

1997  
№3

ISSN 0869-7698

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ  
НАУК

ВЕСТНИК

3  
1997

В.К.ПОПОВ, С.ШЕКЛИ

## Обсидиан Приморья: первые результаты археолого-геологической корреляции

*В статье представлены первые для Дальнего Востока данные о химическом составе обсидиана из археологических памятников Приморья. Показано, что артефакты сложены не только обсидианом, но и другими разновидностями вулканического стекла. Проведена петрографическая и геохимическая корреляция археологических и геологических образцов. Установлена приуроченность расположения палеолитических и неолитических стоянок к коренным источникам стекла.*

**Obsidian of Primorye: First Results of Archaeological — Geological Correlation.**  
*V.K.POPOV (Far Eastern Geological Institute, FEBRAS. 159, Stoletiya Vladivostoka Av., Vladivostok, 690022), M.STEVEN SHACKLEY (Phoebe Hearst Museum of Anthropology University of California, CA, USA).*

*This paper is the first account of chemical composition of obsidian from the archaeological monuments of Primorye on the Russian Far East. The artifacts are determined to have been built not only obsidian but also of other types of volcanic glass. Petrographic and geochemical correlation of archaeological and geological samples was carried out. Location of Paleolite and Neolite monuments are confined to the native sources of volcanic glass.*

Обсидиан — уникальный камень, используемый человеком с глубокой древности. В геологии к обсидианам относятся маловодные вулканические стекла базальтового, андезитового и риолитового составов ( $\text{SiO}_2$  — 49—78 % мас.). Являясь уникальным сырьем для производства орудий труда (рис. 1), обсидиан определял степень развития древних индустрий, интенсивность примитивной торговли, направление и характер миграции древнего человека. Именно в районах развития природных вулканических стекол возникли и развивались наиболее древние и технологически совершенные культуры.

В настоящее время в большинстве районов мира, где в изобилии встречается обсидиан, использовавшийся человеком с древнейших времен, накоплены эталонные коллекции вулканического стекла из коренных источников. К числу наиболее изученных районов относятся северная и центральная Америка, Япония, Австралия и Новая Зеландия, Полинезия, центральная Европа, северная

---

ПОПОВ Владимир Константинович — кандидат геолого-минералогических наук (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН), ШЕКЛИ Стив — доктор (Музей антропологии Университета Калифорнии, Беркли).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда гуманитарных исследований.

Африка. Существует Международная ассоциация по изучению обсидиана (штаб-квартира находится в Университете Калифорнии, г. Сан-Хосе, США). В настоящее время в археологических исследованиях актуальной является проблема реконструкции характера эксплуатации коренных источников обсидиана в древних культурах (с эпохи палеолита до этнографической современности). Под этим по-



Рис. 1. Obsидиановые наконечники (из коллекции Н.А.Коновенко, ИИАЭ ДВО РАН)

нимается определение зависимости расположения древних стоянок от коренных источников обсидиана, уровень его использования в различных культурах, масштабы распространения вулканического стекла от мест его добычи. Решение этих задач возможно только в форме совместных археолого-геологических исследований с применением новейших геохимических методов. Отметим, что подобные работы в России не проводились. Для территории Дальнего Востока были предприняты лишь единичные попытки изучения обсидиана из археологических коллекций [6], не имевшие успеха в силу эпизодичности исследований, в то время как Приморье является одним из ключевых археологических районов Дальнего Востока России [1, 2] и одновременно характеризуется широким распространением вулканических стекол.

В настоящей статье приведены первые результаты совместной работы по изучению состава вулканических стекол, отобранных при раскопках археологических памятников и из коренных источников на территории Приморья. Аналитические исследования образцов были проведены в ДВГИ ДВО РАН (силикатный химический анализ) и в отделе геологии и геофизики Калифорнийского университета в Беркли (рентгено-флуоресцентный анализ). Полученные данные были статистически обработаны с использованием кластерного и факторного анализов, позволяющих с высокой степенью достоверности провести корреляцию пород и выделение эталонных групп (Source Group) для последующей идентификации археологических и геологических образцов обсидиана. Методика подобных исследований детально разработана одним из авторов статьи на примере территорий северной и центральной Америки [7].

Геологическая история Приморья (Сихотэ-Алиня) начиная с позднего мела (90 млн л.н.) вплоть до раннечетвертичного периода неразрывно связана с грандиознейшими вулканическими извержениями, обусловившими не только формирование горной вулканической области — Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса — в меловое время, рифтоподобных вулканотектонических впадин — Краскинской, Славянской, Зеркальнинской и др. в палеогене и обширных столовых гор — Шуфанского, Шкотовского и Бикинского базальтовых плато — в неогене. С быстрым остыванием на земной поверхности магматических расплавов связано, наконец, образование вулканических стекол,

различных как по химическому составу (базальтовых, андезитовых, риолитовых), так и по содержанию воды (обсидианов, перлитов, пехштейнов).

Образование больших масс закалочных стеклов в основном связано с вулканизмом палеогенового и неогенового периодов. Вынесенные

на карту Приморья выходы коренных источников стекла хорошо совпадают с местонахождением древних археологических памятников (рис. 2). Многолетние систематические археологические раскопки позволили создать представительную коллекцию каменных орудий древнего человека (рис. 1). Значительная доля среди них принадлежит артефактам (изделиям) из вулканического стекла [1, 3]. К какому же петрографическому и петрохимическому типам магматических пород они относятся? Однородны ли они по составу? Соответствуют ли расположенным вблизи вулканам? Для решения этих первоочередных вопросов нами была изучена коллекция археологических образцов, любезно предоставленная научным сотрудником Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН А. В. Гарковик и преподавателем Уссурийского педагогического института д.и.н. А. М. Кузнецовым. Привязка артефактов приведена в табл. 1, 3. Результаты петрографического изучения и элементный состав оказались весьма любопытными, по крайней мере с позиции геолога, и сводятся к следующему.

Артефакты археологических памятников Тимофеевка I, Черная Сопка, Синые Скалы, Троица неоднородны по вещественному составу. Например, блестящие черные до темно-серых, с раковистым изломом, характерной штриховкой и матовые синевато-черные, с редкими вкрапленниками пироксенов и круглыми газовыми пустотками стекла памятника Тимофеевка I относятся к перлиту риолитового состава и обсидиану андезитобазальтового состава (табл. 1, 3). Аналогичные петрографические типы артефактов характерны для стоянок Черная Сопка и Троица, с той лишь разницей, что перлиты здесь серо-зеленого цвета с раковистым изломом, без штриховки, содержат вкрапленники кварца и полевого шпата. Петрографические отличия подтверждаются данными по химическому составу пород (табл. 1, 3).

Археологические памятники Осиновка, Илистая I, Борисовка II, Анучино I, Ивановка III характеризуются единым петрографическим типом каменных орудий, изготовленных преимущественно из гальки блестящего черного, реже синевато-черного с газовыми пустотками (Ивановка III, Тимофеевка I) обсидиана, коренной источник которого ясен даже визуально — галечниковые ко-

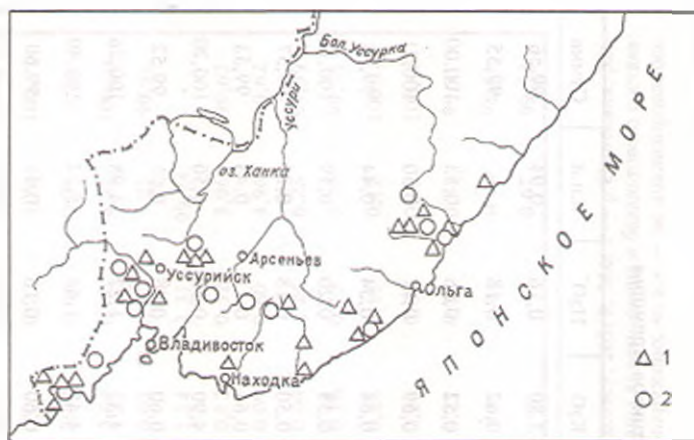


Рис. 2. Схема расположения палеолитических и неолитических памятников и коренных источников обсидиана в Приморье: 1 — археологические памятники по [2]; 2 — коренные источники обсидиана

Таблица 1

## Химический состав (в % мас.) вулканических стекол (артефактов) из археологических памятников Приморья

Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	п.п.п.	Сумма
1	73,39	0,14	11,80	—	1,68	0,06	—	3,78	3,81	3,80	0,16	0,94	99,56
2	56,56	1,21	14,82	5,21	4,26	0,13	5,48	7,65	3,43	0,62	0,18	—	99,55
3	57,63	1,29	14,54	3,25	6,09	0,11	4,74	8,04	2,90	0,52	0,56	0,33	100,00
4	57,35	1,23	14,68	3,30	6,07	0,12	5,10	7,80	3,30	0,69	0,17	0,50	100,31
5	57,13	1,20	14,69	3,22	6,13	0,12	4,99	7,73	3,15	0,64	0,34	0,44	99,78
6	57,38	1,25	14,89	3,49	5,90	0,12	5,33	7,55	3,26	0,58	0,20	0,19	100,14
7	56,52	1,29	14,90	3,39	5,97	0,13	5,34	7,99	3,14	0,50	0,18	0,22	99,57
8	56,47	1,31	15,10	3,41	5,72	0,09	5,29	7,99	2,97	0,64	0,11	0,43	99,53
8А	72,64	0,11	11,50	2,15	0,97	0,03	—	2,20	3,70	4,90	0,50	1,50	100,20
9	57,98	1,14	14,40	2,40	6,63	0,11	5,45	7,30	3,45	0,60	0,05	0,01	99,52
10	73,86	0,08	9,50	0,54	0,74	0,02	—	1,80	3,14	4,33	1,27	4,98	100,26
11	73,46	0,05	9,39	0,13	1,55	0,01	—	1,55	3,25	4,45	1,44	5,12	100,40
12	59,62	1,38	12,70	2,75	6,18	0,13	4,95	7,60	3,12	0,60	0,16	0,41	99,60
13	58,07	1,41	15,80	2,27	6,48	0,10	4,35	7,60	3,18	0,67	0,10	0,10	100,13
14	57,03	1,35	15,86	2,42	6,78	0,11	5,39	7,37	3,16	0,51	0,17	0,08	100,23

Примечание. Обсидианы риолитового (1) и андезитового (2—8, 9, 12—14) состава; 8А, 10, 11 — перлиты. Привязка состава: 1 — Светлая (устье); 2 — Илистая I; 3 — Валентин (перешек); 4 — Рыбак I; 5, 6 — Алучино I; 7 — Борисовка II; 8, 8А — Гимофесвка I; 9 — Осиповка; 10 — Троица; 11 — Черная Сопка (Славянка); 12, 13 — Ивановка; 14 — Устиновка; «—» — не обнаружено. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов ДВН И Г. И. Макаровой.

Химический состав (в % мас.) вулканических стекол из коренных источников Приморья

Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>2</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	п.п.п.	Сумма
23/2	72,47	0,08	12,41	—	1,24	0,03	0,06	0,42	4,38	3,96	—	0,33	4,29	99,67
23/6	72,91	0,04	11,77	0,03	0,85	0,02	0,05	0,34	4,48	3,43	—	0,74	4,85	99,51
24	71,45	0,07	12,55	0,10	0,48	0,02	0,05	0,66	4,44	2,33	—	1,51	5,97	99,63
25/2	73,07	0,08	12,44	0,83	0,47	0,03	0,54	0,17	4,88	4,18	0,06	0,22	3,20	100,17
358	72,15	0,11	12,40	0,72	0,92	0,92	0,05	0,47	0,96	3,83	3,92	0,06	0,04	3,84
363/2	71,91	0,11	13,39	1,34	0,55	—	0,33	0,14	2,53	4,60	0,04	0,60	4,72	100,08
366/1	72,17	0,10	13,00	1,20	0,54	0,01	0,40	0,14	2,40	3,90	0,03	0,80	5,22	99,91
326	69,80	0,28	14,15	0,97	0,93	0,08	1,90	4,30	2,00	0,08	1,14	3,31	99,74	
302/4	73,15	0,16	12,46	0,86	0,65	0,05	0,41	0,71	3,81	2,81	0,12	0,52	3,96	99,67
307/1	72,75	0,14	11,67	1,05	0,61	0,07	0,31	0,93	3,81	2,63	0,09	0,60	4,96	99,62
304/12	69,15	0,09	12,51	1,14	0,28	0,03	0,95	0,99	2,28	2,66	0,04	3,24	6,23	99,59
11300/5	67,40	0,39	15,00	1,77	1,19	0,04	0,90	2,46	3,45	4,10	0,16	0,13	2,79	99,78
135/4	56,81	1,27	15,48	1,01	7,06	0,16	6,06	7,86	3,41	0,55	0,28	0,11	0,12	100,18
135/6	56,89	1,31	15,60	1,33	7,32	0,15	6,02	6,93	3,57	0,57	0,29	0,07	0,10	100,15
370/4	51,03	1,47	16,29	1,69	8,66	0,16	6,57	8,22	2,98	1,39	0,27	0,17	0,81	99,71
13	50,76	2,12	19,60	н.а.	8,23	0,09	2,41	5,66	4,44	5,10	н.а.	н.а.	н.а.	98,41
2	53,69	1,54	20,62	4,20	1,50	0,13	1,53	3,16	8,72	3,82	—	—	0,67	99,58

Примечание. Перлиты риолитового состава 23/2, 23/6 — г.Якут-Гора; 24, 25А — г.Пежданка; 358 — р.Панькова (верховье); 363/2, 366/1 — р.Сергеевка; 326, 302/4 — р.Зеркальная (устье); 307/1 — оз.Топлауза; 304/12 — р.Зеркальная, с.Богополь; 11-300/5 — Славянка. Обсидианы андезитового и базальтового состава: 135/4, 135/6 — р.Илистая (верховье) (данные А.А.Вржосек); 13, 2 — р.Сергеевка (верховье), взято из [4]; «—» — не обнаружено; «н.а.» — не анализировалось. Анализы выполнены в лаборатории физико-химических методов ДВГИ ДВО РАН.

Таблица 3

Результаты рентгено-флюоресцентного анализа вулканического стекла из коренных источников и археологических памятников Приморья (в г/т)

Образец	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Th	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Этал. группа
23/2	888,3	433,79	13064,38	0,00	15,26	91,05	27,35	249,78	24,82	39,27	193,50	19,53	7
23/6	744,45	166,46	10062,07	0,00	13,83	101,69	23,38	251,98	7,76	42,69	167,45	19,49	7
24	861,17	146,83	7945,19	0,00	16,83	66,87	18,22	248,60	61,47	54,16	162,46	18,39	7
25A	715,48	198,12	10953,10	6,84	9,26	115,14	19,67	246,33	22,77	49,81	164,31	19,90	7
358A	800,14	406,29	11351,18	10,88	9,14	40,70	23,52	168,34	44,97	27,23	149,57	14,55	8
15610	12784,54	1550,35	94637,83	135,51	62,87	129,80	0,00	10,58	270,50	23,59	70,37	6,11	1
1	1179,52	459,64	11050,21	8,02	13,10	42,59	14,40	104,62	196,09	16,09	115,74	9,83	4
2	15600,04	1235,45	96701,88	130,27	136,7	128,95	6,45	34,11	305,83	22,25	124,89	10,20	1
2A	12367,45	1492,89	89524,18	116,70	55,34	725,44	0,00	16,43	339,78	23,77	91,57	1,03	1
2B	11287,85	1387,90	88234,52	136,75	48,16	513,18	0,00	16,51	307,61	23,40	81,50	9,55	1
2C	12975,89	1363,98	91484,84	166,77	71,12	169,44	0,00	17,27	303,28	23,59	70,33	4,01	1
3	11960,53	1237,12	86227,52	123,50	64,42	178,39	7,57	15,23	216,44	18,58	63,46	11,24	1
3A	10496,85	1266,74	77705,47	108,83	58,30	195,28	0,00	13,96	179,43	15,15	54,29	0,00	1
4A	1116,92	310,21	13247,04	0,00	8,74	105,79	35,38	230,37	34,05	50,61	229,60	77,75	3
5	12256,81	1649,46	99248,66	141,07	126,65	144,96	0,00	16,27	318,50	21,07	82,42	5,26	1
6	10129,66	1267,25	79607,20	106,55	45,65	128,90	0,00	13,41	303,61	19,62	77,36	2,99	1
7	10478,34	1395,48	84733,29	112,03	49,09	109,67	0,00	13,68	306,50	19,53	79,54	2,26	1

Образец	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Th	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Этал. группа
7A	10597,03	1366,20	83577,83	111,88	54,70	130,17	0,00	10,07	292,38	19,80	72,71	3,07	1
8	11921,94	1201,56	79970,74	178,43	60,65	116,81	0,00	17,11	438,79	19,04	84,13	5,49	1
8A	862,78	317,48	12546,92	0,00	0,00	118,63	30,95	259,37	20,68	59,06	241,02	91,37	3
8B	9919,96	1159,96	77378,94	106,66	48,99	108,76	0,00	13,31	278,07	19,79	64,97	3,07	1
9	10402,33	1391,17	84762,43	130,06	44,93	122,93	0,00	11,67	303,95	21,90	79,70	3,16	1
10	1014,97	329,61	12923,71	11,40	8,49	232,58	29,29	236,24	33,78	58,41	245,27	86,83	3
10A	10401,59	1331,72	84352,42	122,38	53,36	128,88	0,00	11,13	296,86	18,37	74,81	0,16	1
11	886,42	275,08	12209,40	5,94	9,78	130,75	37,57	252,66	21,29	61,51	234,59	92,60	3
11A	601,68	207,03	6917,77	10,64	10,12	29,09	21,37	97,57	13,42	14,44	78,11	14,65	4
11B	601,31	212,56	6860,39	4,74	7,07	33,37	19,46	94,96	16,11	14,61	75,77	14,38	4
13	14762,01	1188,58	82895,77	100,65	55,24	588,04	6,66	25,99	308,10	19,52	112,64	4,47	1
14	11501,43	1300,60	80106,19	113,61	65,56	129,45	5,79	11,64	243,96	18,36	72,71	2,73	1
26A	700,56	236,09	8192,18	8,53	29,34	17,93	110,15	17,16	13,74	83,34	8,44	4	
26B	9797,60	1213,94	75427,82	118,20	48,53	444,65	0,00	12,99	257,54	13,22	72,03	7,27	1
29	12784,48	1547,00	96981,38	123,78	71,32	132,71	0,00	12,24	281,83	18,76	76,60	9,04	1
34	901,54	306,29	13781,65	20,34	23,68	2568,2	34,74	255,16	38,15	49,18	239,71	76,97	3

Примечание. Образцы 23/2, 23/6, 24, 25, 358, 15610 — вулканическое стекло из коренных источников; остальные образцы — артефакты археологических памятников; привязка дана в табл. 1, 2; 26A и 26B — Синие Скалы (р. Киевка). Определения проведены в отделе геологии и геофизики Университета Калифорнии, Беркли.



сы в долинах крупных рек, прорезающих Шуфанское и Шкотовское базальтовые плато, — Раздольной, Илистой, Борисовки, Арсеньевки, Сергеевки, Шкотовки. Именно среди русловых отложений рек в результате размыва и разрушения застывших потоков базальтовой лавы, подошва которых сложена заключенными стеклами, аккумулируется галька обсидиана различных форм и размеров. Химическая характеристика археологических и природных образцов обсидиана и данные их статистической обработки по [5, 7], указывающие на принадлежность к единой эталонной группе пород (табл. 3), подтверждают этот вывод.

То же самое можно предположить и для артефактов из археологических памятников Черная Сопка и Троица, расположенных в Хасанском районе в пределах Славянской впадины, характеризующейся развитием кислых вулканических стекол палеогенового возраста. Иначе говоря, в данном случае имеются геологические доказательства местного характера источника сырья для изготовления каменных орудий. Это справедливо и для археологических стоянок Светлая (устье) и Евстафия I. Химический состав вулканических стекол из коренных источников (табл. 2) не противоречит этому предположению.

К группе базальтовых обсидианов относятся артефакты древних поселений Устиновка I, Устиновка IV, Суворово III, расположенных в Кавалеровском районе в долине р.Зеркальной. В геологическом плане памятники размещены в пределах Зеркальной рифтоподобной структуры, сформированной 40—30 млн л.н. в результате активных тектонических и вулканических процессов, обусловивших массовые излияния базальтов, заполнивших впадину. В современном рельефе русло реки «пропилило» базальтовые покровы, в основании которых встречаются обсидиановые корки закалки.

Из аналогичных по составу базальтовых обсидианов состоят каменные орудия стоянок Киевка и Валентин (перешеек). Интересно, что здесь отсутствуют коренные источники обсидиана.

А каковы результаты изучения геологических образцов? Петрографическая характеристика и химический состав пород (табл. 2) в целом не имеют резких отличий от аналогичных (по химическому составу) археологических образцов. Наиболее информативной в данном случае оказалась геохимическая характеристика изученных образцов.

Четыре из приведенных в табл. 2, 3 образцов представлены перлитами риолитового состава из Якутинского вулканического массива (горы Нежданка и Якут-Гора). Вулканические стекла образуют останцовые скалистые уступы и обрамляющие их глыбовые осыпи в приводораздельной части бассейнов рек Рудной и Зеркальной. Они представлены черными и зелеными разностями со слабо выраженным раковистым изломом, без штриховки, с вкрапленниками кварца, полевого шпата, реже — темноцветных минералов. В виде мелких обломков встречаются афировые разности. По геохимическим критериям они образуют самостоятельную эталонную группу пород (табл. 3), отличную от близких им по химическому составу артефактов более высоким содержанием Rb, Y, Zr, указывая на щелочной тип исходного магматического расплава. Кислый перлит из верховьев р.Панькова (правый приток р.Кузнецова в Тернейском районе) по геохимическим особенностям также не имеет аналогов среди представленных археологических образцов.

Образцы обсидиана из базальтовых лав Шкотовского плато (бассейн р.Сергеевки в Партизанском районе), представленные толеитовыми и щелочными разностями (табл. 2, обр. 370/4, 13,2 и табл.3, обр. 15610), хорошо коррелируют с артефактами из древних поселений, расположенных в прорезающих пла-

тобазальты долинах рек. Данные геохимического состава артефактов (табл. 3) также свидетельствуют о том, что для их изготовления использовалось закалочное стекло толеитовых и щелочных базальтов (Илистая I, Ивановка III).

Как свидетельствуют данные о химическом составе вулканического стекла из коренных источников (табл. 2), кислые стекла представлены исключительно перлитами. Мы не смогли пока обнаружить закалочные обсидианы риолитового состава в коренных обнажениях, несмотря на широкое распространение в Приморье кислых вулканических стекол. Очевидно, требуются целенаправленные полевые исследования и поиски, модельно имитирующие при этом поведение древнего человека — первого геолога-практика.

Приведенные здесь материалы являются первыми для Дальневосточного региона и позволяют сделать предварительные выводы по вещественному составу археологического и природного обсидиана, закономерностям зависимости расположения древних стоянок от его коренных источников. Мы не теряем надежды на продолжение данной работы, в том числе полноценных полевых исследований, несмотря на кризисное состояние науки.

Авторы выражают искреннюю признательность инициаторам проведения данных исследований к.г.н. Я.В.Кузьмину (ТИГ ДВО РАН) и к.и.н. А.В.Табареву (ИАиЭ СО РАН) за активное творческое сотрудничество и поддержку, А.В.Гарковик и д.и.н. А.М.Кузнецову за любезно предоставленные археологические обсидианы и д.г.-м.н. С.А.Щека за конструктивное обсуждение работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянко А.П. Палеолит Дальнего Востока и Кореи. Новосибирск: Наука, 1983. 216 с.
2. История Дальнего Востока СССР с древнейших времен до XVII века. М.: Наука, 1989. 375 с.
3. Табарев А.В. Трижды забытый камень обсидия // Современное состояние и перспективы развития научных исследований молодых обществ Дальнего Востока: Препр. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 73—76.
4. Щека С.А. Базит-гипербазитовые интрузии и включения в эффузивах Дальнего Востока. М.: Наука, 1983. 166 с.
5. Cobean R.H., Vogt J.R., Glascock M.D., Stocker T.L. High-Precision Trace-Element Characterization of Major Mesoamerican Obsidian Sources and Further Analyses of Artifacts from San Lorenzo Tenochtitla, Mexico // *Latin American Antiquity*. 1991. V.2, № 1. P. 69—91.
6. Glascock M.D., Kuzmin Y.V., Shackley M.S., Tabarev A.V. Geochemical Characterization of Obsidian Artifacts from Prehistoric Sites in the Russian Far East: Initial Study // *Archaeology of the North-Pacific: Proc. of the Intern. Conf. Vladivostok: Dalnauka*, 1994. P. 67—72.
7. Shackley M. S. Sources of Archaeological Obsidian in the Southwest: an Archaeological, Petrological and Geochemical Study // *American Antiquity*. 1988. V.3, № 4. P. 752—772.