

**DOI: 10.53737/2713-2021.2024.37.48.007****А.З. Бейсенов, А.В. Паничкин****ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОГО КИНЖАЛА ГУННСКОГО ВРЕМЕНИ  
ИЗ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА\***

Публикуемые данные представляют собой первые результаты исследования железного кинжала из Центрального Казахстана (IV—V вв.). Выявлено, что все операцииковки и термической обработки проводились при температуре ниже 727°C. Твердость по шкале Виккерса составила 244 HV5. Анализ доли карбидов в железе свидетельствует, что состав металла соответствует стали заэвтектического состава, при этом доля карбидов в колониях достигает уровня доэвтектического чугуна. Высокая доля карбидов сферической формы в сочетании с матрицей из феррита придает кинжалу при сравнительно небольшой твердости высокую пластичность, коррозионную стойкость и хорошие режущие свойства. Технология термической обработки, которую применил древний мастер, обеспечила такому металлу довольно высокие эксплуатационные характеристики, повышающие режущие свойства и стойкость оружия в использовании.

**Ключевые слова:** Центральный Казахстан, курган с «усами» Назар, гуннский период, железный кинжал, структура металла, твердость по шкале Виккерса.

**Сведения об авторах:** Бейсенов Арман Зияденович<sup>1</sup>, кандидат исторических наук, директор, Научно-исследовательский центр истории и археологии «Бегазы-Тасмола»; Паничкин Александр Владимирович<sup>2</sup>, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Институт металлургии и обогащения НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева».

**Контактная информация:** <sup>1</sup>050010, Казахстан, г. Алматы, ул. Жамбыла, 1/5, НИЦИА «Бегазы-Тасмола»; <sup>2</sup>050010, Казахстан, г. Алматы, ул. Шевченко, 29, Институт металлургии и обогащения; e-mail: <sup>1</sup>azbeisenov@mail.ru; <sup>2</sup>abpanichkin@mail.ru.

---

**Arman Beisenov, Alexander Panichkin****STUDY OF THE STRUCTURE OF AN IRON DAGGER OF THE HUNNIC TIME  
FROM CENTRAL KAZAKHSTAN**

The article publishes the results of a study of an iron dagger from Central Kazakhstan, dated to the Hunnic period (4<sup>th</sup>—5<sup>th</sup> centuries CE). Dagger without crosshair and pommel. The total length of the product is 32 cm. As shown by the x-ray, there are no traces of forge welding. The dagger is made from a whole piece of iron. All forging and heat treatment operations were carried out at temperatures below 727°C, i.e. below the temperature of austenite formation. The Vickers hardness was 244 HV5. Analysis of the proportion of carbides in iron indicates that the composition of the metal corresponds to hypereutectic steel, while the proportion of carbides in the colonies reaches the level of hypoeutectic cast iron. A high proportion of spherical carbides in combination with a ferrite matrix gives the dagger, with a relatively low hardness, high ductility, corrosion

---

\* Статья подготовлена в рамках проекта программно-целевого финансирования КН МНВО РК 2023—2024, ИРН BR 18574175.

resistance and good cutting properties. The heat treatment technology used by the ancient master provided this metal with fairly high performance characteristics, increasing the cutting properties and survivability of the weapon in use. The published data represent the first results of a study of iron products of the Hunnic period from Central Kazakhstan.

**Key words:** Central Kazakhstan, kurgan with “mustache” Nazar, Hunnic period, iron dagger, metal structure, Vickers hardness.

**About the authors:** Beisenov Arman<sup>1</sup>, PhD (History), Director, “Begazy-Tasmola” Research Center for the History and Archaeology; Panichkin Alexander<sup>2</sup>, PhD in Engineering, Head of Laboratory, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation.

**Contact information:** <sup>1</sup>050010, Kazakhstan, 1/5 Zhambyl St.; <sup>2</sup>050010, Kazakhstan, Almaty, 29 Shevchenko St., Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation JSC, Satpayev University; e-mail: <sup>1</sup>azbeisenov@mail.ru; <sup>2</sup>abpanichkin@mail.ru.

В предлагаемой статье в научный оборот вводятся результаты изучения структуры железного кинжала из кургана с «усами» Назар (Каркаралинский р-н, Карагандинская обл., РК). Памятник обнаружен А.З. Бейсеновым в 2001 г., раскопки проводились в 2011 г.<sup>1</sup> Кинжал найден в кургане-спутнике и в публикации памятников урочища Назар был отнесён к гунно-сарматской эпохе с предполагаемой датой IV—V вв. н.э. (подробнее о кургане см.: Бейсенов 2016).

Памятников гуннского времени, содержащих захоронение человека, предметы сопроводительного инвентаря, как и «кладов», отдельных вещей в Центральном Казахстане до сих пор выявляют очень мало (Бейсенов, Веселовская 2013; Бейсенов, Китов 2013, Бейсенов и др. 2018). Публикуемые данные представляют собой первые результаты металлографического изучения железного изделия гуннского времени из Центрального Казахстана. В предыдущих публикациях авторов были освещены результаты металлографического изучения железных кинжала и топора из памятников сакской эпохи рассматриваемого региона (Бейсенов и др. 2023а; 2023б).

Общая длина изделия 320 мм (рис. 1: а), обоюдоострого клинка, линзовидного в сечении, — 270 мм. Кинжал без перекрестия и навершия. Клинок с параллельными лезвиями сужается к концу, переходит в рукоять под прямым углом, расширяясь и образуя упор шириной 34 мм. Ширина клинка в средней части равна 28 мм. Судя по сохранившемуся виду, штыревидная рукоять имеет длину 50 мм. Толщина рукояти 2,8 мм, наибольшая толщина клинка в месте перехода в клинок — 5 мм, в средней части — 4 мм. Толщина клинка ближе к концу незначительно увеличивается и в 50 мм от острия достигает 4,1 мм.

Представленные ниже результаты изучения структуры кинжала и выводы получены в Институте металлургии и обогащения НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», где проводились исследования.

Поверхность кинжала (рис. 1) повреждена сильной неравномерной язвенной коррозией с формированием рыхлых слоёв коррозионных отложений на поверхности, контактирующей с атмосферой. Заметны также слои с плотной структурой вблизи с поверхностью металла. Это свойственно для коррозионных слоёв, формирующихся на поверхности низкоуглеродистых сталей и железа, при их длительном контакте с низкоагрессивной средой.

Исследование структуры металла, из которого изготовлен кинжал, осуществляли после шлифовки и полировки участка, указанного на рисунке 1. Исследование структуры проводили на металлографической рабочей станции на базе инвертированного микроскопа Leica DM

<sup>1</sup> В исследовании памятника приняли участие К. Жамбулатов, Д. Дуйсенбай.

IRM при увеличениях от 75 до 1500 крат. Неметаллические включения, слой коррозионных отложений изучали до травления, структуру металла — после травления. Для выявления структуры использовали химическое травление реактивом: раствор 5 мл  $\text{HNO}_3$  в 100 мл этилового спирта. Травление осуществляли протиранием ватным тампоном.

Рентгеновский снимок кинжала (рис. 1: *a4*) выполнен в лаборатории Казахского аграрного исследовательского университета (г. Алматы, Казахстан). Оператор — заведующий рентгеновским кабинетом КазАИУ, профессор Ж. Казиев. Как показал рентгеновский снимок, следы кузнечной сварки, а также какие-либо отверстия, трещины, образовавшиеся в процессе изготовления оружия или же после этого, отсутствуют.

Кинжал изготовлен из единого куска металла. В структуре оружия выявлены единичные оксидные неметаллические частицы размером до 20 мкм (рис. 1: *b*, тёмные области) и множественные неметаллические частицы размером менее 1,5 мкм (рис. 1: *c*, тёмные точки). В структуре коррозионного слоя, прилегающего к поверхности металла, выявляются включения белого цвета, глобулярной формы. Эти включения на рисунке 2: *b* обозначены цифрой 1. Размер этих включений варьируется в широком диапазоне от 1 до 10 мкм. Их распределение неоднородно (рис. 2: *a*). В структуре слоя коррозионных отложений на отдельных участках также обнаруживаются неметаллические включения тёмного цвета сечением до 10 мкм. На рисунке 2: *b* они обозначены цифрой 2.

Микроструктура металла кинжала (рис. 3) образована железной матрицей — ферритом с включениями карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$  глобулярной формы (на рис. 3d обозначены под номером 1). Включения карбида железа имеют размер до 15 мкм в сечении. Распределение карбидов неоднородно. Крупные включения образуют протяжённые колонии, ширина которых составляет 25—80 мк, длина до 500 мкм. Между колониями размер карбидных включений преимущественно достигает 4,5 мкм.

В структуре железной матрицы не выявляются границы зёрен, при этом обнаруживаются микрозёрна феррита, соседствующие с дисперсными неметаллическими включениями и микропорами. Размер микрозёрен — до 3 мкм (рис. 2: *c*). Это позволяет заключить, что железо получено кричным методом. Подсчёт доли карбида железа, выполненный с использованием программы ImageJ, показал, что она составляет 14,8—15,8 об.%, а в колониях достигает 34 об.%.

Таким образом, на основании проведённых исследований структуры можно заключить, что кинжал изготовлен из кричного железа. Высокое содержание карбидов железа глобулярной формы с неоднородными размерами и распределением указывает на то, что формирование карбидов произошло на стадии получения кричного железа. При этом неоднородное распределение карбидов и формирование колоний карбидов указывает на то, что для восстановления железной руды использовался твёрдый восстановитель (наиболее вероятно — порошок древесного угля), который смешивали с измельчённой железной рудой.

Малое количество неметаллических включений размером более 20 мкм указывает на то, что при восстановлении железной руды температура была недостаточной для образования шлака. При этом в самой руде содержалось небольшое количество пустой породы. Отсутствие в структуре карбидов с пластинчатой структурой и границ зёрен феррита указывает на то, что все операцииковки и термической обработки (спекания) проводились при температуре ниже  $727^\circ\text{C}$ , т. е. ниже температуры образования аустенита.

Анализ доли карбидов в железе свидетельствует, что состав металла соответствует стали заэвтектического состава, при этом доля карбидов в колониях достигает уровня доэвтектического чугуна. Измерение твёрдости проводили по шкале Виккерса на твердомере HNV-30A при нагрузке 5 кг. Твёрдость составила 244 HV5.

На основании полученных результатов изучения структуры кинжала из кургана с «усами» Назар можно прийти к следующим выводам.

Высокая доля карбидов сферической формы в сочетании с матрицей из феррита придаёт кинжалу при сравнительно небольшой твёрдости высокую пластичность (Luzginova et al. 2008), коррозионную стойкость и хорошие режущие свойства.

Это кардинально отличает такой металл от современной стали аналогичного состава, в которой структура образована пластинчатым или сферическим перлитом и вторичным цементитом (карбидом железа), или же мартенситом (Zhan-Ling Zhang et al. 2008; Bai et al. 2021). Такая сталь имеет большую твёрдость, но является существенно менее пластичной и разрушающейся даже при незначительном ударе. Также современная сталь такого состава с пластинчатым цементитом характеризуется низкой коррозионной стойкостью (Shabnam Karimi et al. 2023).

Соответственно, технология термической обработки, которую применил древний мастер, изготовивший кинжал, обеспечила такому металлу высокие эксплуатационные характеристики, повышающие режущие свойства и живучесть оружия при ближнем бое. По всей вероятности, такое оружие при ударе о доспехи может незначительно погнуться, но не сломаться, после этого его можно легко восстановить.

В археологии раннего железного века Центрального Казахстана безоговорочный приоритет принадлежит исследованиям древностей раннесакского времени (Бейсенов 2018; 2021). В отношении памятников поздне-сакского времени и, в особенности, гуннского периода, дело намного сложнее и это, в первую очередь, связано с малочисленностью самих памятников.

Следует отметить, что полученные данные по структуре железного кинжала гуннского времени из Центрального Казахстана имеют определённое отношение к новейшим результатам исследования металлургии железа таких сопредельных и близких к Казахстану в этнокультурном отношении регионов, как Горный Алтай и Южная Сибирь в целом. Широкомасштабные исследования железоплавильных печей, проведённые во многих пунктах Южной Сибири на основании археологических и радиоуглеродных данных, показали рост металлургии железа с началом экспансии хунну. В результате этих исследований специалисты пришли к выводу о процветании металлургии железа в Южной Сибири в III—VI вв. н.э. (Vodyasov et al. 2023a; 2023b).

## Литература

- Бейсенов А.З. 2016. Дромосные курганы сакской эпохи урочища Назар. *Самарский научный вестник* 1, 84—93.
- Бейсенов А.З. 2018. Тасмолинская культура Центрального Казахстана в исследованиях начала XXI века. *АДУ* 2, 386—396.
- Бейсенов А.З. 2021. Тасмолинское каменное изваяние в урочище Аумаган, Центральный Казахстан. *УАВ* 1 (21), 21—37.
- Бейсенов А.З., Веселовская Е.В. 2013. Погребение гуннского времени из могильника Енбекшил (Центральный Казахстан). В: Боталов С.Г., Крадин Н.Н., Любчанский И.Э. (ред.). *Гуннский форум. Проблемы происхождения и идентификации культуры евразийских гуннов*. Челябинск: Рифей, 447—462.
- Бейсенов А.З., Китов Е.П. 2013. Впускное погребение гуннского времени из могильника Назар-2 (Центральный Казахстан). В: Боталов С.Г., Крадин Н.Н., Любчанский И.Э. (ред.). *Гуннский форум. Проблемы происхождения и идентификации культуры евразийских гуннов*. Челябинск: Рифей, 463—470.
- Бейсенов и др. 2023а: Бейсенов А.З., Паничкин А.В., Горащук И.В., Шашенов Д.Т. 2023. Кинжал исыкского типа из Темирши, Центральный Казахстан: результаты металлографического, химического и трасологического анализов. *Stratum plus* 3, 255—265.
- Бейсенов и др. 2023б: Бейсенов А.З., Паничкин А.В., Шашенов Д.Т. 2023. Железный топор из тасмолинского кургана могильника Кызылжартаc: результаты металлографического и химического анализов. *МАИАСП* 15, 102—120.



- Бейсенов и др. 2018: Бейсенов А.З., Торгоев А.И., Дуйсенбай Д.Б., Ахияров И.К. 2018. Курган с «усами» Атагу-2. *Поволжская археология* 3, 103—117.
- Bai, J. et al. 2021: Bai, J., Zhang, W., Wang, Y., Wang, C., Chen, X., Shi, Z., Wang, H., Cao, W. 2021. On the Unique Microstructure and Properties of Ultra-High Carbon Bearing Steel Alloyed with Different Aluminum Contents. *Metals* 11, 1116.
- Zhan-Ling Zhang et al. 2008: Zhan-Ling Zhang, Yong-Ning Liu, Jie-Wu Zhu, Guang Yu. 2008. Processing and properties of ultrahigh-carbon (1.6% C) steel. *Materials Science and Engineering A* 483—484, 64—66.
- Vodyasov et al. 2023a: Vodyasov, E.V., Stepanov, I.S., Vavulin, M.V., Zaitseva, Olga V., Ebel, A.V., Asochakova, E.M., Pushkarev, A.A., Rabtsevich, E.S., Rassomakhin, M.A. 2023. Large-scale mining and smelting of specularite ores in the Altai mountains during the 1st millennium AD. *Journal of Archaeological Science* 158, 1—20.
- Vodyasov et al. 2023b: Vodyasov, E.V., Amzarakov, P.B., Sadykov, T.R., Shirin, Y.V., Zaitseva, O.V., Leipe, C., Tarasov, P.E. 2023. Nine types of iron smelting furnaces in southern Siberia in the first millennium AD: A review of archaeological and chronological data. *Archaeological Research in Asia* 36, 1—14.
- Luzginova et al. 2008: Luzginova, N., Zhao, L., Sietsma, J. 2008. The Cementite Spheroidization Process in High-Carbon Steels with Different Chromium Contents. *Metallurgical and Materials Transactions A* 39, 513—521.
- Shabnam Karimi et al. 2023: Shabnam Karimi, Iman Taji, Tarlan Hajilou, Simona Palencsár, Arne Dugstad, Afrooz Barnoush, Kim Verbeke, Tom Depover, Roy Johnsen. 2023. Role of cementite morphology on corrosion layer formation of high-strength carbon steels in sweet and sour environments. *Corrosion Science* 214.

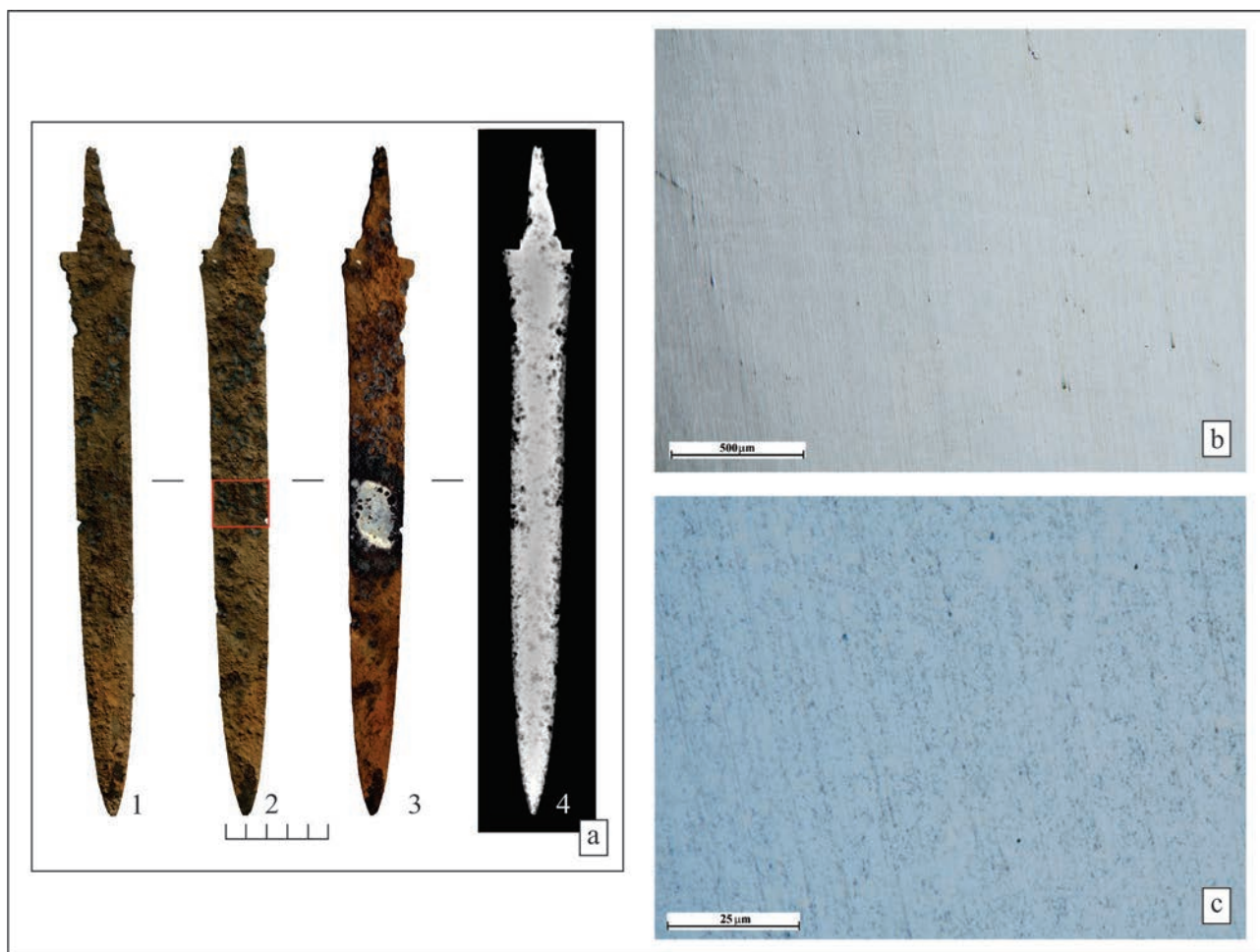
## References

- Beisenov, A.Z. 2016. In *Samarskiy nauchnyy vestnik (Samara Scientific Bulletin)* 1, 84—93 (in Russian).
- Beisenov, A.Z. 2018. In *Arkheologiya i drevnyaya istoriya Ukrainy (Archaeology and Early history of Ukraine)* 2, 386—396 (in Russian).
- Beisenov, A.Z. 2021. In *Ufimskiy arkheologicheskiy vestnik (Ufa Archaeological Herald)* 1 (21), 21—37 (in Russian).
- Beisenov, A.Z., Veselovskaya, E.V. 2013. In: Botalov, S.G., Kradin, N.N., Lyubtchansky, I.E. (eds.). *Gunnskiy forum. Problemy proiskhozhdeniya i identifikatsii kultury yevraziyskikh gunnov (Hun forum. Problems of the origin and identification of the culture of the Eurasian Huns)*. Chelyabinsk: Rifev, 447—462 (in Russian).
- Beisenov, A.Z., Kitov, E.P. 2013. In: Botalov, S.G., Kradin, N.N., Lyubtchansky, I.E. (eds.). *Gunnskiy forum. Problemy proiskhozhdeniya i identifikatsii kul'tury yevraziyskikh gunnov (Hun forum. Problems of the origin and identification of the culture of the Eurasian Huns)*. Chelyabinsk: Rifev, 463—470 (in Russian).
- Beisenov et al. 2023a: Beisenov, A.Z., Panichkin, A.V., Gorashchuk, I.V., Shashenov, D.T. 2023. In *Stratum plus* 3, 255—265 (in Russian).
- Beisenov et al. 2023b: Beisenov, A.Z., Panichkin, A.V., Shashenov, D.T. 2023. *Materialy po arkheologii i istorii antichnogo i srednevekovogo Prichernomor'ya (Materials on archeology and history of the ancient and medieval Black Sea region)* 15, 102—120 (in Russian).
- Beisenov et al. 2018: Beisenov, A.Z., Torгоев, A.I., Duisenbay, D.B., Akhiyarov, I.K. 2018. *Povolzhskaya arkheologiya (The Volga river region archaeology)* 3, 103—117 (in Russian).
- Bai, J. et al. 2021: Bai, J., Zhang, W., Wang, Y., Wang, C., Chen, X., Shi, Z., Wang, H., Cao, W. 2021. On the Unique Microstructure and Properties of Ultra-High Carbon Bearing Steel Alloyed with Different Aluminum Contents. *Metals* 11, 1116.
- Zhan-Ling Zhang et al. 2008: Zhan-Ling Zhang, Yong-Ning Liu, Jie-Wu Zhu, Guang Yu. 2008. Processing and properties of ultrahigh-carbon (1.6% C) steel. *Materials Science and Engineering A* 483—484, 64—66.
- Vodyasov et al. 2023a: Vodyasov, E.V., Stepanov, I.S., Vavulin, M.V., Zaitseva, Olga V., Ebel, A.V., Asochakova, E.M., Pushkarev, A.A., Rabtsevich, E.S., Rassomakhin, M.A. 2023. Large-scale mining and smelting of specularite ores in the Altai mountains during the 1st millennium AD. *Journal of Archaeological Science* 158, 1—20.
- Vodyasov et al. 2023b: Vodyasov, E.V., Amzarakov, P.B., Sadykov, T.R., Shirin, Y.V., Zaitseva, O.V., Leipe, C., Tarasov, P.E. 2023. Nine types of iron smelting furnaces in southern Siberia in the first millennium AD: A

review of archaeological and chronological data. *Archaeological Research in Asia* 36, 1—14.

Luzginova et al. 2008: Luzginova, N., Zhao, L., Sietsma, J. 2008. The Cementite Spheroidization Process in High-Carbon Steels with Different Chromium Contents. *Metallurgical and Materials Transactions A* 39, 513—521.

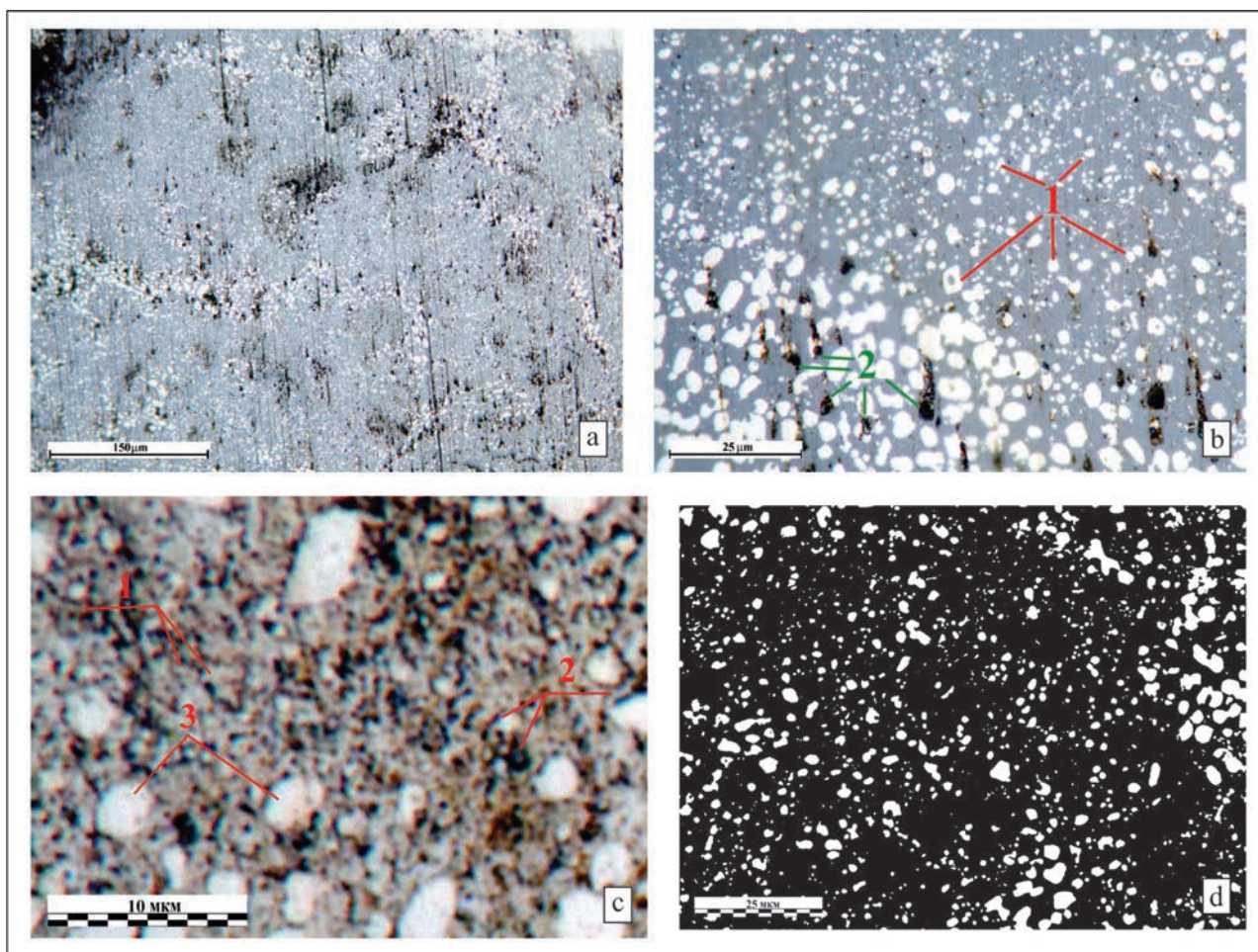
Shabnam Karimi et al. 2023: Shabnam Karimi, Iman Taji, Tarlan Hajilou, Simona Palencsár, Arne Dugstad, Afrooz Barnoush, Kim Verbeken, Tom Depover, Roy Johnsen. 2023. Role of cementite morphology on corrosion layer formation of high-strength carbon steels in sweet and sour environments. *Corrosion Science* 214.



**Рис. 1.** Курган с «усами» Назар: *a* — виды железного кинжала (1—3) и его рентгеновский снимок (4); *b*, *c* — неметаллические включения в структуре кинжала. *a* —  $\times 75$ ; *b* —  $\times 1500$ .

**Fig. 1.** Kurgan with a “mustache” Nazar. *a* — iron dagger (1—3) and its x-ray (4); *b*, *c* — non-metallic inclusions in the structure of the dagger. *b* —  $\times 75$ ; *c* —  $\times 1500$ .

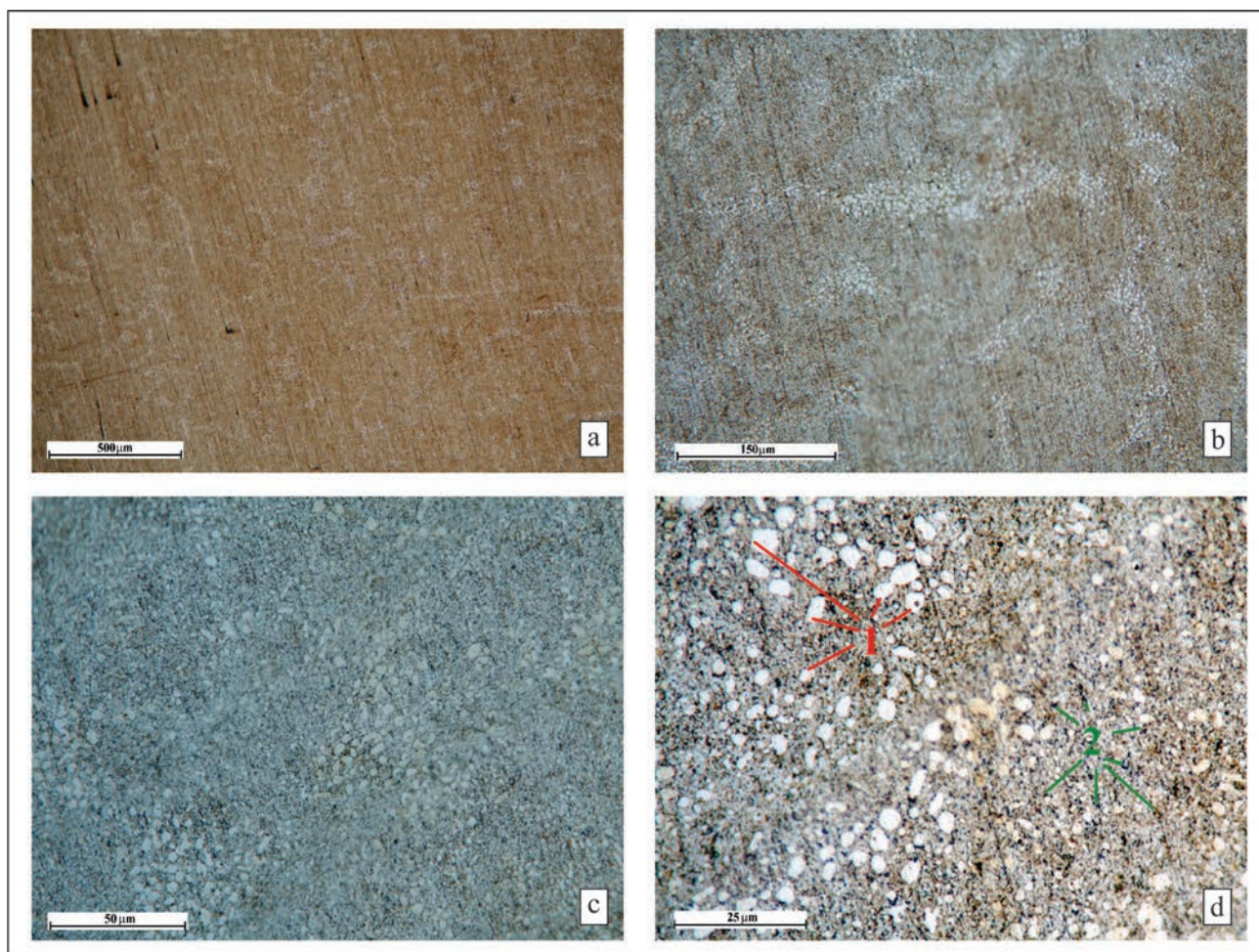




**Рис. 2.** Структура коррозионных отложений на поверхности кинжала и частицы крицы в структуре металла: *a, b* — неоднородное распределение включений карбида железа  $Fe_3C$  глобулярной формы в структуре коррозионных отложений; *c* — частицы крицы (1), неметаллические включения и поры (2), глобулярные включения карбида железа (3) в структуре кинжала; *d* — выделенные включения карбида железа (светлые области). *a* —  $\times 300$ ; *b* —  $\times 1500$ .

**Fig. 2. Structure of the dagger:** *a, b* — heterogeneous distribution of globular iron carbide inclusions  $Fe_3C$  in the structure of corrosion deposits; *c* — particles of bloom (1), non-metallic inclusions and pores (2), iron carbide (3) in the structure of the dagger; *d* — isolated inclusions of iron carbide (light areas). *a* —  $\times 300$ ; *b* —  $\times 1500$ .





**Рис. 3. Микроструктура металла. a — x75; b — x300; c — x750; d — x1500.**

**Fig. 3. Metal microstructure. a — x75; b — x300; c — x750; d — x1500.**