

March 2020

Bases of development of technologies of synthesis of oxide materials in Big solar furnace (Parkent)

Gulamova Dilbara

Institute of Materials Science, gulamova@uzsci.net

Baxronov Khayot

Tashkent University of Information Technologies, baxronov@mail.ru

Bobokhulov Sirojiddin

Institute of Materials Science, siroj-1705@mail.ru

Eshonkulov Elyor

Institute of Materials Science, elyoreshonkulov94@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Dilbara, Gulamova; Khayot, Baxronov; Sirojiddin, Bobokhulov; and Elyor, Eshonkulov (2020) "Bases of development of technologies of synthesis of oxide materials in Big solar furnace (Parkent)," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 1 , Article 2.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss1/2>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

BASES OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES OF SYNTHESIS OF OXIDE MATERIALS IN BIG SOLAR FURNACE (PARKENT)

*Dilbara Djuraevna GULAMOVA*¹ (*gulamova@uzsci.net*), *Khayot Nurovich BAKHRONOV*² (*baxronov@mail.ru*), *Sirojiddin Khurramovich BOBOKHULOVI*¹ (*siroj-1705@mail.ru*), *Elyor Bakhtiyorovich ESHONKULOVI*¹ (*elyoreshonkulov94@mail.ru*), *Dilshod Yunusjon o'g'li JALILOV*¹ (*dilshod_jalilov@list.ru*)
¹*Institute of Materials Science, Tashkent, Uzbekistan*
²*Tashkent University of Information Technologies, Tashkent, Uzbekistan*

The advantages of synthesis of complex oxide compounds by solar energy, the possibility of obtaining highly textured nano materials are shown. The development of heliomaterial science, aimed at the synthesis of new materials, is inextricably linked with the use of effective optical energy systems. On the example of obtaining superconducting materials of nominal composition $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$), optimization of the parameters of the optical-energy system of the Big Solar Furnace (Parkent) is shown. The ideology of developing heliotechnology for the synthesis of inorganic materials in a solar furnace is presented. The properties of a superconducting material of nominal $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$) obtained according to the proposed methodology for the synthesis of materials in a solar furnace are presented.

Keywords: heliotechnology, solar furnace, Bi/Pb superconductors, Tc, resistance

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ (ПАРКЕНТ)

*Дилбара Джуряевна ГУЛАМОВА*¹ (*gulamova@uzsci.net*), *Хайот Нурович БАХРОНОВ*² (*baxronov@mail.ru*), *Сирожиддин Хуррамович БОБОКУЛОВ*¹ (*siroj-1705@mail.ru*), *Эльор Бахтийорович ЭШОНКУЛОВ*¹ (*elyoreshonkulov94@mail.ru*), *Дилшод Юнусжон о'гли ЖАЛИЛОВ*¹ (*dilshod_jalilov@list.ru*)
¹*Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце», Ташкент, Узбекистан*
²*Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан*

Показаны преимущества синтеза солнечной энергией сложных оксидных соединений, возможность получения высоко текстурированных нано материалов. Развитие гелиоматериаловедения, направленное на синтез новых материалов, неразрывно связано с использованием эффективных оптико-энергетических систем. На примере получения сверхпроводящих материалов номинального состава $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$) показана оптимизация параметров оптико-энергетической системы Большой солнечной печи (Паркент). Представлена идеология разработки гелиотехнологий синтеза неорганических материалов в солнечной печи. Представлены свойства сверхпроводящего материала номинала $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$), полученного согласно методологии синтеза материалов в солнечной печи.

Ключевые слова: гелиотехнология, солнечная печь, Bi/Pb сверхпроводник, Tc, сопротивление

KATTA QUYOSH PECHIDA (PARKENT) OKSID MATERIALLARNI SINTEZLASH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQUISH ASOSLARI

*Dilbara Djuraevna GULAMOVA*¹ (*gulamova@uzsci.net*), *Khayot Nurovich BAXRONOV*² (*baxronov@mail.ru*), *Sirojiddin Xurramovich BOBOKULOVI*¹ (*siroj-1705@mail.ru*), *Elyor Baxtiyorovich ESHONKULOVI*¹ (*elyoreshonkulov94@mail.ru*), *Dilshod Yunusjon o'g'li JALILOV*¹ (*dilshod_jalilov@list.ru*)
¹*Materialshunoslik Instituti, Toshkent, O'zbekiston*
²*Toshkent axborot texnologiyalar universiteti, Toshkent, O'zbekiston*

Yuqori teksturalangan nano materiallar olish imkoniyati, murakkab oksid birikmalarni quyosh energiyasida sintezlashning afzalliklari ko'rsatilgan. Yangi materiallarni sintezlashga o'unaltilgan geliomaterialshunoslikning rivojlanishi optiko – energetik tizimlarning samarali foydalanilishi bilan uzviy bog'langan. Masalan, $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$) nominal tarkibli o'ta o'tkazuvchan materiallar olishda Katta Quyosh pechi (Parkent) ning optiko – energetik tizimlarining maqbul parametrlari ko'rsatilgan. Quyosh pechida noorganik materiallarni sintezlashning geliotexnologik ishlanma ideologiyasi ko'rsatilgan. Quyosh pechida materiallarni sintez qilish usuliga muvofiq olingan $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ ($n = 3-20$) nominal tarkibli o'ta o'tkazuvchan materiallar xossalari taqdim etilgan.

Kalit so'zlar: heliotechnology, solar furnace, Bi/Pb superconductors, Tc, resistance

Введение

Проблема ограниченности углеводородного топлива и возможный коллапс жизненных ресурсов из-за недостатка энергоносителей вызывают серьезную озабоченность мирового сообщества и поиск различных путей использования возобновляемых источников энергии: ветра, водных ресурсов, Солнца. С целью использования энергии Солнца в различных областях жизнедеятельности человечества в прошлом веке начато активное исследование возможностей использования концентрирующих солнечных систем в области создания новых материалов. Синтез материалов высшей огнеупорности, создание новых методов исследования на основе использования концентрированной солнечной энергии выявили ряд преимуществ, обеспечиваемых синтезом в солнечных печах [1-5]. Положительными сторонами синтеза в солнечных печах являются возможность создания температур выше 2000 °С в окислительной атмосфере, быстрое и полное протекание реакций в распла-

ве при равновесном парциальном давлении кислорода, возможность получения пересыщенных твердых растворов, исключение загрязнения целевого материала примесями от технологического оборудования, контроль морфологии целевого материала путем заданного режима охлаждения расплава и осуществление сверхбыстрой закалки и др. [6-8]. Последние исследования выявили возможность создания высоко текстурированных наноматериалов [9]. Актуальное развитие гелиоматериаловедения, направленное на синтез новых материалов, неразрывно связано с использованием эффективных оптико-энергетических систем. Так, на комплексе “Большая солнечная печь” (Паркент) осуществляется разработка солнечных технологий и синтез новых материалов на основе усовершенствования оптико-энергетических параметров, представленных в исследованиях [10-12]. Изучены вопросы повышения эффективности солнечных установок, повышение их эксплуатационных параметров и коэффициента полезного действия

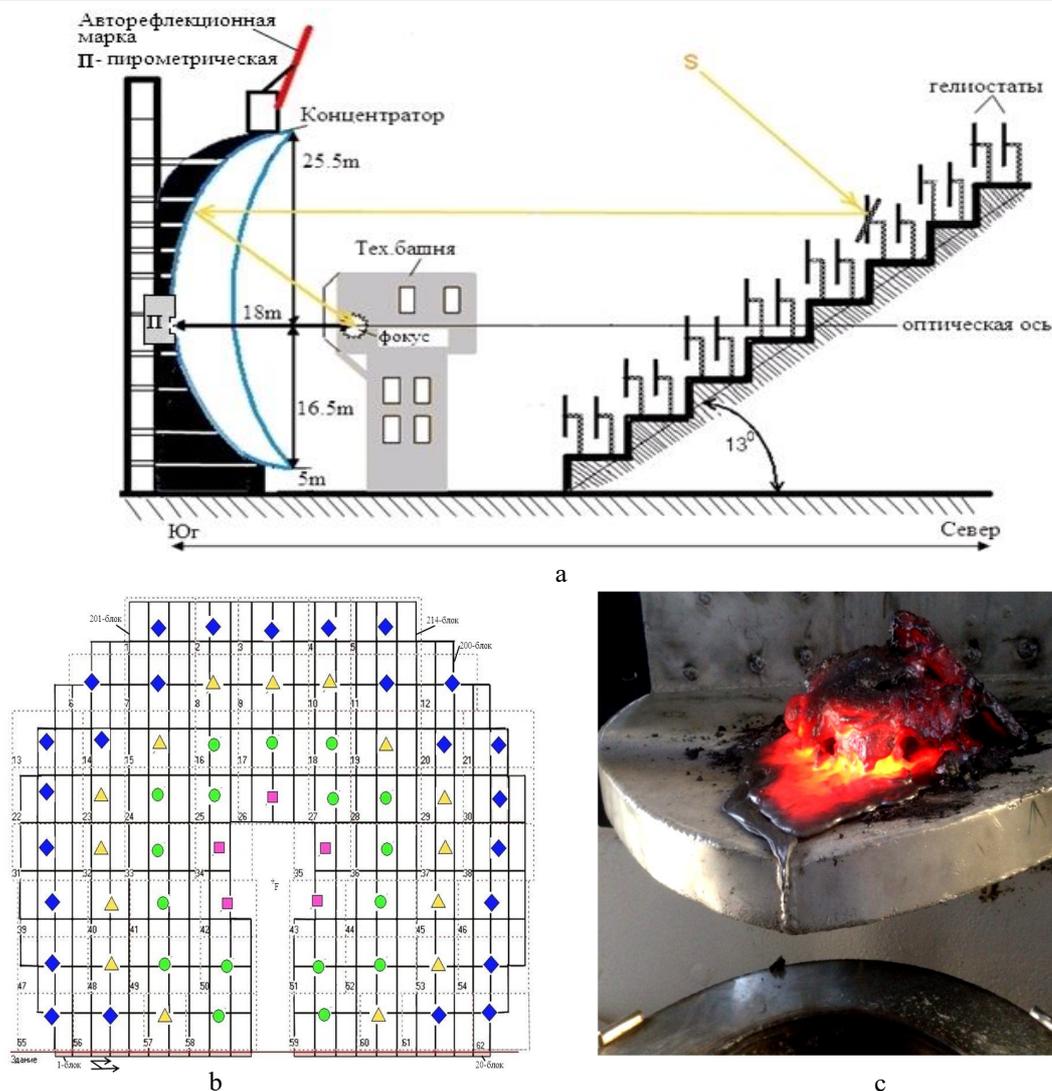


Рисунок 1. Схема комплекса Большая солнечная печь (Паркент)
 (а); гелиостаты, обеспечивающие в фокальном пятне мощность солнечного излучения $\geq 67 \text{ кДж/см}^2 \cdot \text{сек}$ для плавления шихт номинального состава $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n=2-30$) (b); процесс плавления в БСП (с).

путем обеспечения оптимального режима эксплуатации. С этими разработками связано исследование и создание алгоритмов программного обеспечения для систем слежения, модификация и усовершенствование комплекса, включающего гелиостаты и концентратор. В круг исследовательских проблем входит создание высокоточных оптических датчиков слежения, создание новых методов определения погрешностей оптического и программного управления комплексом гелиостатов и концентрирующего зеркала. Решение научно-исследовательских задач и осуществление синтеза материалов в Большой солнечной печи непосредственно связаны с объединением двух основных составляющих, обеспечивающих получение материала с требуемыми свойствами. Принцип взаимосвязи параметров оптико-энергетической системы Большой солнечной печи (БСП) с выполнением задачи синтеза в расплаве и термообработки был положен в основу разработки методологии получения материалов на основе системы $\text{ZrO}_2\text{-MgO-}$

Al_2O_3 , титанатов РЗЭ, титаната алюминия, Bi/Pb сверхпроводящих материалов [13, 14].

Методы исследования

Для сопоставления свойств материалов, предназначенных для получения в Большой солнечной печи с характеристиками оптико-энергетической системы осуществлен анализ мощности солнечного излучения, создаваемого определенными группами гелиостатов, расположенными на гелиостатном поле комплекса Большая солнечная печь (Паркент). Выявление адекватности разработанной технологии осуществлено на приготовленных и расплавленных шихтах номинального состава, соответствующего формуле $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(29)}\text{Cu}_{30}\text{O}_y$. Шихты готовили из смесей оксидов Bi_2O_3 , PbO , SrO , CaO , CuO марки (ч).

Сопротивление исследовали четырёх-контактным методом в температурном интервале 77-340 К. Контакты –

Таблица 1
Теплофизических и оптических свойствах исходных веществ и соединений Bi/Pb 2201 и 2212

Вещество	T _{пл.} , °С.	Коэффициент излучения	Теплопроводность, Вт/м*К, при температуре, К					Теплоемкость кДж/(кг °С)	Энтальпия образования, кДж/моль
			400	700	1100	1500	2000		
Bi ₂ O ₃	2319,7±8	0,18	30	13	7	5	7	79101	298,15K -1675
PbO	3073±13	0,28	36	16	8	6	9	37820,2	-601,8
SrO	1993	0,25	13	9	7	7	-	44496	-910,9
CaO	2128	(800-1500)К, 0,43÷0,71	8	5	3	3	-	55140,4	298,15K -943,9
CuO	1860								298,15K -2604,5

серебряные. Соединительные провода – серебряные. Хладагент – жидкий азот.

Результаты и обсуждение

В основу методологии разработки процесса синтеза материалов номиналов $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ положена взаимосвязь свойств обрабатываемых веществ и характеристик оптико-энергетической системы БСП. Методология разработки технологии синтеза в расплаве включала первоочередное определение теплофизических и оптических свойств исходных веществ и целевого материала, наиболее чувствительных к воздействию солнечного излучения. Мы исходили из того, что комплекс теплофизических и оптических свойств исходных материалов определяет возможность термообработки или плавления под воздействием солнечного излучения. Предполагалось, что требуемый режим термообработки исходных веществ и получение материала с требуемыми свойствами Bi_2O_3 , PbO , SrO , CaO , CuO будет происходить в результате разрыва межатомных связей воздействия излучения определенной мощности на межатомные связи исходных веществ и конкурирующей реакции образования целевого вещества.

Поэтому, для создания требуемой мощности в зоне реакции требовалось оптимизировать оптико-энергетические параметры Большой солнечной печи.

Литературные данные [15] о теплофизических и оптических свойствах оксидов ZrO_2 , MgO , Al_2O_3 , Bi_2O_3 , PbO , SrO , CaO , CuO и энергиях образования целевых соединений не всегда были достаточны для расчета требуемой мощности в фокальной зоне из-за отсутствия данных об изменении указанных характеристик как в широком температурном интервале до плавления, так и их изменении под воздействием светового потока большой мощности. Поэтому в значительной части разработки методики мы опирались на экспериментальные результаты, полученные на малой солнечной печи с диаметром концентрирующего зеркала равном 3 м.

Помимо анализа свойств веществ было необходимо выполнить следующие требования: обеспечить термическую обработку максималь-

ного количества шихты; создать в фокальной зоне равномерное распределение мощности солнечного излучения для того, чтобы исключить нарушение стехиометрии; исключить снижение мощности солнечного излучения в зоне слива расплава.

В качестве примера рассматривается практическое применение методологии для производства Bi/Pb сверхпроводящего материала номинального состава $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$. Литературные данные о теплофизических и оптических свойствах исходных веществ и соединений Bi/Pb 2201 и 2212 основных в данной системе, приведены в таблице 1 [16].

Для оптимизации параметров БСП был осуществлен анализ геометрии фокального пятна в сопоставлении с мощностью, создаваемой определенными группами гелиостатов на основании данных [17, 18].

В результате определено, что эксплуатация гелиостатов, выделенных на рисунке 1, позволит создать в фокальной зоне мощность солнечного излучения ≥ 67 кДж/см²/сек и осуществить технологический процесс плавления шихт номинальных составов $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ и слив расплава с целью его закалки.

Полученный по разработанной технологии сверхпроводящий материал номинального состава $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$, ($n=2-30$) имел наноструктурированную пластинчатую морфологию с размером пластинок блоков 47-194 нм, аналогичную образцу номинального состава $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{19}Cu_{20}O_y$ [19]. Исследование электрического сопротивления образца в температурном интервале 77-340 К показало эффекты, представленные на рисунке 2.

Постоянное сопротивление 0,23(Ω) установлено в температурном интервале 78-205 К. С повышением температуры 240-280 К наблюдали переход и резкое увеличение $R(\Omega)$ при 293 К с последующим падением при 296 К до значения $R=0,48(\Omega)$ и эффектами падения сопротивления до 0,0005(Ω) при 320-330 К. В сопоставлении с данными исследования [19] можно предполагать, что падение сопротивления связано с влиянием высокотемпературной сверхпроводящей фазы.

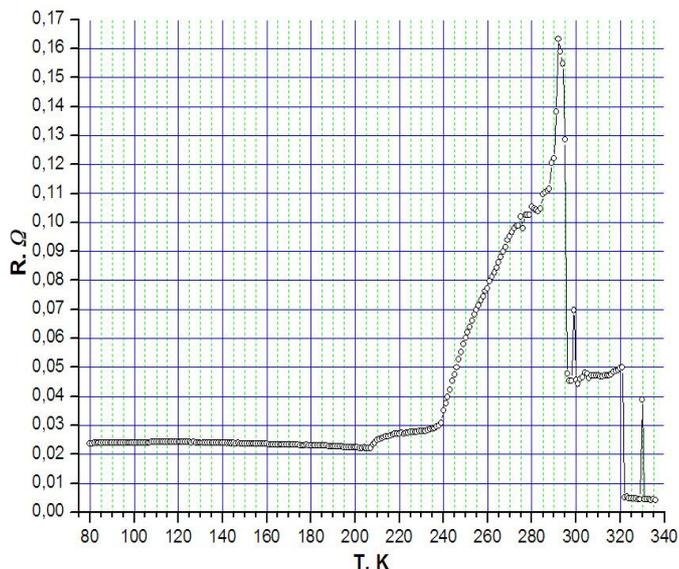


Рисунок 2. Изменение сопротивления образца номинального состава $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{29}\text{Cu}_{30}\text{O}_y$ в температурном интервале 78-340 К.

Заключение

Актуальность использования возобновляемых источников энергии в различных областях жизнедеятельности человеческого сообщества обусловила интерес к развитию гелиоматериаловедения. Обоснованная разработка гелиотехнологий может быть основана на комплексном рассмотрении теплофизических и оптических свойств материалов в координации с параметрами оптико-энергетической системы солнечной установки, например, Большой солнечной печи. Предложенная методология разработки гелиотехнологий на основе вклада гелиостатного поля в геометрию фокальной зоны представляет основу для разработки процессов термообработки материалов сложного состава на солнечных печах различной мощности. Полученный по разработанной технологии сверхпроводящий материал номинального состава $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{29}\text{Cu}_{30}\text{O}_y$ имеет сопротивление, позволяющее предположить его широкое практическое применение.

REFERENCES

1. Trombe F., Gion L., Royere C. Traitement d'oxydes refractaires au four solaire de 1000 kW du Centre National de la Recherche Scientifique [Treatment of refractory oxides in the 1000 kW solar furnace of the National Center for Scientific Research]. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1971, no. 272, pp. 1971-1973.
2. Bobokulov S.H., Bahronov H.N., Shevchenko V.P., Nebesnyy A.A., Turdiev Zh.Sh. Issledovanie fazovogo sostava sverhprovodnikov gomologicheskogo ryada $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n=3-20$), poluchennyh iz steklokristallicheskih prekursorov, sintezirovannyh v solnechnoy pechi [Study of the phase composition of the superconductor homologous series $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 3-20$) obtained from glass crystall precursors synthesized in a solar furnace]. *Uzbekskiy khimicheskiy zhurnal*, 2016, no. 5, pp. 34-41.
3. Trombe F. Les hautes temperatures et leurs utilisations en chimie [High temperatures and their uses in chemistry]. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1952, no. 235, pp. 704-707.
4. Riskiyev T.T., Gulamova D.D. Svoystva oksidnix materialov, sintezirovannyh v solnechnoy pechi [Properties of oxide materials synthesized in a solar furnace]. *Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan*, 2014, no. 2, pp. 14-19.
5. Gulamova D.D., Bobokulov S.H., Turdiev Zh.Sh., Nimatov S.Zh. [Development of technologies for the synthesis of oxide materials using solar energy in a big solar furnace in Parkent]. *Respublikanskaya konferentsiya "Vozobnovyaemye istochniki energii: Tekhnologii i ustanovki"* [Republican Conference "Renewable Energy Sources: Technologies and Installations"]. Tashkent, 2016, pp. 233-235.
6. Yoshihiro Abe. Superconducting glass-ceramics in Bi-Sr-Ca-Cu-O. Fabrication and its Application. Available at: https://play.google.com/store/books/details?id=uxHtCgAAQBAJ&rdid=book-uxHtCgAAQBAJ&rdot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksearch_viewport.html.
7. Azimov S.A., Suleymanov S.X., Gulamova D.D., Sarkisova M.X. Sintez titanata alyuminiya plavlenniyem v solnechnoy pechi [Synthesis of aluminum titanate by melting in a solar furnace]. *Geliotekhnika*, 1984, no. 4, pp. 11-13.
8. Belov A.F., Akopyan R.A., Glazov V.M. Fiziko – himicheskie principy formirovaniya materialov pri sverhvysoykh skorostyah ohlazhdeniya [Physico-chemical principles of the formation of materials at superhigh cooling rates]. *Doklady AN SSSR*, 1978, no. 5, pp. 1835-1838.
9. Gulamova D.D., Turdiyev J.Sh., Shevchenko V.P. [Texture and properties of anisotropic ceramic materials synthesized in a solar furnace]. *Ejegovdnaya mejdunarodnaya konferentsiya ognepurshikov i metallurgov* [Annual International Conference of Refractory and Metallurgical Workers]. Moscow, 2013, pp. 92.
10. Abdurakhmonov A.A., Quchkarov A., Mamatkosimov M.A., Sobirov Yu.B. Metodika rascheta optiko-energeticheskikh kharakteristik zerkal'nykh kontsentrirovushchikh sistem tekhnologicheskogo i energeticheskogo naznacheniya [The methodology for calculating the optical and energy characteristics of mirror concentrating systems for technological and energy purposes]. *Geliotekhnika*, 2015, no. 4, pp. 74-77.
11. Abdurakhmonov A.A., Quchkarov A., Mamatkosimov M.A., Sobirov Yu.B., Akhadov J.Z. Analiticheskiye podkhody rascheta raspredeleniya plotnosti luchistogo potoka ot solntsa dlya parabolotsilindricheskikh zerkalno-kontsentrirovushchikh sistem [Analytical approaches for calculating the density distribution of radiant flux from the sun for parabolic cylindrical mirror - concentrating systems]. *Geliotekhnika*, 2016, no. 2, pp. 50-54.
12. Akbarov R.Yu., Payzullakhonov M.S. Kharakterniye osobennosti energeticheskikh rejimov bolshoy solnechnoy pechi moshnostyu 1000 kWt [Characteristic features of the energy regimes of a big solar furnace with a capacity of 1000 kW]. *Geliotekhnika*, 2017, no. 3, pp. 22-34.
13. Gulamova D.D., Turdiyev J.Sh., Bobokulov S.X., Bahronov H.N., Nebesnyy A.A. Solnechnaya tekhnologiya polucheniya i issledovanie svoystv sverhprovodyashchey keramiki $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 3-5$) [Solar technology for the production and study of the properties of the superconducting ceramic $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n = 3-5$)]. *Novyye ognepory*, 2016, no. 1, pp. 35 – 38.
14. Adilov G.T., Urazaeva E.M., Mansurova E.P. Fazovyye sootnosheniya v sisteme $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ pri razlichnykh usloviyakh oxlazhdeniya rasplavov [Phase relations in the $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ systems under various conditions of cooling the melts]. *Neorganicheskiye materialy*, 1988, vol. 22, no. 10, pp. 1683-1686.
15. Samsonov G.V., Borisova A.L., Jidkova T.G. i dr. *Fiziko-ximicheskiye svoystva oksidov* [Physicochemical properties of oxides]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1978. 472 p.
16. Available at: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/oksidy/svoystva-oksidov-metallov>
17. Klchev Sh.I., Abdurakhmanov A.A., Kuchkarov A.A. Optiko – geometricheskie parametr lineynogo zerkala frenelya s ploskimi fatsetami [Optical - geometric parameters of a linear fresnel mirror with flat facets]. *Geliotekhnika*, 2014, no. 3, pp. 43-46.
18. Abdurakhmanov A.A., Sobirov Yu.B., Payzullakhonov M.S., Orlov A.A., Kuchkarov A.A. Rezultat aktinometricheskikh izmereniy v meste raspolozheniya BSP s teplovoy moshnostyu 1000 kW [The results of actinometric measurements at the location of the BSF with a thermal power of 1000 kW]. *Geliotekhnika*, 2012, no. 3, pp. 92-96.
19. Gulamova D.D. Bi/Pb komnatno – temperaturnyye sverhprovodyashchiye fazy $T_c=291\text{K}$, 295K poluchennyye solnechnoy energiyey [Bi/Pb room temperature superconducting phases of $T_c=291\text{K}$, 295K obtained by solar energy]. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2019, no. 2, pp. 3-6.