

Я. В. Кузьмин

## Добыча и обмен обсидиана в доисторических культурах Дальнего Востока России и Северо-Восточной Сибири: обзор результатов 25-летних работ

**Резюме.** В обзоре рассмотрены результаты 25-летних исследований источников высококачественного вулканического стекла — обсидиана — в древних культурах Дальнего Востока и России и Северо-Восточной Сибири (Приморье, Приамурье, о. Сахалин, Курильские острова, Камчатка, Чукотка, бассейн р. Колымы), а также прилегающих регионов Северо-Восточной Азии (о. Хоккайдо, Корейский полуостров, Маньчжурия). Охарактеризованы основные сети добычи и обмена обсидианом в древности (палеолит — неолит); намечены перспективы дальнейших работ и указаны существующие проблемы.

**Ключевые слова:** обсидиан, археология, транспортировка, Дальний Восток России, Северо-Восточная Сибирь.

**Kuzmin Ya. V. Obsidian acquisition and exchange in prehistoric cultures of the Russian Far East and Northeast Siberia: a review of the 25 years of research.** The paper presents a summary of the main results obtained in the course of 25-year-long studies of the sources of high-quality volcanic glass (obsidian) in prehistoric cultures of the Russian Far East and Northeast Russia (Maritime Province, Amur River basin, Sakhalin Island, Kurile Islands, Kamchatka Peninsula, Chukotka, and the Kolyma River basin), as well as adjacent parts of Northeast Asia (Hokkaido Island, Korean Peninsula, Manchuria). Particular attention is given to the characteristic of the main networks of obsidian acquisition and exchange in the Stone Age (Late Palaeolithic and Neolithic) of the region, and to the perspectives of future studies.

**Keywords:** obsidian, archaeology, transportation, Russian Far East, Northeast Siberia.

### Введение

Исследования, посвящённые определению источников высококачественного вулканического стекла — обсидиана, — начались на современном методологическом уровне в 1960-х гг. в Средиземноморье (Cann, Renfrew 1964 и др.) и Северной Америке (Parks, Tieh 1966 и др.), а затем в других регионах Земли (Центральная и Южная Америка, Восточная Африка, Центральная Европа, Океания, Восточная и Юго-Восточная Азия). Принципиально важным для использования обсидиана как носителя информации о миграциях и контактах древнего населения является то обстоятельство, что практически каждый источник обсидиана имеет уникальный «геохимический портрет» (т. е. химический состав не-

которых элементов), который можно определить с помощью аналитических методов, а в дальнейшем использовать для выявления тех первичных местонахождений, из которых происходят обсидиановые артефакты. Практически ни одна другая из горных пород, сколько-нибудь широко использовавшихся древним человеком в качестве сырья для изготовления каменных орудий, не обладает такими свойствами (см. Кузьмин 2017: 294–299<sup>1</sup>).

На Дальнем Востоке России и в Северо-Восточной Сибири обсидиан достаточно часто встречается на древних поселениях Приморья, Сахалина и Курильских островов, Чукотки, реже — в Приамурье, Приохотье и бассейнах рек Колымы и Индигирки. Особенно много обсидиана найдено на археологических памятниках Камчатки. О присутствии обсидиановых орудий в этих регионах было известно с конца XIX в. (см. Kuzmin 2014).

В России (СССР) изучение источников обсидианового сырья, использовавшегося древним человеком, не получило должного развития вплоть до конца 1980-х — начала 1990-х гг. (см. Бадалян и др. 1996; Shackley et al. 1996), хотя пионерные работы были проведены на северном Кавказе в 1960-х гг. (Наседкин, Формозов 1965). О необходимости подобных исследований уже в эти годы неоднократно упоминал В. Ф. Петрунь (см., например: Петрунь 1960). Изучение коренных источников обсидиана и их использования древним человеком на юге Дальнего Востока России было начато по инициативе автора в 1992 г. Первые результаты были представлены на конференции «Археология Северной Пасифики» в 1993 г. и опубликованы в 1996 г. (Glascocock et al. 1996; см. также: Shackley et al. 1996). Дальнейшие исследования в середине 1990-х — конце 2010-х гг. позволили выявить основные источники археологического обсидиана на юге Дальнего Востока России и в соседних регионах — на Камчатке, Чукотке, в бассейне р. Колымы. В настоящем обзоре кратко изложены результаты изучения обсидиана в древних культурах Дальнего Востока России и Северо-Восточной Сибири на протяжении более чем 25 лет (1992–2018 гг.); ранее был опубликован обзор работ 1990-х — начала 2000-х гг. (Кузьмин и др. 2010).

## Методика работ

Начиная с 1960-х гг., изучение источников обсидиана ведётся путём сопоставления геохимического состава (в основном микроэлементов — U, Th, Ta, Hf, Lu, Yb, Dy, Tb, Eu, Sm, Nd и др.) обсидиана из коренных проявлений и артефактов (см. Кузьмин 2017: 288–307). Важнейшим условием надёжного сравнения данных является использование единого аналитического стандарта, что не всегда выполняется, и поэтому данные разных лабораторий часто невозможно сопоставить (см. Suda et al. 2018). В случае работ нашей неформальной группы (см. Кузьмин, Попов 2000; Kuzmin, Glascocock 2014; Grebennikov et al. 2010; 2018 и др.) все измерения выполнены в одной лаборатории (Университет Миссури, США; см. Glascocock et al. 2007) и по единой методике (Glascocock et al. 1998; 2007), что делает возможным прямое сравнение результатов. Математическая обработка геохимических анализов обсидиана ведётся с помощью специальных компьютерных программ (см. Glascocock et al. 1998).

<sup>1</sup> Практически все публикации автора находятся в свободном доступе на ресурсе *ResearchGate* ([https://www.researchgate.net/profile/Yaroslav\\_Kuzmin/research](https://www.researchgate.net/profile/Yaroslav_Kuzmin/research)); другие источники могут быть предоставлены по запросу по электронной почте или в социальной сети «ВКонтакте» (<https://vk.com/id408974046>).

Нами первоначально были определены основные геохимические группы обсидиана для небольшой коллекции артефактов из памятников Приморья и Приамурья, что позволило оценить в первом приближении количество источников (Glascok et al. 1996; Shackley et al. 1996). В дальнейшем были опробованы все коренные местонахождения обсидиана в этих регионах (Попов, Шекли 1997; Кузьмин, Попов 2000; Glascok et al. 2011; Kuzmin et al. 2013), после чего были определены общие геохимические группы для источников и археологических образцов (см., например: Kuzmin, Glascok 2014). Это дало возможность надёжно установить, откуда древние люди получали обсидиан. Данная методика была использована впоследствии при работах на Камчатке и Чукотке. В настоящее время разными группами учёных изучено около 3100 образцов обсидиана с Дальнего Востока России и Северо-Восточной Сибири, а также из прилегающих частей Северо-Восточной Азии: Корейского полуострова, Северо-Восточного Китая (Маньчжурии) и о. Хоккайдо (табл. 1). Эта база данных является основой для реконструкций добычи обсидиана и обмена им в доисторических культурах этих регионов.

**Таблица 1. Количество образцов обсидиана Дальнего Востока России и Северо-Восточной Сибири (с прилегающими территориями), проанализированных в 1992–2018 гг.**

Регион	Геологические образцы	Археологические образцы
Приморье	102	390
Приамурье	12	39
О. Сахалин	—	206
Курильские острова	—	773
Камчатка	63	444
Чукотка	37	216
Маньчжурия (С.-В. Китай)	—	533
Корейский полуостров	14	211
О. Хоккайдо	53	—
Итого	281	2812
Всего	3093	

## **Источники обсидиана на Дальнем Востоке России и Северо-Восточной Сибири**

### *Приморье и прилегающие территории*

В южном Приморье основным местонахождением обсидиана (точнее, безводного вулканического стекла) является Шкотовское плато. Обсидиан связан с горными породами основного состава — базальтами и андезито-базальтами. Хотя вулканические стёкла известны здесь давно (см. Петров, Замуруева 1960), их детальное изучение началось лишь в 1990-х гг. (Попов, Шекли 1997; Кузьмин, Попов 2000; Doelman et al. 2012). При излиянии базальтов имело место формирование подушечных лав на контакте горячей базальтовой массы с водой, что приводило к быстрому остыванию лавы; в результате возникали шаровидные («подушкообразные») тела диаметром 1–5 м. Их поверхностный слой состоит из вулка-

нического стекла, а внутренняя часть представляет собой полностью раскристаллизованную породу. Обсидиан на Шкотовском плато присутствует в виде гиалокластитов — обломочного материала, образовавшегося при раздроблении стекловатой внешней части блоков подушечной лавы; известны также корки закаливания — горизонты нераскристаллизованного вулканического стекла небольшой толщины на контакте лавового потока с подстилающей его поверхностью.

В Приморье известен также небольшой источник вулканического стекла кислого (риолитового) состава в бассейне р. Гладкой (Kuzmin et al. 2002), но он не имеет большого распространения в археологических объектах (см. Кузьмин, Попов 2000; Kuzmin 2014; Doelman et al. 2014). Гораздо чаще на стоянках Приморья можно встретить обсидиан щелочного состава, источником которого является район вулкана Пектусан на границе Китая и КНДР (см. Кузьмин, Попов 2000; Попов и др. 2005). Получены геохимические данные о присутствии на севере Приморья обсидиана из источника с неизвестным пока местоположением, получившего название «Самарга» (Kuzmin et al. 2002; Glascock et al. 2011).

### *Приамурье*

В среднем и нижнем течении р. Амур известен коренной источник обсидиана в пределах Облучинского плато, где высококачественное вулканическое стекло приурочено к гиалокластитам, связанным с базальтами (Glascock et al. 2011). Обсидиан риолитового состава из источника Сиратаки на о. Хоккайдо обнаружен в археологических материалах стоянки на о. Сучу (Glascock et al. 2011; см. также: Kuzmin et al. 2013).

### *Камчатка*

На Камчатке известно как минимум 30 источников обсидиана кислого (риолитового и риодацитового) состава (Grebennikov et al. 2010). Они генетически связаны с вулканизмом в пределах Курило-Камчатской дуги, в зоне субдукции — участка континентальной земной коры, погружающегося под океаническую кору по границе Тихоокеанской и Евразийской плит.

В настоящее время нашей группой изучен геохимический состав лишь 16 коренных проявлений обсидиана Камчатки (Grebennikov, Kuzmin 2017; Grebennikov et al. 2010), что связано с трудностью проведения полевых работ в отдалённых от дорог и населённых пунктов частях Срединного хребта, где находятся основные проявления обсидиана (Grebennikov et al. 2010: 90). Источники обычно представляют собой лавовые потоки, экструзивные (внедрившиеся в другие породы) тела и пирокластические потоки. Из них в древности активно использовались 14 источников, расположенных на всей территории Камчатки.

### *Чукотка*

В течение долгого времени было известно об источнике обсидиана на озере Красном в нижнем течении р. Анадырь (см., например: Наседкин 1983), но точных сведений о нём не существовало до наших работ 2009 г. В результате обследования и изучения обсидиана и других пород района оз. Красного были получены надёжные данные по геологии и геохимии (Попов и др. 2017; Grebennikov et al. 2018). Источник на оз. Красном приурочен к риолитам Западно-Корякского вулканического пояса. Обсидиан присутствует в виде галек и мелких валунов на восточном берегу озера. Возможно, коренное проявление в настоящее время находится под водой.

## Системы обмена обсидианом в древности на Дальнем Востоке России и в Северо-Восточной Сибири

Одной из главных задач изучения обсидиана для археологических целей является установление фактов его добычи из конкретных источников древними людьми, что даёт возможность надёжно реконструировать системы обмена обсидианом, а также контакты и миграции в доисторическую эпоху (Kuzmin 2012; 2017). В настоящее время выявлено существование нескольких разветвлённых систем получения обсидиана и обмена им на юге Дальнего Востока России и в прилегающих регионах, на Камчатке и в Северо-Восточной Сибири (рис. 1–3). Обсидиан наиболее интенсивно эксплуатировался здесь в каменном веке (Kuzmin 2011; Kuzmin et al. 2008; Grebennikov et al. 2018), а именно в позднем палеолите (20–10 тыс. лет назад) и неолите (10–3 тыс. лет назад). В эпоху металлов (бронзовый век и ранний железный век), 3–1,5 тыс. лет назад, значение обсидиана как сырья сошло практически на нет, за исключением Камчатки и арктических районов Северо-Восточной Сибири, где древнее население продолжало использовать его вплоть до прихода русских первопроходцев в XVII–XVIII вв.

В континентальной части юга Дальнего Востока России существовало три основных сети обмена обсидианом (Kuzmin 2012) — из источников Шкотовского плато, вулкана Пектусан и Облученского плато (рис. 1). Наибольшее распространение имел обсидиан из двух первых местонахождений. Источник на Шкотовском плато поставлял высококачественное сырьё не только по всему Приморью, но и в соседние регионы — Приамурье и Маньчжурию (Kuzmin et al. 2002; Glascock et al. 2011; Jia et al. 2010; 2013). Расстояние от источника до места утилизации обсидиана составляет от нескольких километров до 660 км. Источник Пектусан также был важнейшим поставщиком обсидиана для обширного региона, включавшего Корейский полуостров, Маньчжурию и Приморье (Попов и др. 2005; Kuzmin et al. 2002; Kim et al. 2007; Jia et al. 2010; 2013; Lee, Kim 2015; Chang, Kim 2018). Масштабы разноса обсидиана составляют от первых километров до 800 км. Следует отметить, что наличие обсидиана из этих источников в археологических материалах было впервые выявлено в конце 1990-х — начале 2000-х гг. (Кузьмин, Попов 2000; Kuzmin et al. 2002). Последующие работы, проведённые в середине 2000-х гг. (см. Doelman et al. 2008; 2012), подтвердили наши первоначальные выводы. Третьим источником обсидиана является Облученское плато в Приамурье. Распространение сырья из него отмечено пока только в долине р. Амур (Glascock et al. 2011). Расстояние от коренного местонахождения до археологических памятников составляет от 20–30 км до 700 км.

На основании имеющихся сейчас геохимических данных можно уверенно говорить о том, что обсидиан из источников Японских островов практически никогда не достигал материковой Северо-Восточной Азии; исключениями являются Нижнее Приамурье (Kuzmin et al. 2013) (рис. 1) и южная часть Корейского полуострова (Lee, Kim 2015). Ранее высказывалось предположение о том, что обсидиан из источников о. Хоккайдо попадал в Приморье (Kobayashi 2004), но оно было основано на недостаточном количестве материала, без представительного сравнительного анализа химического состава артефактов и источников (см. Кузьмин, Попов 2000: 158–159; Sato 2011: 209).

В островной части юга Дальнего Востока России (о. Сахалин и Курильские острова) главными источниками обсидиана были Сиратаки и Окетто на о. Хоккайдо

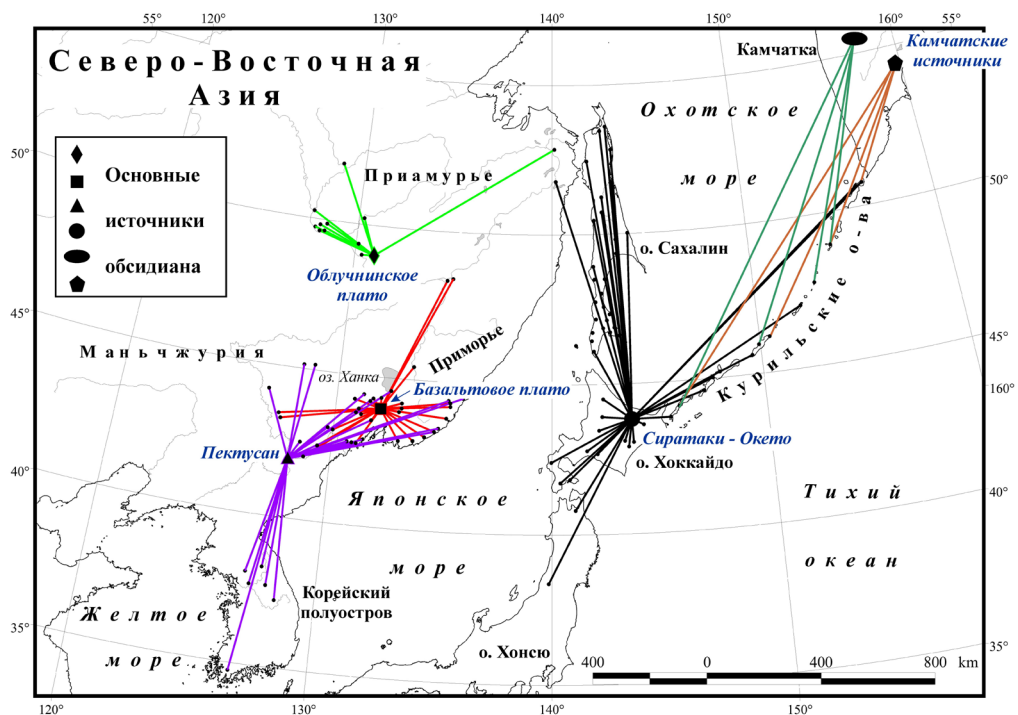


Рис. 1. Сети доисторического обмена обсидианом на юге Дальнего Востока России и в прилегающих регионах Северо-Восточной Азии  
 Fig. 1. Prehistoric obsidian exchange networks in the Russian Far East and adjacent parts of Northeast Asia

(рис. 1); сырьё из них активно использовалось древним населением о. Сахалин и Курильских островов (Kuzmin, Glascock 2007; Kuzmin et al. 2013; Phillips 2011; см. также: Kuzmin 2016). Также выявлено попадание обсидиана источника Сиратаки в Нижнее Приамурье около 8000 лет назад (Glascock et al. 2011). Расстояние от источников до мест утилизации обсидиана в некоторых случаях превышает 1000 км по прямой. Для Курильских островов выявлено использование древним населением обсидиана из нескольких камчатских источников (рис. 1); расстояние от них до археологических памятников составляет до 1400–1500 км по прямой. Эти сети обмена обсидианом являются примером сверхдлинного транспорта сырья, которое было невозможно без использования плавательных средств типа лодок, начиная с 10 тыс. лет назад (Kuzmin 2016; 2017). Для о. Сахалин дополнительные исследования, проведённые в небольших масштабах в последние годы (Izuho et al. 2017), подтвердили правильность первоначальных выводов автора и его коллег (см., например: Kuzmin, Glascock 2007; Kuzmin et al. 2013).

На Камчатке работами нашей группы выявлено несколько обширных сетей обмена обсидианом, с расстояниями от источников до мест утилизации сырья вплоть до 600–650 км по прямой (рис. 2). Исследование источников обсидиана Камчатки и их эксплуатации древним населением всё ещё находится в первоначальной стадии (см. Grebennikov, Kuzmin 2017); это в первую очередь



связано с высокой стоимостью полевых работ в удалённых частях полуострова. В настоящее время на основе общих геологических и геохимических данных намечены наиболее перспективные для исследований районы (Grebennikov, Kuzmin 2017).

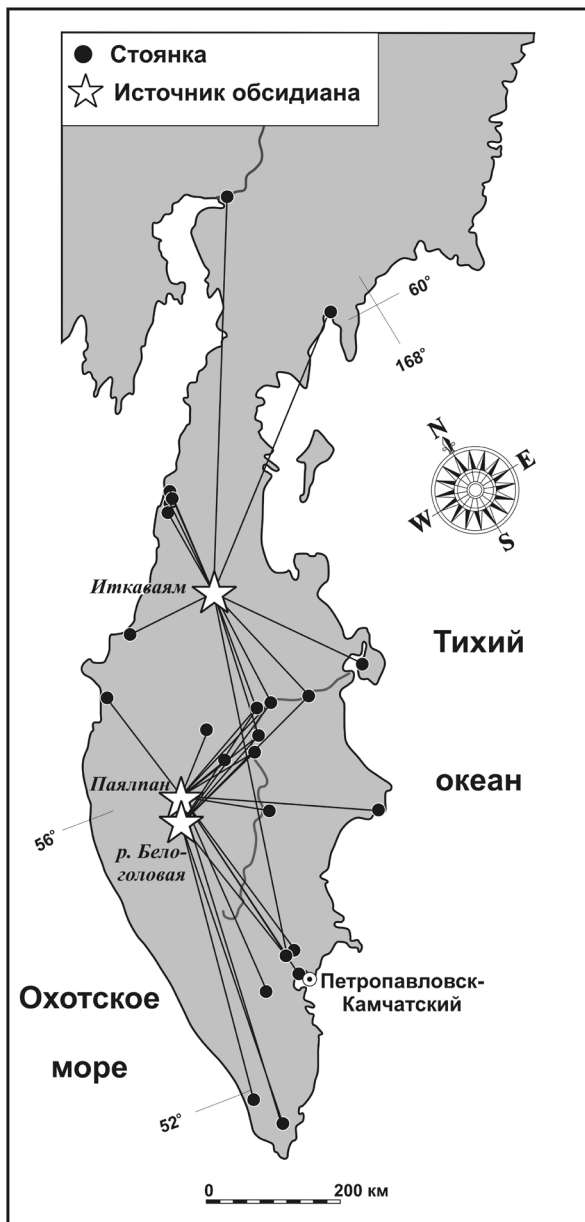


Рис. 2. Распространение обсидиана из некоторых источников Камчатки в археологических памятниках  
Fig. 2. Distribution of obsidian from some Kamchatkan sources in archaeological complexes

Северо-Восточная Сибирь (Чукотка и прилегающие районы) является новой территорией изучения источников обсидиана на современном методологическом уровне. По результатам геохимических анализов более чем 200 артефактов выявлен один главный источник обсидиана — на оз. Красном (Grebennikov et al. 2018; Kuzmin et al. 2018). Сырьё из этого местонахождения распространялось по всему обширному региону, включая Чукотку, Корякское нагорье, бассейн р. Колымы и Аляску (рис. 3). Расстояние от источника до мест утилизации в ряде случаев превышает 1000 км по прямой, что является ещё одним примером сверхдлинного транспорта сырья в восточной части России.



Рис. 3. Сфера добычи и обмена обсидиана из источника на оз. Красном на северо-востоке Сибири и в прилегающих регионах (кружками отмечены отдельные стоянки с обсидианом из источника на оз. Красном)

Fig. 3. Sphere of acquisition and exchange of obsidian from the Lake Krasnoe source in the northeast of Siberia and neighbouring regions (circles indicate selected archaeological sites with obsidian from the Lake Krasnoe source)

Важной особенностью эксплуатации древним человеком обсидиана на Дальнем Востоке России и в Северо-Восточной Сибири является использование сырья из нескольких источников на одном памятнике. Такие случаи неоднократно отмечены на Камчатке, в Приморье, на о. Сахалин и Курильских островах (Kuzmin 2014). При этом качество обсидиана не играло



существенной роли, обычно оно равноценно для всех использованных источников. Наиболее показательным в этом отношении примером является стоянка Ушки на Камчатке (Kuzmin et al. 2008). Здесь в позднеплейстоценовом слое 7 (возраст 14 300–10 700 лет назад) определен обсидиан из семи источников. В финально-плейстоценовом слое 6 (11 100–10 200 лет назад) выявлено использование обсидианового сырья из четырёх коренных проявлений, а в голоценовых слоях 1–5 (9000–200 лет назад) определено от одного до шести местонахождений, откуда люди получали обсидиан. Расстояние от стоянки до источников обсидиана составляет 140–260 км по прямой; дистанции между источниками — 250–500 км. Видимо, такая система получения и обмена сырья в древности в условиях тяжёлой для проживания природной среды Субарктики является отражением сложной стратегии жизнеобеспечения, существовавшей уже в позднем палеолите.

При изучении археологического обсидиана важнейшим аспектом является механизм получения сырья из удалённых источников. На юге Дальнего Востока России дальность разноса обсидиановых галек реками составляет до 30–50 км (Pantukhina 2007). Поскольку в настоящее время надёжно установлены факты дальнего и сверхдальнего транспорта обсидиана на Дальнем Востоке России и в Северо-Восточной Сибири (до 1000 км и более от источников), вопросы транспортировки и обмена этим высококачественным сырьем имеют большое значение. Работы, проведённые в 1960-х — 1970-х гг. в Средиземноморье, Малой Азии и на Ближнем Востоке, позволили создать концепцию доисторического обмена (торговли) (Renfrew 1975; см. также: Renfrew, Bahn 2016: 357–390). Её суть сводится к тому, что существует *зона снабжения* сырьем с радиусом до 300 км от центра в виде стоянки; в этих пределах были возможны прямые пешие походы к местам выходов обсидиана, его сбор и транспортировка на поселение. В пределах зоны снабжения доля обсидиана в составе сырья составляет до 80%. За пределами зоны снабжения выделена *контактная зона*, обитатели которой практически не могли посещать источники обсидиана из-за значительной удалённости, а обменивались (торговали) им с населением зоны снабжения; доля обсидиана в контактной зоне составляет от 30–40% до 0,1%. Такую модель обмена/торговли было предложено называть последовательной торговлей (Renfrew 1975). В случаях, когда на памятниках в контактной зоне присутствует значительное количество обсидиана, предполагается система обмена сырьем с наличием промежуточных центров (Renfrew, Dixon 1976: 148–149). В последние десятилетия для изучения распространения обсидиана применяется моделирование с помощью технологий географических информационных систем (см. Barge et al. 2018; см. также: Freund 2013: 782–783).

Очевидно, что для восстановления систем обмена обсидианом требуется детальное изучение петрографического состава каменных артефактов, а также технико-технологического исследование обсидиановых изделий с целью понимания того, в каком качестве сырьё попадало на стоянки: в виде угловатых блоков, нуклеусов или готовых изделий. Насколько известно автору, такие работы в надлежащем объёме на Дальнем Востоке России и в Северо-Восточной Сибири до настоящего времени не проводились. Некоторые шаги, сделанные в этом направлении ранее для юга Дальнего Востока России и Маньчжурии (см. Doelman et al. 2008; 2012; 2014), всё ещё недостаточны для реконструкции сетей обмена/торговли обсидианом.

## Заключение

За более чем 25 лет, прошедших с момента начала наших исследований, достигнут значительный прогресс как в изучении источников обсидиана и их использования древним человеком (см. Kuzmin 2014), так и в плане выявления доисторических миграций и контактов в восточных регионах России (см. Kuzmin 2017). Реконструированы основные сети первобытного обмена/торговли обсидианом в континентальной и островной частях юга Дальнего Востока России (Kuzmin 2017); активно ведётся работа по определению источников обсидиана и их эксплуатации в древности на севере Дальнего Востока России (Камчатка) и в Северо-Восточной Сибири (Grebennikov, Kuzmin 2017; Grebennikov et al. 2018; Kuzmin et al. 2018).

Тем не менее, многие вопросы всё ещё остаются нерешёнными. Отсутствие стандартизации анализов, проводимых разными исследователями, часто не даёт возможность сравнивать полученные результаты. Для решения этой серьёзной проблемы был проведён параллельный анализ конкретных образцов из источников о. Хоккайдо в различных лабораториях, с последующей интерпретацией результатов и определением оптимальной аналитической стратегии (Suda et al. 2018). Наименее изученным регионом в пределах Дальнего Востока России остается Камчатка, где имеется не менее семи источников археологического обсидиана, точное положение которых на сегодняшний день неизвестно (см. Grebennikov, Kuzmin 2017). Вопрос о механизме обмена обсидианом между населением вблизи источников и теми людьми, которые проживали на значительном удалении от коренных местонахождений, требует углубленного изучения.

Таким образом, исследования археологического обсидиана Дальнего Востока России и Северо-Восточной Сибири, проведённые в 1992–2018 гг., создали надёжный фундамент для продолжения работ в этих регионах в ближайшие годы и десятилетия.

## Литература

- Бадалян Р. С., Кикодзе З. К., Коль Ф. Л. 1996. Кавказский обсидиан: источники и модели утилизации и снабжения (результаты анализов нейтронной активации). *Historical-Philological Journal (Armenia)* (1–2), 245–264.
- Кузьмин Я. В. 2017. *Геоархеология: естественнонаучные методы в археологических исследованиях*. Томск: Издательский Дом ТГУ.
- Кузьмин Я. В., Попов В. К. (ред.). 2000. *Вулканические стёкла Дальнего Востока России: геологические и археологические аспекты*. Владивосток: ДВГИ ДВО РАН.
- Кузьмин Я. В., Попов В. К., Гласкок М. Д. 2010. Источники археологического обсидиана на юге Дальнего Востока России: пример междисциплинарного исследования. В: Каменецкий И. С., Сорокин А. Н. (ред.). *Человек и древности: памяти Александра Александровича Формозова (1928–2009)*. М.: Гриф и К., 263–275.
- Наседкин В. В. 1983. *Кислый вулканизм и водосодержащие стёкла Северо-Востока СССР*. М.: Наука.
- Наседкин В. В., Формозов А. А. 1965. Вулканическое стекло из стоянок каменного века Краснодарского края и Чечено-Ингушетии. В: Колчин Б. А. (ред.). *Археология и естественные науки*. М.: Наука, 167–170.
- Петров В. П., Замуруева М. Г. 1960. О стекловатых шаровых лавах р. Левая Лифу на Дальнем Востоке. *Известия АН СССР. Серия геологическая* (11), 69–75.

- Петрунь В. Ф. 1960. Из истории применения вулканического стекла (обсидиана) в первобытной технике. В: *Сборник научных трудов Криворожского горнорудного института*. Вып. VIII. М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по горному делу, 104–115.
- Попов В. К., Шекли С. 1997. Obsidian Primorye: первые результаты археолого-геологической корреляции. *Вестник ДВО РАН* (3), 77–85.
- Попов В. К., Гребенников А. В., Кузьмин Я. В., Гласкок М. Д., Ноздрачев Е. А., Будницкий С. Ю., Воробей И. Е. 2017. Геохимия обсидианов озера Красное на Чукотке (Северо-Восток Сибири). *Доклады Академии наук (РАН)* 476, 332–338.
- Попов В. К., Сахно В. Г., Кузьмин Я. В., Гласкок М. Д., Цой Б.-К. 2005. Геохимия вулканических стёкол вулкана Пектусан. *Доклады Академии наук (РАН)* 403, 242–247.
- Barge O., Kharanaghi H. A., Biglari F., Moradi B., Mashkour M., Tengberg M., Chataigner C. 2018. Diffusion of Anatolian and Caucasian obsidian in the Zagros Mountains and the highlands of Iran: elements of explanation in 'least cost path' models. *Quaternary International* 467, 297–322.
- Cann J. R., Renfrew C. 1964. The characterization of obsidian and its application to the Mediterranean region. *Proceedings of the Prehistoric Society* 30, 111–133.
- Chang Y. C., Kim J. C. 2018. Provenance of obsidian artifacts from the Wolseongdong Paleolithic site, Korea, and its archaeological implications. *Quaternary International* 467, 360–368.
- Doelman T., Jia P. W., Torrence R., Popov V. K. 2014. Remains of a puzzle: the distribution of volcanic glass artifacts from sources in Northeast China and Far East Russia. *Lithic Technology* 39, 81–95.
- Doelman T., Torrence R., Popov V., Ionescu M., Kluyev N., Sleptsov I., Pantyukhina I., White P., Clements M. 2008. Source selectivity: an assessment of volcanic glass sources in the southern Primorye region, Far East Russia. *Geoarchaeology* 23, 243–273.
- Doelman T., Torrence R., Popov V., Kluyev N., Sleptsov I. 2012. Volcanic glass procurement and use in the Late Paleolithic, central Primorye, Far East Russia. In: Liritzis I., Stevenson C. M. (eds.). *Obsidian and ancient manufactured glasses*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 97–114.
- Freund K. P. 2013. An assessment of the current applications and future directions of obsidian sourcing studies in archaeological research. *Archaeometry* 55, 779–793.
- Glascok M. D., Braswell G. E., Cobean R. H. 1998. A systematic approach to obsidian source characterization. In: Shackley M. S. (ed.). *Archaeological obsidian studies: method and theory*. New York & London: Plenum Press, 15–65.
- Glascok M. D., Krupianko A. A., Kuzmin Ya. V., Shackley M. S., Tabarev A. V. 1996. Geochemical characterization of obsidian artifacts from prehistoric sites in the Russian Far East: initial study. В: Жущиховская И. С., Ивлиев А. Л., Крадин Н. Н. (ред.). *Археология Северной Пасифики*. Владивосток: Дальнаука, 406–410.
- Glascok M. D., Kuzmin Ya. V., Grebennikov A. V., Popov V. K., Medvedev V. E., Shewkomud I. Ya., Zaitsev N. N. 2011. Obsidian provenance for prehistoric complexes in the Amur River basin (Russian Far East). *Journal of Archaeological Science* 38, 1832–1841.
- Glascok M. D., Speakman R. J., Neff H. 2007. Archaeometry at the University of Missouri Research Reactor and the provenance of obsidian artefacts in North America. *Archaeometry* 49, 343–357.
- Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V. 2017. The identification of archaeological obsidian sources on Kamchatka Peninsula (Russian Far East) using geochemical and geological data: current progress. *Quaternary International* 442B, 95–103.
- Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V., Glascok M. D., Popov V. K., Budnitskiy S. Yu., Dikova M. A., Nozdrachev E. A. 2018. The Lake Krasnoe obsidian source in Chukotka (Northeastern Siberia): geological and geochemical frameworks for provenance studies in Beringia. *Archaeological and Anthropological Sciences* 10, 599–614.

- Grebennikov A. V., Popov V. K., Glascock M. D., Speakman R. J., Kuzmin Ya. V., Ptashinsky A. V. 2010. Obsidian provenance studies on Kamchatka Peninsula (far eastern Russia): 2003–9 results. In: Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. (eds.). *Crossing the straits: prehistoric obsidian source exploitation in the North Pacific Rim*. Oxford: Archaeopress, 89–120.
- Izuho M., Ferguson J. R., Vasilevski A., Grishchenko V., Yamada S., Oda N., Sato H. 2017. Obsidian sourcing analysis by X-ray fluorescence (XRF) for the Neolithic sites of Slavnaya 4 and 5, Sakhalin Islands (Russia). *Archaeological Research in Asia* 12, 54–60.
- Jia P. W., Doelman T., Chen C., Zhao H., Lin S., Torrence R., Glascock M. D. 2010. Moving sources: a preliminary study of volcanic glass artifact distributions in Northeast China using pXRF. *Journal of Archaeological Science* 37, 1670–1677.
- Jia P. W., Doelman T., Torrence R., Glascock M. D. 2013. New pieces: the acquisition and distribution of volcanic glass sources in Northeast China during the Holocene. *Journal of Archaeological Science* 40, 971–982.
- Kim J. C., Kim D. K., Yoon M., Yun C. C., Park G., Woo H. J., Hong M.-Y., Lee G. K. 2007. PIXE provenancing of obsidian artefacts from Paleolithic sites in Korea. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27, 122–128.
- Kobayashi T. 2004. *Jomon reflections: forager life and culture in the prehistoric Japanese Archipelago*. Oxford: Oxbow Books.
- Kuzmin Ya. V. 2011. The patterns of obsidian exploitation in the late Upper Pleistocene of the Russian Far East and neighbouring Northeast Asia. *Natural Resource, Environment and Humans 1* (Meiji University Center for Obsidian and Lithic Studies), 67–82.
- Kuzmin Ya. V. 2012. Long-distance obsidian transport in prehistoric Northeast Asia. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 32, 1–5.
- Kuzmin Ya. V. 2014. Geoarchaeological aspects of obsidian source studies in the southern Russian Far East and brief comparison with neighbouring regions. In: Ono A., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Suda Y. (eds.). *Methodological issues for characterisation and provenance studies of obsidian in Northeast Asia*. Oxford: Archaeopress, 143–165.
- Kuzmin Ya. V. 2016. Colonization and early human migrations in the insular Russian Far East: a view from the mid-2010s. *Journal of Island & Coastal Archaeology* 11, 122–132.
- Kuzmin Ya. V. 2017. Obsidian as a commodity to investigate human migrations in the Upper Paleolithic, Neolithic, and Paleometal of Northeast Asia. *Quaternary International* 442B, 5–11.
- Kuzmin Ya. V., Alekseyev A. N., Dyakonov V. M., Grebennikov A. V., Glascock M. D. 2018. Determination of the source for prehistoric obsidian artifacts from the lower reaches of Kolyma River, Northeastern Siberia, Russia, and its wider implications. *Quaternary International* 476, 95–101.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. 2007. Two islands in the ocean: prehistoric obsidian exchange between Sakhalin and Hokkaido, Northeast Asia. *Journal of Island & Coastal Archaeology* 2, 99–120.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. 2014. The Neutron Activation Analysis of volcanic glasses in the Russian Far East and neighbouring Northeast Asia: a summary of the first 20 years of research. In: Ono A., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Suda Y. (eds.). *Methodological issues for characterisation and provenance studies of obsidian in Northeast Asia*. Oxford: Archaeopress, 85–93.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D., Izuho M. 2013. The geochemistry of the major sources of archaeological obsidian on Hokkaido Island (Japan): Shirataki and Oketo. *Archaeometry* 55, 355–369.
- Kuzmin Ya. V., Popov V. K., Glascock M. D., Shackley M. S. 2002. Sources of archaeological volcanic glass in the Primorye (Maritime) Province, Russian Far East. *Archaeometry* 44, 505–515.
- Kuzmin Ya. V., Speakman R. J., Glascock M. D., Popov V. K., Grebennikov A. V., Dikova M. A., Ptashinsky A. V. 2008. 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* 35, 2179–2187.

- Lee G. K., Kim J. C. 2015. Obsidians from the Sinbuk archaeological site in Korea — evidences for strait crossing and long-distance exchange of raw material in Paleolithic Age. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2, 458–466.
- Pantukhina I. 2007. The role of raw material in microblade technology at three Late Palaeolithic sites, Russian Far East. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27, 144–153.
- Parks G. A., Tieh T. T. 1966. Identifying the geographical source for artefact obsidian. *Nature* 211, 289–290.
- Phillips S. C. 2010. Bridging the gap between two obsidian source areas in Northeast Asia: LA–ICP–MS analysis of obsidian artefacts from the Kurile Islands of the Russian Far East. In: Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. (eds.). *Crossing the straits: prehistoric obsidian source exploitation in the North Pacific Rim*. Oxford: Archaeopress, 121–136.
- Renfrew C. 1975. Trade as action at a distance: questions of integration and communication. In: Lamberg-Karlovsky C. (ed.). *Ancient civilization and trade*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 3–59.
- Renfrew C., Bahn P. 2016. *Archaeology: theories, methods and practice*. 7th ed. (revised & updated). London: Thames & Hudson.
- Renfrew C., Dixon J. 1976. Obsidian in Western Asia: a review. In: de Sieveking G., Longworth I. H., Wilson K. E. (eds.). *Problems in economic and social archaeology*. London: Duckworth, 137–150.
- Sato H. 2011. Did the Japanese obsidian reach the continental Russian Far East in the Upper Paleolithic? In: Biró K. T., András M. (eds.). *Emlékkönyv Violának: papers in honour of Viola T. Dobosi*. Budapest: Hungarian National Museum, 206–223.
- Shackley M. S., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Tabarev A. V. 1996. Geochemical characterization of archaeological obsidian from the Russian Far East: a pilot study. *International Association for Obsidian Studies Bulletin* 17, 16–19.
- Suda Y., Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V., Glascock M. D., Wada K., Ferguson J. R., Kim J. C., Popov V. K., Rasskazov S. V., Yasnygina T. A., Saito N., Takehara H., Carter T., Kasztovszky Z., Biró K. T., Ono A. 2018. Inter-laboratory validation of the WDXRF, EDXRF, ICP–MS, NAA and PGAA analytical techniques and geochemical characterisation of obsidian sources in northeast Hokkaido Island, Japan. *Journal of Archaeological Science: Reports* 17, 379–392.

## References

- Badalian R. S., Kikodze Z. K., Kol' F. L. 1996. Kavkazskii obsidian: istochniki i modeli utilizatsii i snabzheniia (rezul'taty analizov neitronnoi aktivatsii). *Historical-Philological Journal (Armenia)* (1–2), 245–264 (in Russian).
- Kuz'min Ia. V. 2017. *Geoarkheologiya: estestvennonauchnye metody v arkheologicheskikh issledovaniyakh*. Tomsk: "Izdatel'skii Dom TGU" Publ. (in Russian).
- Kuz'min Ia. V., Popov V. K. (eds.). 2000. *Vulkanicheskie stekla Dal'nego Vostoka Rossii: geologicheskie i arkheologicheskie aspekty*. Vladivostok: DVGI DVO RAN (in Russian).
- Kuz'min Ia. V., Popov V. K., Glaskok M. D. 2010. Istochniki arkheologicheskogo obsidiana na iuge Dal'nego Vostoka Rossii: primer mezhdistsiplinarnogo issledovaniia. In: Kamenetskii I. S., Sorokin A. N. (eds.). *Chelovek i drevnosti: pamiati Aleksandra Aleksandrovicha Formozova (1928–2009)*. M.: "Grif i K." Publ., 263–275 (in Russian).
- Nasedkin V. V. 1983. *Kislyi vulkanizm i vodosoderzhashchie stekla Severo-Vostoka SSSR*. M.: "Nauka" Publ. (in Russian).
- Nasedkin V. V., Formozov A. A. 1965. Vulkanicheskoe steklo iz stoianok kamennogo veka Krasnodarskogo kraia i Checheno-Ingushetii. V: Kolchin B. A. (ed.). *Arkheologiya i estestvennye nauki*. M.: "Nauka" Publ., 167–170 (in Russian).
- Petrov V. P., Zamurueva M. G. 1960. O steklovatykh sharovykh lavakh r. Levaia Lefu na Dal'nem Vostoke. *Izvestiia AN SSSR. Seriya geologicheskaya* (11), 69–75 (in Russian).



- Petrun' V. F. 1960. Iz istorii primeneniia vulkanicheskogo stekla (obsidiana) v pervobytnoi tekhnike. In: *Sbornik nauchnykh trudov Krivorozhskogo gornorudnogo instituta*. Vyp. VIII. M.: "Gos. nauch.-tekhn. izd-vo literatury po gornomu delu" Publ., 104–115 (in Russian).
- Popov V. K., Grebennikov A. V., Kuz'min Ia. V., Glaskok M. D., Nozdrachev E. A., Budnitskii S. Iu., Vorobei I. E. 2017. Geokhimiia obsidianov ozera Krasnoe na Chukotke (Severo-Vostok Sibiri). *Doklady Akademii nauk (RAN)* 476, 332–338 (in Russian).
- Popov V. K., Sakhno V. G., Kuz'min Ia. V., Glaskok M. D., Tsoi B.-K. 2005. Geokhimiia vulkanicheskikh stekol vulkana Pektusan. *Doklady Akademii Nauk (RAN)* 403, 242–247 (in Russian).
- Popov V. K., Shekli S. Obsidian Primor'ia: pervye rezul'taty arkheologo-geologicheskoi korreliatsii. *Vestnik DVO RAN* (3), 77–85 (in Russian).
- Barge O., Kharanaghi H. A., Biglari F., Moradi B., Mashkour M., Tengberg M., Chataigner C. 2018. Diffusion of Anatolian and Caucasian obsidian in the Zagros Mountains and the highlands of Iran: elements of explanation in 'least cost path' models. *Quaternary International* 467, 297–322.
- Cann J. R., Renfrew C. 1964. The characterization of obsidian and its application to the Mediterranean region. *Proceedings of the Prehistoric Society* 30, 111–133.
- Chang Y. C., Kim J. C. 2018. Provenance of obsidian artifacts from the Wolseongdong Paleolithic site, Korea, and its archaeological implications. *Quaternary International* 467, 360–368.
- Doelman T., Jia P. W., Torrence R., Popov V. K. 2014. Remains of a puzzle: the distribution of volcanic glass artifacts from sources in Northeast China and Far East Russia. *Lithic Technology* 39, 81–95.
- Doelman T., Torrence R., Popov V., Ionescu M., Kluyev N., Sleptsov I., Pantyukhina I., White P., Clements M. 2008. Source selectivity: an assessment of volcanic glass sources in the southern Primorye region, Far East Russia. *Geoarchaeology* 23, 243–273.
- Doelman T., Torrence R., Popov V., Kluyev N., Sleptsov I. 2012. Volcanic glass procurement and use in the Late Paleolithic, central Primorye, Far East Russia. In: Liritzis I., Stevenson C. M. (eds.). *Obsidian and ancient manufactured glasses*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 97–114.
- Freund K. P. 2013. An assessment of the current applications and future directions of obsidian sourcing studies in archaeological research. *Archaeometry* 55, 779–793.
- Glascock M. D., Braswell G. E., Cobean R. H. 1998. A systematic approach to obsidian source characterization. In: Shackley M. S. (ed.). *Archaeological obsidian studies: method and theory*. New York & London: Plenum Press, 15–65.
- Glascock M. D., Krupianko A. A., Kuzmin Ya. V., Shackley M. S., Tabarev A. V. 1996. Geochemical characterization of obsidian artifacts from prehistoric sites in the Russian Far East: initial study. In: Zhushchikhovskaia I. S., Ivliev A. L., Kradin N. N. (eds.). *Arkheologiya Severnoi Pasifiki*. Vladivostok: "Dal'nauka" Publ., 406–410.
- Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Grebennikov A. V., Popov V. K., Medvedev V. E., Shewkomud I. Ya., Zaitsev N. N. 2011. Obsidian provenance for prehistoric complexes in the Amur River basin (Russian Far East). *Journal of Archaeological Science* 38, 1832–1841.
- Glascock M. D., Speakman R. J., Neff H. 2007. Archaeometry at the University of Missouri Research Reactor and the provenance of obsidian artefacts in North America. *Archaeometry* 49, 343–357.
- Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V. 2017. The identification of archaeological obsidian sources on Kamchatka Peninsula (Russian Far East) using geochemical and geological data: current progress. *Quaternary International* 442B, 95–103.
- Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V., Glascock M. D., Popov V. K., Budnitskiy S. Yu., Dikova M. A., Nozdrachev E. A. 2018. The Lake Krasnoe obsidian source in Chukotka (Northeastern Siberia): geological and geochemical frameworks for provenance studies in Beringia. *Archaeological and Anthropological Sciences* 10, 599–614.



- Grebennikov A. V., Popov V. K., Glascock M. D., Speakman R. J., Kuzmin Ya. V., Ptashinsky A. V. 2010. Obsidian provenance studies on Kamchatka Peninsula (far eastern Russia): 2003–9 results. In: Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. (eds.). *Crossing the straits: prehistoric obsidian source exploitation in the North Pacific Rim*. Oxford: Archaeopress, 89–120.
- Izuho M., Ferguson J. R., Vasilevski A., Grishchenko V., Yamada S., Oda N., Sato H. 2017. Obsidian sourcing analysis by X-ray fluorescence (XRF) for the Neolithic sites of Slavnaya 4 and 5, Sakhalin Islands (Russia). *Archaeological Research in Asia* 12, 54–60.
- Jia P. W., Doelman T., Chen C., Zhao H., Lin S., Torrence R., Glascock M. D. 2010. Moving sources: a preliminary study of volcanic glass artifact distributions in Northeast China using pXRF. *Journal of Archaeological Science* 37, 1670–1677.
- Jia P. W., Doelman T., Torrence R., Glascock M. D. 2013. New pieces: the acquisition and distribution of volcanic glass sources in Northeast China during the Holocene. *Journal of Archaeological Science* 40, 971–982.
- Kim J. C., Kim D. K., Yoon M., Yun C. C., Park G., Woo H. J., Hong M.-Y., Lee G. K. 2007. PIXE provenancing of obsidian artefacts from Paleolithic sites in Korea. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27, 122–128.
- Kobayashi T. 2004. *Jomon reflections: forager life and culture in the prehistoric Japanese Archipelago*. Oxford: Oxbow Books.
- Kuzmin Ya. V. 2011. The patterns of obsidian exploitation in the late Upper Pleistocene of the Russian Far East and neighbouring Northeast Asia. *Natural Resource, Environment and Humans 1* (Meiji University Center for Obsidian and Lithic Studies), 67–82.
- Kuzmin Ya. V. 2012. Long-distance obsidian transport in prehistoric Northeast Asia. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 32, 1–5.
- Kuzmin Ya. V. 2014. Geoarchaeological aspects of obsidian source studies in the southern Russian Far East and brief comparison with neighbouring regions. In: Ono A., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Suda Y. (eds.). *Methodological issues for characterisation and provenance studies of obsidian in Northeast Asia*. Oxford: Archaeopress, 143–165.
- Kuzmin Ya. V. 2016. Colonization and early human migrations in the insular Russian Far East: a view from the mid-2010s. *Journal of Island & Coastal Archaeology* 11, 122–132.
- Kuzmin Ya. V. 2017. Obsidian as a commodity to investigate human migrations in the Upper Paleolithic, Neolithic, and Paleometal of Northeast Asia. *Quaternary International* 442B, 5–11.
- Kuzmin Ya. V., Alekseyev A. N., Dyakonov V. M., Grebennikov A. V., Glascock M. D. 2018. Determination of the source for prehistoric obsidian artifacts from the lower reaches of Kolyma River, Northeastern Siberia, Russia, and its wider implications. *Quaternary International* 476, 95–101.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. 2007. Two islands in the ocean: prehistoric obsidian exchange between Sakhalin and Hokkaido, Northeast Asia. *Journal of Island & Coastal Archaeology* 2, 99–120.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. 2014. The Neutron Activation Analysis of volcanic glasses in the Russian Far East and neighbouring Northeast Asia: a summary of the first 20 years of research. In: Ono A., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Suda Y. (eds.). *Methodological issues for characterisation and provenance studies of obsidian in Northeast Asia*. Oxford: Archaeopress, 85–93.
- Kuzmin Ya. V., Glascock M. D., Izuho M. 2013. The geochemistry of the major sources of archaeological obsidian on Hokkaido Island (Japan): Shirataki and Oketo. *Archaeometry* 55, 355–369.
- Kuzmin Ya. V., Popov V. K., Glascock M. D., Shackley M. S. 2002. Sources of archaeological volcanic glass in the Primorye (Maritime) Province, Russian Far East. *Archaeometry* 44, 505–515.
- Kuzmin Ya. V., Speakman R. J., Glascock M. D., Popov V. K., Grebennikov A. V., Dikova M. A., Ptashinsky A. V. 2008. 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* 35, 2179–2187.

- Lee G. K., Kim J. C. 2015. Obsidians from the Sinbuk archaeological site in Korea — evidences for strait crossing and long-distance exchange of raw material in Paleolithic Age. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2, 458–466.
- Pantukhina I. 2007. The role of raw material in microblade technology at three Late Palaeolithic sites, Russian Far East. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 27, 144–153.
- Parks G. A., Tieh T. T. 1966. Identifying the geographical source for artefact obsidian. *Nature* 211, 289–290.
- Phillips S. C. 2010. Bridging the gap between two obsidian source areas in Northeast Asia: LA–ICP–MS analysis of obsidian artefacts from the Kurile Islands of the Russian Far East. In: Kuzmin Ya. V., Glascock M. D. (eds.). *Crossing the straits: prehistoric obsidian source exploitation in the North Pacific Rim*. Oxford: Archaeopress, 121–136.
- Renfrew C. 1975. Trade as action at a distance: questions of integration and communication. In: Lamberg-Karlovsky C. (ed.). *Ancient civilization and trade*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 3–59.
- Renfrew C., Bahn P. 2016. *Archaeology: theories, methods and practice*. 7th ed. (revised & updated). London: Thames & Hudson.
- Renfrew C., Dixon J. 1976. Obsidian in Western Asia: a review. In: de Sieveking G., Longworth I. H., Wilson K. E. (eds.). *Problems in economic and social archaeology*. London: Duckworth, 137–150.
- Sato H. 2011. Did the Japanese obsidian reach the continental Russian Far East in the Upper Paleolithic? In: Biró K. T., András M. (eds.). *Emlékkönyv Violának: papers in honour of Viola T. Dobosi*. Budapest: Hungarian National Museum, 206–223.
- Shackley M. S., Glascock M. D., Kuzmin Ya. V., Tabarev A. V. 1996. Geochemical characterization of archaeological obsidian from the Russian Far East: a pilot study. *International Association for Obsidian Studies Bulletin* 17, 16–19.
- Suda Y., Grebennikov A. V., Kuzmin Ya. V., Glascock M. D., Wada K., Ferguson J. R., Kim J. C., Popov V. K., Rasskazov S. V., Yasnygina T. A., Saito N., Takehara H., Carter T., Kasztovszky Z., Biró K. T., Ono A. 2018. Inter-laboratory validation of the WDXRF, EDXRF, ICP–MS, NAA and PGAA analytical techniques and geochemical characterisation of obsidian sources in northeast Hokkaido Island, Japan. *Journal of Archaeological Science: Reports* 17, 379–392.

Статья поступила 21 ноября 2018 г.