

ГЕОЛОГИЯ И АРХЕОЛОГИЯ



ОБСИДИАНА

Вулканическое стекло – один из наиболее интересных геологических объектов, изучение которого позволяет пролить свет на протекающие в недрах Земли процессы формирования изверженных горных пород. С другой стороны, широкое использование обсидиана древними людьми на Дальнем Востоке России в качестве сырья для изготовления орудий дало возможность провести междисциплинарные исследования, которые позволили установить основные источники обсидиана в древних культурах региона и пути его транспортировки и обмена в доисторическое время



КУЗЬМИН Ярослав Всеволодович – доктор географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геoinформационных технологий Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор более 370 научных публикаций



ГРЕБЕННИКОВ Андрей Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории петрологии вулканических формаций Дальневосточного геологического института ДВО РАН (Владивосток). Автор и соавтор более 50 научных публикаций



ПОПОВ Владимир Константинович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории петрологии вулканических формаций Дальневосточного геологического института ДВО РАН (Владивосток). Автор и соавтор 125 научных публикаций

Маар – воронкообразное или цилиндрическое углубление в земной поверхности, образовавшееся при вулканическом газовом взрыве.
Слева вверху – маар Чаша в урочище Толмачев Дол, один из многочисленных источников обсидиана на Южной Камчатке.
Справа – обломки обсидиана из маара Чаша



Ключевые слова: обсидиан, геохимия, петрография, доисторические источники, Дальний Восток России.
Key words: obsidian, geochemistry, petrology, prehistoric sources, Russian Far East



Всем известная пористая *пемза* и полудрагоценный *обсидиан* относятся к группе необычных изверженных горных пород и минералов, объединяемых общим названием «вулканическое стекло». Эти посланники недр представляют собой «быстрозамороженный» магматический расплав, где, как и в жидкости, отсутствует свойственное кристаллическим веществам упорядоченное расположение атомных группировок. Благодаря такому аморфному строению природные стекла, и в первую очередь *обсидиан*, обладают замечательной способностью образовывать при ударе тонкие сколы с острыми режущими краями и легко поддаются обработке.

Подобные технологические качества «стеклянных камней» издавна привлекали человека. Начиная с эпохи палеолита, *обсидиан* был наиболее востребованным материалом для производства колющих и режущих орудий труда – скребков, ножей, наконечников стрел и копий. Позже его стали использовать для изготовления украшений, ритуальных фигурок, амулетов и даже каменных зеркал. Неудивительно, что на многих стоянках каменного века, расположенных в районах активного вулканизма, часто обнаруживаются артефакты, изготовленные из *обсидиана*.

Эти уникальные скопления образцов вулканического стекла, образовавшиеся благодаря деятельности первобытного человека, представляют огромный интерес для геологов. С другой стороны, исследуя эти доисторические изделия средствами геологии и геохимии, можно получить данные, недоступные археологам при использовании традиционных методов сравнительного анализа типологии предметов. Например, выяснить

При очень быстром застывании магматического расплава (например, при извержении в водную среду) его наружная часть сохраняет аморфную молекулярную структуру. Поверхностный слой застывшего лавового потока – так называемая *корка закалки* – представляет собой вулканическое стекло. Разнообразие цвета осколков вулканического стекла обусловлено примесями различных металлов

миграционные пути и способы обмена сырьем, оценить территориальные масштабы и периоды доисторических событий.

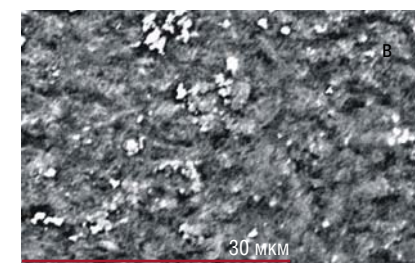
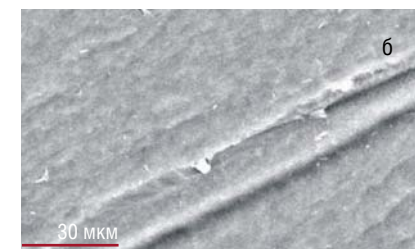
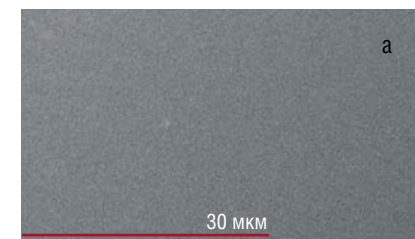
В течение последних пятидесяти лет такие работы проводились в Средиземноморье, Северной и Центральной Америке, Японии, на Ближнем Востоке. Что касается нашей страны, то подобные данные для древних культур Дальнего Востока – наиболее богатой *обсидианом* российской территории – были получены лишь в конце 1990-х гг. (Вулканические стекла..., 2000). Эти исследования велись неформальной группой, состоящей из геологов, археологов, палеогеографов и физикохимиков из Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск), Дальневосточного геологического института ДВО РАН (Владивосток), Университета Миссури (Колумбия, США) и Института геохимии СО РАН (Иркутск).

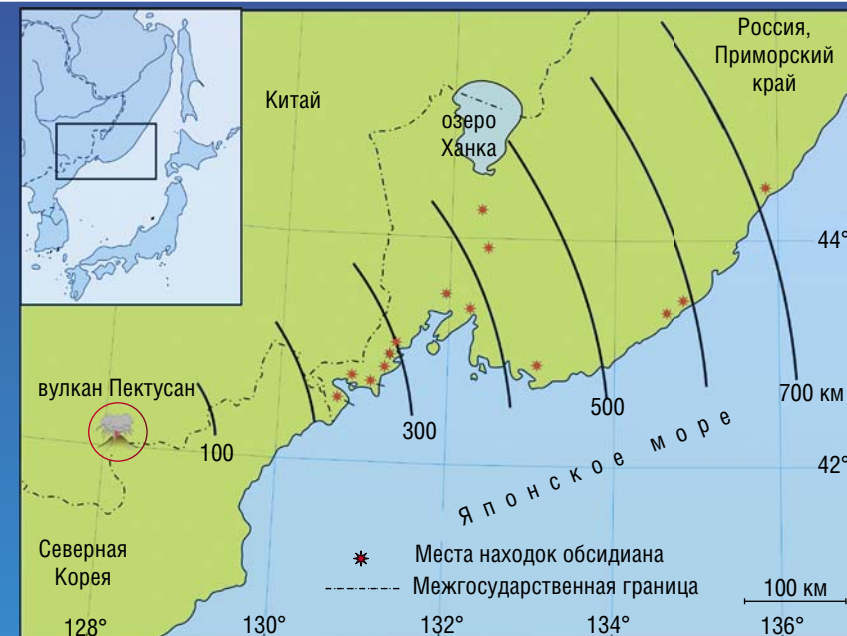
Стекловатые породы образуются при вулканических извержениях, когда происходит быстрое остывание магматического расплава. Скорость охлаждения (и, соответственно, отвердевания) зависит от вязкости магмы, которая, в свою очередь, определяется химическим составом и, прежде всего, содержанием кремнезема (SiO_2) и летучих компонентов (H_2O , HCl , CO_2 и др.).

Так, безводные и богатые кремнеземом кислые вязкие магмы при переохлаждении легко переходят в стеклообразное состояние, образуя «кислые стекла» – *обсидианы* и *перлиты*. В природе они встречаются наиболее часто – из них целиком состоят мощные лавовые потоки и пеплово-пемзовые отложения. Бедные же кремнеземом щелочные базальтовые лавы имеют более жидкую консистенцию. Застывая, они образуют не сплошные «стеклянные» глыбы, а лишь так называемые поверхностные корки *закалки*, да и то лишь когда лава очень быстро охлаждается, изливаясь в водную среду или внедряясь в ледник.

В любом случае образовавшаяся застеклованная масса очень слабо обменивается веществом с окружающей средой, поэтому вулканические стекла несут наиболее полную информацию о составе первичного магматического расплава. Благодаря этому свойству многочисленные образцы *обсидиана* можно распределить по нескольким вполне обособленным геохимическим группам. К настоящему времени разработано несколько принципов классификации, основанной на содержании микроэлементов: редкоземельные элементы, комплекс «гафний, рубидий, тантал» и др. По принадлежности образца к той или иной группе можно с высокой степенью достоверности судить о его происхождении из соответствующего первичного источника

Образовавшаяся при застывании лавового потока прочная «стеклянная» корка препятствует теплоотводу из внутренней части потока, поэтому материал охлаждается медленнее и успевает частично раскристаллизоваться. Вверху – структура сколов вулканического стекла, слагающего различные зоны *закалки* в лавовом потоке: внешнюю (а), промежуточную (б) и внутреннюю (в).
Растровая электронная микроскопия





Образцы обсидиана, найденные в обширной области на юге российского Приморья, по химическому составу оказались близки к природным стеклам вулкана Пектусан, расположенного на границе Китая и Северной Кореи, на удалении до 700 км от места находок археологических артефактов. По: (Попов и др., 2005)

Родом из Пектусана?

В континентальной части Дальневосточного региона «археологический» обсидиан представлен вулканическими стеклами *гиаломеланами*. Коренные выходы этих пород на поверхность, образующие первичные источники, встречаются всего на двух плато – Шкотовском на юге Приморья и Облучненском в Среднем Приамурье. Из вулканического стекла здесь слагаются корки закалики подушечных лав и их отдельные фрагменты, образовавшиеся 12–22 млн лет назад. При разрушении они дают большое количество обломков, которые могут увлекаться водными потоками и оседать в речных отложениях, формируя вторичные источники.

Гальки вулканического стекла являются постоянным компонентом руслового материала рек Шкотовского плато, где сегодня, как и в древности, можно собрать прекрасную коллекцию «стеклянных» образцов. Что же касается рек Облучненского плато, то заболоченность поймы и отсутствие здесь галечниковых кос даже в пределах базальтового покрова предопределило слабое распространение этого обсидиана в археологических памятниках Приамурья.

Однако на юге Приморья были также обнаружены изделия из обсидиана необычного для этой территории химического состава (Попов и др., 2005). Геологический возраст этого стекла оказался меньше 2 млн лет – но в местных коренных источниках к тому времени образование обсидианов давно закончилось. Разгадать происхождение уникальных образцов помогла история 37-летней давности, связанная с Пектусаном – един-

Из обсидиана легко вручную изготовить колющий и режущий инструмент. Именно в этом качестве вулканическое стекло использовал древний человек. *Артефакты из камчатских археологических памятников*

Главные источники базальтовых обсидианов – подушечные лавы и гиалокластиты – образуются в результате излияния базальтового расплава в водную среду или ледниковую толщу; в природе они всегда встречаются вместе.

Подушечная лава, излившаяся под водой, представляет собой скопление округлых тел в виде «подушек», вдавленных друг в друга.

Гиалокластит – продукт дробления лавы, состоящий из остроугольных обломков вулканического стекла (гиаломелана) и раскристаллизованных минералов.

Современные вулканы являются уникальными природными лабораториями: они позволяют представить полную картину того, как в древние геологические эпохи происходило образование подушечных лав и гиалокластитов.

В настоящее время эти процессы происходят на вулкане Килауэа (о. Гавайи, США), где потоки базальтовой лавы достигают открытого моря. Относительно недавно – весной 2010 г. – произошло подледниковое базальтовое извержение вулкана Зйяфьялайокуль (Исландия)

ственным вулканом континентальной Восточной Азии, проявившим активность в нашу эпоху.

Этот вулкан находится в 200 км от самой южной точки российского Дальнего Востока, прямо на границе Китая и КНДР. Судя по данным северокорейских геологов, на южных склонах Пектусана имеются многочисленные коренные выходы обсидиановых пород, формирование которых происходило как раз в период 0,6–2,2 млн лет назад (Попов и др., 2005). Однако из-за сложной политической обстановки российским ученым пока удалось посетить лишь северную (китайскую) сторону вулкана. К счастью, в Институте археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск) сохранились два образца обсидиана из района Пектусана, подаренные северокорейскими археологами академику А. П. Окладникову во время его визита в их страну в 1974 г.

Исследование показало, что корейские обсидиановые артефакты принадлежат к той же геохимической группе, что и некоторые южноприморские орудия. Удивительно то, что обломки вулканического стекла с китайской стороны вулкана по химическому составу заметно отличаются от «корейского» обсидиана, причем «китайские» стекла по своим свойствам оказались малопригодны для индустрии каменного века (Попов и др., 2005). В результате пока невозможно ни подтвердить, ни опровергнуть гипотезу о том, что коренной источник приморского археологического обсидиана находится на вулкане Пектусан. Остается лишь надеяться, что эта тайна будет в ближайшие годы раскрыта.

Камчатские анонимы

Настоящей Меккой для исследователей вулканического стекла оказалась Камчатка; недаром здесь, по данным геологической съемки, насчитывают около трех десятков выходов высококачественного обсидиана, часть из которого может использоваться в ювелирном деле. В качестве наиболее ярких примеров можно назвать Иткаваямское месторождение на севере Срединного хребта, представляющее собой мощный (толщиной 200 м) лавовый поток, излившийся из вулкана Обсидиановый, а также декоративные обсидианы оз. Палана и маара Чаша в урочище Толмачев Дол.

Исследователям удалось получить свыше 400 образцов камчатского обсидиана из коренных источников и археологических памятников. По результатам анализа образцы были разделены на 16 обособленных геохимических групп, отличающихся по составу редкоземельных элементов (Grebennikov et al., 2010). Пока среди них однозначно удалось идентифицировать обсидиан лишь шести известных коренных источников, которые использовал древний человек для добычи каменного сырья. Наиболее показательны два – Паялпан и Иткаваям, расположенные в центральной части Срединного хребта. Эти источники обсидиана связаны с целым рядом археологических памятников, находящихся зачастую на значительном удалении от них – до 560 км по прямой линии.

Еще семь геохимических групп представлены только археологическими образцами; это означает, что их коренные источники пока не обнаружены. Это и



На Шкотовском плато в Приморском крае после массового извержения платобазальтов 12—13 млн лет назад началось формирование современной речной системы. В результате эрозии на бортах речных долин постоянно обнажаются, формируя крутые уступы, изверженные горные породы – подушечные лавы и гиалокластиты, главные источники базальтовых обсидианов

неудивительно, ведь даже некоторые из известных коренных проявлений обсидиана еще полностью не изучены по причине труднодоступности. Особенно это относится к вулканам Срединного хребта, расположенным за сотни километров от дорог и населенных пунктов.

Тем не менее, на основе анализа микроэлементного состава камчатских обсидианов удалось выявить их поперечную – от побережья Охотского моря к Тихому океану – геохимическую зональность. Это явление объясняется тем, что «кислые» вулканические стекла Срединного хребта, Восточно-Камчатского вулканического пояса и Южной Камчатки наследуют химические особенности связанных с ними базальтов. В результате удалось предсказать возможное местонахождение неизвестных источников обсидиана для каждой из семи «археологических» групп. Это позволяет в дальнейшем более целенаправленно изучать вулканические стекла полуострова.



В Приамурье, в междуречье р. Урил и р. Мутная базальтовый покров сохранился лишь на водораздельных гребнях. Один из коренных выходов подушечных лав и гиалокластитов открылся здесь в ходе дорожных работ на автомобильной трассе «Амур»

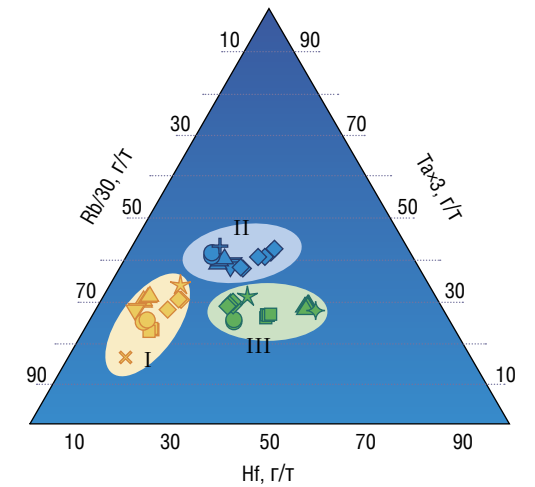
В результате многолетнего тесного сотрудничества геологов и археологов удалось установить, что эксплуатация источников вулканического стекла древним человеком на Дальнем Востоке России началась еще в палеолите: не позднее 19 тыс. лет назад на Сахалине и около 12 тыс. лет назад на Камчатке, в Приморье и Приамурье. Интересно, что в те времена люди часто использовали обсидиан не из одного, самого близкого к стоянке, источника, а из 3—7 открытых проявлений вулканического стекла, зачастую отстоящих друг от друга на сотни километров (Kuzmin et al., 2008).

Удалось установить и особенности миграций древнего человека, связанных с добычей и обменом этого ценного каменного сырья. Например, между о. Хоккайдо и о. Сахалин обсидиановый обмен начался в эпоху, когда уровень моря был примерно на 100—120 м ниже современного и пролива Лаперуза еще не существовало. Но и позднее, когда ширина пролива уже достигала

40 км, сырье с Хоккайдо продолжало поступать на Сахалин, о чем свидетельствует присутствие обсидиана в археологических памятниках этого времени (10—11 тыс. лет назад).

Другой пример – японский обсидиан из источника на о. Кюсю, который около 25 тыс. лет назад «поставлялся» в Корею. В это время остров от континента отделял пролив шириной около 20 км. А около 4 тыс. лет назад этот обсидиан проник на о. Окинава и далее на юг, что свидетельствует об еще более дальних миграциях по воде. Приведенные факты подтверждают предположение, что в указанном регионе у человека в то время имелись транспортные средства для преодоления водных преград.

Таким образом, можно считать установленным, что уже в палеолите (10—24 тыс. лет назад) в Северо-Восточной Азии существовал целый ряд древних «логистических сетей», по которым обсидиан передвигался от источников к местам утилизации напрямую либо путем промежуточного обмена. Дальность этих миграций постоянно росла, достигнув в неолите (3—10 тыс. лет назад) тысячи и более километров.



По различиям в содержании редкоземельных элементов в геологических и археологических образцах камчатского обсидиана выделено 18 геохимических групп. На диаграмме по концентрации трех ключевых элементов (Rb – Hf – Ta) образцы объединяются в компактные кластеры, соответствующие разным зонам региона: I – Восточная Камчатка; II – Южная Камчатка; III – Срединный хребет. Это позволяет производить предварительную географическую привязку образцов вулканического стекла, для которых пока неизвестны коренные источники. По: (Grebennikov et al., 2010)

Работа поддержана грантами РФФИ-ДВО РАН (проект № 06-08-96012), ДВО РАН (проект № 06-III-F-08-319) и АФГИР (проект № RG1-2538-VL-03). Авторы благодарят сотрудников Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), Института геохимии СО РАН (Иркутск), Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатского геологического управления (Петропавловск-Камчатский), а также к.и.н. А.В. Пташинского (Камчатский госуниверситет), д.и.н. М.А. Дикову (Кирьяк) (Северо-Восточный комплексный НИИ ДВО РАН, Магадан) за помощь в сборе образцов

В работе использованы фото авторов

Литература

Вулканические стекла Дальнего Востока России: геологические и археологические аспекты / Ред. Я.В. Кузьмин, В.К. Попов. Владивосток: ДВГИ ДВО РАН, 2000. 168 с.

Попов В.К. и др. Геохимия вулканических стекол вулкана Пектусан // Доклады РАН, 2005. Т. 403. № 2. С. 242—247.

Grebennikov A. V. et al. Obsidian provenance studies on Kamchatka Peninsula (Far Eastern Russia): 2003–9 results // Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Source Exploitation in the North Pacific Rim. Oxford: Archaeopress, 2010. P. 89—120.

Kuzmin Y. V. et al. Obsidian use at the Ushki Lake complex, Kamchatka Peninsula (Northeastern Siberia): implications for terminal Pleistocene and Early Holocene human migrations in Beringia // Journal of Archaeological Science. 2008. V. 35. P. 2179—2187.