

## ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКТИВНОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ОКАТЫШЕЙ И БРИКЕТОВ ЭКСТРУЗИИ (БРЭКСОВ) ИЗ ООЛИТОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

СУЛЕЙМЕН Б.Т.\*, КОСДАУЛЕТОВ Н.Ы., АДИЛОВ Г.А.

\*Сулеймен Бакыт Темиргалиулы – Кандидат технических наук, научный сотрудник НИЛ «Водородные технологии в металлургии», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация  
E-mail: [bakysuleimen@mail.ru](mailto:bakysuleimen@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9306-1045>

Косдаулетов Нурлыбай Ыргызбайулы – Кандидат технических наук, научный сотрудник НИЛ «Водородные технологии в металлургии», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация  
E-mail: [kosdauletovn@susu.ru](mailto:kosdauletovn@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1570-4188>

Адилов Галымжан Алибекович – Кандидат технических наук, научный сотрудник НИЛ «Водородные технологии в металлургии», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация  
E-mail: [adilovg@susu.ru](mailto:adilovg@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1012-8097>

**Аннотация.** В данной работе проведено экспериментальное исследование процесса твердофазной селективной металлизации окатышей и брикетов экструзии (брэкс) из оолитовой железной руды Аятского месторождения. Исследование включало разработку лабораторной методики изготовления исходных образцов – измельчение руды, формирование влажных брэксов и окатышей, их сушку и обжиг в условиях окислительной атмосферы для удаления влаги и частичного удаления серы. После этого образцы подвергались восстановительному обжигу в атмосфере монооксида углерода и в контакте с твердым углеродом при температурах 950 и 1050 °С в течение трех часов. В результате было установлено, что при температуре 1050 °С содержание металлической фазы в образцах достигает до 0,6 ат. %, а содержание фосфора в металле при использовании твердофазной обработки составляет до 3,1 ат. %. Анализ массы образцов после восстановления показал, что потери в образцах, восстановленных при температуре 1050°С в присутствии твердых углеродов, превышают потери при использовании атмосферы СО. Снижение температуры восстановления до 950 °С практически не влияет на разницу в потерях массы при использовании атмосферы СО и при контакте с твердым углеродом.

**Ключевые слова:** восстановительный обжиг, брикеты экструзии (брэкс), окатыши, железо, фосфор, монооксид углерода, твёрдый углерод

### Введение

Спрос на железные ресурсы быстро растет в связи с быстрым развитием черной металлургии. По этой причине металлургическая промышленность сталкивается с риском нехватки сырья. Месторождения железных руд с высоким содержанием фосфора широко распространены по всему миру [1-6], но использование этих месторождений в промышленности ограничено из-за высокого содержания фосфора, которое влияет на стоимость процесса производства чугуна и качество производимой стали. Для использования оолитовой железной руды с высоким содержанием фосфора было предложено множество гидрометаллургических [7-8] и пирометаллургических [9-10] процессов. Однако у этих способов есть недостатки, такие как загрязнение окружающей среды, неэффективность с точки зрения затрат, чрезмерные затраты времени и низкое извлечение железа. Одним из подходов к переработке таких руд является селективное твердофазное восстановление, позволяющее разделить железо и фосфор на стадии обжига. Ранее в ряде работ были проведены исследования по восстановительному обжигу неокомкованной оолитовой железной руды Аятского месторождения с использованием монооксида углерода и твёрдого углерода. Результаты показали, что восстановление с использованием СО при температурах до 1000 °С позволяет селективно восстанавливать железо, оставляя фосфор в составе оксидных фаз. В то же время использование твёрдого углерода приводит к восстановлению как железа, так и фосфора, который затем переходит в

металлическую фазу, снижая селективность процесса [11-13].

### Цель исследования

Целью работы является экспериментальное исследование процессов селективного восстановления железа и фосфора в брикетах экструзии и окатышах, полученных из оолитовой железной руды Аятского месторождения.

### Материалы и методы исследования

Окатыши и брэксы изготавливали по приведенной схеме на рис. 1. Исходную оолитовую руду (Аятское месторождение, Казахстан) измельчали на дисковом истирателе до фракции менее 0,2 мм, после чего помещали в ёмкость, заливали водой и перемешивали до равномерного распределения влаги в шихте.

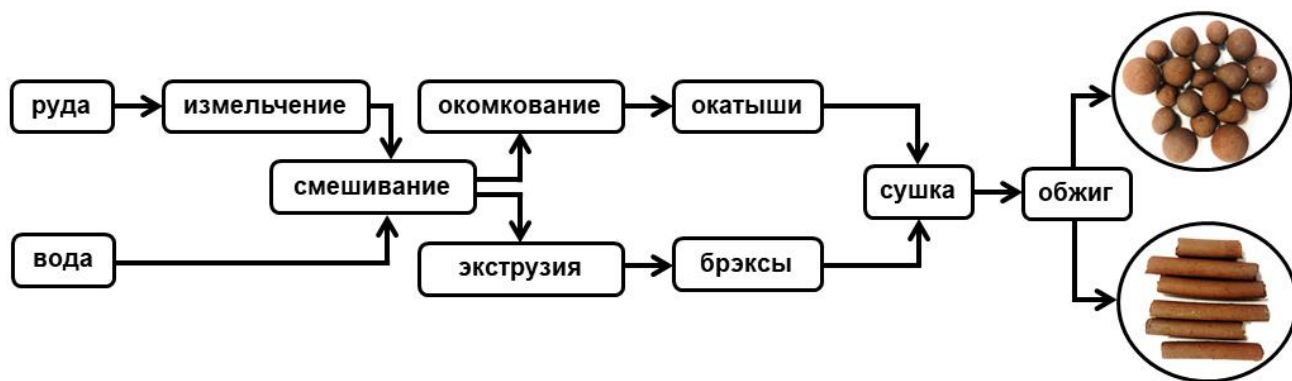


Рис. 1. Схема изготовления окатышей и брэксов

Часть влажной шихты порциями помещали в лабораторный экструдер, где за счет подачи материала шнеком и его продавливания через фильеру получали влажные брэксы необходимой формы. Влажные брэксы в течение суток сушили на воздухе при комнатной температуре, чтобы избежать возможного образования трещин при интенсивном выделении влаги в результате резкого нагрева. Затем помещали в корундовый тигель и обжигали в муфельной печи в окислительной атмосфере для избавления от гидратной влаги и частично серы при температуре 900 °С и времени выдержки 15 мин.

Часть влажной шихты загружали в лабораторный барабанный окомкователь, где за счет перекачивания материалов и поверхностного натяжения воды получали окатыши. Влажные окатыши в течение суток при комнатной температуре сушили на воздухе для предотвращения их разрушения при обжиге. Если сырые окатыши быстро нагреть, то интенсивное выделение паров приводит к их разрыву, что называется термическим шоком. После сушки окатыши помещали в корундовый тигель и обжигали в муфельной печи в окислительной атмосфере для избавления от гидратной влаги и частично серы при температуре 900 °С и времени выдержки 15 мин.

После окислительного обжига брэксы и окатыши подвергали предварительному восстановительному обжигу.

В первой серии экспериментов образцы взвешивали, помещали в корундовую каретку и устанавливали в рабочее пространство печи сопротивления с графитовым нагревателем (печи Таммана), где использование графитового нагревателя гарантировало наличие в объеме рабочего пространства печи восстановительной атмосферы СО. Во второй серии экспериментов брэксы и окатыши взвешивали, помещали в разные корундовые тигли и засыпали измельченным графитом, что гарантировало прямой контакт образцов с твердым углеродом, после чего тигли установили в рабочее пространство печи Таммана.

В экспериментах печь нагревали до температуры 1050 и 950 °С выдерживали при этих

температурах 3 часа для равномерного прогрева всей шихты. Условия экспериментов был выбран с учетом результатов исследований полученных ранее [11-13]. По окончания выдержки материал охлаждался вместе с печью, после чего полученные образцы извлекали из корундовых тиглей, взвешивали и рассчитывали потерю массы при восстановительном обжиге.

Также исходные и металлизированные образцы залили эпоксидной смолой, шлифовали и исследовали с помощью электронного сканирующего микроскопа. Химический состав фаз определяли микрорентгеноспектральным методом.

### Результаты и их обсуждение

При окислительном обжиге за счет удаления влаги и частичному удалению серы, потеря массы в окатышах и брэксах составило 19,6 и 17,9 % соответственно, что это привело к увеличению количества железа в образцах.

По результатам измерения потери массы металлизированных образцов [табл. 1] можно заметить, что при температуре 1050 °С в восстановлении с дополнительной засыпкой твердым углеродом масса окатыша и брэкса теряется на 15-20% больше, по сравнению с образцами без засыпкой, где восстановление происходит в атмосфере СО. В то же время при температуре 950 °С разница потери массы составило 2,4%. При обжиге в атмосфере СО, окатыш по сравнению с брэксом теряет массу больше, а в твердом углероде уже брэкс теряет большее массу.

Таблица 1 – Изменение массы образцов при восстановительном обжиге

Температура и время выдержки	Условия	Образец	Масса исходного образца, г	Масса образца после обжига, г	Потеря массы, %
1050 °С, 3 часа	В атмосфере СО	Окатыш	2,148	1,838	14,4
	В графите	Окатыш	2,901	2,404	17,1
	В атмосфере СО	Брикет	2,216	1,901	14,2
	В графите	Брикет	2,545	2,090	17,8
950 °С, 3 часа	В атмосфере СО	Окатыш	2,778	2,550	8,2
	В графите	Окатыш	2,887	2,642	8,4
	В атмосфере СО	Брикет	3,140	2,885	8,1
	В графите	Брикет	3,007	2,757	8,3

На рис. 2 представлены изображения участков исходного окатыша (а) и брэкса (б) с электронного микроскопа. После измельчения исходной руды перед окускованием видно разрушение оолитов, которые имеют круглую, реже овальную форму и концентрически-скорлуповатое строение. В табл. 1 представлен химический состав исходных образцов, полученный с помощью микрорентгеноспектрального анализа на электронном микроскопе.

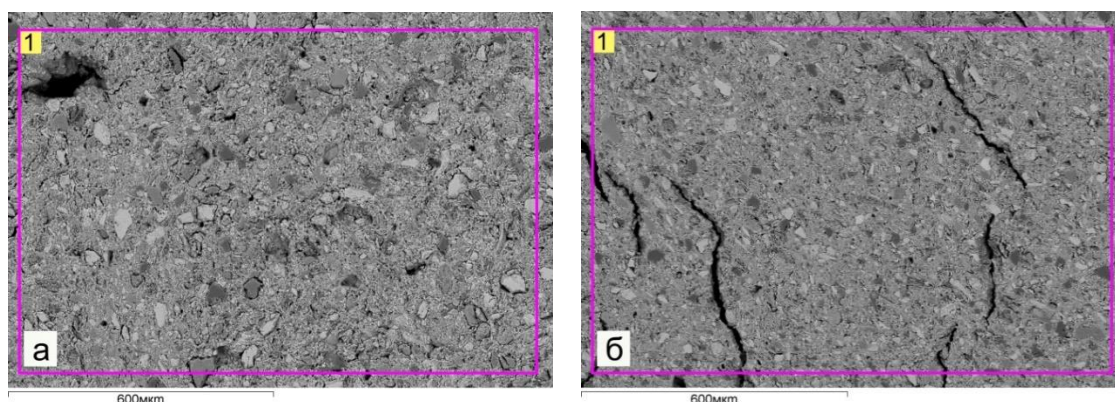


Рис. 2. Участки исходных образцов окатыша (а) и брэкса (б)

Таблица 2 – Содержание элементов в исходном окатыше (а) и брэксе (б), ат. %

Участок анализа	O	Mg	Al	Si	P	S	Mn	Fe
1a	63.7	0.9	5.3	10.0	0.5	2.4	0.4	16.8
1б	65.0	–	5.0	10.4	0.2	3.2	0.3	15.8

Окатыши и брэксы как в исходном виде, так и после окислительного обжига немагнитные.

Результаты металлизации окатышей и брэксов в твердом углероде и восстановительной атмосфере CO, представлены на рис. 3-4 и в табл. 3-4. После восстановительного обжига окатыши и брэксы приобретают магнитные свойства, так как при данных условиях, железо частично восстановилось до магнетита и что привело к появлению магнитных свойств.

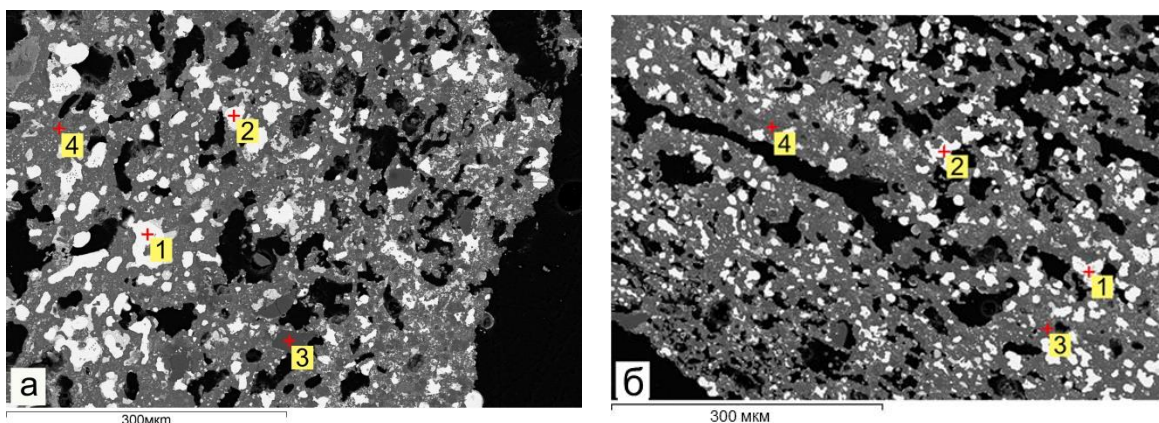


Рис. 3. Участки окатыша (а) и брэкса (б) после восстановительного обжига при температуре 1050 °С и времени выдержки 3 часа в контакте с графитом

Согласно данным, приведенным в табл. 3 и при анализе изображения на рис. 3 можно выявить, что в контакте с твердым углеродом при температуре 1050 °С и с времени выдержки 3 часа восстановление железа до металла произошло практически полностью (яркие белые выделения металлической части) и содержат до 3,1 ат. % фосфора (спектр 2а, табл. 3), в то же время в оксидной фазе количество оставшегося железа составляет до 3,1 ат. % (спектр 4б, табл. 3).

Таблица 3 – Содержание элементов после восстановительного обжига, ат. %

Участок анализа	O	Al	Si	P	S	Mn	Fe
1a	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	98,2
2a	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	96,9
3a	69,0	0,0	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4a	64,0	14,0	20,0	0,3	0,2	0,2	1,3
1б	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	97,7
2б	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	98,1
3б	66,6	11,1	19,5	0,4	0,0	0,5	1,9
4б	62,2	10,3	22,0	0,0	2,2	0,1	3,1

На рис. 4 можно увидеть, что при температуре 1050 °С и времени выдержки 3 часа в атмосфере CO восстановление произошло неполное, так как железо и фосфор присутствуют в

оксидной фазе до 20,5 и 1,2 ат. %, что значительно больше, чем при восстановлении твердым углеродом.

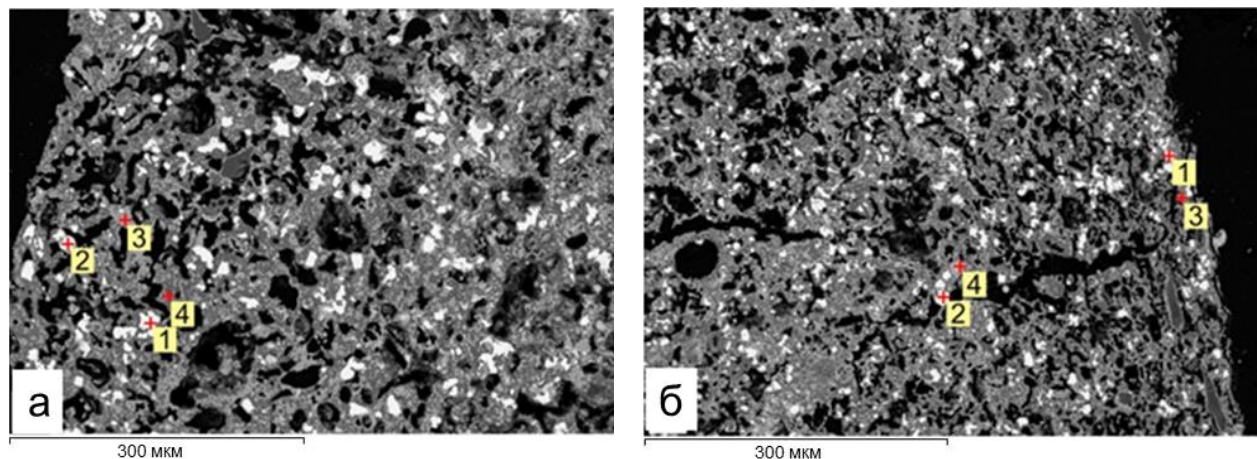


Рис. 4. Участки окатыша (а) и брэксы (б) после восстановительного обжига при температуре 1050 °С и времени выдержки 3 часа в атмосфере СО

Таблица 4 – Содержание элементов после восстановительного обжига, ат. %

Спектр	O	Al	Si	P	S	Mn	Fe
1а	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	99,7
2а	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	99,9
3а	66,7	0,3	12,5	0,0	0,0	0,0	20,5
4а	63,3	9,5	21,8	0,1	0,1	0,0	5,2
1б	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	99,4
2б	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	99,7
3б	59,6	5,5	16,1	0,3	0,0	0,8	17,7
4б	62,7	13,2	17,5	1,2	0,3	0,2	4,9

Из данных табл. 3 и 4 следует также, что при восстановлении в атмосфере СО содержание фосфора (спектр 1а, 2а и 1б, 2б, табл. 4) в металле меньше по сравнению с восстановлением в контакте твердым углеродом (спектр 1а, 2а и 1б, 2б, табл. 3). В то же время в оксидной фазе при восстановлении только газообразным СО содержание фосфора выше (спектр 4б, табл. 4), чем при восстановлении твердым углеродом (спектр 3б и 4б, табл. 3). В образцах, выдержанных только в атмосфере СО (спектр 3а, 3б, табл. 4), количество железа в оксидной фазе больше, чем в образцах, контактировавших с твердым углеродом (спектр 4а и 3б, 4б, табл. 3).

Восстановленные окатыши и брэксы при температуре 950 °С и времени выдержки 3 часа не исследовались на электронном микроскопе, так как потеря массы при данных условиях составила 8,1-8,4 %, что значительно меньше, чем при восстановлении при температуре 1050 °С, и отсюда предполагается низкое содержания металлических участков в образцах.

#### Заключение

В лабораторных условиях получены металлизированные брикеты экструзии (брэксы) и окатыши из оолитовой железной руды. По результатам измерения потери массы металлизированных образцов, выявлено, что при температуре 1050 °С в восстановлении с дополнительной засыпкой твердым углеродом масса окатыша и брэксы теряется на 15-20% больше, по сравнению с образцами без засыпкой, где восстановление происходит в атмосфере

СО. Снижение температуры восстановления до 950 °С привело к уменьшению разницы потери массы и составило 2,4%. При обжиге в атмосфере СО, окатыш по сравнению с брэксом теряет массу больше, а в твердом углероде уже брэкс теряет большее массу. При восстановлении в атмосфере СО содержание фосфора в металле меньше (до 0,6 ат. %) по сравнению с восстановлением в контакте твердым углеродом (до 3,1 ат. %). В то же время в оксидной фазе при восстановлении только газообразным СО содержание фосфора выше, чем при восстановлении твердым углеродом. В образцах, выдержанных только в атмосфере СО количество железа в оксидной фазе больше, чем в образцах, контактировавших с твёрдым углеродом.

### Список литературы

1. Özdemir Ö., Deutsch E. R. Magnetic properties of oolitic iron ore on Bell Island, Newfoundland //Earth and planetary science letters. – 1984. – Т. 69. – №. 2. – С. 427-441.
2. Manieh A. A. Oolite liberation of oolitic iron ore, Wadi Fatima, Saudi Arabia //International Journal of Mineral Processing. – 1984. – Т. 13. – №. 3. – С. 187-192.
3. Champetier Y., Hamdadou E., Hamdadou M. Examples of biogenic support of mineralization in two oolitic iron ores–Lorraine (France) and Gara Djebilet (Algeria) //Sedimentary Geology. – 1987. – Т. 51. – №. 3-4. – С. 249-255.
4. El Sharkawi M. M. et al. Stratigraphic setting and paleoenvironment of the Coniacian-Santonian ironstones of Aswan, South Egypt. – 1996.
5. Abro M. M., Pathan A. G., Mallah A. H. Liberation of oolitic hematite grains from iron ore, Dilband Mines Pakistan //Mehran University Research, Journal of Engineering Technology. – 2011. – Т. 30. – С. 329-338.
6. Li K. et al. Iron extraction from oolitic iron ore by a deep reduction process //Journal of iron and steel research international. – 2011. – Т. 18. – №. 8. – С. 9-13.
7. Karelin V.G. Peculiarities of pyro-hydrometallurgical technology of desphosphorization of brown iron ore of Lisakovsky deposit // Steel. 2015. №3. P. 8–11.
8. Wang H.H., Li G.Q., Zhao D., Ma J.H., Yang J. Dephosphorization of high phosphorus oolitic hematite by acid leaching and the leaching kinetics // Hydrometallurgy. 2017. V.171. P.61–68.
9. Tang H., Guo Z., Zhao Z. Phosphorus removal of high phosphorus iron ore by gas-based reduction and melt separation //Journal of Iron and Steel Research, International. – 2010. – Т. 17. – №. 9. – С. 1-6.
10. Yu Y., Qi C. Magnetizing roasting mechanism and effective ore dressing process for oolitic hematite ore //Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. – 2011. – Т. 26. – №. 2. – С. 176-181.
11. Сулеймен, Б. Особенности морфологии железной руды Аятского месторождения / Б. Сулеймен, С. П. Салихов, В. Е. Роцин // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-14. – DOI [10.32339/0135-5910-2022-1-7-14](https://doi.org/10.32339/0135-5910-2022-1-7-14).
12. Сулеймен Б. Т., Салихов С. П. Металлизация оолитовой железной руды после окислительного обжига //Промышленное производство и металлургия. – 2020. – С. 279-285.
13. Салихов С. П., Сулеймен Б., Роцин В. Е. Селективное восстановление железа и фосфора из оолитовой руды //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63. – №. 7. – С. 560-567.

### References

1. Özdemir Ö., Deutsch E. R. Magnetic properties of oolitic iron ore on Bell Island, Newfoundland //Earth and planetary science letters. – 1984. – Т. 69. – №. 2. – С. 427-441.

2. Manieh A. A. Oolite liberation of oolitic iron ore, Wadi Fatima, Saudi Arabia //International Journal of Mineral Processing. – 1984. – Т. 13. – №. 3. – С. 187-192.

3. Champetier Y., Hamdadou E., Hamdadou M. Examples of biogenic support of mineralization in two oolitic iron ores–Lorraine (France) and Gara Djebilet (Algeria) //Sedimentary Geology. – 1987. – Т. 51. – №. 3-4. – С. 249-255.

4. El Sharkawi M. M. et al. Stratigraphic setting and paleoenvironment of the Coniacian-Santonian ironstones of Aswan, South Egypt. – 1996.

5. Abro M. M., Pathan A. G., Mallah A. H. Liberation of oolitic hematite grains from iron ore, Dilband Mines Pakistan //Mehran University Research, Journal of Engineering Technology. – 2011. – Т. 30. – С. 329-338.

6. Li K. et al. Iron extraction from oolitic iron ore by a deep reduction process //Journal of iron and steel research international. – 2011. – Т. 18. – №. 8. – С. 9-13.

7. Karelin V.G. Peculiarities of pyro-hydrometallurgical technology of desphosphorization of brown iron ore of Lisakovsky deposit // Steel. 2015. №3. P. 8–11.

8. Wang H.H., Li G.Q., Zhao D., Ma J.H., Yang J. Dephosphorization of high phosphorus oolitic hematite by acid leaching and the leaching kinetics // Hydrometallurgy. 2017. V.171. P.61–68.

9. Tang H., Guo Z., Zhao Z. Phosphorus removal of high phosphorus iron ore by gas-based reduction and melt separation //Journal of Iron and Steel Research, International. – 2010. – Т. 17. – №. 9. – С. 1-6.

10. Yu Y., Qi C. Magnetizing roasting mechanism and effective ore dressing process for oolitic hematite ore //Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. – 2011. – Т. 26. – №. 2. – С. 176-181.

11. Sulejmen, B. Osobennosti morfologii zheleznoj rudy Ayatskogo mestorozhdeniya / B. Sulejmen, S. P. Salihov, V. E. Roshchin // Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. – 2022. – Т. 78, № 1. – С. 7-14. – DOI [10.32339/0135-5910-2022-1-7-14](https://doi.org/10.32339/0135-5910-2022-1-7-14).

12. Sulejmen B. T., Salihov S. P. Metallizaciya oolitovoj zheleznoj rudy posle okislitel'nogo obzhiga //Promyshlennoe proizvodstvo i metallurgiya. – 2020. – С. 279-285.

13. Salihov S. P., Sulejmen B., Roshchin V. E. Selektivnoe vosstanovlenie zheleza i fosfora iz oolitovoj rudy //Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaya metallurgiya. – 2020. – Т. 63. – №. 7. – С. 560-567.

## ООЛИТТИ ТЕМІР КЕНІНЕН АЛЫНҒАН ЭКСТРУЗИЯ ШЕКЕМТАСТАРЫ МЕН БРИКЕТТЕРІН (БРЭКСТЕР) СЕЛЕКТИВТІ ҚАТТЫ ФАЗАЛЫ МЕТАЛДАНДЫРУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

СУЛЕЙМЕН Б.Т.\* , КОСДАУЛЕТОВ Н.Ы. , АДІЛОВ Г.А. 

\*Судеймен Бакыт Темирғалиулы – Техника ғылымдарының кандидаты, «Металлургиядағы сүтегі технологиялары» (ҒЗЗ) ғылыми қызметкері, Оңтүстік Орал мемлекеттік университеті, Челябинск қ., Ресей Федерациясы

E-mail: [bakysuleimen@mail.ru](mailto:bakysuleimen@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9306-1045>

Косдаулетов Нурлыбай Ырғызбайулы – Техника ғылымдарының кандидаты, «Металлургиядағы сүтегі технологиялары» (ҒЗЗ) ғылыми қызметкері, Оңтүстік Орал мемлекеттік университеті, Челябинск қ., Ресей Федерациясы

E-mail: [kosdauletovn@susu.ru](mailto:kosdauletovn@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1570-4188>

Адиллов Галымжан Алибекович – Техника ғылымдарының кандидаты, «Металлургиядағы сүтегі технологиялары» (ҒЗЗ) ғылыми қызметкері, Оңтүстік Орал мемлекеттік университеті, Челябинск қ., Ресей Федерациясы

E-mail: [adilovg@susu.ru](mailto:adilovg@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1012-8097>

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста Аят кен орнының оолит темір кенінен экструзия шекемтастары мен брикеттерін (брэкеттер) қатты фазалы селективті металдандыру процесіне эксперименттік зерттеу жүргізілді. Зерттеуге бастапқы үлгілерді жасаудың зертханалық әдістемесін әзірлеу кірді – кенді ұнтақтау, дымқыл брэкеттер мен шекемтастарды қалыптастыру, оларды кептіру және ылғалды кетіру және күкіртті ішінара кетіру үшін тотығу атмосферасында күйдіру. Осыдан кейін үлгілер көміртегі тотығы атмосферасында және қатты көміртегімен 950 және 1050 °C температурада үш сағат бойы тотықсыздандырғыш күйдіруден өтті. Нәтижесінде 1050 °C температурада үлгілердегі металл фазасының мөлшері 0,6 ат. % дейін жететіні анықталды, ал қатты фазалық өндеуді қолданған кезде металдағы фосфордың мөлшері 3,1 ат. % дейін болды. Тотықсыздандырудан кейінгі үлгілердің массалық талдауы қатты көміртектердің қатысуымен 1050°C температурада тотықсызданған үлгілердегі шығындар, Со атмосферасын пайдаланған кездегі шығындардан асып түсетінін көрсетті. Тотықсыздану температурасының 950 °C дейін төмендеуі Со атмосферасын пайдалану кезінде және қатты көміртегімен жанасу кезінде массаның жоғалу айырмашылығына іс жүзінде әсер етпейді.

**Түйін сөздер:** тотықсыздандырғыш күйдіру, экструзия брикеттері (брэкеттер), шекемтастар, темір, фосфор, көміртегі тотығы, қатты көміртек

## FEATURES OF SELECTIVE SOLID-PHASE METALLIZATION OF PELLETS AND BRIQUETTES OF EXTRUSION (BRACES) FROM OOLITIC IRON ORE

SULEIMEN B.T. \* , KOSDAULETOV N.Y. , ADILOV G.A. 

\*Suleymen Bakyt Temirgaliuly – Candidate of Technical Sciences, Researcher, «Hydrogen Technologies in Metallurgy» SRL, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E-mail: [bakysuleimen@mail.ru](mailto:bakysuleimen@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9306-1045>

Kosdauletov Nurlybai Yrgyzbayuly – Candidate of Technical Sciences, Researcher, «Hydrogen Technologies in Metallurgy» SRL, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E-mail: [kosdauletovn@susu.ru](mailto:kosdauletovn@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1570-4188>

Adilov Galymzhan Alibekovich – Candidate of Technical Sciences, Researcher, «Hydrogen Technologies in Metallurgy» SRL, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E-mail: [adilovg@susu.ru](mailto:adilovg@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1012-8097>

**Abstract.** In this paper, an experimental study of the process of solid-phase selective metallization of pellets and extrusion briquettes (braces) from the oolitic iron ore of the Ayatskoye deposit is carried out. The research included the development of a laboratory technique for the production of initial samples – crushing ore, forming wet braces and pellets, drying and firing them in an oxidizing atmosphere to remove moisture and partially remove sulfur. After that, the samples were subjected to reducing firing in an atmosphere of carbon monoxide and in contact with solid carbon at temperatures of 950 and 1050 degrees Celsius for three hours. As a result, it was found that at a temperature of 1050 ° C, the metal phase content in the samples reaches up to 0.6 atm. %, and the phosphorus content in the metal when using solid-phase processing is up to 3.1 atm. %. Analysis of the mass of the samples after recovery showed that the losses in the samples recovered at 1050°C in the presence of solid carbons exceed the losses when using a CO atmosphere. Reducing the reduction temperature to 950 °C has virtually no effect on the difference in mass loss when using a CO atmosphere and when in contact with solid carbon.

**Key words:** reduction firing, extrusion briquettes (braces), pellets, iron, phosphorus, carbon monoxide, solid carbon