

Мел-палеогеновые базальты и щелочные базальтоиды Юго-Восточной Монголии: 1. Распределение в пространственно-временном геолого-геохронологическом контексте позднего мезозоя и кайнозоя

И.С. Чувашова¹, Ю.С. Андреева², С.В. Рассказов^{1,2}

¹Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Характеризуются вулканические поля юго-востока Монголии вдоль профиля Мандалгоби – Дариганга как ключевой территории для понимания позднемезозойской и кайнозойской геологической эволюции Азии: позднекайнозойского Даригангского вулканического поля на восточном окончании профиля, мел-палеогеновых полей Средней Гоби его западного окончания и юрско-меловых вулканических пород вдоль всей его протяженности.

Ключевые слова: поздний мезозой, кайнозой, Азия, Монголия, трансенсия, вулканизм.

Cretaceous-Paleogene basalts and alkaline basaltoids from South-Eastern Mongolia: 1. Distribution in Spatial-Temporal Geological-Geochronological Context of the Late Mesozoic and Cenozoic

I.S. Chuvashova¹, Yu.S. Andreeva², S.V. Rasskazov^{1,2}

¹Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. Volcanic fields are described in southeastern Mongolia along the Mandalgobi – Dariganga profile as a key area for understanding the late Mesozoic and Cenozoic geological evolution of Asia: the late Cenozoic Dariganga volcanic field at the eastern end of the profile, the Cretaceous-Paleogene Middle Gobi fields at the western end, and the Jurassic-Cretaceous ones along its entire length.

Keywords: Late Mesozoic, Cenozoic, Asia, Mongolia, transtension, volcanism.

Введение

Для суждения о геологическом развитии Внутренней Азии в позднем мезозое и кайнозое показательны вулканические и вулканогенно-осадочные комплексы Юго-Восточной Монголии. На Карте геологических формаций Монгольской Народной Республики, составленной Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедицией АН СССР и АН МНР в масштабе 1:1500 000 под редакцией А.Л. Яншина (Карта..., 1989), стратиграфия обосновывается палеонтологическими данными

осадочных слоев. Определяется смена ассоциации мезозойских вулканических пород от кислого до основного состава кайнозойскими породами основного состава. После юрско-мелового этапа вулканизма и седиментации выделяется переходный позднемеловой-палеогеновый этап формирования бассейнов седиментации Южной и Средней Гоби – Гобийской плиты (Нагибина, 1975; Нагибина и др., 1977). Подобные вулканические и вулканогенно-осадочные комплексы приводятся на геологической карте Монголии, составленной в масштабе 1:1000 000 под редакцией О. Томуртого (Geological map..., 1999). В

позднем мезозое Юго-Восточной Монголии и сопредельного Китая выделяется нефтеносный Тамцагский бассейн, который какое-то время в кайнозой также обеспечивается сносом материала с юга (со стороны Китая). В конце кайнозоя образуется хр. Нукут-Дабан и структура Тамцагского бассейна оформляется в виде Тамцагского предгорного прогиба этого хребта (Сырнев и др., 1986). Особый интерес представляет тектоническое развитие территории при переходе от позднего мезозоя к позднему кайнозою – в мелу и палеогене.

К настоящему времени в Юго-Восточной Монголии получены представительные данные пока только для позднекайнозойского Даригангского вулканического поля (Влодавек, 1950, 1955; Салтыковский, Геншафт, 1985; Чувашова и др., 2012; Чувашова, Рассказов, 2023; Рассказов и др., 2023, 2024а; Rasskazov et al., 2024b). Для мел-палеогеновых Мандалгобийского и Ундэршилского вулканических полей Средней Гоби и поля Алтан-Ширэ приведена краткая информация в Каталоге включений глубинных пород и минералов в базальтах Монголии (Геншафт, Салтыковский, 1990). По единообразному низкому К/Та отношению вулканических пород предполагается происхождение всего мел-палеогенового среднегобийского вулканизма из источника одного типа, соответствующего материалу остаточного слэба (Рассказов и др., 2012).

В последние годы опубликованы обзорные статьи по разновозрастным вулканическим породам позднего мезозоя и кайнозоя Монголии с обозначением различных источников вулканизма (Bars et al., 2017, 2018; Togtokh et al., 2019; Ярмолук и др., 2020; Кузнецов и др., 2022; Papadopoulou et al., 2024). Основной мотив авторов заключается в определении общности всех процессов мезозойско-кайнозойской геологической эволюции Монголии, не требующей конкретных разработок геодинамических схем территорий. Из-за краткости публикаций при захвате обширной территории конкретная геологическая характеристика вулканических полей Юго-Восточной Монголии в этих работах, однако, отсутствует. Между тем, анализ источников вулканических пород с учетом моделей

сейсмической томографии ведет к конкретным построениям пространственно-временной активности мантийных расплавных аномалий Центральной и Юго-Восточной Монголии (Чувашова и др., 2017; Rasskazov, Chuvashova, 2017).

Полевые исследования вулканических полей позднего мезозоя и кайнозоя Юго-Восточной Монголии проводились авторами настоящей работы в 2008–2010 гг. Результаты первого анализа полученных геологических, геохронологических и геохимических данных (Чувашова, Ершов, 2008; Рассказов и др., 2012; Чувашова и др., 2012) дополнялись в последующие годы новыми аналитическими материалами с отработкой вопросов, связанных с характером пространственно-временной смены источников вулканизма конкретных территорий. Сравнительное изучение вулканических пород позднего мезозоя и кайнозоя концентрировалось на юго-востоке Монголии вдоль профиля Мандалгоби–Дариганга как ключевой территории для понимания геологической эволюции позднего мезозоя и кайнозоя Азии.

Цель статьи – представить геологический очерк разновозрастных вулканических полей территории с акцентом на мел-палеогеновые вулканические поля Средней Гоби для того, чтобы в двух последующих статьях проанализировать геохимические данные и обосновать особую роль источников мел-палеогеновых расплавных аномалий на новейшем геодинамическом этапе, проявившимся в тектоносфере, астеносфере и литосфере.

Строение вулканических и вулканогенно-осадочных комплексов

Профиль территории исследований протягивается на расстояние около 600 км, от самона Мангал-Гоби до самона Дариганга. На восточном окончании профиля находится позднекайнозойское вулканическое поле Дариганга, на западном – мел-палеогеновые вулканические поля.

В пространственно-временном распределении вулканизма позднего мела и кайнозоя Южной и Средней Гоби определяется важнейшая роль структурной среднеэоценовой перестройки глубинных процессов. Мел-палеоцен-среднеэоценовые вулканические

поля Даланзадгад-Улан-Цаб-Худукской, Средне-Гобийской зон и поля Алтан-Ширэ расширяются на западе, в Южной Гоби, и выклиниваются на востоке, в Средней Гоби, не достигая, однако, позднекайнозойского Даригангского вулканического поля. Вдоль профиля Мандалгоби – Дариганга наблюдаются контрастное соотношение между

Южно-Средне-Гобийским мел-палеоцен-среднеэоценовым вулканическим клином и позднекайнозойским Даригангским вулканическим полем, тогда как среднеэоценовая-олигоценовая зона вулканических полей Южной Гоби переходит к пост-олигоценовым вулканическим полям Хангайской орогенной провинции постепенно (рис. 1).

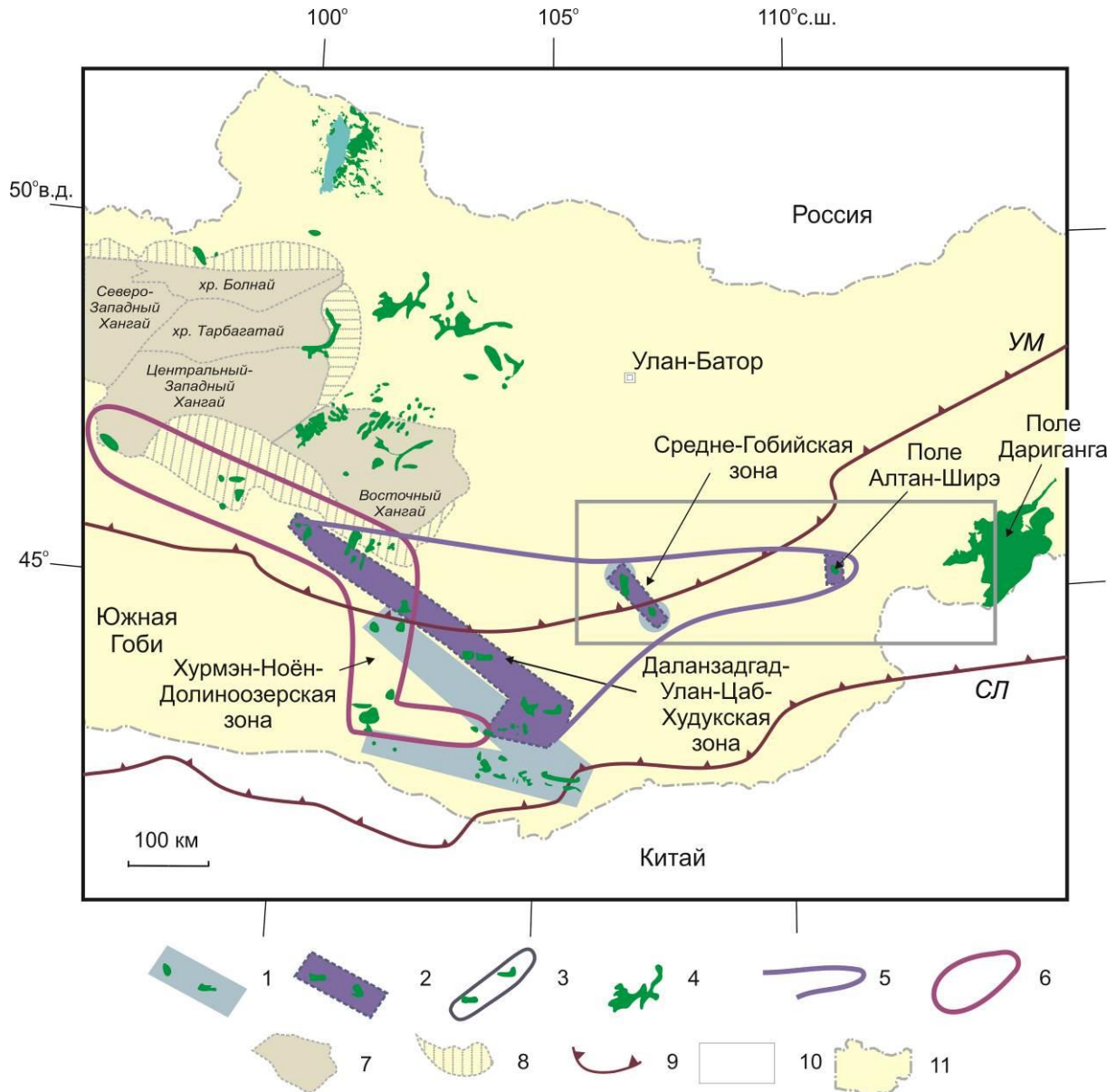


Рис. 1. Линейные зоны вулканизма Центральной и Юго-Восточной Монголии (Рассказов и др., 2012 с изменениями). 1–3 – линейная зона: 1 – позднемеловая, 2 – палеоцен-среднеэоценовая, 3 – среднеэоценовая-олигоценовая; 4 – постолигоценовые вулканические поля; 5–6 – структурная перестройка расплавных аномалий от выклинивающихся к востоку мел-палеоцен-среднеэоценовых вулканических полей Даланзадгад-Улан-Цаб-Худукской, Средне-Гобийской зон и поля Алтан-Ширэ (5) к распространению вулканических полей от среднеэоценовой-олигоценовой зоны к постолигоценовым вулканическим полям Хангайской провинции (6); 7 – позднекайнозойский Хангайский ороген; 8 – его пограничные структуры (Корина, 1982); 9 – шов закрывшегося палеоокеана (УМ – Урало-Монгольского, СЛ – Солонкерского); 10 – профиль Мандалгоби – Дариганга; 11 – территория Монголии.

Fig. 1. Linear zones of volcanism in Central and South-Eastern Mongolia. Modified after Rasskazov et al. (2012). 1–3 – linear zones: 1 – Late Cretaceous, 2 – Paleocene – Middle Eocene, 3 – Middle Eocene – Oligocene; 4 – Post-Oligocene volcanic fields; 5–6 – structural reorganization of melting anomalies from the Cretaceous-Paleocene-Middle Eocene volcanic fields of the Dalanzadgad-Ulan-Tsab-Khuduk, Middle Gobi zones and the Altan-Shire field (5) wedging out to the east to the propagating volcanic fields from the Middle Eocene-Oligocene zone to the post-Oligocene volcanic fields of the Hangay province (6); 7 – late Cenozoic Hangay orogenic province; 8 – its boundary structures (Korina, 1982); 9 – suture of a closed paleocean (УМ – Ural–Mongolian, СЛ – Solonker); 10 – Mandagobi – Dariganga profile; 11 – Mongolian territory.

Позднекайнозойское Даригангское вулканическое поле

Представительные данные о строении этого вулканического поля приводятся В.И. Влодавцом (1950, 1955) (рис. 2). На слабо расчлененной территории выделяется более 200 вулканических конусов, сложенных лавами и пирокластическим материалом.

Большинство конусов имеет кратеры (рис. 3а,б). Самый молодой считается вулканический конус Дзотол, образовавшийся в северо-восточной части поля Дариганга в позднем плейстоцене (рис. 3в). В условиях пустыни Гоби пирокластические отложения конусов часто перекрыты лессовидными отложениями (рис. 3г).

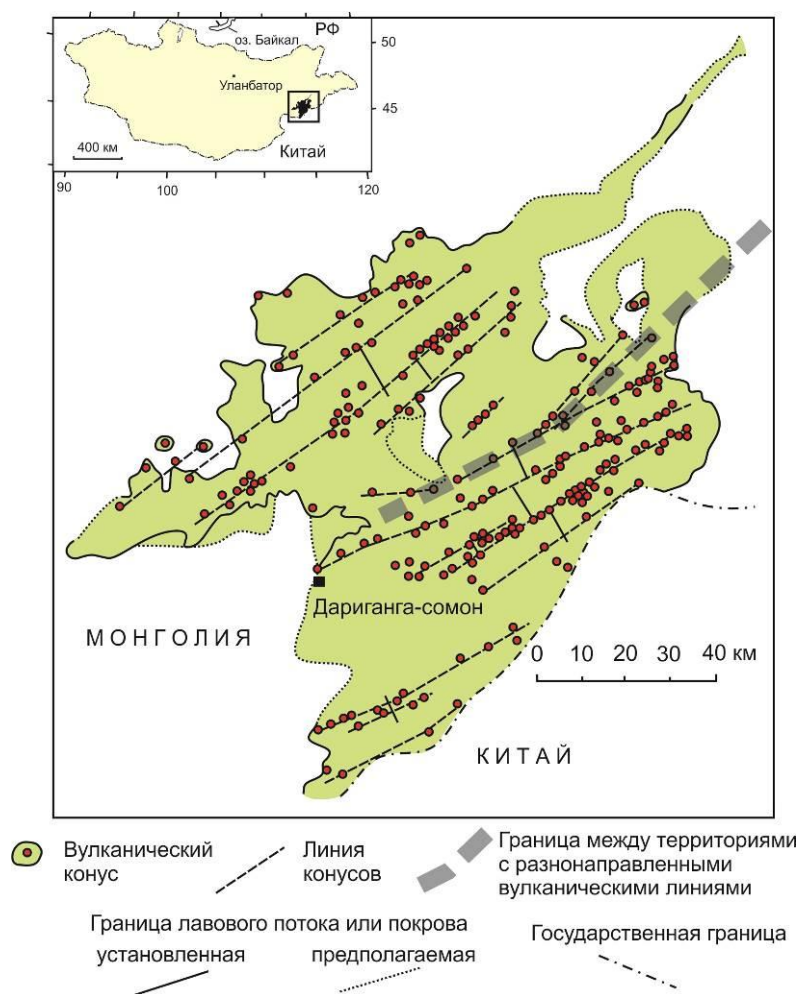


Рис. 2. Линейное распределение вулканических построек поля Дариганга. Схема приведена по работе (Влодавец, 1955) с изменениями и дополнениями.

Fig. 2. Linear distribution of volcanic edifices of the Dariganga field. The scheme is modified after (Vlodavets, 1955).



Рис. 3. Вулканы позднекайнозойского поля Дариганга. *а–б* – вулканические конусы на слабо расчлененной поверхности; *в* – самый молодой шлаковый конус Дзотол и связанный с ним лавовый поток; *г* – пирокластический материал вулканического конуса, вскрытый карьером.

Fig. 3. Volcanoes of the Late Cenozoic Dariganga field. *a–b* – volcanic cones on a slightly dissected relief; *в* – the youngest cinder cone Dzotol and associated lava flow; *г* – pyroclastic material of a volcanic cone exposed by a quarry.

По пространственному распределению построек вулканическое поле разделяется на две половины: северо-западную, в которой постройки контролируются разломами северо-восточной ориентировки (азимут 45°), и юго-восточную, в которой постройки контролируются разломами восточно-северо-восточной ориентировки (азимут 30°). В отдельных фрагментах северо-западной половины поля намечаются короткие (до 15 км) линии построек с азимутом 30° и 70° . Структура северо-западной половины поля связывается с опусканием рифтовых впадин, а юго-восточная – с поднятием хр. Нукут-Дабан (Чувашова и др., 2012).

По результатам представительного опробования Даригангского вулканического поля разрабатывается систематика пород с учетом пространственного распределения вулканов (Чувашова и др., 2012; Рассказов и др.,

2024а). Выделяются зоны высоко-Mg вулканических пород – базанитов (11.0–15.8 мас. % MgO): субширотная (СШ-зона) и северо-восточная (СВ-зона). СШ-зона непрерывно трассируется от вулкана Авгойт-Ула на западе до вулкана Сэнджитийн-Ундэр на востоке, на расстояние не менее 110 км, а СВ-зона – фрагментируется от вулкана Авгойт-Ула на юго-западе до вулкана Бурхант на северо-востоке, на расстояние 85 км. Ширина обеих зон достигает 10 км. Первая зона находится в основном в юго-восточной половине поля и протягивается в юго-западную часть северо-западной половины (рис. 4). Вторая зона полностью соответствует северо-западной половине поля и, таким образом, пространственно входит в Тамцагский предгорный прогиб хр. Нукут-Дабан.

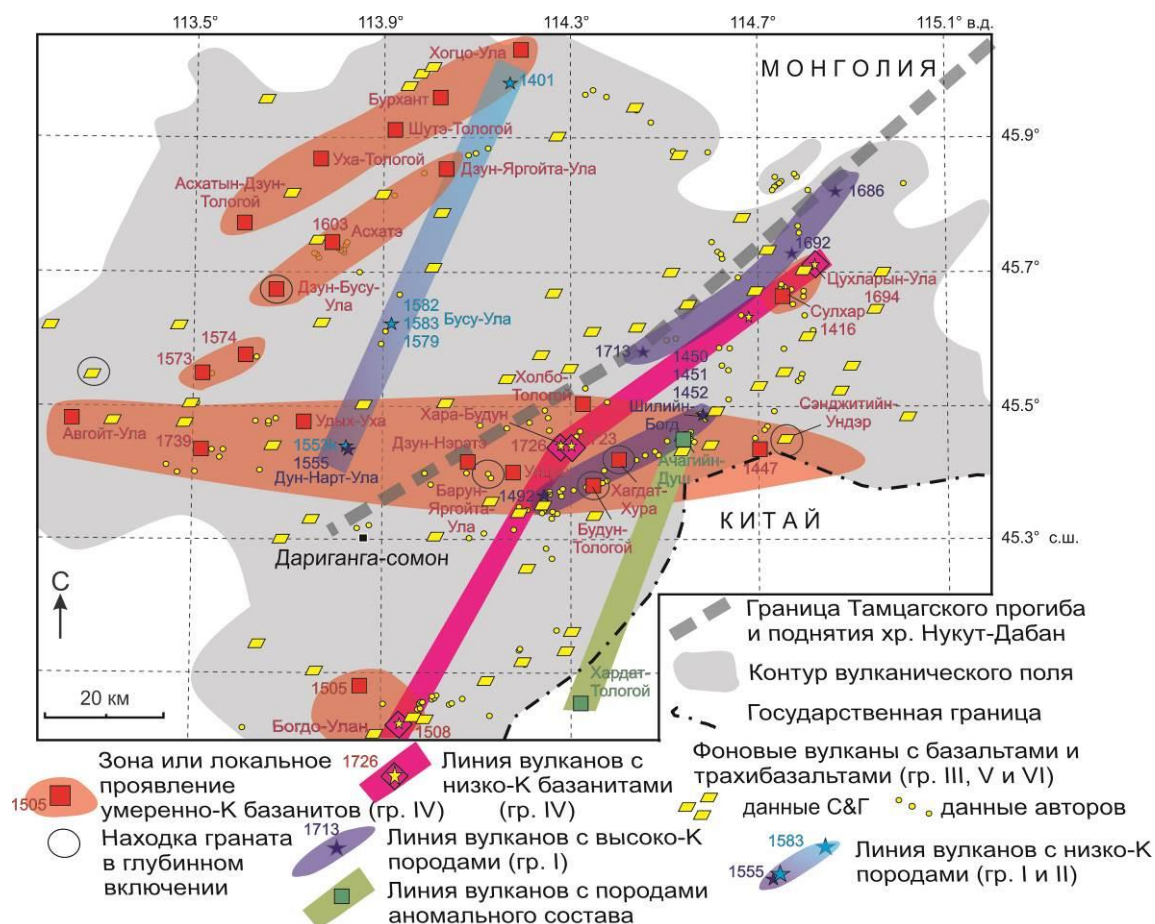


Рис. 4. Схема пространственного распределения вулканов типа Асхатэ с умеренно-калиевыми базанитами (IV группа), Хара-Будунского типа с низкокалиевыми базанитами (IV группа), Шилийн-Богдского типа с породами I группы и Дун-Нарт-Улинский типа с породами II группы (Расказов и др., 2024а; Rasskazov et al., 2024b). Породы аномального состава линии Хардат-Тологой – Ачагийин-Душ содержат 7.8–11.2 мас. % MgO при La/Yb = 11.8–15.2. Для обозначения фоновых вулканов с базальтами и трахибазальтами (группы III, V и VI) используются данные по петрогенным оксидам С&Г (Геншафт, Салтыковский, 1990; Салтыковский, Геншафт, 1985).

Fig. 4. Scheme of spatial distribution of volcanoes: Askhate type with moderate-K basanites (group IV), the Khara-Budun type with low-K basanites (group IV), Shiliin-Bogd type with rocks of group I, and Dun-Nart-Ula type with rocks of group II (Rasskazov et al., 2024a,b). Rocks of the anomalous compositions from the Hardat-Tologoy – Achagiin-Dush line contain 7.8–11.2 wt % MgO at La/Yb = 11.8–15.2. To designate background volcanoes with basalts and trachybasalts (groups III, V, and VI) off sampling sites, major oxide data after S&G (Genshaft, Saltykovsky, 1990; Saltykovsky, Genshaft, 1985) are used.

По всей протяженности СШ-зоны вулканические породы содержат включения граната. На вулканах северо-восточной зоны включения граната отсутствуют, кроме находки на вулкане Авгойт-Ула, расположенном на взаимном пересечении зон высоко-Mg вулканических пород. Распространение мантийных включений этого типа свидетельствует о поднятии более глубинного литосферного материала в СШ-зоне высоко-Mg вулканических пород, чем в СВ-зоне. Именно в СШ-зоне находятся наиболее крупные

вулканические постройки и самая высокая из них – постройка Шилин-Богд (1778 м).

СВ-зона высоко-Mg вулканических пород продолжается по простиранию умеренно-Mg базальтами, образующими апофизы поля Дариганга: юго-западную – около 25 км и северо-восточную – до 90 км. Апофизы распространяются вдоль Тамцагского предгорного прогиба в северо-восточном направлении на 200 км. СШ-зона высоко-Mg вулканических пород характеризуется резким ограничением на западе, но, возможно, продолжается на востоке в пределах вулканического поля Абага

территории Китая. Двустороннее дистальное распределение извержений северо-восточной зоны отражает развитие вулканизма вдоль предгорного прогиба, а их резкое западное ограничение в субширотной зоне свидетельствует о резком ограничительном контроле вулканизма этой же структурой.

Вулканизм Даригангского поля начинается около 15 млн лет назад на северном окончании 500-километровой зоны Дачи, включающей поля Абага, Дайлинон и Чифэн сопредельной северной территории Китая (Чувашова и др., 2012; Чувашова, Рассказов, 2023; Рассказов и др., 2023, 2024а; Rasskazov et al., 2024b и ссылки в этих работах).

Мел-палеогеновые поля вулканических и субвулканических пород Средней Гоби

Мандалгобийское и Ундэршилское поля вулканических и субвулканических пород образуют зону северо-западного простирания протяженностью около 150 км. Кулисное расположение этих полей свидетельствует об их общем структурном контроле правосторонней зоной транстенсии, ориентированной в северо-западном направлении. В то же время поля располагаются в контуре локальной Южно-Монгольской низкоскоростной аномалии скоростей S-волн, выделенной в модели Т.Б. Яновской и В.М. Кожевникова на глубине около 200 км (рис. 5) (Чувашова, Ершов, 2009; Рассказов и др., 2012).

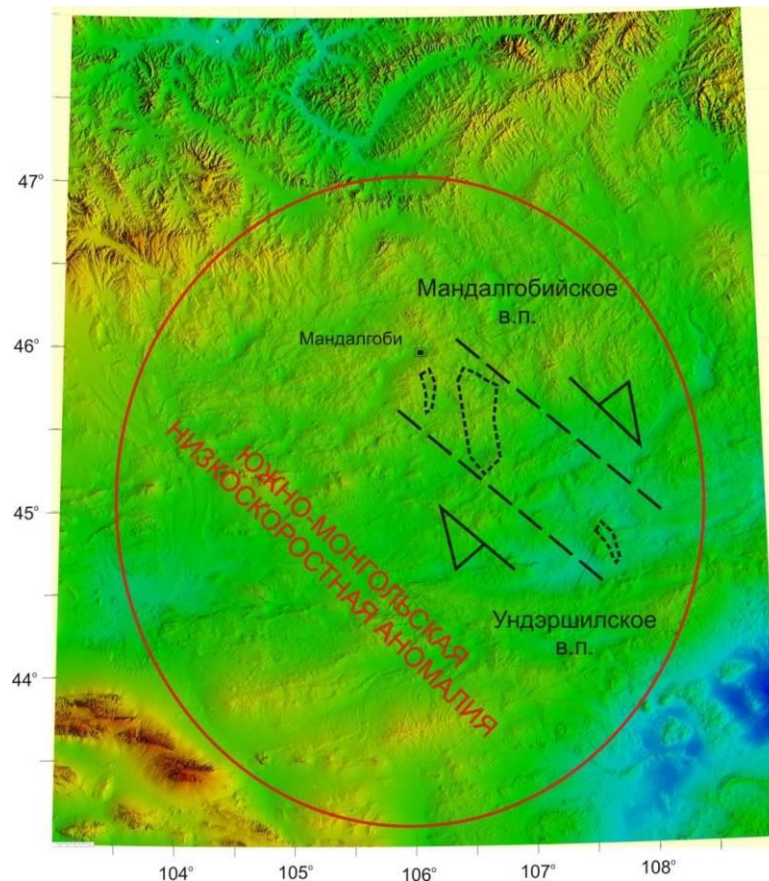


Рис. 5. Пространственное положение магматических кулис Ундэршилского и Мандалгобийского полей в пределах контура локальной Южно-Монгольской низкоскоростной аномалии скоростей S-волн, обозначенной на глубине около 200 км (Рассказов и др., 2012). Ее контур показан по модели (Yanovskaya, Kozhevnikov, 2003).

Fig. 5. Spatial position of magmatic coulisces of the Undershil and Mandalgobi fields within the contour of the local South Mongolian low-velocity anomaly of S-wave velocities designated at a depth of about 200 km (Rasskazov et al., 2012). Its contour is shown after (Yanovskaya, Kozhevnikov, 2003).

Ундэршилское вулканическое поле располагается между аймачными центрами Мандалгоби и Сайн-Шанд, примерно в 70 км к юго-западу от сомона Ундэр-Шил. Его площадь составляет около 200 км². На нем насчитывается более 40 базальтовых останцов

(рис. 6). Базальты прорывают мощные карбонатные отложения позднего рифея, перекрытые верхнепалеозойскими толщами, в том числе вулканогенными (Геншафт, Салтыковский, 1990).

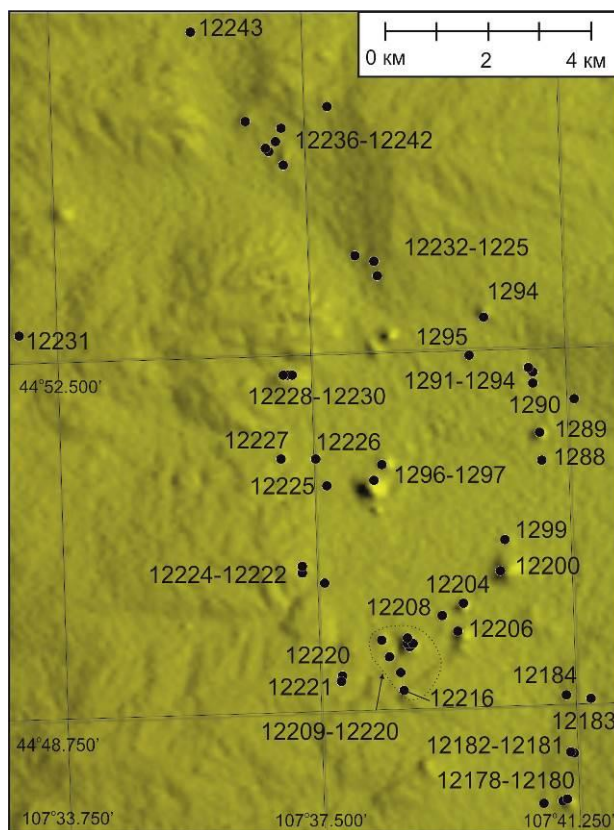


Рис. 6. Точки опробования Ундэршилского вулканического поля (обр. от MN-08-12160 до MN-08-12243). Для упрощения схемы здесь и далее часть обозначения образцов «MN-08» не показана. Начальные точки находятся за южной границей территории.

Fig. 6. Sites of sampling in the Under-Shil volcanic field (samples from MN-08-12160 to MN-08-12243). For simplification of the figure, the sample notation «MN-08» is omitted. The starting points are located at the southern boundary of the territory.

Скальные обнажения базальтов образуют небольшие сглаженные холмы или конусообразные сопки, сложенные столбчатыми и плитчатыми породами вулканической и субвулканической фаций. Последние представлены некками и пространственно связанными с ними дайками. Базальты – хорошо раскристаллизованные или тонкозернистые, нередко порфиоровые плотные породы темно-серого цвета. В субвулканической фации пористость в породах отсутствует.

Обнаженный пьедестал одного из безымянных вулканов восточной окраины Ундэршилского поля (т.н. 12200) образуют рыжие

кластотуфы (рис. 7а). В основании туфов наблюдается слой трещиноватых голубовато-серых базальтов, испещренных карбонатными прожилками. В верхней части этого слоя базальты последовательно сменяются линзами желтовато-коричневых, серых, а затем бордовых туфов, переходящих в материал с обломками (рис. 7в). В туфы включены овальные обломки вулканического стекла (рис. 7б), вулканические бомбы (рис. 7г), обломки массивных и пористых базальтов (рис. 7в, д), коровых и глубинных (зеленых вебстеритовых) ксенолитов (рис. 7д, е).



Рис. 7. Кластотуфы вулкана на восточной окраине Ундэршилского вулканического поля (т.н. 12200). *а-б* – общий вид вулкана (*а*) и кластотуфа (*б*); *в* – переход от нижнего базальтового слоя к слою кластотуфа; *г* – бомба в кластотуфе; *д* – обломки массивных и пористых базальтов в кластотуфе; *е* – зеленый вебстеритовый ксенолит в кластотуфе.

Fig. 7. Clastotuffs of a volcano on the eastern edge of the Undershil volcanic field (site 12200). *a-b* – general view of the volcano (*a*) and clastotuff (*b*); *c* – transition from the lower basaltic layer to the clastotuff one; *d* – bomb within the clastotuff; *e* – green websterite xenolith in the clastotuff.

В целом на Ундэршилском вулканическом поле сочетаются выступающие в рельефе эродированные субвулканические тела (некки и дайки) и останцы наземных

вулканических построек, сложенные кластотуфами и потоками пористых базальтовых лав.

Мандалгобийское вулканическое поле занимает территорию юго-восточнее аймачного центра Мандалгоби и включает два разобщенных (юго-восточный и северо-западный) фрагменты с общей площадью около 600 км². Фундамент слагают позднерифейские карбонатные породы, выше которых залегают верхнепалеозойские вулканические породы среднего состава. Базальты представляют собой плотные, мелкозернистые, хорошо раскристаллизованные породы. В юго-

восточном фрагменте поля в них найдены глубинные ксенолиты, а также мегакристаллы плагиоклаза и пироксена (Геншафт, Салтыковский, 1990).

Юго-восточный фрагмент Мандалгобийского вулканического поля имеет площадь 20×13 км. Пористость в породах и слоистость в обнажениях отсутствует. Тела находятся в субвулканическом залегании. Насчитывается более 60 отдельных тел (рис. 8).

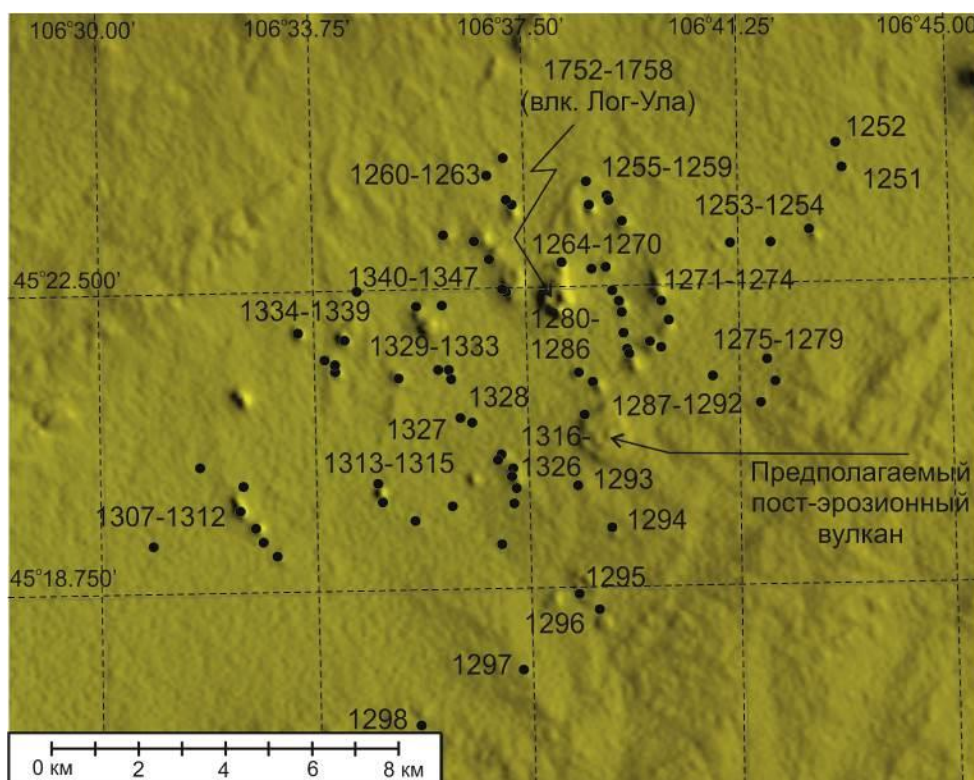


Рис. 8. Точки опробования юго-восточного фрагмента Мандалгобийского вулканического поля (обр. от MN-08-1251 до MN-08-1348). Для упрощения схемы часть обозначения образцов «MN-08» не показана. Последняя точка находится за северной границей территории.

Fig. 8. Sites of sampling in the south-eastern fragment of the Mandalgobi volcanic field (samples from MN-08-1251 to MN-08-1348). For simplification of the figure, the sample notation «MN-08» is omitted. The last site is located beyond the northern boundary of the area.

Субвулканическое тело южной части юго-восточного фрагмента Мандалгобийского вулканического поля (т.н. 1316–1321) имеет зональное строение. Оно удлинено в субмеридиональном направлении. Ядро, состоит из пород с тонкостолбчатой прямой субвертикальной отдельностью, прорванных рыжими

клатотуфами. Оно окружено зоной пород с тонкоплитчатой отдельностью. В восточной и южной частях тела тонкие субвертикальные столбы образуют периферическую зону, сменяющуюся зоной субгоризонтальных и наклоненных столбов (рис. 9а–д).

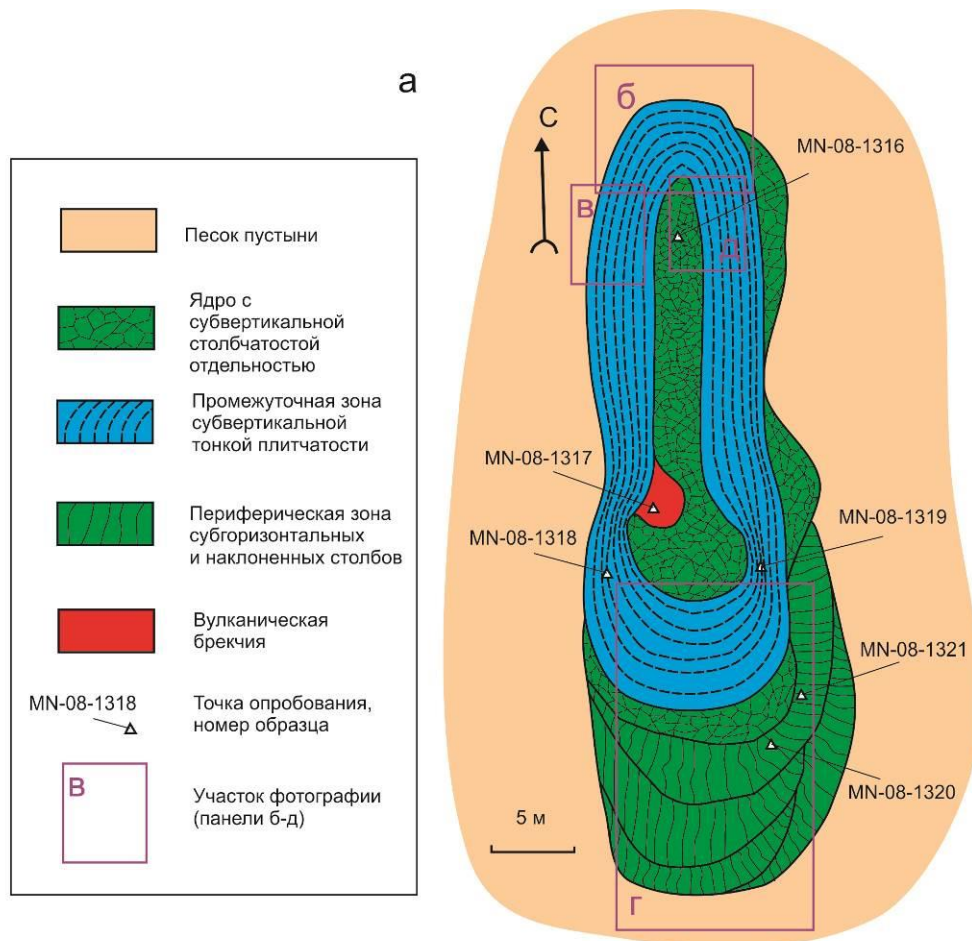


Рис. 9. Схема опробования зонального субвулканического тела в южном фрагменте Мандалгобийского поля (а) и фотографии его обнажений (б–д). б – вид северной оконечности; в – зона тонкой субвертикальной плитчатости в северо-западной части; г – сечение всех зон в южной части; д – контакт субвертикальных тонких столбов ядра с зоной тонкоплитчатой отдельности в северо-восточной части. Зональное тело находится в южной части Мандалгобийского вулканического поля (т.н. 1316–1321, местоположение см. на рис. 8).

Fig. 9. Scheme of sampling of a zonal subvolcanic body in the southern fragment of the Mandalgobi field (a) and photographs of its outcrops (б–д). б – view of the northern end; в – zone of thin subvertical slabby structure in the northwestern part; г – section of all zones in the southern part; д – contact of subvertical thin core columns with the zone of thin slabby jointing in the northeastern part. The zonal body is located in the southern part of the Mandalgobi volcanic field (sites 1316–1321 in Fig. 8).

Субвулканические тела с тонкой прямой субвертикальной столбчатостью распространены на южной окраине Мандалгобийского вулканического поля (рис. 10а–в) при преобладающей роли субвулканических тел, сложенных породами с комковатой и

толстоплитчатой (нередко веерообразной) отдельностью (рис. 10г). В северной части юго-восточного фрагмента Мандалгобийского поля прослеживается дайка, обозначающая внедрение базальтового расплава в структуру пулл-апарт (рис. 11а,в).

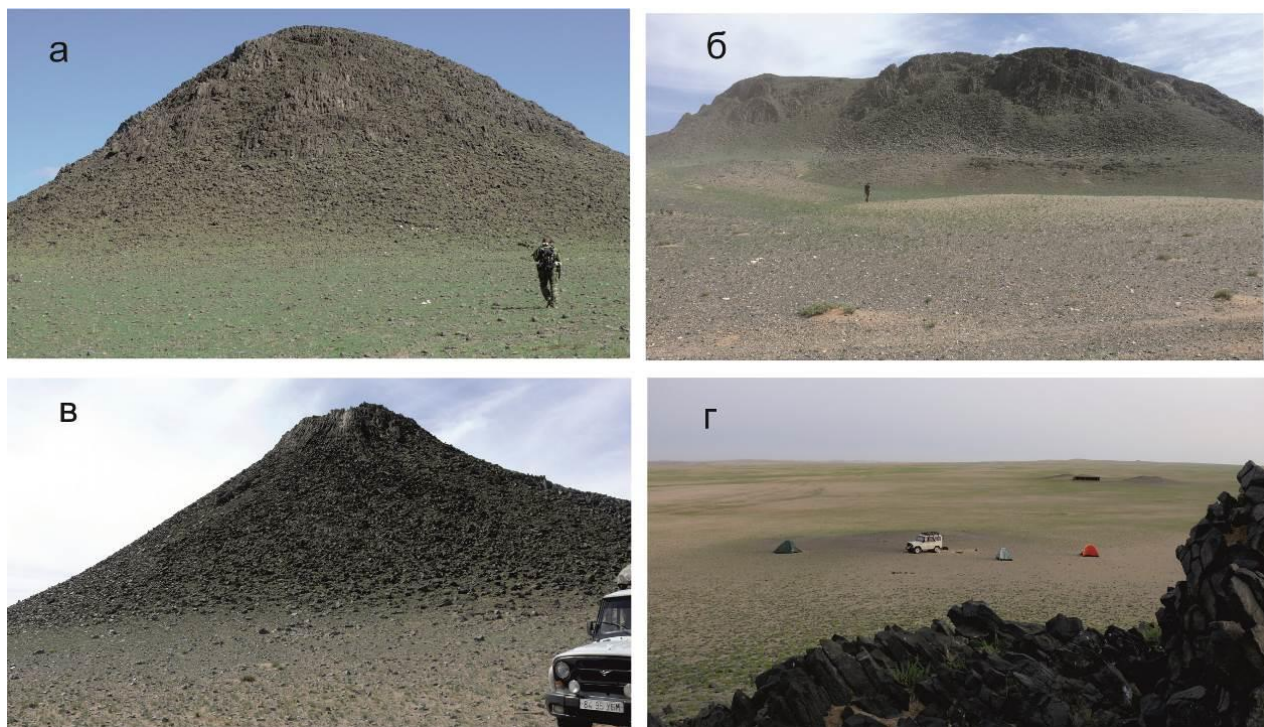


Рис. 10. Субвулканические тела с тонкой субвертикальной столбчатостью: а – отдельное тело без отклонений столбов от субвертикального положения (т.н. 1337); б – удлиненное тело со слабо намечающимся веером тонких столбов (т.н. 1310); в – вершина субвулканического тела со сходящимся кверху веером тонких столбов («стул дьявола») (т.н. 1313); г – на переднем плане типичная толстоплитчатая веерообразная отдельность пород с заворотами на вершине отпрепарированного субвулканического тела на северо-восточной окраине юго-восточного фрагмента Мандалгобийского вулканического поля (т.н. 1251). Местоположение точек наблюдения см. на рис. 8.

Fig. 10. Subvolcanic bodies with thin subvertical columnarity: а – separate body with no deviations of columns from the subvertical position (site 1337); б – elongated body with a slightly outlined fan of thin columns (site 1310); в – top of subvolcanic body with a fan of thin columns converging upward (“devil’s chair”) (site 1313); г – in the foreground, typical thick-slab fan-shaped jointing of rocks with turns at the top of a exposed subvolcanic body on the northeastern edge of the south-eastern fragment of the Mandalgobi volcanic field (site 1251). Location of sites is shown on Fig. 8.

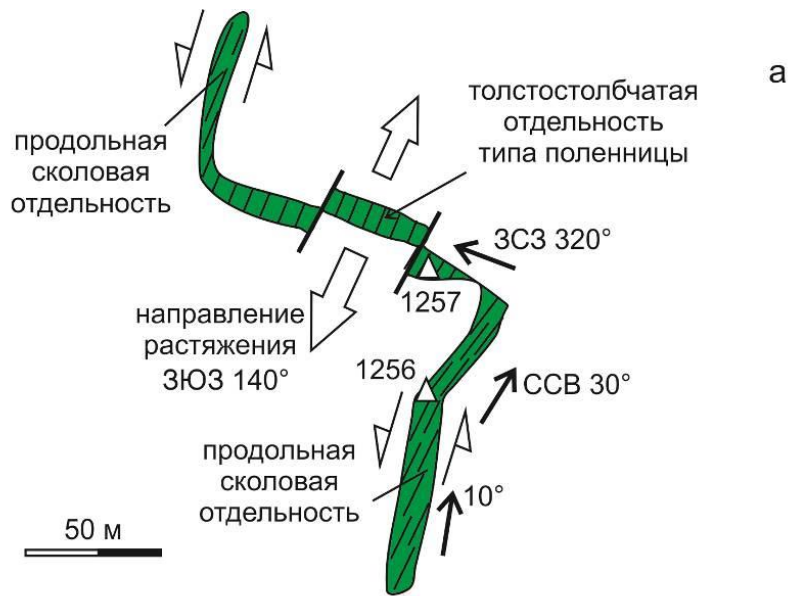


Рис. 11. Схема опробования дайки в северо-восточной части юго-восточного фрагмента Мандалгобийского поля (а) и фотографии его обнажений (б, в). Магматическими расплавами обозначается структура пулл-апарт. Местоположение т.н. 1256 и 1257 см. на рис. 8.

Fig. 11. Scheme of dike sampling in the northeastern part of the southeastern fragment of the Mandalgobi field (a) and photographs of its outcrops (b, v). The pull-apart structure is marked by magmatic melts. The location of the sites 1256 and 1257 is shown in Fig. 8.

Поскольку в породах всех изученных базальтовых тел юго-восточного фрагмента Мангалгобийского поля поры отсутствуют, предполагается, что они образовались в субвулканических условиях. Исключение составляют вулканическое сооружение Лог-Ула (рис. 12а) – крупный вулкан в юго-восточном фрагменте Мандалгобийского поля размером 2.0×1.5 км и подобное по размерам округлое в плане сооружение в центральной части этого фрагмента (местоположение на рис. 8). На вулкане Лог-Ула под излившимся лавовым потоком обнажается горизонт коричневатых песчаников (рис. 12б,в). В слое

кластотуфов наблюдаются овальные базальтовые обособления (подушечные лавы) (рис. 12г). В обнажениях распространены пористые базальты, частично заполненные карбонатом (рис. 12д). Порами насыщены практически все базальты, слагающие постройку. Эффектно выглядят пористые базальты с тонкой субвертикальной плитчатой отдельностью, простирающейся на северо-запад (рис. 12е,ж). Рассекающие вулкан северо-западные дайки с субгоризонтальной тонкостолбчатой отдельностью типа поленницы сложены массивными породами без пор (рис. 12з).

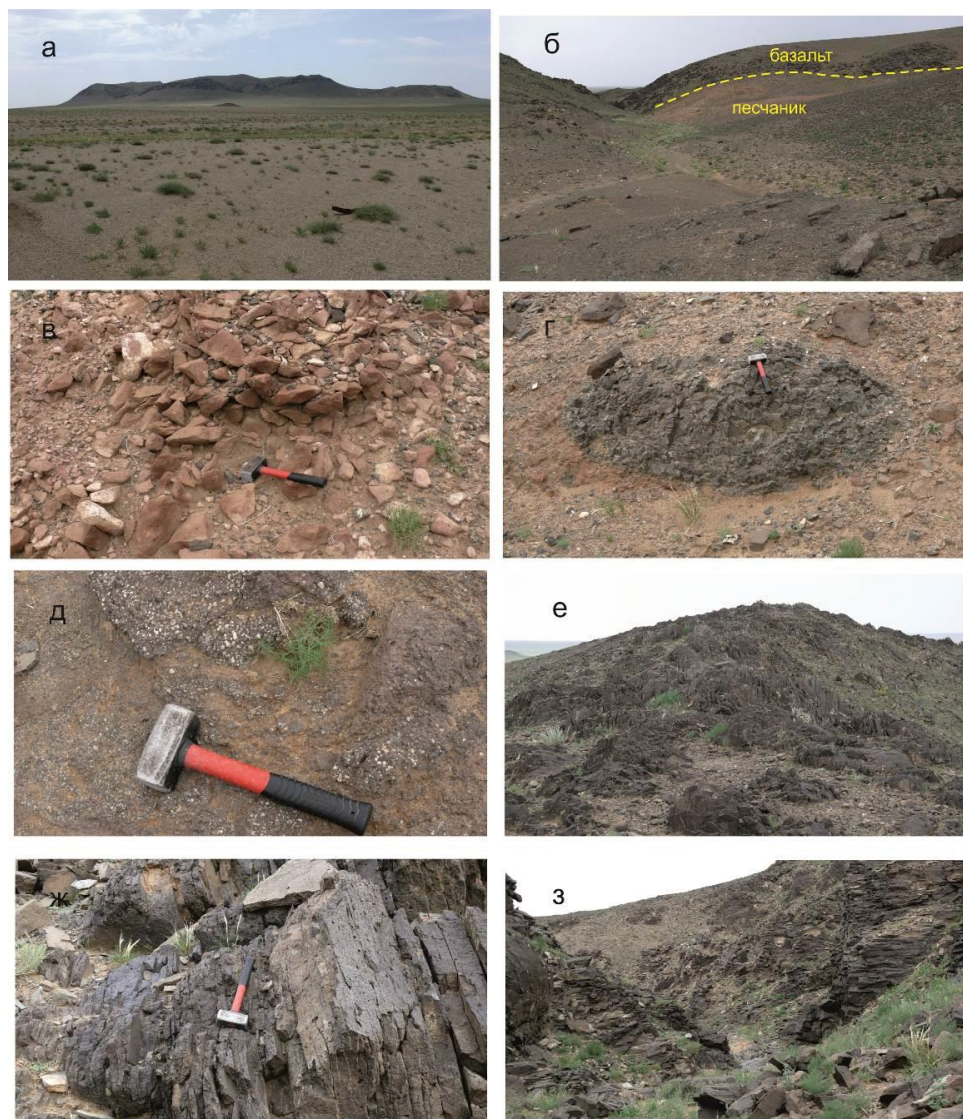


Рис. 12. Вулкан Лог-Ула (т.н. 1753–1755). *а* – вид с запада; *б–в* – песчаный слой, перекрытый базальтами; *г* – овальное тело пористых базальтов в туфах основания вулканической постройки; *д* – базальт, насыщенный порами с их заполнением карбонатом; *е–ж* – вертикальная плитчатая отдельность в базальтах на вершине вулкана; *з* – дайка с отдельностью типа поленницы.

Fig. 12. The Log-Ula volcano (sites 1753–1755). *a* – view from the west; *б–в* – sandy layer covered by basalts; *г* – oval body of porous basalts in tuffs at the base of the volcanic edifice; *д* – basalt saturated with pores filled with carbonate; *е–ж* – vertical slab-like jointing in basalts at the summit of the volcano; *з* – dike with woodpile-type jointing.

Следовательно, в юго-восточном фрагменте Мандалгобийского поля нужно различать ранние глубоко эродированные субвулканические тела (некки, дайки) и позднее крупное вулканическое сооружение Лог-Ула, под лавовыми потоками которого запечатлена морфоскульптура расчлененного рельефа. Ранние субвулканические тела обнажены в результате поднятия территории с ее эрозионным расчленением на глубину не менее 300 м. В результате обнажились глубокие части ранних магматических каналов. После

расчленения рельеф бронирован продуктами извержения вулкана Лог-Ула.

Северо-западный фрагмент Мандалгобийского вулканического поля находится вблизи аймачного центра Мандалгоби. Здесь характер обнажений меняется. Лавовые слои образуют сплошной покров (рис. 13а). Для базальтов характерна пористость, меняющаяся от кровли к подошве слоя (рис. 13б). Встречаются участки сильно измененных базальтов, поры и каверны которых заполнены карбонатом.

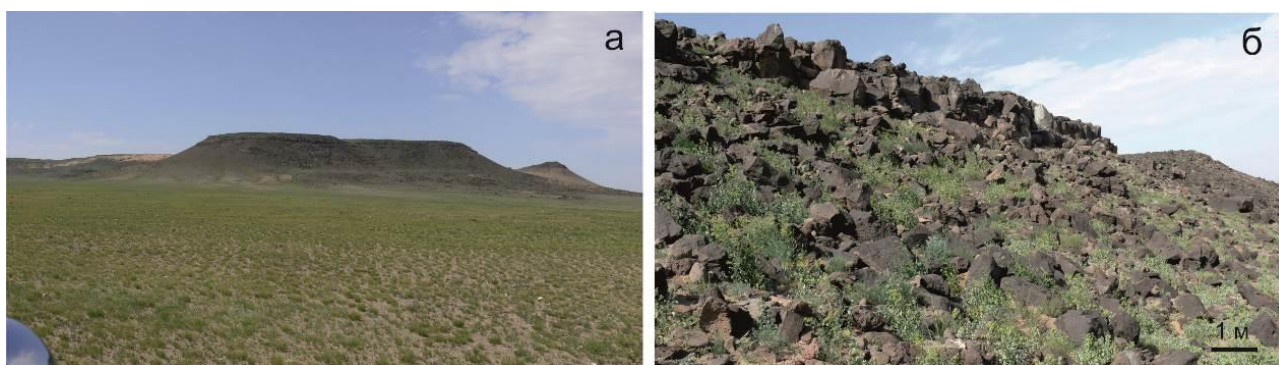


Рис. 13. Вулканический покров юго-восточнее Мандалгоби. *а* – общий вид вулканического покрова; *б* – покровные пористые базальты.

Fig. 13. Volcanic cover southeast of Mandalgobi. *a* – general view of the volcanic cover; *b* – cover of porous basalts.

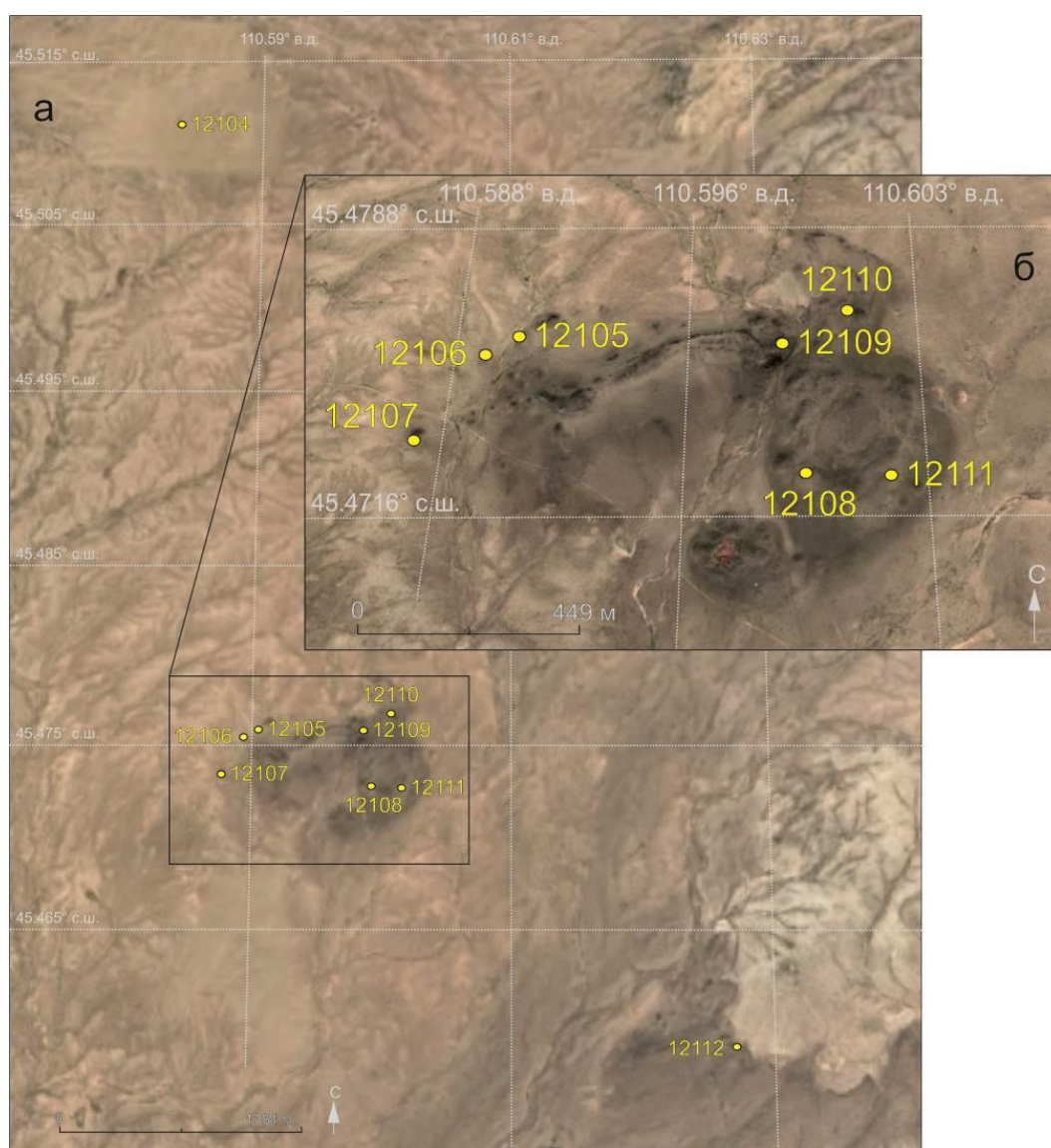


Рис. 14. Схема опробования вулканического поля Алтан-Ширэ. *а* – три выхода вулканических пород; *б* – детальный космоснимок опробования основного тела.

Fig. 14. Scheme of sampling of the Altan-Shire volcanic field. *a* – three outcrops of volcanic rocks; *b* – detail space image of sampling in the main body.

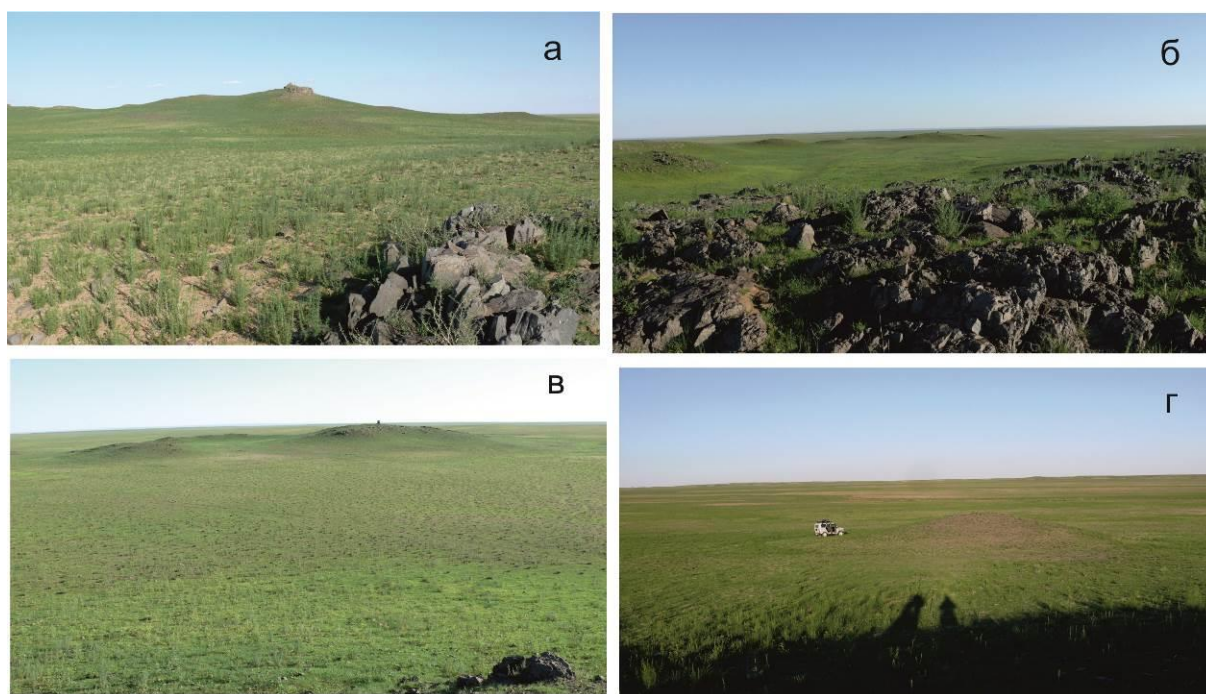


Рис. 15. Опробованные фрагменты поля Алтан-Ширэ: *а* – останцы базальтов основного выхода на переднем и дальнем планах; *б, в* – базальты основного выхода, т.н. 12105–12111; *г* – базальты южного выхода, т.н. 12112.

Fig. 15. Sampled fragments of the Altan-Shire field: *a* – remnants of basalts of the main outcrop in the foreground and background; *б, в* – basalts of the main outcrop, sites 12105–12111; *г* – basalts of the southern outcrop, site 12112.

Вулканическое поле Алтан-Ширэ находится в 16 км к юго-востоку-востоку от самона Алтан-Ширэ и примерно в 75–80 км к северо-востоку от аймачного центра Сайн-Шанд. Площадь поля составляет не более 10 км². Породы массивные плотные, порфирового сложения, с глыбовой отдельностью, местами сильно трещиноватые. Пористость отсутствует. В базальтах макроскопически различаются вкрапленники оливина. Ранне-среднекайнозойский возраст базальтов предполагается по составу пород, наличию в них глубинных включений и слабой морфологической выраженности в рельефе. Выходы пород приурочены к северо-восточному борту Сайншандинской синеклизы. Фундамент представлен нижнепалеозойским комплексом кристаллических и эффузивных образований (Геншафт и др., 1990).

Останцы относятся к субвулканической фации. Кроме основного поля (рис. 14б), встречены небольшие выходы пород приблизительно в 1 км северо-западнее его и в 1.5 км южнее (рис. 14а). Диаметр основного выхода слегка превышает 1 км. Его основу образует низкий хребтик, протягивающийся в направлении на ВСВ 80°. Этот хребтик обозначает трещинный магмовыводящий канал. В юго-восточной части основного выхода находятся изометричные тела. На вершине одного из них обнажаются красные туфы. Северный выход (т.н. 12104) выделяется в виде невысокого (2–3 м) холмика диаметром около 50 м, сложенного черными комковатыми базальтами. Базальты катаклазированы по зоне северо-восточного простирания. Южный выход представляет собой небольшое изометричное тело, выступающее в виде высыпки базальтовых обломков (т.н. 12112) (рис. 15г).

Юрско-меловые вулканические поля

Вулканические поля этого возраста образуют общий фон вдоль всего профиля.

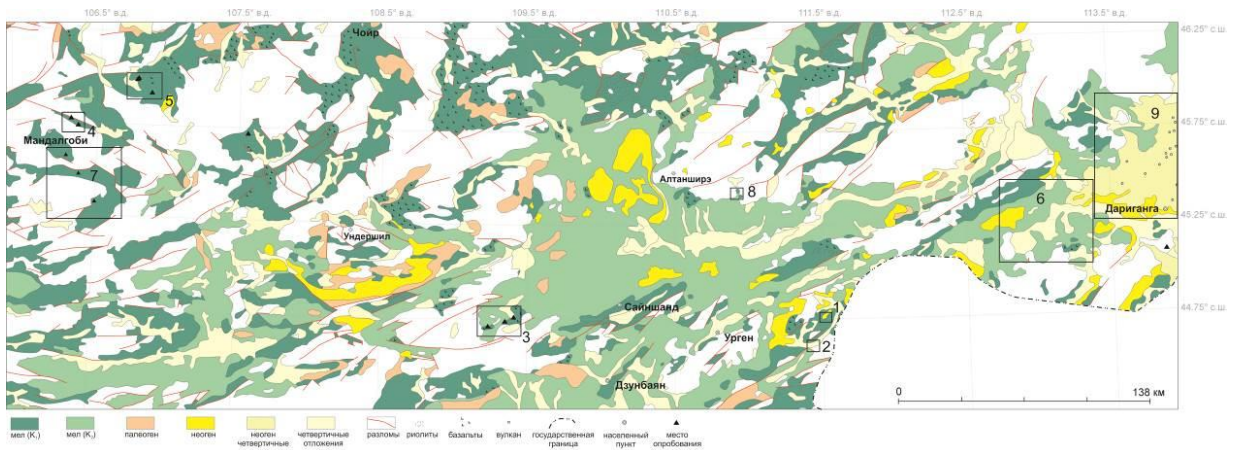


Рис. 16. Положение профиля Мандалгоби – Дариганга на фрагменте геологической карты под редакцией О. Томуртоого (Geological map..., 1999). Опробованные вулканические поля: 1–6 – юрско-меловые (1 – Узур; 2 – Эрдэнэ; 3 – Сайхандулаан; 4–5 – Мандалгоби 1 и 2; 6 – западная периферия Даригангского позднекайнозойского поля); 7–8 – мел-палеогеновые (7 – Среднегобийские; 8 – Алтанширз); 8 – верхнекайнозойское Даригангское вулканическое поле.

Fig. 16. Position of the Mandalgobi – Dariganga profile on a fragment of the geological map edited by O. Tomurtoogoo (Geological map..., 1999). Sampled volcanic fields: 1–6 – Jurassic-Cretaceous (1 – Uzur; 2 – Erdene; 3 – Sayhandulaan; 4–5 – Mandalgobi 1 and 2; 6 – western periphery of the Dariganga Late Cenozoic field); 7–8 – Cretaceous-Paleogene (7 – Middle Gobi; 8 – Altanshire); 8 – Upper Cenozoic Dariganga volcanic field.

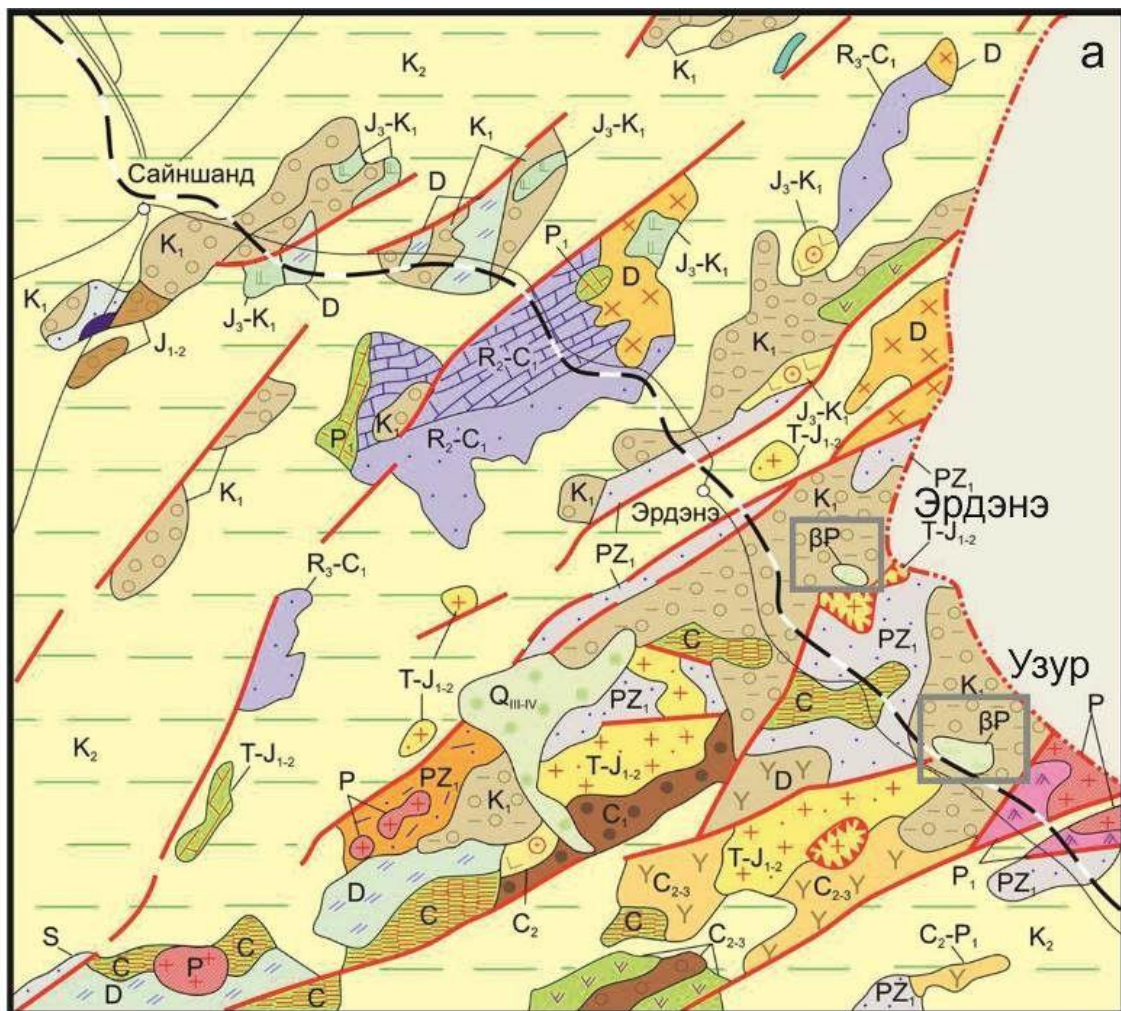




Рис. 17. Вулканические поля Эрдэнэ и Узур на фрагментах изданных геологических карт: *a* – Карта..., 1989; *б* – Geological map..., 1999.

Fig. 17. Erdene and Uzur volcanic fields on fragments of published geological maps: *a* – Map..., 1989; *б* – Geological map..., 1999.

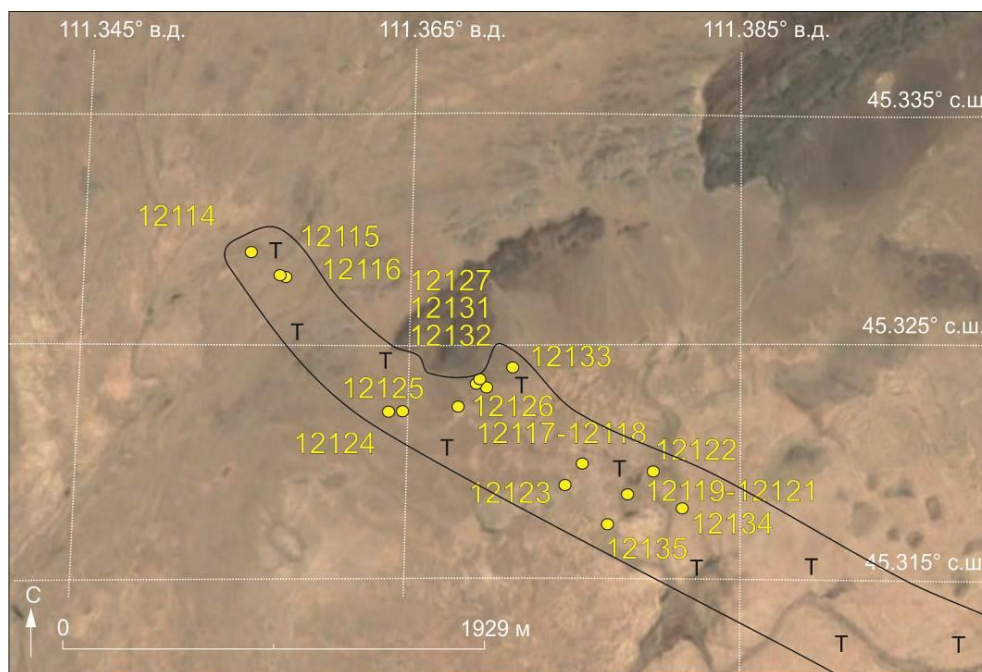


Рис. 18. Схема отбора образцов трещинного трахитового тела Эрдэнэ. Т – трещинное трахитовое тело.

Fig. 18. Scheme of sampling of the Erdene fissure trachyte body. Т – fissure trachyte body.

В качестве примеров рассматриваются поля Эрдэнэ и Узур. Первое расположено в 20 км юго-восточнее самона Эрдэнэ (координаты: 44°19.183' с.ш. 111°22.787' в.д.), второе – севернее железнодорожной станции Узур (координаты: 44° 03.015' с.ш. 111° 32.161' в.д., MN-08-12137). Поля исследовались как кайнозойские с обозначением на

геологических картах Монголии разными возрастными индексами: палеоген (Карта..., 1989) и плиоцен–плейстоцен (Geological map..., 1999). Не исключено, что молодая вулканическая постройка находится где-то на территории вблизи государственной границы Монголии и Китая, но показана на геологических картах со смещением. Доводом для

этого может служить глыба голубовато-серого тефрита с крупным лерцолитовым ксенолитом, включенная в цемент фундамента здания пограничной заставы. Вулкан, с которого она была доставлена на заставу, однако, при полевых работах не обнаружен.

Поле Эрдэнэ представляет собой трещинную трахитовую постройку протяженностью 4 км при ширине до 800 м, простирающуюся в направлении запад-северо-запад (рис. 18).

Видимая высота постройки достигает 30 м (рис. 19а). Ее верхняя часть сложена стекловатыми тонкоплитчатыми трахитами (рис. 19б). Гипсометрически ниже находятся массивные породы, прорванные дайками, ориентированными преимущественно согласно с простираем основным тела. Встречаются

трубообразные зияющие полости диаметром до 3 м, в окружении которых в трахитах распространены каверны с кальцитовыми гнездами (рис. 19в) и пустые поры. По трещинам в трахитах развиты древовидные марганцевые узоры (рис. 19г). Хорошо сохранившийся трахитовый купол высотой 15 м слегка вытянут приблизительно на 100 м в западно-северо-западном направлении (координаты: 44° 09.746' с.ш. 111° 28.363' в.д.). Трещинная трахитовая постройка образовалась на границе поднятия и впадины. Поднятие сложено юрско-меловыми гранитами, а впадина заполнена нижнемеловыми осадочными отложениями. На поле Узуур наблюдаются пористые зеленовато-серые лавы трахидацитового состава.

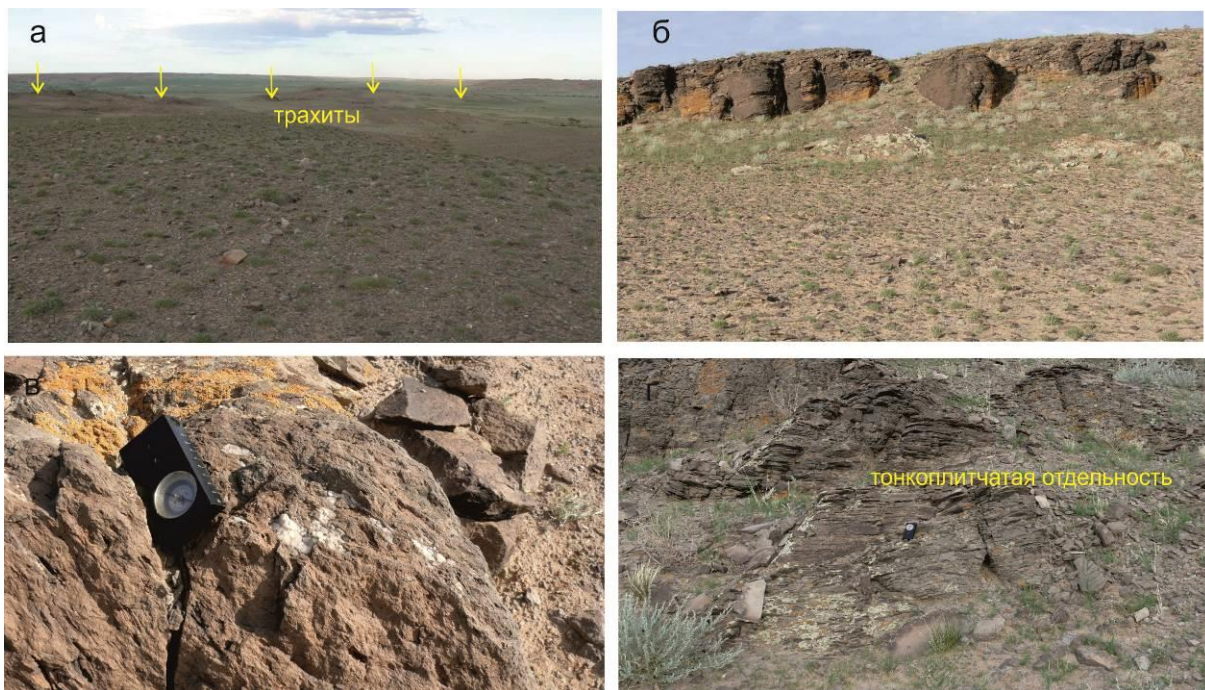


Рис. 19. Фрагменты обнажений и пород трахитового вулкана поля Эрдэнэ: а – общий вид трещинного тела трахитов; б – толстостолбчатая отдельность трахитов в потоке; в – каверны, заполненные карбонатом; г – тонкоплитчатая отдельность.

Fig. 19. Fragments of outcrops and rocks of the trachyte volcano in the Erdene field: а – general view of the fissure trachyte body; б – thick-columnar trachyte jointing in a flow; в – caverns filled with carbonate; г – thin-slab jointing.

Еще одно вулканическое поле (Сайхандулаан) также рассматривалось как кайнозойское (Геншафт, Салтыковский, 1990). Его образуют две вулканические постройки (Юго-Западная и Северо-Восточная), каждая с поперечником около 10 км (рис. 20). По геологическим соотношениям в обнажениях выделяются три фазы вулканической

деятельности: 1) фаза извержений лавовых потоков крупнозернистых серых трахибазальтов низко магнезиального состава (обр. MN-08-12143, координаты: 44°46.062' с.ш. 109°17.254' в.д.) (рис. 21а), 2) фаза накопления красных подушечных лав (обр. MN-08-12142, координаты: 44°46.043' с.ш. 109°17.215' в.д.) (рис. 21б) и 3) фаза

внедрения рвущих тел – даек и некков, сложенных черными и серыми базальтами, часто с толстоплитчатой отдельностью (обр. MN–

08–12146, координаты: 44°49.789’ с.ш. 109°27.234’ в.д.) (рис. 21в).

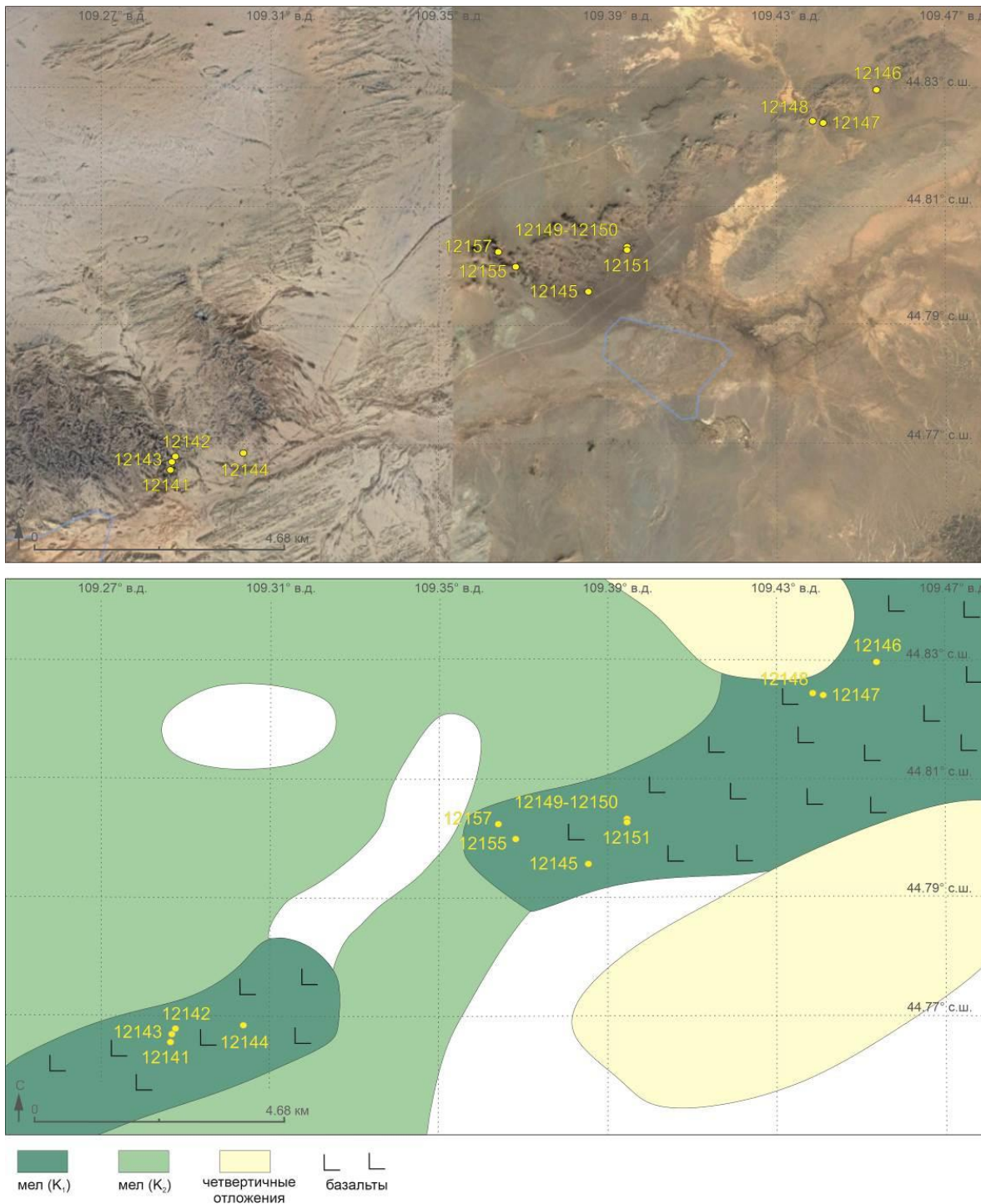


Рис. 20. Распределение точек опробования Юго-Западного и Северо-Восточного вулканов поля Сайхандулаан на космоснимке (а) и на геологической схеме (б).

Fig. 20. Distribution of sampling points of the South-West and North-East volcanoes of the Saikhandulaan field on a space image (a) and on a geological map (b).



Рис. 21. Фрагменты обнажений вулканов поля Сайхандулаан: *а* – лавовый поток первой фазы извержений; *б* – красные подушечные лавы второй фазы извержений; *в* – базальты с вертикальной плитчатой отдельностью третьей фазы извержений; *г* – выход красноцветной коры выветривания в седловине между лавовыми останцами; *д* – крупный план коры выветривания; *е–з* – отложения, подстилающие лавы: *е* – алевролитовые слои; *з* – конгломераты.

Fig. 21. Fragments of outcrops of the Saikhandulaan volcanic field: *a* – lava flow of the first phase of eruptions; *b* – red pillow lavas of the second phase of eruptions; *c* – basalts with vertical slab-like jointing of the third phase of eruptions; *d* – outcrop of red weathering crust in a saddle between lava remnants; *e* – close-up of weathering crust; *e-3* – sediments underlying lavas; *e* – aleurolite layers; *z* – conglomerates.

Лавы вулканического поля Сайхандулаан находятся выше стратифицированных осадочных отложений и наклонены к югу. Рельеф, погребенный лавами, неровный. Вскрытие контакта тонкообломочных отложений с вышележащими базальтами выявило два прослоя, залегающих между красноцветными отложениями и базальтами первой фазы извержений: нижний прослой, мощностью 20 см – почва серая с рыжими включениями, верхний, мощностью 25 см – почва, фиолетовая до серой. Таким образом, кроме ярко-красной коры выветривания (рис. 21г,д), под лавами обнажаются фиолетовый и зеленовато-серый слои, ниже которых идут красноцветные отложения (рис. 21е). Гипсометрически ниже обнажаются зеленовато-серые и бордовые конгломераты (рис. 21ж,з).

Останцы нижнемеловых вулканических пород были включены в опробование на пограничных территориях позднекайнозойского Даригангского вулканического поля. Вблизи его западной окраины переход выражен в смене тонкозернистых (афанитовых) пород, характерных для позднего кайнозоя (содержание MgO более 7 мас.%), хорошо раскристаллизованными долеритовыми базальтами, характерными для мела (содержание MgO 3–5 мас.%).

Результаты К–Аг датирования вулканических и субвулканических пород

Вулканические породы датировались К–Аг методом по методике (Расказов и др., 2000). Радиогенный аргон измерялся на масс-спектрометре МИ-1201, перестроенном на 2 канала, с одновременным измерением масс ⁴⁰Аг и ³⁶Аг при плавлении дробленого базальтового материала (фракция 0.5–3.0 мм) в реакторе. Калий определялся методом пламенной фотометрии в трех аликвотах истертой пробы.

По результатам К–Аг-датирования возраст пород Даригангского вулканического поля оценивался интервалами последних 21 млн лет (Салтыковский, Геншафт, 1985; Агеева и др., 1988; Геншафт, Салтыковский, 1990; Геншафт и др., 1990) и последних 14 млн лет (Кононова и др., 1988). С учетом дополнительного К–Аг датирования (табл. 1) принимается последний возрастной интервал вулканизма. Местоположение образцов с более древними датировками (Агеева и др., 1988, Геншафт, Салтыковский, 1990) точно не известно. Эти датировки нуждаются в подтверждении новыми определениями.

Т а б л и ц а 1

Результаты К–Аг датирования вулканических пород

Table 1

Results of K–Ar dating of volcanic rocks

| Образец (вулкан) | Порода (группа) | Координаты | | К, мас. % | ⁴⁰ Аг _p × 10 ⁻⁵ , нмм ³ /г | Возд. Аг, % | Возраст, млн лет (±1σ) |
|-------------------------------|-----------------|-------------|--------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|
| | | С.ш. | В.д. | | | | |
| 2259 (Баян-Цаган) | ТВ | Н.о. | Н.о. | 1.34 | 72 | 74; 78 | *13.8±0.6 |
| MN-09-1437 (Сэнджитийн-Ундэр) | BSN(III) | 45° 27.412' | 114° 43.487' | 1.06 | 43 | 98.1 | 10.4±1.0 |
| MN-09-1583 (Бусу-Ула) | T(II) | 45° 37.506' | 113° 53.826' | 1.00 | 37 | 98.4 | 9.5±0.9 |
| MN-09-1444 | T(III) | 45° 27.016' | 114° 43.005' | 1.83 | 50.9 | 97.7 | 7.1±1.5 |
| MN-09-1420 (Сулхар) | ТВ(III) | 45° 42.879' | 114° 37.087' | 1.53 | 40 | 95.9 | 6.7±0.7 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|-------------|--------------|------|------|--------|----------|
| MN-09-1549 | T(III) | 45° 24.357' | 114° 04.645' | 1.60 | 42 | 97.0 | 6.7±1.0 |
| MN-09-1571 | T(III) | 45° 30.307' | 113° 28.999' | 2.06 | 52 | 98.5 | 6.5±0.6 |
| MN-09-1569 | TB(III) | 45° 28.483' | 113° 36.652' | 1.78 | 43.5 | 97.8 | 6.3±1.3 |
| MN-09-1499 | BSN(III) | 45° 19.210' | 114° 15.606' | 1.98 | 42.5 | 97.3 | 5.5±1.0 |
| MN-09-1553 (Дун-Нарт-Ула) | T(I) | 45° 25.796' | 113° 48.797' | 2.12 | 44 | 96.4 | 5.3±0.7 |
| 2274 (Асхатэ) | TB | Н.о. | Н.о. | 1.71 | 32 | 53; 55 | *4.8±0.2 |
| 2268 (Асхатэ) | TB | Н.о. | Н.о. | 1.11 | 18.6 | 29; 30 | *4.3±0.3 |
| 2257 (Баян-Цаган) | TB | Н.о. | Н.о. | 0.98 | 14.5 | 57; 62 | *3.8±0.2 |
| MN-09-1559 | TB(III) | 45° 28.771' | 113° 39.325' | 1.60 | 21 | 97.7 | 3.4±0.6 |
| MN-09-1423 (Сулхар) | TB(III) | 45° 40.132' | 114° 44.922' | 1.46 | 17 | 96.3 | 3.0±0.3 |
| 2200 (Ундур Хурэт) | TB | Н.о. | Н.о. | 1.49 | 9.3 | 25; 30 | *1.6±0.1 |
| MN-08-12106 (Алтан-Ширэ) | T | 45° 28.522' | 110° 35.359' | 2.79 | 550 | 81 | 60±2.6 |
| MN-08-12189 (Ундэршил) | B | 44° 51.607' | 107° 40.826' | 1.08 | 204 | 80 | 57.8±2.4 |
| MN-08-12191 (Ундэршил) | TB | 44° 52.142' | 107° 40.758' | 1.95 | 284 | 91 | 44.6±4.4 |
| MN-08-1266 (юг Мандалгоби) | T | 45° 22.803' | 106° 38.157' | 2.43 | 420 | 85 | 52.8±4.2 |
| MN-08-1258 (юг Мандалгоби) | TB | 45° 23.510' | 106° 38.703' | 1.95 | 140 | 87 | 51.6±4.6 |
| MN-08-1753 (юг Мандалгоби, Лог-Ула) | B | 45° 22.354' | 106° 38.013' | 0.95 | 174 | 85 | 46.4±3.0 |
| MN-08-1350A (север Мандалгоби) | B | 45° 43.606' | 106° 35.550' | 0.71 | 132 | 94 | 57±4 |
| MN-08-1360 (север Мандалгоби) | B | 45° 48.326' | 106° 24.515' | 1.10 | 180 | 90 | 42±3 |
| MN-08-1354 (север Мандалгоби) | B | 45° 50.598' | 106° 33.224' | 1.05 | 305 | 91 | 88±5 |
| MN-08-12125 (Эрдэнэ) | TRX | 44° 19.328' | 111° 21.882' | 3.27 | 1660 | 45 | 126±4 |

Астериском (*) помечены данные (Кононова и др., 1988). Для расчета возраста использовались константы: $\lambda_K = 0.581 \times 10^{-10}$ год⁻¹; $\lambda_B = 4.962 \times 10^{-10}$ год⁻¹; $^{40}K = 0.01167$ ат. % К. Сокращения: BSN – базанит, T – тефрит, TB – трахибазальт, B – базальт, TRX – трахит. Н.о. – координаты не обозначались.

На вулканических полях Средней Гоби получен палеоцен–среднеэоценовый интервал K–Ag датировок 60–43 млн лет (Агеева и др., 1988; Геншафт и др., 1990; Геншафт, Салтыковский, 1990; Рассказов и др., 2012). Из четырех K–Ag датировок пород Средней Гоби (Ярмолюк и др., 2019), две (51±2 млн лет и 47.5±2.5 млн лет) попадают в палеоцен–среднеэоценовый вулканический интервал. Две другие обозначают позднемиоценовый возраст. Одна из них (87±2.5 млн лет) характеризует субвулканическое тело южной части Ундэршилского поля (т.н. 12216 на рис. 6), другая (82.5±2.5 млн лет) – лавовый покров, расположенный юго-восточнее Мандалгоби (рис. 13).

Результаты K–Ag датирования образцов авторов, приведенные в табл. 1 укладываются

в этот интервал. Впервые приводится датировка 60±2.6 млн лет для вулканических пород поля Алтан-Ширэ. Эта датировка обозначает верхний предел палеоцен–среднеэоценового вулканического интервала. Близкие датировки 57.8±2.4 млн лет и 57±4 млн лет получаются для пород Ундэршилского и Мандалгобийского (южного фрагмента) полей. Сравнительно молодые датировки 44.6±4.4 млн лет и 42±3 млн лет воспроизводятся для пород Ундэршилского и Мандалгобийского (северный фрагмент) полей. Интересно, что эти датировки пространственно ассоциируются с позднемиоценовыми датировками 87 и 82 млн лет (Ярмолюк и др., 2019), дополненными в табл. 1 новой датировкой 88±5 млн лет для северного фрагмента Мандалгобийского поля.

Обсуждение

Возрастные рамки вулканических интервалов

Вулканизм Дариганги обозначает позднекайнозойские процессы последних 15 млн лет в зоне Дачи. Вулканический этап поля Дариганги представляет собой единую последовательность событий на ЮЮЗ фланге Японско-Байкальского геодинамического коридора (Рассказов и др., 2024a; Rasskazov et al., 2024b).

Мел-палеогеновый вулканизм Средней Гоби, датированный интервалами 88–82 и 60–42 млн лет, существенно оторван во времени от позднекайнозойского вулканического интервала. Позднемеловой вулканический покров, обнаженный вблизи Мандалгоби, испытал весьма сильное выветривание. Он находился на земной поверхности во время климатического оптимума, проявившегося на Земле 60–55 млн лет назад. Малая степень выветривания других базальтовых тел на вулканических полях Средней Гоби может быть следствием того, что они либо не были экспонированы на земной поверхности во время климатического оптимума и представляют собой обнаженные позже (не затронутые палеоценовым выветриванием) субвулканические тела, либо они образовались позже 55 млн лет назад. Основанием для

гипотезы об эффективности эрозионного варианта экспонирования базальтовых тел являются наблюдения, выполненные в юго-восточном фрагменте Мандалгобийского поля (Чувашова, Ершов, 2009). Для пост-эрозионного вулкана Лог-Ула этой территории (рис. 8 и 12) получена К–Аг датировка 46.2 ± 5 млн лет, которая соответствует окончанию палеоцен–среднеэоценового вулканического интервала. Лавами этого вулкана запечатлен рельеф эродированного поднятия с обнажившимися корнями более древних вулканов.

К–Аг датировки группируются в интервалах 88–82 и 60–42 млн лет (рис. 22). Большинство датированных образцов имеет низко-К состав ($K=0.5-1.25$ мас.%). В четырех датированных образцах определяется умеренная концентрация калия ($K=1.5-2.5$ мас.%). В этой группе пород концентрация калия снижается от 2.79 мас.% в тефрите MN-08-12106 (Алтан-Ширэ) до 1.95 мас.% в трахибазальте MN-08-12191 (Ундэршил). Для того чтобы аргументированно разделить начальный и конечный эпизоды мел-палеогенового вулканизма на самостоятельные позднемеловую и палеоцен-среднеэоценовую фазы, нужен дополнительный анализ геохимических данных, который должен показать имеется ли возрастная смена состава вулканических пород и их источников.

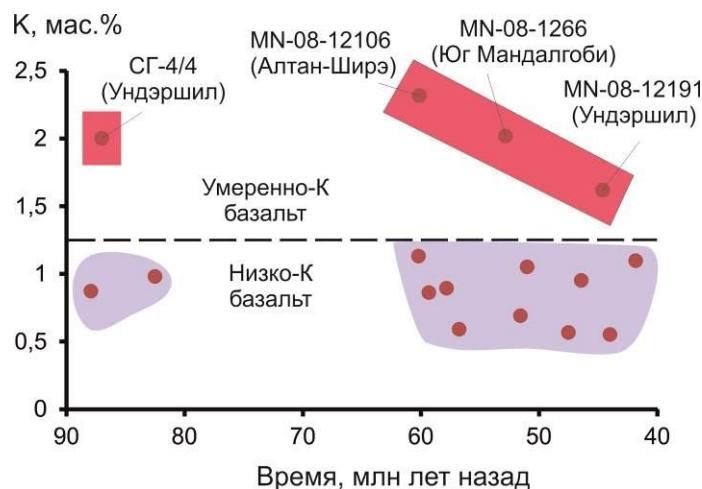


Рис. 22. Временные вариации концентрации калия в датированных образцах мел-палеогеновых вулканических и субвулканических пород Средней Гоби. Данные из работ (Агеева и др., 1988; Ярмолук и др., 2019) и табл. 1.

Fig. 22. Temporal variations in potassium concentration in dated samples of Cretaceous-Paleogene volcanic and subvolcanic rocks from Middle Gobi. Data are from (Ageeva et al., 1988; Yarmolyuk et al., 2019) and from Table 1.

В делении юрско-меловых вулканических полей на возрастные группы проявляются разные подходы. Как правило, они выстраиваются в масштабе всей территории Монголии. Иногда учитываются данные о возрасте вулканических пород сопредельных территорий. Так, в работах (Ярмолук и др., 2020; Кузнецов и др., 2022) среди юрско-меловых вулканических толщ Восточно-Монгольского пояса различаются возрастные группы с различным составом вулканических пород: 1) позднеюрская (165–150 млн лет), представленная, главным образом, породами шошонит-латитовой ассоциации; 2) раннемеловая (135–99 млн лет), которая объединяет породы цаганцабской серии, и 3) конца раннего–начала позднего мела (105–94 млн лет). Основная вулканическая активность относится к интервалу от 135 до 105 млн лет назад. Делается вывод о том, что породы раннемелового этапа (135–99 млн лет назад), формирующие покровный вулканический комплекс территории, имеют преимущественно щелочно-базальтоидный состав и что крупные излияния лав основного состава первой половины раннего мела завершаются проявлениями кислого вулканизма. Со второй половины раннего мела в пределах Восточно-Монгольской области определяются только лавы основного состава. Затем выделяются проявления щелочных базальтоидов, которые начинают преобладать с конца раннего мела и в позднем мелу. Породы среднемелового этапа (104–94 млн лет назад) характеризуются щелочными базальтоидами экструзивного комплекса, представленными на северо-востоке Восточно-Монгольской области вулканическим полем Улдза-гол.

В статьях (Vars et al., 2017, 2018) полученные авторами К–Аг датировки с учетом прежних результатов датирования позднемезозойского вулканизма Восточной Монголии перекрывают интервал от 155 до 99 млн лет назад (поздняя юра – ранний мел). В статье тех же авторов (Togtokh et al., 2019) на территории Монголии в общем различается вулканизм позднего мезозоя (интервал 114–90 млн лет назад) и раннего кайнозоя (50–40 млн лет назад). Другими авторами (Paradouroulou et al., 2024) выстраивается ряд вулканических пород, начинающийся от 180 млн лет назад.

Юрско-меловой магматизм на юге Большого Хингана (Китай), Восточной Монголии и Южного Забайкалья России подразделяется на интервалы поздней юры (163–150 млн лет назад) и раннего мела (140–120 млн лет назад) (Han et al., 2020).

Общая эволюция юрско-меловых событий трактуется неоднозначно и требует конкретных обоснований. Пока не ясно каким образом в юрско-меловые подразделения, принятые разными авторами, могут вписаться трахиты Эрдэнэ, для которых получена нижнемеловая К–Аг датировка 126 ± 4 млн лет (табл. 1).

Корреляции

Позднекайнозойский вулканизм Дариганги, синхронный с вулканизмом Витимского и Удоканского вулканических полей (Рассказов и др., 2024а), оторван во времени от мел-палеогенового вулканизма Средней Гоби и обозначает прогрессирующую эволюцию глубинных процессов новейшего геодинамического этапа, зачавшегося около 90 млн лет назад (Рассказов, Чувашова, 2013).

К–Аг датировки 87 ± 2.5 млн лет, 82.5 ± 2.5 и 88 ± 7 млн лет для базальтов Ундэршилского и Мандалгобийского полей Средней Гоби (Ярмолук и др., 2019; настоящая работа), наряду с интервалом датировок 60–42 млн лет дает возможность рассматривать мел-палеогеновый вулканизм этой территории в целом как синхронный с вулканизмом Южной Гоби, хотя, судя по небольшой доле древних датировок в их общем количестве, меловые породы Средней Гоби в целом уступают распространенности палеогеновым породам.

Структурная перестройка около 90 млн лет назад имеет региональное и глобальное значение как отправной рубеж новейшего геодинамического этапа (Рассказов, Чувашова, 2013). В это время был определен сбой в орбитальном вращении Земли по великим циклам эксцентриситета, произошедший около 86 млн лет назад (Ma et al., 2017). Среднегобийский вулканический эпизод 88–82 млн лет назад соответствует этому орбитальному событию, запустившему в геологической эволюции Земли процессы новейшего геодинамического этапа.

Среднеэоценовая структурная перестройка также играет важную роль и имеет как региональное, так и глобальное значение (Рассказов и др., 2012). В Южной Гоби до этой перестройки вулканизм распространяется от Даланзадгад-Улан-Цаб-Худукской зоны Южной Гоби в Среднегобийскую зону и далее до поля Алтан-Ширэ, после нее вулканизм проявляется вдоль Хурмэн-Ноён-Долиноозерской зоны с дальнейшим переходом на Хангайский орген (рис. 1). Гипотеза об эрозионном среднеэоценовом экспонировании корневых частей вулканов Средней Гоби (Чувашова, Ершов, 2009) предполагает завершение вулканизма этой территории приблизительно в одно время с активизацией восходящих движений коры в середине эоцена.

С одной стороны, около 50 млн лет назад начинает проявляться эффект «экструзивного» движения тектонических блоков Азии, вызванный Индо-Азиатской коллизией. В синкинематических гнейсах пояса Айляо-Шан Ред Ривер на юге Китая определяется тектоническая подвижка Rb–Sr датировкой по мусковиту и биотиту около 52.6 ± 1.1 млн лет назад (Zhang, Schäfer, 1999). На восточной границе Индийского индентера, по восточному краю террейна Шан-Тхай (Shan-Thai), расположенному южнее восточного синтаксиса Гималаев, происходят сдвиговые движения 47–43 млн лет назад, определенные датированием цирконовых оболочек в ортогнейсах из ультраметаморфического пояса Могок (Barley et al., 2003). Послетанетские события на восточной и южной окраинах Азии проявляются преимущественно в интервале 46–44 млн лет назад (Rasskazov et al., 2004). В провинции Кьянганг (Тибет), наряду с вулканическим импульсом около 60 млн лет назад, проявляется импульс 44 млн лет назад ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датировка) (Deng, 1997). Оба вулканических эпизода проявляются на территории к северо-западу от Тибета. Около 49 млн лет назад начинаются левосторонние сдвиговые движения по разлому Алтын-Таг, продолжающиеся до сих пор (Yin et al., 2002).

С другой стороны, около 56 млн лет назад началось открытие Евразийского бассейна, продолжающееся до настоящего времени (Nikishin et al., 2017). Радиоизотопными датировками в Восточной Азии обозначен

вулканический интервал 46–44 млн лет назад. Например, в Южной Корее K–Ar методом получена датировка базальтовой дайки 46 млн лет (Poucllet et al., 1995). Для дацитовой экструзии горы Школьная нарвского комплекса Юго-Западного Приморья измерен Rb–Sr изохронный возраст 46.2 ± 0.5 млн лет по амфиболу, плагиоклазу и основной массе (Рассказов и др., 2003, 2004). Позже, на этой территории и в сопредельных районах Тихого океана намечается амагматичный интервал 43–38 млн лет назад (Deschamps, Lallemand, 2002; Rasskazov, Taniguchi, 2006) с включением последующих вулканических событий на материковой окраине в интервале 38–22 млн лет назад (Рассказов и др., 2003, 2004).

На территории Забайкалья юрско-меловой вулканизм с дифференцированными составами лав сменяется мел-палеогеновым, базальтовым вулканизмом (Рассказов, 1993). Такой характер временных изменений состава вулканических пород служит на территории Азии показателем последовательной смены обстановки, предшествующей вхождению в новейший геодинамический этап и начальных событий новейшего геодинамического этапа.

Заключение

Вдоль профиля Мандалгоби – Дариганга охарактеризованы вулканические поля: позднекайнозойское Даригангское на восточном окончании профиля, мел-палеогеновые среднегобийские – его западного окончания и юрско-меловые – вдоль всей его протяженности. Выделена особая роль вулканизма Средней Гоби, первичное вступление которого 88–82 млн лет назад соответствует началу новейшего геодинамического этапа, а заключительный эпизод 60–42 млн лет назад совпадает со структурной перестройкой, имеющей как глобальное значение, так и вулканические и тектонические отклики в разных регионах Азии.

Предшествующий юрско-меловой вулканизм в Юго-Восточной Монголии отличается от мел-палеогенового вулканизма наличием в продуктах извержений пород дифференцированного состава, а последующий позднекайнозойский вулканизм территории – наличием особых щелочнобазальтоидных продуктов

извержений, не характерных для мела и палеогена. Рассмотрению этой смены будут посвящены две последующие статьи с выходом на глубинную геодинамику территории.

Благодарности

Методические подходы к анализу вулканизма в Азии были разработаны в ходе реализации проекта Института земной коры СО РАН «Современная геодинамика, механизмы разрушения литосферы и опасные геологические процессы в Центральной Азии». (ФВЭФ-2021-0009) и геологического факультета ИГУ «Изучение процессов мантийно-корового взаимодействия и формирования месторождений полезных ископаемых». Авторы благодарят С. Дэмбэрэла за организацию полевых исследований вулканов Юго-Восточной Монголии. Измерение радиогенного ^{40}Ar в пробах вулканических пород проводилось в 2008–2010 гг. С.Б. и С.С. Брандтами, концентрация калия измерялась М.М. Самойленко.

Литература

- Агеева Л.И., Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Новые данные об абсолютном возрасте кайнозойских базальтов Монголии // Доклады АН СССР. 1988. Т. 300, № 1. С. 166–168.
- Влодавец В.И. Даригангская вулканическая область // ДАН СССР. 1950. Т. 72, № 5. С. 933–935.
- Влодавец В.И. О некоторых чертах кайнозойского вулканизма Даригангской области Монголии // Вопросы геологии Азии. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 2. С. 679–685.
- Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Каталог включений глубинных пород и минералов в базальтах Монголии // М.: Наука, 1990. 71 с.
- Геншафт Ю.С., Клименко Г.В., Салтыковский А.Я., Агеева Л.И. Новые данные о составе и возрасте кайнозойских вулкаников Монголии // Доклады АН СССР. 1990. Т. 311, № 2. С. 420–424
- Карта геологических формаций Монгольской народной республики. Масштаб 1:1500000. Главный редактор А.Л. Яншин. Совместная советско-монгольская научно-исследовательская экспедиция, 1989.
- Кононова В.А., Иваненко В.В., Карпенко М.И., Аракелянц М.М., Андреева Е.Д., Первов В.А. Новые данные о К–Аг возрасте кайнозойских континентальных базальтов Байкальской рифтовой системы // Доклады АН СССР. 1988. Т. 303, № 2. С. 454–457.
- Корина Н.А., Певзнер М.А., Чичагов В.П. Палеомагнитные исследования в Даригангском вулканическом районе Юго-Восточной Монголии / Палеомагнитный анализ в изучении четвертичных отложений и вулканических пород. М.: Наука, 1973. С. 88–96.
- Кузнецов М.В., Саватенков В.М., Шпакович Л.В., Ярмолюк В.В., Козловский А.М. Эволюция источников магматизма Восточно-Монгольской вулканической области: по данным геохимических и Sr-Nd-Pb изотопных исследований // Петрология. 2022. Т. 30, № 5. С. 457–479.
- Нагибина М.С. Позднемезозойские структуры Восточной Монголии / Мезозойская и кайнозойская тектоника и магматизм Монголии. Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции, вып. 11. М.: Наука, 1975. 307 с.
- Нагибина М.С., Шувалов В.Ф., Мартинсон Г.Г. Основные черты стратиграфии и истории развития мезозойских структур Монголии / Основные проблемы геологии Монголии. Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции, вып. 22. М.: Наука, 1977. С. 76–91.
- Рассказов С.В. Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: ВО "Наука". Сибирская издательская фирма, 1993. 288 с.
- Рассказов С.В., Чувашова И.С. Глобальное и региональное выражение новейшего геодинамического этапа // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2013. Т. 88, № 4. С. 21–35.
- Рассказов С.В., Логачев Н.А., Брандт И.С., Брандт С.Б., Иванов А.В. Геохронология и геодинамика позднего кайнозоя (Южная Сибирь – Южная и Восточная Азия). Новосибирск: Наука, 2000. 288 с.
- Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Масловская М.Н., Фефелов Н.Н., Брандт С.Б., Брандт И.С., Коваленко С.В., Мартынов Ю.А., Попов В.К. Средне-позднекайнозойский магматизм континентальной окраины Япономорского бассейна: импульсное плавление мантии и коры Юго-Западного Приморья // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 3–31.
- Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Бокарева А.А. Геохимическая характеристика источника пород вулкана

Дзотол на Юго-Востоке Монголии: финальная генерация расплавов позднего кайнозоя в зоне трансензии на границе литосферы–астеносферы // Геология и окружающая среда. 2023. Т. 3, № 2. С. 91–131. DOI 10.26516/2541-9641.2023.2.91

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Фелелов Н.Н., Саранина Е.В. Калиевая и калинатровая вулканические серии в кайнозое Азии. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО». 2012. 351 с.

Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В. Эволюция кайнозойского вулканизма и его источники в зоне Дариганга-Чифэн (Дачи): вовлечение в тектоническую активизацию кия Северо-Китайского кратона и глубокой мантии под сопредельными геологическими структурами // Геология и окружающая среда. 2024а. Т. 4, № 2. С. 79–104. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.79

Салтыковский А.Я., Генштафт Ю.С. Геодинамика кайнозойского вулканизма юго-востока Монголии. Труды Совместной советско-монгольской исследовательской геологической экспедиции Вып. 42. М.: Наука, 1985. 135 с.

Сырнев И.П., Малаева Е.М., Крамаренко Г.С., Лефлат О.Н. К палеогеографии Тамцагской впадины на востоке МНР в среднем плейстоцене // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1986. № 55. С. 35–44.

Чувашова И.С., Ершов К.В. Раннекайнозойский магматизм Центральной Монголии: структурный контроль и геодинамические условия проявления // Строение литосферы и геодинамика. Мат-лы XXIII Всероссийской молодежной конференции. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2009. С. 202–203.

Чувашова И.С., Рассказов С.В. Современные сейсмотектонические деформации на вулканическом плато Асхатэ и их роль в структуре вулканического поля Дариганга, Юго-Восточная Монголия // Геология и окружающая среда. 2023. Т. 3, № 2. С. 60–74. DOI 10.26516/2541-9641.2023.2.60

Чувашова И.С., Рассказов С.В., Йи-минь Сунь. Новейшая геодинамика Центральной Азии: первичные и вторичные мантийные расплавные аномалии в контексте орогенеза, рифтогенеза и движения–взаимодействия литосферных плит // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 1. С. 45–80. doi:10.5800/GT-2017-8-1-0232.

Чувашова И.С., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Михеева Е.А. Высокомагнезиальные лавы Дариганского вулканического поля, Юго-

Восточная Монголия: петрогенетическая модель магматизма на астеносферно–литосферной границе // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 4. С. 385–407. <http://dx.doi.org/10.5800/GT-2012-3-4-0081>

Ярмолук В.В., Козловский А.М., Саватенков В.М., Кудряшова Е.А., Кузнецов М.В. Позднемезозойская Восточно-Монгольская вулканическая область: строение, магматические ассоциации, источники магматизма // Петрология. 2020. Т. 28, № 6. С. 563–590.

Ярмолук В.В., Кудряшова Е.А., Козловский А.М. Поздние стадии развития позднемезозойской Восточно-Монгольской вулканической области: возраст и состав вулканических пород // Докл. АН. 2019. Т. 487. С. 283–288. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524873283-288>

Barley M.E., Pickard A.L., Khin Z. et al. Jurassic to Miocene magmatism and metamorphism in the Mogok metamorphic belt and the India-Eurasia collision in Myanmar // Tectonics. 2003. V. 22. P. 1019. doi: 10.1029/2002TC001398.

Bars A., Miao L.C., Fochin Z., Baatar M., Anaad C., Togtokh K. Petrogenesis and tectonic implication of the late Mesozoic volcanic rocks in East Mongolia // Geological Journal. 2017. Vol. 53. P. 2449–2470. doi:10.1002/gj.3080

Bars A., Togtokh K., Miao L., Fochin Z., Baatar M., Anaad C. Geochemistry, geochronology, and tectonic setting of the Cretaceous volcanic rocks in East Mongolia // Journal of Geological Issues. 2018. Vol. 494, No. 16. P. 46–75.

Deng W. Cenozoic volcanism and lithosphere tectonic evolution in the northern Tibetan plateau // Proc. 30th International Geological Congress. Pt 15. Beijing, 1997. P. 3-12.

Deschamps A., Lallemand S. The West Philippine basin: an Eocene to early Oligocene back arc basin opened between two opposed subduction zones // J. Geophys. Res. 2002. V. 107. P. 2322. doi: 10.1029/2001JB001706.

Geological map of Mongolia scale 1:1000000 (Ed. O. Tomurtogoo). 1999.

Han S-J., Wang X., Wang X., Wang Y., Zhang Y. Geochronology and geochemistry of late Jurassic–Early Cretaceous volcanic rocks in the southern Great Xing’an range, NE China: constraints for late Mesozoic tectono-magmatic evolution // International Geology Review. 2020. DOI: 10.1080/00206814.2020.1768442

Ma C., Meyers S.R., Sageman B.B. Theory of chaotic orbital variations confirmed by Cretaceous geological evidence // *Nature*. 2017. Vol. 542. P. 448–470. doi:10.1038/nature21402

Nikishin A.M., Petrov E.I., Malyshev N.A., Ershova V.P. Rift systems of the Russian Eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. Vol. 8, No. 1. P. 11–43. doi:10.5800/GT-2017-8-1-0231.

Papadopoulou M., Barry T.L., Dash B., Halton A.M., Sherlock S.C., Hunt A.C. Evidence for long-lived (>100 Myr) continental intraplate volcanism: Mongolia since the last ocean closure // *Gondwana Research*. 2024. Vol. 133. P. 30–59. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.04.009>

Poucllet A., Lee J.-S., Vidal P. et al. Cretaceous to Cenozoic volcanism in South Korea and in the Sea of Japan: magmatic constraints on the opening of the back-arc basin / Ed. J.L. Smellie // *Volcanism associated with extension at consuming plate margins: Geol. Soc. Spec. Publ. N 81*. 1995. P. 169–191.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S. The latest geodynamics in Asia: Synthesis of data on volcanic evolution, lithosphere motion, and mantle velocities in the Baikal-Mongolian region // *Geoscience Frontiers*. 2017. V. 8. P. 733–752. Doi:10.1016/j.gsf.2016.06.009.

Rasskazov S., Taniguchi H. Magmatic response to the Late Phanerozoic plate subduction beneath East Asia / *CNEAS Monograph Series No. 21*. Tohoku University, Japan, 2006. 156 p.

Rasskazov S., Taniguchi H., Goto A., Litasov K. Magmatic expression of plate subduction beneath East Asia in the Mesozoic through Cenozoic // *North-east Asian Studies*. 2004. V. 9. P. 179–219.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Late Cenozoic high and low temperature magma generation from primordial and age-modified mantle materials beneath Dariganga in Southeast Mongolia: Factors of mantle degassing and adiabatic upwelling // *Geosystems and Geoenvironment*. 2024b. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geo-geo.2024.100295>

Togtokh K., Bars A., Miao L., Munkhtsengel B., Anaad C. Geochemical comparison of late Mesozoic and early Cenozoic volcanic rocks in South Mongolia: Implications for petrogenesis and geodynamic evolution // *Mongolian Geoscientist*. Vol. 49. 2019. P. 3–21. <https://doi.org/10.5564/mgs.v0i49.1223>

Yanovskaya T.B., Kozhevnikov V.M. 3D S-wave velocity pattern in the upper mantle beneath the

continent of Asia from Rayleigh wave data // *Phys. Earth and Planet. Inter*. 2003. Vol. 138. P. 263–278.

Yin A., Rumelhart P.E., Butler R. et al. Tectonic history of the Altyn Tag fault system in northern Tibet inferred from Cenozoic sedimentation // *Geol. Soc. Amer. Bull*. 2002. V. 114. P. 1257–1295.

Zhang L.-S., Schärer U. Age and origin of magmatism along the Cenozoic Red River shear belt, China // *Contribs. Mineral. Petrol*. 1999. V. 134. P. 67–85.

References

Ageeva L.I., Genshaft Yu.S., Saltykovsky A.Ya. New data on absolute ages of Cenozoic basalts in Mongolia // *Doklady Akademii Nauk USSR*. 1988. Vol. 300, No. 1. P. 166–168.

Barley M.E., Pickard A.L., Khin Z. et al. Jurassic to Miocene magmatism and metamorphism in the Mogok metamorphic belt and the India-Eurasia collision in Myanmar // *Tectonics*. 2003. V. 22. P. 1019. doi: 10.1029/2002TC001398.

Bars A., Miao L.C., Fochin Z., Baatar M., Anaad C., Togtokh K. Petrogenesis and tectonic implication of the late Mesozoic volcanic rocks in East Mongolia // *Geological Journal*. 2017. Vol. 53. P. 2449–2470. doi:10.1002/gj.3080

Bars A., Togtokh K., Miao L., Fochin Z., Baatar M., Anaad C. Geochemistry, geochronology, and tectonic setting of the Cretaceous volcanic rocks in East Mongolia // *Journal of Geological Issues*. 2018. Vol. 494, No. 16. P. 46–75.

Chuvashova I.S., Ershov K.V. Early Cenozoic magmatism of Central Mongolia: structural control and geodynamic conditions of displaying // XXIII All-Russian Youth Conference "Structure of the Lithosphere and Geodynamics". Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, April 21–26, 2009.

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V. Modern seismotectonic deformations on the Ashate volcanic plateau and their role in the structure of the Dariganga volcanic field, Southeastern Mongolia // *Geology and Environment*. 2023. Vol. 3, No. 2. P. 60–74. DOI 10.26516/2541-9641.2023.2.60

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V., Sun Yi-min. The latest geodynamics in Central Asia: primary and secondary mantle melting anomalies in the context of orogenesis, rifting, and lithospheric plate motions and interactions // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. Vol. 8, No. 1. P. 45–80. doi:10.5800/GT-2017-8-1-0232.

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V., Yasnygina T.A., Mikheeva E.A. High-magnesium lavas of the Dariganga volcanic field, South-Eastern Mongolia: petrogenetic model of magmatism at the asthenospheric-lithospheric boundary // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012. Vol. 4. P. 385–407. <https://doi.org/10.5800/GT-2012-3-4-0081>

Deng W. Cenozoic volcanism and lithosphere tectonic evolution in the northern Tibetan plateau // *Proc. 30th International Geological Congress. Pt 15. Beijing, 1997. P. 3-12.*

Deschamps A., Lallemand S. The West Philippine basin: an Eocene to early Oligocene back arc basin opened between two opposed subduction zones // *J. Geophys. Res.* 2002. V. 107. P. 2322. doi: 10.1029/2001JB001706.

Genshaft Yu.S., Saltykovsky A.Ya. The catalogue of inclusions of deep-seated rocks and minerals in Mongolian basalts. *Transactions of the Joint Soviet-Mongolian geological expedition. Vol. 46. Moscow, Nauka, 1990. 71 p.*

Genshaft Yu.S., Klimenko G.V., Saltykovsky A.Ya. Ageeva L.I. New data on the composition and age of Cenozoic volcanics in Mongolia // *Doklady Akademii Nauk USSR*. 1990. Vol. 311, No 2. P. 420–424.

Geological map of Mongolia scale 1:1000000 (Ed. O. Tomurtogoo). 1999.

Han S-J., Wang X., Wang X., Wang Y., Zhang Y. Geochronology and geochemistry of late Jurassic–Early Cretaceous volcanic rocks in the southern Great Xing’an range, NE China: constraints for late Mesozoic tectono-magmatic evolution // *International Geology Review*. 2020. DOI: 10.1080/00206814.2020.1768442

Kononova V.A., Ivanenko V.V., Karpenko M.I. New data on the K–Ar ages of Cenozoic continental basalts of the Baikal Rift System // *Doklady Akademii Nauk USSR*. 1988. Vol. 303, No. 2. P. 454–457.

Korina N.A., Pevzner M.A., Chichagov V.P. Paleomagnetic studies in the Dariganga volcanic region in Southeast Mongolia / *Paleomagnetic analysis in study of Quaternary deposits and volcanic rocks. M.: Nauka, 1973. P. 88–96.*

Kuznetsov M.V., Savatenkov V.M., Shpakovich L.V., Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M. Evolution of sources of magmatism in the East Mongolian volcanic region: according to geochemical and Sr–Nd–Pb isotope studies // *Petrology*. 2022. Vol. 30, No. 5. P. 457–479.

Ma C., Meyers S.R., Sageman B.B. Theory of chaotic orbital variations confirmed by Cretaceous geological evidence // *Nature*. 2017. Vol. 542. P. 448–470. doi:10.1038/nature21402

Map of geological formations of the Mongolian People's Republic. Scale 1:1500000. Chief editor A.L. Yanshin. *Joint Soviet-Mongolian scientific research expedition, 1989.*

Nagibina M.S. Late Mesozoic structures of Eastern Mongolia / *Mesozoic and Cenozoic tectonics and magmatism of Mongolia. Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian Research Geological Expedition. Vol. 11. M.: Nauka, 1975. 307 p.*

Nagibina M.S., Shuvalov V.F., Martinson G.G. The main features of stratigraphy and the history of the development of the Mesozoic structures in Mongolia / *The main problems of the geology of Mongolia. Proceedings of the Joint Soviet-Mongolian Research Geological Expedition. Vol. 22. Moscow: Nauka, 1977. P. 76–91.*

Nikishin A.M., Petrov E.I., Malyshev N.A., Ershova V.P. Rift systems of the Russian Eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. Vol. 8, No. 1. P. 11–43. doi:10.5800/GT-2017-8-1-0231.

Papadopoulou M., Barry T.L., Dash B., Halton A.M., Sherlock S.C., Hunt A.C. Evidence for long-lived (>100 Myr) continental intraplate volcanism: Mongolia since the last ocean closure // *Gondwana Research*. 2024. Vol. 133. P. 30–59. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2024.04.009>

Pouclet A., Lee J.-S., Vidal P. et al. Cretaceous to Cenozoic volcanism in South Korea and in the Sea of Japan: magmatic constraints on the opening of the back-arc basin / Ed. J.L. Smellie // *Volcanism associated with extension at consuming plate margins: Geol. Soc. Spec. Publ. N 81. 1995. P. 169–191.*

Rasskazov S.V., 1993. *Magmatism of the Baikal rift system. Novosibirsk: Nauka Siberian Publishing Company, 1993. 288 p.*

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S. Global and regional expressions of the latest geodynamic stage // *Bulletin of Mosk. soc. of naturalists. Geol.* 2013. T. 88, № 4. C. 21–35.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S. The latest geodynamics in Asia: Synthesis of data on volcanic evolution, lithosphere motion, and mantle velocities in the Baikal-Mongolian region // *Geoscience Frontiers*. 2017. V. 8. P. 733–752. Doi:10.1016/j.gsf.2016.06.009.

Rasskazov S.V., Logatchev N.A., Brandt I.S., Brandt S.B., Ivanov A.V. Geochronology and geodynamics of the late Cenozoic (Southern Siberia – South and East Asia). Novosibirsk: Nauka, 2000. 288 p.

Rasskazov S., Taniguchi H. Magmatic response to the Late Phanerozoic plate subduction beneath East Asia / CNEAS Monograph Series No. 21. Tohoku University, Japan, 2006. 156 p.

Rasskazov S., Taniguchi H., Goto A., Litasov K. Magmatic expression of plate subduction beneath East Asia in the Mesozoic through Cenozoic // Northeast Asian Studies. 2004. V. 9. P. 179–219.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Fefelov N.N., Saranina E.V. Potassic and potassic–sodic volcanic series in the Cenozoic of Asia. Academic Publishing House "GEO", Novosibirsk, 2012. 351 p.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V., Bokareva A.A. Geochemical signatures of the source for rocks from the Dzutol volcano in the southeast of Mongolia: the final generation of late Cenozoic melts in the transtension zone at the lithosphere–asthenosphere boundary // Geology and Environment. 2023. Vol. 3, No. 2. P. 91–131. DOI 10.26516/2541-9641.2023.2.91

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Evolution of Cenozoic volcanism and its sources in the Dariganga–Chifeng (Dachi) zone: involvement in tectonic reactivation of the keel of the North China Craton and the deep mantle beneath adjacent geological structures // Geology and Environment. 2024a. Vol. 4, No. 2. P. 79–104. DOI 10.26516/2541-9641.2024.2.79

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S., Yasnygina T.A., Saranina E.V. Late Cenozoic high and low temperature magma generation from primordial and age-modified mantle materials beneath Dariganga in Southeast Mongolia: Factors of mantle degassing and adiabatic upwelling // Geosystems and Geoenvironment. 2024b. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geo-geo.2024.100295>

Rasskazov S.V., Yasnygina T.A., Saranina E.V., Maslovskaya M.N., Fefilov N.N., Brandt S.B., Brandt I.S., Kovalenko S.V., Martynov Yu.A., Popov V.K. Middle–Late Cenozoic magmatism of the continental margin of the Sea of Japan basin: pulsar melting of the mantle and crust of Southwestern Primorye // Pacific Geology. 2004. Vol. 23, No. 6. P. 3–31.

Saltykovsky A.Ya., Genshaft Yu.S. Cenozoic geodynamics of volcanism of the South-East Mongolia. Transactions of the Joint Soviet–Mongolian geological expedition. Vol. 42. Moscow, Nauka, 1985. 135 p.

Syrnev I.P., Malaeva E.M., Kramarenko G.S., Leflat O.N. On the paleogeography of the Tamtsag Depression in the east of the Mongolian People's Republic in the Middle Pleistocene // Bulletin of the commission for the study of the Quaternary period. 1986. No. 55. P. 35–44.

Togtokh K., Bars A., Miao L., Munkhtsengel B., Anaad C. Geochemical comparison of late Mesozoic and early Cenozoic volcanic rocks in South Mongolia: Implications for petrogenesis and geodynamic evolution // Mongolian Geoscientist. Vol. 49. 2019. P. 3–21. <https://doi.org/10.5564/mgs.v0i49.1223>

Vlodavets V.I. Dariganga volcanic region // Doklady Earth Sci. 1950. Vol. 72, No. 5. S. 933–935.

Vlodavets V.I. On some features of Cenozoic volcanism in the Dariganga region of Mongolia // Problems of Geology of Asia. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1955. Vol. 2. P. 679–685.

Yanovskaya T.B., Kozhevnikov V.M. 3D S-wave velocity pattern in the upper mantle beneath the continent of Asia from Rayleigh wave data // Phys. Earth and Planet. Inter. 2003. Vol. 138. P. 263–278.

Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M., Savatenkov V.M., Kudryashova E.A., Kuznetsov M.V. Late Mesozoic East Mongolian volcanic region: structure, magmatic associations, sources of magmatism // Petrology. 2020. Vol. 28, No. 6. P. 563–590.

Yarmolyuk V.V., Kudryashova E.A., Kozlovsky A.M. Late stages of development of the Late Mesozoic East Mongolian volcanic region: age and composition of volcanic rocks // Dokl. Academy of Sci. 2019. Vol. 487. P. 283–288. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524873283-288>

Yin A., Rumelhart P.E., Butler R. et al. Tectonic history of the Altyn Tag fault system in northern Tibet inferred from Cenozoic sedimentation // Geol. Soc. Amer. Bull. 2002. V. 114. P. 1257–1295.

Zhang L.-S., Schärer U. Age and origin of magmatism along the Cenozoic Red River shear belt, China // Contribs. Mineral. Petrol. 1999. V. 134. P. 67–85.

Чувашова Ирина Сергеевна,

кандидат геолого-минералогических наук,
664025, г. Иркутск, ул. Ленина, д. 3,

*Иркутский государственный университет, геологический факультет,
Доцент кафедры динамической геологии,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,
Институт земной коры СО РАН,
старший научный сотрудник,
тел.: (3952) 51–16–59,
email: chuvashova@crust.irk.ru.*

Chuvashova Irina Sergeevna,
*candidate of geological and mineralogical sciences, Senior Researcher,
664025, Irkutsk, Lenin st., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
Associate Professor of the Dynamic Geology chair,
664033, Irkutsk, Lermontov st., 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Senior Researcher,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: chuvashova@crust.irk.ru.*

Андреева Юлия Сергеевна,
*664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, кафедра геологии нефти и газа,
старший преподаватель,
тел. 89086534398,
электронная почта: afanasevaus@mail.ru.*

Andreeva Yuliya Sergeevna,
*664025, Irkutsk, Lenin st., 3,
Department of Oil and Gas Geology Irkutsk State University,
Senior Lecturer,
tel. 89086534398,
email: afanasevaus@mail.ru.*

Рассказов Сергей Васильевич,
*доктор геолого-минералогических наук, профессор,
664025, г. Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет, геологический факультет,
заведующий кафедрой динамической геологии,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,
Институт земной коры СО РАН,
заведующий лабораторией изотопии и геохронологии,
тел.: (3952) 51–16–59,
email: rassk@crust.irk.ru.*

Rasskazov Sergei Vasilievich,
*doctor of geological and mineralogical sciences, professor,
664025, Irkutsk, Lenin st., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
Head of Dynamic Geology Char,
664033, Irkutsk, Lermontov st., 128,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Head of Laboratory for Isotopic and Geochronological Studies,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: rassk@crust.irk.ru.*
