. Таас-Ары) [Граханов, Смелов, 2011]. Также довольно узким возрастным диапазоном характеризуются датировки детритового циркона в промышленных россыпях Анабарского алмазоносного района, что связывается с ладинско-карнийским тектономагматическим этапом, ответственным за формирование кимберлитов Куонамской минерагенетической зоны [Зайцев, 2001, Граханов, Смелов, 2011, Государственная…, 2016].

Таким образом, вышеприведенные примеры свидетельствуют о широком проявлении триасового магматизма на севере Сибирской платформы. Мы предполагаем, что в стратиграфическом верхнеоленекском положении осадочно-вулканогенных образований (т. н. ТР-23, ТР-36) и позднетриасовым возрастом долеритов из вулканического аппарата трубки взрыва (ТР-20) и дайкового тела (ТР-2), установленных на кряже Прончищева, нет противоречий. Эти образования представляются нам свидетельствами неоднократной тектономагматической активизации региона. В раннетриасовом времени она проявилась в формировании в районе исследований серии трубок взрыва. В среднетриасовое время накопилась мощная, порядка 200 м, терригенная толща [Попов и др., 2015, 2017]. В позднетриасовое время имело место формирование интрузивных тел, которые могли использовать как ослабленные зоны подводящих каналов трубок взрыва, так и проникающие в мезозой разломы, приуроченные к Прончищевскому поднятию [Конторович и др., 2013].

ВЫВОДЫ

На основе полученных новых данных предложена модель пространственного взаимоотношения вулканогенно-осадочных и магматических пород средней части хр. Прончищева. Показано, что изученные в точках ТР-20, ТР-23, ТР-36 вулканогенные, субвулканические и вулканогенно-осадочные образования в поле развития средневерхнепермских и нижнетриасовых терригенных толщ представляют собой элементы единого геологического тела, сформировавшегося в процессе эксплозивного вулканического события (трубка взрыва) и последующего внедрения штока долеритов. Прилегающие к слагающим большую часть постройки долеритам брекчии представляют собой смешение контактовых брекчий краевых частей трубки с диатремовыми разностадийными туфовыми и туффитовыми образованиями. Изученные в нижнетриасовых отложениях пластовые линзы туффитовых гравелитов (т. н. ТР-23, ТР-36) в предложенной модели интерпретированы как образования эродированного кольца тефры, окружающего внешнюю область трубки взрыва.

Литолого-стратиграфическими методами уточнено расчленение вмещающей вулканогенно-осадочные и магматические тела пермско-нижнетриасовой толщи. Впервые на кряже Прончищева прослежены все характерные для данного региона свиты нижнего триаса: улахан-юряхская, чекановская, ыстанахская и пастахская. Приуроченность пластовых туффитовых тел эродированного кольца тефры к ыстанахской свите, расположенной между биостратиграфически датированными горизонтами, позволяет определить возраст формирования трубки взрыва как начало позднего оленека (фазы Bajarunia euomphala–Parasibirites grambergi, 248.3—247.0 млн л. н.).

Полученные $^{40}Ar/^{39}Ar$ методом возрастные датировки долеритов диатремовой фации трубки взрыва (220 ± 5 млн лет) и одной из даек дайкового пояса (237 ± 8 млн лет) свидетельствуют о неоднократной тектономагматической активизации изученного района в раннем мезозое с внедрением штоковых и дайковых тел в ранее сформировавшиеся структуры. Эти возрастные значения хорошо согласуются с датированными ранее проявлениями интрузивного и эффузивного магматизма в других частях Сибирской платформы.

Исследования выполнены при поддержке проекта РНФ, № 19-17-00091-П и научно-методической поддержке ФНИ (FWZZ-2022-0004, FWZZ-2022-0005, FWZZ-2022-0008), а также по государственному заданию ИГМ СО РАН при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

ЛИТЕРАТУРА

Альмухамедов А.И., Медведев А.Я., Золотухин В.В. Вещественная эволюция пермотриасовых базальтов Сибирской платформы во времени и пространстве // Петрология, 2004, т. 12, № 4, с. 339—353.

Афанасенков А.П., Бордюг А.В., Никишин А.М., Танинская Н.В., Шиманский В.В., Бордунов С.И. Уточнение палеогеографии севера Сибирской платформы с учетом новых данных // Геология нефти и газа, 2018, № 2, с. 5—23.

Бяков А.С., Данукалова М.К., Кузьмичев А.Б., Соболев Е.С. Пермские двустворчатые моллюски кряжа Прончищева (север Сибири): новые данные по таксономическому составу, биостратиграфии и биогеографическим связям // Палеонтологический журнал, 2021, № 3, с. 24—34.

Государственная геологическая карта СССР. М-б 1 : 200 000. Серия Оленекская. Лист S-50-XIX, XX (р. Илья) / Ред. М.В. Михайлов. СПб, Картографическая карта ВСЕГЕИ, 1992.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист S-50–52 (Быковский) / А.В. Ванин, Р.О. Галабала, Г.В. Крутий, Л.Н. Набатова, А.В. Трещалов. Объяснительная записка. СПб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2001, 189 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Вилюйская. Лист R-51 (Джарджан) / Ред. А.П. Кропачев. Объяснительная записка. СПб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013, 397 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Анабаро-Вилюйская. Лист R-49 (Оленёк) / Под ред. В.Е. Руденко, Д.В. Назарова. Объяснительная записка. СПб., Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016, 296 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Лаптево-Сибироморская. Лист S-50 (Усть-Оленек) / Под ред. В.Ф. Проскурина, С.И. Шкарубо. Объяснительная записка. СПб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017, 264 с.

Граханов С.А., Смелов А.П. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология, 2011, № 5, с. 56—64.

Добрецов Н.Л., Борисенко А.С., Изох А.Э., Жмодик С.М. Термохимическая модель пермотриасовых мантийных плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородно- и редкометалльных месторождений // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (9), с. 1159—1187.

Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Карякин Ю.В., Кораго Е.А., Симонов В.А. Мезозойско-кайнозойский вулканизм и этапы геодинамической эволюции Центральной и Восточной Арктики // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1126—1144.

Зайцев А.И. О возрасте протолитов кимберлитов Якутии // Отечественная геология, 2001, № 5, с. 6—9.

Золотухин В.В., Виленский А.М., Дюжиков О.А. Базальты Сибирской платформы. Новосибирск, Наука, 1986, 255 с.

Константинов А.Г., Соболев Е.С., Ядренкин А.В. Стратиграфия триаса восточной части побережья моря Лаптевых и Новосибирских островов // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1028—1046.

Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин И.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротерозойско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 1253—1274.

Конторович В.А., Конторович А.Э., Моисеев С.А., Соловьев М.В. Структурно-тектоническая характеристика Лено-Анабарского региона // Геология нефти и газа, 2014, т. 55, № 1, с. 74—82.

Летникова Е.Ф., Изох А.Э., Николенко Е.И., Похиленко Н.П., Шелестов В.О., Джен Н., Лобанов С.С. Позднетриасовый этап магматической активности высококалиевого трахитового вулканизма

северо-востока Сибирской платформы: свидетельства в осадочной летописи // ДАН, 2014, т. 459, № 3, с. 327—331.

Милашев В.А. Трубки взрыва. Л., Недра, 1984, 268 с.

Попов А.Ю., Соболев Е.С., Ядренкин А.В. Строение и условия формирования осипайской и чайдахской свит (верхний триас) в районе кряжа Прончищева (Средняя Сибирь) // Изв. вузов. Геология и разведка, 2015, № 3, с. 15—19.

Попов А.Ю., Соболев Е.С., Ядренкин А.В. Литолого-фациальная характеристика и анализ цикличности среднего триаса кряжа Прончищева (север Средней Сибири) // Литосфера, 2017, № 5, с. 16—27.

Прокопьев А.В., Полянский О.П., Королева О.В., Васильев Д.А., Томшин М.Д., Ревердатто В.В., Новикова С.А. Среднепалеозойский и среднетриасовый импульсы траппового магматизма на востоке Сибирской платформы: результаты первых $^{40}Ar/^{39}Ar$-датировок долеритовых силлов // ДАН, 2020, т. 490, № 1, с. 7—11.

Обстановки осадконакопления и фации / Ред. Х. Рединг. М., Мир, 1990, 352 с.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное / Ред. А.И. Жамойда. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2019, 96 с.

Фролов В.Т. Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород. М., Изд-во Моск. ун-та, 1964, 310 с.

Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые, 1967, № 5, с. 86—103.

Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E. Intercalibration of $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating standards // Chem. Geol., 1996, v. 129, p. 307—324.

Geologic Time Scale 2020 / Eds. F.M. Gradstein, G.J. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Cambridge, United States, Elsevier, 2020, v. 1, 561 p.

Ivanov A.V., He H., Yang L., Nikolaeva I.V., Palesskii S.V. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of intrusive magmatism in the Angara-Taseevskaya syncline and its implication for duration of magmatism of the Siberian traps // J. Asian Earth Sci., 2009, v. 35, p. 1—12.

Ivanov A.V., He H.Y., Yan L.K., Ryabov V.V., Shevko A.Y., Palesskii S.V., Nikolaeva I.V. Siberian Traps large igneous province: Evidence for two flood basalt pulses around the Permo-Triassic boundary and in the Middle Triassic, and contemporaneous granitic magmatism // Earth Sci. Rev., 2013, v. 122, p. 58—76.

Ivanov A.V., Demonterova E.I., Savatenkov V.M., Perepelov A.B., Ryabov V.V., Shevko A.Y. Late Triassic (Carnian) lamproites from Noril'sk, polar Siberia: Evidence for melting of the recycled Archean crust and the question of lamproite source for some placer diamond deposits of the Siberian Craton // Lithos, 2018, v. 296—299, p. 67—78.

Lorenz V., Kurszlaukis S. Root zone processes in the phreatomagmatic pipe emplacement model and consequences for the evolution of maar–diatreme volcanoes // J. Volcanol. Geotherm. Res., 2007, v. 159 (1—3), p. 4—32.

McDonough W.F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chem. Geol., 1995, v. 120 (3—4), p. 223—253.

Reichow M.K., Pringle M.S., Al'Mukhamedov A.I., Allen M.B., Andreichev V.L., Buslov M.M., Davies C.E., Fedoseev G.S., Fitton J.G., Inger S., Medvedev A.Ya., Mitchell C., Puchkov V.N., Safonova I.Yu., Scott R.A., Saunders A.D. The timing and extent of the eruption of the Siberian Traps large igneous province: implications for the end-Permian environmental crisis // Earth Planet. Sci. Lett., 2009, v. 277 (1—2), p. 9—20.

Steiger R.H., Jäger E. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology // Earth Planet. Sci. Lett., 1977, v. 36, p. 359—362.

Walderhaug H.J., Eide E.A., Scott R.A., Inger S., Golionko E.G. Palaeomagnetism and $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology from the South Taimyr igneous complex, Arctic Russia: a Middle–Late Triassic magmatic pulse after Siberian flood-basalt volcanism // Geophys. J. Int., 2005, v. 163, p. 501—517.