

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ ИЗ ПОСЕЛЕНИЯ КЕНТ (К ПРОБЛЕМЕ НАЧАЛА ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА)¹

В. В. Варфоломеев, М. Н. Анкушев, И. А. Блинов

В работе приведена характеристика железных металлургических шлаков поселения Кент (Центральный Казахстан). Установлены структурно-текстурные особенности шлаков. Минеральный состав представлен оливином, вюститом, железом, стеклом. Приведен состав основных минеральных видов, металла и стекла. Предположено, что металлургическим сырьем, использовавшимся в древности, являлись бурые железняки месторождения Кентюбе, где зафиксированы древние выработки в окисленных железных рудах. На поселении фиксируются ранние опыты получения железа металлургами бегазы-дандыбаевской (алексеевско-саргаринской) культуры восточной зоны общности культур валиковой керамики на территории Казахстана. Участок Алат, где были обнаружены железные шлаки, может рассматриваться как ремесленный квартал «города» Кент, в котором металлурги, изготавливавшие бронзолитейную продукцию оригинальных и традиционных типов Евразийской металлургической провинции, предпринимали попытки производства железа.

Ключевые слова: георхеология, железный шлак, поселение Кент, Центральный Казахстан.

Введение

Массовый переход к использованию железа для обеспечения разных сфер жизнедеятельности в I тыс. до н. э. стал основой для дальнейшего развития человеческой цивилизации. Однако, в археологии и истории металлургии Евразии по-прежнему остается немало вопросов касающихся особенностей производства, времени перехода к металлургии железа и др. Железные и биметаллические изделия, полученные из кричного сырья, известны на достаточной широкой территории Евразии [6; 14] и отражают длительный процесс формирования металлургии железа в общем информационном пространстве огромного ареала культур Евразийской металлургической провинции.

Информация о находках железистых руд, железных шлаков и железа в памятниках бегазы-дандыбаевской культуры известна давно. Шлаки встречены на поселениях Кульман, Суук-Булак, в штольне одного из рудников Саякской группы меднорудных месторождений [15; 17]. По сообщению А. Х. Маргулана в поселении Шортанды-Булак был найден железный наконечник стрелы [15]. Видимо, бегазы-дандыбаевские металлурги предпринимали попытки освоения новых металлов, в первую очередь, железа.

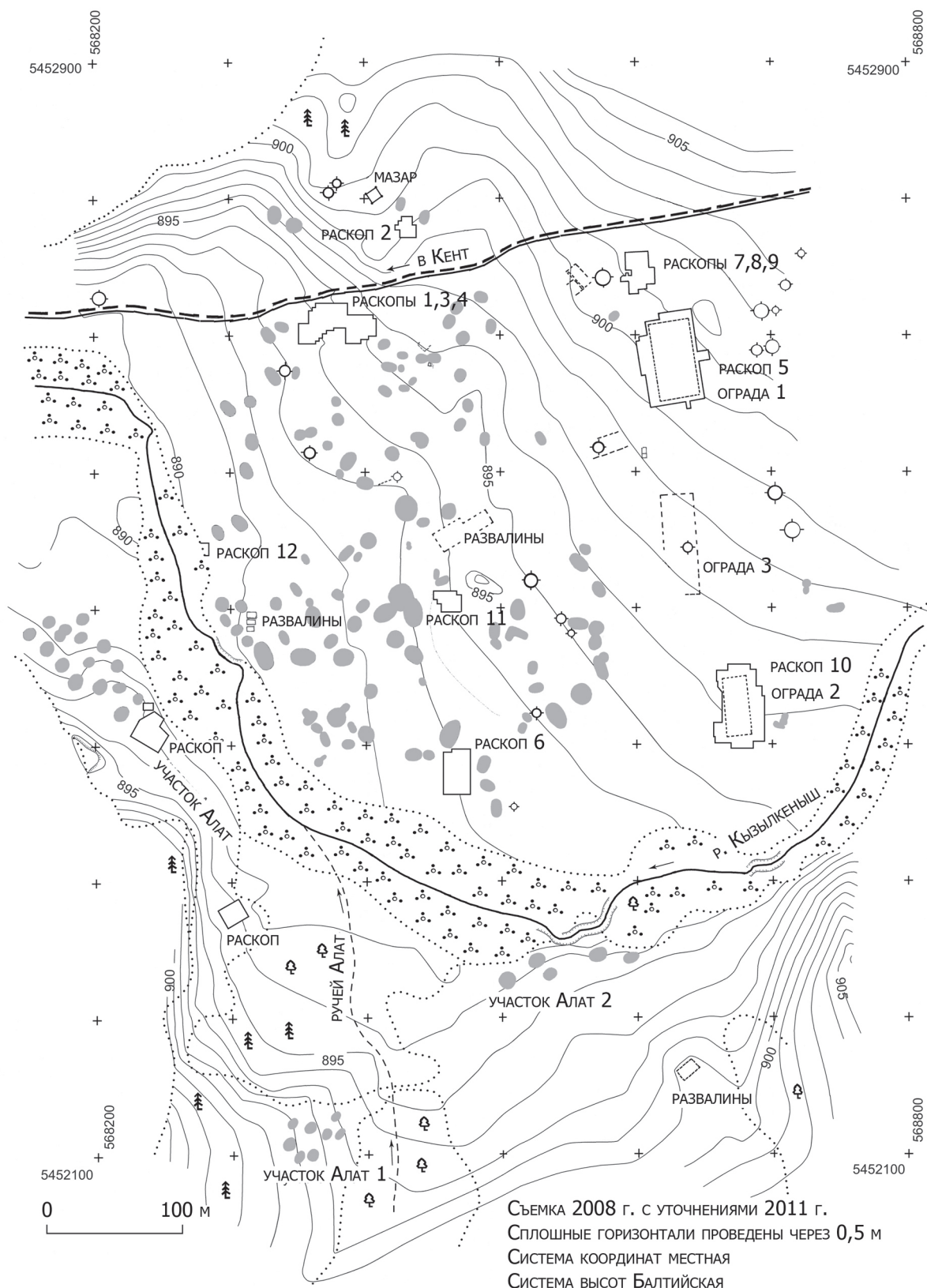
С 1985 г. одним из отрядов археологической экспедиции Карагандинского государственного университета им. Е. А. Букетова ведутся исследования на поселении эпохи бронзы Кент. Поселение занимает оба берега небольшой речки Кызылкеныш (рис. 1). При разведочном обследовании окрестностей поселения Кент в 1985 г. в районе впадения в Кызылкеныш левого притока ручья Алат были зафиксированы поселения Алат, Алат I, Алат II.

¹ Работа поддержана проектами РФФИ № № 16-36-00299 мол_а и № 14-06-00287.

Интенсивные раскопки на поселении Алат, ведущиеся с начала XXI века, дали материал — керамика валикового типа, бронзы, костяной инвентарь, предметы из камня — хронологически и культурно идентичный находкам из Кента, что стало основанием для объединения всех четырех памятников в один — поселение Кент в статусе протогорода [2]. Таким образом, алатские комплексы — это часть Кента, представлявшая собою производственный квартал. С начала XXI века стали появляться сообщения о раскопках металлургических печей и находках шлаков на поселении Алат [4; 7—13].

Металлургические шлаки поселения Кент с правого берега реки Кызылкеныш изучались С. А. Григорьевым [5]. Им представлена минералогическая характеристика медеплавильного шлака, в котором были обнаружены магнетит, кварц, малахит, куприт, стекло, корольки меди. В качестве медных руд, по мнению автора, использовался малахит.

Железные шлаки впервые были найдены в 1985 г. на противопожарной минерализованной полосе на участке Алат, тогда же на месте находок был заложен шурф. В шурфе, на глубинах от 0,2 до 0,4 м были найдены куски шлаков вместе с керамикой валикового типа. Шлаки черного и бурого цвета с желто-ржавым налетом, бугристые, пористые. Размеры шлаков от 3×2×4 до 10×7×6 см. Абсолютная датировка кентских шлаков устанавливается в комплексе всех находок на памятнике и соответствует среднему этапу его существования. Для бегазы-дандыбаевской культуры, самой яркой из культур восточного блока общности культур валиковой керамики, в настоящее время обосновано существование в пределах второй половины II тыс. до н. э. — X вв. до н. э. [3]. По древесному углю из раскопа II, вещевой комплекс и керамика из которого идентичны алатским находкам, существует



Условные обозначения

- жилищная впадина
- каменная постройка
- курган

Рис. 1. Поселение Кент. План (Авняков А. Д., Варфоломеев В. В.).

надежная дата ^{14}C — 3180 ± 35 лет [2]. Представляется убедительным датировать железные шлаки из Кента временем не позднее XII в. до н. э., а возможно и ранее. Все сделанные ранее находки железного шлака диагностированы на основании визуальных определений, но эти находки не анализировались и их состав не был известен.

Методика исследований

Три образца шлаков из подъемных сборов были переданы в лабораторию химического анализа Химико-металлургического института им. Ж. Абишева, г. Караганда. Из одного образца шлака было изготовлено 4 полированных препарата. Эти препараты анализировались в Институте минералогии УрО РАН, г. Миасс, методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на портативном приборе Innov X alfa (метод позволяет определять элементы тяжелее Ti) (режим Process Analytical, время экспозиции 30 с). После чего исследования проводились методами оптической микроскопии в отраженном свете (оптические микроскопы Axiolab Carl Zeiss, Olympus BX51). Состав минералов шлака и стекла установлен на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SBU с энерго-дисперсионной приставкой Oxford Instruments X-act; ускоряющее напряжение 20 кВ, время набора спектра 120 с) Формулы минералов рассчитывались анионным методом: оливина на 4 атома O, вюстита на один атом O.

Характеристика шлаков

Химический анализ трех образцов шлака показал разное, но сравнительно высокое содержание железа при полном отсутствии меди (табл. 1).

Таблица 1

Шлаки из поселения Кент.
Данные химического анализа

№ пробы	Содержание, %	
	Fe	Cu
1	56,30	Не обнаружено
2	10,32	Не обнаружено
3	42,53	Не обнаружено

Образец железного металлургического шлака размером $10 \times 8 \times 5$ см, изученный в Институте минералогии УрО РАН, имеет черный, бурый цвет. Шлак обладает средней степенью пористости (количество пор приблизительно 10—20% от общего объема шлака). Шлак магнитен, на спиле (без полировки) быстро окисляется, покрываясь бурыми пленками гидроксидов железа. Минеральный состав шлака представлен оливином, вюститом, железом, находящимся в матрице стекла. Шлак характеризуется порфировой (вкрапленники минералов погружены в стекловатую массу) структурой. Текстуры шлака весьма разнообразны: пятнистая (отличается неравномерным распределением в породе вкрапленников, а также неоднородной раскристаллизацией стекла), пористая (обусловлена наличием в породе незаполненный полостей), редко паркетовидная (характеризуется похожим на паркет расположением

удлиненных кристаллов оливина и вюстита). Под микроскопом хорошо видна неоднородность шлака: встречаются как участки обогащенные железом, так и зоны, где железо составляет доли процента, а основную массу составляют зерна оливина, стекло, скелетные кристаллы вюстита (рис. 2).

Оливин (фаялит) является основным минералом шлака. В металлургии фаялит является минеральной основой кислых сталеплавильных, медеплавильных и других шлаков цветной металлургии [18]. В шлаке поселения Кент образует идиоморфные удлиненные, игольчатые, скелетные кристаллы, а также дендритовидные, перистые индивиды. Также часто встречается в виде мелких (меньше 1 мкм) удлиненных и скелетных микролитов в стекле. Состав фаялита близок к стехиометрическому, примеси Mg и Mn являются характерными для минерала (табл. 2) [1].

Вюстит — минерал образуется при высокотемпературном окислении Fe или восстановлении Fe_2O_3 и Fe_3O_4 . Широко распространен в окалинах, железорудных агломератах, металлизированных окатышах сталеплавильных шлаках, неметаллических включениях в стали [18]. В шлаке с поселения Кент вюстит встречается практически повсеместно, образуя дендриты, ксеноморфные (капельвидные, «кляксовидные») агрегаты, симплектиты в зернах оливина и вростки в стекле. Скелетные кристаллы вюстита зачастую развиваются под прямым углом относительно друг друга. Минерал характеризуется составом $\text{Fe}_{0,98}\text{Al}_{0,01}\text{O}$ — $\text{Fe}_{0,99}\text{Al}_{0,01}\text{O}$.

Железо. Единственный металлический компонент в шлаке. Образует расплавные включения неправильной, кляксовидной, реже изометричной формы. В шлаке распределено неравномерно: от редких мельчайших включений до скоплений, где доля металла от общего объема шлака составляет 50—60%. По составу железо чистое, не загрязненное примесями.

Стекло — твердое аморфное вещество, не обладающее высокоупорядоченной структурой кристаллов, в большинстве случаев представляющее собой переохлажденную жидкость с очень высокой вязкостью [18]. В шлаке зачастую включает в себя мелкие кристаллиты оливина и червеобразные вростки вюстита. Ниже приведен состав стекла шлака, однако анализ может быть неточен (по содержаниям FeO, SiO_2 и CaO) из-за попадания в область пучка электронов микролитов фаялита (табл. 3).

Обсуждение результатов, заключение

По сравнению с медными шлаками поселения Кент в железном шлаке отсутствует характерная медная минерализация и собственно, корольки меди. Отсутствие примесей Cu, Zn и других цветных металлов указывает, что этот шлак был получен при целенаправленной переработке железных руд именно для получения железа. Все минералы шлака с поселения Кент являются новообразованными при переплавлении железных руд. В шлаке не обнаружено реликтов минеральных включений или горных пород, устойчивых к воздействию высокой температуры, сохранившихся при плавке.

Это, скорее всего, связано с тем, что в качестве исходных руд использовались бурые железняки.

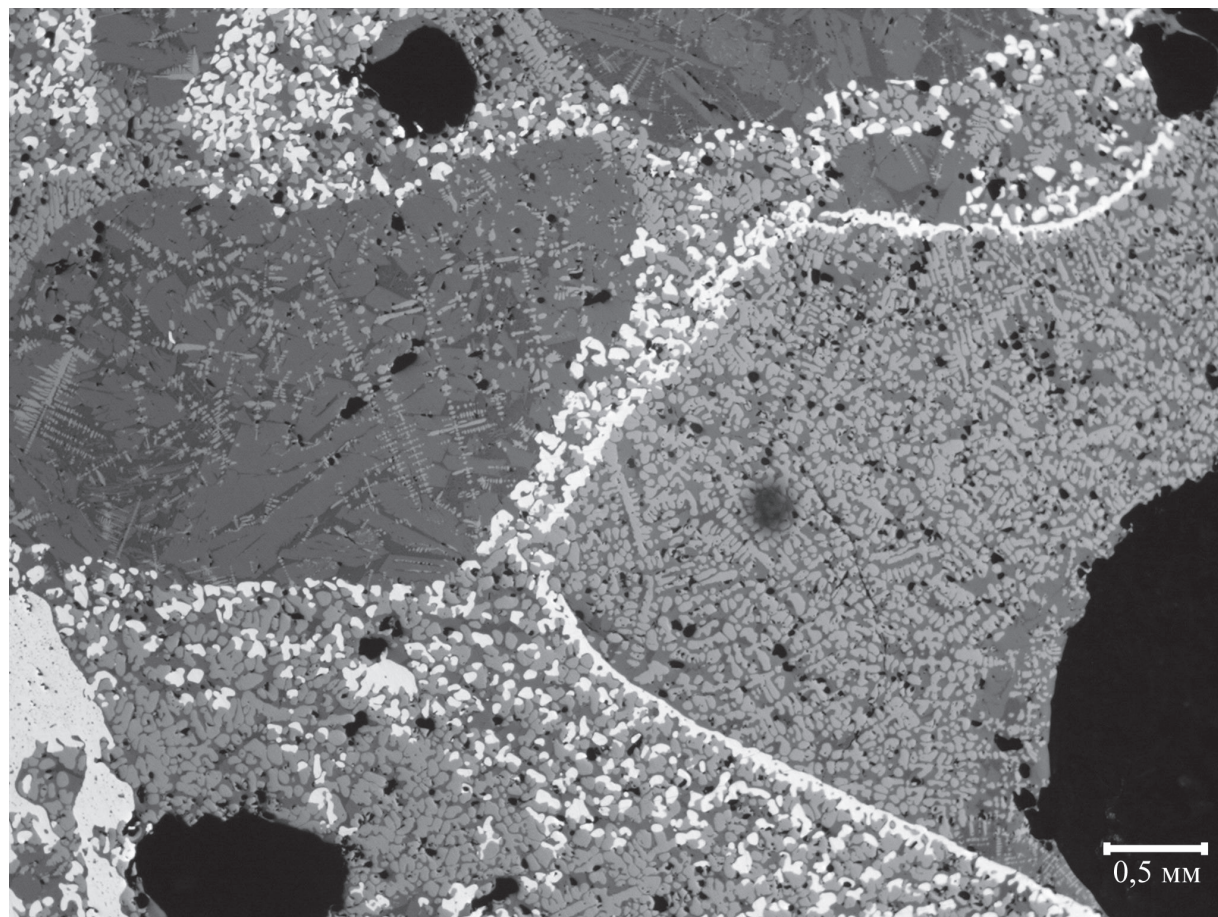


Рис. 2. Неоднородные зоны в металлургическом шлаке с поселения Кент. Присутствуют участки (вверху и снизу) и оторочки обогащенные железом (белое); участки развития скелетных кристаллов вюстита (светло-серое, справа) и участки, в основном состоящие из оливина (серое), стекла (темно-серое) и скелетных кристаллов вюстита (слева). Отраженный свет. Обр. КНТ-01

Таблица 2

Состав фаялита в металлургических шлаках с поселения Кент

№ п/п	№ анализа	FeO	SiO ₂	MgO	CaO	MnO	Сумма	Кристаллохим. формула
1.	15223e	66,95	30,18	1,56	0,84	0,58	100,11	(Mn _{0,02} Ca _{0,03} Mg _{0,08} Fe _{1,87}) _{1,99} Si _{1,01} O ₄
2.	15223f	66,48	30,58	1,79	0,73	0,57	100,15	(Mn _{0,02} Ca _{0,03} Mg _{0,09} Fe _{1,84}) _{1,97} Si _{1,01} O ₄
3.	15223g	66,23	30,72	1,93	0,77	0,53	100,18	(Mn _{0,01} Ca _{0,03} Mg _{0,1} Fe _{1,83}) _{1,97} Si _{1,02} O ₄
4.	15223h	66,78	30,75	1,34	0,73	0,55	100,15	(Mn _{0,02} Ca _{0,03} Mg _{0,07} Fe _{1,85}) _{1,96} Si _{1,02} O ₄
5.	15223i	66,96	30,64	1,13	0,92	0,53	100,18	(Mn _{0,01} Ca _{0,03} Mg _{0,06} Fe _{1,86}) _{1,96} Si _{1,02} O ₄

Примечание: анализы выполнены в Институте минералогии УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SBU. Аналитик И. А. Блинов.

Таблица 3

Состав стекла в металлургических шлаках с поселения Кент

№ анализа	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Сумма
15223j	42,71	21,71	15,08	8,02	5,11	5,08	1,2	0,92	99,83

Примечание: анализы выполнены в Институте минералогии УрО РАН на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SBU. Аналитик И. А. Блинов.

Авторы раскопок квартала металлургов предполагают завод железной руды для переработки в Кенте из железорудного месторождения Кентюбе в 25 км к ССВ от Кента, где добыча руды ведется и

в настоящее время. На месторождении зафиксированы древние выработки в окисленных железных рудах [16]. Однако, это предположение требует надежной аргументации.

При сравнении с железными шлаками Лузатии (Германия, VIII в. до н. э. — IV в. н. э.) [19] со шлаками поселения Кент отмечается похожее содержание железа: в шлаках Лузатии в среднем до 47%, в шлаках Кент до 56%, при том, что в чистом магнетите содержания железа достигают 72% [1]. Это свидетельствует о сопоставимых результатах извлечения железа из руд.

Таким образом, можно констатировать, что в Кенте зафиксированы достаточно ранние опыты получения железа на территории Казахстана, которые проводились металлургами бегазы-дандыбаевской (алексеевско-саргаринской) культуры восточной зоны общности культур валиковой керамики. Участок Алат (поселение Алат) может рассматриваться как ремесленный квартал протогорода Кент, в котором металлурги, изготовлявшие бронзолитейную продукцию оригинальных и традиционных типов Евразийской металлургической провинции, предпринимали попытки производства железа. Железных вещей в Кенте не найдено, но в раскопе 11 найден кусок железа неправильной формы. Дальнейшие исследования по вопросу производства железа на поселении Кент следует направить на изучение железорудной базы района поселения для обнаружения возможных источников металлургического сырья.

Авторы выражают благодарность К. С. Ибишеву, Е. Д. Зенович за помощь в проведении исследований.

Литература и источники

1. Бетехтин, А. Г. Курс минералогии : учеб. пособие / А. Г. Бетехтин. — М. : КДУ, 2007. — 721 с.
2. Варфоломеев, В. В. Кент — город бронзового века. Новые исследования в эпоху независимости / В. В. Варфоломеев // Свидетели тысячелетий: археологическая наука Казахстана за 20 лет (1991—2011). — Алматы, 2011. — С. 85—97.
3. Варфоломеев, В. В. Керамика / В. В. Варфоломеев // Бейсенов А. З., Варфоломеев В. В., Касеналин А. Е. Памятники бегазы-дандыбаевской культуры Центрального Казахстана. — Алматы : Институт археологии им. А. Х. Маргулана, 2014. — 192 с.
4. Гатаулин, А. Р. Поселение Алат — уникальный памятник эпохи поздней бронзы центрального Казахстана / А. Р. Гатаулин, М. Б. Муратова // Научное и творческое наследие академика Е. А. Букетова : материалы Международ. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию Е. А. Букетова. — Караганда, 2015. — С. 389—394.
5. Григорьев, С. А. Металлургия эпохи бронзы Центрального Казахстана / С. А. Григорьев // Степная цивилизация Восточной Евразии. — Астана : Кюльтегин, 2003. — С. 136—158.
6. Григорьев, С. А. Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы / С. А. Григорьев. — Челябинск : Цицеро, 2013. — 660 с.
7. Евдокимов, В. В. Начальный период производства железа в Центральном Казахстане / В. В. Евдокимов, С. У. Жауымбаев // Степной край Евразии: историко-культурные взаимодействия и современность. — Омск : Изд-во Омского гос. ун-та им. Ф. М. Достоевского, 2007. — С. 28—30.
8. Евдокимов, В. В. Раскопки на поселении эпохи бронзы Алат в 2005 г. / В. В. Евдокимов, С. У. Жауымбаев // Историко-культурное наследие Сарыарки. — Караганда, 2007. — С. 123—132.
9. Евдокимов, В. В. Раскопки на металлургическом комплексе Алат эпохи поздней бронзы в Центральном Казахстане / В. В. Евдокимов, С. У. Жауымбаев // Вестник Карагандинского университета. Серия. История. Филология. — 2008. — № 4. — С. 10—21.
10. Евдокимов, В. В. Горизонт железovarочных горнов производственной площадки поселения Алат эпохи поздней бронзы / В. В. Евдокимов, С. У. Жауымбаев // Бегазы-дандыбаевская культура Степной Евразии : сб. науч. ст., посвященный 65-летию Ж. Курманкулова. — Алматы, 2013. — С. 228—237.
11. Евдокимов, В. В. Археологические исследования на поселениях поздней бронзы Алат в 2014 году / В. В. Евдокимов, С. У. Жауымбаев, А. И. Кукушкин, О. С. Шохатаев // Научное и творческое наследие академика Е. А. Букетова : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Е. А. Букетова. — Т. 2. — Караганда, 2015. — С. 401—408.
12. Елибаев, Т. А. К проблеме начала производства железа в эпоху поздней бронзы в Центральном Казахстане / Т. А. Елибаев // Геоархеология и археологическая минералогия : материалы Всерос. молодежной науч. школы. — Миасс : Институт минералогии УрО РАН, 2014. — С. 155—157.
13. Жауымбаев, С. У. Металлургический комплекс эпохи бронзы Алат Каркаралинского района Карагандинской области / С. У. Жауымбаев, В. В. Евдокимов // Вестник Карагандинского университета. Серия История. Филология. — 2006. — № 3 (43). — С. 21—38.
14. Корякова, Л. Н. Переход к использованию железа в Северной Евразии / Л. Н. Корякова, С. В. Кузьминых, Г. В. Бельтикова // Переход от эпохи бронзы к эпохе железа в Северной Евразии. — СПб, 2011. — С. 10—16.
15. Маргулан, А. Х. Бегазы-дандыбаевская культура Центрального Казахстана / А. Х. Маргулан. — Алма-Ата : Наука, 1979. — 360 с.
16. Маргулан, А. Х. Сочинения : в 14 т. / А. Х. Маргулан. — Т. 2. Сарыарка. Горное дело и металлургия в эпоху бронзы. Джезказган — древний и средневековый металлургический центр (городище Милькудук) — Алматы : Дайк-Пресс, 2001. — 144 с.
17. Маргулан, А. Х. Древняя культура Центрального Казахстана / А. Х. Маргулан, К. А. Акишев, М. К. Кадырбаев, А. М. Оразбаев. — Алма-Ата : Наука, 1966. — 435 с.
18. Перепелицын, В. А. Основы технической минералогии и петрографии : учебн. пособие для вузов / В. А. Перепелицын. — М. : Недра, 1987. — 255 с.
19. Heimann, R. B. Mineralogical and chemical investigations of bloomery slags from prehistoric (8th century BC to 4th century AD) iron production sites in Upper and Lower Lusatia, Germany / R. B. Heimann, U. Kreiher, I. Spazier, G. Wetzel // Archaeometry. — 2001. — 43, № 2. — P. 227—252.

Поступила в редакцию 11 марта 2016 г.

ВАРФОЛОМЕЕВ Виктор Васильевич, кандидат исторических наук, доцент кафедры археологии, этнологии и отечественной истории, Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова, старший научный сотрудник, Сарыаркинский археологический институт при Карагандинском государственном университете имени Е. А. Букетова. Область научных интересов: археология эпохи бронзы, древняя история Казахстана. E-mail: vicvarfolomeev@mail.ru

АНКУШЕВ Максим Николаевич, младший научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН, Миасс. Область научных интересов: геoarхеология, минералогия, геология рудных месторождений. E-mail: ankushev_maksim@mail.ru

БЛИНОВ Иван Александрович, младший научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН, Миасс. Область научных интересов: минералогия гипергенеза, электронная микроскопия, геoarхеология. E-mail: ivan_a_blinov@mail.ru

**Bulletin of the South Ural State University
Series «Social Sciences and the Humanities»
2016, vol. 16, no. 2, pp. 6—12**

DOI: 10.14529/ssh160201

METALLURGICAL SLAG FROM THE KENT SETTLEMENT (ABOUT THE PROBLEM OF IRON PRODUCING STARTING ON THE KAZAKHSTAN TERRITORY)

V. V. Varfolomeev, *Buketov's State University of Karaganda, Kazakhstan,*
vicvarfolomeev@mail.ru

M. N. Ankushev, *Institute of Mineralogy, Uralian Branch of RAS, Miass,*
Russian Federation, ankushev_maksim@mail.ru

I. A. Blinov, *Institute of Mineralogy, Uralian Branch of RAS, Miass,*
Russian Federation, ivan_a_blinov@mail.ru

In the paper the characteristic of the iron metallurgical slags from Kent settlement (Central Kazakhstan) is shown. Structural and textural features of slags were established. The mineral composition is represented by olivine, wustite, iron, and glass. The composition of the main types of minerals, metal and glass is shown. It was supposed that as the metallurgical raw material in ancient times were used limonite ores from Kentyube deposit where ancient mines in oxidized iron ores were found out. On the settlement there was the early experience of iron production by metallurgists of Begazy-Dandybay (Aleksееvsko-Sargarinskaya) culture of the eastern zone of the roll ceramic common culture on the territory of Kazakhstan. The Alat area with iron slags can be considered as the trade quarter of Kent town where metallurgists who produced bronze foundry items of original and traditional types of Eurasian metallurgical province, attempted to produce the iron.

Keywords: geoarchaeology, iron slag, Kent settlement, Central Kazakhstan.

References

1. Betekhtin A. G. Kurs mineralogii: uchebnoje posobie [Course of mineralogy: tutorial]. Moscow: KDU, 2007, 721 p.
2. Varfolomeev V. V. Kent — gorod bronzovogo veka. Novyje issledovanija v epochu nezavisimosti [Kent — town of Bronze Age. New researches in independence epoch] // Svideteli tysjacheletij: archeologicheskaja nauka Kazakhstana za 20 let (1991—2001) [Witnesses of millennium: 20 years archaeological science of Kazakhstan]. Almaty, 2011, pp. 85—97.
3. Varfolomeev V. V. Keramika [Ceramics] // Beisenov A. Z., Varfolomeev V. V., Kasenalin A. E. Pamjatniki begazy-dandybaevskoy kultury Central'nogo Kazakhstana [Monuments of begazy-dandybay culture of Central Kazakhstan]. Almaty: Institut archeologii im. A. Ch. Margulana, 2014, 192 p.
4. Gataulin A. R., Muratova M. B. Poselenie Alat — unikal'nij pamjatnik epochi pozdney bronzy central'nogo Kazakhstana [Alat settlement — unique monument of late Bronzed epoch of Central Kazakhstan] // Nauchnoje i tvortcheskoje nasledie akademika E. A. Buketova. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvjaschennoj 90-letiju E. A. Buketova [Academician Buketov scientific and creative heritage. Materials of international scientific-practice conference]. Karaganda, 2015, pp. 389—394.
5. Grigor'ev S. A. Metallurgija epochi bronzy central'nogo Kazakhstana [Metallurgy of Bronze epoch of Central Kazakhstan] // Stepnaja civilizacija Vostochnoy Evrazii [Steppe civilization of East Eurasia]: Astana: Kutel'gin, 2003, pp. 136—158.
6. Grigor'ev S. A. Metallurgicheskoe proizvodstvo v Severnoy Evrazii v epochu bronzy [Metallurgical manufacture in Northern Eurasia in Bronzed epoch]. Chelyabinsk: Cicero, 2013, 660 p.
7. Evdokimov V. V., Zhaumbaev S. U. Raskopki na poselenii epochi bronzy Alat v 2005 g. [Excavation on bronze age settlement Alat in 2005] // Istoriko-kul'turnoje nasledie Saryarki [Historical and cultural heritage of Saryarka]. Karaganda, 2007, pp. 123—132.
8. Evdokimov V. V., Zhaumbaev S. U. Nachal'nyj period proizvodstva zheleza v central'nom Kazakhstane [Initial period of iron manufacture in Central Kazakhstan] // Stepnoy kray Evrazii: istoriko-kul'turnyje vzaimodeystvija i sovremennost' [Steppe region of Eurasia: historical and cultural interactions and modernity]. Omsk: Izdatel'stvo Omskogo gos. Universiteta im. F. M. Dostoevskogo, 2007, pp. 28—30.

9. Evdokimov V. V., Zhaulymbaev S. U. Raskopki na metallurgicheskom komplekse Alat epochi pozdney bronzy v central'nom Kazakhstane [Excavation on late bronze age metallurgical complexe Alat in Cental Kazakhstan] // Vestnik Karagandinskogo universiteta. Ser. Istorija. Filosofija. 2008, No 4, pp. 10—21.

10. Evdokimov V. V., Zhaulymbaev S. U. Gorizont zhelezovarochnykh gornov proizvodstvennoy plosch'adki poselenija Alat epochi pozdney bronzy [Iron-making bugle horizon of manufacturing platform of late bronze age settlement Alat] // Begazy-dandybaevskaya kul'tura Stepnoy Evrazii [Begazy-Dandybay culture of Steppe Eurasia]. Sbornik nauchnykh statey, posvjasch'enny 65-letiju Zh. Kurmankulova. Almaty, 2013, pp. 228—237.

11. Evdokimov V. V., Zhaulymbaev S. U., Kukushkin A. I., Shokhataev O. S. Arkheologicheskie issledovaniya na poseleniakh pozdney bronzy Alat v 2014 godu [Archaeological researches on late bronze age settlements Alat in 2014] // Nauchnoje i tvorcheskoje nasledie akademika E. A. Buketova. Materialy Mezhdunarodnoy nautchno-prakticheskoy konferentsii, posvjaschennoy 90-letiju E.A. Buketova [Academician Buketov scientific and creative heritage. Materials of international scientific-practice conference]. Vol. 2. Karaganda, 2015, pp. 401—408.

12. Elibaev T. A. K probleme nachala proizvodstva zheleza v epochu pozdney bronzy v Central'nom Kazakhstane [To the problem initial period of iron manufacture in late bronze age in Central Kazakhstan] // Geoarheologija i archeologicheskaja mineralogija [Geoarcheology and archeological mineralogy—2015]. Materialy Vserossiyskoy molodezhnoy nauchnoy shkoly. Miass: Institut mineralogii UrO RAN, 2014, pp. 155—157.

13. Zhaulymbaev S. U., Evdokimov V. V. Metallurgicheskij kompleks epochi bronzy Alat Karkaralinskogo rayona Karagandinskoy oblasti [Metallurgical complex of bronze age Alat (Karkaraly district, Karaganda region)] // Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya Istorija. Filosofija. 2006, No 3, pp. 21—38.

14. Koryakova L. N., Kuzminykh S. V., Beltikova G. V. Perekhod k ispol'zovaniju zheleza v Severnoy Evrazii [Transition to iron using in Northern Eurasia] // Saint Petersburg, 2011, pp. 10—16

15. Margulan A. Ch. Begazy-dandybaevskaja kultura Central'nogo Kazakhstana [Begazy-dandybay culture of Central Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka, 1979, 360 p.

16. Margulan A. Ch. Sotchinenija: V 14 t. T. 2. Saryarka. Gornoje delo i metallurgija v epochu bronzy. Dzhezkazgan — drevniy i srednevekovy metallurgicheskij centr (gorodishe Milykuduk) [Papers. Vol. 2. Saryarka. Mining and metallurgy in bronze age. Dzhezkazgan — ancient and middle aged metallurgical centre [Milykuduk settlement]]. Almaty: Dayk-Press, 2001, 144 p.

17. Margulan A. Ch., Akishev K. A., Kadyrbaev A. M., Orazbaev A. M. Drevnyaja kul'tura Central'nogo Kazakhstana [Ancient culture of Central Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka, 1966, 435 p.

18. Perepelicyan V. A. Osnovy technicheskoy mineralogii i petrografii. Uchebnoje posobie dlja vuzov [Basics of technical mineralogy and petrography. Tutorial for high schools]. Moscow: Nedra, 1987, 255 p.

19. Heimann R. B., Kreiher U., Spazier I., Wetzal G. Mineralogical and chemical investigations of bloomery slags from prehistoric (8th century BC to 4th century AD) iron production sites in Upper and Lower Lusatia, Germany // Archaeometry 43, No 2, 2001, pp. 227—252.

Received March 11, 2016