

Экспедиции

УДК 550.42.14+551.21+552.333+(51)
<https://doi.org/10.26516/2541-9641.2024.2.164>

По следам П.А. Кропоткина: Изучение юных базальтовых лав в районе Сайлагского водопада, Восточный Саян

С.В. Рассказов^{1,2}, С.В. Снопков^{2,3}, А.П. Папаев⁴,
Д.И. Парфенов², Д.А. Петров², Б. Хайдаков⁴

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

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

³Сибирская школа геонаук, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

⁴Орликская средняя школа, пос. Орлик, Россия

Аннотация. Выполнены полевые наблюдения на Усть-Жом-Болокском лавовом покрове Окинской впадины юго-восточной части Восточного Саяна, впервые исследованном П.А. Кропоткиным почти 160 лет назад. В разрезах Сайлаг и Номто-Гол определены лессовидные отложения, подстилающие и перекрывающие лавовый покров. Сделан вывод об извержении лавового покрова в условиях сухого холодного климата конца плейстоцена и о его более позднем эрозионном расчленении р. Окой в условиях более теплого климата и обводненности территории в голоцене.

Ключевые слова: базальты, лессовидные отложения, аллювий, голоцен, поздний плейстоцен, Восточный Саян.

In the Footsteps of P.A. Kropotkin: Study of young basaltic lavas in the Sailag Waterfall Area of Eastern Sayans

S.V. Rasskazov^{1,2}, S.V. Snopkov^{2,3}, A.P. Papaev⁴,
D.I. Parfenov², D.A. Petrov², B. Khaidakov⁴

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

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Siberian School of Geosciences, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

⁴Orlik Secondary School, Orlik, Russia

Abstract. Field observations were performed on the Ust-Zhom-Bolok lava cover of the Oka basin in the southeastern part of Eastern Sayans. In the Sailag and Nomto-Gol sections, loess-like deposits, underlying and overlying the lava cover, were identified. It is inferred that the lava cover erupted in conditions of a dry cold climate at the end of the Pleistocene and was dissected by the Oka River in conditions of a warmer climate and abundant water content of the territory in the Holocene.

Keywords: basalts, loess-like deposits, alluvium, Holocene, late Pleistocene, Eastern Sayans.

В Центральной и Восточной Азии широко распространены вулканические извержения конца плейстоцена и голоцена, последних 14 тыс. лет. Вулкан Хорго Центральной Монголии извергался в начале голоцена, тогда как вулканы Восточной Азии сохраняли активность в позднем голоцене, а некоторые из них находятся в состоянии подготовки к вулканическим извержениям (Рассказов, 1982; 1999; Рассказов и др., 2000; Чувашова и др., 2007, 2022; Рассказов, Чувашова, 2018). Юные вулканы Центральной Монголии и юго-восточной части Восточного Саяна находятся в единой Хангай-Бельской области сочетания растяжения и сжатия литосферы в западной части Байкальской рифтовой системы (Рассказов и др., 2014). Извержение вулкана Кар-ер-дакси случилось южнее, в хр. Кунь-Лунь, в 1951 г. В связи с этим возникает вопрос о времени последних извержений саянских вулканов; подобны ли они во временном отношении последним монгольским извержениям или могут представлять собой более молодые события, такие как извержения вулкана Кар-ер-дакси в хр. Кунь-Лунь или в Восточной Азии?

Вслед за П.А. Кропоткиным вулканические породы в пади Хикушка и в долине р.

Жом-Болок неоднократно посещались геологами в основном в районе вулканов Кропоткина и Перетолчина (Адамович и др., 1959; Гросвальд, 1965; Киселев и др., 1979; Ярмолюк и др., 2003). В 1990-м г. на водопаде Сайлаг были взяты образцы базальтов совместной российско-американской экспедицией, в которой принял участие известный вулканолог Дж. Лур и один из авторов этой статьи. Высказывались разные мнения о времени молодых извержений. Для ориентировочной оценки этих событий, однако, было бы логично, прежде всего, подробно задокументировать геологические условия залегания лавовых слоев.

В начале июля 2024 г. по следам П.А. Кропоткина была организована совместная экспедиция студентов геологического факультета ИГУ и школьников Орликской средней школы. Она проходила по дороге Орлик–Хужир, через пункт отправки экспедиции П.А. Кропоткина, в котором установлена мемориальная табличка (рис. 2а), и была направлена к водопаду Сайлаг – одному из красивейших мест Восточного Саяна (рис. 2б). Цель настоящей статьи – представить результаты выполненных геологических наблюдений в районе этого водопада.

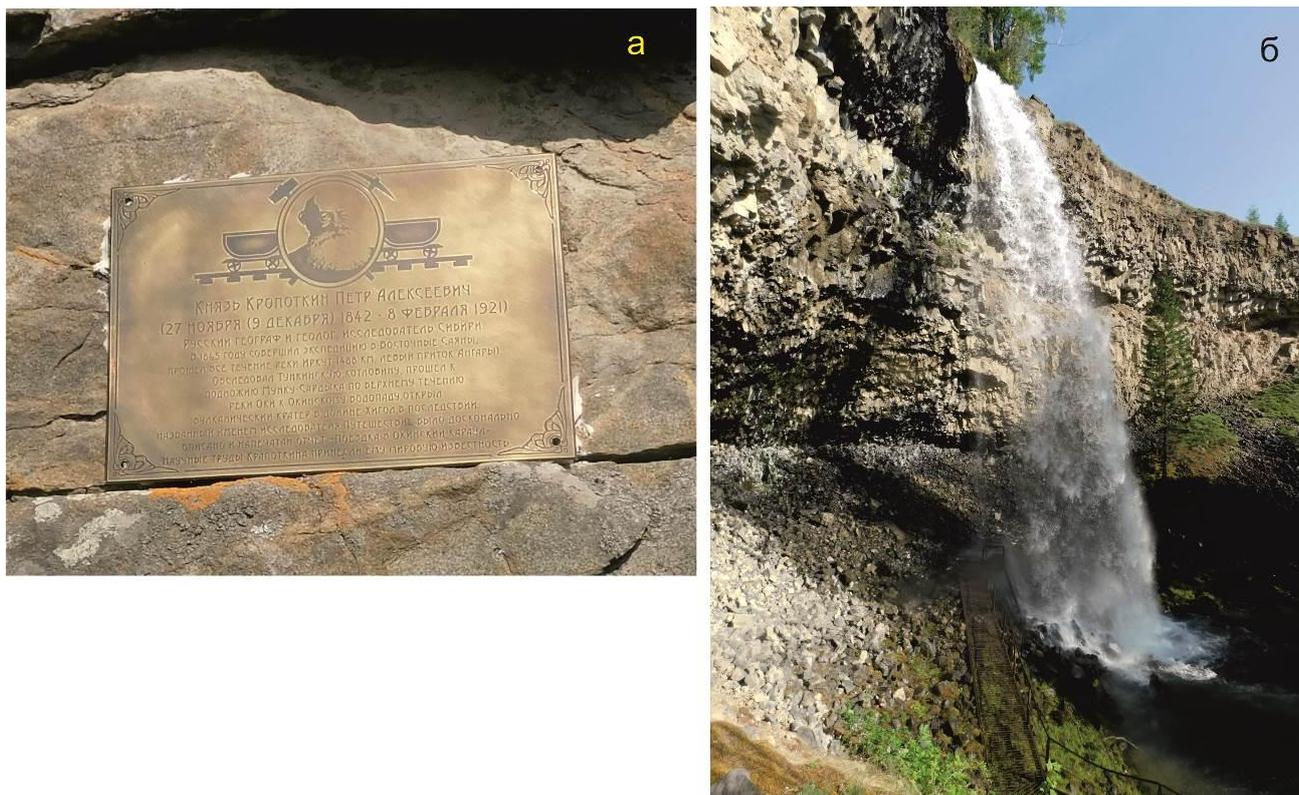


Рис. 2. Мемориальная табличка П.А. Кропоткина на гранитной скале (а) и водопад Сайлаг, срывающийся с поверхности базальтового потока (б).

Fig. 2. Memorial plaque to P.A. Kropotkin on a granite rock (a) and the Sailag waterfall, falling from the surface of a basalt flow (b).

Вводные замечания о вулканических породах Окинского плоскогорья

Кайнозойские вулканические породы Окинского плоскогорья давно привлекали внимание исследователей-геологов. Первая возрастная определенность в отношении лав была получена С.В. Обручевым (1946), который отобрал пробы из линзы осадочных отложений в основании толщи г. Хирписа, и по спорам и пыльце из этих отложений А.Н. Криштофовичем было дано заключение о принадлежности осадочных пород к миоцену. В 1960–1970-х гг. М.Е. Медведевым были детально охарактеризованы геоморфологические условия накопления кайнозойских вулканических и вулканогенно-осадочных толщ Окинского плоскогорья и приведены сведения о составе петрогенных оксидов этих пород (Киселев и др., 1979).

В 1970–80-х гг. на Окинском плоскогорье проводилась государственная геологическая съемка масштаба 1:50 000. Позже, полученные материалы обобщались в рамках ГДП-200. При составлении геологических карт были разработаны новые представления о геологическом строении и рудоносности территории юго-восточной части Восточного Саяна, в том числе по кайнозойским базальтам. По разрезам тиссинской серии вулканических и вулканогенно-осадочных пород было выполнено комплексное датирование осадочных отложений по спорово-пыльцевым комплексам и вулканических пород К–Аг и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами. С учетом положения

в рельефе, тиссинская серия была расчленена на 3 свиты: сорокскую (нижний-средний миоцен, 20–12 млн лет), хирписинскую (верхний миоцен, 11–5 млн лет) и хирбэсинскую (плиоцен, 5.0–1.5 млн лет).

Лавы, спускающиеся по долине р. Жом-Болок с хр. Большой Саян до долины р. Оки, относятся к самостоятельному стратону, который коррелируется с четвертичными вулканическими породами Восточно-Тувинского вулканического поля. Вулканы пади Хикушка и лавы долины р. Жом-Болок датируются в целом верхним плейстоценом и голоценом (Рассказов, 1993; Рассказов и др., 2000).

Строение разреза вулканогенно-осадочной толщи в районе водопада Сайлаг

В долине р. Жом-Болок лавы почти не эродированы. Поскольку глубина эрозионного вреза не превышает первые метры, сложилось представление об образовании единого 75-километрового «Жом-Болокского лавового потока» (рис. 3). Между тем в долине р. Жом-Болок отмечались узкие каньоны, через которые лава не могла спускаться с верховьев долины в ее нижнее течение. Здесь могли действовать самостоятельные центры извержений. Тальвег долины р. Оки находится на 20–30 м ниже поверхности лавового потока. В обнажениях наблюдается несколько лавовых слоев и перемежающихся с ними осадочных отложений (рис. 4).



Рис. 3. Слабо расчлененная поверхность лавового потока в долине р. Жом-Болок (район Шарза).

Fig. 3. Slightly dissected surface of a lava flow in the Zhom-Bolok River valley (Sharza area).

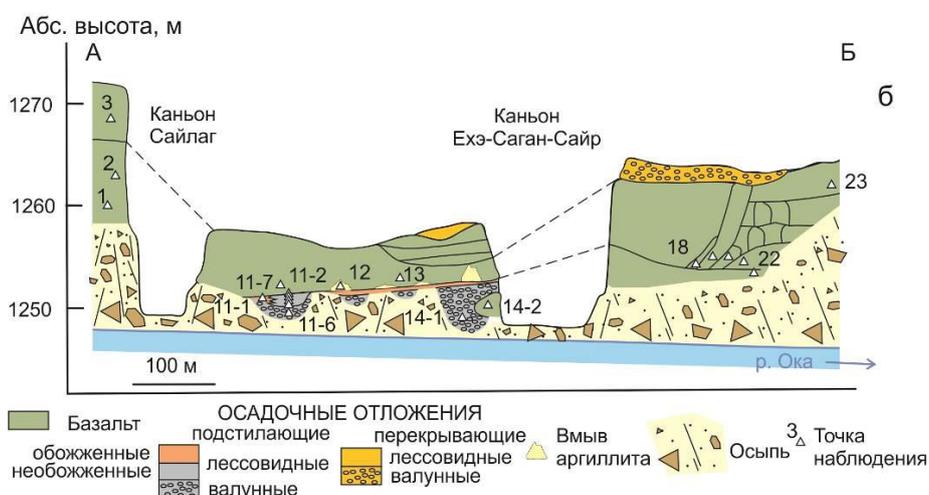


Рис. 4. Положение линии разреза на космоснимке Google Earth (а) и схематический разрез Сайлаг на Усть-Жом-Болоком вулканическом покрове (б).

Fig. 4. Position of the section line on the space image Google Earth (a) and the schematic Sailag section of the Ust-Zhom-Boloky volcanic cover (b).

Водопад Сайлаг питается одноименным водотоком (малым Жом-Болоком) шириной в несколько метров, протекающим вдоль края лавового поля с запада на восток. В результате пятящейся эрозии водопад продвинулся к настоящему времени от устья каньона на р. Оке на 112 м. Другой водоток (Ехэ-Саган-Сайр), спускающийся с хр. Кропоткина северо-восточнее водопада Сайлаг, выработал в своей приустьевой части, на р. Оке, каньон шириной 156 м и в результате пятящейся эрозии продвинулся на 450 м до резкого перегиба продольного профиля в лавовой толще.

В верхней и средней частях стенок каньона водопада Сайлаг обнажаются 2 лавовых потока. В нижнем потоке толстостолбчатая отдельность сменяется мелкокомковатой

отдельностью, в верхнем потоке отдельность крупноглыбовая (рис. 5). Подошва верхнего потока трассируется по пористому базальту, составляющему полосу первые десятки сантиметров. Общая видимая мощность двух лавовых потоков не превышает 13 м. Эта мощность была принята П.А. Кропоткиным (1967) как характеристика всего лавового покрова в долине р. Оки. Основание каньона закрыто коллювиальными отложениями. Крупно-глыбовая осыпь высотой 8–10 м протягивается по всей его периферии. Падающая вода выбила углубление в центре каньона, от которого начинается русло водотока, впадающего в р. Оку (см. рис. 26).



Рис. 5. Базальты средней части каньона Сайлаг с толстостолбчатой и мелкокомковатой отдельностью (т.н. 1, 2) (а) и его верхней части с крупноглыбовой отдельностью (т.н. 3) (б).

Fig. 5. Basalts of the middle part of the Sailag canyon with thick-columnar and fine-lumpy jointing (sites 1, 2) (a) and its upper part with large-block jointing (site 3) (b).

Между каньонами Сайлаг и Ехэ-Саган-Сайр, вдоль р. Оки, протягивается стенка, сложенная базальтами и осадочными отложениями (рис. 6а). Протяженность стенки от мыса каньона Сайлага до мыса каньона Ехэ-Саган-Сайра составляет 340 м. От каньона Сайлага протягивается единый лавовый поток мощностью 7–8 м с толстостолбчатой отдельностью. Образцы базальтов, отобранные в т.н. 1 и т.н. 2, относятся к единому слою с образцами базальтов, отобранными в т.н. 11-

7 и т.н. 13. Подстилающие осадочные отложения обнажены под подошвой базальтового потока почти на всем протяжении этого обнажения и закрыты осыпью только вблизи каньона Сайлага.

В основании видимой части разреза находятся валунники. Они вскрываются эрозией на 7 м. На уровне слоя валунников встречаются обрушившиеся оползневые блоки базальтовых слоев, которые можно ошибочно принять за лавы, переслаивающиеся с

обломочными отложениями. На мысу каньона Ехэ-Саган-Сайра такой фрагмент, однако, действительно находится внутри слоя валуников (т.н. 14.2) (рис. 6б). Он явно образовался до основного потока

толстостолбчатого базальта и может рассматриваться как порода ранний вулканической фазы.

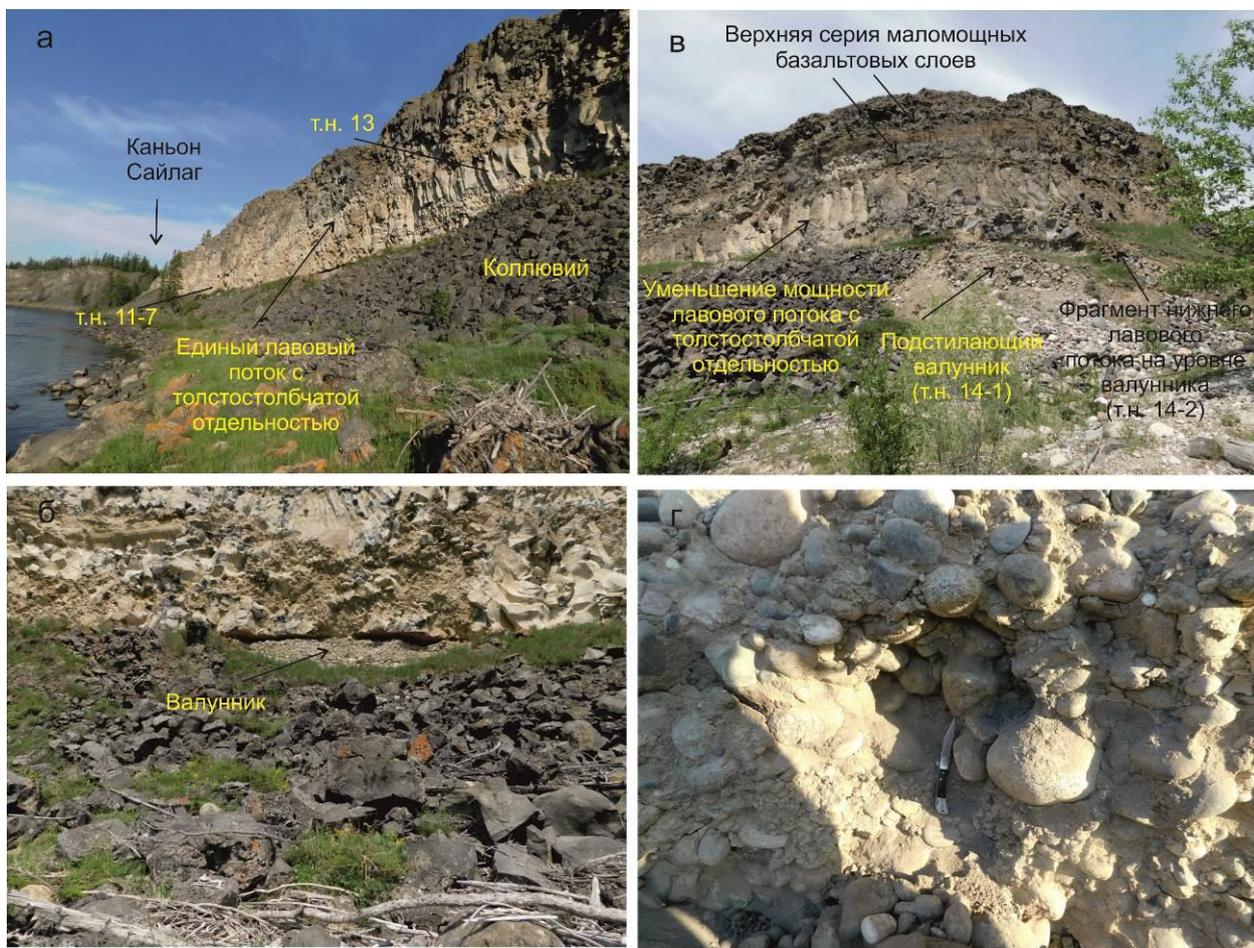


Рис. 6. Базальтовый поток между каньонами Сайлаг и Ехэ-Саган-Сайр (а), обнажение фрагмента валуни́ка под его подошвой (б), обнажение слоев базальта и валуни́ка мыса каньона Ехэ-Саган-Сайра (в) и валуни́ка этого обнажения (т.н. 14-1) (г).

Fig. 6. Basalt flow between the Sailag and Ekhe-Sagan-Sayr canyons (a), outcrop of a fragment of boulder under its base (b), outcrop of basalt and boulder layers in the cape of the Ekhe-Sagan-Sayr canyon (c), and the boulder layer of this outcrop (site 14-1) (d).

Под подошвой лавового потока, выше слоя валуников, залегает слой пылеватых лессовидных отложений мощностью до 1 м. Порода имеет серый цвет (рис. 6б), но на большей части обнажения обожжена базальтовым потоком, в связи с чем приобретает персиковую окраску (рис. 6а). В восточной части обнажения трещины и пустоты в базальтах заполнены желтым аргиллитовым материалом. Если базальтовый поток имеет монолитное сложение, этот материал

образует слой до 2 см в его основании, на границе с лессовидной породой (рис. 6в), если поток теряет монолитность, аргиллиты пронизывают все его тело и образуют прожилки в подстилающем обожженном лессовидном материале (рис. 6г). Желтый аргиллит имеет позднее происхождение. Очевидно, сто он скопился в результате циркуляции вод, сопровождавшейся вмывом глинистых частиц в осадочно-вулканогенную толщу после ее образования.



Рис. 7. Отложения у подошвы лавового потока: лессовидная порода персикового цвета, обожженная подошвой базальтового потока (а), то же серого цвета без признаков обжига (б), прожилки желтого аргиллита в подошве базальтового слоя (в) и то же в обожженной лессовидной породе (г). На панели г аргиллитом заполнены трещины и пустоты базальтового потока.

Fig. 7. Sediments at the base of a lava flow: peach-colored loess-like rock, burned by the base of a basalt flow (a), the same of gray color without signs of burning (b), veins of yellow argillite at the base of a basaltic layer (в), and the same in burned loess-like rock (г). In panel г, cracks and voids of the basaltic flow are filled with argillite.

В разных местах Усть-Жом-Болокского лавового покрова на его поверхности находятся скопления лессовидных отложений мощностью от первых десятков сантиметров до первых метров. Вскрытие показало слоистое строение этих пород с последовательной сменой цвета слоев от коричневого (под современной почвой) через белесый до темно-серого (рис. 7б). В левом борту каньона Ехэ-

Саган-Сайра наблюдается слой валуников мощностью первые м. Этот слой переходит в обширную равнину центральной части Окин-ской впадины. По высокой степени обработки валунов и галек и отсутствию базальтов в его составе этот материал подобен валуникам, подстилающим базальтовый покров.

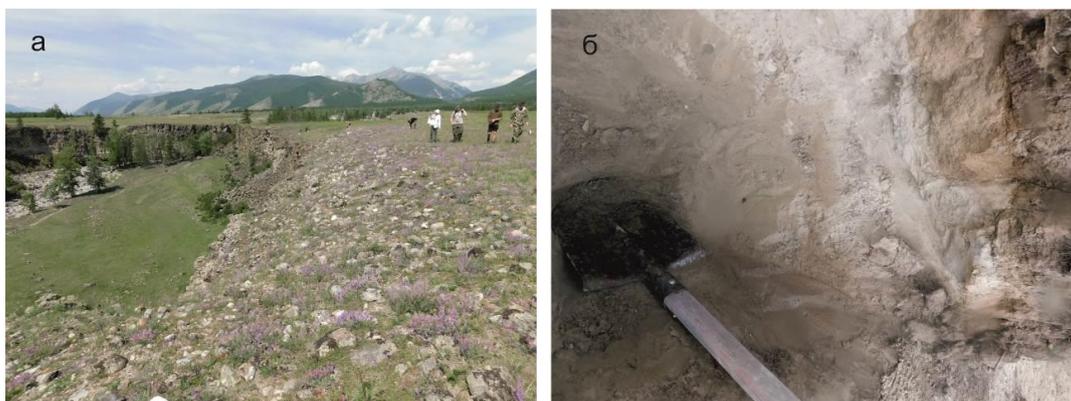


Рис. 8. Отложения на поверхности лавового покрова: валунник в левом борту каньона Ехэ-Саган-Сайра (а) и вскрытые слои лессовидной породы (б).

Fig. 8. Sediments on the surface of the lava cover: boulder on the left side of the Ekhe-Sagan-Sayr canyon (a) and exposed layers of loess-like rock (b).

В основании базальтового обнажения левобережья Ехэ-Саган-Сайра осадочные отложения не обнаружены. Основание склона занято крупноглыбовой осыпью. На восточном мысу каньона Ехэ-Саган-Сайра обнажаются два лавовых слоя, прослеживающихся вдоль обнажения вниз по р. Оке. На расстоянии 50–60 м верхний поток базальта с толстостолбчатой отдельностью сохраняет монолитность, но затем начинает фрагментироваться (рис. 7а). В нем образуются трещины, заполненные

спекшимися комками пористого базальта (рис. 7б), обособляются блоки с веерообразной толстостолбчатой отдельностью (рис. 7в) и фрагменты массивной породы в виде пластин (рис. 7г). Латеральный переход к фрагментированной структуре базальтового слоя свидетельствует о кристаллизации магматического расплава в нестабильных условиях, которые могли создаваться на окраине вулканического покрова или вблизи центра извержения.

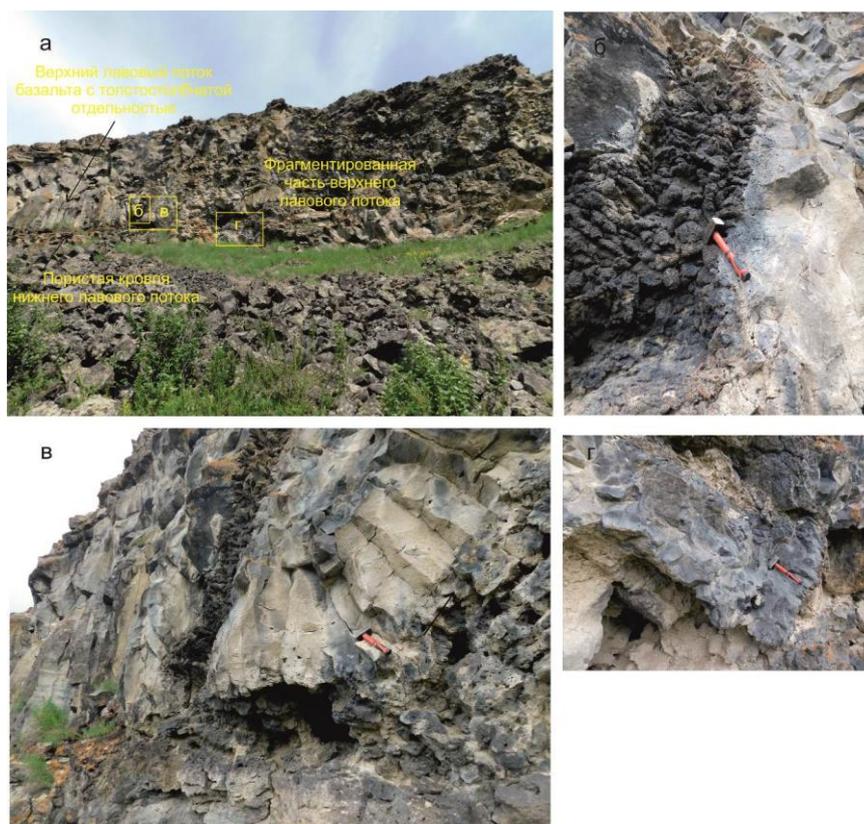


Рис. 9. Латеральный переход от лавового потока базальта с толстостолбчатой отдельностью к его фрагментированной части (а) и детали фрагментации: заполнение трещины спекшимися комками пористого базальта между фрагментами массивной породы (б), веерообразная

толстостолбчатая отдельность в обособившемся блоке (е) и фрагмент массивной породы в виде пластины (з). На панели а желтыми прямоугольниками показано местоположение фрагментов панелей б–г.

Fig. 9. Lateral transition from a basalt lava flow with thick-columnar jointing to its fragmented part (a) and fragmentation details: filling of a crack with fused lumps of porous basalt between fragments of massive rock (б), fan-shaped thick-columnar jointing in an isolated block (е), and a fragment of massive rock in the form of a plate (з). In panel a, yellow rectangles show the location of fragments of panels б–г.

Строение разреза вулканогенно-осадочной толщи в районе Номто-Гола

Этот разрез в целом подобен разрезу Сайлаг и дополняет его. В широкой долине р. Оки намечаются два террасовидных уступа, выработанные в процессе ее формирования. В верхней части склона долины различаются

два базальтовых слоя (т.н. 6 и 7), разделенные галечником (рис. 10). Преобладает галька 4–5 см, уплощенной формы, хорошо окатанная (класс 3 по шкале А.В. Хабакова). Встречается редкая галька до 15 см. Наполнитель слабо промытого крупнозернистого песка составляет 50–60 %. Перекрывающие лессовидные отложения составляют до 6 м (рис. 11).

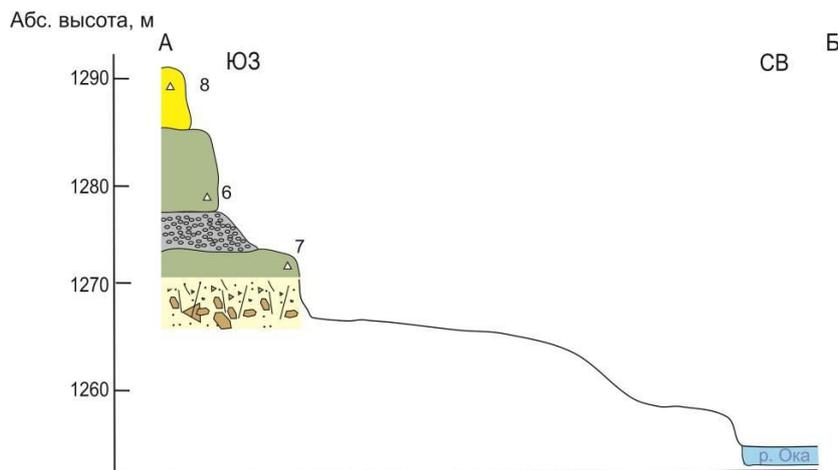


Рис. 10. Схематичный разрез вулканогенно-осадочной толщи в районе Номто-Гола, по линии ВГ (рис. 1). Условные обозн. см. рис. 4.

Fig. 10. Schematic section of volcanogenic-sedimentary strata in the Nomto-Gol area, along the ВГ line (Fig. 1). Symbols are as in Fig. 4.



Рис. 11. Соотношения верхнего базальтового покрова с перекрывающими и послеэрозийными лессовидными отложениями и подстилающими галечниками (а) и мощная толща лессовидных отложений выше базальтов в левом береговом обрыве р. Оки (б) напротив долины Номто-Гола.

Fig. 11. Relationships between the upper basalt cover with the overlying and post-erosional loess-like sediments and underlying pebbles (a) and a thick stratum of loess-like sediments above the basalts in the left side of a cliff in the Oka River (b) opposite the Nomto-Gol valley.

Обсуждение

Реконструкция образования базальтового покрова

В настоящее время большая часть Усть-Жом-Болокского лавового покрова покрыта почвой и занята лиственным лесом с кустарниковым подлеском, хотя на неровной поверхности аа-лавы растительность местами отсутствует. Часть территории Окинской впадины не залесена и представляет собой степную зону, покрытую почвой с травянистой растительностью.

В разрезе Сайлаг базальтовые лавы подстилаются и перекрываются эоловыми (лессовидными) отложениями, в которых каких-либо растительных остатков не обнаружено. На расстоянии почти полукилометра лавами перекрыта ровная остепненная поверхность. Персиковые следы обжига в подстилающих лавы пылеватых лессовидных отложениях обозначают сгоревший почвенно-растительный слой. Если почва и травянистая растительность отсутствует, лессовидные отложения сохраняют первичную серую окраску.

Ровная поверхность центральной части Окинской впадины, по-видимому, была создана ледниковым покровом, который отутюжил и выровнял накопившийся во впадине валунный и галечниковый материал. Какие-либо следы взаимодействия лав с ледниками отсутствуют. Непосредственно перед извержением основного лавового потока ледник стаял, и пост-ледниковая равнина покрылась пылеватым эоловым материалом. В результате вулканического извержения подвижных базальтовых магматических расплавов образовалась щитовая постройка, бронировавшая пост-ледниковую равнину, на которой, в отсутствие водотоков, прошла эоловая планация рельефа. Поверхность извергнутой лавы находится на 10–15 м выше равнины, подготовленной покровным ледником и доработанной эоловой деятельностью. Какое-то время эоловый перенос пылеватых частиц

продолжался и после лавового извержения. В результате, поверхность лав была перекрыта слоем лессовидных отложений, мощность которых в западинах вулканического рельефа превышала 6 м.

Эоловые отложения, сопровождавшие излияние Усть-Жом-Болокского лавового покрова, формировались в условиях сухого холодного климата, скорее всего, в конце плейстоцена. В голоцене климат сменился на более теплый. Возросла обводненность территории. Восточный край лавового покрова был расчленен р. Окой. Сначала базис эрозии реки соответствовал уровню подошвы лавового покрова. Инфильтрация трещинных подземных вод привела к накоплению в трещинах и кавернах лав желтого глинистого материала. При снижении базиса эрозии циркуляция подземных вод прекратилась. Глинистый материал превратился в плотные аргиллиты. Подобный факт инфильтрации подземных вод с внедрением глинистых частиц в пористые базальты на уровне эрозионного вреза был выявлен прежде в вулканической толще, вскрытой скважинами на Боксонском месторождении бокситов (Расказов, 1993; Чувашова и др., 2021).

Глубинная эрозия р. Оки привела к расчленению осадочных отложений Окинской впадины, подстилающих лавовый покров. Глубина вреза относительно добазальтовой равнины в районе Сайлага местами составила не более 3 м, а в районе Номто-Гола превысила 22 м. Такая разница свидетельствует об относительном послебазальтовом опускании северо-восточной части Усть-Жом-Болокского покрова. Подошва базальтового покрова в центральной части Окинской впадины (в районе Сайлага) была опущена относительно его подошвы на ее южной окраине (в районе Номто-Гола) приблизительно на 27 м (рис. 12). При поднятии территории в районе Номто-Гола оформились террасовидные уступы, выработанные в долине р. Оки (см. рис. 10).

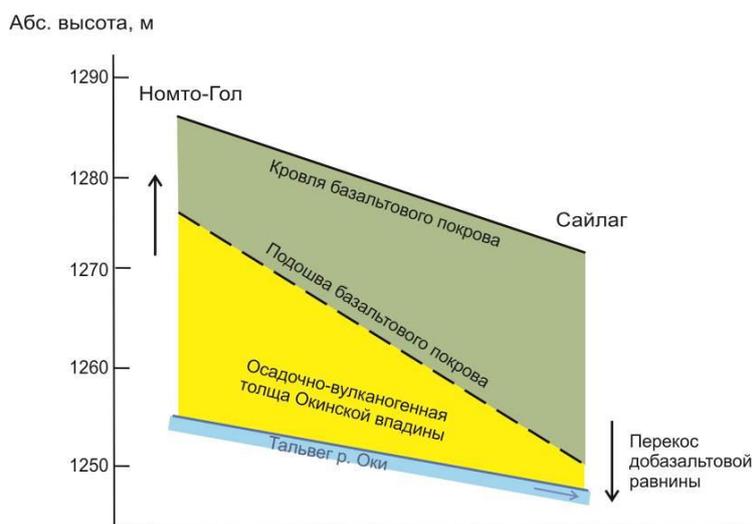


Рис. 12. Схема перекаса добазальтовой равнины, реконструируемой в Окинской впадине по подошве последнего базальтового покрова.

Fig. 12. Scheme of tilting pre-basalt plain, reconstructed in the Oka basin along the base of the last basalt cover.

О Сайлагском водопаде

Водопад Сайлаг образовался подобно Ниагарскому водопаду, в котором верхний уступ сложен твердыми известняками, а ниже них находятся менее устойчивые слои глин и песчаников. Вода Ниагарского водопада, срывающаяся с уступа высотой 55 м, образует в глинах водобойный колодец глубиной более 60 м, в котором неустойчивый глинистый материал вовлекается в переработку. С 1764 до 2008 г. Ниагарский водопад продвинулся вверх по реке на 250 м. За 244 года скорость его отступления составила около 1 м в год.

Водопад Сайлаг питается гораздо меньшим объемом воды, чем Ниагарский, и образовался сравнительно недавно. Об этом свидетельствует слабое выражение русла

питающей реки. Вода срывается вниз с небольшой прорези в базальтовом уступе. Первоначально уступ находился в борту р. Оки и к настоящему времени продвинулся на 112 м от ее русла благодаря вовлечению в движение подбазальтового рыхлого осадочного материала, подобному вовлечению глинистого материала под Ниагарским водопадом. Иными словами, ниже базальтов находятся рыхлые обломочные отложения, вовлекающиеся в переработку в водобойном колодце Сайлага (рис. 13). Водопад существовал 159 лет назад, во время посещения П.А. Кропоткина. Конкретные реперы о продвижении Сайлагского водопада вверх по реке отсутствуют. Скорость его отступления была явно меньше скорости отступления Ниагарского водопада.

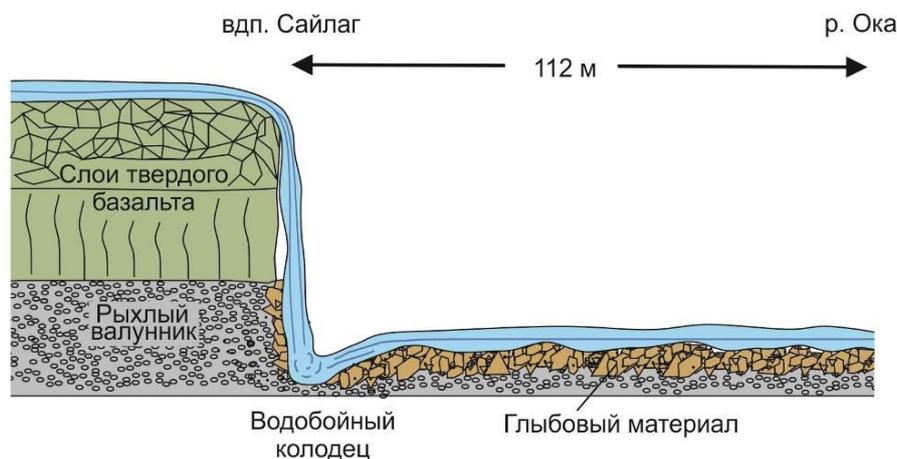


Рис. 13. Схема строения водопада Сайлаг.

Fig. 13. Schematic structure of the Sailag waterfall.

Прообраз будущей долины р. Сайлага – более разработанная долина р. Ехэ-Саган-Сайр, которая, очевидно, первоначально имела водопад, превратившийся с течением времени в водоток, круто спускающийся по базальтовому каньону. Организация сравнительных наблюдений в каньонах могла бы дать количественную оценку скорости пятающейся эрозии на водопадах и врезающихся речных водотоках Усть-Жом-Болокского базальтового покрова.

Заключение

Экспедиция по следам П.А. Кропоткина 2024 г. была направлена на изучение строения Усть-Жом-Болокского лавового покрова в районе водопада Сайлаг. В разрезах Сайлаг и Номто-Гол выполнены полевые наблюдения и определены лессовидные отложения, подстилающие и перекрывающие лавовый покров. Сделан вывод об извержении лавового покрова в условиях сухого холодного климата конца плейстоцена и о его более позднем эрозионном расчленении р. Окой в условиях более теплого климата и обводненности в голоцене. В качестве основной геологической причины образования водопада Сайлаг предполагается сложение верхней части уступа срыва водного потока крепким базальтом и переход к рыхлым валунникам, легко подвергающимся разрушению в основании стенки каньона.

Благодарности

Поездка студентов и школьников на Жом-Болокский лавовый поток была организована директором Орликской средней школы Окинского района Б.Д. Шарастепановым и зам. директора по воспитательной работе А.П. Папаевым. Мы благодарим водителя автобуса Орликской школы Дондок Дашеевича Бадмаева за помощь в проведении геологических маршрутов.

Литература

Адамович А.Ф., Гросвальд М.Г., Зоненшайн Л.П. Новые данные о вулканах Кропоткина и Перетолчина // Мат-лы по региональной геологии. 1959. Вып. 5. С. 79–90.

Гросвальд М.Г. Развитие рельефа Саяно-Тувинского нагорья. М.: Наука, 1965. 167 с.

Киселев А.И., Медведев М.Е., Головкин Г.А. Вулканизм Байкальской рифтовой зоны и

проблемы глубинного магмообразования. Новосибирск: Изд-во «Наука», Сиб. отделение, 1979. 197 с.

Кропоткин П.А. Поездка в Окинский караул // Записки Сибирского отделения Императорского Русского географического общества. 1867. Кн. 9/10. <https://oldcancer.narod.ru/Geography/PAK-PvOk.htm>

Обручев С.В. Развитие рельефа Восточного Саяна // Труды Ин-та географ. Ан СССР. 1946. Вып. 37. С. 115–123.

Рассказов С.В. Юные вулканы хребта Удокан (Северное Забайкалье) // Поздний плейстоцен и голоцен юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 125–136.

Рассказов С.В. Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: ВО "Наука". Сибирская издательская фирма, 1993. 288 с.

Рассказов С.В. Среднеголоценовое изменение тектонических напряжений в вулканической зоне хребта Удокан, Восточная Сибирь // Вулканология и сейсмология. 1999. № 2. С. 70–74.

Рассказов С.В., Чувашова И.С. Вулканизм и трансформация на северо-востоке Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2018. 383 с. ISBN 978-5-6041446-3-3

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., Чебыкин Е.П., Чувашова И.С., Воднева Е.Н., Степанова О.Н. Оценка современной активности мантии Центральной Азии в ретроспективе четвертичных магматических событий: контроль плавления мантии накоплением и стаиванием ледников // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2014. Т. 8, № 2. С. 91–101.

Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья / Труды Вост.-Сиб. фил. СО АН СССР. Вып. 19. Серия геол. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 258 с.

Чувашова И.С., Алокла Р., Рассказов С.В. Инфильтрация глин в поры и каверны неогеновых базальтов Восточного Саяна // Геология и окружающая среда. 2021. Т. 1, № 1. С. 16–26.

Чувашова И.С., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Фефелов Н.Н. Голоценовый вулканизм в Центральной Монголии и Северо-

Восточном Китае: асинхронное декомпрессионное и флюидное плавление мантии // Вулканология и сейсмология. 2007. № 6. С. 19–45.

Чувашова И.С., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А. Трассирование потенциальной сейсмической структуры в Тарятской впадине Центральной Монголии вулканическими извержениями из ОИВ-подобного источника 50–9 тыс. лет назад // Геология и окружающая среда. 2022. Т. 2, № 4. С. 80–103. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.80

Ярмолук В.В., Никифоров А.В., Иванов В.Г. Строение, состав, источники и механизм долинных излияний лавовых потоков Жом-Болок (голоцен, Южно-Байкальская вулканическая область) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 5. С. 41–59.

References

Adamovich A.F., Grosvald M.G., Zonenshain L.P. New data on the Kropotkin and Peretolchin volcanoes // Materials on regional geology. 1959. Issue 5. P. 79–90.

Chuvashova I.S., Alokla R., Rasskazov S.V. Infiltration of clays into pores and caverns of Neogene basalts of the Eastern Sayan // Geology and Environment. 2021. Vol. 1, No. 1. P. 16–26.

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V., Yasnygina T.A., Saranina E.V., Fefelov N.N. Holocene volcanism in Central Mongolia and North-Eastern China: asynchronous decompression and fluid melting of the mantle // Volcanology and Seismology. 2007. No. 6. P. 19–45.

Chuvashova I.S., Rasskazov S.V., Yasnygina T.A. Tracing of potential seismic structure in the Taryat depression of Central Mongolia by volcanic eruptions from an OIB-like source 50–9 thousand years ago // Geology and Environment. 2022. Vol. 2, No. 4. P. 80–103. DOI 10.26516/2541-9641.2022.4.80

Florensov N.A. Mesozoic and Cenozoic basins of the Baikal region / Proceedings of the East Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Issue 19. Geological series. Moscow–Leningrad: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1960. 258 p.

Grosvald M.G. Development of the relief of the Sayan-Tuva highlands. Moscow: Nauka, 1965. 167 p.

Рассказов Сергей Васильевич,
доктор геолого-минералогических наук, профессор,

Kiselev A.I., Medvedev M.E., Golovko G.A. Volcanism of the Baikal rift zone and problems of deep magma formation. Novosibirsk: Publishing house Nauka, Siberian Branch, 1979. 197 p.

Kropotkin P.A. Trip to the Okinsky guard // Notes of the Siberian branch of the Imperial Russian Geographical Society. 1867. Book. 9/10. <https://old-cancer.narod.ru/Geography/PAK-PvOk.htm>

Obruchev S.V. Development of the relief of Eastern Sayans // Proceedings of the Institute of Geogr. Academy of Sciences of the USSR. 1946. Issue 37. P. 115–123.

Rasskazov S.V. Young volcanics of the Udokan ridge (Northern Transbaikalia) // Late Pleistocene and Holocene of the south of Eastern Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1982. P. 125–136.

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

Rasskazov S.V. Middle Holocene change in tectonic stresses in the volcanic zone of the Udokan ridge, Eastern Siberia // Volcanology and seismology. 1999. No. 2. P. 70–74.

Rasskazov S.V., Chuvashova I.S. Volcanism and transtension in the northeastern Baikal Rift System. Novosibirsk, Academic Publishing House «GEO», 2018. 384 p. doi: 10.21782/B978-5-6041446-3-3

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.V., Chebykin E.P., Chuvashova I.S., Vodneva E.N., Stepanova O.N. Assessment of modern activity of the Central Asian mantle in retrospect of Quaternary magmatic events: control of mantle melting by accumulation and melting of glaciers // Bulletin of Irkutsk State University. Earth Sciences Series. 2014. Vol. 8, No. 2. P. 91–101.

Yarmolyuk V.V., Nikiforov A.V., Ivanov V.G. Structure, composition, sources and mechanism of valley outpourings of lava flows of Zhom-Bolok (Holocene, South Baikal volcanic region) // Volcanology and Seismology. 2003. No. 5. P. 41–59.

664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет,
геологический факультет,

заведующий кафедрой динамической геологии,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128,
Институт земной коры СО РАН,
заведующий лабораторией изотопии и геохро-

нологии,
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 Geochrono-
logical Studies,
tel.: (3952) 51–16–59,
email: rassk@crust.irk.ru.

Снопков Сергей Викторович,
кандидат геолого-минералогических наук, до-
цент,

664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет,
геологический факультет, доцент,
664074, г. Иркутск, ул. Курчатова, 3,
Сибирская школа геонаук, Иркутский нацио-
нальный исследовательский технический универ-
ситет,

ведущий научный сотрудник,
email: snopkov_serg@mail.ru.

Snopkov Sergey Viktorovich,
Candidate of Geological and Mineralogical Sci-
ences,

assistant professor,
664025, Irkutsk, Lenin st., 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
664074, Irkutsk, Kurchatov st., 3,
Siberian School of Geosciences, Irkutsk National
Research Technical University,
Leading Researcher,

email: snopkov_serg@mail.ru.

Папаев Алексей Пурбоевич,
кандидат географических наук, зам. дирек-
тора по воспитательной работе,
Орликская средняя школа,
пос. Орлик, Окинский район Бурятская Рес-
публика,

email: papaev13@rambler.ru.

Papaev Alexey Purboevich,
Candidate of Geography,
Deputy Director for Educational Work,
Orlik Secondary School, Orlik settlement, Okin-
sky district, Buryat Republic,
email: papaev13@rambler.ru.

Парфенов Даниил Игоревич,
664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет,
геологический факультет,
студент второго курса.

Parfenov Daniil Igorevich,
664025, Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
student of the second course.

Петров Дмитрий Александрович,
664025, Иркутск, ул. Ленина, д. 3,
Иркутский государственный университет,
геологический факультет,
студент второго курса,
Petrov Dmitry Alexandrovich,
664025, Irkutsk, st. Lenina, 3,
Irkutsk State University, Faculty of Geology,
student of the second course.

Хайдаков Баясхалан,
пос. Орлик, Окинский район Бурятская Рес-
публика.

Khaidakov Bayaskhalan,
Orlik Secondary School, Orlik settlement, Okin-
sky district, Buryat Republic.