

УДК 536.27

Особенности электропроводности и структуры фосфоритов при высокотемпературном нагреве*

В.И.Бобков

Филиал ФГБОУ ВПО Национального исследовательского университета «МЭИ», Смоленск;
e-mail: vovabobkoff@mail.ru

Поступила в редакцию 13.07.2017

Исследуются особенности электропроводности и dilatометрических характеристик термически активируемых процессов, протекающих в фосфатном сырье при термической подготовке и возгонке желтого фосфора в рудно-термических печах. Представлены результаты экспериментальных исследований зависимостей электропроводности от суммы концентраций CaO, MgO и SiO₂ и относительных удлинений от температуры. Они служат для моделирования и количественных расчетов электротермических аппаратов, а также при разработке новых химико-энерготехнологических систем термической обработки фосфатного сырья. Разработанный сравнительно простой и точный метод определения электропроводности может быть использован в исследованиях структуры и состава фосфоросодержащих руд и пород, а также при изучении физико-химических превращений, происходящих в них при нагреве.

Выявлено существенное влияние примесей на электропроводность. Установлено, что характер температурной зависимости термического расширения в значительной степени зависит от состава фосфоросодержащих руд и пород, с повышением содержания карбонатов деформации в высокотемпературной области увеличиваются. Фосфориты с высоким естественным модулем кислотности переходят в расплав, непрерывно увеличивая свои размеры, что обусловлено совмещением температурных диапазонов термической декарбонизации основного фосфатного вещества и образованием существенных в количественном отношении жидких фаз. Переработка в фосфорной печи кусковых фосфоритов с высоким естественным модулем кислотности вызывает явления, отрицательно влияющие на устойчивость работы печи. Вспучивание зерен перед переходом в расплав снижает порозность слоя и ухудшает условия выхода газообразных продуктов из зоны реакции и может способствовать образованию газопроницаемого «свода», нарушающего теплообмен в электропечи и затрудняющего сход шихты в зону реакции. Термическая переработка фосфоритов с высоким естественным модулем кислотности в рудно-термической печи сопровождается значительными термическими расширениями, уплотнением слоя шихты, появлением электропроводного слоя в верхней зоне фосфорной рудно-термической печи и, как следствие, образованием паразитной цепи тока, прогоранием оболочки электродов под зоной расплава и их обрывом, прогреванием оболочки печи.

Ключевые слова: моделирование, тепломассообмен, электропроводность, температурное расширение, спекание, кинетика, фосфорит.

Введение

Изучение электропроводности и термических деформаций фосфоритов и фосфатно-кремнистых разностей – часть общей проблемы изучения технологических свойств сырьевых материалов фосфорной промышленности с целью его рационального использования.

* Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности, проект №13.9597.2017/БЧ.

Так, достоверные данные по электропроводности фосфоритов и флюсующих добавок необходимы для моделирования и количественных расчетов электротермических аппаратов, а также при разработке новых технологических схем термической обработки фосфатного сырья.

Известно [1], что электропроводность горных пород весьма чувствительна к их составу и структурным особенностям, составу примесей, совершенству контактов между породообразующими материальными, физико-химическими превра-

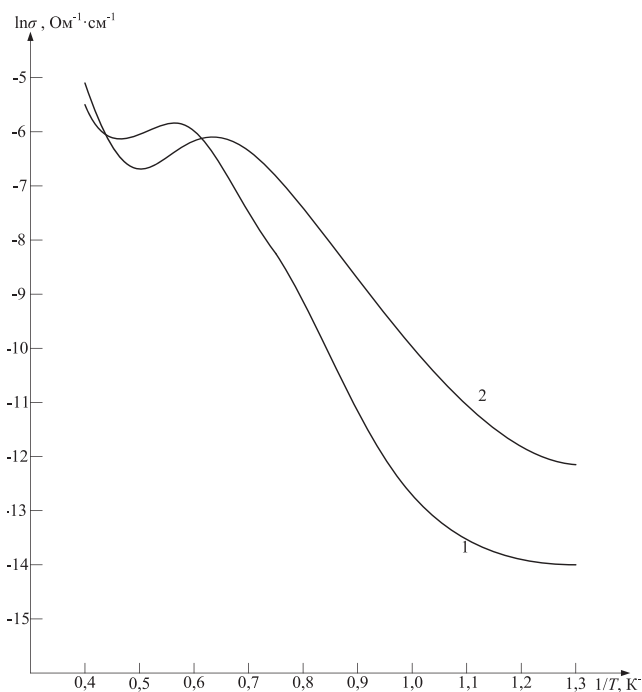


Рис. 1. Зависимость электропроводности фосфоритов от температуры: 1 – при скорости нагрева 0.11 К/с; 2 – при скорости нагрева 0.33 К/с

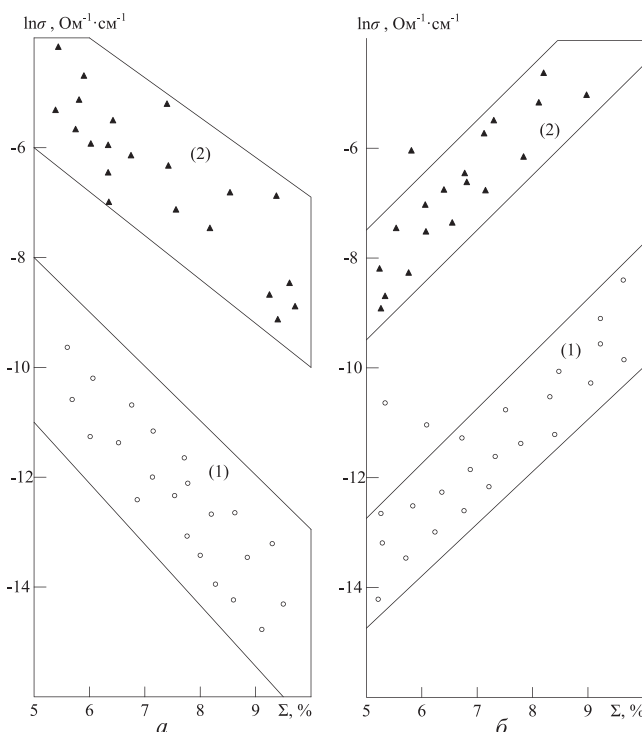


Рис. 2. Зависимость электропроводности фосфоритов от концентрации породообразующих минералов (а) и примесей (б). Области (1) и (2) соответствуют 1000 К и 1500 К. а: Σ – сумма концентраций породообразующих минералов CaO, MgO, SiO₂; б: Σ – сумма концентраций примесей Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃

щениями, происходящими при нагреве [2]. Таким образом, сравнительно простой и точный метод определения электропроводности может быть использован в исследованиях структуры и состава руд и пород, а также при изучении физико-химических превращений, происходящих в них при нагреве.

Существенный фактор, влияющий на выбор наиболее рационального метода переработки сырья и определения пределов интенсификации теплообмена в промышленных установках обжига, – это растрескивание сырья при его нагреве [3]. Этот процесс наряду с особенностями расширения породообразующих минералов при нагреве зависит от термического расширения материала в целом [4].

Термические расширения в области высоких температур, сопутствующие размягчению и плавлению фосфатного сырья, влияют на газодинамические характеристики верхней зоны фосфорной печи и, соответственно, на ход печного процесса электровозгонки фосфора [5].

Кроме того, термические расширения отражают физико-химические, модификационные и структурные превращения в сырье при его нагреве и могут использоваться при изучении этих процессов [6].

Экспериментальные исследования и анализ результатов

Исследования температурных зависимостей электропроводности и термических расширений проводились по методике, предложенной в [7].

На рис. 1 приведены типичные кривые зависимости электропроводности фосфоритов от температуры (проба 1) при скоростях нагрева 0.11 К/с и 0.33 К/с.

Исследования электропроводности широкого класса фосфоросодержащих руд и пород, характеризующихся широким диапазоном изменения состава, свидетельствует о значительном влиянии количественного содержания основных породообразующих минералов [8, 9]. На рис. 2, а представлены зависимости электропроводности от суммы концентраций CaO, MgO и SiO₂ для двух температурных сечений 1000 и 1500 К, на рис. 2, б – от суммы концентраций примесей Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃. Наблюдается также существенное влияние примесей на электропроводность.

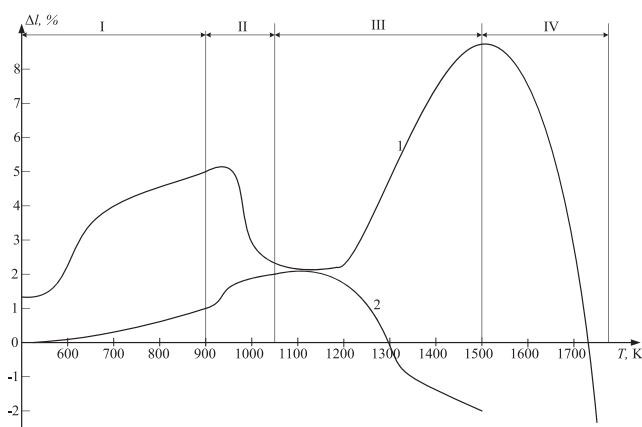


Рис. 3. Зависимость относительных удлинений от температуры:

1 – фосфорит, 2 – фосфатизированный доломит

Дилатометрические исследования показывают, что фосфориты с содержанием $P_2O_5 > 10\%$ имеют подобный характер зависимости относительных удлинений от температуры [10, 11].

Типичный характер зависимостей относительных удлинений фосфоритов и фосфатизированных доломитов ($P_2O_5 = 3\%$) приведен на рис. 3.

На температурной зависимости термических расширений фосфоритов можно выделить четыре участка:

- первый (от 300 до 800 К) – наблюдаются относительно небольшие удлинения до 0.5–1%. Температурная зависимость близка к экспоненциальной;
- второй (800–900 К) – имеется излом кривой с последующим возрастанием удлинений по аналогичному закону;
- третий (1050–1100 К) – форма кривой повторяется при достаточно больших градиентах;
- четвертый (1400–1700 К) – переход к отрицательным деформациям, связанным с размягчением материала и его сдавливанием приложенным усилием (давление на образец в экспериментах составляло 10^5 Па).

При отмеченных температурах на температурной зависимости относительных удлинений наблюдается абсолютный максимум. Величина максимума с повышением содержания P_2O_5 возрастает. Зависимости максимальных относительных удлинений от концентрации представлены на рис. 4. Фосфориты с одинаковым содержанием P_2O_5 обладают большим расширением при более высоком содержании карбонатов, хотя у карбонатов в чистом виде в этой области тем-

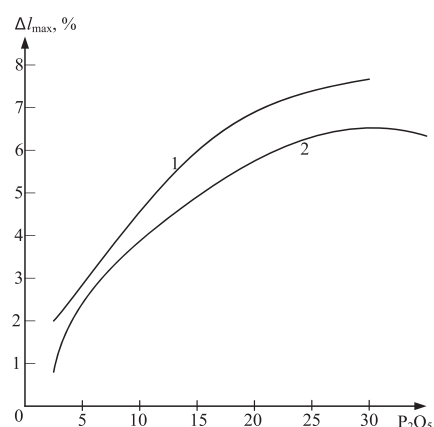


Рис. 4. Зависимость максимальных относительных удлинений фосфоритов от концентрации P_2O_5 : 1, 2 – содержание CO_2 от 10% до 13% и от 2% до 4% соответственно

ператур расширения малы или имеют отрицательный знак [12].

Исследования термических расширений при значительных нагрузках на исследуемый образец дают достаточно объективную картину на низкотемпературных участках и достоверные значения температуры начала размягчения материала, но не отражают объемного расширения образцов при высоких температурах, так как измерительный орган при размягчении материала вдавливаются в исследуемый образец. Для оценки коэффициентов объемного расширения при разгруженном состоянии образца, т.е. способность зерен фосфорита расширяться и заполнять пространство между зернами шихты в верхней зоне фосфорной печи [13], проведены исследования при давлении на образец со стороны измерительного органа до 500 Па. Исследования проводились в нейтральной газовой среде [14, 15].

Результаты химических анализов образцов, их исходная (кажущаяся) плотность и значения естественного модуля кислотности M_K , рассчитанного по формуле $M_K = \frac{g_{SiO_2} + g_{Al_2O_3}}{g_{CaO} + g_{MgO}}$, приведены в таблице.

Результаты исследований в виде кривых относительного удлинения образцов от температуры приведены на рис. 5. Зависимости термического расширения разгруженных образцов до 1200 К практически не отличаются от аналогичных для образцов под нагрузкой [16, 17].

Качественные различия термического расширения образцов при изменяемых нагрузках наблюдаются, начиная с 1250 К.

Результаты химических анализов образцов, их исходная (кажущаяся) плотность и естественный модуль кислотности

Пробы	P ₂ O ₅	CaO	MgO	CO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	НО	ρ, кг/м ³	M _к
П1	21.7	44.2	8.0	19.1	2.9	0.3	0.2	0.5	0.7	–	2850	0.066
П2	1.1	1.8	–	0.4	93.4	–	11.0	11.0	2.0	11.0	2630	–
П3	32.66	47.89	2.06	4.39	8.21	11.0	11.0	11.0	0.65	11.0	3000	0.17
П4	21.05	34.44	4.0	9.76	23.51	1.06	0.3	0.53	0.86	24.7	2850	0.68
П5	23.22	42.42	7.1	15.73	5.61	0.3	0.08	0.39	0.38	5.87	2900	0.13
П6	25.61	39.48	2.7	6.81	16.77	1.49	0.5	0.59	1.29	18.01	2900	0.425
П7	32.2	46.2	0.7	3.63	8.18	0.88	0.3	0.6	1.45	8.87	3050	0.177

При дальнейшем повышении температуры некоторые образцы сохраняют качественный характер зависимости (пробы П1, П3, П5). Температурные деформации в этих образцах достигают максимума в интервале 1450–1550 К и затем дают «усадку», сохраняя свою первоначальную форму с последующим размягчением и плавлением без вспучивания [18, 19]. Образцы с высоким естественным модулем кислотности (пробы П4, П6, П7) при 1300–1400 К начинают терять исходную форму и переходят в расплавленное состояние во вспененном виде [20, 21].

Выводы

На основании приведенных исследований можно сделать следующие выводы и предположения.

- Характер температурной зависимости термического расширения в значительной степени зависит от состава фосфоросодержащих руд и пород. Наименьшие деформации претерпевает сырье, в котором карбонаты выполняют роль вещества, це-

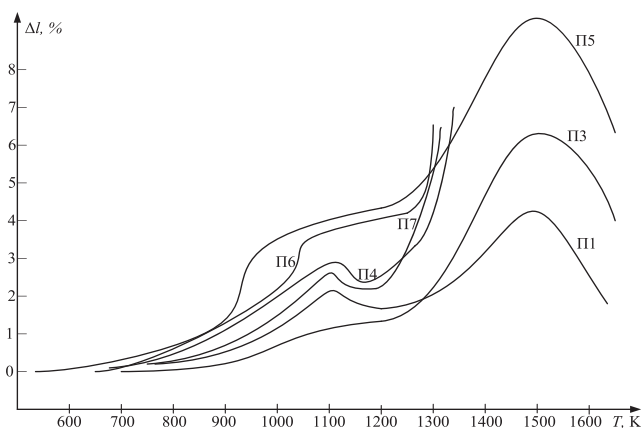


Рис. 5. Относительное термическое расширение кусковых фосфоритов и фосфатно-кремнистых разностей. Нагрев образцов со скоростью 15 °С/мин

ментирующего оолиты фосфатного вещества. С повышением содержания карбонатов деформации в высокотемпературной области увеличиваются.

- Фосфориты с высоким естественным модулем кислотности переходят в расплав, непрерывно увеличивая свои размеры, что обусловлено совмещением температурных диапазонов термической декарбонизации основного фосфатного вещества и образованием существенных в количественном отношении жидких фаз. Появление жидких фаз и сопутствующие этому качественные изменения структуры материала (от структуры с непрерывной газообразной фазой к ячеистой структуре с непрерывной твердой фазой) приводят к тому, что выделяющиеся в материале газы не могут удаляться, но способствуют росту пор и, соответственно, увеличению объема материала.
- Переработка в фосфорной печи кусковых фосфоритов с высоким естественным модулем кислотности может вызывать явления, отрицательно влияющие на устойчивость работы печи. Вспучивание зерен перед переходом в расплав снижает порозность слоя и ухудшает условия выхода газообразных продуктов из зоны реакции и может способствовать образованию газопроницаемого «свода», нарушающего теплообмен в электропечи и затрудняющего сход шихты в зону реакции.
- Не исключено, что при переработке фосфоритов с высоким естественным модулем кислотности резкие значительные термические расширения зерен фосфоритов и уплотнение слоя шихты при наличии жидкой фазы в области сравнительно низких температур могут сопровождаться появлением электропроводного слоя в верхней зоне фосфорной

печи и, как следствие, образованием паразитной цепи тока, прогоранием оболочки электродов под зоной расплава и их обрывом, прогреванием оболочки печи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пак М.И., Панченко С.В., Стояк В.В., Панченко А.И.** Комплекс свойств фосфоритного сырья для оптимизации теплотехнологических процессов производства желтого фосфора. В сб. Интенсификация процессов химических производств. Алма-Ата: КазПТИ, 1988. С. 117–120.
2. **Талхаев М.П., Борисова Л.И., Сухарников Ю.И., Гальперина С.Я.** Производство фосфоритовых окатышей. Алма-Ата: Наука, 1989. 312 с.
3. **Богатырев А.Ф., Панченко С.В.** Математические модели в теплотехнологии фосфора. М.: МЭИ, 1996. 264 с.
4. **Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф., Антоненко Л.К., Жак Р.М., Майзель Г.М., Базилевич Т.Н.** Интенсификация производства и улучшение качества окатышей. М.: Металлургия, 1994. 240 с.
5. **Бобков В.И.** Исследование технологических процессов в обжиговых машинах конвейерного типа // Электрометаллургия. 2015. № 12. С. 2–9.
6. **Бобков В.И.** Ресурсосбережение в электротермии при подготовке сырья на обжиговых машинах конвейерного типа // Электрометаллургия. 2015. № 7. С. 26–34.
7. **Юсфин Ю.С., Каменов А.Д., Буткарев А.П.** Управление окислением железорудных материалов. М.: Металлургия, 1990. 280 с.
8. **Bobkov V.I., Borisov V.V., Dli M.I., Meshalkin V.P.** Modeling the calcination of phosphorite pellets in a dense bed // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2015. V. 49. N 2. P.176–182.
9. **Бобков В.И.** Исследование технологических и тепло-массообменных процессов в плотном слое дисперсного материала // Тепловые процессы в технике. 2014. Т. 6. № 3. С. 139–144.
10. **Luis P., Van der Bruggen B.** Exergy analysis of energy-intensive production processes: Advancing towards a sustainable chemical industry // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2014. V. 89. N 9. P. 1288–1303.
11. **Elgharbi S., Horchani-Naifer K., Férid M.** Investigation of the structural and mineralogical changes of Tunisian phosphorite during calcinations // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2015. V. 119. N 1. P. 265–271.
12. **Бобков В.И.** Моделирование термически активируемых процессов обжига окомкованного сырья // Тепловые процессы в технике. 2016. Т. 8. № 1. С. 42–47.
13. **Panchenko S.V., Shirokikh T.V.** Thermophysical processes in burden zone of submerged arc furnaces // Theoretical Foundation of Chemical Engineering. 2014. V.48. N 1. P. 77–81.
14. **Bobkov V.I., Dli M.I., Fedulov A.S.** Chemical and technological thermally activated process research of roasting pellets in dense bed of conveyor indurating machine // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 925–930.
15. **Pancnehko S.V., Dli M.I., Bobkov V.I., Panchenko D.S.** Problems of analysis of thermal physic processes in a reaction zone of electro thermal reactor // Non-ferrous Metals. 2017. 42 (1). P. 36–42.
16. **Pancnehko S.V., Dli M.I., Bobkov V.I., Panchenko D.S.** Certain of the thermal physics problems of reducing processes in chemical electro thermal reactors // Non-ferrous Metals. 2017. 42 (1). P. 43–48.
17. **Meshalkin V.P., Bobkov V.I., Dli M.I., Khodchenko S.M.** Computer-aided modeling of the chemical process of drying of a moving dense multilayer mass of phosphorite pellets // Doklady Chemistry. 2017. V. 475 (2). P. 188–191.
18. **Meshalkin V.P., Men'shikov V.V., Panchenko S.V., Panchenko D.S., Kazak A.S.** Computer-aided simulation of heat- and mass-transfer processes in an ore-reduction electro thermal reactor // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2015. V. 49. N 5. P. 55–60.
19. **Pancnehko S.V., Dli M.I., Borisov V.V., Panchenko D.S.** Analysis of thermal physic processes in near-electrode zone of electro thermal reactor // Non-ferrous Metals. 2016. N 2. P. 57–64.
20. **Panchenko S.V., Meshalkin V.P., Dli M.I., Borisov V.V.** Computer-visual model of thermos physical processes in electro thermal reactor // Non-ferrous Metals. 2015. N 4. P. 55–60.
21. **Meshalkin V.P., Kolesnikov V.A., Desyatov A.V., Milyutina A.D., Kolesnikov A.V.** Physicochemical efficiency of electroflotation of finely divided carbon nanomaterial from aqueous solutions containing surfactants // Doklady Chemistry. 2017. V. 476 (1). P. 219–222.

Phosphorites electric conductivity and structures specifics at high temperature heating

V.I. Bobkov

*Smolensk Branche of National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Smolensk
e-mail: vovabobkoff@mail.ru*

The article studies specifics of electric conductivity and dilatometric characteristics of thermally activated processes occurring in phosphate raw materials while thermal preparation and yellow phosphorus sublimation in ore heat-treating furnaces. It presents the results of experimental studies of electric conductivity dependence on CaO, MgO and SiO₂ concentrations sum, and relative elongations on temperature. These results are necessary for modeling and quantitative calculations of electro-thermal units, as well as while developing the new chemical-energy-technological sys-

tems for phosphate raw materials treatment. The developed rather simple and accurate method for electrical conductivity determining can be applied for studying phosphorus bearing ore and rock structure and content, as well as physic-chemical transformations occurring in them while heating.

Significant effect of admixtures on the electrical conductivity was revealed. It was established, that the thermal expansion temperature dependence character depends notably on phosphorus bearing ores and rocks content. Deformations in high temperature region herewith increase with the carbonates content built-up. Phosphorites with high natural acidity module transfer into liquid melt, uninterruptedly increasing in size. This is stipulated by superimposition of temperature ranges of thermal decarbonization of the basic phosphate substance, and formation of, significant in a quantitative sense, liquid phases. Reprocessing of lumpy phosphorites with high natural acidity module in a phosphorus furnace causes phenomena affecting negatively the furnace stable operation. Grains swelling before transition into liquid melt reduces the layer porosity and deteriorates the conditions of gaseous products seepage from the reaction zone, and may facilitate the gas-permeable “coving”, disrupting the heat exchange in electric furnace and complicating the furnace charge yield to the reaction zone. The phosphorites with high natural acidity module reprocessing in the ore-thermal furnace is accompanied by significant thermal expansions, furnace charge layer compacting and occurrence of conducting layer in the top zone of the phosphorus ore-thermal furnace. Consequently, it leads to formation of a parasitic current path, electrodes’ envelope burning-out under the liquid melt zone and their breaking, as well as furnace envelope warming-up.

Keywords: modeling, heat and mass exchange, electrical conductivity, temperature expansion, sintering, kinetics, phosphorite.

REFERENCES

1. **Pak M.I., Panchenko S.V., Stoyak V.V., Panchenko A.I.** Kompleks svojstv fosforitnogo sy'r'ya dlya optimizatsii teplotekhnologicheskikh processov proizvodstva zheltogo fosfora [Complex properties of phosphoric raw materials for optimizing the heat-technological processes of production of yellow phosphorus]. V sb. “Intensifikatsiya processov khimicheskikh proizvodstv” [Proc. of Kazakh Polytechnic Institute “Intensification of chemical processes”, Alma-Ata], 1988, pp. 117–120.
2. **Talxaev M.P., Borisova L.I., Suxarnikov Yu.I., Gal'perina S.Ya.** Proizvodstvo fosforitovy'x okaty'shej [Production of phosphorite pellets]. Alma-Ata: Nauka, 1989. 312 p.
3. **Bogatyrev A.F., Panchenko S.V.** Matematicheskie modeli v teplotekhnologii fosfora [Mathematical models in the phosphorus heat technology]. Moscow, ME'I, 1996. 264 p.
4. **Yusfin Yu.S., Pashkov N.F., Antonenko L.K., Zhak R.M., Majzel' G.M., Bazilevich T.N.** Intensifikatsiya proizvodstva i uluchshenie kachestva okaty'shej [Intensification of production and improvement of the quality of pellets]. Moscow, Metallurgiya, 1994. 240 p.
5. **Bobkov V.I.** Issledovanie texnologicheskikh processov v obzhigovy'x mashinax konvejernogo tipa [Investigation of technological processes in conveyor-type calcining machines]. *E'lektrometallurgiya – Elektrometallurgiya*, 2015, no. 12, pp. 2–9.
6. **Bobkov V.I.** Resursosberezhenie v e'lektrotermii pri podgotovke sy'r'ya na obzhigovy'x mashinax konvejernogo tipa [Resource-saving in electrothermy when preparing raw materials on conveyor-type calcining machines]. *E'lektrometallurgiya – Elektrometallurgiya*, 2015, no. 7, pp. 26–34.
7. **Yusfin Yu.S., Kamenov A.D., Butkarev A.P.** Upravlenie okuskovaniem zhelezorudny'x materialov [Handling of agglomeration of iron ore materials]. Moscow, Metallurgiya, 1990. 280 p.
8. **Bobkov V.I., Borisov V.V., Dli M.I., Meshalkin V.P.** Modeling the calcination of phosphorite pellets in a dense bed. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2015, vol. 49, no. 2, pp. 176–182.
9. **Bobkov V.I.** Issledovanie texnologicheskikh i teplo-massobmennyy'x processov v plotnom sloe dispersnogo materiala [Investigation of technological process and heat and mass transfer in a dense layer of dispersed material]. *Teplovy'e processy'v texnike – Thermal processes in engineering*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 139–144.
10. **Luis P., Van der Bruggen B.** Exergy analysis of energy-intensive production processes: Advancing towards a sustainable chemical industry. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2014, vol. 89, no. 9, pp. 1288–1303.
11. **Elgharbi S., Horchani-Naifer K., Férid M.** Investigation of the structural and mineralogical changes of Tunisian phosphorite during calcinations. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2015, vol. 119, no. 1, pp. 265–271.
12. **Bobkov V.I.** Modelirovanie termicheskii aktiviruemy'x processov obzhiga okomkovannogo sy'r'ya [Modeling of thermally-activated process of pellet stuff baking]. *Teplovy'e processy'v texnike – Thermal processes in engineering*, 2016, vol. 8, no. 1, pp. 42–47.
13. **Panchenko S.V., Shirokikh T.V.** Thermophysical processes in burden zone of submerged arc furnaces. *Theoretical Foundation of Chemical Engineering*, 2014, vol. 48, no. 1, pp. 77–81.
14. **Bobkov V.I., Dli M.I., Fedulov A.S.** Chemical and technological thermally activated process research of roasting pellets in dense bed of conveyor indurating machine. *Solid State Phenomena*, 2017, vol. 265, pp. 925–930.
15. **Pancnehko S.V., Dli M.I., Bobkov V.I., Panchenko D.S.** Problems of analysis of thermal physic processes in a reaction zone of electro thermal reactor. *Non-ferrous Metals*, 2017, vol. 42, no. 1, pp. 36–42.
16. **Pancnehko S.V., Dli M.I., Bobkov V.I., Panchenko D.S.** Certain of the thermal physics problems of re-

- ducing processes in chemical electro thermal reactors. *Non-ferrous Metals*, 2017, vol.42, no.1, pp. 43–48.
17. Meshalkin V.P., Bobkov V.I., Dli M.I., Khodchenko S.M. Computer-aided modeling of the chemical process of drying of a moving dense multilayer mass of phosphorite pellets. *Doklady Chemistry*, 2017, vol. 475, no.2, pp. 188–191.
 18. Meshalkin V.P., Men'shikov V.V., Panchenko S.V., Panchenko D.S., Kazak A.S. Computer-aided simulation of heat- and mass-transfer processes in an ore-reduction electro thermal reactor. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 55–60.
 19. Panchenko S.V., Dli M.I., Borisov V.V., Panchenko D.S. Analysis of thermal physic processes in near-electrode zone of electro thermal reactor. *Non-ferrous Metals*, 2016, no. 2, pp. 57–64.
 20. Panchenko S.V., Meshalkin V.P., Dli M.I., Borisov V.V. Computer-visual model of thermos physical processes in electro thermal reactor. *Non-ferrous Metals*, 2015, no. 4, pp. 55–60.
 21. Meshalkin V.P., Kolesnikov V.A., Desyatov A.V., Milyutina A.D., Kolesnikov A.V. Physicochemical efficiency of electroflotation of finely divided carbon nanomaterial from aqueous solutions containing surfactants. *Doklady Chemistry*, 2017, vol.476, no. 1, pp. 219–222

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЧИТАТЕЛЕЙ

Седьмая Российская национальная конференция по теплообмену 22–26 октября 2018 года, Россия, Москва

Организаторы конференции:

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
Российская академия наук
Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления
Национальный комитет РАН по тепло- и массообмену

Все специалисты, занимающиеся фундаментальными и прикладными исследованиями теплообмена, приглашаются принять участие в работе конференции. На конференции будут обсуждаться новые результаты, происходить обмен мнениями и дискуссии, что позволит подготовить предложения по перспективным направлениям фундаментальных исследований, разработать рекомендации по практическому использованию и внедрению новых технологий в промышленность России. Предполагается проведение пленарных, секционных заседаний и круглых столов по ключевым проблемам теплообмена в современной технике. Рабочий язык конференции – русский.

Тематика секционных заседаний и круглых столов:

- вынужденная конвекция в однофазных средах
- свободная конвекция
- тепломассообмен при химических превращениях
- кипение, кризисы кипения, закризисный теплообмен
- испарение, конденсация
- двухфазные течения
- дисперсные потоки и пористые среды
- интенсификация теплообмена
- радиационный и сложный теплообмен
- теплопроводность, теплоизоляция
- нетрадиционные задачи теплообмена
- тепловые процессы в плазме

Оргкомитет конференции надеется, что участие в РНКТ-7 вызовет интерес не только ведущих ученых, но и научной молодежи, аспирантов и студентов.

Место проведения конференции: национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт».

e-mail: nchmt@iht.mpei.ac.ru
URL: www.nchmt.ru