

С. Г. АРЖАННИКОВ, А. В. ИВАНОВ,  
А. В. АРЖАННИКОВА, Е. И. ДЕМОНТЕРОВА

# ДОЛИНА ВУЛКАНОВ в Восточном Саяне

Недалеко от столицы Восточной Сибири г. Иркутска, в горном массиве хребта Восточный Саян расположен один из загадочных и красивейших уголков Северной Азии – долина вулканов. Каждый, кто сумеет добраться до центра Саян, в верховье пади Хи-Гол, может видеть удивительную картину. На фоне черной, иногда темно-коричневой лавы выделяются шлаковые усеченные конусы вулканов, частично покрытые лесом, кустарником и мхом. В прошлые времена местное население боялось подниматься вверх по долине, а лавы и вулканы внушали страх и ужас. Считалось, что лавы являются разрушенным и расплавленным дворцом злого духа Гай-Дулман-хана, которого когда-то победил Гэсэр. Сегодня долина вулканов пользуется большой популярностью как у туристов нашей страны, так и у зарубежных гостей



АРЖАННИКОВ Сергей Геннадьевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории современной геодинамики Института земной коры СО РАН (Иркутск). Автор 128 научных работ



ИВАНОВ Алексей Викторович – доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеогеодинамики Института земной коры СО РАН (Иркутск), член минералогического общества. Автор 111 научных работ



АРЖАННИКОВА Анастасия Валентиновна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории современной геодинамики Института земной коры СО РАН (Иркутск). Автор 110 научных работ



ДЕМОНТЕРОВА Елена Ивановна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеогеодинамики Института земной коры СО РАН (Иркутск), член минералогического общества. Автор 79 научных работ

Озеро Хара-Нур, образованное в долине реки Жомболок, Саянские горы, Монголия  
Т.У. Аткинсон. 1852 г.  
Акварель, бумага, 40 × 58 см.  
Courtesy of Sphinx Fine Art, London

**Ключевые слова:** Восточный Саян, долина вулканов, базальтовый поток, лавовый тоннель, метод датирования, аллювий.  
**Key words:** East Sayan Ridge, valley of volcanoes, basalt flow, lava tunnel, dating method, alluvium



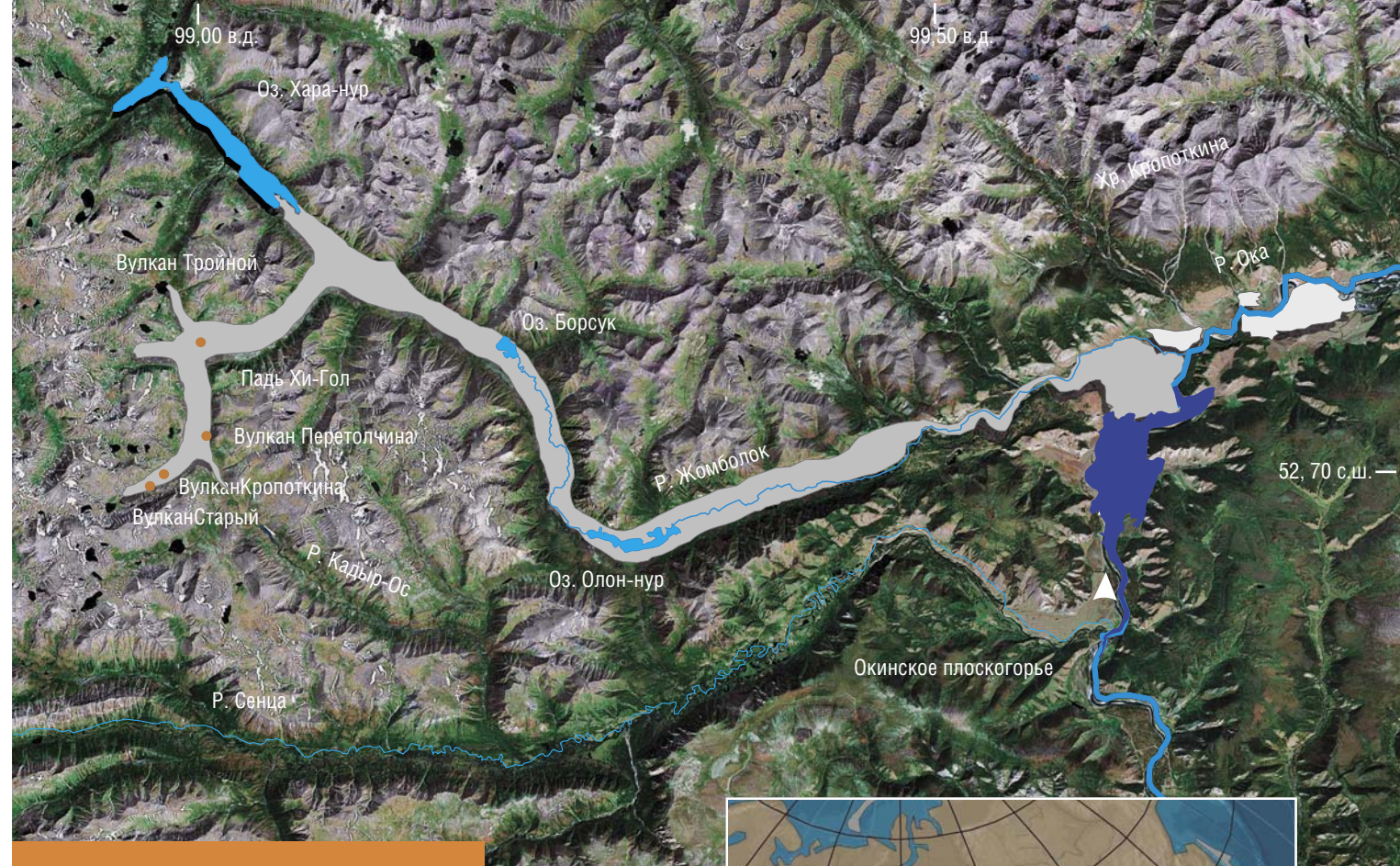
**Д**лина вулканов представляет собой совокупность разновозрастных базальтовых потоков, объединенных в единое лавовое поле длиной около 70 км и мощностью до 150 м. Лавы, изливаясь из трещин, заполнили падь Хи-Гол, крупную троговую долину р. Жомболок и частично долину р. Оки. Объем извергаемой лавы был настолько велик, что она не успевала стекать вниз по долинам и создавала естественные заторы. В результате этого базальты начали распространяться вверх по притокам пади Хи-Гол и вверх по долине р. Жомболок. Позже, после излияния в верховьях Жомболока образовалось подпорное озеро Хара-Нур (Черное озеро), названное, скорее всего, из-за цвета вулканической лавы. Длина озера достигает 11 км, а глубина – несколько десятков метров. В озере водится рыба, которая когда-то плавала в реке, но в результате образования вулканической дамбы была изолирована и несколько тысяч лет развивалась в замкнутой среде.

Другой составной частью долины вулканов является группа шлаковых конусов, расположенных в верховье пади Хи-Гол. Извержение контролировалось серией разломов, в пределах которых формировались вулканы, внешне отличающиеся друг от друга. Классические усеченные конусы с внутренним кратером – это вулканы Кропоткина, Перетолчина и Старый, так и линейные – Трещина, Останец. Наряду с крупными вулканами, имеющими в основании диаметр в 500–700 м, есть и небольшие шлаковые конусы без кратеров – Пограничный, Медведева. В основном вулканы расположены в поле базальтовой лавы, поверхность которой представляет хаотично нагроможденные блоки взломанной корки потоков. Река Жомболок, в процессе описания ее различными исследователями, меняла и свое название: Джем-а-Лоук, Жунгулак, Джон-Балык, Джон-Булак, Джунбулак, Жан-Балык и Дзун-Булак. Падь Хи-Гол ранее была известна как падь Хикушка (Обручев, 1973).

## Восемь верст «черного камня»

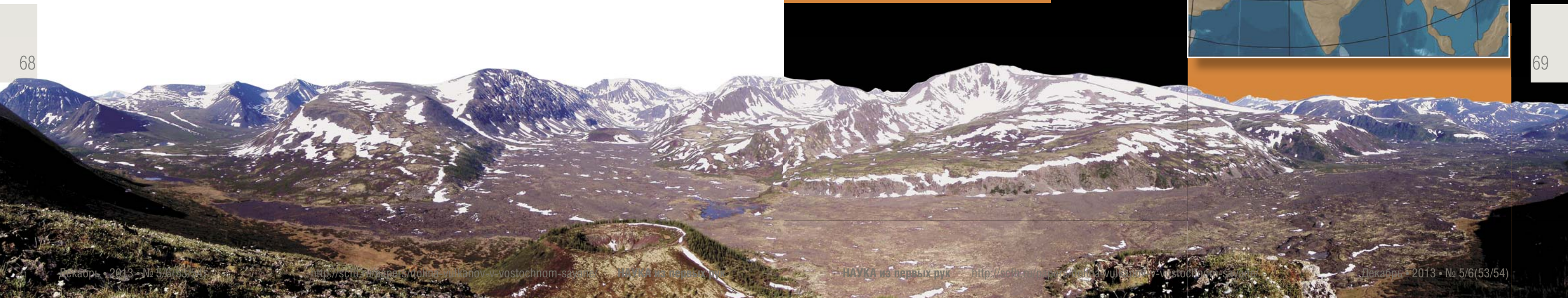
История изучения долины вулканов начинается с посещения реки Жомболок российским геодезистом Егором Пестеревым, работавшим в Иркутской губернии с 1772 по 1781 г. и описавшим вулканический поток в 1793 г. такими словами: «...Река Жунгулак начало свое имеет из высоких каменистых гор, но на самом хребте тех гор вышел лог, похожий на долину и в той долине больших лесов и никакой травы не имеется, кроме что простирается поперечь на восемь верст черный камень, похожий на сущий чугуун. Ежели по тому каменному логу надобно идти пешему человеку, то, конечно, на другую сторону придет он без сапогов по причине остроты того черного камня, да ежели и к лошадиной ноге частица того камня прилипнет, то самый той минуты лошадь захроает...» (Обручев, 1973, с. 96).

Через несколько десятков лет, в 1852 г. долину вулканов посетил известный английский архитектор, художник и путешественник Томас Уитлам Аткинсон (1799–1861). В своей великолепно иллюстрированной книге «Oriental and Western Siberia...» изданной в 1858 г. с посвящением Александру II, автор делится впечатлениями об увиденных им красотах Саянских гор. Обнаружив лавовые потоки в долине р. Оки он загорелся желанием попасть в район их излияния и договорился с офицером, служившим в Окинском карауле, о небольшой экспедиции в долину вулканов. Преодолев многочисленные трудности и опасности в виде трещин и провалов в лаве, Т. У. Аткинсон и группа сопровождения из числа казаков на пятый день достигли верховьев пади Хи-Гол и подошли непосредственно к вулканам. Поднявшись на вершину одного из них и созерцая открывшуюся перед ними картину, Аткинсон отмечал, что это фантастический, потрясающий вид в чудесной горной стране. Сделав несколько зарисовок, он описал некоторые параметры вулканов и вернулся в долину р. Оки.



Общая картина распространения лавовых потоков (показана серым цветом) в пади Хи-Гол, в долинах рек Жомболок и Ока. «Landsat imagery courtesy of NASA Goddard Space Flight Center and U.S. Geological Survey» or «USGS/NASA Landsat»

Панорамы пади Хи-Гол с вулканами Перетолчина и Кропоткина





## В поисках сибирской Ниагары

Тринадцать лет спустя, в 1865 г., в долине вулканов побывал князь П. А. Кропоткин. Главной задачей его экспедиции было выяснить, насколько верно утверждение о существовании в районе Окинского караула самого большого в мире водопада высотой более 100 саженей. Эта информация была опубликована в Санкт-Петербургской газете «Северная пчела» и заинтриговала сотрудников Сибирского отделения русского географического общества. Выехав из Иркутска, П. А. Кропоткин проделал длинный путь через Тункинскую долину и Окинское плоскогорье, изучая по пути различные геологические разрезы и местные достопримечательности. Достигнув Окинского караула, расположенного на высокой террасе р. Оки, П. А. Кропоткин приступил к поискам загадочного водопада. Потратив на это несколько дней, он убедился, что представленная в журнале информация не соответствовала действительности. В окрестностях, хотя и имелись водопады, подходившие под описание, данное в «Северной пчеле», однако размеры самого большого из них были на порядок меньше. В своей статье, посвященной поездке в Окинский караул, П. А. Кропоткин отмечал: «...Для лиц, которые все-таки будут надеяться найти на Оке Ниагары, прибавлю, что, во-первых, из

Вулкан Трещина



В верховье пади Хи-Гол сформировалась группа шлаковых конусов. Вулканы внешне отличаются друг от друга: вулканы Кропоткина, Перетолчина и Старый – классические усеченные конусы с внутренним кратером, вулканы Трещина и Останец – линейные. Наряду с крупными вулканами, с диаметром 500—700 м в основании, есть и небольшие шлаковые конусы без кратеров – Пограничный, Медведева



Вулкан Пограничный



Вулкан Аткинсона

Вулкан Перетолчина



Вулкан Тройной

Вулкан Останец

Вулкан Перетолчина

Вулкан Аткинсона

Вулкан Пограничный

Вулкан Трещина

Вулкан Кропоткина

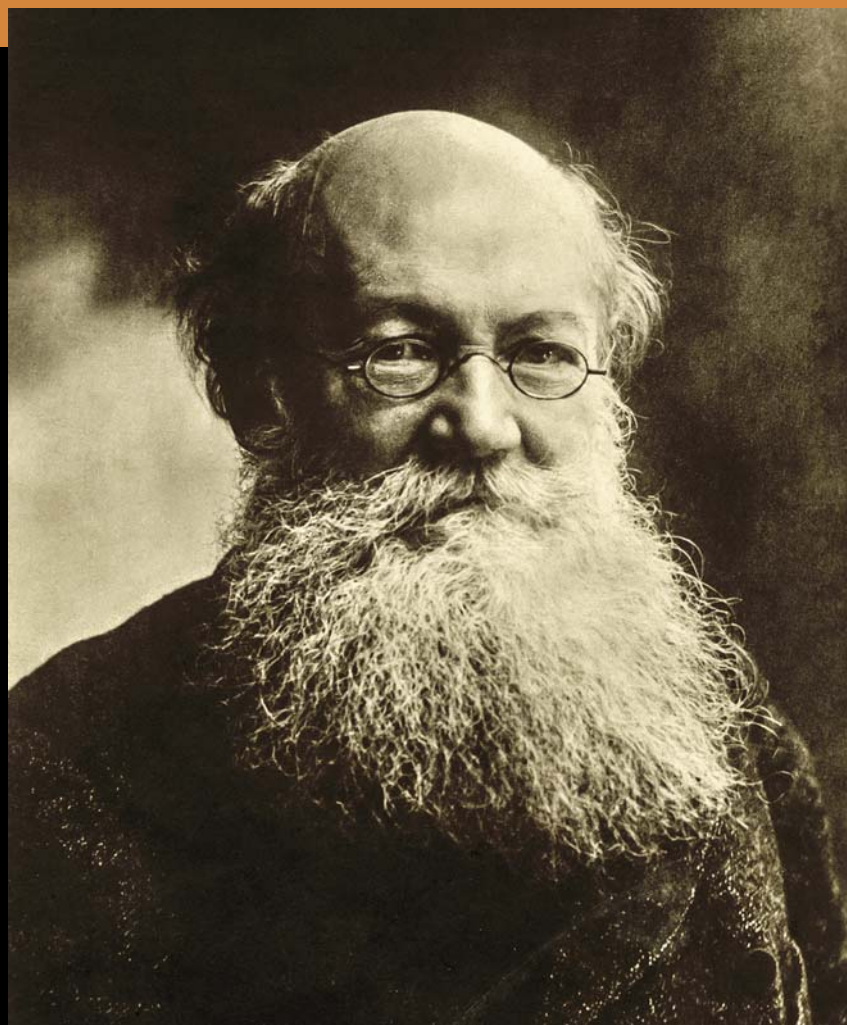
Вулкан Старый

Вулкан Останец



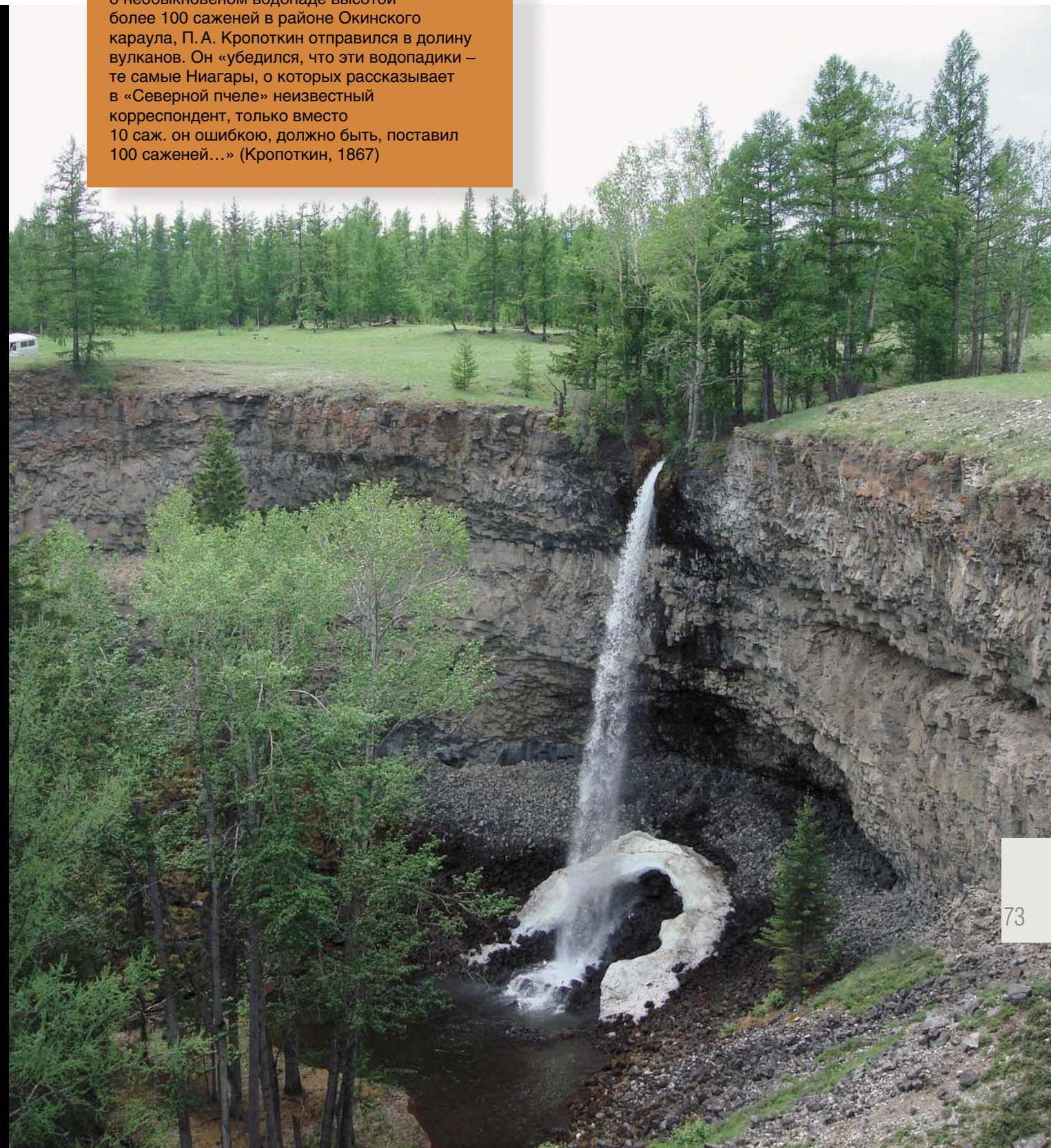


Вулкан Кропоткина – самый крупный молодой вулкан в пади Хи-Гол. Диаметр его кратера – 200 м



В 1862 г. П. А. Кропоткин добровольно избрал для военной службы Амурское конное казачье войско. Будучи членом Русского географического общества, он много путешествовал и занимался исследованиями горных систем Восточной Сибири

Прочитав в «Северной пчеле» о необыкновенном водопаде высотой более 100 сажень в районе Окинского караула, П. А. Кропоткин отправился в долину вулканов. Он «убедился, что эти водопадики – те самые Ниагары, о которых рассказывает в «Северной пчеле» неизвестный корреспондент, только вместо 10 саж. он ошибкою, должно быть, поставил 100 сажень...» (Кропоткин, 1867)





полнейшего сходства описания местности, сделанного корреспондентом, с тем, что я видел, я убедился, что эти водопадики – те самые Ниагары, о которых рассказывает в «Северной пчеле» неизвестный корреспондент, только вместо 10 саж. он ошибкою, должно быть, поставил 100 саженей...» (Кропоткин, 1867, с. 62). Решив главную задачу своей экспедиции, он хотел посетить и долину вулканов, поскольку «...Гораздо интереснее этих водопадов были для меня рассказы о долине Джунбулака, о «чаше» и Хара-Нуре. А потому через два дня, нанявши лошадей, я направился вверх по Джунбулаку...» (Там же, с. 63). Поднимаясь по долине Жомболока, П. А. Кропоткин делал интересные геологические и геоморфологические наблюдения и пытался восстановить историю формирования этой местности, привлекая известные геологические данные, полученные в Европе. В частности: «...С поворотом Джунбулака к северо-западу мне представилось узкое дикое ущелье; дно его так же покрыто лавою, как было ниже, но падь значительно сузилась, – с боков отвесными стенами поднимаются желтоватые и сероватые известняки. Куски, отторженные с их вершин, покрывают лаву. Среди них разбросаны громадные валуны желтоватого гранита с крупными кристаллами черной слюды. Размеры их очень разнообразны и из них в особенности замечателен один валун в 5,2 м длины, 3 м высоты и около 2 м толщины, имеющий вид параллелепипеда. Мы мало знаем случаев перенесения подобных громадных валунов водами. Лайель говорит, что во время наводнения в Нью-Гемпшире в 1826 г. были перенесены водою валуны величиною с обыкновенную комнату. Во время же наводнения в Банье в 1818 г. вода передвинула громадные валуны, величиною с дом, на расстоянии четверти мили... Громадность этих валунов, отсутствие вблизи этого места подобных гранитов как на правом, так и на левом берегу, – все это наводит на предположение, что массы эти не могли также свалиться с соседних гор. Вероятнее предположить, что эти массы принесены

с вершин долины не иначе, как льдами... Вопрос мог бы решиться присутствием борозд на этих скалах, но на этот вопрос я не в состоянии дать ответа, так как издали нельзя было рассмотреть, а взобраться на эти стены почти невозможно, – нужно заходить с другой стороны...» (Там же, с. 63–64).

Переход вверх по долине Жомболока проходил по суровым, диким местам. «...Мне случалось бывать в очень глухой тайге..., но нигде я не встречал подобной..., как на Джунбулаке: узкое ущелье, крутые, почти отвесные, разрушающиеся горы, на которых лежат снега, бороздами спускающиеся в пади, оторванные от этих крутых морщинистых стен валуны в несколько кубических сажен лежат на десятках подобных же валунов, меньших размеров; из щелей их растут корявые лиственницы, они же пускают свои корни среди щелей перетрескавшейся ноздреватой лавы, пользуясь ничтожными количествами образующейся земли. Натёки лавы, щели и трещины, поднятые снизу, развороченные пласты застывавшей сверху лавовой коры, валуны, острые ребра которых режут копыта некованым лошадям... – все вместе производит впечатление крайне дикой, угрюмой таежной природы...» (Там же, с. 64–65). Достигнув устья пади Хи-Гол (другое название падь Хикушка), исследователи покинули долину Жомболока и устремились по направлению к вулканам. «...Что же до пади Хикушки, то она мало отличается от пади Джунбулака, только растительность... становится все однообразнее... Мостовая из лавы была бы недурна, если бы только не была забросана шлаками, так как тут в верховьях она местами довольно гладкая. Вскоре на дне пади показался темный кратер в виде правильного отрезанного конуса, заросшего на северо-восточном склоне большою рощею из лиственницы, а на прочих склонах покрытого мхом и снегами...» (Там же, с. 65–66). Произведя серию измерений параметров вулканов, П. А. Кропоткин с сопровождением вернулся в Окинский караул другой дорогой, по долине р. Кадыр-Ос и далее по р. Сенце.



Долина р. Жомболок произвела на Кропоткина «впечатление крайне дикой, угрюмой таежной природы...». Он описывает «натёки лавы, щели и трещины, поднятые снизу, развороченные пласты застывавшей сверху лавовой коры, валуны...»





С. П. Перетолчин с супругой Варварой Ивановной (слева). Вверху – кратер вулкана Перетолчина



На месте гибели С. П. Перетолчина его жена Варвара Ивановна установила крест и памятную доску

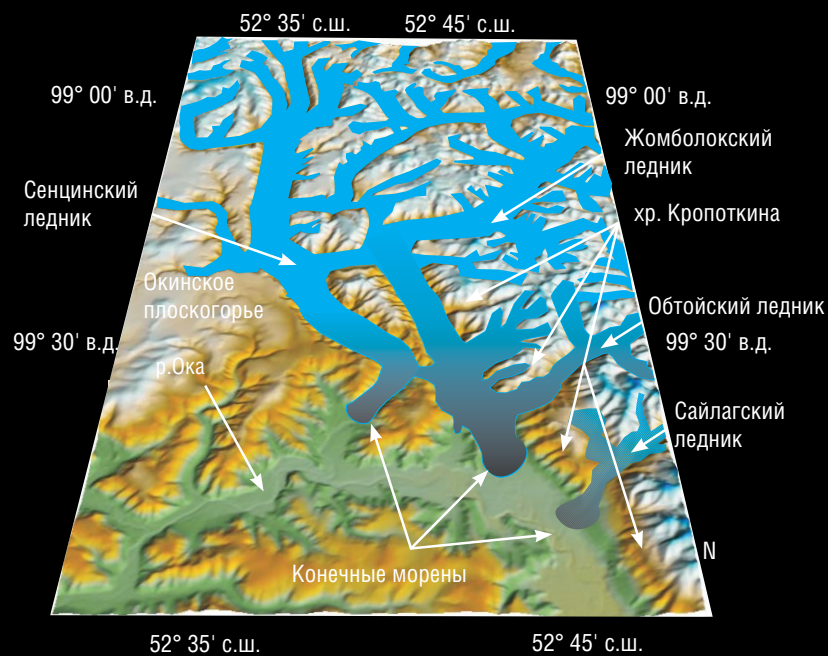
## Таинственная гибель С. Перетолчина

Следующая страница в изучении долины вулканов принадлежит С. П. Перетолчину. В 1912 и 1914 гг. им были организованы экспедиции во внутреннюю часть Саян. Так как после экспедиции П. А. Кропоткина вулканы никто не изучал, то планировалось более детально исследовать лавовое поле и комплекс вулканов, провести описание и фотографирование. В 1912 г. экспедиция не достигла своей цели в связи с дождливым летом. Перетолчин вместе с ветеринарным врачом Захановичем поднялись вверх по долине Жомболока, но не смогли пересечь лавовое поле и вернулись. В 1914 г. экспедиция закончилась трагически, С. П. Перетолчин погиб при невыясненных обстоятельствах. Супруга С. П. Перетолчина, добравшись с ним до Окинского караула, далее не смогла сопровождать своего мужа в связи с тем, что у ее лошади была сбита спина. Сопровождали Перетолчина Ефим Безотчества, казак из деревни Шимки из Тункинской долины и наблюдатель Окинской метеостанции С. М. Толстой. При пересечении долины Жомболока в устье долины Хи-Гол группа разделилась, что и явилось в дальнейшем основной предпосылкой к гибели Перетолчина. По очереди, сначала Толстой, а затем и Ефим Безотчества вернулись в Окинский караул разными дорогами, подразумевая, что Сергей Павлович находится с кем-то из них. Тем временем Перетолчин пешком, с поклажей и оборудованием, добрался до нижнего вулкана, приготовил треногу для фотографирования,

и здесь произошли какие-то события, которые оказались для него роковыми. Сергей Павлович Перетолчин погиб. Отсутствие от него вестей вызвало волнение в Окинском карауле и даже опасения за его жизнь, в связи с чем в район вулканов выехала поисковая группа вместе с Варварой Ивановной. Были обнаружены его следы в нескольких километрах от нижнего вулкана. Но почему-то дальнейшие поиски переместились от вулканов по долинам и были расширены вплоть до 150 км от вулканов. Поиски возобновлялись несколько раз, до самого снега, однако Перетолчина обнаружить не удалось.

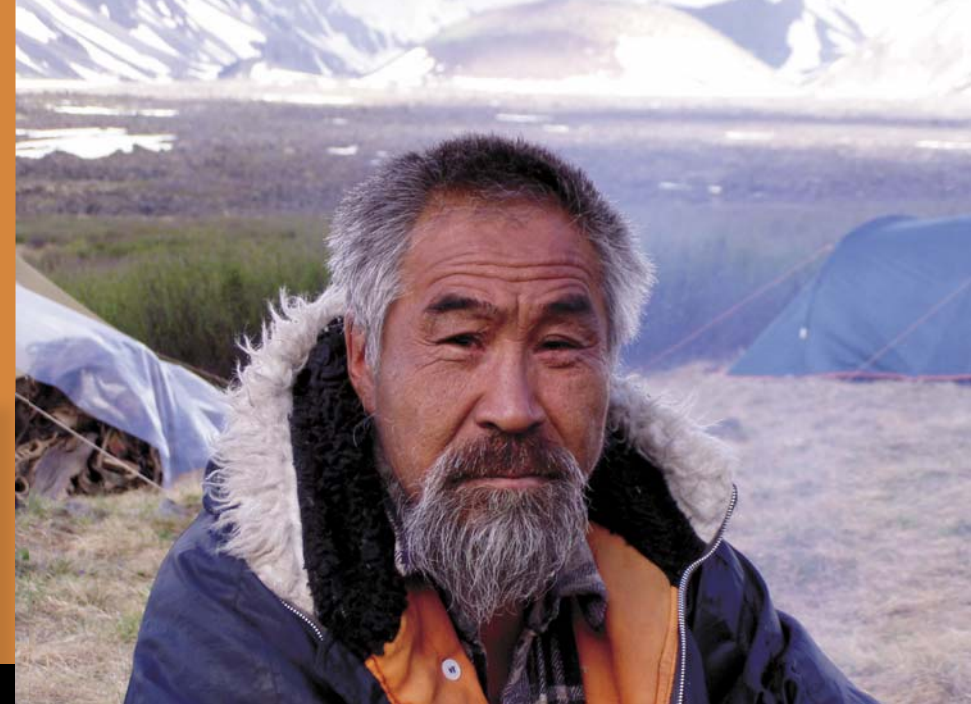
На следующий год поиски продолжились и 14 июня в 1,5 верстах от вулкана и в 437 м от тропы, на базальтовом поле были найдены останки исследователя. Позже Варвара Ивановна установила памятную плиту на месте гибели горячо любимого мужа. Дознание по данному делу так и не привело к выяснению причин его смерти. Существовало три версии произошедшего. Это естественная смерть от инфаркта, гибель в результате нападения дикого зверя и убийство одним из сопровождавших его проводников. Рассматривавший эти предположения в своей книге «Таинственные истории» С. В. Обручев (1973) придерживался версии о естественной смерти исследователя в результате перенапряжения и сердечного приступа. Жена Перетолчина Варвара Ивановна, напротив, до конца своих дней в смерти своего мужа винила наблюдателя Окинской метеорологической станции С. М. Толстого, который в тот роковой год сопровождал Сергея Павловича. Позднее, по предложению С. В. Обручева, Географическое общество назвало этот вулкан именем Перетолчина. Другой вулкан, более молодой, был назван в честь географа, революционера, теоретика анархизма князя П. А. Кропоткина.





Долины рек Сенца, Жомболок, Сайлаг и др. в период последнего оледенения. «Shuttle Radar Topography Mission»

Неизменным участником и проводником наших экспедиций был житель поселка Саяны Жигжитов Даша Дамбаевич. Его большой опыт конных переходов и жизни в горно-таежной области помог нам преодолеть все трудности маршрутов



Шурф, заложенный в осадках подпорного водоёма. На глубине двух метров был обнаружен углистый фрагмент, достаточный для радиоуглеродного датирования

## С новыми проводниками по старым тропам

Основными результатами ранних исследований являлось то, что в Саянах был открыт молодой вулканизм, дана первая оценка параметров вулканов и возраста извержения. Позднее исследователи неоднократно посещали и изучали Жомболокское лавовое поле с центрами излияния лавы в долине пади Хи-Гол (Обручев, Лурье, 1954; Адамович и др., 1959; Гросвальд, 1965; Киселев и др., 1979; Щетников, Сквитина, 2001; Ярмолюк и др., 2003). Были высказаны предположения о многофазности активизации вулканизма, полихромности вулканических образований и тоннельном механизме формирования столь длинного Жомболокского лавового поля. Многие отмечали, что возраст формирования вулканов и потока является послеледниковым, так как базальты были прислонены или натекали на ледниковые отложения и формы рельефа. Однако абсолютное датирование базальтовых потоков прямыми методами (такими как K-Ar и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ), в связи с их молодостью и низким содержанием калия, не представляется возможным.

Продолжая исследования наших предшественников, мы в течение ряда лет предпринимали попытки определения возраста извержения вулканов косвенными методами, в результате чего были получены первые бериллиевые и радиоуглеродные датировки, способные

пролить свет на время формирования Жомболокского лавового поля. Неизменным участником-проводником наших экспедиций был житель поселка Саяны Жигжитов Даша Дамбаевич. Его большой опыт конных переходов и жизни в горно-таежной области помог нам преодолеть все трудности наших маршрутов, за что мы благодарны ему от всего сердца. В наши задачи в первую очередь входило определение возраста деградации последнего оледенения, после которого и начало формироваться Жомболокское лавовое поле. Для ее решения мы использовали геоморфологические методы, методы дистанционного зондирования и, впервые для Восточной Сибири, метод изотопного датирования экспонированных поверхностей по  $\text{Be}^{10}$ .

В процессе изучения ледниковых комплексов в долинах рек Окинского плоскогорья (Сенца, Жомболок и Сайлаг) были взяты и продатированы шестнадцать образцов с поверхности валунов, зафиксированных на моренах и зандрах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что почти для всех ледниковых валунов, с которых были взяты образцы, существует схожая поверхностная концентрация  $\text{Be}^{10}$ . В результате датирования образцов были получены две группы сближенных возрастов. Это средний возраст  $16,4 \pm 0,4$  и  $22,8 \pm 0,6$  тыс. лет назад (Arzhannikov *et al.*, 2012).

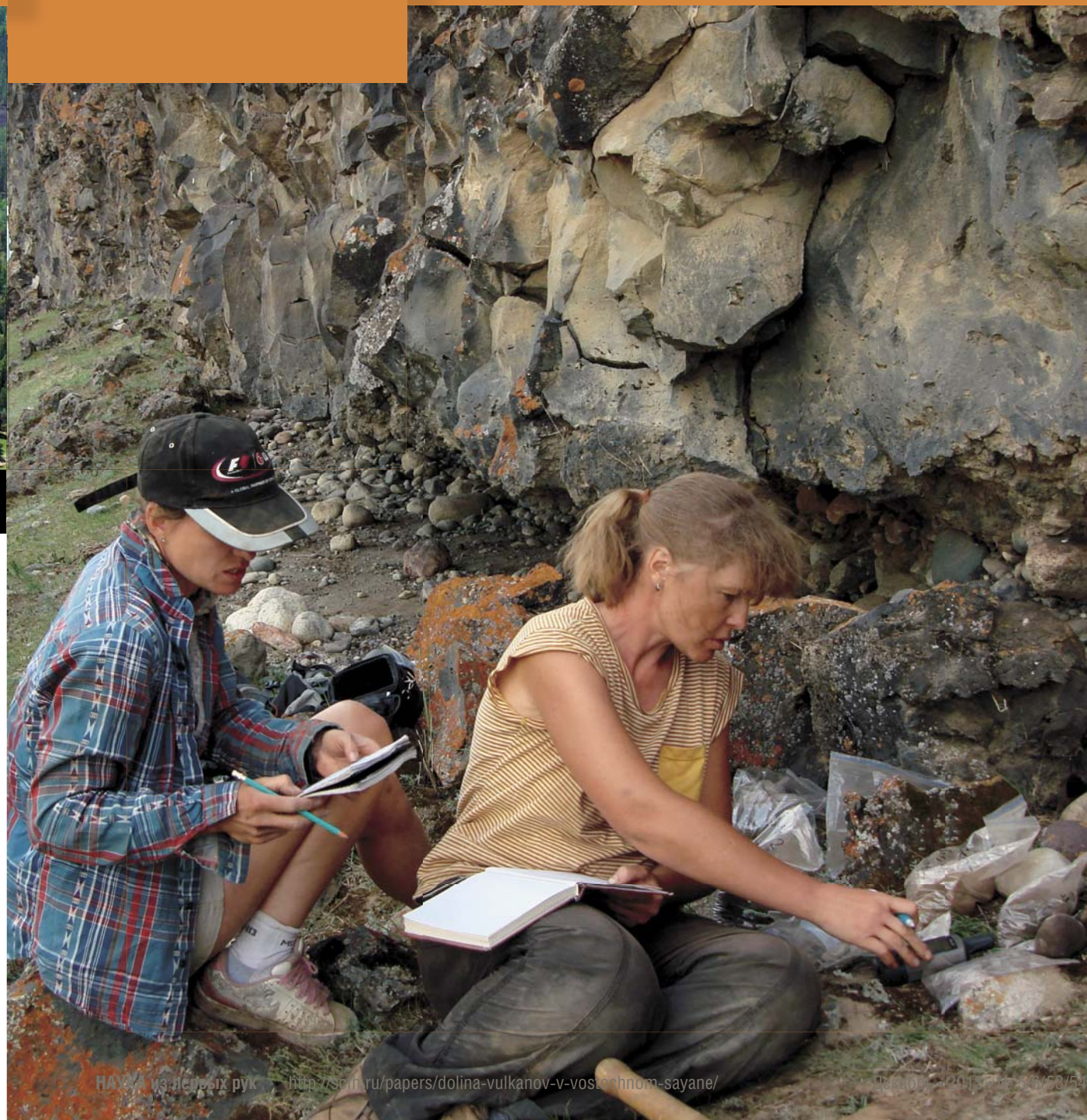




Таким образом, возраст экспонированных поверхностей свидетельствует, что формирование лавовых потоков не могло произойти ранее 16 тыс. лет назад, так как долины были заполнены ледниками. Если бы извержение происходило одновременно с оледенением района, то характер вулканогенных образований и формы рельефа напоминали бы Исландские вулканы-туйя, однако подобного в исследованных долинах мы не наблюдали.

Молодые лавы, окруженные старыми залесенными базальтовыми потоками

Под базальтовыми потоками были обнаружены и отобраны образцы для радиоуглеродного датирования, в том числе раковины моллюсков, обитавших в прибрежной части подпорного водоема

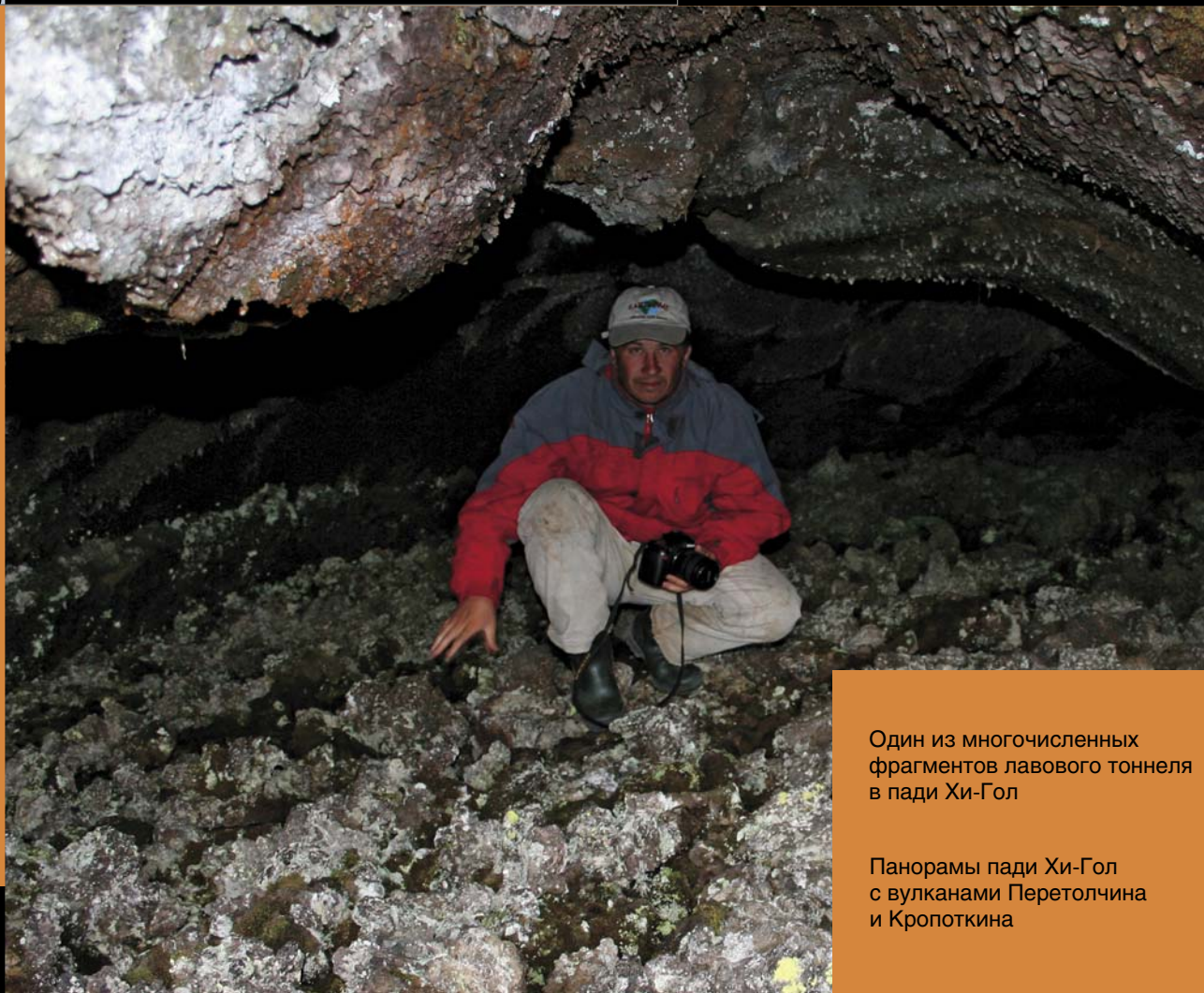


## О чем рассказали вулканы Аткинсона и Перетолчина

Следующий этап наших исследований заключался в поиске датированного материала непосредственно в районе вулканов. В первую очередь необходимо было найти маломощные скопления пеплов по периферии вулканов, которые можно было бы вскрыть шурфами. Идея заключалась в том, что падающий пепел погребал дневную поверхность, на которой могли произрастать трава, кустарники и даже деревья, т. е. материал, пригодный для радиоуглеродного датирования. Такое место вскоре было обнаружено. Оно представляло собой высокий берег каньонообразного ручья, на котором залежали двухметровым слоем черные внутри и красные снаружи пеплы краевой части вулкана, который мы назвали в честь Аткинсона. Вулкан Аткинсона и вулкан Перетолчина имеют контакт с взаимным перекрытием склонов, что свидетельствует об их одновременном

формировании. В процессе вскрытия выяснилось, что толща имеет слоистую структуру, где выделяются горизонты с различной размерностью пепла. В некоторых случаях перерывы между извержениями были зафиксированы горизонтами глиноподобных розовых слоев. Наконец, в процессе зачистки на одном из контактов между пеплами нами были обнаружены веточки кустарника или травы темного цвета хорошей сохранности. По всей видимости, перерыв между извержениями исчислялся первыми годами, что позволило прорасти молодой растительности через маломощную пачку пеплов предыдущих извержений. Также растительные фрагменты были обнаружены на контакте почв и первого пеплового горизонта (Ivanov *et al.*, 2011). Дальнейшие поисковые работы, хоть и дали информацию по условиям формирования и очередности излияния аппаратов, однако растительных остатков больше не было найдено.





Один из многочисленных фрагментов лавового тоннеля в пади Хи-Гол

Панорамы пади Хи-Гол с вулканами Перетолчина и Кропоткина

## В поисках следов бывшего водоема

Закончив исследования в верховьях, мы переместились в район бывшего Окинского караула, откуда в XIX и начале XX в. стартовали экспедиции Аткинсона, Кропоткина и Перетолчина. Главной задачей в этой части Жомболокского потока было определить размеры подтопления в период перекрытия лавами долины р. Ока и попытаться найти датированный материал в осадках подпорного озера.

Действительно, распространение лав в Окино-Жомболокском междуречье привело к формированию высокой дамбы поперек русла р. Ока, в результате чего последняя была перекрыта, и образовалось подпорное озеро. Следы водоема сохранились в виде суглинистых и песчаных слоистых отложений, залегающих на поверхности базальтового потока. В процессе вскрытия рыхлых отложений на глубине двух метров мы обнаружили углистый фрагмент, достаточный для радиоуглеродного датирования. Получив радиоуглеродный возраст по

образцам из района вулканов и с фронтальной части потока, мы пришли к выводу о том, что появилась возможность охарактеризовать разные этапы формирования Жомболокского лавового поля. С другой стороны, всегда присутствовало ощущение недостаточности данных, которые необходимо дополнять новыми исследованиями. Было решено продолжить поиск углеродсодержащего материала. В процессе изучения серии разрезов рыхлых отложений мы смогли обнаружить раковины моллюсков, которые обитали в прибрежной части подпорного водоема. Параллельно проводился поиск и изучение подбазальтовых разрезов. В связи с тем что подрезанные боковой эрозией высокие уступы базальтового потока быстро разрушались, нижняя часть подножий была засыпана лавовыми обломками. Однако имелись и полные разрезы, в которых хорошо читались подстилающие отложения, представленные галечниками, супесями и почвами. Натекание лавы происходило на пойменные поверхности, частично обводненные, с прокалом подстилающих отложений. В процессе изучения разрезов были обнаружены обуг-

ленные фрагменты растительности. Проведенное позже АМС-датирование показало, что первые извержения начались в конце позднего плейстоцена (~ 13 тыс. лет назад), причем имели место две крупные фазы, связанные с формированием вулканов Старый и Перетолчина. Следующее извержение произошло в середине голоцена с формированием вулкана Кропоткина.

**П**ри изучении приустьевой части р. Жомболок мы неоднократно отмечали, что в матрикс «старых» заросших деревьями потоков расположены пятна очень свежих молодых, еще слабо покрытых лишайниками лав. Характерной их особенностью является линейная вытянутость согласно естественному уклону долины и присутствие отчетливо читаемой ряби течения на поверхности базальтового потока. Создается впечатление истекания базальта из-под поверхности старых лав как из единого источника. Такого же молодого облика имеются базальты и в пади Хи-Гол в районе вулкана Кропоткина. Возможно, что последняя фаза вулканизма была небольшой по объему, и излившаяся порция лавы использовала лавовые

### Литература

Адамович А. Ф., Гросвальд М. Г., Зонениайн Л. П. Новые данные о вулканах Кропоткина и Перетолчина: Материалы 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. М., 1979.

Кропоткин П. А. Поездка в Окинский караул // Научное наследство. Петр Алексеевич Кропоткин. Естественнонаучные работы. Т. 25. М.: Издательство «Наука», 1998. 270 с.

Обручев С. В., Лурье М. Л. Вулканы Кропоткина и Перетолчина в Восточном Саяне // Труды лаборатории вулканологии. Вып. 8. М.: Изд-во АН СССР. 1954.

Обручев С. В. Таинственные истории. М.: Мысль, 1973. 57 с.

тоннели и трубки предыдущих этапов извержения. Формирование лавовых тоннелей происходит достаточно просто. В результате остывания лавы на поверхности формируется небольшая корка, способная удерживать тепло. Внутри лава остается достаточно жидкой, чтобы течь со скоростью несколько десятков км/ч. Прекращение поступления новых порций лавы приводит к опорожнению тоннелей, и эти пустоты в дальнейшем сохраняются тысячи лет. Вероятно, что последняя активизация вулканов в пади Хи-Гол произошла совсем недавно, немногим более тысячи лет назад, что привело к формированию молодых полей базальтов. На это также указывает возраст как живых, так и погибших деревьев, расположенных на «островах» старых потоков в окружении почти современных лав.

Резюмируя сказанное, хотелось бы подчеркнуть, что выявленная периодичность и возраст излияния лав свидетельствует о долгоживущих вулканических процессах внутри Саянского хребта и наличие нескольких этапов излияний говорит о возможности проявления новых извержений в будущем.

Щетников А. А., Сквитина Т. М. Лавовые реки и вулканы Жом-Болока // Живописная Россия. 2001. № 4. С. 43–46.

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

Arzhannikov S. G., Braucher R., Jolivet M., et al. History of late Pleistocene glaciations in the central Sayan-Tuva Upland (Southern Siberia) // Quaternary Sci. Rev. 2012. V. 49. P. 16–32. doi: 10.1016/j.quascirev.2012.06.005.

Ivanov A. V., Arzhannikov S. G., Demonterova E. I., et al. Jom-Bolok Holocene volcanic field in the East Sayan Mts., Siberia, Russia: structure, style of eruptions, magma compositions, and radiocarbon dating // Bul. of Volcanology. 2011. V. 73. P. 1279–1294. doi: 10.1007/s00445-011-0485-9.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ-СИБИРЬ 12-05-98029, РФФИ 13-05-00361

В публикации использованы фото авторов

