Обсидиан в первобытных культурах Дальнего Востока России: геохимическая типизация, коренные источники и особенности распространения

В. К. Попов,[1] А. В. Гребенников,[1] Я. В. Кузьмин,[2] и М. Д. Гласкок[3]

Получено 30 сентября 2010; опубликовано 29 октября 2010.

В статье представлен обзор результатов изучения обсидиана на Дальнем Востоке России на основе геологических, геохимических и археологических данных. Обсидиан использован как средство изучения использования человеком каменного сырья и доисторических контактов и миграций. Данные работы являются примером междисциплинарных исследований, которые все еще редки на Дальнем Востоке России и в стране в целом. С 1992 г. мы получили около 1250 геохимических анализов обсидиана из Приморья, Сахалина, Камчатки, Чукотки и Приамурья, а также из сопредельных регионов северо-восточной Азии – Кореи и о. Хоккайдо. Эти данные являются надежной основой для понимания основных черт использования древним человеком обсидиана и его обмена и транспортировки в северо-восточной Азии в древности. В Приморье обсидиан из трех основных источников – Базальтовое плато, вулкан Пектусан и р. Гладкая – использовался в древности (12000–3000 лет назад). На Камчатке как минимум 16 геохимических групп отражают коренные источники, хотя не все из них еще идентифицированы с конкретными проявлениями. На Чукотке обсидиан источника озера Красное, вероятно, был главным поставщиком сырья для доисторического человека. Масштаб переноса обсидиана древним человеком на Дальнем Востоке России составлял до 750 км по прямой от источника до места его использования, что является свидетельством значительного по расстоянию перемещения сырья в древности. Перспективы подобных геоархеологических работ очевидны. *КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Обсидиан, геохимическая типизация, первобытные культуры, Дальний Восток.*

Ссылка: Попов, В. К., А. В. Гребенников, Я. В. Кузьмин, и М. Д. Гласкок (2010), Обсидиан в первобытных культурах Дальнего Востока России: геохимическая типизация, коренные источники и особенности распространения, *Вестник ОНЗ РАН, 2,* NZ10007, doi:10.2205/2010NZ000063.

Введение

Предлагаемая статья базируется на результатах многолетних комплексных (геохимических и геоархеологических) исследований вулканических стекол из коренных источников и археологических памятников на Дальнем Востоке России, включая сопредельные территории Китая, Кореи и Японии. Изучение геохимии вулканических стекол из археологических памятников и коренных источников проводилось международной группой ученых Дальневосточного и Сибирского отделений РАН, Университета Миссури и Калифорнийского университета (США). Проведенная работа отвечает фундаментальному научному направлению Российской академии наук "Взаимодействие общества и природы". Основная цель настоящего сообщения – рассказать о полученных основных результатах геохимического изучения вулканического стекла (обсидиана) из коренных источников и археологических памятников на Дальнем Востоке России.

Известно, что древние люди на северо-востоке Азии (включая территории России, Японии, Китая и Кореи), начиная с палеолита и до этнографической современности, широко использовали вулканическое стекло – обсидиан, реже перлит (Рис. 1). Данные об использовании обсидиана в каменных индустриях на территории Дальнего Востока России можно найти в работах археологов: А. П. Окладникова, А. П. Деревянко, Н. Н. Дикова, Р. С. Васильевского, В. А. Голубева, Ж. В. Андреевой, Ю. Е. Вострецова, Д. Л. Бродянского, В. И. Дья-

[1]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия
[2]Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия
[3]Исследовательский реакторный центр, Университет Миссури, Колумбия, США

© 2010 Геофизический центр РАН.
http://onznews.wdcb.ru/doi/2010NZ000063.html

Рис. 1. Обсидиановые артефакты из памятников Камчатки (коллекция А. В. Пташинского).

кова, А. М. Кузнецова, А. В. Гарковик, Н. А. Кононенко, А. В. Табарева, А. А. Крупянко, А. Н. Попова, А. А. Васильевского, В. О. Шубина и многих других. Широкое применение вулканических стекол обусловлено тем, что они, и в первую очередь обсидианы, обладают высокими технологическими качествами, делающими их пригодными для изготовления различных орудий и украшений. Этим обусловлено широкое распространение обсидиана в культурах каменного века даже в тех регионах, где коренные источники вулканического стекла отсутствуют, а расстояние до ближайших из них составляет от нескольких сотен до одной тысячи километров. Добыча, обработка и использование этого уникального материала определяли степень развития древних каменных индустрий, процессы обмена, торговли, направление и характер миграции древнего человека. Поэтому перспективность изучения археологического обсидиана для установления путей миграций и контактов древнего населения, а также характера эксплуатации и использования высококачественного каменного сырья в палеолите, неолите и палеометалле (последние 12–15 тысяч лет) неоспорима.

В различных регионах мира, в том числе на востоке Азии, в вулканических областях островных дуг Камчатки и Японии, имеются многочисленные источники вулканического стекла. Большая часть из них сложена обсидианом, который связан с продуктами извержений кислых магматических расплавов – риолитов и риодацитов. В меньшей степени развиты вулканические стекла, связанные с базальтовыми извержениями. Острые режущие края обсидиановых отщепов обусловили их широкое использование для изготовления скребков, ножей, топоров и острых наконечников стрел и копий. Базальтовые вулканические стекла (гиаломеланы, сидеромеланы, тахилиты) по технологическим качествам значительно уступают вулканическим стеклам кислого состава (обсидианам). Тем не менее, в ряде регионов их использование (даже при наличии коренных источников высококачественного обсидиана) играло важную роль в развитии каменных индустрий. Приморье является одним из ключевых археологических регионов на юге Дальнего Востока России, где в культурах каменного века наряду с обсидианами установлено широкое использование базальтовых вулканических стекол [*Вулканические стекла...*, 2000].

Впервые вулканическое стекло (или "смоляной камень") было описано Теофрастом (370–285 гг. до н.э.) под названием "липарского камня" (Lipara stone). Первенство в использовании термина "обсидиан" (от латинского obsianus – по имени некоего Обсиуса (по другим данным Обсидия), который впервые привез эту породу в Европу из Эфиопии) принадлежит Плинию Старшему (23–79 гг. н.э.). В разные времена разные народы этому камню давали и другие названия. В Закавказье обсидиан называли "обломки когтей самого сатаны", в Америке – "слезы апачей". В Венгрии коричнево-черные обсидианы называют "токайские люкс-сапфиры".

Так что же такое обсидиан? Это вулканическое стекло, образовавшееся при быстром охлаждении (закалке) изверженного на дневную поверхность магматического расплава (лавы). Оно характеризуется преимущественно черным цветом и массивной текстурой, со стеклянным или шелковистым блеском и раковистым изломом (Рис. 2). Его разновидности могут иметь пепельно-коричневую, темно-серую, дымчатую и даже зеленовато-желтую окраску с пятнистой, полосчатой или флюидальной текстурой. В некоторых разновидностях обсидиана встречаются сферолиты и литофизы; фенокристы редки или отсутствуют совсем. В большинстве стекол проявлены микролиты и кристаллиты, ориентированные параллельно течению расплава, обычно различимые при большом увеличении. По составу обсидиан в основном является эквивалентом кислой изверженной породы – риолита, но в виде стекла могут затвердевать и другие по составу лавы (базальты, андезиты, трахиты). Обсидиан характеризуется высокой твердостью (5–7 по шкале Мооса) и низким содержанием конституционной (связанной) воды, не превышающим по весу 1%.

Перлит – другой представитель вулканических стекол, он отличается от обсидиана наличием более

1 мас.% конституционной воды. Этим обусловлено его концентрически-скорлуповатое строение (перлитовая текстура) в форме округлых шаров различного размера, с трещинами отдельности по сферическим плоскостям. В отличие от обсидиана перлит менее прочен – он хрупок и трещиноват. Пехштейн, по сравнению с перлитом, содержит 8–10 мас.% воды. Он назван "смоляным камнем" из-за характерного смоляного блеска и имеет черный, реже серый, оливково-зеленый или красный цвет [*Влодавец,* 1984].

Доисторических жителей Дальнего Востока России, обитавших в регионе 12–15 тыс. лет назад, можно считать хорошими "геологами-поисковиками". Дело в том, что преобладающая часть найденных повсеместно артефактов изготовлена главным образом из обсидиана, а не из его водосодержащих разновидностей (перлита и пехштейна). Благодаря уникальному свойству давать тонкие острые сколы, обсидиан в древности ценился почти "на вес золота" (хотя вряд ли золото было известно в те времена). Наряду с кремнем и сланцем обсидиан активно использовался человеком каменного века для изготовления орудий, а позднее из него стали делать зеркала, различные украшения и декоративные предметы. Характерно, что современные исследования позволили установить, что обсидиановые лезвия до пяти раз острее высококачественных стальных хирургических скальпелей. Это обусловлено уникальной кристаллической структурой обсидиана, в тонких сколах достигающей практически молекулярной тонкости.

Задача идентификации источников обсидиана в данной работе решена на основе многолетнего научного сотрудничества российских ученых с ведущими специалистами по обсидиановой тематике (геология, геохимия и археология) из США, Австралии, Японии и Южной Кореи. Авторами проекта фактически создан центр по геохимическому изучению обсидиана на Дальнем Востоке России, отражением работы которого стала коллективная монография по источникам обсидиана северной части бассейна Тихого океана [*Kuzmin and Glascock (Eds.)*, 2010] (Рис. 3).

Рис. 2. Окатанные обломки вулканических стекол в русловых отложениях р. Илистой.

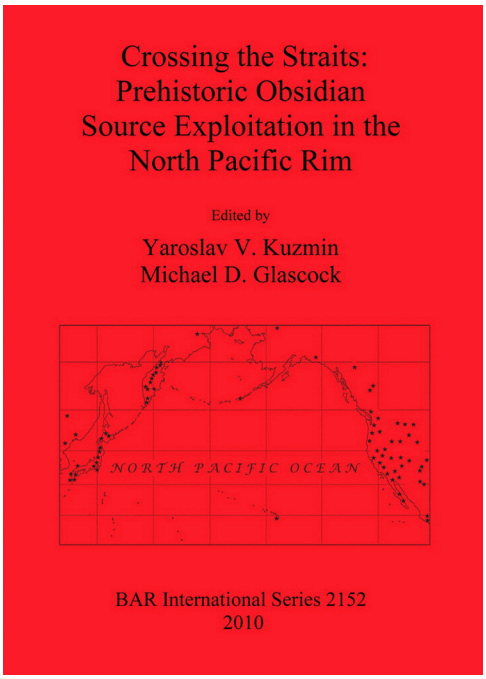

Рис. 3. Обложка коллективной монографии "Crossing the Straits" [2010].

Всего, начиная с 1992 г., нами получено около 1250 прецизионных анализов редких и рассеянных элементов, позволивших создать крупнейший банк данных по обсидиану северо-востока Азии.

Геохимическое изучение обсидиана и других разновидностей вулканических стекол было проведено с помощью следующих методов: нейтронно-активационного (INNA), рентген-флуоресцентного (XRF), масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) и силикатного химического анализов в Университете Миссури (США), Дальневосточном геологическом институте ДВО РАН и Институте геохимии СО РАН. Статистическая обработка геохимических данных проводилась с использованием кластерного и дискриминантного анализов, позволяющих с высокой степенью достоверности провести корреляцию исследуемых образцов и с 95%-ной степенью вероятности выделить основные геохимические типы (группы) вулканического стекла. Статистический анализ проводился на основе программного продукта GAUSS, разработанного в Университете Миссури [*Glascock et al.*, 1998] и завершался построением бивариантных и тройных диаграмм. В результате были выделены различные геохимические типы коренных источников вулканического стекла и выявлена принадлежность к ним археологических образцов; иными словами, были установлены источники археологического обсидиана. Это означает, что стало возможным установить место добычи и перемещения каменного сырья, установить время и направления возможных миграций древнего человека.

Рис. 4. Обнажение гиалокластитов и подушечных лав р. Правая Илистая.

Источники археологического обсидиана на Дальнем Востоке России

Приморье и Приамурье

В археологических памятниках Приморья и Приамурья артефакты, выполненные из вулканического стекла, представлены двумя типами: стеклами андезитобазальтового (гиаломеланы) и риолитового (обсидианы, перлиты) состава. Основными источниками андезитобазальтовых вулканических стекол являются базальтовые плато: Шкотовское на юге Приморья и Облучненское (Удурукчанское) плато в Амурской области. Вулканические стекла слагают корки закалки подушечных лав в нижних частях разрезов базальтовых покровов, а также обломки в ассоциирующих с ними в разрезе гиалокластитах – стекловатых обломочных породах. Гиалокластиты относят к особой разновидности лавобрекчий, возникающих при эффузии лавовых потоков, реже экструзивных тел, в водную среду или лед. Этим они отличаются от схожих с ними по облику витрокластических, палагонитовых, аквагенных и других туфов, сформированных в результате эксплозивных подводных извержений. При взаимодействии расплава с водой происходит мгновенная закалка лавы и ее дегазация, обусловленная быстрым падением температуры и давления. Поэтому в подушечных лавах вулканическое стекло часто насыщено газовыми пустотами на внешних корках закалки и сферолитами во внутренних зонах подушек, баллонов и лавовых фрагментов. Гиалокластиты образуются при дроблении и грануляции основной массы лавового потока на отдельные стекловатые обломки. Они образуют горизонты обломочных стекловатых пород, в которых включены фрагменты центральных частей подушек, сохранившихся от разрушения (Рис. 4). В данном типе пород преобладают угловатые обломки вулканического стекла. Характерной особенностью гиалокластитов является наличие обломков вулканического стекла и палагонитового цемента. В результате водной эрозии обломки стекла поступают по склонам плато в русла рек и концентрируются в прирусловых отмелях в виде хорошо окатанных (отпрепарированных) галек. Именно галька из руслового аллювия служила основным источником вулканического стекла в древности. В некоторых археологических комплексах, особенно на юге Приморья, базальтовое стекло является преобладающим видом каменного сырья. Вулканические стекла этих источников широко использовались древними обитателями Приморья, в меньшей степени Приамурья, с позднего палеолита, около 15–10 тыс. л.н. [*Kuzmin et al.*, 2002]. Находки этого вида каменного сырья известны практически по всему Приморью (за исключением северо-восточной части), а также в бассейне Амура. Кратчайшее расстояние по прямой, т.е. без учета рельефа и возможных путей транспортировки от источников до стоянок, составляет в целом около 20–300 км, достигая в исключительных случаях 660 км [*Попов и др.*, 2006].

Вторым по значимости источником высококачественного стекловатого сырья на древних поселениях Приморья являются обсидианы вулкана Пектусан, находящегося на границе современных КНР и КНДР, за пределами России (Рис. 5). Статистический анализ данных микроэлементного состава позволил выявить на вулкане Пектусан три геохимических типа вулканических стекол, два из которых представляют собой источники археологического обсидиана.

Первый тип представлен обсидиано-перлитами и перлитами трахириолитов, развитых на южной (корейской) стороне Пектусана между пиками Хяндо и Санмучжигэ. Вулканические стекла образуют здесь слои “обсидианитов” мощностью от 1 до 5 м, расположенные среди го-

Рис. 5. Вершинная кальдера вулкана Пектусан.

ризонтов пемзы. Стекло имеет хорошие технологические качества – массивное строение и раковистый излом с острыми краями.

Второй тип образуют обсидианы щелочных риолитов (пантеллеритов и комендитов), встречающихся как в виде прослоев и линз в стекловатых лавовых потоках, так и в виде обломков среди пемзовых отложений в верхней части конуса вулканической постройки. В обсидианах содержатся минералы-вкрапленники. Стекло имеет невысокие технологические качества и редко использовалось для изготовления каменных орудий.

К третьему типу относятся обсидианы щелочных трахидацитов из прослоев стекла в игнимбритах и из обломков среди пемзовых отложений на склонах вулкана. Обсидианы часто пемзовидные, с большим количеством порфировых вкрапленников. Плохие технологические качества стекла определяют его непригодность для изготовления орудий.

Нашими исследованиями убедительно показано, что на юге и в центре Приморья многие археологические памятники содержат в наборе артефактов изделия из обсидиана, происходящего из этого района [*Попов и др.*, 2005; *Kuzmin et al.*, 2002].

Вулканические стекла первого типа использовались древними людьми в течение длительного времени, начиная с позднего палеолита, около 24000 л.н. В интервале времени 24000–10000 л.н. расстояние от источника обсидиана до мест его обработки составляло вплоть до 400–500 км. Обсидианы второго типа распространены на археологических памятниках незначительно. Наиболее ранние свидетельства транспортировки обсидиана источника Пектусан в Приморье могут быть датированы финальным палеолитом, около 12–10 тыс. л.н. [*Kuzmin et al.*, 2002]; особенно активно обсидиан этого источника использовался в неолите, особенно на его поздней стадии – в зайсановской культуре, около 5800–3000 л.н. Дистанция между источником Пектусан и археологическими памятниками Приморья составляет от 230 до 710 км.

Еще одним источником вулканического стекла на юге Приморья (Хасанский район) являются перлиты бассейна р. Гладкой. Коренной источник стекол этой группы находится в бассейне р. Виноградной (правый приток р. Гладкая) на юго-западе Приморья [*Вулканические стекла...,* 2000]. Вулканические стекла слагают дайковые тела. Характерной чертой этого источника является своеобразный зеленый и зеленовато-серый цвет перлитов. Это позволяет уверенно диагностировать их при описании археологических коллекций. Вулканические стекла отличаются отсутствием перлитовой отдельности, типичной для таких пород; характеризуются восковидной поверхностью в свежем сколе, раковистым изломом и острыми режущими краями. Наши исследования показали, что значительное количество обломков стекла этого источника аккумулируется в речных косах р. Виноградной. Вулканические стекла этого источника являются обычными в неолитических памятниках, расположенных в непосредственной близости (5–10 км) от источника (памятники Гладкая 4 и Гвоздево 3); реже встречаются в удаленных от него памятниках на расстояние 50–100 (Черная Сопка, Раздольное) и более 200 км по прямой (Синие Скалы в Ольгинском районе).

Полуостров Камчатка

На территории Камчатки известно более тридцати проявлений вулканических стекол (обсидиана и перлита), связанных с дацит-риолитовыми вулканическими комплексами неоген-четвертичного возраста [*Действующие...,* 1991; *Шевчук*, 1981]. Обсидианы и перлиты слагают вулканические купола, дайки, лавовые потоки и эксплозивные тела в бассейнах рек Паратунки, Паланы и Эруваям; гор Бархатной и Горячей, на вулканах Алней, Ичинский и Шапочка; в кальдере Узон; в Карымском вулканическом центре и др. (Рис. 6а). Обсидианы Камчатки отличаются высокими технологическими качествами и декоративными свойствами, делающими их пригодными для изготовления не только орудий, а также украшений и ритуальных предметов. По химическому составу кислые вулканические стекла относятся к умеренно- и высокоглиноземистым риодацитам и риолитам известково-щелочного и субщелочного типов, и характеризуются переменными величинами отношения K/Na. Они различаются по содержанию крупноионных литофильных (Rb, Ba, Sr), высококозарядных (Y, Ta, Zr, Hf, Nb, Th и др.) и редкоземельных элементов. Так, на диаграмме Hf-Rb-Ta точки состава кислых вулканических стекол Срединного хребта, Восточной и Южной Камчатки обособлены в виде отдельных не перекрывающих друг друга полей (Рис. 7).

По геохимическим данным (Рис. 8), в настоящее время на Камчатке идентифицировано 16 геохимических типов (групп) обсидиана. Установлено семь источников археологического обсидиана в Срединном хребте (проявления Паялпанской группы Ичинского вулканического центра, вулкан Обсидиановый в верховьях р. Иткаваям), Восточно-Камчатской вулканической зоне (вулкан Однобокий Карымского вулканического центра) и в западной части вулканической зоны Южной Камчатки (маар Чаша и Начикинский экструзив вулкана Шапочка) (Рис. 6б). Расстояние от места выхода обсидиана до древних памятников, на которых он найден, составляет до

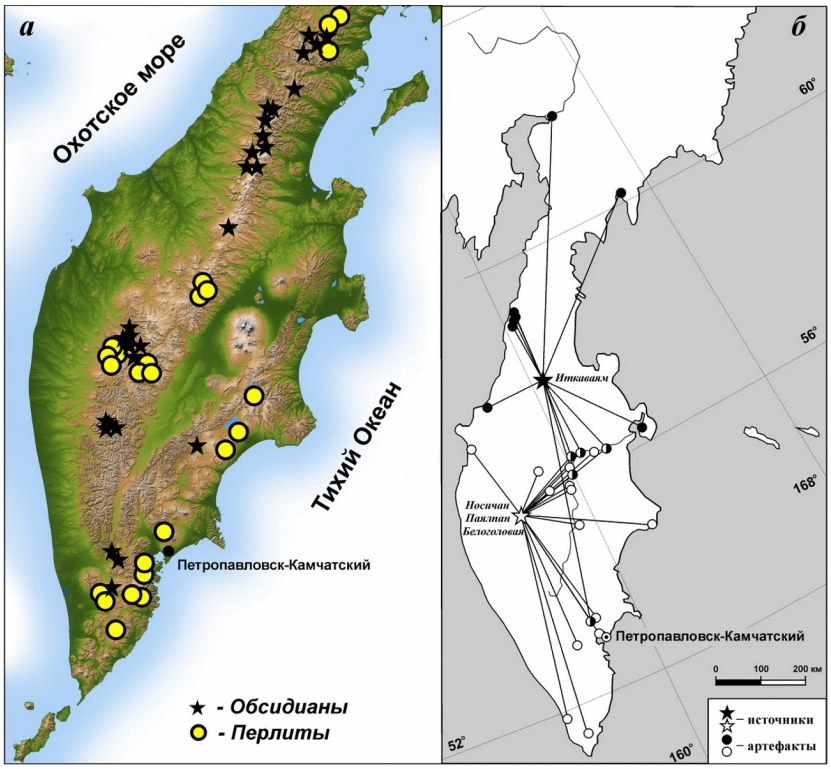

Рис. 6. Источники вулканических стекол на Камчатке (слева) и распространение обсидиана из ряда источников в древних памятниках (справа).

560 км по прямой. Для пяти геохимических групп обсидианов коренные проявления еще не выявлены. Получен-

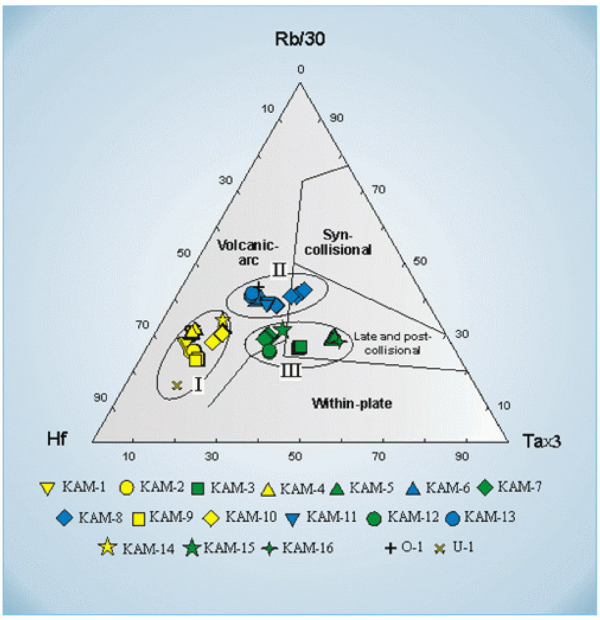

Рис. 7. Диаграмма Rb-Hf-Ta для кислых вулканических стекол Камчатки. Полями ограничены составы вулканических стекол: Восточной Камчатки (I), Южной Камчатки (II) и Срединного хребта (III).

ные данные геохимического состава вулканических стекол из коренных проявлений позволяют провести их корреляцию с кислыми породами различных вулканических зон Камчатки. Особенности геохимического состава кислых вулканических стекол подтверждают существование поперечной геохимической зональности и выявленное в работе [*Волынец и др.*, 1987] унаследование геохимических особенностей риолитов от связанных с ними структурно и генетически базальтов в неоген-четвертичных сериях вулканических зон Камчатки.

В настоящее время значительная часть выделенных геохимических типов археологического обсидиана не имеет привязки к конкретному "геологическому" источнику. Это означает, что необходимы дальнейшие работы, направленные на выявление коренных источников вулканического стекла с геохимическими данными, характерными для этих групп.

Чукотка (озеро Красное)

Наиболее значимое проявление обсидиана известно в Анадырской впадине, в районе озера Красное, среди полей эффузивов хребта Рарыткин. Характерной чертой вулканических пород этого ареала является широкое распространение кислых вулканических пород (лавы, игнимбриты и туфы риолитов, дацитов и андезитов), образующих мощную толщу (до 270 м), завершающую разрез эффузивов [*Федоров и др.*, 1996]. Озеро Красное находит-

ся в 150 км от г. Анадыря и соединяется с р. Анадырь протокой, занимая пологую котловину среди игнимбритовых полей изометричного вулканического массива. Обсидиан встречается в виде гальки в прибрежных озерных отложениях. Наибольшее скопление обсидиановых галек (от 10–20%, в местах максимальной концентрации до 40–50% от общего состава пород галечного материала) отмечается на восточном берегу (Рис. 9); их размеры варьируют от 1 до 25 см в диаметре. Распространение обсидиана в районе озера Красного ранее связывалось с коренными выходами туфов риолитов, которые, согласно [*Наседкин*, 1983], могли содержать обломки вулканических стекол. Проведенные нами в 2009 г. полевые исследования не подтвердили это предположение. Мы предполагаем, что, появление обсидиана в береговых галечниках связано с подводной (?) эрозией крупного экструзивного (дайкообразного?) тела, образующего коренной выход в восточной части котловины озера. Среди обсидиановых галек наибольшим распространением пользуется черный (морионоподобный) обсидиан, просвечивающий в тонком сколе. Он является прекрасным материалом для изготовления орудий и украшений. Полученные нами первые данные по геохимии обсидиановых артефактов в памятниках северо-восточного Приохотья, бассейна р. Колымы и на Чукотке позволяют сделать выводы о важнейшем значении этого источника в культурах каменного века региона. По мнению американских ученых, обсидиан источника озера Красное около 3–5 тысяч лет назад был принесен на Аляску через уже существовавший в то время Берингов пролив [*Cook*, 1995].

В заключение отметим, что важность полученных нами данных для археологии Дальнего Востока России заключается в идентификации источников археологического обсидиана инструментальными геохимическими методами в сочетании с данными других естественных наук. Это позволяет надежно реконструировать масштабы, время и направления миграций доисторического человека.

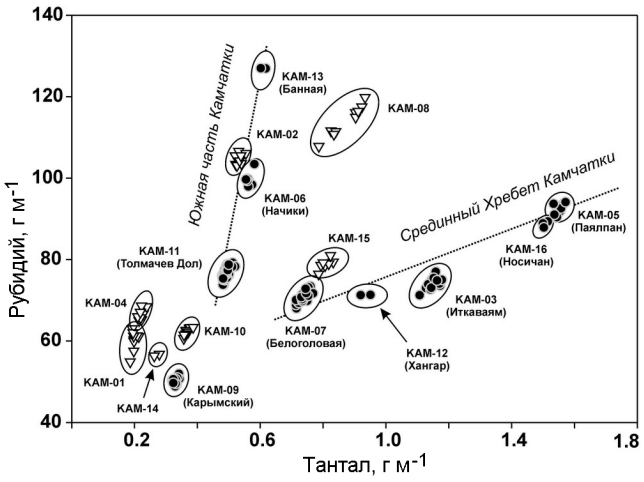

Рис. 8. Двухвариантная диаграмма Ta-Rb для расчленения основных геохимических групп обсидиана Камчатки (эллипсы отражают 95%-ную вероятность).

Рис. 9. Обсидиановые гальки на побережье озера Красное.

Данные по источникам вулканического стекла позволяют лучше понять некоторые специфические проблемы археологии региона. Так, например, установлена сложная стратегия эксплуатации источников обсидиана, когда при наличии расположенного неподалеку и легко доступного высококачественного сырья население использовало также ресурсы гораздо более удаленного источника. Как отмечалось в начале статьи, такая ситуация существовала в эпоху камня на юге Приморья.

Накопленный авторами статьи большой фактический материал и проведенная интерпретация геологических и археологических данных [см. *Вулканические стекла...*, 2000; *Crossing the Straits*, 2010] позволяют надеяться, что в ближайшие годы удастся получить новые данные для пока еще недостаточно изученных регионов – в первую очередь, Камчатки и Чукотки. Междисциплинарный характер исследований и расположение источников обсидиана в приграничных с Россией территориях Китая, Кореи, Японии, США открывают широкие возможности для международного сотрудничества в области изучения вулканического стекла; частично эти работы осуществлялись нашей группой в 1990–2000-х гг. Перспективы дальнейших исследований обсидиана на Дальнем Востоке России на современном методологическом уровне очевидны.

Авторы выражают свою признательность большому коллективу ученых геологов, вулканологов, археологов и сотрудников производственных геологических организаций за помощь, сотрудничество и поддержку в проведении полевых экспедиционных исследований в Приморье, Приамурье, на Камчатке и Чукотке. Исследования получали финансовую поддержку Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) в 1995–1997 гг., Американского фонда поддержки гражданских исследований и развития (CRDF) в 2003–2005 гг. и Российского фонда фундаментальных исследований совместно с ДВО РАН (программа РФФИ–ДВО РАН “Дальний Восток”) в 2007–2008 гг.

Литература

Владавец, В. И. (1984), *Справочник по вулканологии,* 338 pp. Наука, Москва.

Вулканические стекла..., (2000), *Вулканические стекла дальнего Востока России: геологические и археологические аспекты,* 184 pp. ДВГИ ДВО РАН, Владивосток.

Наседкин, В. В. (1983), *Кислый вулканизм и водосодержащие стекла Северо-Востока СССР,* 104 pp. Наука, Москва.

Попов, В. К., Я. В. Кузьмин, И. Я. Шевкомуд, А. В. Гребенников, М. Д. Гласкок, Н. Н. Зайцев, В. Г. Петров, Б. В. Наумченко, А. К. Конопацкий (2006), Обсидиан в археологических памятниках Среднего и Нижнего Приамурья: геохимический состав и источники, *V Гродековские чтения. Матер. межрегион. науч.-практ. конф. Ч. 1,* 99–108, Хабаровский краевой краеведческий музей им. Н. И. Гродекова, Хабаровск.

Попов, В. К., В. Г. Сахно, Я. В. Кузьмин, М. Д. Гласкок, Б.-К. Цой (2005), Геохимия вулканических стекол вулкана Пектусан, *Доклады Академии Наук (РАН), 403*(2), 242–247.

Федоров, П. И., Н. И. Филатова, А. И. Дворянкин (1996), Кайнозойский кислый вулканизм востока Корякского нагорья и геодинамические обстановки его проявления (Северо-Восток России), *Тихоокеанская геология, 15*(3), 3–13.

Шевчук, В. Д. (1981), *Генетические типы месторождений кислых вулканических стекол на Камчатке,* 43–51 pp. Наука, Москва.

Cook, J. P. (1995), Characterization and distribution of obsidian in Alaska, *Arctic Anthropology, 32*(1), 92–100.

Glascock, M. D., G. E. Braswell, R. H. Cobean (1998), A systematic approach to obsidian source characterization, *Archaeological Obsidian Studies: Method and Theory. Edited by M. S. Shackley,* 15–65, Plenum Press, New York and London.

Kuzmin, Y. V., (Ed.), M. D. Glascock, (Ed.), (2010), *Crossing the Straits: Prehistoric Obsidian Exploitation in the North Pacific Rim,* 227 pp. Archaeopress, Oxford.

Kuzmin, Y. V., V. K. Popov, M. D. Glascock, M. S. Shackley (2002), Sources of archaeological volcanic glass in the Primorye (Maritime) Province, Russian Far East, *Archaeometry, 44*(4), 505–515.

М. Д. Гласкок, Исследовательский реакторный центр, Университет Миссури, Колумбия, США

А. В. Гребенников и В. К. Попов, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Я. В. Кузьмин, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия