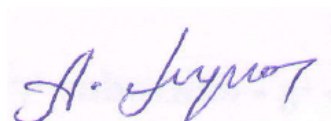


**ГОСУДАРСТВЕННАЯ УЧРЕЖДЕНИЯ «НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ»  
ОАО «ТАДЖИКСКАЯ АЛЮМИНИЕВАЯ КОМПАНИЯ»**

*На правах рукописи*

УДК 662.66



**АСРОРИ МУРОДИЁН**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ И  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО  
СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ**

**05.02.01 – Материаловедение (в металлургии)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Душанбе – 2020

Работа выполнена в лаборатории переработки местного глинозем-и углеродсодержащего сырья Государственного учреждения «Научно-исследовательский институт металлургии» ОАО «Таджикская алюминиевая компания».

**Научный консультант:** доктор химических наук, профессор, академик Национальной академии наук Таджикистана, директор Государственного учреждения «Научно-исследовательский институт металлургии» ОАО «Таджикская алюминиевая компания»  
**Сафиев Хайдар**

**Официальные  
оппоненты:**

доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией органического синтеза Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана  
**Исобеаев Музафар Джумаевич**

доктор технических наук, профессор, научный консультант НИИ «Строительство и архитектуры» Комитета архитектуры и строительство при Правительстве Республики Таджикистан  
**Шарифов Абдумумин**

доктор технических наук, доцент, и.о. профессор, директор филиала Национального исследовательского технологического университета «МИС и С» в городе Душанбе  
**Саидзода Рахимджон Хамро**

**Ведущая организация:** Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни

Защита состоится 21 декабря 2020 года в 9<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 6D.КOA-007 при Институте химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана и на сайте [www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года

**Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат химических наук**



**Махкамов Х.К.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Электродная продукция (аноды, набоечные массы, бортовые и подовые блоки) является неотъемлемой и важнейшей составляющей электролизеров для производства алюминия.

Для выпуска этой продукции в основном используется различное углеродсодержащее сырьё (искусственный графит, нефтяной кокс, антрацит, каменноугольный пек и т.д.), а для ее предварительной термической обработки (обжига) используются природный газ или синтез-газ (угольный газ) и мазут.

В настоящее время годовой выпуск алюминия первичного в мире достигает более 80 млн тонн. Учитывая, что расход только нефтяного кокса для производства анодов составляет 0,5 т на каждую тонну первичного алюминия, годовая потребность алюминиевой промышленности в нефтяном коксе составит более 40 млн. тонн. Фактически в мире производится около 30 млн. тонн нефтяного кокса в год с низким содержанием серы (менее 3% масс) и металлических примесей. Таким образом, годовой дефицит в нефтяном коксе составляет более 10 млн. тонн.

Открытое Акционерное Общество «Таджикская алюминиевая компания» (ОАО «ТАЛКО») ежегодно для удовлетворения своей потребности закупает по высокой цене из других стран углеграфитовые катодные блоки (бортовые и подовые), а ранее для набойки межблочных швов подины электролизеров также закупало набоечные массы из дальнего зарубежья и ближних стран СНГ.

Отдаленность ОАО «ТАЛКО» от поставщиков, большие транспортные расходы и неритмичность поставок приводят к несвоевременному проведению капитального ремонта алюминиевых электролизеров и их пуску в эксплуатацию. Кроме того, ОАО «ТАЛКО» покупает катодные блоки по высокой цене от 1200 до 1400 долл. США за тонну, т.е. влияние стоимости капитального ремонта электролизеров, в частности за счет бортовых и подовых блоков на себестоимость выпускаемого электролитического алюминия весьма ощутимо. Электролизеры с обожженными анодами ОАО «ТАЛКО» работают при проектной силе тока 160 и 175 кА. На каждый электролизер расходуется в среднем 25 тонн бортовых и подовых углеграфитовых блоков, а также 7,5т набоечной массы.

Как известно, бортовые и подовые блоки для электролизеров малой и средней мощности (до 200 кА) изготавливаются из углеграфита, основным компонентом наполнителя которого является антрацит. Республика Таджикистан в Раштском районе располагает высококачественным антрацитом месторождения Назарайлок с общим промышленным и прогнозным запасом более 150 млн. тонн. Учитывая отсутствие значимых объёмов добычи природного газа в Таджикистане, а также зависимость его поставок от конъюнктуры рынка, целесообразно в качестве альтернативы производство синтез-газа из местного углеродсодержащего сырья.

Поэтому исследования, посвященные разработке научно-практических основ использования местного углеродсодержащего сырья в производстве электродной продукции для алюминиевых электролизеров, а также

производству синтез-газа, являются весьма актуальными и своевременными задачами, т.к. они создают научно-технологические предпосылки не только для обеспечения сырьевой безопасности ОАО «ТАЛКО», но и расширяют возможности использования других видов углеродсодержащего сырья в мировом производстве электродной продукции, утилизации огромных объемов накопленных на алюминиевых заводах углеродсодержащих отходов.

Работа выполнена в соответствии с принятым Таджикской алюминиевой компанией Проектом «О переходе предприятий данной компании на местные минеральные ресурсы».

**Цель работы.** Целью работы является разработка научно-практических и технологических основ использования местного углеродсодержащего сырья-антрацита, каменного угля и углеродсодержащих промышленных отходов в выпуске электродной продукции, а также для электролитического производства алюминия.

В соответствии с поставленной целью **решены следующие задачи:**

- исследованы и выявлены на молекулярном уровне структурные превращения антрацита месторождения Назарайлок при температуре окружающей среды и при нагреве до  $1700^{\circ}\text{C}$ ; определены межплоскостные расстояния, текстура, анизотропия отражательной способности, а также области спектров поглощения, приводящих к колебанию имеющихся функциональных групп в антраците;

- комплексно изучены и сопоставлены с зарубежными аналогами физико-химические и физико-механические свойства антрацитаместорождения Назарайлок при температуре окружающей среды и при нагреве до  $1700^{\circ}\text{C}$ ;

- определены величины теплоёмкости, коэффициента теплоотдачи, а также некоторые термодинамические функции антрацита в процессе коксования, которые могут быть использованы при составлении теплового баланса алюминиевых электролизеров и других тепловых агрегатов, футеровка которых выполнена из антрацита месторождения Назарайлок;

- разработана рецептура состава шихты и связующего холодно-набивной подовой массы (ХНПМ), бортовых и подовых блоков, испытанных в лабораторных и промышленных условиях ОАО «ТАЛКО».

- разработан фракционный состав пересыпочногo материала, изготовленного из антрацита, применяемого при обжиге подины алюминиевых электролизеров ОАО «ТАЛКО» ;

- на одной из технологических линий производства анодов ОАО «ТАЛКО» получены опытные партии обожженных анодов, набоечных масс (ХНПМ), бортовых блоков и изучены их физико-химические и физико-механические свойства;

- разработаны требования к антрациту месторождения Назарайлок как сырья для производства анодов, набоечных масс, а также бортовых и подовых блоков, применяемых при футеровке алюминиевых электролизеров;

- исследованы возможности использования коксующихся углей Фон-Ягнобского месторождения как сырья для получения синтез-газа, используемого для нужд технологических процессов;

- исследовано влияние продуктов сгорания синтез-газа на температурный режим блоков обжига анодов, реакционных печей синтеза плавиковой кислоты в реакторах синтеза фтористых солей, а также в сушилках для сушки химических продуктов;

- исследованы применения искусственного графита, полученного из отработанных катодных блоков ОАО «ТАЛКО», в составе шихты для производства подовых блоков алюминиевых электролизеров;

- исследованы возможности получения криолитоглиноземного концентрата (КГК) из углеродсодержащих твердых отходов в ОАО «ТАЛКО» и его использования для производства первичных алюминиевых сплавов.

### ***Объекты и методы исследования, использованная аппаратура***

Химический состав золы в антраците определялся химическими методами согласно ГОСТ 10438-87. Элементы-примеси, а также железо и титан в золе определялись вакуумным волнодисперсионным рентгенофлуоресцентным спектрометром типа «СПЕКТРОСКАН Макс GV». Фракционный состав определялся по ГОСТ 4790-80 «Топливо твердое. Метод фракционного анализа». Термографическое и рентгенографические исследования антрацита осуществлялось на термографе авторской конструкции и установке ДРОН-2 с использованием Си-го излучения на отражение.

Холоднонабивная подовая масса в лабораторных условиях приготавливалась на установке, разработанной в ГУП «ТАЛКО».

### ***Степень достоверности и апробация результатов***

Степень достоверности работы обеспечена современными методами исследований, качественным соответствием полученных результатов с имеющимися в литературе экспериментальными данными и теоретическими представлениями.

Основные результаты диссертационной работы обсуждены и доложены на: Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения одного из основателей ТТУ им. акад. М.С. Осими Сулейманова А.С. (Душанбе, 1998); I Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» ТТУ им. акад. М.С. Осими (Душанбе, 2005); V Международной научно-практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и совершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ», ТТУ имени акад. М. Осими (Душанбе, 2011); Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии», ТТУ имени акад. М. Осими (Душанбе, 2011); Республиканской научно-практической конференции «Геология и геоэкологические проблемы использования горючих полезных ископаемых Таджикистана» (Душанбе, 2011); Республиканской научно-практической конференции «Внедрение наукоемкой техники и технологий в производство», Технологический

университет Таджикистана (Душанбе, 2013); XIII Международной научно-практической конференции «Нумановские чтения» «Достижения химической науки за 25 лет Государственной независимости Республики Таджикистан», посвящённой 70-летию образования Института химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в Республике Таджикистан», посвященной Дню химика и 80-летию профессора Вахобова А.В., Институт химии имени В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2016); Республиканской научно-практической конференции «Технология комплексной переработки полезных ископаемых Таджикистана», посвященной 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 10-летию Горно-металлургического института Таджикистана (Чкаловск, 2016); Республиканской научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в развитие химической науки», посвященной XIV Нумановским чтениям, Институт химии имени В.И. Никитина АН Республики Таджикистан, (Душанбе, 2017); VI Международной конференции «Современные проблемы физики», посвященной 110-летию акад. АН РТ С.У. Умарова и 90-летию акад. АН РТ А.А. Адхамова, (Душанбе, 2018); Республиканской научно-практической конференции «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин в среднеобразовательных школах и ВУЗ-ах», посвященной 150-летию Периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева», ТНУ (Душанбе, 2019); Международной научно-практической конференции «Ускоренная индустриализация-основной фактор развития Таджикистана», ИЭТ (Кушониён, 2019).

***Научная новизна работы:***

- впервые комплексно определены физико-химические и физико-механические, характеристики антрацита месторождения Назарайлок при низких, средних и высоких температурах термообработки (250-1700<sup>0</sup>С), а также ИК- спектроскопией, термогравиметрией, ЭПР и рентгенографией выявлены его возможные структурные превращения, определены изменения его теплоемкости от температуры;

- впервые дана оценка антрацита месторождения Назарайлок как сырья для производства анодов, ХНПМ, бортовых и подовых блоков, а также в качестве пересыпочногo материала для обжига подины алюминиевых электролизеров;

- впервые предложен состав шихты и связующего (соотношение каменноугольного пека и поглотительного масла) для производства ХНПМ, соотношение масс термоантрацита и каменноугольного пека для изготовления анодных, бортовых и подовых блоков;

- впервые в производственных условиях ОАО «ТАЛКО» получены промышленные партии ХНПМ, анодов и бортовых блоков из отечественного антрацита, отвечающих требованиям технических условий ТУ 1913 -109-021-

2003 «Блоки подовые для алюминиевых электролизеров», а также ТУ 48-0128-50-60-04 «Приготовление массы холодноабивной»;

- впервые установлена устойчивость термообработанного до температуры 1400<sup>0</sup>С антрацита месторождения Назарайлок и доказана его пригодность для производства электродных изделий;

- впервые установлена возможность получения первичного электролитического алюминиевого сплава в электролизерах, работающих на криолитоглиноземном концентрате, полученном из углеродсодержащих твердых отходов ОАО «ТАЛКО». Показано, что этим способом можно одновременно наращивать слой электролита в шахте электролизера;

- установлена возможность использования синтез-газа, полученного из антрацита и других углей Республики Таджикистан, вместо природного газа в технологии производства электродных изделий и химических продуктов.

**Теоретическая значимость работы** является изучение молекулярную структуру антрацита месторождения Назарайлок разными современными физико-химическими методами и изыскание возможности использования криолитоглиноземного концентрата полученного из углеродсодержащих твердых отходов ОАО «ТАЛКО» с целью получения электролитического алюминия и алюминиевых сплавов прямо в электролизерах, а также получение синтез-газа в газогенераторах из углей Республики Таджикистан.

**Практическая значимость работы.** На основе проведенных исследований разработаны технологии производства анодов, ХНПМ, бортовых и подовых блоков, а также в виде пересыпочногo материала для обжига подины алюминиевых электролизеров из антрацита месторождения Назарайлок;

Предложена технология газификации углей Фон-Ягнобского месторождения в газогенераторах ООО «ТАЛКО Кемикал». Предложена технология получения криолитоглиноземного концентрата из углеродсодержащих твердых отходов ОАО «ТАЛКО» и его использования в качестве сырья для производства первичного электролитического алюминиего сплава.

Использование антрацита месторождения Назарайлок в качестве наполнителя в составе шихты при производстве анодов, ХНПМ, бортовых и подовых блоков, а также пересыпочногo материала для обжига подины алюминиевых электролизеров снижает себестоимость последних по сравнению с аналогичными углеграфитовыми изделиями, завозимыми в ОАО «ТАЛКО» из России, Украины, КНР и других стран. Применение криолитоглиноземного концентрата, искусственного графита из твердых отходов ОАО «ТАЛКО» позволяет уменьшить объёмы, компенсировать использование свежего глинозема и криолита в производстве алюминия, производить подовые блоки для капитального ремонта алюминиевых электролизеров.

**На защиту выносятся:**

- результаты комплексного исследования химического состава, физико-химических свойств сырого и прокаленного при высоких температурах антрацита

месторождения Назарайлок в сравнении с зарубежными аналогами;

- рецептура и технология производства ХНПМ для набойки межблочных швов подины алюминиевых электролизеров на основе антрацита месторождения Назарайлок;

- технология получения первичного электролитического алюминиевого сплава в электролизерах с использованием в качестве сырья криолитоглиноземного концентрата, полученного из твердых углесодержащих отходов;

- фракционный состав пересыпочногo материала, изготовленного из антрацита с целью проведения обжига подины алюминиевых электролизеров;

- рецептура и технология производства бортовых и подовых блоков, изготовленных из антрацита, для футеровки подины алюминиевых электролизеров;

- результаты промышленных испытаний и использования криолитоглиноземного концентрата в производстве электролитического алюминия, алюминиевого сплава в электролизерах ОАО «ТАЛКО»;

- результаты комплексного исследования по производству синтез-газа из углей Таджикистана с целью его использования в технологии производства обожженных анодов, пара и химических продуктов;

- величины теплоёмкости, коэффициента теплоотдачи и термодинамических функций углей с целью составления энергетических балансов алюминиевых электролизеров и других тепловых агрегатов.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора заключается в анализе и обобщения литературных данных, постановке задачи, планирования проведения экспериментов, обработке, анализ полученных результатов с теоретическими выводами и их формулировке, подготовке и публикации научных статей.

Автор конструировал лабораторного образца вибропресса для прессовки «зеленых» масс опытных образцов катодных блоков, ХНПМ. Руководил внедрению технологии получения электролитического алюминиевого сплава в ваннах, ХНПМ, катодных блоков, синтез-газа на основе использования местного углеродсодержащего сырья в ОАО «ТАЛКО» и ООО «ТАЛКО Кемикал».

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликовано 1 монография, 25 статей, в том числе 13 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 12 тезисов докладов, а также получено 5 малых патентов Республики Таджикистан.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5-и глав, заключения, выводов, списка использованной литературы, включающего 225 наименований. Изложена на 303 страницах компьютерного набора, включая 57 рисунков, 88 таблиц и приложений.



## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы, раскрыта структура диссертации.

**В первой главе** диссертации приведен анализ литературных данных о путях переработки и использования углеродсодержащего сырья в производстве алюминия и других отраслях промышленности. Также приведена общая характеристика углей Республики Таджикистан: распространение геологические происхождения, прогнозные и промышленные запасы, а также показатели их качества. Показано использование углеродного сырья в производства анодов, набоечных масс, катодных (бортовых и подовых) блоков алюминиевых электролизеров.

Анализ литературных данных показывает, что углеграфитовые материалы по своей структуре и свойствам не имеют аналогов в электродной продукции. Свойства холоднонабивной подовой массы (ХНПМ), бортовые и подовые блоки, которые определяют эксплуатационные характеристики катодного устройства алюминиевых электролизеров, зависят от петрографического состава, геологогеохимического происхождения, степени метаморфизма основного компонента наполнителя-антрацита и добавляемого связующего.

При углефикации обычно происходит уплотнение органической массы угля и постепенная убыль его массы за счет отщепления высокомолекулярных веществ, приводящие к увеличению электропроводимости угля. Антрацит месторождения Назарайлок испытывал относительно низкий метоморфизм. Поэтому для уплотнения его органической массы необходимо больше затрата энергии. У антрацита Назарайлок пониженная плотность, несравненно большой выход летучих веществ и низкая отражательная способность. Тем не менее антрацит месторождения Назарайлок является важным технологическим сырьём, и требуется огромных исследовательских работ, определяющих расширение его использования; получить из него ХНПМ, бортовые и подовые блоки и другие углеграфитовые материалы, используемые для нужд Республики Таджикистан, в частности для ОАО «ТАЛКО».

Исходя из этих соображений, следует изыскать пути переработки антрацита месторождения Назарайлок, для того чтобы антрацит приобрел те свойства (качественные показатели), которые соответствовали бы получению различных углеграфитовых материалов. Для достижения этой цели прежде всего необходимо изучить молекулярную структуру антрацита месторождения Назарайлок разными современными физико-химическими методами.

Немаловажной задачей является изыскание возможности использования криолитоглиноземного концентрата полученного из углеродсодержащих твердых отходов ОАО «ТАЛКО» с целью получения электролитического алюминия и алюминиевых сплавов прямо в электролизерах.

Целью работы является научное обоснование, разработка и освоение технологии лабораторного и промышленного производства ХНПМ, бортовых и подовых блоков, на основе угольного месторождения Назарайлок в условиях

ОАО «ТАЛКО» для футеровки алюминиевых электролизеров; изыскание возможности использования углеродсодержащих твердых отходов в производстве алюминия, а также получение синтез-газа в газогенераторах из углей Республики Таджикистан.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Комплексное физико-химическое исследование формирования структуры антрацита месторождения Назарайлок при термообработке до 1700 °С.

2. Комплексное исследование основных закономерностей формирования физико-механических свойств опытных образцов катодных блоков с использованием термоантрацита и искусственного графита, полученного из «боя» отработанных подовых блоков.

3. Исследование зависимости физико-механических свойств катодных блоков от содержания в их рецептуре углеродных материалов с высокой температурой обработки (до 1700 °С).

4. Подбор оптимального состава шихты и связующего, имеющих наилучшие физико-механические свойства исследуемых углеграфитовых электродных изделий в условиях применения синтез-газа.

5. Выпуск опытных партий бортовых блоков на основе антрацитов месторождения Назарайлок с различной температурной обработкой, гранулометрическим составом и сравнительным анализом их физико-механических свойств с зарубежными аналогами.

6. Подбор оптимального состава шихты и связующего, имеющих наилучшие физико-химические и физико-механические свойства производимого ХНПМ на основе антрацита Назарайлок.

7. Выпуск промышленной партии ХНПМ для набойки межблочных швов подины алюминиевых электролизеров ОАО «ТАЛКО» и сравнительный анализ их показателей качества с зарубежными аналогами.

8. Возможности использования зерен термоантрацита в качестве пересыпочногo материала для проведения обжига алюминиевых электролизеров перед пуском.

9. Предложение по комплексному использованию антрацитов месторождения Назарайлок, а также использованию углеродсодержащих отходов в производстве электролитического алюминия.

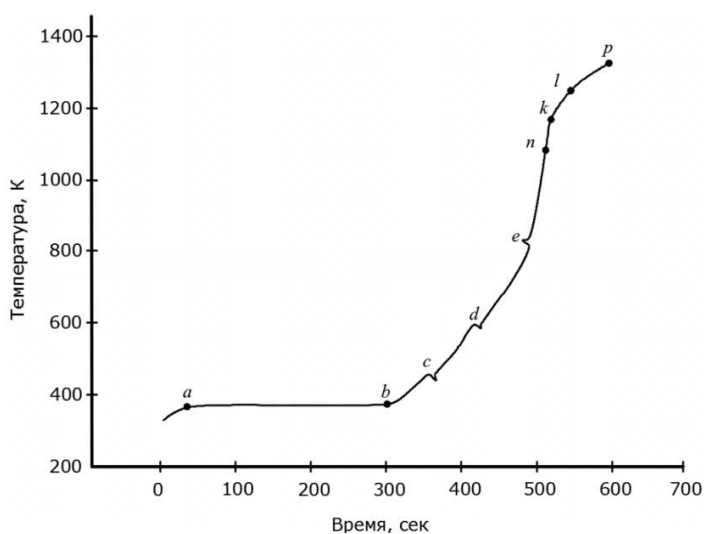
## **ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АНТРАЦИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАЗАРАЙЛОК**

Макросвойства и микросвойства твердых тел определяются на молекулярном уровне. К макросвойствам можно отнести прочностные характеристики. Например, для антрацитов является функция трещиноватости. К микросвойствам можно отнести оптические, электрические, тепловые (теплоемкость) и др. свойства, которые зависят от структуры вещества.

Выше указанные свойства и характеристика требует комплексные физико-химические исследования: термогравиметрия, рентгенография, ЭПР, ИК-спектроскопия, теплоемкость, кинетика выделения органических составляющих из состава антрацита.

Термообработка антрацитов является основным производственным процессом, изменяющим структуру и свойства в определенном направлении. Использование антрацитов в изготовлении набоечных масс и в электродной промышленности без термообработки недопустимо или нежелательно, хотя некоторые материалы (термографит и некоторые другие) производят на основе термически обработанного исходного сырья.

На рисунке 1 и 2 приведены термограмма, дериватограмма (ДТА-кривая 2) и потери массы (кривая 4) антрацита месторождения Назарайлок. Как видно из рисунка 1 на кривой термограммы наблюдается несколько точек перегиба, соответствующих определенной температуре. Например, при температуре 110 °С участок *ab* соответствует выходу адсорбированной воды с поверхности антрацита, участок *bc* выходу генетической воды из глубинных слоев угля, что даёт первый эндоэффект на кривой ДТА (рисунок 2). Общая энергия активации данного эндоэффекта равняется  $14,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , порядок реакции соответствует первому с интенсивностью процессу испарения влаги из пор антрацита  $0,670 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{с}$ .



**Рисунок 1** -Термограмма антрацита месторождения Назарайлок

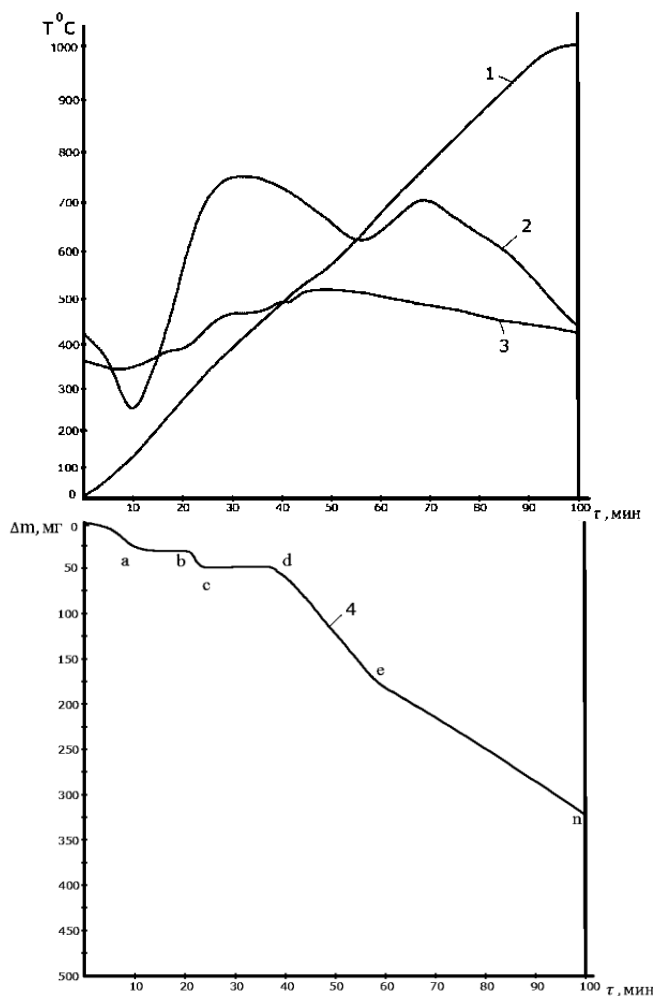
На участке *cd* (рисунок 1) происходит размягчение органической массы антрацита и выход некоторых сорбированных газов:  $\text{O}_2$ ;  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Это характерно для малометаморфизованного антрацита (Назарайлок). На участке *den* (рисунок 1) наблюдается выход легколетучих органических компонентов, продуктами горения которых являются  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и выход  $\text{CH}_4$ . Этот процесс на кривой ДТА (рисунок 2) сопровождается первым экзоэффектом с энергией

активации  $18,80 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , с порядком реакции, равной единице, и максимальной скоростью выхода летучих компонентов –  $0,30 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{с}$ .

Высокотемпературный эндоэффект на кривой ДТА (рисунок 2) ( $620 \text{ }^\circ\text{C}$ ) может быть обусловлен термической деструкцией (или фазовыми превращениями) тяжёлых органических фрагментов. Этому соответствует участок *nkl* (рисунок 1).

Для этого участка подсчитана энергия активации, которая равнялась  $60,60 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , порядок реакции равен единице, а максимальная скорость фазового превращения составляла  $0,40 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{с}$ .

На кривой ДТА наблюдается второй экзоэффект, соответствующий температуре  $700^\circ\text{C}$ . При этой температуре возможно завершение выхода всех органических составляющих, происходит уплотнение углеродных слоёв, рост степени углефикации, частичного сгорания углерода в атмосфере кислорода воздуха. На кривой термограммы эндоэффект (рисунок 1) соответствует участку *пр*. Этому соответствует энергия активации, равная  $99,24 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ , реакция соответствует первому порядку, а максимальная скорость процесса равняется  $0,30 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{с}$ . Далее протекающие выше температуры  $1050^\circ\text{C}$  реакции, по-видимому, проходят в минеральной части угля, например, процесс мулитизации за счёт реакции  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ .



Следует отметить, что минеральная часть антрацита состоит из  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и прочих микроэлементов. Кроме этого, при  $t = 1050^\circ\text{C}$  начинается интенсивное сгорание углерода и теряется общая масса.

На кривой 4 (рисунок 2) приведены данные по потере массы антрацита в зависимости от температуры.

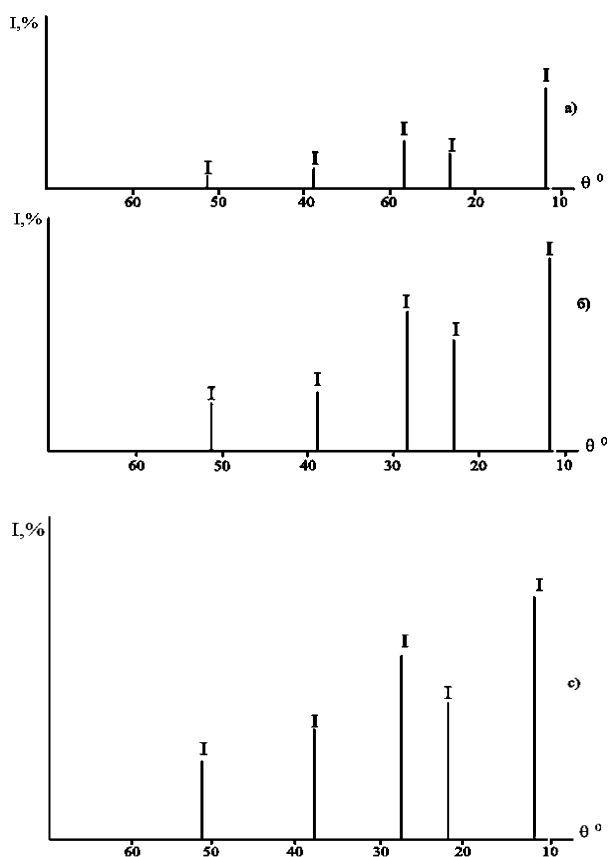
Подсчитано, что до температуры  $480^\circ\text{C}$  потеря массы образца составляет  $5,4\%$  (масс.) и происходит за счёт общего содержания влаги, выхода газов  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Потери массы в пределах  $17,5\%$  (масс) в интервале температур  $500-660^\circ\text{C}$  происходят в основном за счёт сгорания органических составляющих, далее при более высоких температурах (выше  $660^\circ\text{C}$ ) потери массы антрацита происходят за счёт сгорания углерода.

**Рисунок 2** - Дериватограмма антрацита месторождения Назарайлок: 1 – скорость изменения температуры; 2 – скорость потери массы антрацита; 3 – скорость потери массы  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 4 – потеря массы антрацита

Общая потеря массы антрацита составляет 35,0-38,6% (масс). В реальных условиях при прокалке антрацита месторождения Назарайлок в промышленных вращающихся трубчатых печах в зависимости от грансостава, содержания влаги и летучих компонентов общие потери массы составляют в среднем 40,0 % (масс.), то есть выход годного продукта равняется в среднем 60%(масс.).

Таким образом, термическое разложение антрацитов Назарайлока начинается при 330°C, а при 800-900°C вступает в завершающую стадию разрушения первоначальной молекулярной структуры. При более высокой температуре 1300°C происходит её перестройка, на что указывает развитие 2-го экзоэффекта (рисунок 2) и образование муллита из минеральной части угля, содержащей  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ .

На рисунке 3 приведены штрихрентгенограммы исходного (сырого) антрацита (а), прокаленного антрацита при 1200 °C (б) и 1400 °C, (с), а результаты расчетов приведены в таблице 1 и сравнивались с антрацитами других месторождений.



**Рисунок 3** - Штрихрентгенограммы: а) исходный антрацит; б) антрацит после прокалки (при температуре 1200 °C); антрацит после прокалки (при температуре 1400 °C)

В ИК-спектрах исходного антрацита месторождения Назарайлок с полосами поглощения 1100-1200; 1450 – 1500; 2200-2350; 3300-3400; 3650-3750

см-1 можно, соответственно, выделить группы C – O; NH; C ≡ C; C - H; O – H, которые выделяются в виде пиков на спектре (рисунок 4 кривая 1).

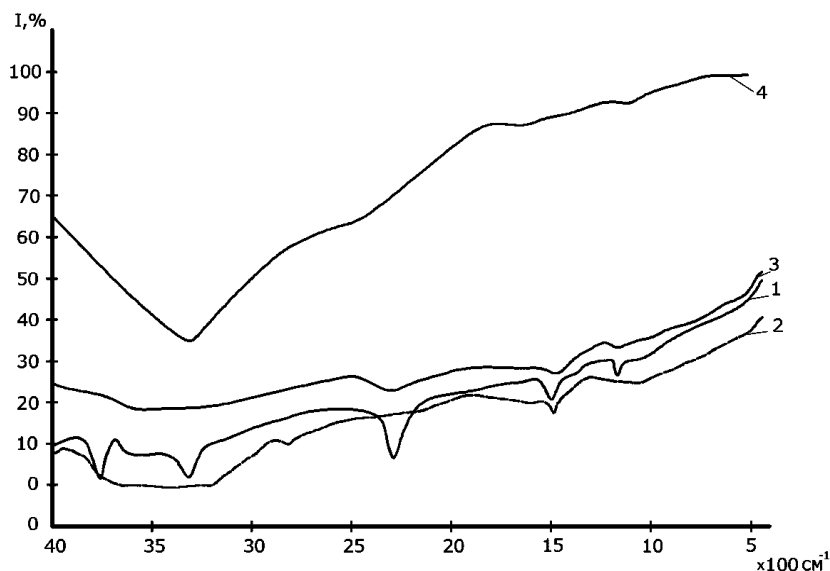
Как видно из рисунка 4, при температуре 1000-1400<sup>0</sup>С на кривых ИК-спектров наблюдается сглаживание пиков, свидетельствующие об исчезновении органических составляющих, особенно при t=1400<sup>0</sup>С (кривая 4). При этой температуре происходит углефикация антрацита, образовавшийся углерод до 95% (масс) поглощает электромагнитные излучения. Полоса поглощения 3500-3000 см<sup>-1</sup> (минимум на кривой 4), по-видимому, соответствует образованию водородной связи.

Изучение теплоемкости является одним из основных методов исследования структурных превращений как изотропных, так и анизотропных тел. К анизотропным телам относятся антрациты и другие угли.

**Таблица 1-** Рентгеноструктурные характеристики антрацитов разных стран до и после термообработки

№ пп	Антрацит	Плотность органич. Частиц, кг/м <sup>3</sup>	Рентгеноструктурные характеристики, нм			Индекс L <sub>a</sub> ·L <sub>c</sub>
			d <sub>002</sub>	L <sub>a</sub>	L <sub>c</sub>	
	1	2	3	4	5	6
1	Донецкий бассейн (шахта.№№66-67)	1660	0,3507	35,70	15,20	542,64
2	Российский Донбасс (шахта им. 60-летия Ленинского комсомола)	1500	0,3550	9,00	3,00	27,00
3	Ха-Ту (Вьетнам, контактный метаморфизм)	1420	0,3518	27,70	19,70	545,69
4	Назарайлок (Таджикистан, участок «Шикорхона»)	1420	0,3560	27,90	20,10	560,79
5	Горловский бассейн (Колыванский антрацит тип. фюзенит)	1690	0,3517	33,50	15,60	522,60
После термообработки (1000 <sup>0</sup> С)						
1	Донецкий бассейн (ш.№ 66-67)	2200	0,3361	46,00	20,30	933,8
2	Российский Донбасс (шахта им. 60-летия Ленинского комсомола)	1900	0,3460	15,60	3,80	59,28
3	Ха-Ту (Вьетнам, контактный метаморфизм)	2130	0,3360	45,00	19,50	877,50
4	Назарайлок (Таджикистан, участок «Шикорхона»)	1750	0,3520	40,50	17,25	698,62
5	Горловский бассейн (Колыванский антрацит тип. фюзенит)	2030	0,3362	33,80	19,20	648,96
После термообработки (1200 <sup>0</sup> С)						

	1	2	3	4	5	6
1	Донецкий бассейн (ш.№ 66-67)					
2	Российский Донбасс (шахта им. 60-летия Ленинского комсомола)					
3	Ха-Ту (Вьетнам, контактный метаморфизм)					
4	Назарайлок (Таджикистан, участок «Шикорхона»)		0,343			
5	Горловский бассейн (Колыванский антрацит тип. фюзенит)					
После термообработки (1400 °С)						
1	Донецкий бассейн (ш.№ 66-67)					
2	Российский Донбасс (шахта им. 60-летия Ленинского комсомола)					
3	Ха-Ту (Вьетнам, контактный метаморфизм)					
4	Назарайлок (Таджикистан, участок «Шикорхона»)		0,340			
5	Горловский бассейн (Колыванский антрацит тип. фюзенит)					

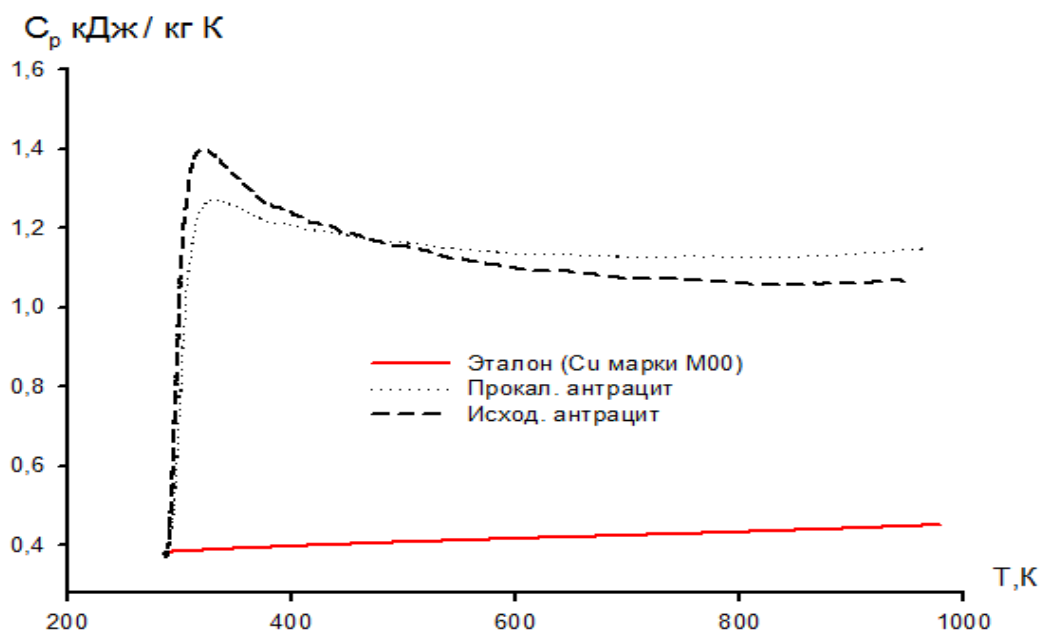


**Рисунок 4** - ИК-спектры сырого и термообработанного антрацита месторождения Назарайлок (пласт №4): 1 - сырой антрацит; 2 - термообработанный при 1000<sup>0</sup>С; 3- термообработанный при 1200<sup>0</sup>С; 4 - термообработанный при 1400<sup>0</sup>С

Анализ литературы показывает, что самым лучшим методом для изучения теплоемкости считается метод сравнения скоростей охлаждения двух образцов: исследуемого и эталонного - по закону охлаждения Ньютона-Рихмана.

Исследования температурной зависимости теплоемкости антрацита проводились в режиме «охлаждения» с применением компьютерной техники и программы SigmaPlot. В качестве эталона использовалась медь марки М00. Параллельно изучались вышеуказанные параметры для заранее прокаленного антрацита при температуре  $1100 \pm 25^\circ\text{C}$  во вращающейся промышленной трубчатой печи ОАО «ТАЛКО».

На рисунке 5 приведена зависимость удельной теплоемкости образцов от температуры.



**Рисунок 5** - Температурная зависимость удельной теплоёмкости эталона и антрацитов

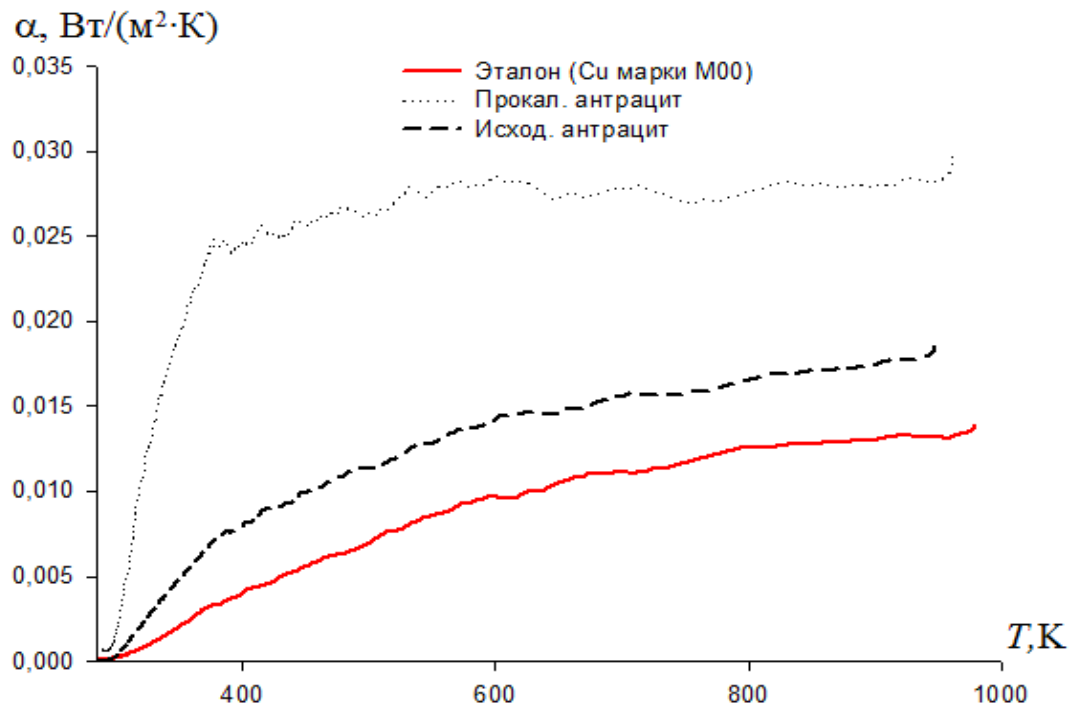
Как видно из рисунка 5, при температуре  $320^\circ\text{K}$  удельная теплоемкость сырого антрацита больше ( $1,40$  кДж/кг·К) по сравнению с заранее прокаленным антрацитом ( $1,27$  кДж/кг·К). Разница составляет  $0,13$  кДж/кг·К, что связано с наличием адсорбированной влаги в сыром антраците. Далее по мере повышения температуры, когда влага испаряется, удельные теплоемкости почти выравниваются при температуре  $500^\circ\text{K}$ , и она в среднем составляет  $1,165$  кДж/кг·К. При температуре  $1000^\circ\text{K}$  удельная теплоемкость коксующего антрацита из-за выхода летучих веществ понижается до  $1,065$  кДж/кг·К., в то время как для заранее прокаленного антрацита она составляет  $1,135$  кДж/кг·К.

Таким образом, для составления теплового баланса алюминиевых электролизеров, катодные блоки которых изготовлены из антрацита месторождения Назарайлок, необходимо использовать  $C_p$  со средним значением  $1,950$  кДж/кг·К в интервале температур ( $973 - 1173$ )  $^\circ\text{K}$ . В



действительности, с целью изготовления катодных блоков в промышленных условиях прокалку антрацита необходимо проводить при температуре 1200-1250°C (1473-1523 °K).

На рисункеб приведена зависимость коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ) от температуры (T) для эталона и исследованных антрацитов.



**Рисунок 6** - Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи эталона и антрацитов

Как видно из рисункаб, коэффициент теплоотдачи заранее прокалённого антрацита гораздо выше по сравнению с сырым антрацитом. Например, при температуре 800<sup>0</sup>К коэффициент теплоотдачи заранее прокалённого антрацита составляет 0,027Вт/м<sup>2</sup>·К, а не полностью прокалённого антрацита - 0,012Вт/м<sup>2</sup>·К. Как уже упоминалась, в производстве углеграфитовых футеровочных блоков используют заранее термообработанный антрацит при 1200-1250°C. В интервале температур 600-1000<sup>0</sup>К  $\alpha$  имеет почти постоянные значения и колеблется в пределах 0.026-0.028 Вт/м<sup>2</sup>·К. Для практических расчетов можно использовать  $\alpha$ , равной 0,027 Вт/м<sup>2</sup>·К.

Исследования теплоемкости антрацитов по специальной программе Sigmaplot выдали значения термодинамических функций при различных температурах. Температурная зависимость энтальпии  $\Delta H^0$  (кДж/кг), энтропии  $\Delta S^0$  (кДж/кг·К) и энергии Гиббса  $\Delta G^0$  (кДж/кг) для исходного и заранее прокаленного антрацитов приведена в таблице 2. Вычисленные значения термодинамических функций показывают энергетические затраты на десорбцию воды, выхода летучих веществ, придания антрациту определенной структуры, а также показывают степени метаморфизма угля.

**Таблица 2** – Температурная зависимость изменения термодинамических функций антрацитов и эталона

Наименование, образцов	$H^0(T) - H^0(T_0)$ кДж / кг						
	Т.К						
	300	400	500	600	700	800	900
1	2	3	4	5	6	7	8
Эталон (Cu марки МОО)	0,711986322	39,8675	80,16671	121,419	163,519	206,4466	250,2666
Прокалённый антрацит	0,001865116	0,096525	0,179061	0,249816	0,249816	0,359947	0,402605
Исходный антрацит	0,002005741	0,104269	0,193355	0,268379	0,329426	0,377555	0,414795
$S^0(T) - S^0(T_0)$ кДж / кг·К							
Эталон (Cu марки МОО)	-0,01033279	0,102223	0,192105	0,267293	0,332174	0,389483	0,441085
Прокалённый антрацит	0,000006296	0,000279	0,00064	0,000593	0,000686	0,000753	0,000803
Исходный антрацит	0,000006717	0,000302	0,000502	0,00064	0,000735	0,0008	0,000845
$G^0(T) - G^0(T_0)$ кДж / кг·К							
Эталон (Cu марки МОО)	3,811822	-1,02179	-15,886	-38,9567	-69,0027	-105,14	-146,71
Прокалённый антрацит	-0,000005	-0,01523	-0,05297	-0,10621	-0,17043	-0,24254	-0,32048
Исходный антрацит	-0,00009	-0,01667	-0,05778	-0,15564	-0,18505	-0,26244	-0,34529

### **ГЛАВА 3. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, ПОДБОРА РЕЦЕПТУРЫ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОНАБИВНОЙ ПОДОВОЙ МАССЫ НА ОСНОВЕ АНТРАЦИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАЗАРАЙЛОК**

После изучения структуры и свойств антрацитов месторождения Назарайлок можно исследовать возможности получения электродных изделий для футеровки алюминиевых электролизеров, в частности производство ХНПМ.

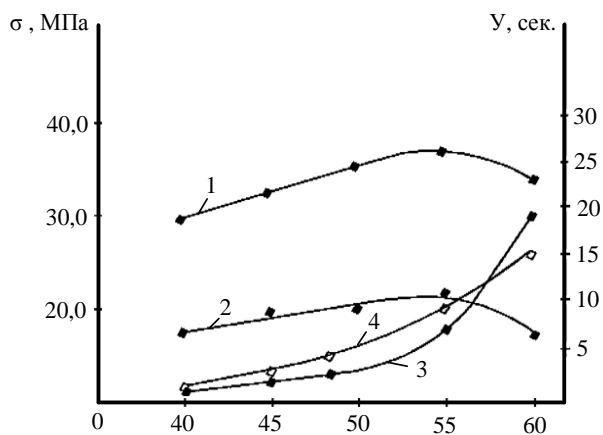
При проведении лабораторных и опытно-промышленных исследований для изготовления ХНПМ использовались каменноугольное связующее с различными реологическими характеристиками, и подовая масса готовилась согласно технологической инструкции ТИ 48-0128-50-60-40 «Приготовление массы холоднонабивной».

С целью подбора оптимального состава ХНПМ с улучшенными качественными показателями изучались зависимость предела прочности на сжатие ( $\sigma$ , кгс/см<sup>2</sup>), уплотняемость ( $Y$ , сек), пористость ( $P$ ,%), кажущаяся плотность ( $d_k$ , кг/м<sup>3</sup>) от содержания пека в связующем, а также от содержания

самого связующего в шихте. Шихта (наполнитель) имела следующий гранулометрический состав, %: (-12+5)мм -15, (-5+1)мм-34, (-1+0,15)мм-20, (-0,15+0,074)мм-31. Для сравнения приведены качественные показатели ХНПМ, полученной из антрацита Донецкой области (Украина).

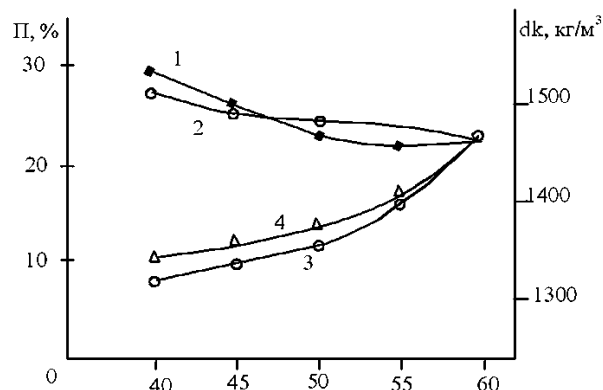
На рисунках 7 и 8 приведены зависимости  $\sigma$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $d_k$  от содержания пека в связующем. Как видно из рисунка 7, с увеличением содержания пека до определённой величины  $\sigma$  увеличивается, достигая максимума при содержании пека в связующем 55% (по массе), а затем падает (кривые 1,2). Необходимо отметить, что значение  $\sigma$  по абсолютной величине для назарайлоцкого антрацита больше по сравнению с украинским антрацитом (кривая 2). Что касается уплотняемости, то с увеличением содержания пека она увеличивается (кривые 3,4). Большое содержание пека в составе связующего приводит к увеличению «жирности» и вязкости, и для трамбовки межблочных швов подины алюминиевых электролизеров требуется больше времени, что является нежелательным. Следует отметить, что оба антрацита ведут себя аналогично. Наилучшие показатели соответствуют содержанию пека в количестве 55% (масс.), а остальное 45% (масс.) составляет поглотительное масло.

На рисунках 9 и 10 приведены зависимости  $\sigma$ ,  $U$ ,  $P$ ,  $d_k$  холоднонабивной подовой массы от содержания связующего в составе шихты. Как видно из рисунка 9, с увеличением содержания связующего  $\sigma$  увеличивается и достигает максимума (кривая 1) при концентрации 12,5% (масс.) Дальнейшее увеличение содержания связующего приводит к уменьшению  $\sigma$ . Для украинского антрацита (кривая 3) явного максимума  $\sigma$  не наблюдается. Что касается уплотняемости ( $U$ ), то с ростом концентрации связующего уплотняемость ХНПМ увеличивается почти одинаково (кривые 2,4) при применении обоих антрацитов. При содержании связующего в количестве 12,5% (масс.) предел прочности ХНПМ на сжатия равняется 34 МПа (340 кгс/см<sup>2</sup>), а уплотняемость - 6 сек (антрацит Назарайлока). Для украинского антрацита эти показатели соответствуют величинам 17,5 МПа (175 кгс/см<sup>2</sup>) и 8,5 сек. Увеличение концентрации связующего уменьшает пористость ХНПМ (рисунок 10, кривые 1,2), а кажущаяся плотность, наоборот, увеличивается (кривые 3,4) для обоих антрацитов. ХНПМ, полученная на основе антрацита Назарайлока, имеет меньшую пористость по сравнению с украинским, и при концентрации связующего 12,5% (масс.) данные показатели, соответственно, равняются 22,0 и 25,0%. Кажущаяся плотность с увеличением содержания связующего увеличивается почти одинаково у обоих антрацитов.



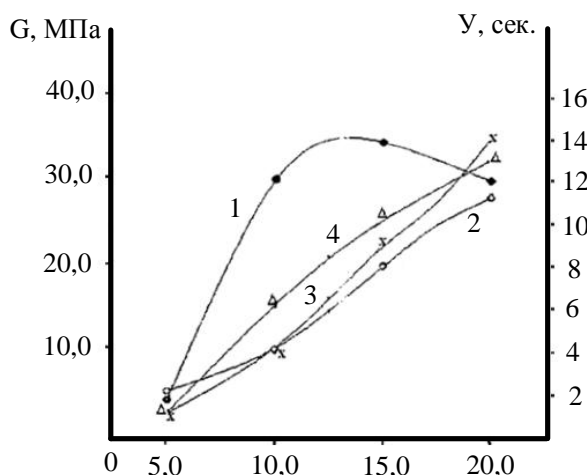
Содержание пека, % (массе)

**Рисунок 7** - Зависимость механической прочности ( $\sigma$ ), уплотняемости ( $Y$ ) ХНПМ от содержания пека в связующем: 1 –  $\sigma$  (Назарайлок); 2 –  $\sigma$  (Запорожье); 3- $Y$  (Запорожье); 4- $Y$  (Назарайлок)



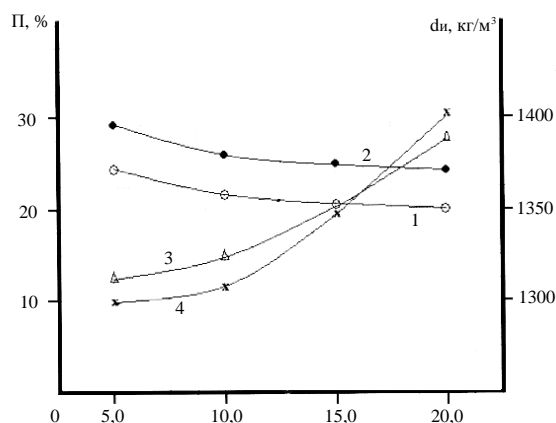
Содержание пека, % (массе)

**Рисунок 8** - Зависимость пористости ( $\Pi$ ) и кажущейся плотности ( $d_k$ ) ХНПМ от содержания пека в связующем: 1- $\Pi$  (Назарайлок); 2 –  $\Pi$  (Запорожье); 3- $d_k$  (Запорожье); 4- $d_k$  (Назарайлок)



Содержание связующего, % (массе)

**Рисунок 9** - Зависимость предела прочности ХНПМ на сжатие ( $G$ ) и уплотняемость ( $Y$ ) от количества связующего: 1,2 - предел прочности массы на сжатие и уплотняемость на основе антрацита Назарайлока; 3,4 - то же самое, соответственно, на основе антрацита Украины



Содержание связующего, % (массе)

**Рисунок 10** - Зависимость пористости ( $\Pi$ ) и истинная плотности ( $d_{н}$ ) ХНПМ от количества связующего: 1,4 - пористость и кажущаяся плотность массы на основе антрацита Назарайлока; 2,3 - то же самое, соответственно, на основе антрацита Украины

Таким образом, на основе проведённых исследований для приготовления связующего можно брать пек и поглотительное масло в соотношениях (53-55:47-45)% масс. Для приготовления ХНПМ к шихте необходимо вводить связующее в количестве 12-13% (масс.).

Далее на основе оптимизации количества вводимого связующего подбирались рецептура сухой шихты (наполнителя) согласно ТИ 48-0126-50-60-04. Номера рецептуры и показатели качества полученной ХНПМ приведены в таблице 3. Как видно из таблицы 3, наиболее лучшие показатели качества ХНПМ имеют рецептуры 3 и 4. Номера рецептов соответствуют различному содержанию фракционного состава в составе сухой шихты, а содержание связующего поддерживалось в пределах 12,5% масс.

**Таблица 3 - Качественные показатели образцов ХНПМ**

Показатели качества	Номер рецепта					
	1	2	3	4	5	6
Механическая прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	200	250	368	321	260	220
Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1300	1330	1390	1400	1380	1360
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1700	1730	1760	1750	1750	1740
Уплотняемость, сек	1.0	2.0	3.0	6.0	10.0	15.0
Пористость (общая), %	26.0	24.0	20.5	21.5	24.0	25.0
Объёмное изменение, %	0,92	1,52	1,68	2,45	3,00	2,64
Зольность, %	3.6	3.5	3.2	3.3	3.4	3,5
Усадка, %	- *	0.08	0.10	0.12	0.16	0.18
Коэффициент стойкости (Кс)	4.0	5.2	6.0	6.5	5.2	4.8
<i>*Быстро рассыпается при сжатии</i>						

С целью проведения исследования в промышленном масштабе сырой антрацит был взят с пласта №4 в количестве 200 т. Термообработка исходного антрацита осуществлялась в прокалочной печи ОАО «ТАЛКО» при разных скоростях вращения: 0,70; 1,06; 1,4; 2,10 об/мин.

В таблице 4 приведены химический состав, удельное электросопротивление (УЭС) и истинная плотность прокалённого антрацита в зависимости от скорости вращения печи. Загрузка антрацита в печь составляла 5,5-6,0 т/час. Из таблицы 4 видно, что после прокали антрацит - диэлектрик превращается в токопроводящий материал. Его УЭС в среднем составляло 1216 Ом·мм<sup>2</sup>/м.

При заданной загрузке наилучшие показатели качества прокалённого антрацита обеспечиваются при скорости вращения печи 1,06 об/мин и температуре 1300<sup>0</sup>С. На практике держать температуру в печи 1300<sup>0</sup>С и более приводит к быстрому разрушению футеровки. При этом срок службы печи уменьшается. Целесообразно для получения ХНПМ температуру прокали антрацита в промышленной печи держать в пределах 1000-1100<sup>0</sup>С.

Ранее в ОАО «ТАЛКО» ХНПМ получали из антрацита Украины (г. Запорожье), а с 2003г. на основе этой технологии производилась ХНПМ, используя антрацит месторождения Назарайлок, согласно технологической

инструкции ТИ 48-0126-50-06-04 «Приготовление массы антрацитовой подовой холоднонабивной». Для этой цели использовалось оборудование и технологические линии, предназначенные для производства анодов (ПА) ОАО «ТАЛКО».

**Таблица 4** - Зависимость показателей качества антрацита месторождения Назарайлок от режима работы прокаточной печи

Скорость вращения печи, об/мин	Температура горячей зоны печи, °С	Температура отходящих газов, °С	УЭС, Ом мм <sup>2</sup> /м	Зола, %	Летучие, %	Сера %	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>
1,06	1280-1310	770-780	1150,0	4,50	1,56	0,16	1740
1,40	1250-1290	760-780	1200,0	3,52	2,24	0,18	1720
2,1	1250-1300	770-780	1350,0	3,22	2,56	0,27	1700
В среднем:			1237	3,71	2,10	0,195	1727
По ТИ 48-0126-50-37-01			не >1300,0	не >6,00	Не Нормируется	не >1,00	не <1749

Оптимальный состав шихты и количество добавляемого связующего были следующие: % (по массе) (-12±5)мм-14±2; (-5±1)мм-34±2; (-1±0,15)мм-19±2; (-0,15±0,074)мм-32±1, в том числе < 0,074 мм – 23±0,00

Содержание связующего (12-13)% состояло из: пека – (53±2)%; поглотительного масла – (47±2)%.

Расчет дебета сухой шихты в процессе промышленного производства ХНПМ приведен в таблице 5. Было получено 200 т ХНПМ, которую разместили в контейнерах ёмкостью по 2,5 т каждый. Контроль качества ХНПМ производился в каждом контейнере. Результаты расчетов приведены в таблице 6.

Холоднонабивная подовая масса (см. таблицу 6), заполненная в некоторых контейнерах по механической прочности и уплотняемости не соответствуют нормам, принятым согласно ТИ-48-0126-50-06-04 и «Физико-механические показатели качества подовой массы».

Согласно ТУ-48-0136-06-92из приготовленных ХНПМ были набиты межблочные швы подины, а также накатаны «подушки» 300 электролизёров. Технологические параметры и технико-экономические показатели некоторых электролизёровпри использовании ХНПМсобственного производства приведены в таблице 7.

**Таблица 5 - Расчет дебета сухой шихты для регулирования составов фракции**

Размер ячеек, мм	Чистота фракций, %								Заданный дебет шихты, %				Полученный дебет шихты, %
	96,5		89,8		69		50		12± 3	35±2	13± 4	40± 3	
	г	%	г	%	г	%	г	%					
12-10	110	35,4	25	9,4					11.6	3.3			14.9
4,7	190	61,1											
1,65	11	35	180	67.4	3.0	1.0			0.4	23.6	0.1		34.4
0,83										7.9	2.4		
0,3										0.2	6.4	1.2	17.3
0,15											2.4	6.8	
0,074											1.0	8.0	33.4
-0,074											0.4	24.0	

Приведенные данные в таблице 7 по обжигу, пуску и эксплуатации алюминиевых электролизеров соответствуют нормам, принятым в технологических инструкциях, работающих на проектных силах тока 160 и 175 кА с обожженными анодами.

**Таблица 6 - Динамика промышленного производства и анализ ХНПМ, полученной на основе антрацита Назарайлока**

№ контей- нера	Мех. прочность , кгс/см <sup>2</sup> не < 230	Пористость, 20-25%	Уплотня- емость, сек. 1- 10	Угар, не > 8%	Объемное изменение , 0,5-3,5%	Зола Не > 6,0%	Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup> не < 1350	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> не < 1750
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	259	22,2	5				1400	1800
216	274	21,3	12				1400	1780
172	220	20,0	6				1440	1800
71	201	24,0	7				1390	1830
56	232	21,9	4	10,10	2,07	12,63	1390	1780
28	288	21,8	3				1400	1790
234	254	23,5	10				1370	1790
51	258	22,7	11				1390	1800
156	271	21,2	6				1410	1790
76	255	21,8	5	7,30	1,47	7,41	1400	1790

1	2	3	4	5	6	7	8	9
122	250	21,2	4				1410	1790
152	213	26,7	18				1340	1830
55	250	24,1	8				1380	1820
21	176	25,9	9				1400	1890
105	268	22,9	10	5,99	3,19	9,53	1380	1790

Как видно из таблицы 7, перепад напряжения в подине ванн по норме должен быть не более 350 мВ, а на самом деле, для некоторых опытных электролизёров превышает от 2 до 10 мВ. Разница в 2-10 мВ связана с точностью замера и лежит в пределах допуска  $\pm 10,0$  мВ.

**Таблица 7** - Техничко-экономические показатели и технологические параметры электролизёров, подина которых набита ХНПМ, полученной на основе антрацита месторождения Назарайлок

Номер ванны	Срок службы ванны, мес.	Сила тока, кА	Напряжение на ванне, В	Перепад напряжения в подине, В	Выход по току, %	Уровни, см		Производительность в сутки, кг
						Металла	Электрлита	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
101	10,7	173,0	4,20	0,350	86,54	34,0	16,0	1206,7
111	4,2		4,18	0,345	89,71	35,0	16,5	1250,9
108	6,6		4,15	0,342	87,56	33,5	16,8	1220,9
202	3,6	173,0	4,18	0,340	88,63	34,2	16,3	1235,8
211	11,3		4,21	0,350	87,92	33,8	17,6	1225,7
294	6,4		4,20	0,346	86,48	34,0	17,0	1205,8
398	3,5	172,8	4,21	0,350	85,15	33,5	18,8	1185,9
323	4,6		4,22	0,352	86,00	34,5	16,5	1197,8
311	2,4		4,20	0,355	85,65	33,6	17,2	1193,0
404	6,4	172,8	4,18	0,348	90,15	34,0	16,5	1253,5
427	3,2		4,15	0,345	89,25	33,5	17,0	1243,0
482	12,0		4,21	0,351	88,55	34,0	18,7	1233,3



1	2	3	4	5	6	7	8	9
592	7,1	158,0	4,20	0,350	88,00	33,5	17,2	1120,7
518	5,1		4,16	0,348	86,05	33,8	18,9	1095,2
517	6,7		4,22	0,340	87,15	34,0	16,0	1109,2
609	7,1	158,0	4,17	0,346	88,83	34,2	16,3	1148,0
611	5,1		4,25	0,352	90,15	34,5	16,5	1147,4
683	6,7		4,19	0,348	87,56	34,7	17,8	1114,3
790	3,0	157,8	4,22	0,350	89,40	32,8	17,5	1137,0
792	6,9		4,25	0,345	87,45	33,2	16,4	1111,6

#### **ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОДБОР РЕЦЕПТУРЫ ОБРАЗЦОВ БОРТОВЫХ, ПОДОВЫХ И АНОДНЫХ БЛОКОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ**

Природный (сырой) антрацит для производства углеграфитовых материалов практически не используется. Для производства электродных изделий необходимо провести кальцинацию при определенных условиях в промышленных печах, либо в стационарных, либо во вращающихся трубчатых печах.

При исследовании использованный сырой антрацит был взят с пласта №4 в количестве 350т и имел следующий гранулометрический и химический состав, % (по массе):  $\phi > 150$  мм - 11,5;  $\phi(160-110)$ мм – 13,0;  $\phi(27-55)$ мм – 14,0;  $\phi(15 - 23)$ мм – 17,0;  $\phi(1,0 - 14,0)$ мм – 36,5;  $\phi < 1,0$  мм - 8,5. С – 92,0; Н – 3,6; N - 1,0; летучих -8,5; зольность – 2,8.

После прокалки антрацита в печи при температуре 1200-1250 °С частицы имели сферическую форму со следующим гранулометрическим составом, %  $\phi(-12 + 5)$ мм -48,5;  $\phi(-5 + 1)$ мм – 33,0;  $\phi(-1+0,0)$ мм – 18,50.

Сортировка фракций прокаленного антрацита производилась в дробильно-сортировочном производстве анодов (ПА) ОАО «ТАЛКО».

Фракции размеров (-12+5); (-5+1); (1+0,15) и (0,15+0,0) мм накапливались в соответствующих бункерах. Самая мелкая фракция размером менее 0,074 мм является гарантом получения качественных катодных (бортовых, подовых), анодных блоков, которую получают в шаровой мельнице. Благодаря дробильно-сортировочному участку, имеющемуся в ОАО «ТАЛКО», получали заданный гранулометрический состав, %: (-12+5)мм-13,0; (-5+1)мм-33,0; (1+0,15)мм-20,0; (0,15+0,0)мм-34,0. Для приготовления опытной партии лабораторных образцов бортовых блоков было взято 5 кг «зеленой» массы,

чтобы можно было изготовить четыре стержня высотой 200 мм и диаметром 36 мм каждый.

Приготовленные лабораторные стержни (образцы) подвергались прессованию в специальном лабораторном вибропрессе с определенной нагрузкой, амплитудой колебания и выдержкой.

Как известно, достижение высоких показателей качественных технических характеристик любого углеграфитового изделия зависит от правильного подбора (оптимального состава «зеленой» массы) состава шихты (наполнителя) и качества вводимого связующего (пека).

С этой целью изучалась зависимость физико-химических и прочностных характеристик ( $\sigma_{сж}$ , МПа), ( $\sigma_{изг}$ , МПа), (ПО, %), ( $d_k$ , кг/м<sup>3</sup>), ( $d_u$ , кг/м<sup>3</sup>) и УЭС от содержания связующего в составе шихты.

Зависимость указанных технических характеристик от содержания связующего в составе шихты приведена на рисунках 11, 12, и 13. С увеличением содержания связующего  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{изг}$  возрастают до определенного значения, далее уменьшаются (см. рисунок 11). Когда содержание пека достигает 18,0% (массе), обеспечивается максимальное значение предела прочности на сжатие. Подобная картина наблюдается с изменением  $\sigma_{изг}$ . Увеличение содержания связующего свыше 20% в составе шихты приводит к уменьшению  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{изг}$ , возрастанию внутреннего напряжения, теряется упругость. Все это приводит к ухудшению технических характеристик электродного изделия.

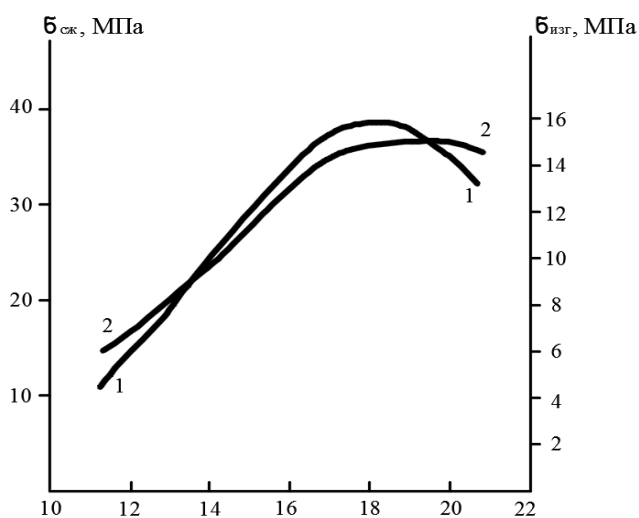
На рисунке 12 показана зависимость  $d_k$ , общей пористости (ПО) от количества добавляемого пека. Как видно из рисунка, увеличение содержания пека приводит к уменьшению общей пористости, а кажущаяся плотность, наоборот, увеличивается. Увеличение содержания пека способствует заполнению пор, имеющих в межгранулах шихты. Как видно из приведенных рисунков, хорошие физико-механические показатели образцов достигаются при содержании пека в количестве 17-19% (массе).

На рисунке 13 приведена зависимость удельного электросопротивления (УЭС) и истинной плотности ( $d_k$ ) образцов от содержания связующего. Как видно из рисунка 13, с увеличением содержания пека УЭС падает, а истинная плотность возрастает. С увеличением количества связующего уменьшаются как общая пористость, так и открытые поры. Пек, внедряясь в поры, обеспечивает монолитность образцов.

Увеличение пористости ухудшает электропроводимость бортовых блоков. Для бортовых блоков установлена пористость в пределах 18-20%.

Как показывают проведенные опыты, оптимальное содержание пека-связующего составляло 18% (массе), и мы сохранили эту величину до конца своих опытов, но подбиралась рецептура сухой шихты, изменили фракционный состав.

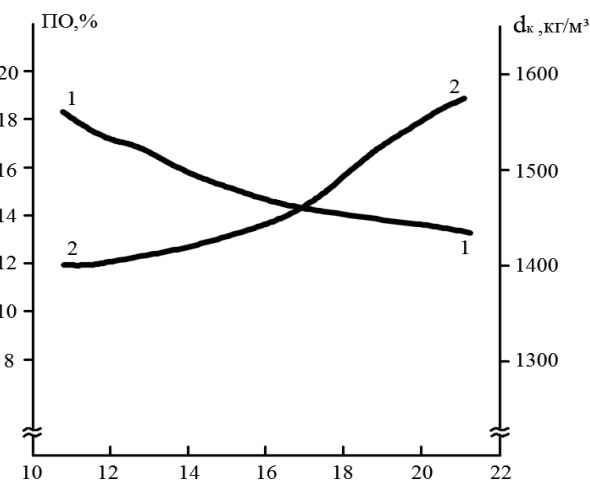
Разработанный дебет сухой шихты, грансостав и показатели качества лабораторных образцов бортовых блоков приведены в таблице 8.



Содержание пека, % (массе)

**Рисунок 11** - Зависимость

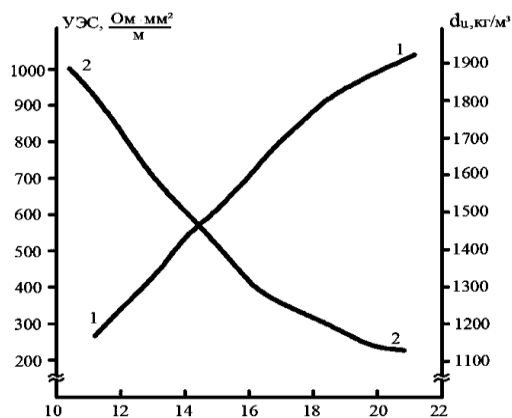
предела прочности на сжатие ( $\sigma_{сж}$ ) и предела прочности на изгиб ( $\sigma_{изг}$ ) от количества связующего (пека): 1- предел прочности на сжатие; 2- предел прочности на изгиб



Содержание пека, % (массе)

**Рисунок 12** - Зависимость

пористости общей (ПО) и кажущейся плотности ( $d_k$ ) от количества связующего (пека): 1- изменение общей пористости; 2- изменение кажущейся плотности



Содержание пека, % (массе)

**Рисунок 13** - Зависимость удельного электросопротивления (УЭС) и

истинной плотности от содержания пека: 1-изменение истинной плотности; 2- изменение УЭС

Наилучшие показатели качества соответствуют рецептурам №№10,12. Эти составы могут быть рекомендованы для промышленного производства бортовых блоков.

Рецептура №12 (табл 8) была принята для производства опытной партии бортовых блоков. Опытные партии получили на пилотной установке. Выбранный оптимальный состав синтетической шихты и количество добавленного связующего следующие, % (массе) : (-10+5)мм -10,0 ± 2; (-5+1)мм -35 ± 2; (-1+0,15)мм; -25 ± 1; (-0,15+0)мм -30,0 ± 2, пек

каменноугольный-18%. Опытные партии производились на оборудовании смесильно-прессового цеха (СПЦ) и цеха обжига анодов (ПА) ОАО «ТАЛКО».

**Таблица 8** - Показатели качества лабораторных образцов бортовых блоков и дебета сухой шихты

N № п. п	Дебет синтетической шихты и гранулометрический состав				Объемная плотность, $d_k$ , кг/м <sup>3</sup> (1,45-1,55)	Истинная плотность, $d_u$ , кг/м <sup>3</sup> (1,82-1,85)	Пористость общая (ПО), % (17-20)	Пористость открытая (П), % (14-16)	Прочность на сжатие, $\sigma_{сж}$ , МПа (38-50)	Прочность на изгиб, $\sigma_{изг}$ , МПа (13-15)	КТР $\cdot 10^{-6}$ 1/°C (2,5-3,5)	$\lambda$ , Вт/ М·К (9-12)
	(12+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) мм, %								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8,00	37,0	23,0	32,0	1420	1910	20,4	13,2	25,0	13,2	2,2	8,4
2	10,0	35,0	23,0	32,0	1480	1930	21,6	14,2	30,3	12,1	2,0	9,2
3	12,0	33,0	23,0	32,0	1440	1860	22,0	15,3	24,0	12,2	1,8	9,0
4	14,0	31,0	23,0	32,0	1420	1810	22,3	16,2	23,4	12,0	1,7	8,6
5	16,0	29,0	23,0	32,0	1400	1805	23,0	16,5	22,6	11,3	1,7	8,4
6	18,0	27,0	23,0	32,0	1350	1755	24,2	17,6	20,2	10,2	1,9	8,7
7	10,0	40,0	20,0	30,0	1380	1796	22,1	17,2	25,6	10,5	2,1	9,0
8	10,0	40,0	25,0	25,0	1400	1825	19,2	16,6	28,0	11,6	2,4	9,2
9	10,0	40,0	27,0	23,0	1420	1900	17,3	14,6	30,0	12,5	2,8	9,6
10	10,0	25,0	30	35,0	1520	1960	18,2	15,7	32,0	13,6	3,0	10,3
11	15,0	30,0	25	30	1480	1920	17,1	14,3	29,2	14,2	2,8	10,4
	(10+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) мм, %								
12	10,0	35,0	25,0	30,0	1550	2000	18,5	15,5	42,0	14,4	2,82	10,7
13	12,0	33,0	25,0	30,0	1480	1995	17,4	14,8	40,0	14,6	2,74	10,5
14	14,0	31	25,0	30,0	1490	1990	17,2	15,1	38,0	14,1	2,69	10,4
15	16,0	29	20,0	35	1495	1985	19,1	16,4	35,0	13,7	3,05	9,8
16	18,0	26	28	28	1392	1970	20,5	17,2	26,4	12,3	3,24	9,5

Примечание: КТР-коэффициент термического расширения, 1/°C (измеряется в пределах 20-520 °C);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, измеряется при температуре 293 °K.

Этим методом изготавливались 12 шт опытных бортовых блоков. После с каждого блока вырезали (на нарушая целостность блока) стержни диаметром 36 мм, длиной 200 мм специальной фрезой и определяли физико-механические показатели (таблица9). Для сравнения приведены качественные показатели бортовых блоков России и ОАО «Укрграфит» (Украина).

Как видно из таблицы9 качественные показатели наших опытных образцов бортовых блоков по всем параметрам почти совпадают с бортовыми блоками ОАО «Укрграфит».

**Таблица 9** – Показатели качества углеграфитовых бортовых блоков, выпускаемых разными производителями

Показатели качества	Ед. измер.	Показатель, средний		
		Таджикистан	Украина	Россия
Объемная (кажущаяся) плотность	т/м <sup>3</sup>	1,50	1,58	1,53
Истинная плотность	т/м <sup>3</sup>	1,9	1,92	1,90
Пористость общая	%	19,0	18,5	22,0
Пористость открытая	%	16,0	15,0	-
Прочность на сжатие	МПа	35,0	40,0	24,0
Прочность на изгиб	МПа	10,5	-	12,0
Относительное удлинение	%	-	0,70	0,60
Содержание золы	%	4,05	3,25	-
Коэффициент термического расширения 10 <sup>-6</sup> (20-520 °С)	1/°С	3,5	3,0	3,5
Коэффициент теплопроводности при 293 °К	Вт/м · К	11,0	10,5	10,0

С целью определения пригодности антрацита месторождения Назарайлок для производства подовых блоков сначала требуется тщательное лабораторное исследование самыми современными методами, приборами и технологиями.

Имеющее оборудование и технологии в смесильно-прессовом цехе (СПЦ) и производстве анодов (ПА) ОАО «ТАЛКО» полностью не отвечает требованиям для оптимизации гранулометрического состава шихты (наполнителя) и связующего пека. Возникает необходимость в использовании промежуточных фракций в определенных процентных соотношениях. Дебет сухой шихты для производства бортовых блоков отличается от дебета сухой шихты производства подовых блоков.

Для производства подовых блоков используются фракции, мм: 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,15, 0,075 и менее 0,074.

К подовым блокам требования по техническим характеристикам очень высокие по сравнению с бортовыми блоками.

Необходимо отметить, что в состав сухой шихты, который состоит из антрацита, необходимо добавить искусственный графит, т.к. графит способствует увеличению электропроводимости подовых блоков, что крайне важно.

Исходя из этого, был осуществлен цикл лабораторных исследований по использованию графита в качестве композиционной добавки в производстве подовых и бортовых блоков. Технология получения графита из «боя» катодных

блоков была разработана сотрудниками НИИМ ОАО «ТАЛКО» под руководством академика Х.Сафиева.

Содержание графита в исходной шихте составляло 15-25 мас.%. Стержни, помещенные в стальные ящики с углеродистой засыпкой, обжигались в промышленной печи обжига анодов при температуре 1250°C.

В таблице 10 приведены усредненные физико-химические и механические показатели стержней, полученных с добавками графита.

Как видно из таблицы 10, физико-химические и механические показатели стержней, изготовленных с добавками графита, соответствуют нормативным показателям промышленных бортовых и подовых блоков, т.е. графита, получаемый из отработанных бортовых и подовых блоков, вполне может быть использован в качестве сырья для производства электродной продукции.

Для изготовления лабораторных образцов подовых блоков из этих материалов были подобраны 4 состава смеси, мас. %:

1. Термоантрацит – 80,0; пек -20,0.
2. Термоантрацит – 66,6; графит – 16,7; пек -16,7.
3. Термоантрацит – 58,3; графит – 26,0; пек -16,7.
4. Термоантрацит – 41,7; графит – 41,7; пек -16,6.

**Таблица 10** – Физико-химические и механические показатели промышленных блоков и лабораторных образцов

Наименование блоков		Зольность, мас. %	УЭС Ом мм <sup>2</sup> /м	Мех.прочн. кгс/см <sup>2</sup>	Кажущ. плотность г/см <sup>3</sup>	Истин. плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость %	Содержание примесей, мас, %			Доля углеграфитового материала в шихте мас, %
								Fe	Si	V	
Подовые блоки	Лабораторные	5,01	80	225	1,54	1,96	21,4	0,428	0,346	0,004	30
	Промышленные	2-6	25-44	190-330	1,53-1,61	1,85-1,95	15-21	не регламент			30

В таблице 11 приведены физико-химические показатели экспериментальных образцов.

Как видно из таблицы 11, такие нормативные показатели, как кажущаяся и истинная плотности, зольность, пористость и мехпрочность обожженных экспериментальных стержней, изготовленных из смеси термоантрацита с графитом, в целом соответствуют нормативным показателям промышленных подовых блоков. При этом проявляется тенденция улучшения этих показателей с увеличением содержания графита в составе шихты.

В настоящее время на многих алюминиевых заводах при монтаже и футеровке подины электролизеров широко используют подовые блоки, изготавливаемые из термоантрацита с различными добавками графита (30-70%). Подовые блоки из чистого кальцинированного антрацита вследствие большего УЭС практически не производятся.

**Таблица 11** – Физико-химические показатели экспериментальных стержней

Наименование образца	Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Зольность, мас. %	Пористость, %	Мех. проч., кГс / см <sup>2</sup>	УЭС, Ом·мм <sup>2</sup> / м
Смесь №1	1,40	1,75	4,15	18,3	185	75
Смесь №2	1,56	1,83	4,06	16,6	178	68
Смесь №3	1,59	1,84	3,78	15,2	187	66
Смесь №4	1,64	1,90	3,33	15,3	182	60
Нормативные показатели	1,52-1,58	1,84-1,88	4,0-6,0	15,0-19,0	180-330	36-55

Гранулометрический состав сухой шихты и качественные показатели лабораторных образцов подовых блоков приведены в таблицах 12 и 13. Как видно из таблицы 13, коэффициент теплопроводности лабораторных образцов, изготовленных из нашего антрацита, ближе к коэффициенту теплопроводности образцов китайского производства. Данная величина важна для теплообменных процессов между стенками электролизера и окружающей средой. Чем больше эта величина, тем лучше. Это обстоятельство обеспечивает благоприятные условия для создания защитного слоя настыля, а также формированию рабочего пространства (ФРП) в шахте электролизера. Однако по коэффициенту термического линейного расширения (КТЛР) наши образцы уступают зарубежным. Для качественных подовых блоков величина КТЛР должна быть меньше, т.е. чем меньше, тем лучше.

**Таблица 12** - Гранулометрический состав сухой шихты для изготовления лабораторных образцов подовых блоков

1	Размер зёрен, мм										Сумма в %-ах	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	10	8	6	4	2	1	0,5	0,15	0,075	-0,075		
Состав №1	1,0	30	40	20	-	5,0	2,0	-	-	2,0	100	Во всех случаях содерж. пека состав-лял 18,0 %
Состав №2	2,0	28	30	15	5,0	10	2,0	5,0	-	3,0	100	
Состав №3	3,0	27	20	15	5,0	5,0	5,0	10	5,0	5,0	100	
Состав №4	4,0	20	16	25	10	-	5,0	10	5	5	100	
Состав №5	5,0	15	12	3,0	20	10	10	15	10	-	100	
Состав №6	-	15	25	30	-	-	20	3	3	4	100	
Состав №7	-	10	30	20	10	10	10	4	6	-	100	
Состав №8	15	5,0	25	15	15	5,0	-	-	10	10	100	
Состав №9	-	10	10	10	20	20	15	5	3	7	100	
Состав №10	-	12	8,0	35	5,0	10	10	10	10	-	100	

По-видимому, это обстоятельство связано с качеством и количеством добавляемого искусственного графита. Взяв за основу состав №5 (таблица 12.), добавляли графит в количестве 40 и 50 % (масс) (см. таблицу 15).

Как видно из таблицы 13, составы № 5 и 10 по своим техническим характеристикам ближе или равноценны с показателями зарубежных фирм (производителей). В будущем эти рецептуры могут быть рекомендованы для производства подовых блоков на промышленной основе для ОАО «ТАЛКО».

В дальнейшем изучили физико-химические и механические свойства лабораторных образцов подовых блоков от содержания графита (см. таблицу 14).



**Таблица 13**– Качественные показатели лабораторных образцов подовых блоков, полученных с разного состава шихты

Показатель Состав	Зола, %	УЭС, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$\sigma_{\text{сж}}$ , МПа	$\sigma_{\text{изг}}$ , МПа	$d_{\text{к}}$ , г/см <sup>3</sup>	$d_{\text{ц}}$ , г/см <sup>3</sup>	КТЛР $\cdot 10^{-6}$ , 1/°С	Коэфф. теплопр., Вт/м · К
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Состав №1	3,5	38,0	28,5	7,4	1,50	1,80	5,2	13,1
Состав №2	3,6	40,0	26,2	6,8	1,53	1,82	5,5	13,5
Состав №3	3,4	42,2	25,4	7,0	1,55	1,83	5,0	14,0
Состав №4	3,7	37,3	28,7	8,5	1,56	1,85	4,5	14,4
Состав №5	3,5	35,5	30,6	9,2	1,58	1,90	3,0	15,4
Состав №6	3,8	39,7	27,2	8,1	1,54	1,83	4,2	14,2
Состав №7	3,9	42,3	25,0	7,5	1,52	1,80	4,6	14,0
Состав №8	3,6	45,0	22,1	7,0	1,50	1,82	4,5	13,2
Состав №9	3,9	48,2	23,3	7,2	1,51	1,80	4,7	13,0
Состав №10	4,0	35,0	31,1	9,0	1,58	1,88	3,2	15,0
Норма по КНР	3,5- 4,0	30-35	30- 40	10-12	1,58- 1,60	1,95- 1,98	2,7- 3,0	15-16
Норма ОАО «Укрграфит»	2,0- 3,0	26-35	30- 45	9-11	1,57- 1,60	1,90- 1,93	2,5	9,0-11,0
Российская норма по ЗАО «НовЭЗ»	1,5- 2,5	30-40	35- 50	-	1,55- 1,58	1,89- 1,92	3,1- 3,4	8,0-10,0

Примечание: нормы взяты из каталогов

**Таблица 14** - Физико-химические и физико-механические показатели лабораторных образцов подовых блоков с различными добавками графита

Показатель Состав, %	Зола , %	УЭС, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$\sigma_{\text{сж}}$ , МПа	$\sigma_{\text{изг}}$ , МПа	$d_{\text{к}}$ , г/см <sup>3</sup>	$d_{\text{ц}}$ , г/см <sup>3</sup>	КТЛ Р · 10- 6, 1/С	Коэфф. теплопр. , Вт/м · К
Термоантрацит , 48, графит 40, пек 18	3,5	35,2	30,0	9,0	1,55	1,83	4,0	15,0
Термоантрацит , 32, графит 50, пек 18	3,5	35,0	29,0	8,8	1,56	1,82	3,6	15,5

Увеличение содержания графита (более 40%) приводит к уменьшению КТЛР и механических свойств (см.таблицу14). Исходя из вышеизложенного, дальнейшее увеличение содержания графита (более 40%) в составе шихты нецелесообразно.

Далее рассматривалась проблема выпуска и испытания опытно – промышленной партии анодных блоков с использованием антрацита месторождения Назарайлок.

Предварительно в лабораторных условиях были изготовлены мини-аноды разных составов и проведены необходимые исследования по ним. Полученные физико-химические показатели мини-анодов приведены в таблице 15.

**Таблица 15-**Состав шихты и физико-химические показатели мини-анодов

№ проб	Исходные компоненты	№ мини-анода	Соотношение компонентов, %	Физико-химические показатели мини-анодов				
				A <sup>d</sup> , %	D <sub>к</sub> , г/см <sup>3</sup>	D <sub>и</sub> , г/см <sup>3</sup>	УЭС, Ом*мм <sup>2</sup> /м	Мех.прочность, кгс/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Нефтяной кокс: Антрацит (A <sup>d</sup> = 2.8 – 4%)	1	10 : 90	3.96	1.49	1.79	93	291
		2	20 : 80	3.82	1.39	1.79	87	233
		3	30 : 70	3.26	1.38	1.79	87	221
		4	40 : 60	3.43	1.42	1.84	88	243
		5	50 : 50	2.80	1.48	1.83	78	233
2	Термоантрацит (A <sup>d</sup> = 9.5%) : Нефтяной кокс	<b>1</b>	<b>20 : 80</b>	<b>2.17</b>	<b>1.45</b>	<b>1.83</b>	<b>72</b>	<b>357</b>
		2	20 : 80	2.32	1.51	1.83	82	357
		3	20 : 80	2.40	1.50	1.80	83	369
3	Термоантрацит (A <sup>d</sup> = 9.5%) : Нефтяной кокс	1	50 : 50	5.68	1.49	1.77	79	260
		<b>2</b>	<b>50 : 50</b>	<b>4.14</b>	<b>1.54</b>	<b>1.76</b>	<b>73</b>	<b>330</b>
		3	50 : 50	4.81	1.44	1.75	100	270
4	Нефтяной кокс: Угольная мелочь прок. (A <sup>d</sup> = 14%)	1	100 : 00	0.98	1.51	1.88	87	295
		2	80 : 20	3.52	1.47	2.02	89	314
		3	50 : 50	8.23	1.47	1.87	105	347
5	Нефтяной кокс: Катод. блоки б/у вод.обр. A <sup>d</sup> =3.8%	1	80 : 20	3.82	1.51	2.02	82	163
		2	80 : 20	3.82	1.50	2.02	105	185

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Нефтяной кокс :	1	83 : 8.5 :	0.99	1.47	1.86	141	--
	<u>Пек к/угольный :</u>		8.5					
	<u>Ост. смола</u> <u>газоген-ра</u>	2	83 : 17	0.99	1.44	1.86	135	--
7	Антрацит :	1	90 : 10	5.83	1.58	1.91	85	225
	Графит очищенный	2	80 : 20	6.10	1.49	1.88	97.5	240
	( $A^d \approx 6\%$ )	3	70 : 30	6.37	1.49	1.88	93.5	230
8	Нефтяной кокс: Графит очищенный ( $A^d \leq 1.6\%$ )	4	80 : 20	1.56	1.50	2.02	70	242

Физико-химические показатели мини анодов (см. таблицу 15) полученных в этих составах и пропорциях, но с низким содержанием золы в антраците 2,5-4,0%, а также содержанием золы до 1,6% в смеси (Нефтяной кокс +Графит очищенный в соотношении 80:20) сравнительно были близки к требованиям, предъявляемым к обожженным анодам по технологической инструкции ТИ – 097 0113.

Далее, из пробы №8 (см. таблицу 15) изготавливались промышленные экспериментальные аноды согласно общепринятой технологии в производстве анодов (ПА) ОАО «ТАЛКО» и устанавливались в электролизёрах.

На экспериментальных анодах, изготовленных с использованием антрацитов месторождения Назарайлок, установленных на электролизёре 222, были проведены замеры по перепадам напряжений и изменение химического состава первичного алюминия (таблица 16).

Как видно из таблицы 17 перепады напряжения в контакте нипель –анод ( $U_{н-а}$ ) и в теле самого анода ( $U_{а-а}$ ) превышают нормы почти в два раза как в серийных так и в опытных анодах. Это связано с плохим контактом между нипелем-чугунный заливкой- теле анода с одной стороны, а с другой стороны состав заливаемого чугуна, не соответствует нормативам. Что касается в теле анода это зависит от качества производимого анода. По содержанию Si и Fe в алюминии соответствует марки АО. Аноды изготовленные с добавкой антрацита целесообразно использовать в ваннах, которые дают низкосортный алюминий.

**Таблица 16-**Анализ основных параметров экспериментальных анодов, установленных на электролизёре № 222

№ анода	Общий срок службы анода	Дата замера - 18.07.2014						Дата замера - 22.07.2014					Дата замера - 24.07.2014						
		Срок службы анода до замера	Перепад напряжений			Химический состав		Срок службы анода до замера	Перепад напряжений			Химический состав		Срок службы анода до замера	Перепад напряжений			Химический состав	
			Ут/р	Ун-а	Уа-а	Fe	Si		Ут/р	Ун-а	Уа-а	Fe	Si		Ут/р	Ун-а	Уа-а	Fe	Si
2	21	3	3.3	350	190	0.6	0.55	7	4.7	358	260	0.46	0.68	9	-	-	-	0.43	0.57
10	18	1	2.5	320	200	0.6	0.55	5	4.5	488	250	0.46	0.68	7	-	-	-	0.43	0.57
20	20	1	3.5	275	220	0.6	0.55	5	4.8	323	140	0.46	0.68	7	9.2	450	230	0.43	0.57
3	27	-	-	-	-	-	-	3	3.2	303	180	0.46	0.68	5	-	-	-	0.43	0.57
13	7	-	-	-	-	-	-	2	3.5	313	180	0.46	0.68	4	4.2	413	170	0.43	0.57
24	16	-	-	-	-	-	-	2	3.4	350	110	0.46	0.68	4	3.3	420	200	0.43	0.57
7	21	-	-	-	-	-	-	1	3.4	318	100	0.46	0.68	3				0.43	0.57
17	6	-	-	-	-	-	-	2	3.0	233	90	0.46	0.68	4	3.7	280	100	0.43	0.57
11	13	-	-	-	-	-	-	1	2.0	500	100	0.46	0.68	3	3.0	376	120	0.43	0.57
14	19	-	-	-	-	-	-	1	3.0	445	210	0.46	0.68	3	3.9	370	210	0.43	0.57
			<b>Дата замера – 26.07.2014</b>					<b>Дата замера - 31.07.2014</b>					<b>Дата замера - 04.08.2014</b>						
2	21	10	6.0	320	80	0.43	0.44	16	6.1	453	150	0.43	0.44	20				-	-
10	18	8	5.3	430	110	0.43	0.44	14	4.9	455	100	0.43	0.44	18				-	-
20	20	8	5.8	383	250	0.43	0.44	14	6.5	813	80	0.43	0.44	18	1.5	1088	-	-	-
3	27	6	3.8	223	150	0.43	0.44	12	4.0	238	170	0.43	0.44	16	4.9	133	-	-	-
13	7	5	4.5	368	120	0.43	0.44										-	-	-
24	16	5	6.0	400	280	0.43	0.44	11	6.2	560	220	0.43	0.44	15				-	-
7	21	4	5.5	425	210	0.43	0.44	10	5.2	513	150	0.43	0.44	14	3.2	478	-	-	-
17	6	9				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	13	4	3.0	378	170	-	-	10	4.7	850	150	0.43	0.44	-				-	-
14	19	4	3.6	420	170	-	-	10	5.1	533	150	0.43	0.44	14	3.2	478	-	-	-
13с/а	8	-	-	-	-	-	-	4	4.5	275	170	0.43	0.44	8	4.8	318	200	-	-

## **ГЛАВА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕЗ-ГАЗА И ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ТВЁРДЫХ ОТХОДОВ**

На территории Республики Таджикистан встречаются практически месторождения всех типов углей от высокосортных антрацитов до простых бурых разновидностей, которые можно использовать в различных технологических производствах и даже получении кокса (особенно Фон-Ягнобское месторождение).

Угли используемые в производстве синтез-газа должны иметь определенную прочность. Их прочность очень важна при добыче, обогащении, транспортировке, хранении и особенно при использовании в газогенераторах с целью получения синтез-газа (генераторного газа).

Основным поставщиком углей являлась компания “ТАЛКО Ресурсы”. Данная компания снабжала углями Фон-Ягнобского месторождения с участков “Канте” и “Джизукрут”.

После дробления, грохочения и сортировки выход годного продукта составлял 40-50% (массе). В результате механической обработки куски угля сильно измельчались. Поэтому стал вопрос об определении прочностных свойств углей обоих участков Фон-Ягнобского месторождения Айнинского района. От прочности зависит сохраняемость размера кусков угля в газогенераторе как при загрузке, так и при вращении зольной чаши.

Для определения механической прочности использовался метод Сыскова К.И. “Методика определения прочности кусковых материалов” (Институт горючих ископаемых АН СССР). В таблице 18 приведены прогностные свойства поставляемых углей.

Как видно из таблицы 18, угли участков «Канте» и «Джизукрут» имеют относительно низкую прочность по сравнению с бурыми углями Бабаевского месторождения. Данное сравнение не совсем верно, так как угли Фон-Ягнобского месторождения являются коксующими и имеют иной химический состав и степень метаморфизма.

До настоящего времени в Республике Таджикистан функционировали 6 газогенераторных станций, вырабатывающих синтез-газ из углей месторождения “Фон-Ягноб”. Учитывая перспективу развития производства синтез-газа в республике и необходимость расширения его сырьевой базы, был осуществлен цикл исследований по составам и свойствам отдельных месторождений.

**Таблица 17** – Прочность углей участков «Канте» и «Джизжукрут» Фон-Ягнобского месторождения

Образец угля	Размерность кусков, мм				Поверхность, см <sup>2</sup>	Прочность, г/см
	5-25	3-5	1-3	0-1		
Участок «Канте»	6,42	7,00	7,10	4,25	854	398
Участок «Джизжукрут»	6,90	7,45	6,25	4,80	858	396
Бурый уголь (Бабаевское месторождение), Россия	7,58	7,86	5,81	3,64	762	453
Полукокс из Бабаевского угля (Россия)	-	5,25	11,09	8,54	1441	224
Кокс из Байдаевских углей (Россия)	21,60	1,10	0,50	1,67	318	1380

Как видно из таблицы 18, угли наиболее перспективных месторождений в целом отвечают нормативным требованиям, предъявляемым к сырью для производства синтез-газа, таким требованиям отвечают месторождения “Фон-Ягноб”, “Тошкутан”, “Сайёд” и “Зидди”.

**Таблица 18-** Составы и свойства углей отдельных месторождений РТ

Параметры	Норматив	Наименование месторождения				
		“Фон-Ягноб”	“Зидди”	“Сайёд”	“Тошкутан”	
Постоянный углерод, мас.%	>55	75-85	<60-81	<67,1	<80,5	
Летучие вещества, мас.%	<25	28,62	30	39,4	35	
Влажность, мас.%	<10	2	5	4,9	5	
Зольность, мас.%	≤18	3,21	6,4-31	<32,3	<28	
Содержание серы, мас.%	<2	0,13	0,6-15	-	<2,4	
Калорийность	кДж/кг	27170	<33415	<32700	<28257	<29044,5
	Ккал/кг	6500	<7986	<7822	<6760	<6948,5

Учитывая, что в принципе для производства синтез-газа может быть использовано почти любое углеродсодержащее сырье, был осуществлен цикл исследований по получению синтез-газа из углей, не в полной мере отвечающих требованиям нормативов, т.е. углей месторождений “Тошкутан”, “Сайёд” и “Зидди”. Результаты исследований по химическому составу синтез-газа приведены в таблице 21.

**Таблица 19** – Физико-химические показатели синтез-газа из углей месторождения Таджикистан

Название	Содержание компонентов, % об,						Теплота сгорания газа, $Q_H$	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	ккал/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>3</sup>
Нормативное содержание	<7	<0,8	20-32	2-4	15-20	45-50	1119-1636	4,6-6,8
«Фон-Ягноб»	4,7	0,3	24,5	4,9	14,7	50,8	1538	6,4
«Зидди»	5	0,5	19	4,6	13,1	57,8	1305	5,4
«Сайёд»	6,4	0,5	16,9	3,6	10,0	62,6	1076	4,5
«Тошкутан»	5,4	0,5	21,9	2,6	12,5	57,1	1206	5,04

Данные таблицы 21 свидетельствуют, что теплота сгорания синтез-газа, полученного из исследуемых углей ( кроме углей месторождения «Сайёд»), соответствует нормативным требованиям к производству синтез-газа. При этом теплота сгорания синтез-газа, полученного из углей месторождения «Фон-Ягноб», в 1,3 раза превышает теплоту сгорания синтез-газа из углей месторождений «Зидди» и «Тошкутан» и в 1,43 раза – синтез-газа из углей месторождения «Сайёд».

Процесс газификации зависит от качества угля, свойства водяного пара, соотношения воздуха и водяного пара, а также от высоты огня, придерживаемого в газогенераторе. В используемых газогенераторах высота огня предусмотрена от 200 до 300 мм. Опыт подсказывает, что для улучшения степени газификации необходимо пересмотреть технологический режим работы газогенераторов, особенно газогенераторов фирмы «ХУАН Тай», смонтированных в ООО «ТАЛКО Кемикал» и работающих на углях участка «Джизукрут». В своем опыте мы опирались на изменение высоты огня и расхода смеси воздуха с насыщенным водяным паром, подаваемым на газификацию угля. Кроме того, необходимо учитывать свойства насыщенного пара. Результаты опытов с учетом использования свойства насыщенного пара приведены в таблице 20.

Как видно из таблицы 20, наибольшая теплотворность соответствует температуре насыщения 55 °С и удельному объему насыщенного пара 9,589 м<sup>3</sup>/кг, т.е. 1 кг такого пара равняется около 9,6 м<sup>3</sup>. Для того чтобы получить, например, в час 3000 н м<sup>3</sup> синтез-газа необходимо в час подавать пара в количестве 171 кг, а воздуха 1400-1500  $\frac{\text{нм}^3}{\text{час}}$ . Следует отметить, что в составе поставляемого угля из месторождений содержится множество негорючих компонентов.

На каждую тонну вводимого угля в газогенератор вводится до 500 кг негорючих компонентов (балластов), и отсюда мы не можем получить с одного

газогенератора 6000 нм<sup>3</sup> синтез-газа (согласно проекту). Фактически получаем в час в среднем 3000-3500 нм<sup>3</sup> синтез-газа. Чтобы достичь проектных показателей, необходим обогащенный уголь с содержанием чистого угля 90-95%. Это может обеспечить эффективность работы газогенераторов и повысить технико-экономические показатели.

**Таблица 20**– Степень газификации угля участка «Джизжукрут» с использованием насыщенного водяного пара

Температура насыщения, $t_{\text{нас.}}^{\circ\text{C}}$	давление пара, $P_{\text{нас.}}$ кПа	Удельный объём нас. пара, $\text{м}^3/\text{кг}$	$P_{\text{в}}$ воздуха, кПа	Кол. воздуха, $\text{м}^3/\text{час}$	Состав газа, %						Теплотворность, ккал/нм <sup>3</sup>
					CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
50	0,1258	12,054	2,0	1300	4,0	0,2	27,35	3,7	18,35	46,4	1624
50	0,1258	12,054	2,0	1400	3,5	0,2	26,85	3,55	18,0	47,9	1587
50	0,1258	12,054	2,0	1500	5,4	0,2	27,4	5,0	20,1	41,9	1783
55	0,1605	9,589	2,0	1300	5,2	0,2	26,3	4,8	16,5	47,0	1639
55	0,1605	9,589	2,0	1400	4,0	0,4	26,6	5,2	19,8	44,0	1767
55	0,1605	9,589	2,0	1500	3,2	0,4	25,4	6,0	20,6	44,4	1819
60	0,2031	7,687	2,0	1300	4,4	0,2	27,4	3,8	16,2	48,0	1579
60	0,2031	7,687	2,0	1400	4,6	0,2	27,4	3,36	17,28	47,16	1569
60	0,2031	7,687	2,0	1500	5,1	0,2	27,0	3,2	15,2	49,3	1490
65	0,255	6,209	2,0	1300	6,0	0,2	27,4	3,3	14,6	48,5	1495
65	0,255	6,209	2,0	1400	4,8	0,2	26,8	3,2	17,1	47,9	1532
65	0,255	6,209	2,0	1500	4,8	0,2	27,2	5,08	18,87	43,13	1451

Таким образом, используя свойства насыщенного водяного пара и, соответственно, подачу необходимого количества атмосферного воздуха, можно повысить удельную мощность газогенераторов и увеличить качество получаемого синтез-газа, не используя обогащенный уголь.

Другим направлением работы заключался в использовании углеродсодержащих твердых отходов в производстве первичного алюминиевого сплава.

Глинозем-фторсодержащие отходы производства алюминия содержат значительные доли таких ценных компонентов, как криолит и глинозем. Использованию этих отходов в производстве алюминия препятствует высокое содержание в них углерода, железа и кремния, которые негативно влияют на качество производимого первичного алюминия. С другой стороны, криолитглинозёмный концентрат (КГК) способствует получить первичный сплав прямо в электролизере, что делает данный метод перспективным.

В таблице 21 приведены химический и минералогический составы исходного сырья и криолитглинозёмного концентрата.



**Таблица 21** - Химический и минералогический составы исходного сырья и криолитглиноземного концентрата

№	Наименование компонентов	Химический состав, масс. %	
		Исходный шлам	Криолитглиноземный концентрат
1.	Al	12.99	25,3
2.	Na	17.88	21,76
3.	F	16.21	19,27
4.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5.67	1,89
5.	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2.45	-
6.	HCO <sub>3</sub>	1.45	-
7.	C	27.3	1,1
8.	Fe	0.56	0,84
9.	Si	0.32	0,51
10.	H <sub>2</sub> O	2.5	-
		Минералогический состав, масс. %	
1.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.2	41,2
2.	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	26.7	28,5
3.	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8.4	2,8
4.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +NaHCO <sub>3</sub>	6.1	-
5.	C	27.3	1,1
6.	NaF	3.8	8,4
7.	SiO <sub>2</sub>	0.7	1,1
8.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.8	1,2
9.	Na <sub>2</sub> O	-	9,3
10.	H <sub>2</sub> O	2.5	-

Как видно из таблицы 21, в результате обжига происходит полное разложение карбонатов и бикарбонатов, частичное разложение сульфатов, почти полное сгорание углерода и образование оксида натрия (алюминат натрия).

Среднее содержание компонентов в полученном продукте составляет, масс. %: глинозема - 41,2; криолита - 28,5; фторида натрия - 8,4; оксида железа - 1,2; оксида кремния - 1,1; углерода - 1,1, то есть по своему качественному составу КГК идентичен электролиту и может быть использован в качестве подпиточного, пускового и послепускового сырья, а также укрывного материала анодного массива в электролизном производстве.

Способ осуществляется следующим образом. Криолитглиноземный концентрат, содержащий 3-4 мас% SiO<sub>2</sub> и 1-2 мас. % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ежедневно вводят в электролизер в количестве 1.2-2,5% к массе электролита. Введение криолитглиноземного концентрата в электролит совместно с основным сырьем – глиноземом частично восполняет содержание в нем оксида алюминия и фторсолей, обеспечивая нормальное протекание процесса электролиза, и в результате электролитического осаждения на катоде алюминия, кремния и железа образуется первичный алюминиевый сплав (см. таблицу 22).

**Таблица 22-** Изменения содержания кремния и железа в катодном металле при вводе в электролит криолитглиноземного концентрата

п. сутк и	$m_{\text{КГК}}=300\text{кг/сутки}$				$m_{\text{КГК}}=600\text{кг/сутки}$			
	$C_{\text{Si}}^n$		$C_{\text{Fe}}^n$		$C_{\text{Si}}^n$		$C_{\text{Fe}}^n$	
	расчет.	факт	расчет.	факт	расчет.	факт	расчет.	факт
0	0,22		0,27	0,27	0,22	0,22	0,27	0,27
1	0,23	0,25	0,27	0,30	0,25	0,27	0,28	0,30
2	0,25	0,27	0,27	0,29	0,29	0,30	0,28	0,30
3	0,26	0,24	0,27	0,27	0,32	0,34	0,29	0,32
4	0,27	0,26	0,28	0,31	0,35	0,36	0,30	0,35
5	0,28	0,27	0,28	0,33	0,37	0,37	0,30	0,38
6	0,29	0,31	0,28	0,34	0,40	0,46	0,31	0,45
7	0,30	0,32	0,28	0,33	0,43	0,44	0,32	0,35
8	0,35	0,34	0,29	0,31	0,45	0,47	0,32	0,37
9	0,32	0,37	0,29	0,32	0,47	0,46	0,32	0,35
10	0,33	0,34	0,29	0,30	0,49	0,44	0,33	0,37
11	0,34	0,36	0,29	0,29	0,52	0,46	0,33	0,35
12	0,35	0,39	0,29	0,32	0,54	0,49	0,34	0,32
13	0,36	0,40	0,29	0,32	0,56	0,60	0,34	0,35
14	0,36	0,43	0,29	0,31	0,57	0,66	0,34	0,38
15	0,37	0,41	0,29	0,29	0,58	0,64	0,35	0,36
16	0,38	0,40	0,29	0,27	0,60	0,66	0,35	0,36
17	0,38	0,40	0,29	0,30	0,62	0,68	0,35	0,38
18	0,39	0,42	0,29	0,31	0,63	0,72	0,35	0,36
19	0,39	0,41	0,29	0,29	0,65	0,76	0,36	0,39
20	0,40	0,41	0,29	0,30	0,66	0,78	0,36	0,36
21	0,41	0,41	0,30	0,32	0,67	0,76	0,36	0,38
22	0,41	0,44	0,30	0,32	0,68	0,75	0,36	0,40
23	0,41	0,43	0,30	0,31	0,69	0,72	0,37	0,41
24	0,42	0,42	0,30	0,30	0,70	0,74	0,37	0,39
25	0,42	0,42	0,30	0,30	0,71	0,74	0,37	0,38
26	0,43	0,44	0,30	0,33	0,72	0,75	0,37	0,39
27	0,43	0,45	0,30	0,32	0,73	0,76	0,38	0,40
28	0,44	0,45	0,30	0,32	0,74	0,78	0,38	0,42
29	0,44	0,44	0,30	0,31	0,74	0,77	0,38	0,40
30	0,44	0,45	0,30	0,31	0,75	0,77	0,38	0,41

## ВЫВОДЫ

### *Основные научные результаты исследования:*

1. По совокупности комплексных физико-химических и физико-механических исследований установлено, что антрациты месторождения Назарайлок (участки «Шикорхона» и «Кафтархона») имеют общие геологические происхождения, петрографический состав, молекулярное строение и содержат почти одинаковые минеральные примеси.

Впервые разработаны для антрацита месторождения Назарайлок новые показатели качества (до 1700<sup>0</sup>С), такие как: межплоскостное расстояние ( $d_{002} = 0,340$  нм), текстура (70%), удельное электросопротивление (УЭС)–700 Ом·мм<sup>2</sup>/м, анизотропия отражательной способности (12%), которые могут служить надежными классификационными параметрами для выбора путей их технологического использования при производстве углеграфитовых электродных изделий [1, 6, 20, 25-А].

2. Термогравиметрическим методом анализа обнаружены один низкотемпературный (110<sup>0</sup>С) и один высокотемпературный эндоэффекты (620<sup>0</sup>С). Этим эндоэффектам соответствуют энергии активации 14,66 и 60,60 кДж/моль, которые связаны, соответственно, с потерей влаги и термической деструкцией тяжелых органических фрагментов. Кроме того, обнаружены ещё два экзоэффекта с температурами 410 и 700<sup>0</sup>С. Первый экзоэффект имеет энергию активации 18,50 кДж/моль, а второй - 99,24 кДж/моль. Эти экзоэффекты сопровождают выход таких компонентов как СО, СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>С, СН<sub>4</sub> и далее завершается выход всех органических веществ.

По скорости изменения массы установлено, что общие потери массы антрацита составляли 35,0-38,6% (масс.). Этот показатель очень важен для установления выхода годного продукта при прокалке антрацита в промышленных условиях. Выход годного продукта (антрацита) при прокалке во вращающейся трубчатой печи ОАО «ТАЛКО» составлял около 62,0% (масс) [3, 6, 9, 10-А].

3. В ИК-спектрах исходного антрацита с полосами поглощения 1100-1200; 1450-1500; 2200-2350; 3300-3400; 3650-3750 см<sup>-1</sup> выделялись группы С–О, NH; С≡С; С–Н; О–Н. При термообработке (до 1400<sup>0</sup>С) пики на кривых ИК-спектров постепенно сглаживаются– происходит исчезновение почти всех органических составляющих. Особенно при температуре 1400<sup>0</sup>С происходит углефикация антрацита, и образующийся углерод сильно поглощает электромагнитные излучения, и степень поглощения при частотах 1000-500 см<sup>-1</sup> составляет около 95% [7-А].

4. В лабораторных условиях были установлены оптимальные параметры получения холодноабивной подовой массы (ХНПМ) для набойки межблочных швов подины алюминиевых электролизеров, отвечающие требованиям ТУ-48-0124-50-06-04 «масса холодноабивная подовая». Оптимальным гранулометрическим составом термоантрацита (наполнителя) и связующего были (масс.%): фракции (12-5) мм–14±2; фракции (5-1)мм–34±2; фракции (1-0,15)мм–19±2; фракции (0,15-0,074) мм–32±1; фракции 0,074мм–23±0,5; количество композиционного связующего–(12-13).

На основе лабораторных исследований из прокаленного антрацита в промышленном масштабе было произведено 200 т ХНПМ, которая была расфасована в контейнеры ёмкостью 2,5 т каждый. Анализ ХНПМ каждого контейнера показал, что по своим физико-механическим показателям качество полученной подовой массы соответствует требованиям ТУ-48-0126-50-06-04. Апробация полученной ХНПМ на 20 серийных электролизерах, работающих с

обоженных анодами при проектной силе тока 160 и 175 кА показала, что технологические параметры и технико-экономические показатели электролизеров полностью соответствуют нормативным требованиям [5, 24, 23-А].

5. Экономический эффект на капитальный ремонт одного электролизера ОАО «ТАЛКО» от использования ХНПМ на основе прокаленного антрацита месторождения Назарайлок составил 14783 сомони. Проектом предусмотрено 960 шт. действующих электролизеров. В месяц, в среднем, подвергаются капитальному ремонту 30 электролизеров (в каждом корпусе предусмотрено 100 электролизеров, количество корпусов 10). Годовой экономический эффект может составлять  $30 \times 12 \times 14783 = 5321880$  сомони [15-А].

6. В лабораторных условиях разработана рецептура сухой шихты и соотношения каменноугольного пека к антрациту месторождения Назарайлок, позволившая производить бортовые блоки, отвечающие требованиям ТУ-1913-109-014-99 «Блоки бортовые для алюминиевых электролизеров»; содержание пека  $18 \pm 1\%$  (по массе), гранулометрический состав, % (по массе):  $\Phi$  (10-5) мм–10;  $\Phi$  (5-1) мм–35;  $\Phi$  (1-0,15) мм–25;  $\Phi$  (0,15-0) мм–30.

В лабораторных условиях разработан гранулометрический состав шихты (наполнителя) и количества вводимого пека, позволяющий получить подовые блоки, отвечающие требованиям ТУ-1913-109-021-2003 «Блоки подовые для алюминиевых электролизеров»; гранулометрический состав, % (по массе):  $\Phi$  8,0 мм–12,0;  $\Phi$  6,0 мм–8,0;  $\Phi$  4,0 мм–35,0;  $\Phi$  2,0 мм–5,0;  $\Phi$  1,0 мм–10,0;  $\Phi$  0,5 мм–10,0;  $\Phi$  0,15 мм–10,0;  $\Phi$  0,075 мм–10,0; Из такого грансостава необходимо брать термоантрацита-42%, графита-40%, пека-18% (по массе) [10, 16, 26-30-А].

7. Лабораторные образцы (мини-аноды) и промышленные аноды изготовленные на основе нефтяного кокса с добавкой термоантрацита месторождения Назарайлок, в составе шихты показали удовлетворительные физико-химические и физико-механические показатели, что соответствовал технологической инструкции ТИ-0970113 «требования, предъявляемые к обожженным анодам». При этом фракционный состав шихты был следующим, % (масс.): (-12,0+5,0 мм) -  $13 \pm 2$ ; (-5,0 + 1,0 мм) -  $30 \pm 3$ ; (-1,0+0,15 мм) -  $19,0 \pm 2$ ; (<0,15 мм) -  $33 \pm 3$ . Содержание пека составлял 15,5 - 16,0% (масс). Термоантрацит распределялся между приведёнными фракциями [19-А].

8. Установлена зависимость удельного расхода углерода ( $m_c$ ) при производстве алюминия (кг/кг Al) от состава анодного газа, что выражается уравнением  $m_c = 4 - N_{CO_2}/6 + 3N_{CO_2}$ , где  $N_{CO_2}$  – мольная доля  $CO_2$  в составе анодного газа. Уравнение позволяет при заданной анодной плотности тока и температуры электролита прогнозировать состав анодного газа и удельный расход углерода, вести целенаправленный поиск путей снижения расхода анодов при производстве алюминия [17-А].

9. В ОАО «ТАЛКО» организован выпуск кролитглиноземного концентрата (КГК) из твердых углеродсодержащих отходов, был испытан в электролизном производстве. Для этой цели были выбраны 10 опытных ванн, и результаты сравнивались с рядовыми электролизёрами. До и после ввода КГК в

электролизёры снимались все технологические параметры, а также технико-экономические показатели (ТЭП). Выход по току, являясь важным ТЭП электролизёра, был сравним с рядовыми ваннами, и составлял в среднем 87 % [18, 23-А].

***Рекомендации по практическому использованию результатов:***

- результаты работ рекомендуется инженерно-техническим работникам работающие на химических и металлургических предприятиях, а также проектно-конструкторским организациям при проектировании заводов по производству электродных изделий, различных углеграфитовых материалов наполнителем которых является антрацит, переработкой углеродсодержащих твердых отходов с целью получения электролитического алюминия, также экологической частью проекта;

- часть результатов можно рекомендовать студентам средних и высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Металлургия цветных металлов» и «Электродного производства».

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО  
В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:**

*Монография:*

[1-А]. Ёров, З.Ё. Минерально-сырьевая база химико-металлургической промышленности Таджикистана / З.Ё. Ёров, Ш.О. Кабиров, **А. Муродиён**, Н.М. Сироджев.- Издательство: “Мега Басым”, Стамбул, Турция, –413с.

*Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных  
ВАК при Президенте Республики Таджикистан:*

[2-А]. **Муродиён, А.** Влияние коксовой пересыпки на качество обжига алюминиевых электролизёров с обожжёнными анодами /А. Муродиён, М. Додхудоев, В.Б. Шарифзода, Н.М. Сироджиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2002. –Т. XLV.- №11-12. – С. 56 – 60.

[3-А]. Вохидов, М.М. Сравнительная характеристика антрацитов различных месторождений и изменения их свойств при термической обработке / М.М. Вохидов, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, П. Муродиён, А.Г Сафаров // Доклады АН Республики Таджикистан.- 2012. – Т.55.- №4. – С.322–326.

[4-А]. Вохидов, М.М. Изучение ЭПР-спектроскопических свойств антрацита месторождения Назарайлок до и послетермической обработке / М.М. Вохидов, **А. Муродиён**, И.Х. Юсупов, А.Г. Сафаров, Б.С. Азизов, Х. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. –2014. –Т. 57.- №3. –С.225–229.

[5-А]. Вохидов, М.М. Свойства холодно набивной подовой массы алюминиевых электролизёров / М.М. Вохидов, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, П. Муродиён // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. –2013. –№3, (152). – С.70–77.

[6-А]. Джамолзода, Б.С. Рентгенографическое и термографическое исследования антрацита месторождения Назарайлок до и после термообработки

/ Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т. 57, №7. – С. 594 – 598.

[7-А]. Джамолзода, Б.С. ИК-спектры антрацита месторождения Назарайлок до и после термической обработки / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, Т. Шукуров, А.Г. Сафаров, Х.С. Сафиев // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2015. – №1 (158). – С. 121 – 126.

[8-А]. Джамолзода, Б.С. Минеральные примеси в антраците месторождения Назарайлок / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х.Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58.- №4. – С. 326 – 330.

[9-А]. Джамолзода, Б.С. Исследование потери массы антрацита месторождения Назарайлок термогравиметрическими методами. Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, Д.С. Кучакшоев, А.Г. Сафаров, Х.С. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58.- №8. – С. 726 – 732.

[10-А]. Джамолзода, Б.С. Исследование антрацита месторождения Назарайлок как сырья для производства электродного термоантрацита / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, К. Кабутов, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х.А. Мирпочаев, Х.С. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, №10. – С. 929 – 935.

[11-А]. Кабиров, Ш.О. Электролизеры с обожженными анодами на силу тока 320 кА / Ш.О.Кабиров, **А.Муродиён**, Н.М. Сироджев// Вестник ТТУ имени акад. М.С.Осими. – 2013.–№4 (24). –С.51–56.

[12-А]. Азизов, Б.С.Влияние плотности тока и температуры электролита на состав анодных газов и удельный расход углерода при производстве алюминия/ Б.С.Азизов, **А.Муродиён**, Х.А.Мирпочаев, Ш.О.Кабиров, Х.Сафиев//Доклады АН Республики Таджикистан.–2015. –Т. 58, №12. – С.1134 – 1139.

[13-А]. Сафиев, Х.Основные направления использования местных минеральных ресурсов в производстве алюминия / Х. Сафиев, Ю.Я. Валиев, Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, **А. Муродиён**, Х.А. Мирпочаев и др., // Горный журнал. Специальный выпуск, Республика Таджикистан–25лет по пути независимости.–2016. –С.49–53.

[14-А]. **Муродиён А.** Физико-химические и термодинамические характеристики антрацитов месторождения Назарайлок Республики Таджикистан / А.Муродиён, А.Г.Сафаров, К.Кабутов, К.Ботуров, Х.Сафиев // Вестник технологического университета. –2019. –Т.22.- №8. –С.71–79.

#### *Изобретений:*

[15-А]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 802, МПК: С25С 3/00. Способ получения холодноабивной подовой массы / Ш.О. Кабиров; заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, **А. Муродиён**, Х. Сафиев, Б.С. Азизов, Х.А. Мирпочаев, М.М. Вохидов и др. /1601037; заявл. 06.05.2016; опубл. 28.10.2016, Бюл.122,2016. –2с.

[16-А]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 871, МПК: С 01 В 31/04. Вибропресс лабораторный для получения углеграфитовой продукции / Ш. Кабир; заявитель и патентообладатель: Ш. Кабир, Х. Сафиев, **А. Муродиён**, Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, Х.Э. Бобоев, Н.П. Мухамедиев /1701153; заявл. 17.10.2017; опубл. 19.01.2018, Бюл.133, 2017.–2с.

[17-А]. Малый патент РТ, №ТЈ 832, МПК: С25С3/06. Способ определения удельного расхода углерода / Ш.О. Кабиров; заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, Х. Сафиев, **А. Муродиён**, Х.А. Мирпочаев, Н.П.Мухамедиев /1601076; заявл. 01.12.16; опубл. 28.03.2017, Бюл.126, 2017.

[18-А]. Малый патент РТ, №ТЈ 703, МПК: С01F 7/38. Ш.О. Способ комплексной переработки глинозем-углеродсодержащего минерального сырья Рахтской долины / Ш.О. Кабиров;заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, **А. Муродиён**, Х. Сафиев, Б.С. Азизов, Х.А. Мирпочаев, Х.Э. Бобоев и.др., /1500950; заявл. 08.05.15; опубл.08.05.2015, Бюл.108, 2015. –2с.

[19-А]. Малый патент РТ, №ТЈ 826, МПК: С25С 3/00. Ш.О. Х. Способ получения первичного алюминиевого сплава / Ш.О.Кабиров;заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, Ш.О. Кабиров, Х. Сафиев, **А. Муродиён**, А. Х. Сафиев, Н.П. Мухамедиев / 1601055; заявл. 04.07.16; опубл.07.02.2017, Бюл.124, 2017. –2с.

*Статьи, опубликованные в материалах конференций:*

[20-А]. Ёров, З.Ё. Сопоставительная характеристика антрацита угольного месторождения Назарайлок и иных антрацитов некоторых зарубежных стран /З.Ё. Ёров, **А. Муродиён**, Н.М. Сироджев, М.М. Вохидов// Мат. респ. конф. «Геология и геоэкологические проблемы использования горючих полезных ископаемых Таджикистана», ТНУ. –Душанбе. –2011. – С. 78 – 82.

[21-А]. **Муродиён, А.** Изменения свойств антрацита Назарайлокского месторождения при термической обработке / А.Муродиён, М.М. Вохидов, П.Муродиён, Б.С.Азизов // Мат.V-ой Межд. научно – практ.конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ» ТТУ им.акад. М.С.Осими. – Душанбе. –2011.- ч.I. –С.272–275.

[22-А]. **Муродиён, А.** Ведущие страны производители алюминия / Сб. мат.VМежд. науч. – практ. конф. «Перспективы применения иновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ. Часть-1ТТУ.–Душанбе. –2011. – С.351–355.

[23-А]. Сафиев, Х. Использование полученного из шлама криолитглиноземного концентрата в производстве алюминия / Х. Сафиев, Ш.О.Кабиров, Б.С. Азизов,Х. Мирпочаев, Дж. Р. Рузиев, Н. Мухамедиев, **А. Муродиён** // Сб. мат.VМежд. науч. – практ. конф. «Перспективы применения иновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ. Часть-1ТТУ.–Душанбе. –2011. – С.333–338.

[24-А]. **Муродиён, А.** Физические характеристики холоднонабивной подовой массы изготовленной на основе антрацита месторождения Назарайлок / А.Муродиён, М.М.Вохидов, Б.С.Азизов, П.Муродиён // Мат. респ. науч.-

практ. конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии. ТГУ. – Душанбе. – 2011. – С.23–24.

[25-А]. Джамолзода, Б.С. Изменение структуры антрацита месторождения Назарайлока при термической обработке / Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, **А. Муродиён**, К. Кабутов, А.Г. Сафаров // Мат. респ. науч.-практ. конф. «Технология комплексной переработки полезных ископаемых Таджикистана», посвященная 25-ти летию Государственной независимости РТ и 10-ти летию. ГМИТ.– Чкалов, ГМИТ. – 2016. – С. 34 – 36.

[26-А]. Джамолзода, Б.С. Катодные блоки для алюминиевых электролизеров / Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. мат.«Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан, посв. 70 летию образования Института химии им. В.И. Никитина АН РТ. – Душанбе. – 2016. – С. 85 – 86.

[27-А]. **Муродиён, А.** Антрацит месторождения Назарайлока – сырьевая база для производства углеродных материалов / А. Муродиён, Б.С. Джамолзода, А.Г. Сафаров, К. Кабутов, Ф.Р. Одинаев // Сб. мат. «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан, посвященные 70 летию образования института химии им. В.И. Никитина АН РТ. – Душанбе. – 2016. – С. 103 – 104.

[28-А]. Джамолзода, Б.С. Влияние концентрации связующего и гранулометрического состава шихты на качественные показатели лабораторных образцов подовых блоков / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. мат. XIV Нумановские чтения «Вклад молодых учёных в развитие химической науки». – Душанбе. – 2017. – С. 52 – 54.

[29-А]. **Муродиён, А.** Антрациты месторождения Назарайлока – сырьё для производства углеродных материалов / А. Муродиён, А.Г. Сафаров, Н.Ю. Пулодов, Б.С. Азизов, Х. Сафиев, Б.С. Джамолзода // Мат. респ. науч.-практ. конф. «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин среднеобразовательных школах и ВУЗ-ах», посв. 150-летию ПТХЭ Д.И. Менделеева. ТНУ. – Душанбе. – 2019. – С.139– 145.

[30-А]. **Муродиён, А.** Разработка технологии получения лабораторных образцов подовых блоков алюминиевых электролизеров / А. Муродиён, А.Г. Сафаров, Сафиев Х. // Мат. VI Межд. конф. «Современные проблемы физики, посв. 110-летию акад. АН РТ С.У. Умарова и 90-летию акад. АН РТ А.А. Адхамова. – Душанбе. – 2018. – С. 235 – 237.

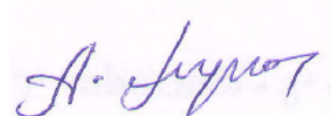
[31-А]. **Муродиён, А.** Физические характеристики антрацитов месторождения Назарайлок / А. Муродиён, А.Г. Сафаров, К.К. Кабутов, К. Ботуров, Сафиев Х. // Сб. мат. Межд. науч.-практ. конф. «Ускоренная индустриализация - Основной фактор развития Таджикистана», ИЭТ, Кушониён. – 2019. – С.16 – 21.



**МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «ИНСТИТУТИ ИЛМӢ-ТАДҚИҚОТИИ  
МЕТАЛЛУРГИЯ»-И ҶСК «ШИРКАТИ АЛЮМИНИЙИ ТОЧИК»**

*Ба ҳуқуқи дастнавис*

УДК 662.66



**АСРОРИ МУРОДИЁН**

**АСОСҲОИ ИЛМӢ-АМАЛИИ КОРКАРД ВА  
ИСТИФОДАБАРИИ АШӢИ ХОМИ МАҲАЛИИ КАРБОНДОР  
ДАР ИСТЕҲСОЛИ АЛЮМИНИЙ**

**05.02.01 – Маводшиносӣ (дар металлургия)**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
доктори илмҳои техникӣ

Душанбе – 2020

Диссертатсия дар озмоишгоҳи коркарди ашӯи гилҳоку карбондори маҳаллии Муассисаи давлатии «Институти илмӣ-тадқиқотии металлургия»-и ҶСК «Ширкати алюминийи тоҷик» иҷро карда шудааст.

**Мушовири илмӣ:** доктори илмҳои химия, профессор, академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, директори Муассисаи давлатии «Институти илмӣ-тадқиқотии металлургия»-и ҶСК «Ширкати алюминийи тоҷик»  
**Сафиев Ҳайдар**

**Муқарризони расмӣ:** доктори илмҳои химия, профессор, мудир озмоишгоҳи синтези органикии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон  
**Исобоев Музафар Ҷумаевич**

доктори илмҳои техникӣ, профессор, мушовири илмии ИИТ «Соҳтмон ва меъморӣ»-и Кумитаи меъморӣ ва соҳтмони назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон  
**Шарифов Абдумумин**

доктори илмҳои техникӣ, дотсент, и.в. профессор, директори филиали Донишгоҳи миллии таҳқиқотӣ-технологии «ИП ва ХМ» дар шаҳри Душанбе  
**Саидзода Раҳимҷон Ҳамро**

**Муассисаи пешбар:** Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни

Ҳимояи диссертатсия 21 декабри соли 2020, соати 9<sup>00</sup> дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон баргузор мегардад.  
Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айни, 299/2.  
E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва дар сомонаи интернетии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон шинос шавед: [www.chemistry.tj](http://www.chemistry.tj)

Автореферат санаи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ соли 2020 тавзеъ шудааст.

**Котиби илмии  
Шӯрои диссертатсионӣ,  
номзади илмҳои химия**



**Маҳкамов Ҳ.К.**

## ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

*Мубрамияти таҳқиқот.* Маҳсулоти электродҳо (анодҳо, массаи сумбашаванда, блокҳои паҳлӯйва фаршӣ) ҷузъи ҷудонашаванда ва муҳимтарини электролизерҳо барои истеҳсоли алюминий мебошанд.

Барои истеҳсоли ин маҳсулот ашёи хоми дорои карбон асосан истифода мешаванд (графитҳои сунъӣ, кокси нафт, антрацит, қатронҳои ангишт ва ғайра) ва барои коркарди пешакии гармӣ (тафсонӣ), гази табиӣ ё гази синтезӣ (гази ангиштӣ) ва мазут истифода мешаванд.

Дар айни замон, истеҳсоли солонаи алюминийи аввалия дар ҷаҳон ба зиёда аз 80 миллион тонна мерасад. Бо назардошти он ки истеҳсоли кокси нафтӣ барои истеҳсоли анод 0,5 тонна барои як тонна алюминийи аввалияро ташкил медиҳад, эҳтиёҷи солонаи саноати алюминий ба кокси нафтӣ беш аз 40 миллион тоннаро ташкил медиҳад. Воқеан, дар ҷаҳон соли тақрибан 30 миллион тонна кокси нафт бо миқдори ками сулфур (камтар аз 3%(масса)) истеҳсол мешавад. Ҳамин тариқ, норасоии солонаи кокси нафтӣ беш аз 10 миллион тоннаро ташкил медиҳад.

Ҷамъияти саҳҳомии кушодаи “Ширкати Алюминийи Тоҷик” (ҶСК«ТАЛКО») ҳамасола блокҳои катодии карбон-графитро (паҳлӯй ва фаршӣ) аз дигар кишварҳо барои эҳтиёҷоти он бо нархи гарон мехарад ва қабл аз он, барои сумбанамудани тарқишҳои байни блокҳои фаршии электролизерҳо массаи сумбашавандаро аз хориҷи кишвар ва кишварҳои ҳамсоияи ИДМ харидорӣ мекард.

Дур будани ҶСК «ТАЛКО» аз таъминкунандагон, хароҷоти баланди нақлиёт ва таъминоти номунтазам ба таъмири саривақтии электролизерҳои алюминий ва ба кор андохтани онҳо оварда мерасонад. Ғайр аз он, ҶСК «ТАЛКО» блокҳои катодиро бо нархи гарон аз 1200 то 1400 доллари ИМА барои як тонна мехарад. Таъсири арзиши таъмири мукаммалии деғҳо, аз ҷумла, блокҳои паҳлӯй ва фаршӣ ба арзиши алюминийи электролитӣ хеле назаррас аст. Электролизерҳо бо анодҳои пухта дар ҶСК «ТАЛКО» бо қувваи ҷараёни лоиҳавии 160 ва 175 кА кор мекунанд. Дар ҳар як электролизер ба ҳисоби миёна 25 тонна блокҳои паҳлӯгӣ ва фаршии карбон-графитӣ ва инчунин 7,5 тонна массаи хунокисумбашавандаи фаршӣ (МХСФ) сарф мешавад.

Тавре ки маълум аст, блокҳои паҳлӯй ва фаршӣ барои электролизерҳои кудрати паст ва миёна (то 200 кА) аз карбонграфит сохта шудаанд, ки ҷузъи асосии пуркунандаи онҳо антрацит мебошад. Ҷумҳурии Тоҷикистон дар минтақаи Рашт антрацити аълосифати кони Назарайлокро дорад, ки захираи умумии саноатӣ ва дурнамои он зиёда аз 150 миллион тоннаро ташкил медиҳад. Бо дарназардошти мавҷуд набудани ҳаҷми назарраси истихроҷи гази табиӣ дар Тоҷикистон ва вобастагии таъминоти он аз шароити бозор, тавсия дода мешавад, ки ҳамчун як алтернатива аз ашёи хоми ангишти маҳаллӣ гази синтезӣ истеҳсол карда шавад.

Аз ин рӯ, таҳқиқоте, ки ба таҳияи асосҳои илмӣ ва амалии истифодаи ашёи хоми карбондори маҳаллӣ дар истеҳсоли маҳсулоти электродӣ барои

электролизерҳои алюминий, инчунин дар истеҳсоли гази синтезӣ бахшида шудаанд, масъалаҳои хеле актуалӣ ва саривақтӣ мебошанд, зеро онҳо на танҳо барои таъмини амнияти ашёи хом заминаҳои илмӣ ва технологӣ ба вуҷуд меоранд, балки барои ҚСҚ «ТАЛҚО», инчунин имкониятҳои истифодаи дигар намудҳои ашёи хоми карбондорро дар истеҳсоли маҳсулоти электродии ҷаҳонӣ, истифодаи миқдори зиёди партовҳои дорои карбон дар корхонаҳои истеҳсоли алюминий васеъ менамояд.

Қор тибқи Лоихаи “Дар бораи гузариши корхонаҳои ин ширкат ба захираҳои маъдани маҳаллӣ”, ки Ширкати Алюминийи Тоҷик қабул кардааст, анҷом дода шуд.

**Ҳадафи таҳқиқот.** Ҳадафи таҳқиқот ин таҳия намудани асосҳои илмӣ, амалӣ ва технологияи истифодаи ашёи хоми маҳаллии дорои карбон - антрацит, ангишт ва партовҳои саноатии дорои карбон дар истеҳсоли маҳсулотҳои электродӣ, инчунин истеҳсоли электролити алюминий мебошад.

**Мувофиқи ҳадафи гузошташуда вазифаҳои зерин ҳал карда шуданд:**

- дигаргуниҳои сохтори антрацити кони Назарайлок дар ҳароратҳои муҳит ва ҳангоми то 1700<sup>0</sup>С гарм кардан дар сатҳи молекулавӣ таҳқиқ ва ошкор карда шуданд; масофаҳои байнисатҳӣ, текстура, анизотропияи инъикос, инчунин диапазони спектри фурӯбарӣ, ки ба ларзиши гурӯҳҳои мавҷудаи функционалӣ дар антрацит оварда мерасонад, муайян карда шуданд;

- хосиятҳои физико-химиявӣ ва физико-механикии антрацити кони Назарайлок дар ҳарорати муҳит ва ҳангоми тафсонӣ (1700<sup>0</sup>С) гарм кардан ҳаматарафа омӯхта шуда, бо аналогҳои хориҷӣ муқоиса карда шуданд;

- қиматҳои гармиғунҷоиш, коэффитсиенти интиқоли гармӣ, инчунин баъзе функцияҳои термодинамикии антрацит дар раванди коксҳосилшавӣ, ки ҳангоми тартиб додани тавозуни гармии электролизерҳои алюминий ва дигар воҳидҳои ҳароратӣ, ки бутабандиашон аз антрацити кони Назарайлок сохта шудааст, муайян карда шуданд;

- таҳияи таркиб ва пайваस्तкунандаи массаи фарши хуноки сумбашаванда (МХСФ), блокҳои паҳлӯгӣ ва фаршӣ, ки дар шароити лабораторӣ ва истеҳсолии ҚСҚ «ТАЛҚО» санҷида шудаанд, таҳия шудааст.

- таркиби фраксияи маводи резамайдаи антрацит, ки ҳангоми тафсонидани фарши электролизери алюминийи ҚСҚ «ТАЛҚО» истифода шудааст, таҳия шудааст;

- дар яке аз хатҳои технологияи истеҳсоли анодҳои ҚСҚ «ТАЛҚО» партияҳои таҷрибавии анодҳои пухта, МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ба даст оварда шуда, хосиятҳои физико-химиявӣ ва физико-механикии онҳо омӯхта шуданд;

- талабот ба антрацити кони Назарайлок ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли анодҳо, массаҳои сумбашаванда, инчунин блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, ки барои бутабандӣ кардани электролизерҳои алюминий истифода мешаванд;

- имкониятҳои истифодаи ангишти коксшавандаи кони Фон-Яғноб ҳамчун ашёи хом барои ба даст овардани гази синтезӣ, ки барои эҳтиёҷоти равандҳои технологӣ истифода мешаванд;

- таъсири маҳсулоти сӯхтани гази синтезӣ ба режими ҳарорати агрегатҳои пухтани анод, оташдонҳои реаксия барои синтези кислотаи гидрогенфторид дар реакторҳо барои синтези намакҳои фторид, инчунин дар хушккунакҳо барои хушконидаи маҳсулоти кимиёӣ омӯхта шуданд;

- истифодаи графити сунъӣ, ки аз блокҳои катодии истифодашудаи ҚСҚ «ТАЛҚО» ба даст омадааст, дар таркиби шихтаи истеҳсоли блокҳои фаршӣ, ки барои бутабандии деғҳои алюминий истифода мешавад, таҳқиқ карда шудааст;

- истифодаи концентрати гилхокукриолит (КГК) -ро, ки аз партовҳои саҳти дорои карбон дар ҚСҚ «ТАЛҚО» ба даст омадааст ва истифодаи он барои истеҳсоли хӯлаҳои алюминийи аввалия таҳқиқ шудааст.

### ***Мавод ва усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда***

Таркиби химиявии хокистар дар антрацит бо усули химиявӣ мувофиқи ГОСТ 10438-87 муайян карда шудааст. Элементҳо-ғашҳо ва инчунин оҳан, титан дар хокистар бо спектрометри намуди «СПЕКТРОСКАН Макс GV» -и вакуумии мавҷидисперсионии ренгенофлуоресентӣ муайян карда шудааст. Таркиби фраксионии антрацит аз рӯи ГОСТ 4790-87 «Сӯзишвориҳои саҳт. Усули ташҳиси фраксионӣ» муайян карда шудааст.

Таҷқиқоти термографӣ ва ренгенографии антрацит дар конструксияи термографии сохтаи муаллиф ва асбоби ДРОН-2 бо истифодаи шӯёҳои Си дар афканишот гузаронида шудааст.

Массаи хунук сумбашавандаи фаршӣ дар шароити озмоишгоҳ дар таҷҳизоте, ки дар КВД «ШАТ» кор карда баромадаанд, тайёр карда шудааст.

### ***Дараҷаи саҳеҳият ва баррасии натиҷаҳо***

Дараҷаи саҳеҳияти рисола бо усулҳои муосири таҳқиқот, мутобиқати босифатии натиҷаҳои ҳосилнамуда бо қиматҳои амалан додашуда ва тасаввуроти назариявии дар адабиёт мавҷуда таъмин гардидааст.

Натиҷаҳои асосии кори диссертатсионӣ дар муҳокима ва гузориш дода шуданд: Конференсияи байналмилалии илмӣ ва амалӣ бахшида ба 80-солагии зодрӯзи яке аз асосгузори ДДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ Сулаймонов А.С. (Душанбе, 1998); Конфронси 1-уми байналмилалии илмӣ ва амалӣ “Дурнамои рушди илм ва таълим дар асри XXI” ДДТТ ба номи акад. М.С.Осимӣ, (Душанбе, 2005); Конфронси V-и байналмилалии илмӣ ва амалӣ “Дурнамои истифодаи технологияҳои инноватсионӣ ва такмил додани таълими техникӣ дар мактабҳои олии кишварҳои ИДМ”, ДДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, (Душанбе, 2011); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Масъалаҳои муосири кимиё, технологияи кимиёвӣ ва металлургия”, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, (Душанбе, 2011); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Геология ва геозологияи истифодаи маъданҳои сӯзишворӣ дар Тоҷикистон” (Душанбе-2011); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ «Татбиқи технология ва технологияҳои олий дар истеҳсолот», Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон, (Душанбе, 2013); Конференсияи XIII байналмилалии илмӣ ва амалии “Хонишҳои Нумоновӣ” “Дастовардҳои илми химия бахшида ба 25-солагии Истиклолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон”, бахшида ба 70-солагии таъсисёбии Институти химия ба номи В.И. Никитини Академияи

илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, (Душанбе, 2016); Конфронси ҷумҳуриявии илмӣ-амалии “Масъалаҳои илми маводшиносӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон”, бахшида ба Рӯзи кимиё ва 80-солагии профессор А.В. Ваҳобов, Институти химияи ба номи В.И. Никитин Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, (Душанбе 2016); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Технологияи коркарди комплекси маъданҳои Тоҷикистон”, бахшида ба 25-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 10-солагии Донишкадаи кӯҳу-металлургии Тоҷикистон (Чкаловск, 2016); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Саҳми олимони ҷавон дар рушди илми химия”, бахшида ба хонишҳои Э.У. Нумонов, Институти химияи ба номи В.И. Никитин Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, (Душанбе 2017); Конфронси VI-и байналмилалӣ “Масъалаҳои муосири физика” бахшида ба 110-солагии С.У. Умаров ва 90-солагии акад. АИ ҶТ А.А. Адхамов, (Душанбе, 2018); Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Истифодаи технологияҳои инноватсионӣ дар таълими фанҳои табиӣ дар мактабҳои миёна ва донишгоҳҳо”, бахшида ба 150-солагии ҷадвали даврии унсурҳои кимиёвии Д.И. Менделеев ДМТ, (Душанбе, 2019); Конференсияи байналмилалӣ илмӣ ва амалии “Индустриализатсияи суръатнок - омили асосии рушди Тоҷикистон”, ИЭТ, (Кушонӣён, 2019).

#### ***Навоариҳои илмӣ кор:***

- хусусиятҳои физикӣ-химиявӣ ва физикӣ-механикии ҳамаҷониба коркардшудаи антрацити кони Назарайлок дар ҳарорати паст, миёна ва баланд ( $250-1700^{\circ}\text{C}$ ), инчунин бо истифодаи спектроскопияи ИС, термогравиметрӣ, ЭПР ва рентгенографӣ, тағирёбии структуравии он ошкор карда шуданд; тағирёбии гармиғунҷоиши он аз ҳарорат муайян карда шудааст;

- антрацити кони Назарайлок ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли анодҳо, МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, инчунин маводи пуркунанда барои тафсонидани фарши электролизерҳои алюминий баҳо дода шуд;

- таркиби шихта ва пайваस्तкунанда (таносуби қатрони ангишт ва рағани фурубаранда) барои истеҳсоли ХНПМ, таносуби миқдори термоантрацит ва қатрони (пек) ангишт барои истеҳсоли анод, блокҳои паҳлӯгӣ ва фаршӣ пешниҳод карда мешаванд;

- дар шароити истеҳсолии ҶСК «ТАЛКО» маҷмӯҳои саноатии МХСФ, анодҳо ва блокҳои паҳлӯгӣ истеҳсол шудаанд, ки ба талаботҳои техникаи ТУ 1913-109-014-99 “Блокҳои паҳлӯгӣ барои электролизерҳои алюминий”, инчунин ТУ 48-0128-50- 60-04 “Омодасозии массаи хунуксумбашуда” мувофиқат менамоянд.

- устувории антрацити кони Назарайлок, дар ҳарорати  $1400^{\circ}\text{C}$  муайян карда шуда, қобилияти он барои истеҳсоли маҳсулотҳои электродӣ исбот шуд;

- имконияти ба даст овардани ҳӯлаи аввалия бо истифода аз концентрати гилхокукриолитӣ, ки аз партови саҳти карбондор дар ҶСК «ТАЛКО» маҳфузбуда ба даст омада муайян карда шуд. Нишон дода шудааст, ки ин усул метавонад ҳамзамон қабати электролитро дар шахтаи электролизер афзоиш диҳад;

- ба ҷои гази табиӣ дар технологияи истеҳсоли маҳсулоти электродҳо ва маҳсулоти кимиёвӣ истифодаи гази синтези аз антрацит ва дигар ангиштҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шуд.

**Аҳамияти назариявии таҳқиқот** ин омӯзиши сохтори молекулярии антрацити кони Назарайлоқ бо усулҳои гуногуни физикавӣ-химиявии муосир ва ҷустуҷӯи имконоти истифодабарии концентрати криолитгилҳок, ки аз партовҳои саҳти карбондори ҶСК «ШАТ» иборат аст, бо мақсади истеҳсоли электролитии алюминий ва хӯлаҳои алюминий дар электролизерҳо, инчунин ҳосилкунии синтез-газ дар газогенераторҳо аз ангишти Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад.

**Аҳамияти амалии кор.** Дар асоси таҳқиқоти гузаронидашуда, технологияҳои истеҳсоли анодҳо, МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, инчунин дар шакли маводи резамайда, ки аз антрацити кони Назарайлоқ ҳосил карда шудааст барои тафсонидани фарши электролизерҳои алюминий таҳия карда шуданд;

Технологияи газификатсияи ангиштсанги кони Фон-Яғноб дар генераторҳои гази «ТАЛКО Кемикал» пешниҳод карда мешавад. Истифодаи концентрати гилхокукриолит, ки аз партовҳои саҳти карбондор мавҷудбудаи ҶСК «ТАЛКО» ба даст оварда шудааст, ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли хӯлаи алюминийи аввалияи электролитӣ пешниҳод карда мешавад.

Истифодаи антрацитикони Назарайлоқ ба ҳайси пуркунанда дар таркиби шихта ҳангоми истеҳсоли анодҳо, МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, инчунин маводи пуркунанда барои тафсонидани фарши электролизерҳои алюминий арзиши он дар муқоиса бо маҳсулоти шабеҳи карбон-графит, ки ба ҶСК «ТАЛКО» аз Руссия, Украина, Хитой ворид карда мешавад, хело арзон мебошад. Истифодаи концентрати гилхокукриолит, графити сунъӣ, ки аз партовҳои саҳти ҶСК «ТАЛКО» ба даст оварда шудааст, имкон медиҳад, ки ҳаҷмҳо коҳиш ёбанд, истифодаи гилҳои тару тоза ва криолит дар истеҳсоли алюминий ҷуброн карда шавад, блокҳои фаршӣ барои таъмири мукаммали электролизерҳои алюминий истеҳсол карда шаванд.

**Барои дифоъ пешниҳод мешаванд:**

- натиҷаҳои омӯзиши ҳамаҷонибаи таркиби химиявӣ, ҳосиятҳои физикавӣ ва химиявии ашёи хом ва тафсонидашудаи антрацити кони Назарайлоқ дар муқоиса бо ҳамҷавори хориҷӣ оварда шудаанд;

- ресептура ва технологияи истеҳсоли МХСФ барои сумбанамудани тарқишҳои байни блокҳои фаршии электролизерҳои алюминий, ки дар асоси антрацити кони Назарайлоқ тарроҳӣ шудааст;

- технологияи истеҳсоли хӯлаи алюминийи аввалия, ки дар электролизерҳо бо истифода аз концентрати гилхокукриолит, ки аз партовҳои саҳти карбондор истеҳсол шудаанд;

- таркиби фраксияи маводи резамайда, ки аз антрацит тайёр шудааст ва барои тафсонидани фарши электролизерҳои алюминий сохташуда;

- ресептура ва технологияи истехсоли блокҳои пахлӯи ва фаршӣ, ки аз антрацит тайёр карда шудааст ва барои бутабандии электролизерҳо истифода мешаванд;

- натиҷаҳои санҷишҳои саноатӣ ва истифодаи концентрати гилхокукриолит дар истехсоли алюминийи электролитӣ, хӯлаи алюминий дар электролизерҳои ҚСҚ «ТАЛҚО»;

- натиҷаҳои таҳқиқоти ҳамаҷонибаи истехсоли гази синтезӣ аз ангиштҳои Тоҷикистон бо мақсади истифодаи он дар технологияи истехсоли анодҳои пухта, буғ ва маводҳои химиявӣ;

- қиматҳои гармиғунҷоиш, коэффисиенти гармидиҳӣ ва функцияҳои термодинамикии антрацит бо мақсади тартиб додани тавозуни энергетикӣ электролизерҳои алюминий ва дигар дастгоҳҳои гармидиҳӣ.

**Саҳми шахсии муаллиф.** Саҳми шахсии муаллиф дар таҳлил ва хулосабарории омӯзишӣ адабиётҳои мавҷудбуда, масъалагузорӣ, банақшагири ва гузаронидани таҷрибаҳо, коркард, таҳлили қиматҳои ҳосилшуда бо хулосаҳои назариявӣ ва ифодаи онҳо, ба чоп тайёр намудани мақолаҳои илмӣ мебошад.

Таконисканҷаи (вибропресс) озмоишгоҳии ихтироъкардаи муаллиф барои сумба намудани хамираи “сабз”, ки аз он намунаҳои таҷрибавии МХСФ, блокҳои катодӣ ҳосил карда мешаванд, истифода бурда шуд. Барои дар ҚСҚ “ТАЛҚО” ва ҚДММ “ТАЛҚО Кемикал” тадбиқ намудани технологияҳои бевосита дар электролизёр истехсол намудани хулаи электролити алюминийро ва инчунин МХСФ, блокҳои катодӣ, гази синтезиро, ки аз ашёи хоми маҳаллии карбондор истехсол шудаанд роҳбарӣ намудааст.

**Интишорот.** Дар асоси маводи рисолаи диссертатсионӣ 1 монография, 25 мақола, аз ҷумла 13 мақола дар нашрияҳои тавсиянамудаи ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 12 мақола нашр шуда, 5 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дарёфт шудааст.

**Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.** Қори рисола аз муқаддима, 5 боб, мулоҳизаҳо, хулоса, рӯйхати адабиёти истифодашуда, аз ҷумла 225 номгӯй иборат аст. Он дар 303 саҳифаи маҷмӯаи компютерӣ, аз ҷумла 57 расм, 88 ҷадвал ва замима пешниҳод карда шудааст.

### **МАЗМУНИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ**

Дар муқаддима заминаҳо ва проблемаи асосии таҳқиқот нишон дода шуда, аҳамияти қор асоснок карда шудааст, сохтори диссертатсия нишон дода шудааст.

Дар боби якуми рисола таҳлили маълумотҳои адабиёт дар бораи роҳҳои коркард ва истифодаи ашёи хоми дорои ангишт дар истехсоли алюминий ва дигар соҳаҳо оварда шудааст. Тавсифоти умумии ангиштҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон инчунин тақсим карда шудаанд: тақсимоти пайдоиши геологӣ, захираҳои пешгӯишаванда ва саноатӣ ва инчунин нишондиҳандаҳои сифати онҳо. Истифодаи ашёи хоми карбон дар истехсоли анодҳо, массаҳои сумбашаванда, блокҳои катодии (пахлӯгӣ ва фаршӣ) электролизерҳои алюминий нишон дода шудааст.



Таҳлили маълумотҳои адабиёт нишон медиҳад, ки маводҳои карбон-графитӣ дар сохтор ва хосиятҳои онҳо дар маҳсулоти электродҳои ҳаммонанд надоранд. Хусусиятҳои массаи хуноки сумбашавандаи фаршӣ (МХСФ), блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, ки хусусиятҳои кори дастгоҳи катодаи электролизерҳои алюминийро муайян мекунанд, аз таркиби петрографӣ, пайдоиши геологӣ ва геохимиявӣ, дараҷаи метаморфизми ҷузъи асосии антрацит ва пуркунандаи иловашуда вобастаанд.

Ҳангоми ба ангишт табдилёбӣ одатан массаи органикии ангишт зич карда мешавад ва массаи он бо сабаби тақсимои моддаҳои баланд-молекулавӣ тадриҷан кам мешавад ва боиси зиёд шудани қобилияти барқии ангишт мегардад. Антрацити кони Назарайлок метоморфизмро нисбатан паст гузаронидааст. Аз ин рӯ, барои фишурдани массаи органикӣ энергияи зиёд лозим аст. Антрацити Назарайлок зичии кам дорад, баромади калони маводҳои зудбухор ва инъикоси кам дорад. Бо вуҷуди ин, антрацити кони Назарайлок ашёи муҳими технологӣ мебошад ва барои муайян кардани густариши истифодаи он корҳои зиёди таҳқиқотӣ заруранд; Аз он МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ ва дигар маводҳои карбон-графитӣ барои эҳтиёҷоти Ҷумҳурии Тоҷикистон, аз ҷумла барои ҶСК «ТАЛКО» истифода мешаванд.

Дар асоси ин мулоҳизаҳо роҳҳои коркарди антрацити кони Назарайлок пайдо кардан лозим аст, то ин ки антрацит он хосиятҳоеро (нишондиҳандаҳои сифат) пайдо кунад, ки барои истеҳсоли маводи мухталифи карбон-графитӣ мувофиқ меоянд, пайдо кунад. Барои ноил шудан ба ин ҳадаф, пеш аз ҳама омӯختани сохтори молекулавии антрацити кони Назарайлок бо истифода аз усулҳои мухталифи физикавӣ-химиявӣ муосир зарур аст.

Вазифаи муҳим, дарёфт кардани имконияти истифодаи концентрати гилхокукриолит аз партовҳои саҳти карбон, ки дар ҶСК «ТАЛКО» хобанд бо мақсади ба даст овардани ҳӯлаҳои алюминий ва ҳуди алюминий бевосита дар электролизерҳо мебошад.

Барои ноил шудан ба ин ҳадаф ҳалли масъалаҳои зерин лозим аст:

1. Омӯзиши ҳамаҷонибаи физикӣ ва химиявӣ ташаккули таркиби антрацити кони Назарайлок ҳангоми коркарди гармӣ то  $1700^{\circ}\text{C}$ .

2. Омӯзиши ҳамаҷонибаи қонуниятҳои асосии ташаккули хосиятҳои физикӣ ва механикии прототипҳои блокҳои катодӣ бо истифодаи термоантрацит ва графити сунъӣ, ки аз корношоям шудани блокҳои пешина гирифта шудаанд.

3. Омӯзиши вобастагии хосиятҳои физикӣ ва механикии блокҳои катодӣ аз миқдори дар таҳияи маводи карбондор, ки дар ҳарорати баланд (то  $1700^{\circ}\text{C}$ ) коркард карда шудааст.

4. Интиҳоби таркиби оптималии шихта ва пайваस्तкунандае, ки хусусиятҳои бехтарини физикӣ ва механикии маҳсулоти электродҳои карбон-графитро дар шароити истифодаи гази синтези таъмин карда шавад.

5. Истеҳсоли блоки паҳлӯӣ дар асоси антрацитҳои кони Назарайлок бо коркарди ҳарорат, тақсимои андозаи ҳиссаҳо ва таҳлили муқоисавӣ хусусиятҳои физикӣ ва механикии онҳо бо ҳамҷинсҳои хоричӣ.

6. Интихоби таркиби оптималии шихта ва пайвастанданда, ки хусусиятҳои беҳтарини физикӣ ва физикӣ-механикии МХМФ-и истеҳсолшударо дар асоси антрацити Назарайлок доранд.

7. Баровардани партияи саноатии МХСФ барои сумба намудани тарқишҳои байни блокҳои фаршии электролизерҳои алюминии ҶСК «ТАЛКО» ва таҳлили муқоисавии нишондиҳандаҳои сифатии онҳо бо ҳамтоёни хориҷӣ.

8. Имкониятҳои истифодаи резамайдаҳои термоантрацит ба сифати маводи пуркунанда барои тафсонидани фаршҳои электролизерҳои алюминий пеш аз оғоз.

9. Пешниҳод оид ба истифодаи ҳамачонибаи антрацитҳои кони Назарайлок, инчунин истифодаи партовҳои карбондор дар истеҳсоли алюминийи электролитӣ.

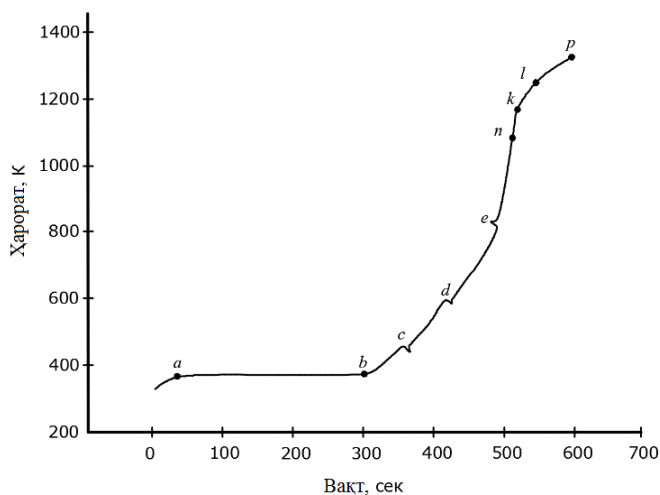
## **БОБИ 2. ОМУЗИШИ СОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ АНТРАСИТИ КОНИ НАЗАРАЙЛОК**

Макро ва микрохосиятҳои ҷисмҳо дар сатҳи молекулавӣ муайян карда мешаванд. Ба макрохосиятҳо характеристикаи мустаҳкамӣ дохил мешаванд. Масалан, барои антрацитҳо, функсияи тарқиш, шикастан мансуб аст. Микропропертҳо хосиятҳои оптикӣ, барқӣ, гармӣ (гармиғунҷоиш) ва дигар хосиятҳоро дар бар мегиранд, ки ба сохтори модда вобастаанд.

Хусусиятҳо ва хосиятҳои дар боло овардашуда таҳқиқоти мураккаби физико-химиявиро талаб мекунад, ба монанди термогравиметрия, дифраксияи рентгенӣ, ЭПР, спектроскопияи ИС, гармиғунҷоиш, кинетикаи аз таркиби антрацит хориҷ шудани ҷузъҳои органикӣ.

Коркарди гармии антрацит раванди асосии истеҳсолист, ки сохт ва хосиятҳоро ба самти муайян тағир медиҳад. Истифодаи антрацитҳо дар истеҳсоли массаҳои сумбашаванда ва дар соҳаи электродҳои саноатӣ бе коркарди гармӣ ғайриқобили қабул ё номатлуб аст, гарчанде ки баъзе маводҳо (термографит ва баъзеи дигар) дар асоси ашёи хоми бе коркарди гармӣ истеҳсол карда мешаванд.

Дар расмҳои 1 ва 2 термограмма, дериватограмма (қачии-2, ДТА-2) ва талафоти масса (қачии 4) антрацити кони Назарайлок нишон дода шудааст. Тавре ки аз расми 1 дида мешавад, қачии термограмма якҷанд нуктаи афтиши ба ҳарорати муайян мувофиқро нишон медиҳад. Масалан, дар ҳарорати 110 °С, қисмати а<sub>в</sub> ба баромади оби адсорбсияшуда аз сатҳи антрацит, қисмати б<sub>с</sub> ба баромади оби генетикӣ аз қабатҳои амиқи ангишт мувофиқат мекунад, ки ин аввалин эндоэффектро дар қачии ДТА медиҳад (расми 2). Энергияи умумии фаъоли ин эффекти эндотермӣ 14,66 кДж / молро ташкил медиҳад, тартиби реаксия тартиби якбуда бо суръати раванди бухоршавии намӣ аз сӯрохиҳои антрацит 0,670 мг / см<sup>2</sup> · с мувофиқат мекунад.



**Расми 1** – Термограммаи антрацити кони Назарайлоқ

максималии озодшавии бухори ҷузъҳои органикӣ -  $0,30 \text{ мг / см}^2 \cdot \text{с}$  мебошад.

Эндоэфекти баландҳарорати қачии ДТА (расми 2, хати қачи 2) ( $620 \text{ }^\circ\text{C}$ ) метавонад аз ҳисоби деструксияи ҳароратӣ (ё тағироти фазавӣ) аз ҳисоби фрагментҳои вазнини органикӣ бошад. Ин ба қисмати *pk* мувофиқ аст (Расми 1).

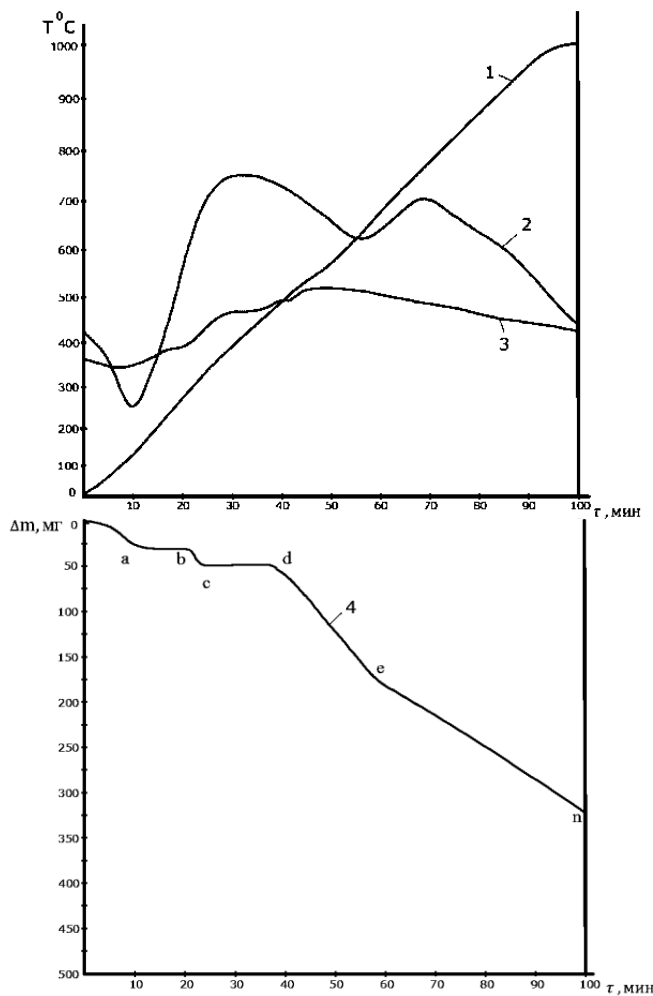
Барои ин бахш энергияи ғаёол ҳисоб карда шуд, ки  $60,60 \text{ кДж / мол}$ , ташкил дода, тартиби реаксия ба як баробар буда ва суръати максималии тағирёбии фаза  $0,40 \text{ мг / см}^2 \cdot \text{с}$  мебошад.

Дар қачии ДТА, экзоэфекти дуҷум ба мушоҳида мерасад, ки ба ҳарорати  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  мувофиқ аст. Дар ин ҳарорат, эҳтимолияти баромади ҳама ҷузъҳои органикӣ ба итмом расиданаш мумкин аст, фишурдашавии қабатҳои карбонӣ, баланд шудани дараҷаи ангиштшавӣ ва қисман сӯхтани карбон дар атмосфераи оксигенӣ ба амал меояд. Дар қачи термограмма, эндоэфект (расми 1) ба қисмати (*np*) мувофиқат мекунад. Энергияи ғаёол ба  $99,24 \text{ кДж / мол}$  мувофиқат намуда, тартиби реаксия ба як баробар буда ва суръати максималии раванд  $0,30 \text{ мг / см}^2 \cdot \text{с}$  мебошад. Ғайр аз он, реаксияҳое, ки дар ҳарорати  $1050^\circ\text{C}$  мегузаранд, аз афташ, дар қисми минералии ангишт сураат мегиранд, масалан, раванди мултизатсия аз ҳисоби реаксияи  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  ба амал меояд.

Бояд қайд кард, ки қисми минералии антрацит аз  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  ва дигар микроэлементҳо иборат аст. Ғайр аз ин, дар вақти  $t = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ , будан сӯзиши пуршиддати карбон оғоз ёфта массаи умумӣ ҷум мешавад.

Қачии 4 (расми 2) маълумотро дар бораи аз даст додани массаи антрацит вобаста ба ҳарорат нишон медиҳад.

Дар қисмати *cd* (расми 1), қисми органикии антрацит мулоим мешавад ва баъзе газҳои ҷудошуда чунин мебошанд:  $\text{O}_2$ ;  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ . Ин барои антрацити метаморфизми паст (Назарайлоқ) хос аст. Дар минтақаи *den* (расми 1) баромади ҷузъҳои органикии худбӯхор мавҷуд аст, ки маҳсулоти сӯзиши  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  ва баромади  $\text{CH}_4$  мебошанд. Ин раванд дар қачии ДТА (расми 2) дар якҷоягӣ бо аввалин экзоэфект бо энергияи ғаёоли  $18,80 \text{ кДж / мол}$ , ва тартиби реаксия ба як баробар буда дорои суръати



Ҳисоб карда шудааст, ки то ҳарорати 480 °С, талафоти массаи намуна 5,4% (масса) - ро ташкил медиҳад ва аз ҳисоби миқдори умумии намӣ, баромадани газҳои O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> рух медиҳад. Талафоти масса дар доираи 17,5% (масса) дар ҳарорати 500-660 °С асосан аз ҳисоби сӯختани ҷузъҳои органикӣ рух медиҳад, пас дар ҳарорати баландтар (660 °С) массаи антрацит аз ҳисоби сӯختани карбон ба амал меояд.

Талафоти умумии антрацит 35.0-38.6% (масса) мебошад. Дар шароити воқеӣ, ҳангоми тафсонидани антрацити кони Назарайлоқ дар оташдонҳои даврзанандаи саноатӣ, вобаста ба тақсими андозаи зарраҳо, миқдори намӣ ва ҷузъҳои бухори органикӣ массаи умумӣ ба ҳисоби миёна 40,0% (масса) буда, ҳосилнокии маҳсулоти мувофиқ ба ҳисоби миёна 60% (масса) -ро ташкил медиҳад.

**Расми 2** – Дериватограммаи антрацити кони Назарайлоқ:

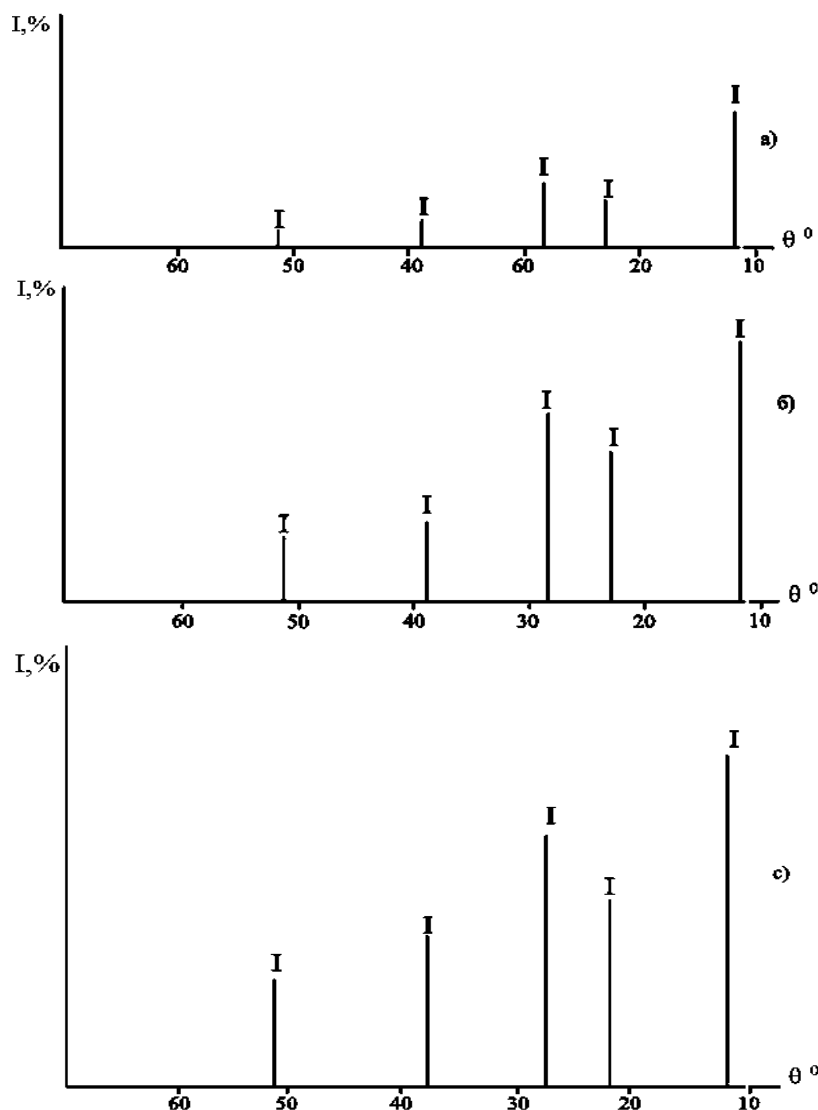
- 1 – суръати тағйирёбии ҳарорат;
- 2 – суръати талафи массаи антрацит;
- 3 – суръати талафи массаи Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;
- 4 – талафи массаи антрацит

Ҳамин тариқ, таҷзияи термикӣ антрацитҳои Назарайлоқ аз 330 °С оғоз ёфта, дар 800-900 °С ба марҳилаи ниҳии нобудшавии сохтори ибтидоии молекулавйовардамасонад. Дар ҳарорати баландтар аз 1300<sup>0</sup>С, таҷдиди он ба амал меояд, ки инро рушди 2-юми экзоэффакт нишон медиҳад (расми 2) ва ташаккули муллит аз қисми минералии ангишт Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ва SiO<sub>2</sub> ба амал меояд.

Дар расми 3 шакли хаттии рентгении антрацити аслӣ (хом), антрацити калсинатсияшуда дар ҳарорати 1200 °С (b) ва 1400 °С, (c) нишон дода шудааст ва натиҷаҳои ҳисоб дар ҷадвали 1 оварда шуда ба дигар қонҳои антрацит муқоиса карда шудаанд.

Дар спектри ИС-и антрацитҳои хоми кони Назарайлоқ фурубарии спектрҳои 1100-1200; 1450 - 1500; 2200-2350; 3300-3400; 3650-3750 см<sup>-1</sup>, ба назар мерасад, ки мутаносибан ба гурӯҳҳои функционали C – O; NH; C ≡ C; C -

H; O - H, мувофиқат мекунанд, ки дар хатти қач қулаҳоро ба вуҷуд овардаанд (бо расми 4 ва хатти қачи 1 нигаред).



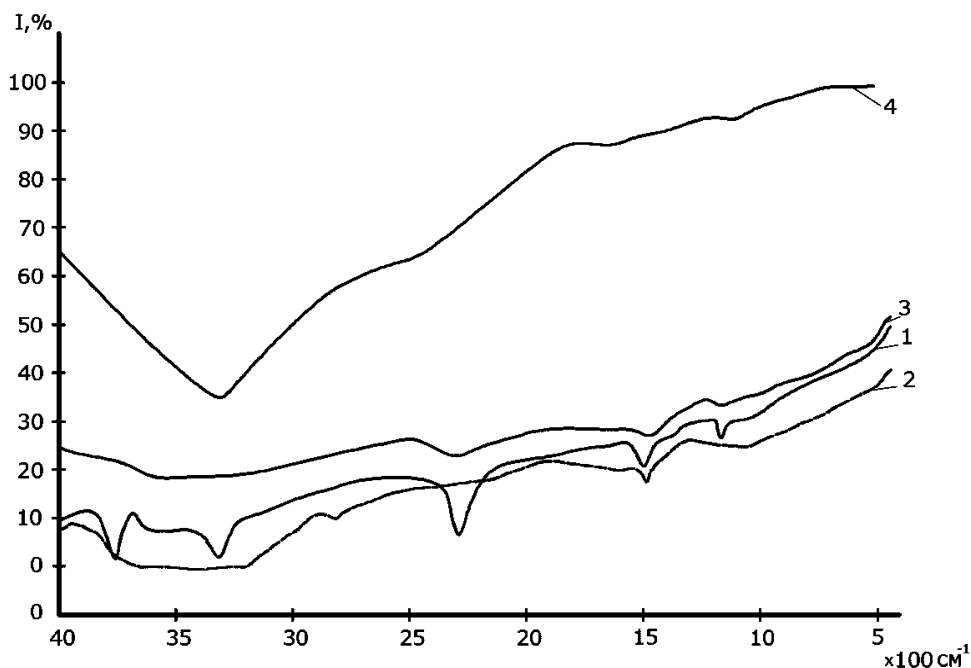
**Расми 3** - Штрихрентгенограммаҳо: а) антрацити хом; б) антрацит пас аз тафсондан (дар ҳароратӣ 1200 °С); антрацит пас аз тафсондан (дар ҳароратӣ 1400 °С)

Тавре ки аз расми 4 дида мешавад, дар ҳарорати 1000-1400 °С дар спектрҳои ИС, ҳамворшавии қуллаҳо ба назар мерасад, ки аз байн рафтани ҷузъҳои органикӣ, алахусус дар  $t = 1400$  °С (қачии 4) мебошад. Дар ин ҳарорат карбонизатсияи антрацит ба амал меояд, ки карбони ҳосилшуда мавҷи электромагнитиро то 95% (масса) ба худ мегирад. Спектри фурубурдашудаи 3500-3000  $\text{cm}^{-1}$  (минимум дар хатти 4), эҳтимол ба ташаккули пайванди гидрогени рост меояд.

**Ҷадвали 1** - Тавсифи муқоисавии антрацитҳои конҳои гуногун то ва баъди коркарди ҳароратӣ

№ бт	Антрацит	Зичии қисми органикӣ, кг/м <sup>3</sup>	Таснифоти сохти рентгенӣ, нм			Индекс L <sub>a</sub> ·L <sub>c</sub>
			d <sub>002</sub>	L <sub>a</sub>	L <sub>c</sub>	
	1	2	3	4	5	6
1	Ҳавзаи Донецк (шахтаи №№66-67)	1660	0,3507	35,70	15,20	542,64
2	Донбасси Россия (шахтаи ба номи 60-солагии комсомоли Ленинӣ)	1500	0,3550	9,00	3,00	27,00
3	Ха-Ту (Ветнам, метаморфизми контактӣ )	1420	0,3518	27,70	19,70	545,69
4	Назарайлоқ (Тоҷикистон, қитъаи «Шикорхона»)	1420	0,3560	27,90	20,10	560,79
5	Ҳавзаи Горловск (антрацити Коливанск типии фюзенит)	1690	0,3517	33,50	15,60	522,60
Пас аз коркарди ҳароратӣ (1000 °С)						
1	Ҳавзаи Донецк (шахтаи №№66-67)	2200	0,3361	46,00	20,30	933,8
2	Донбасси Россия (шахтаи ба номи 60-солагии комсомоли Ленинӣ)	1900	0,3460	15,60	3,80	59,28
3	Ха-Ту (Ветнам, метаморфизми контактӣ )	2130	0,3360	45,00	19,50	877,50
4	Назарайлоқ (Тоҷикистон, қитъаи «Шикорхона»)	1750	0,3520	40,50	17,25	698,62
5	Ҳавзаи Горловск (антрацити Коливанск типии фюзенит)	2030	0,3362	33,80	19,20	648,96
Пас аз коркарди ҳароратӣ (1200 °С)						
1	Ҳавзаи Донецк (шахтаи №№66-67)					

	1	2	3	4	5	6
2	Донбасси Россия (шахтаи ба номи 60-солагии комсомоли Ленинӣ)					
3	Ха-Ту (Ветнам, метаморфизми контактӣ )					
4	Назарайлоқ (Тоҷикистон, қитъаи «Шикорхона»)		0,343			
5	Ҳавзаи Горловск (антрацити Коливанск типии фюзенит)					
Пас аз коркарди ҳароратӣ (1400 °С)						
1	Ҳавзаи Донецк (шахтаи №№66-67)					
2	Донбасси Россия (шахтаи ба номи 60-солагии комсомоли Ленинӣ)					
3	Ха-Ту (Ветнам, метаморфизми контактӣ )					
4	Назарайлоқ (Тоҷикистон, қитъаи «Шикорхона»)		0,340			
5	Ҳавзаи Горловск (антрацити Коливанск типии фюзенит)					



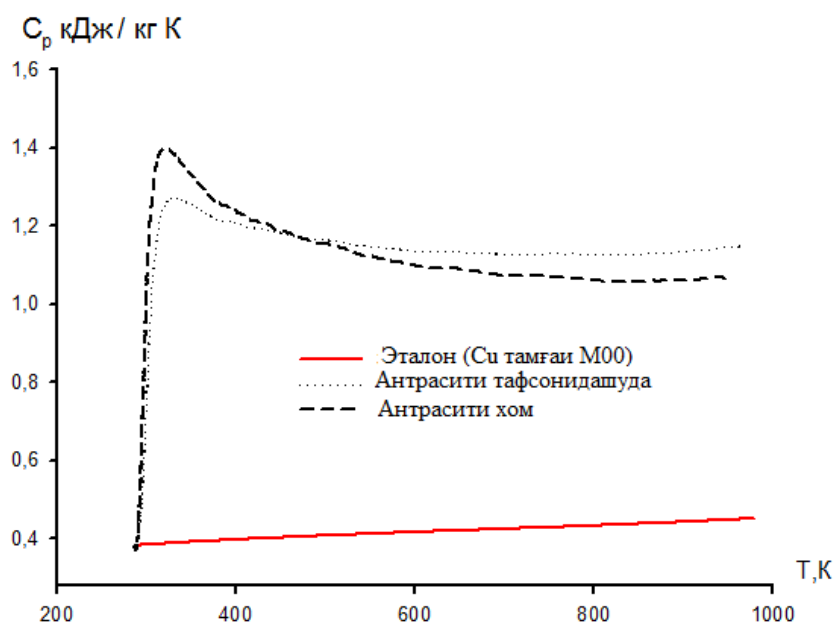
**Расми 4**—Спектрҳои ИС-и антрацити хом ва баъди коркарди гармиёкони Назарайлоқ (қабати №4): 1 – антрацити хом; 2 - коркарди гармӣ дар ҳароратӣ 1000<sup>0</sup>С; 3- коркарди гармӣ дар ҳароратӣ 1200<sup>0</sup>С; 4 - коркарди гармӣ дар ҳароратӣ 1400<sup>0</sup>С

Омӯзиши гармиғунҷоиш яке аз усулҳои асосии омӯхтани тағиротҳои сохтории ҳам ҷисмҳои изотропӣ ва ҳам анизотропӣ мебошад. Ба ҷисмҳои анизотропӣ антрацитҳо ва дигар ангиштҳо дохил мешаванд.

Таҳлили адабиётҳо нишон медиҳад, ки усули беҳтарини омӯзиши гармиғунҷоиш усули муқоисаи суръати “сардшавии” ду намуна ҳисобида мешавад: яке аз таҳқиқшуда ва як истинод - тибқи қонуни “сардшавии” Нютон-Рихман.

Омӯзиши вобастагии ҳароратии гармиғунҷоиши антрацит дар режими “хунуккунӣ” бо истифодаи технологияи компютерӣ ва барномаи Sigma Plot гузаронида шуд. Ба сифати эталон миси тамғаи МОО истифода шуд. Ҳамзамон, параметрҳои дар боло нишондодашуда барои антрацити пеш аз тафсонидашуда ва дар ҳарорати  $1100 \pm 25$  °С дар танӯрҳои гардишхурандаи саноатии ҚСҚ «ТАЛҚО» омӯхта шуда буданд.

Дар расми 5 вобастагии гармиғунҷоиши хос аз ҳарорати намунаҳо нишон дода шудааст.



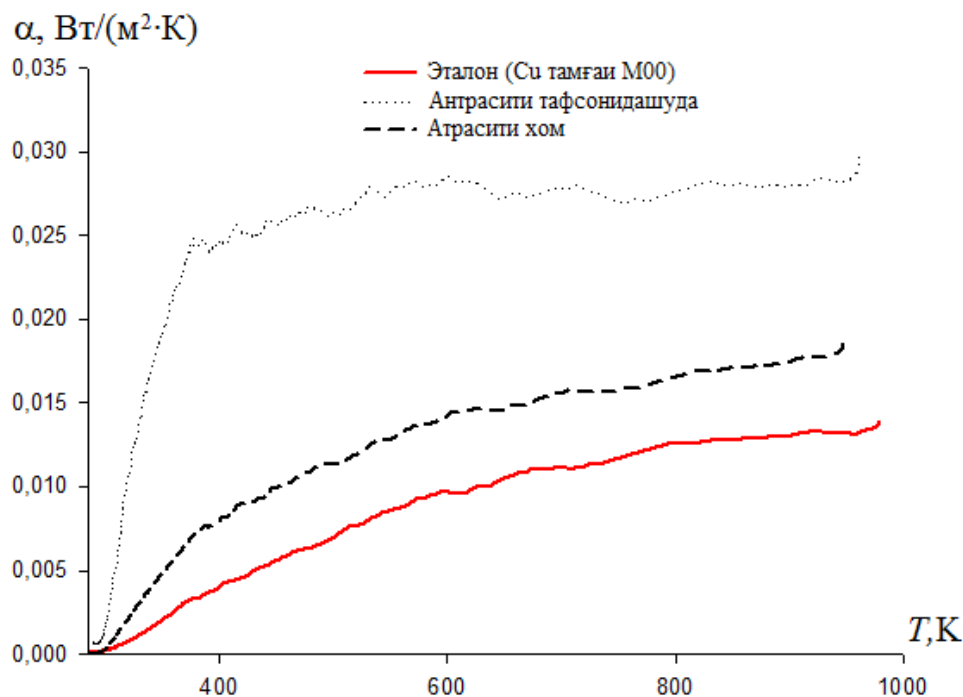
**Расми 5** – Вобастагии ҳароратӣ гармиғунҷоиши хоси эталон ва антрацит

Тавре ки аз расми 5 мушоҳида мешавад, дар ҳарорати 320 К, қобилияти гармиғунҷоиши хоси антрацити хом нисбат ба антрацити пешакӣ коркарди гармӣ кардашуда ( $1,27$  кДж / кг · К) зиёдтар буда ба ( $1,40$  кДж / кг · К) баробар аст. Фарқият  $0,13$  кДж / кг · К мебошад, ки бо мавҷудияти намии адсорбсия шуда дар антрацити хом алоқаманд аст. Ғайр аз он, ҳангоми баланд шудани ҳарорат, ки намӣбухор мешавад гармиғунҷоиши хос дар ҳарорати 500 К бо ҳам баробар шуда қиммати  $1,165$  кДж/кг·К мегирад. Дар ҳарорати 1000 К гармиғунҷоиши хоси антраците, ки ба кокс мубадал мешавад ба  $1,065$  кДж/кг·К баробар мешавад дар ҳоле ки барои антрацити пеш аз коркарди гармӣ  $1,135$  кДж / кг · К мебошад.



Ҳамин тавр, барои тартиб додани баланси гармии электролизерҳои алюминий, ки блокҳои катодии онҳо аз антрацити кони Назарайлок сохта шудаанд, бояд  $C_p$  миёнаи  $1,950 \text{ кДж / кг} \cdot \text{К}$  дар доираи ҳарорати (973 - 1173) К истифода бурдан лозим аст. Дар асл, барои истеҳсоли блокҳои катодӣ дар шароити истеҳсоли, антрацит бояд дар ҳарорати  $1200-1250 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $1473-1523 \text{ К}$ ) тафсонида шавад.

Дар расми 6 вобастагии коэффисиенти гармидиҳи ( $\alpha$ ) аз ҳарорат ( $T$ ) барои намунаи стандартӣ ва антрацитҳои омӯхташуда нишон дода шудааст.



**Расми 6** –Вобастагии коэффисиенти гармидиҳи эталон ва антрацит аз ҳарорат

Чи тавре ки аз расми 6 дида мешавад, коэффитсиенти гармидиҳи антраците, ки қаблан тафсонидашуда гирифта шудааст, нисбат ба антрацити хом хеле баланд аст. Масалан, дар ҳарорати 800 К, коэффитсиенти гармидиҳи антрацити пешаки коркарди гармӣ шуда ба  $0,027 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ , ва антраците, ки комилан коркард нашудааст -  $0,012 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$  мебошад. Тавре ки аллақай қайд карда шуд, дар истеҳсоли блокҳои карбонграфитӣ, ки барои бутабандӣ истифода мешавад бояд дар ҳарорати  $1473-1523 \text{ К}$  коркард карда шавад. Дар ҳудуди ҳарорати  $600-1000 \text{ К}$   $\alpha$  қариб ки доимӣ мемонад ва дар ҳудуди  $0,026-0,028 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$  тағйир меёбад. Барои ҳисобҳои амалӣ, метавонанд қимати  $\alpha$ -ро ба  $0,027 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$  қабул намоянд.

Омӯзиши гармиғунҷоиши антрацитҳо бо истифода аз барномаи махсуси Sigma-plot функцияҳои термодинамикиро дар ҳароратҳои гуногун дод. Вобастагии энталпия  $\Delta H^0$  (кҶ / кг), энтропия  $\Delta S^0$  (кҶ / кг · К) ва энергияи Гиббс  $\Delta G^0$  (кҶ / кг) аз ҳарорат барои антрацитҳои хом ва қаблан тафсонидашуда дар

ҷадвали 2 оварда шудаанд. Функцияҳои термодинамикии ҳисобкардашуда истеъмоли энергияро барои десорбсияи об, ҷудошавии моддаҳои бухоршаванда ва ба антрацит сохтори муайяно баҳо дода, инчунин дараҷаи метаморфизми ангиштро нишон медиҳанд.

**Ҷадвали 2** – Вобастагии тағйирёби дар функцияҳои термодинамикии антрацит ва эталон аз ҳарорат

Номгуинаму наҳо	$H^0(T) - H^0(T_0)$ кДж / кг						
	Т.К						
	300	400	500	600	700	800	900
1	2	3	4	5	6	7	8
Эталон (Cu тамғаи МОО)	0,711986322	39,8675	80,16671	121,419	163,519	206,4466	250,2666
Антрацити тафсониди	0,001865116	0,096525	0,179061	0,249816	0,249816	0,359947	0,402605
Антрацити ҳом	0,002005741	0,104269	0,193355	0,268379	0,329426	0,377555	0,414795
$S^0(T) - S^0(T_0)$ кДж / кг·К							
Эталон (Cu тамғаи МОО)	-0,01033279	0,102223	0,192105	0,267293	0,332174	0,389483	0,441085
Антрацити тафсониди	0,000006296	0,000279	0,00064	0,000593	0,000686	0,000753	0,000803
Антрацити ҳом	0,000006717	0,000302	0,000502	0,00064	0,000735	0,0008	0,000845
$G^0(T) - G^0(T_0)$ кДж / кг·К							
Эталон (Cu тамғаи МОО)	3,811822	-1,02179	-15,886	-38,9567	-69,0027	-105,14	-146,71
Антрацити тафсониди	-0,000005	-0,01523	-0,05297	-0,10621	-0,17043	-0,24254	-0,32048
Антрацити ҳом	-0,00009	-0,01667	-0,05778	-0,15564	-0,18505	-0,26244	-0,34529

### **БОБИ 3. ОМУЗИШИ ХОСИЯТҲОИ ФИЗИКАВӢ- ХИМИЯВӢ ВА ФИЗИКАВӢ-МЕХАНИКӢ, ИНТИХОБИ РЕСЕПТУРА ВА КОРКАРДИ ТЕХНОЛОГИЯИ ИСТЕҲСОЛИ САНОАТИИ МАССАИ ХУНУКИ СУМБАШАВАНДАИ ФАРШӢ ДАР АСОСИ АНТРАСИТИ КОНИ НАЗАРАЙЛОҚ**

Пас аз омӯхтани сохтор ва хосиятҳои антрацитҳои кони Назарайлоқ, имконпазирии ба даст овардани маҳсулоти электродҳо барои бутабандии электрлизерҳои алюминӣ, хусусан ба роҳ мондани истеҳсоли МХСФ мебошад.

Ҳангоми гузарондани таҳқиқоти лабораторӣ ва таҷрибавӣ-саноатӣ барои истеҳсоли МХСФ, пайвастандандаи ангиштие, ки хусусиятҳои гуногуни реологӣ дорад, истифода бурда шуд ва массаи фаршӣ тибқи дастури

технологии ТИ 48-0128-50-60-40 “Омодасозии массаи хунуккардашуда” омода карда шуд.

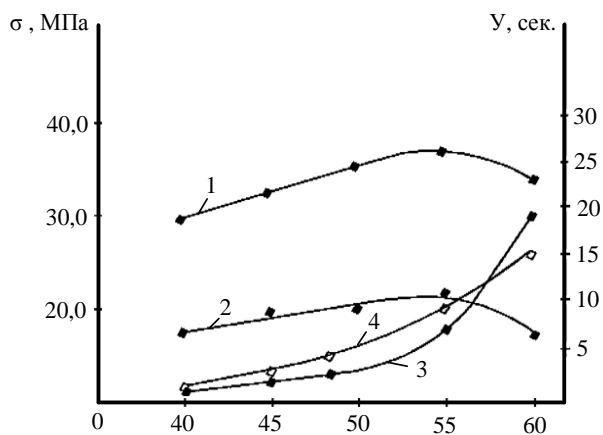
Бо мақсади интихоби таркиби оптималии МХСФ бо нишондиҳандаҳои беҳтаркардашуда, вобастагии қобилияти ниҳоии мустаҳкамӣ ( $\sigma$ , кгс/см<sup>2</sup>), зичкунӣ (уплотняемость) ( $Y$ , сек), ковокӣ ( $P$ ,%), зичии зоҳирӣ ( $d_3$ , кг/м<sup>3</sup>) аз миқдори қатрон дар пайвасткунанда омӯхта шуданд, инчунин таҳияи худи пайвасткунандаро дар шихта дида шуд. Шихта чунин таркиби гранулометрӣ дошт, %: (-12 + 5) мм -15, (-5 + 1) мм-34, (-1 + 0.15) мм-20, (-0.15 + 0.074) мм-31. Барои муқоиса нишондиҳандаҳои сифатии МХСФ, ки аз антрасити вилояти Днетск (Украина) гирифта шудаанд, оварда шудаанд.

Тасвирҳои 7 ва 8 вобастагии  $\sigma$ ,  $Y$ ,  $P$ ,  $d_k$  -ро аз миқдори қатрон дар пайвасткунанда нишон медиҳанд. Тавре ки аз расми 7 мушоҳида мешавад, бо зиёд шудани миқдори қатрон то ба дараҷаи муайян,  $\sigma$  меафзояд ва қимати максималиро дар миқдори қатрон 55% (бо масса) будан ба амал меояд ва сипас кам мешавад (каҷиҳои 1, 2). Бояд қайд кард, ки қимати  $\sigma$  барои антрасити Назарайлок назар ба антрасити Украина баландтар аст (каҷиҳои 2). Нисбат ба сумбашавб бошад, вай бо зиёд шудани миқдори қатрон афзоиш меёбад (каҷиҳои 3,4). Миқдори зиёди қатрон дар таркиби пайвасткунанда ба зиёдшавии “равғаннокии калон”, часпакӣ ва вақти калони сумбашавиро ба амал меорад. Маълум карда шудааст, ки ҳар ду антрасит якхела хосият доранд. Нишондиҳандаҳои беҳтарини пайвасткунанда ба таркиби қатрон ба андозаи 55% (масса) ва боқимонда 45% (масса) равғани фурубаранда мебошанд.

Тасвирҳои 9 ва 10 вобастагии  $\sigma$ ,  $Y$ ,  $P$ ,  $d_3$  барои МХСФ аз таркиби пайвасткунандаро дар таркиби шихта нишон медиҳанд. Тавре ки аз расми 9 мушоҳида мешавад, бо афзудани миқдори пайвасткунанда  $\sigma$  афзоиш меёбад ва ба ҳадди максималӣ мерасад (каҷиҳои 1) дар концентратсияи 12,5% (масса) мувофиқат мекунад. Афзоиши минбаъдаи пайвасткунанда ба кам шудани  $\sigma$  оварда мерасонад. Барои антрасити украинӣ (каҷиҳои 3) ҳадди ниҳоии  $\sigma$  мушоҳида намешавад. Дар мавриди мутобиқати ( $Y$ ), бо зиёд шудани концентратсияи пайвасткунанда, мутобиқати МХСФ ҳангоми истифодаи антраситҳо тақрибан баробар зиёд мешавад (каҷиҳои 2.4).

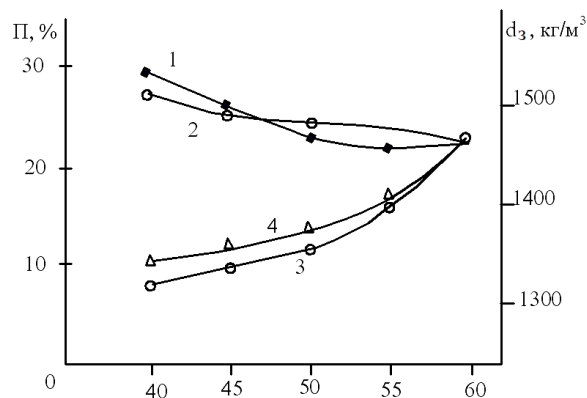
Ҳангоми миқдори пайвасткунанда ба 12,5% (масса) баробар будан худуди мустаҳкамии МХСФ дар натиҷаи фишурдан ба 34 МПа (340 кгк/см<sup>2</sup>) баробар мешавад, сумбашавӣ бошад ба 6 сон.(антрасити Назарайлок). Барои антрасити Украина бузургҳои мазкур ба 17,5 МПа (175 кгк/см<sup>2</sup>) ва 8,5 сон., баробаранд.

Ҳамин тариқ, дар асоси таҳқиқотҳо барои тайёр намудани пайвасткунанда таносуби зеринро гирифтани мумкин аст: қатрон 53-55%, равғани фурубаранда 45-47% (масса). Барои тайёр намудани МХСФ ба шихта миқдори пайвасткунанда 12-13 % (масса) бояд ташкил кунад.



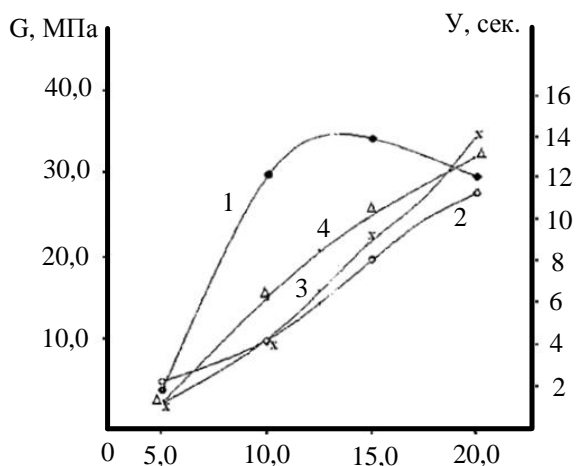
Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 7** - Вобастагии мустаҳкамии механикӣ ( $\sigma$ ), сумбакунӣ ( $Y$ ) МХСФаз микдори пек дар пайвастунанда: 1 –  $\sigma$  (Назарайлок); 2 –  $\sigma$  (Запорожье); 3- $Y$  (Запорожье); 4- $Y$  (Назарайлок)



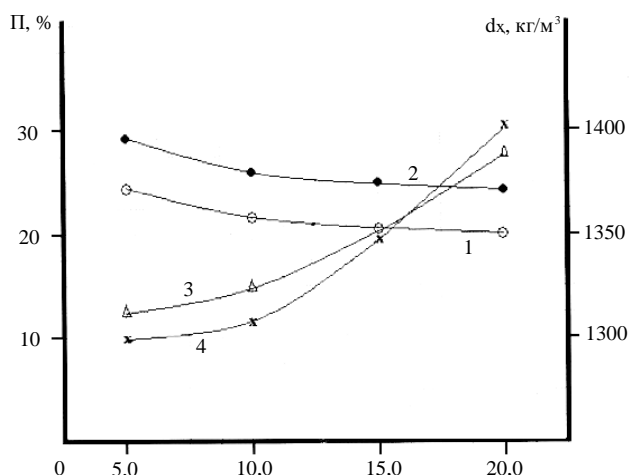
Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 8** - Вобастагииковокӣ ( $\Pi$ ) вазичии зоҳирӣ ( $d_3$ ) МХСФаз микдори пек дар пайвастунанда: 1-  $\Pi$  (Назарайлок); 2 –  $\Pi$  (Запорожье); 3- $d_3$  (Запорожье); 4- $d_3$ (Назарайлок)



Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 9** - Вобастагии ҳудуди мустаҳкамӣ МХСФ аз фишурдакунӣ ( $G$ ) ва сумбакунӣ ( $Y$ ) дар микдори пайвастунанда: 1,2 - ҳудуди мустаҳкамӣ масса аз фишурдакунӣ ва сумбакунӣ дар асоси антрацита Назарайлока; 3,4 – айнан инчунин, мувофиқ дар асоси антрацита Украина



Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 10** - Вобастагии ковоккунӣ ( $\Pi$ ) ва зичии ҳақиқӣ ( $d_x$ ) МХСФ аз микдори пайвастунанда: 1,4 - ковоккунӣ ва зичии ҳақиқии масса дар асоси антрацита Назарайлок; 2,3 - айнан инчунин, мувофиқ дар асоси антрацита Украина

Ғайр аз он, дар асоси оптимизатсияи миқдори пайвастунаки ҷорӣ, мутобиқи ТИ 48-0126-50-60 -04 ресептураи шихта (пуркунанда) интихоб карда шуд. Рақамҳои ресептура ва нишондиҳандаҳои сифатии МХСФ ба даст овардашуда дар ҷадвали 3 оварда шудаанд. Тавре ки аз ҷадвали 3 дида мешавад, нишондиҳандаҳои беҳтарини сифати МХСФ ба ресептураҳои 3 ва 4 мувофиқат доранд. Рақамҳои ресептура ба миқдори гуногуни таркиби фраксияи шихта мувофиқ аст.

**Ҷадвали 3 - Нишондодҳои сифати намунаҳои МХСФ**

Нишондоди сифат	Рақами ресептураҳо					
	1	2	3	4	5	6
Мустаҳкамии механикӣ ҳангоми фишурдан, кг/см <sup>2</sup>	200	250	368	321	260	220
Зичии ҳаҷмӣ, кг/м <sup>3</sup>	1300	1330	1390	1400	1380	1360
Зичии ҳақиқӣ, кг/м <sup>3</sup>	1700	1730	1760	1750	1750	1740
Сумбакунӣ, сек	1.0	2.0	3.0	6.0	10.0	15.0
Ковокӣ (умумӣ), %	26.0	24.0	20.5	21.5	24.0	25.0
Тағйирёбии ҳаҷмӣ, %	0,92	1,52	1,68	2,45	3,00	2,64
Хокистарнокӣ, мас.%	3.6	3.5	3.2	3.3	3.4	3,5
Шистан (усадка), %	- *	0.08	0.10	0.12	0.16	0.18
Кoeffисиенти мустаҳкамӣ ( $K_m$ )	4.0	5.2	6.0	6.5	5.2	4.8
<i>*Тез парашавӣ ҳангоми фишурдакунӣ ба амал меояд</i>						

Бо мақсади гузаронидани таҳқиқот дар миқёси саноатӣ, антрацити хоми аз қабати №4 гирифташуда ба миқдори 200 тонна гирифта шуд. Коркарди гармӣ дар кӯраи тафсондашудаи даврзананда ҶСК “ТАЛКО” бо суръати ҳархелаи гардиш 0.70; 1.06; 1.4; 2.10 гардиш/дақиқа гузаронида шуд.

Ҷадвали 4 таркиби химиявӣ, муқовимати хоси барқ (МХБ) ва зичии ҳақиқии антрацити калсинатсияшударо вобаста ба суръати гардиши кӯраи мазкур нишон медиҳад. Бор кардани антрацит ба оташдон 5,5-6,0 тонна / соатро ташкил дод. Аз ҷадвали 4 дида мешавад, ки пас аз калсинатсия, антрацит - диэлектрик ба маводи барқгузаранда мубаддал мешавад. Муқовимати хоси он ба ҳисоби миёна 1216 Ом · мм<sup>2</sup> / м-ро ташкил медиҳад.

Ҳангоми борнокунӣ бо антрацит нишондиҳандаҳои беҳтарини сифати антрацити бо гармӣ коркардшуда бо суръати 1,06 гардиш/дақ. ва ҳарорати 1300<sup>0</sup>С таъмин карда мешавад. Дар амал, нигоҳ доштани ҳарорат дар оташдон 1300<sup>0</sup>С ва зиёда аз он боиси вайроншавии босуръати бутабандӣ мегардад. Бинобар ин мӯҳлати хизмати оташдонро кам мекунад. Барои ба даст овардани МХСФ тавсия дода мешавад, ки ҳарорати калсинатсияи антрацит дар оташдонҳои саноатӣ дар ҳудуди 1000-1100<sup>0</sup>С гузаронида шавад.

**Ҷадвали 4 - Нишондодҳои сифатии антрацити тафсонидашудаи кони Назарайлоқ бо речаҳои кори гуногуни кӯра**

Суръати кардиши кӯра, гар/дақ	Худуди ҳарорати гармшавии оташдон, °С	Ҳарорати баромади газҳо, °С	МХЭ, Ом мм <sup>2</sup> /м	Ҳоки стар, мас.%	Боқимондаҳои маводҳои хориҷшаванда., %	сулфур, мас.%	Зичии ҳақиқӣ кг/м <sup>3</sup>
1,06	1280-1310	770-780	1150,0	4,50	1,56	0,16	1740
1,40	1250-1290	760-780	1200,0	3,52	2,24	0,18	1720
2,1	1250-1300	770-780	1350,0	3,22	2,56	0,27	1700
Қиммати миёна:			1237	3,71	2,10	0,195	1727
По ТИ 48-0126-50-37-01			На зиёд аз 1300,0	На зиёд аз 6,00	Бе меъёр	На зиёд аз 1,000	На кам аз 1749

Қаблан дар ҶСК “ТАЛКО”МХСФ аз антрацити Украина (Запорожье) харидорӣ мешуд ва аз соли 2003 инҷониб. дар асоси ин технология, МХСФ бо истифодаи антрацит аз кони Назарайлоқ, тибқи дастури технологии ТИ 48-0126-50-06-04 “Омодасозии массаи хуноки антрацит” коркард шудааст. Бо ин мақсад таҷҳизот ва хатҳои технологӣ, ки барои истеҳсоли анодҳо (ПА) -и ҶСК “ТАЛКО” пешбинӣ шудаанд, истифода шуданд.

Таркиби оптималии шихта ва миқдори иловаҳои пайвастунанда чунин буд: % (бо масса) (-12 + 5) мм-14 ± 2; (-5 + 1) мм-34 ± 2; (-1 + 0.15) мм-19 ± 2; (-0.15 + 0.074) мм-32 ± 1, аз ҷумла <0.074 мм - 23 ± 0.00

Таркиби пайвастунанда (12-13)% аз ин иборат аз: қатрон - (53 ± 2)%; рағани ҷаббанда - (47 ± 2)%.

Ҳисоби дебетии шихтаи хушк дар истеҳсолоти саноатии МХСФ дар ҷадвали 5 нишон дода шудааст. 200 тонна МХСФ ба даст оварда шуд, ки ҳар кадоми он 2,5 тонна дар контейнерҳо ҷойгир карда шуд. Таҳлили сифати МХСФ дар ҳар як контейнер гузаронида шуд. Натиҷаҳои ҳисобҳо дар Ҷадвали 6 нишон дода шудаанд.

МХСФ (ҷадвали 6), ки дар баъзе контейнерҳо пур шуданд аз ҷиҳати устуворӣ ва фишурдасозӣ, ба стандарти ТИ-48-0126-50-06-04 ва “Нишондиҳандаҳои физикӣ ва механикӣ сифати массаи хунокумбашаванда” мутобиқ нестанд.

Мувофиқи ТУ-48-0136-06-92, аз МХСФ-и омодашуда қабатҳои басташавии блокҳо пур карда шуда, «болиштҳо» -и 300 электролизер низ ғелонда шудаанд.

**Ҷадвали 5** –Ҳисоби дебетӣ омехтаи хушк барои идоракунии таркиби фраксионӣ

Андозаи зарачаҳо, мм	Басомади фраксионӣ, %								Дебетӣ омехтаи додашуда, %				Дебетӣ омехтаи гирифта шуда, %
	96,5		89,8		69		50		12±3	35±2	13±4	40±3	
	г	%	г	%	г	%	г	%					
12-10	110	35,4	25	9,4					11.6	3.3			14.9
4,7	190	61,1											
1,65	11	35	180	67.4	3.0	1.0			0.4	23.6	0.1		34.4
0,83										7.9	2.4		
0,3										0.2	6.4	1.2	17.3
0,15											2.4	6.8	
0,074											1.0	8.0	33.4
-0,074											0.4	24.0	

Параметрҳои технологӣ ва нишондиҳандаҳои техникую иқтисодии баъзе электролизерҳо ҳангоми истифодаи МХСФ-и худӣ истехсолшуда дар ҷадвали 7 оварда шудаанд.

Маълумоти дар ҷадвали 7 даровардашуда, батафсонӣ ва ба кор даровардани электролизерҳои алюминий ба стандартҳои дар дастурҳои технологӣ қабулшуда, ки бо қувваҳои ҷараёни 160 ва 175 кА бо анодҳои пухта кор мекунанд, мувофиқанд.

**Ҷадвали 6** – Динамикаи истехсол ва таҳлили МХСФ -и дар асоси антрацити Назарайлоқхосилкардашуда.

№ контейнера	Мустаҳкамии механикӣ, кгс/см <sup>2</sup> , на кам аз 230	Ковокӣ, 20-25%	сумбакуни, с 1- 10	Ғубор, на > 8%	Тағирёбии ҳаҷмӣ, 0,5-3,5%	хокистар На > 6,0%	Зичии зоҳирӣ, кг/м <sup>3</sup> , На < 1350	Зичии ҳақиқӣ, кг/м <sup>3</sup> , На < 1750
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	259	22,2	5				1400	1800
216	274	21,3	12				1400	1780
172	220	20,0	6				1440	1800
71	201	24,0	7				1390	1830

Давоми ҷадвали 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
56	232	21,9	4	10,10	2,07	12,63	1390	1780
28	288	21,8	3				1400	1790
234	254	23,5	10				1370	1790
51	258	22,7	11				1390	1800
156	271	21,2	6				1410	1790
76	255	21,8	5	7,30	1,47	7,41	1400	1790
122	250	21,2	4				1410	1790
152	213	26,7	18				1340	1830
55	250	24,1	8				1380	1820
21	176	25,9	9				1400	1890
105	268	22,9	10	5,99	3,19	9,53	1380	1790

**Ҷадвали 7** - Параметрҳои технологӣ ва нишондодҳои техникаю-иқтисодии электролизёрҳои ки шифташон бо МХСФ-и аз антрацити кони Назарайлоқ сумба карда шудаанд

Рақами ванна №	Мӯҳлати хизматрасонӣ, мес.	Қувваи ҷараён, кА	Шиддат дар ванна, В	Афтиши шиддат дар шифти ванна, В	Баромад аз рӯи ҷараён, %	Сатҳ, см		Самараноқӣ кг/шабаона рӯз
						Металл	Электролит	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
101	10,7	173,0	4,20	0,350	86,54	34,0	16,0	1206,7
111	4,2		4,18	0,345	89,71	35,0	16,5	1250,9
108	6,6		4,15	0,342	87,56	33,5	16,8	1220,9
202	3,6	173,0	4,18	0,340	88,63	34,2	16,3	1235,8
211	11,3		4,21	0,350	87,92	33,8	17,6	1225,7
294	6,4		4,20	0,346	86,48	34,0	17,0	1205,8
398	3,5	172,8	4,21	0,350	85,15	33,5	18,8	1185,9
323	4,6		4,22	0,352	86,00	34,5	16,5	1197,8
311	2,4		4,20	0,355	85,65	33,6	17,2	1193,0
404	6,4	172,8	4,18	0,348	90,15	34,0	16,5	1253,5
427	3,2		4,15	0,345	89,25	33,5	17,0	1243,0
482	12,0		4,21	0,351	88,55	34,0	18,7	1233,3



1	2	3	4	5	6	7	8	9
592	7,1	158,0	4,20	0,350	88,00	33,5	17,2	1120,7
518	5,1		4,16	0,348	86,05	33,8	18,9	1095,2
517	6,7		4,22	0,340	87,15	34,0	16,0	1109,2
609	7,1	158,0	4,17	0,346	88,83	34,2	16,3	1148,0
611	5,1		4,25	0,352	90,15	34,5	16,5	1147,4
683	6,7		4,19	0,348	87,56	34,7	17,8	1114,3
790	3,0	157,8	4,22	0,350	89,40	32,8	17,5	1137,0
792	6,9		4,25	0,345	87,45	33,2	16,4	1111,6

Тавре ки аз ҷадвали 7 дида мешавад, пастшавии шиддат дар шифти ваннаҳо бояд одатан аз 350 мВ зиёд набошад, аммо дар асл барои баъзе электролизерҳои таҷрибавӣ аз 2 то 10 мВ зиёд аст. Фарқи 2-10 мВ бо дақиқии ченкунӣ алоқаманд аст ва дар доираи имконпазири  $\pm 10.0$  мВ ҷойгир аст.

#### **БОБИ 4. ТАҲҚИҚОТ ВА ИНТИХОБИ НАМУНАҲО БАРОИ БЛОКҲОИ ПАҲЛУЌ, ФАРШЌ ВА БЛОКҲОИ АНОДИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРИ АЛЮМИНИЙ**

Антрацити табиӣ (хом) амалан барои истеҳсоли маводи карбон-графит истифода намешавад. Барои истеҳсоли намунаҳои электродҳо, дар оташдонҳои саноатӣ ҳам дар оташдонҳои кубурӣ ва ҳам дар кӯраҳои пӯлоди гардишӣ, дар шароити муайянкалсинатсия кардан лозим аст.

Ҳангоми таҳқиқот ашёи хоми антрацити истифодашуда аз кони антрацити қабати №4 ба миқдори 350 тонна гирифта шуда аз миқдори зерини гранулометрӣ ва таркиби химиявӣ иборат аст, % (аз рӯи вазн):  $\emptyset > 150$  мм - 11.5;  $\emptyset$  (160-110) мм - 13.0;  $\emptyset$  (27-55) мм - 14.0;  $\emptyset$  (15 - 23) мм - 17.0;  $\emptyset$  (1.0 - 14.0) мм - 36.5;  $\emptyset < 1,0$  мм - 8.5. С - 92.0; Х - 3,6; N - 1.0; маводҳои зудбухор - 8.5; хокистар - 2.8.

Баъд дар оташдондар ҳарорати 1200-1250°C коркарди ҳароратии антрацит, зарраҳо шакли сферикӣ гирифта бо таркиби гранулометрии зерин доранд, %  $\emptyset$  (-12 + 5) мм - 48.5;  $\emptyset$  (-5 + 1) мм - 33.0;  $\emptyset$  (-1 + 0.0) мм - 18.50 ноил шуданд.

Ба навъҳо ҷудокунии фраксияҳои антрацити коркарди ҳароратишуда дар истеҳсолоти майда ва навъбандикунии анодҳои ҚСҚ “ТАЛКО” сурат гирифт.

Андозаҳои фраксия (-12 + 5); (-5 + 1); (1 + 0.15) ва (0.15 + 0.0) мм дар зарфҳои мувофиқ ҷамъ карда шуданд. Фраксияи хурдтарин бо андозаи 0,074 мм кафолати ба даст овардани катодаи баландсифат (пахлӯй, фаршӣ), блокҳои анод мебошад, ки дар осеби сақогӣ ба даст оварда мешавад. Ба туфайли китъаи майдакунӣ-навъҷудокунии дар ҚСҚ “ТАЛКО” мавҷудбуда, тақсими андозаи зарраҳо ба даст оварда шуд, %: (-12 + 5) мм - 13.0; (-5 + 1) мм - 33.0; (1 + 0.15) мм - 20.0; (0.15 + 0.0) мм - 34.0. Барои тайёр намудани партияи озмоишии

намунаҳои лабораторӣ блокҳои паҳлуӣ 5 кг массаи «сабз» гирифта шуд, ки милли баландиаш 200 мм ва диаметри 36 мм доштара ҳосил намуда шуд.

Намунаҳои лаборатории омодашуда, дар як вибропресси озмоишгоҳи махсус бо сарбории муайян, амплитудаи ларзиш ва вақти нигоҳдорӣ паҳш карда шуданд.

Тавре ки маълум аст, ба даст овардани нишондиҳандаҳои баландсифати техникий ҳама гуна маҳсулоти карбон-графит аз интихоби дуруст (таркиби оптималии массаи «сабз»), таркиби шихта (пуркунанда) ва сифати пайваस्तкунандаи (қатрон) истифрдакардашуда вобаста аст.

Бо ин мақсад, вобастагии хусусиятҳои физико-химиявӣ ва тавсифи устувории ( $\sigma_{\phi}$ , МПа), ( $\sigma_{\text{кад}}$ , МПа), (П,%), ( $d_{\text{к}}$ , кг / м<sup>3</sup>), ( $d_{\text{и}}$ , кг / м<sup>3</sup>) ва муқовимат хосаз миқдори пайваस्तкунанда дар таркиби шихта, дида шуд.

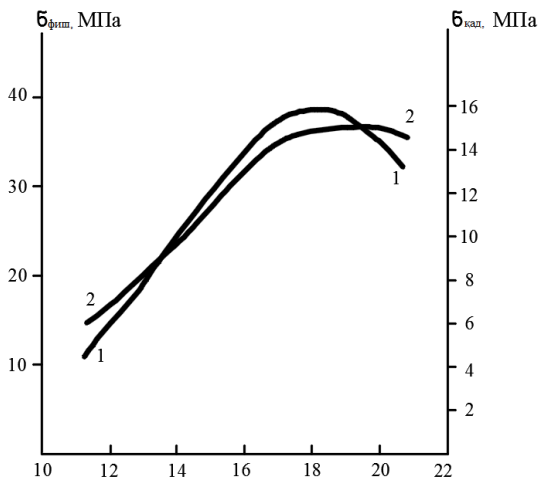
Вобастагии хусусиятҳои техникий аз миқдори пайваस्तкунанда дар таркиби шихта дар расмҳои 11, 12 ва 13 нишон дода шудааст. Ҳангоми зиёд шудани миқдори пайваस्तкунанда  $\sigma_{\phi}$  ва  $\sigma_{\text{кад}}$  ба қимати муайян меафзоянд, пас коҳиш меёбанд (ба расми 11 нигаред). Вақте ки миқдори қатрон ба 18,0% (аз рӯи масса) мерасад, қимати максималии ҳудуди устуворӣ ва фишурдашавиро таъмин менамояд. Чунин манзара бо тағйирёбии  $\sigma_{\text{кад}}$  мушоҳида мешавад. Бо зиёдшавии миқдори пайваस्तкунанда (аз 20% зиёд) дар таркиби шихта ба камшавии  $\sigma_{\phi}$  ва  $\sigma_{\text{кад}}$ , афзоиши шиддати дохилӣ ва чандирӣ гум мешавад. Ҳамаи ин ба бад шудани хусусиятҳои техникий маҳсулоти электродӣ оварда мерасонад.

Дар расми 12 вобастагии  $d_3$ , ковокии умумӣ (П) аз миқдори қатрон нишон дода шудааст. Тавре ки аз расм дида мешавад, афзоиши миқдори қатрон ба коҳиши ковокии умумӣ оварда мерасонад, вале зичии хос, баръакс, меафзояд. Афзудани миқдори қатрон ба пур шудани ковокиҳои байни зарраҳои шихта кумак мекунад. Чи тавре ки аз расмҳои овардашуда дида мешавад, хосиятҳои хуби физикӣ ва механикий намунаҳо ҳангоми миқдори қатрон ба 17-19% (масса) ба даст оварда мешаванд.

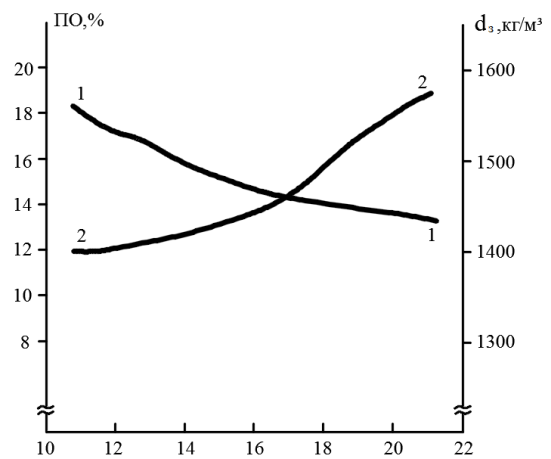
Дар расми 13 вобастагии муқовимати хоси электрикӣ (МХЭ) ва зичии ҳақиқии ( $d_x$ ) намунаҳо аз таркиби пайваस्तкунанда нишон дода шудааст. Тавре ки аз расми 13 дида мешавад, бо зиёд шудани таркиби қатрон, МХЭкам шуда зичии ҳақиқӣ меафзояд. Бо зиёд шудани миқдори пайваस्तкунанда ҳам ковокиҳои умумӣ ва ҳам ковокиҳои кушод кам мешаванд. Қатрон, ба ковокиҳо ворид шуда, устувории намунаҳоро таъмин мекунад.

Афзоиши ковокиҳо ноқилияти электрикий блокҳои паҳлуиро паст мекунад. Барои блокҳои паҳлуӣ ковокӣ дар ҳудуди 18-20% муқаррар карда шудааст.

Чӣ тавре ки таҷрибаҳои гузаронидашуда нишон медиҳанд, миқдори оптималии қатрон 18% (аз рӯи масса) - ро ташкил медиҳад ва мо ин қиматро то охири озмоишгоҳи нигоҳ доштем, аммо рецепти шихтаи хушк интихоб карда шуд ва таркиби фраксия иваз карда шуд.



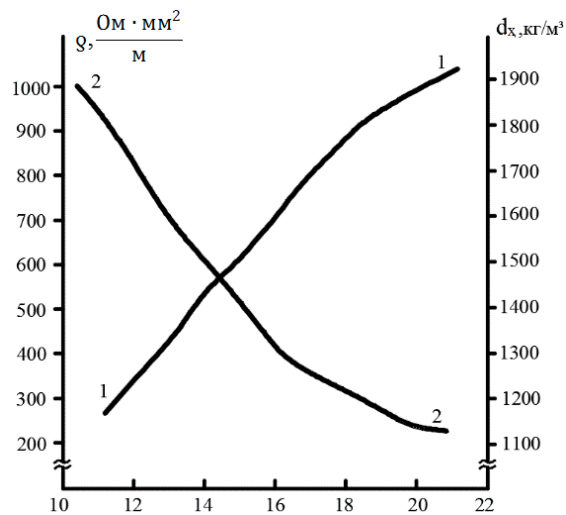
Микдори қатрон, % (бо масса)



Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 11** - Вобастагии ҳудуди мустаҳкамии фишурдашавӣ ( $b_{фитн}$ ) ва ҳудуди мустаҳкамии қадшавӣ ( $b_{кад}$ ) аз миқдори пеки иловашуда: 1- ҳудуди мустаҳкамии фишурдашавӣ; 2- ҳудуди мустаҳкамии қадшавӣ

**Расми 12** - Вобастагии ковокии умумӣ (ПО) ва зичии зоҳирӣ ( $d_3$ ) аз миқдори пеки иловашуда: 1- тағйирёбии ковокии умумӣ; 2 - тағйирёбии зичии зоҳирӣ



Микдори қатрон, % (бо масса)

**Расми 13** – Вобастагии муқовимати хос ва зичии ҳақиқии намунаҳо аз миқдори пек: 1 – тағйирёбии зичии ҳақиқӣ; 2 – тағйирёбии муқовимати хос

Дебети коркардшудаи шихтаи хушк, таркиби зарраҳо ва нишондиҳандаҳои сифатии намунаҳои озмоиши блокҳои паҳлӯӣ дар ҷадвали 8 оварда шудаанд.

Нишондиҳандаҳои беҳтарини сифат ба рецептҳои № 10,12 мувофиқат мекунад. Ин таркибро барои истехсоли саноатии блокҳои паҳлӯӣ тавсия кардан мумкин аст.

Дастури № 12 (ҷадвали 8) барои истехсоли якдафаи таҷрибавии блокҳои паҳлӯӣ қабул карда шудааст. Партияхои таҷрибавӣ дар дастгоҳҳои

таҷрибавӣ ҳосил карда шуданд. Таркиби оптималии шихтаи сунъӣ ва миқдори пайвастандандаи иловагӣ инҳоянд, % (аз рӯи масса): (-10 + 5) мм -10.0 ± 2; (-5 + 1) мм -35 ± 2; (-1 + 0.15) мм; -25 ± 1; (-0.15 + 0) мм -30.0 ± 2, қатрон 18%. Партияҳои таҷрибавӣ дар таҷҳизоти сеҳӣ омехта – фишурдакунӣ ва пухтани анодҳои ҚСҚ “ТАЛКО” истеҳсол карда шуданд.

**Ҷадвали 8** - Нишондиҳандаҳои сифати намунаҳои озмоишии блокҳои паҳлӯӣ вобаста аз таркиби гранулометрӣ ва дебити омехтаи хушк

№ т	Дебити омехтаи хушк ва таркиби гранулометрӣ				Зичии ҳаҷми, $d_k$ , кг/м <sup>3</sup> (1,45-1,55)	Зичии ҳақиқӣ, $d_b$ , кг/м <sup>3</sup> (1,82-1,85)	Ковокиҳои умумӣ, ПО, % (17-20)	Ковокиҳои қушода, П, % (14-16)	Мустваҳамӣ дар фишурдашавӣ, $b_{фш}$ , МПа (38-50)	Мустваҳамӣ дар қадшавӣ, $b_{қад}$ , МПа (13-15)	КВТ·10 <sup>-6</sup> , 1/°C (2,5-3,5)	$\lambda$ , Вт/М·К (9-12)
	(12+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) мм, %								
1	8,00	37,0	23,0	32,0	1420	1910	20,4	13,2	25,0	13,2	2,2	8,4
2	10,0	35,0	23,0	32,0	1480	1930	21,6	14,2	30,3	12,1	2,0	9,2
3	12,0	33,0	23,0	32,0	1440	1860	22,0	15,3	24,0	12,2	1,8	9,0
4	14,0	31,0	23,0	32,0	1420	1810	22,3	16,2	23,4	12,0	1,7	8,6
5	16,0	29,0	23,0	32,0	1400	1805	23,0	16,5	22,6	11,3	1,7	8,4
6	18,0	27,0	23,0	32,0	1350	1755	24,2	17,6	20,2	10,2	1,9	8,7
7	10,0	40,0	20,0	30,0	1380	1796	22,1	17,2	25,6	10,5	2,1	9,0
8	10,0	40,0	25,0	25,0	1400	1825	19,2	16,6	28,0	11,6	2,4	9,2
9	10,0	40,0	27,0	23,0	1420	1900	17,3	14,6	30,0	12,5	2,8	9,6
10	10,0	25,0	30	35,0	1520	1960	18,2	15,7	32,0	13,6	3,0	10,3
11	15,0	30,0	25	30	1480	1920	17,1	14,3	29,2	14,2	2,8	10,4
	(10+5) мм, %	(5+1) мм, %	(1+0,15) мм, %	(0,15+0) мм, %								
12	10,0	35,0	25,0	30,0	1550	2000	18,5	15,5	42,0	14,4	2,82	10,7
13	12,0	33,0	25,0	30,0	1480	1995	17,4	14,8	40,0	14,6	2,74	10,5
14	14,0	31	25,0	30,0	1490	1990	17,2	15,1	38,0	14,1	2,69	10,4
15	16,0	29	20,0	35	1495	1985	19,1	16,4	35,0	13,7	3,05	9,8
16	18,0	26	28	28	1392	1970	20,5	17,2	26,4	12,3	3,24	9,5

*Эзоҳ:* КВТ – коэффисиенти васеъшавии термикӣ 1/°C (дар ҳароратҳои 20-520 °C чен карда мешавад).

$\lambda$  – коэффисиенти гармигузаронӣ, дар ҳарорати 293 °K чен карда мешавад.

Ин усул барои истеҳсоли 12 адад блокҳои паҳлӯӣ истифода шудааст. Пас аз ин, аз ҳар як блок бо бурриши махсус милҳои бо диаметраш 36 мм ва дарозии 200 мм бурида шуданд (бе вайрон кардани бутунии блок) ва параметрҳои физикию механикӣ муайян карда шуданд (Ҷадвали 9). Барои муқоиса, нишондиҳандаҳои блокҳои паҳлӯии Руссиягӣ ва ҚСҚ "Укрграфит" (Украина) оварда шудаанд.

Тавре ки аз ҷадвали 9 дида мешавад, нишондиҳандаҳои намунаҳои прототипҳои мо дар ҳамаи параметрҳо тақрибан бо воҳидҳои блокҳои паҳлӯии ҚСҚ «Укрграфит» рост меоянд.

Бо мақсади муайян кардани мутобиқати антрацити кони Назарайлок барои истеҳсоли блокҳои фаршӣ, пеш аз ҳама бо истифодаи усулҳо, олотҳо ва технологияҳои замонавӣ омӯзиши амиқи лабораторӣ гузаронида мешавад.

**Ҷадвали 9** – Нишондиҳандаҳои сифати углеграфитии блокҳои паҳлуии истеҳсолкунандаҳои гуногун

Нишондоди сифат	Ченаки ченкунӣ	Нишондод, миёна		
		Тоҷи- кистон	Украина	Россия
Зичии ҳаҷмӣ	т/м <sup>3</sup>	1,50	1,58	1,53
Зичии ҳақиқӣ	т/м <sup>3</sup>	1,9	1,92	1,90
Ковокии умумӣ	%	19,0	18,5	22,0
Ковокии кушода	%	16,0	15,0	-
Мустаҳкамии фишурдашавӣ	МПа	35,0	40,0	24,0
Мустаҳкамии қадшавӣ	МПа	10,5	-	12,0
Дарозшавии нисбӣ	%	-	0,70	0,60
Миқдори хокистарнокӣ	%	4,05	3,25	-
Коэффисиенти термикӣ $10^{-6}$ (20-520 °С) васеъшавии	1/°С	3,5	3,0	3,5
Коэффисиенти гармигузаронӣ ҳангоми 293 °К	Вт/м · К	11,0	10,5	10,0

Таҷҳизот ва технологияе, ки дар сеҳи омехтаю -фишурдакунӣ ва истеҳсоли анодҳо (ИА) -и ЧСК “ТАЛКО” мавҷуданд, ба талаботи оптимизатсияи гранулометриятаркиби шихта (пуркунанда) ва катрони пайваस्तкунанда комилан ҷавобгӯ нестанд. Зарурияти истифодаи фраксияҳои мобайнӣ бо фоизи муайян ба миён меояд. Дебети шихтаи хушк барои истеҳсоли блокҳои паҳлуӣ аз дебети шихтаи хушк барои истеҳсоли блокҳои фаршӣ фарқ мекунад.

Барои истеҳсоли блокҳои фаршӣ фраксияҳо, мм: 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1, 0.5, 0.15, 0.075 ва камтар аз 0.074. истифода мешаванд.

Дар муқоиса бо блокҳои паҳлуӣ талаботи техникӣ ба блокҳои фаршӣ хеле баланд аст.

Бояд қайд кард, ки ба таркиби шихтаи хушк, ки аз антрацит иборат аст, графити сунӣ бояд илова карда шавад яъне графит ба баланд шудани қобилияти электрогузарони блокҳои фаршӣ мусоидат мекунад, ки ниҳоят муҳим аст.

Дар асоси ин, як қатор таҳқиқоти лабораторӣ оид ба истифодаи графит ҳамчун иловаи таркибӣ дар истеҳсоли блокҳои фаршӣ гузаронида шуданд. Технологияи ба даст овардани графит аз “партови” -и блокҳои катодӣ аз ҷониби кормандони МД ПИИМЧСК “ТАЛКО” таҳти роҳбарии академик Х.Сафиев таҳия шудааст.

Таркиби графит дар шихтаи аввал 15-25% (масса) ташкил медиҳад. Намунанҳо дар куттиҳои пӯлодҷойгир карда, дар танӯрҳои анодпазии саноатӣ дар ҳарорати 1250 °С обутоб дода шуданд.

Ҷадвали 10 хосиятҳои миёнаи физикию химиявӣ ва механикии намунаҳое, ки бо иловаҳои графит ба даст оварда шудаанд, нишон дода

шудаанд.

Тавре ки аз ҷадвали 10 дида мешавад, хосиятҳои физикию-химиявӣ ва механикии намунаҳои, ки бо иловаҳои графит сохта шудаанд, ба нишондиҳандаҳои блокҳои фаршӣ саноатӣ мувофиқанд, яъне графит, ки аз партовҳои блокҳои фаршӣ ба даст оварда шудааст, метавонад ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли маҳсулоти электродҳо истифода шавад.

Барои истеҳсоли намунаҳои лаборатории блокҳои фаршӣ аз ин мавод 4 таркиб интихоб карда шуданд, %:

1. Термоантратит - 80,0; қатрон -20.0.
2. Термоантратит - 66,6; графит - 16.7; қатрон -16.7.
3. Термоантратит - 58.3; графит - 26.0; қатрон-16.7.
4. Термоантратит - 41,7; графит - 41,7; қатрон -16.6.

Тавре, ки аз ҷадвали 11 бармеояд, чунин нишондиҳандаҳои стандартӣ ба монанди зичии зоҳирӣ ва воқеӣ, хокистарнокӣ, ковокӣ ва устувории механикии намунаҳои таҷрибавӣ, ки аз омехтаи термоантратит бо графит сохта шудаанд, дар маҷмӯъ ба нишондиҳандаҳои стандартии блокҳои фаршии саноатӣ мувофиқанд. Ҳамзамон, тамоюли беҳтар гардидани ин нишондиҳандаҳо бо афзоиши миқдори графит дар таркиби шихта ба назар мерасад.

Дар айни замон, бисёр корхонаҳои алюминий блокҳои фарширо аз термоантратит бо иловаҳои гуногуни графит (30-70%) ҳангоми васл кардан ва гузоштани фарши электролизерҳо васеъ истифода мекунанд. Блоки фаршӣ аз антратити тоза калсинасияшуда бо сабаби муқовимати баландтар доштани амалан истеҳсол намешаванд.

**Ҷадвали 10** – Нишондодҳои физикию – химиявӣ ва механикии блокҳои саноати ва намунаҳои блокҳои озмоишӣ

Номгуи блокҳо		Хокистар-нокӣ, мас.%	МЭХ, Ом мм <sup>2</sup> /м	Муст. механикӣ. кгс/см <sup>2</sup>	Зичии зоҳирӣ, г/см <sup>3</sup>	Зичии ҳақиқӣ, г/см <sup>3</sup>	Ковокӣ, %	Миқдори ғашҳо, мас, %			Ҳиссаи маводҳои углеграфитӣ дар омехта, мас, %
								Fe	Si	V	
Блоки фаршӣ	Озмоиши	5,01	80	225	1,54	1,96	21,4	0,428	0,346	0,004	30
	Саноати	2-6	25-44	190-330	1,53-1,61	1,85-1,95	15-21	Бе низомнома			30

**Ҷадвали 11 – Нишондодҳои физикию – химиявӣ каламчаҳои (стержень) таҷрибавӣ**

Номгуи намунаҳо	Зичии зоҳирӣ, г/см <sup>3</sup>	Зичии ҳақиқӣ, г/см <sup>3</sup>	Ҳокистарн окӣ, мас. %	Ковокӣ, %	Муст. механ, кГс/см <sup>2</sup>	МХЭ, Ом·мм <sup>2</sup> /м
Омехта №1	1,40	1,75	4,15	18,3	185	75
Омехта №2	1,56	1,83	4,06	16,6	178	68
Омехта №3	1,59	1,84	3,78	15,2	187	66
Омехта №4	1,64	1,90	3,33	15,3	182	60
Нишондоди меъёрӣ	1,52-1,58	1,84-1,88	4,0-6,0	15,0-19,0	180-330	36-55

Таркиби гранулометрии шихтаи хушк ва нишондиҳандаҳои сифатии намунаҳои лаборатории блокҳои фаршӣ дар ҷадвалҳои 12 ва 13 нишон дода шудаанд. Тавре ки аз ҷадвали 14 дида мешавад, коэффисиенти гармигузаронии намунаҳои лабораторӣ аз антрацити мо ба коэффисиенти гармигузаронии намунаҳои Хитой наздик аст. Ин қимат барои равандҳои мубодилаи гармӣ байни деворҳои электролизер ва муҳити атроф муҳим аст. Ин бузургӣ қадаре калон бошад, ҳамон қадар беҳтар аст. Ин ҳолат барои фароҳам овардани як қабати муҳофизатии настил ва инчунин ташаккули фазои корӣ (ТФК) дар дохили электролизер (шахта) шароити мусоид фароҳам меорад. Аммо, аз нигоҳи коэффисиенти тавсеаи ҳаттии гармӣ, намунаҳои мо аз намунаҳои хориҷӣ камтаранд. Барои блокҳои баландсифатифаршӣ қимати мазкур бояд камтар бошад.

Эҳтимол, ин вазъ бо сифат ва миқдори графити сунъии иловашуда алоқаманд аст. Таркиби № 5-ро ба сифати асос (ҷадвали 12.) гирифта, графит ба миқдори 40 ва 50% (масс) илова карда шуд (ба ҷадвали 14 нигаред).

Чи тавре ки аз ҷадвали 13 дида мешавад, таркиби омехтаи № 5 ва 10 аз ҷиҳати хусусиятҳои техникӣ онҳо ба ширкатҳои (истехсолкунандагон) хориҷӣ наздиктар ё баробаранд. Дар оянда, ин ресептураҳо барои истеҳсоли блокҳои фаршӣ дар асоси саноатӣ барои ҶСК “ТАЛКО” тавсия дода мешаванд.

Баъдан мо хосиятҳои физикию химиявӣ ва механикӣ намунаҳои лаборатории блокҳои фарширо аз рӯи миқдори графит омӯхта шуд (нигаред ба Ҷадвали 14).

Афзоиши миқдори графит (зиёда аз 40%) боиси паст шудани хосиятҳои коэффисиентҳои гармигузаронӣ ва механикӣ мегардад (нигаред ба ҷадвали 14). Дар асоси гуфтаҳои боло, миқдори минбаъдаи графит (зиёда аз 40%) дар таркиби шихта қобили татбиқ нест.

Ғайр аз он, масъалаи истеҳсол ва озмоиши намунаи пилотӣ - саноатии блокҳои анод бо истифодаи антрацит аз кони Назарайлок баррасӣ шуд.

Мини-анодҳои композитсияҳои гуногун дар шароити лабораторӣ пешакӣ тайёр карда шуда буданд ва таҳқиқоти зарурӣ дар онҳо гузаронида шудааст.

Параметрҳои физикию-химиявии мини анодҳои коркардшуда дар ҷадвали 15 нишон дода шудаанд.

Нишондиҳандаҳои физикию химиявии анодҳои хурд (ҷадвали 16), ки дар ин таркибҳо ва таносубҳо ба даст оварда шудаанд, аммо бо миқдори ками хокистар дар антрацит 2,5-4,0%, инчунин миқдори хокистар то 1,6% дар омехта (кокси нафт + Графитҳои тозашуда дар таносуби 80:20) нисбат ба талаботҳои аноди пухта тибқи дастурҳои технологияи ТИ - 097 0113 наздик буданд.

Ғайр аз ин, аз намунаи №8 (нигаред ба ҷадвали 15), анодҳои таҷрибавии истеҳсоли тибқи технологияи маъмул дар истеҳсоли анодҳо ҶСК "ТАЛКО" сохта шудаанд ва дар электролизерҳо насб карда шудаанд.

Дар анодҳои таҷрибавӣ бо истифодаи антрацитҳо аз кони Назарайлок, ки дар электролизери №222 насб шудааст, ченкуниҳои тағирёбии шиддат ва тағирот дар таркиби химиявии алюминийи аввалия гузаронида шуд (ҷадвали 16).

**Ҷадвали 12** - Таркиби гранулометрии омехтаи хушк барои сохтани намунаи блокҳои фаршӣ - озмоишӣ

1	Андозаи зарачаҳо, мм										Сумма бо %-масса	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	10	8	6	4	2	1	0,5	0,15	0,075	-0,075		
Таркиби №1	1,0	30	40	20	-	5,0	2,0	-	-	2,0	100	Дар ҳама ҳолат миқдори пек 18,0 % аст
Таркиби №2	2,0	28	30	15	5,0	10	2,0	5,0	-	3,0	100	
Таркиби №3	3,0	27	20	15	5,0	5,0	5,0	10	5,0	5,0	100	
Таркиби №4	4,0	20	16	25	10	-	5,0	10	5	5	100	
Таркиби №5	5,0	15	12	3,0	20	10	10	15	10	-	100	
Таркиби №6	-	15	25	30	-	-	20	3	3	4	100	
Таркиби №7	-	10	30	20	10	10	10	4	6	-	100	
Таркиби №8	15	5,0	25	15	15	5,0	-	-	10	10	100	
Таркиби №9	-	10	10	10	20	20	15	5	3	7	100	
Таркиби №10	-	12	8,0	35	5,0	10	10	10	10	-	100	



**Ҷадвали 13**– Нишондодҳои физикию – химиявӣ ва физикию – механикии намунаҳои озмоишии блокҳои фаршӣ, ки аз таркиби гуногуни омехта ҳосил шудаанд

Нишон- дод Таркиб	Ҳокистарн оқӣ, %	$\rho,$ $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$b_{\text{фиш}},$ МПа	$b_{\text{кад}},$ МПа	$d_z,$ г/см <sup>3</sup>	$d_x,$ г/см <sup>3</sup>	КВГХ $\cdot 10^{-6},$ 1/С	Коэфф. гармигуз., Вт/м · К
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Таркиби №1	3,5	38,0	28,5	7,4	1,50	1,80	5,2	13,1
Таркиби №2	3,6	40,0	26,2	6,8	1,53	1,82	5,5	13,5
Таркиби №3	3,4	42,2	25,4	7,0	1,55	1,83	5,0	14,0
Таркиби №4	3,7	37,3	28,7	8,5	1,56	1,85	4,5	14,4
Таркиби №5	3,5	35,5	30,6	9,2	1,58	1,90	3,0	15,4
Таркиби №6	3,8	39,7	27,2	8,1	1,54	1,83	4,2	14,2
Таркиби №7	3,9	42,3	25,0	7,5	1,52	1,80	4,6	14,0
Таркиби №8	3,6	45,0	22,1	7,0	1,50	1,82	4,5	13,2
Таркиби №9	3,9	48,2	23,3	7,2	1,51	1,80	4,7	13,0
Таркиби №10	4,0	35,0	31,1	9,0	1,58	1,88	3,2	15,0
Меъёри ЧХХ	3,5- 4,0	30-35	30- 40	10-12	1,58- 1,60	1,95- 1,98	2,7- 3,0	15-16
Меъёри ЧСК «Укрграфит»	2,0- 3,0	26-35	30- 45	9-11	1,57- 1,60	1,90- 1,93	2,5	9,0-11,0
Меъёри Россия-и ЧДММ «НовЭЗ»	1,5- 2,5	30-40	35- 50	-	1,55- 1,58	1,89- 1,92	3,1- 3,4	8,0-10,0

*Эзоҳ: меъёрҳо аз адабиётҳо гирифта шудаанд*

**Таблица 14** – Нишондодҳои физикию – химиявӣ ва физикию – механикии намунаҳои озмоишии блокҳои фаршӣ бо миқдори иловаи графит

Нишон- дод Таркиб, %	Ҳокистарн ноқӣ, %	$\rho,$ $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$b_{\text{фиш}},$ МПа	$b_{\text{кад}},$ МПа	$d_z,$ г/см <sup>3</sup>	$d_x,$ г/см <sup>3</sup>	КВГХ · 10 <sup>-6</sup> , 1/С	Коэфф. гармигуз., Вт/м · К
Термоантрасит - 42, графит - 40, пек - 18	3,5	35,2	30,0	9,0	1,55	1,83	4,0	15,0
Термоантрасит - 32, графит - 50, пек - 18	3,5	35,0	29,0	8,8	1,56	1,82	3,6	15,5

Тавре ки аз ҷадвали 16 дида мешавад, шиддати шиддат дар иртиботи аноди ниппел (U(n-a)) ва дар бадани худи анод (U(a-a)) ҳам дар серия ва ҳам дар анодҳои таҷрибавӣ аз меъёр ду маротиба зиёдтар аст. Ин аз он вобаста аст, ки алоқаи заиф байни бадани чуян ва - ҷисми анод аз як тараф ва аз тарафи дигар, таркиби ҷӯянба стандартҳо мувофиқат намекунад. Дар бораи мақоми анод, он аз сифати анод вобаста аст. Таркиби Si ва Fe дар алюминий ба дараҷаи анодҳои пухта мувофиқат мекунад. Анодҳои, ки бо илова кардани антрацит сохта шудаанд, дар ваннаҳо тавсия дода мешаванд, ки алюминийи дараҷаи пастро ба даст оранд.

**Ҷадвали 16** – Таркиби омехта ва нишондодҳои физикию-химиявӣ анодҳои-хурд

№	Компонентҳои ибтидоӣ	№ Аанод-хурд	Мутаносиби компонентҳо, %	Нишондодҳои физикию-химиявӣ анодҳои-хурд				
				A <sup>d</sup> , %	Дк, г/см <sup>3</sup>	Ди, г/см <sup>3</sup>	МХЭ, Ом*мм <sup>2</sup> /м	Муст. механикӣ, кгс/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кокси нефти: Антрацит (A <sup>d</sup> = 2.8 – 4%)	1	10 : 90	3.96	1.49	1.79	93	291
		2	20 : 80	3.82	1.39	1.79	87	233
		3	30 : 70	3.26	1.38	1.79	87	221
		4	40 : 60	3.43	1.42	1.84	88	243
		5	50 : 50	2.80	1.48	1.83	78	233
2	Термоантрацит (A <sup>d</sup> = 9.5%) : Нефтяной кокс	<b>1</b>	<b>20 : 80</b>	<b>2.17</b>	<b>1.45</b>	<b>1.83</b>	<b>72</b>	<b>357</b>
		2	20 : 80	2.32	1.51	1.83	82	357
		3	20 : 80	2.40	1.50	1.80	83	369
3	Термоантрацит (A <sup>d</sup> = 9.5%) : Кокси нефти:	1	50 : 50	5.68	1.49	1.77	79	260
		<b>2</b>	<b>50 : 50</b>	<b>4.14</b>	<b>1.54</b>	<b>1.76</b>	<b>73</b>	<b>330</b>
		3	50 : 50	4.81	1.44	1.75	100	270
4	Кокси нефти: ангиштзеза обутоб. (A <sup>d</sup> = 14%)	1	100 : 00	0.98	1.51	1.88	87	295
		2	80 : 20	3.52	1.47	2.02	89	314
		3	50 : 50	8.23	1.47	1.87	105	347
5	Кокси нефти: Катод.блоки б/у кор.об. A <sup>d</sup> =3.8%	1	80 : 20	3.82	1.51	2.02	82	163
		2	80 : 20	3.82	1.50	2.02	105	185
6	Кокси нефти: Қатрон/ангишт: Равғанҳои ангишт	1	83 : 8.5 : 8.5	0.99	1.47	1.86	141	--
		2	83 : 17	0.99	1.44	1.86	135	--
7	Антрацит : Графитишусташу да (A <sup>d</sup> ≈ 6%)	1	90 : 10	5.83	1.58	1.91	85	225
		2	80 : 20	6.10	1.49	1.88	97.5	240
		3	70 : 30	6.37	1.49	1.88	93.5	230
8	Кокси нефти: Графитишусташу да (A <sup>d</sup> ≤ 1.6%)	<b>4</b>	<b>80 : 20</b>	<b>1.56</b>	<b>1.50</b>	<b>2.02</b>	<b>70</b>	<b>242</b>

**Ҷадвали 17-** Таҳлили параметрҳои асосии анодҳои таҷрибавӣ дар электролизёри №222 гузошташуда

№ анод	Мухлати истифода-барии умумии анод	Санаи ченкуӣ - 18.07.2014						Санаи ченкуӣ - 22.07.2014					Санаи ченкуӣ - 24.07.2014						
		Мухлати истифода-барии анод то ченкуӣ	Афтиши шиддат			Таркиби химиявӣ		Мухлати истифода-барии анод то ченкуӣ	Афтиши шиддат			Таркиби химиявӣ		Мухлати истифода-барии анод то ченкуӣ	Афтиши шиддат			Таркиби химиявӣ	
			Ut/p	Un-a	Ua-a	Fe	Si		Ut/p	Un-a	Ua-a	Fe	Si		Ut/p	Un-a	Ua-a	Fe	Si
2	21	3	3.3	350	190	0.6	0.55	7	4.7	358	260	0.46	0.68	9	-	-	-	0.43	0.57
10	18	1	2.5	320	200	0.6	0.55	5	4.5	488	250	0.46	0.68	7	-	-	-	0.43	0.57
20	20	1	3.5	275	220	0.6	0.55	5	4.8	323	140	0.46	0.68	7	9.2	450	230	0.43	0.57
3	27	-	-	-	-	-	-	3	3.2	303	180	0.46	0.68	5	-	-	-	0.43	0.57
13	7	-	-	-	-	-	-	2	3.5	313	180	0.46	0.68	4	4.2	413	170	0.43	0.57
24	16	-	-	-	-	-	-	2	3.4	350	110	0.46	0.68	4	3.3	420	200	0.43	0.57
7	21	-	-	-	-	-	-	1	3.4	318	100	0.46	0.68	3				0.43	0.57
17	6	-	-	-	-	-	-	2	3.0	233	90	0.46	0.68	4	3.7	280	100	0.43	0.57
11	13	-	-	-	-	-	-	1	2.0	500	100	0.46	0.68	3	3.0	376	120	0.43	0.57
14	19	-	-	-	-	-	-	1	3.0	445	210	0.46	0.68	3	3.9	370	210	0.43	0.57
			Санаи ченкуӣ - 26.07.2014					Санаи ченкуӣ - 31.07.2014					Санаи ченкуӣ - 04.08.2014						
2	21	10	6.0	320	80	0.43	0.44	16	6.1	453	150	0.43	0.44	20				-	-
10	18	8	5.3	430	110	0.43	0.44	14	4.9	455	100	0.43	0.44	18				-	-
20	20	8	5.8	383	250	0.43	0.44	14	6.5	813	80	0.43	0.44	18	1.5	1088	-	-	-
3	27	6	3.8	223	150	0.43	0.44	12	4.0	238	170	0.43	0.44	16	4.9	133	-	-	-
13	7	5	4.5	368	120	0.43	0.44										-	-	-
24	16	5	6.0	400	280	0.43	0.44	11	6.2	560	220	0.43	0.44	15				-	-
7	21	4	5.5	425	210	0.43	0.44	10	5.2	513	150	0.43	0.44	14	3.2	478	-	-	-
17	6	9				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	13	4	3.0	378	170	-	-	10	4.7	850	150	0.43	0.44	-				-	-
14	19	4	3.6	420	170	-	-	10	5.1	533	150	0.43	0.44	14	3.2	478	-	-	-
13a/c	8	-	-	-	-	-	-	4	4.5	275	170	0.43	0.44	8	4.8	318	200	-	-

## **БОБИ 5. ИСТИФОДАИ АНГИШТҲОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР ИСТЕҲСОЛИ ГАЗҲОИ СИНТЕЗӢ ВА КОРКАРДИ ПАРТОВҲОИ САХТИ КАРБОНДОР**

Дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон амалан ҳамаи конҳои ангишт мавҷуданд; аз антрацити дараҷаи олий то навъҳои оддии камсифат, ки онҳоро метавон дар соҳаҳои гуногуни технологӣ ва ҳатто барои истеҳсоли кокс истифода кард (махсусан кони Фон-Яғноб).

Ангиштҳое, ки дар истеҳсоли гази синтезӣ истифода мешаванд, бояд мустаҳкамии муайяне дошта бошанд. Мустаҳкамии онҳо дар истихроҷ, коркард, интиқол, нигахдорӣ ва махсусан вақте ки дар генераторҳои гази барои истеҳсоли гази синтезӣ (гази генератори) истифода мешавад, хеле муҳим аст.

Таъминкунандаи асосии ангишт “ТАЛКО Ресурс” мебошад. Ин ширкат ангиштро аз кони Фон-Яғноб аз мавзёҳои Канте ва Ҷичикрут таъмин мекунад.

Пас аз майдакунӣ, ғалбелкунӣ ва навъбандӣ баромади маҳсулот 40-50% (масса)-ро ташкил медиҳад. Дар коркарди механикӣ пораҳои ангишт хеле майда мешаванд. Аз ин рӯ, савол дар бораи муайян кардани хусусиятҳои устувории ангиштҳои ҳарду қитъаи кони Фон-Яғноб дар ноҳияи Айнӣ ба миён омад. Устувории андозаи пораҳои ангишт дар газификатор ҳангоми борнокшавӣ, инчунин гардиши косаи хокистарӣ вобаста аст.

Барои муайян кардани мустаҳкамии механикӣ усули Сысков К.И. "Усули муайян кардани устувории масолеҳи пора" (Институти канданиҳои фойданоки Академияи илмҳои ИҶШС). Дар ҷадвали 17 хусусиятҳои пешгӯиҳои ангишти таъминшуда нишон дода шудаанд.

Тавре ки аз ҷадвали 17 дида мешавад, ангиштсангҳои мавзёҳои Канте ва Ҷичикрут нисбат ба ангиштсангҳои кони Бабаевск (Россия) устувории нисбатан паст доранд. Ин муқоиса комилан дуруст нест, зеро ангишти кони Фон-Яғноб кокс-шаванда буда, таркиби химиявӣ ва дараҷаи метаморфизми баландро доро мебошад.

То имрӯз дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 6 истгоҳи истихроҷи газ вучуд дорад, ки аз ангишти кони Фон-Яғноб гази синтезӣ истеҳсол мекунад. Бо назардошти дурнамои рушди истеҳсоли гази синтезӣ дар ҷумҳурӣ ва зарурати тавсеаи заминаи ашёи он, силсилаи таҳқиқот дар бораи таркиб ва хосиятҳои соҳаҳои алоҳида гузаронида шуд.

Тавре ки аз ҷадвали 18 дида мешавад, ангиштсангҳои конҳои умдабахш дар маҷмӯъ ба талаботи меъёрии ашёи хом барои истеҳсоли гази синтезӣ ҷавобгӯ мебошанд, ба чунин талабот конҳои Фон-Яғноб, Тошкӯтан, Сайёд ва Зиддӣ низ ҷавобгӯ ҳастанд.

Ба инобат гирифт, ки қариб ҳама ашёҳои хоми карбондорро барои тавлиди гази синтезӣ истифода бурдан мумкин аст, барои ба даст овардани гази синтези аз ангиштҳое, ки ба талаботи стандартҳо пурра ҷавобгӯ нестанд, як силсила таҳқиқотҳо гузаронида шуд аз ҷумла ангиштсанги конҳои “Тошкӯтан”, “Сайёд” ва “Зиддӣ”. Натиҷаҳои таҳқиқот оид ба таркиби химиявии гази синтезӣ дар ҷадвали 22 оварда шудаанд.

**Ҷадвали 17** – Мустаҳками қитъаҳои ангишти «Канте» ва «Джизукрут» кони Фон-Ягноб

Намунаи ангишт	Андозаи лӯнда, мм				Сатҳи болоӣ, см <sup>2</sup>	Мустаҳкамӣ, г/см
	5-25	3-5	1-3	0-1		
Қитъаи «Канте»	6,42	7,00	7,10	4,25	854	398
Қитъаи «Джизукрут»	6,90	7,45	6,25	4,80	858	396
Ангишти оддӣ (маъдани Бабаевский), Россия	7,58	7,86	5,81	3,64	762	453
Ангишти нимкокси Бабаевский (Россия)	-	5,25	11,09	8,54	1441	224
Кокс аз ангишти Байдаевский (Россия)	1,60	1,10	0,50	1,67	318	1380

**Ҷадвали 18** – Таркиб ва хосиятҳои ангиштҳои алоҳидаи конҳои ҚТ

Параметорҳо	Меъёрҳо	Номгуи конҳо				
		«Фон-Ягноб»	«Зидди»	«Сайёд»	«Тошқутан»	
Карбони доимӣ, мас.%	>55	75-85	<60-81	<67,1	<80,5	
Моддаҳои бухоршаванда, мас.%	<25	28,62	30	39,4	35	
Намнокӣ, мас.%	<10	2	5	4,9	5	
Хокистарнокӣ, мас.%	≤18	3,21	6,4-31	<32,3	<28	
Миқдори сулфур, мас.%	<2	0,13	0,6-15	-	<2,4	
Таркибии калория	кДж/кг	27170	<33415	<32700	<28257	<29044,5
	Ккал/кг	6500	<7986	<7822	<6760	<6948,5

**Ҷадвали 19** – Нишондодҳои физикию – химиявӣ ва синтези аз конҳои ангиштҳои Тоҷикистон

Номгуй	Миқдори компонентҳо, % об,						Гарми сӯзиши газ, Q <sub>H</sub>	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	ккал/м <sup>3</sup>	МҶ/м <sup>3</sup>
Миқдори меъёрҳо	<7	<0,8	20-32	2-4	15-20	45-50	1119-1636	4,6-6,8
«Фон-Ягноб»	4,7	0,3	24,5	4,9	14,7	50,8	1538	6,4
«Зидди»	5	0,5	19	4,6	13,1	57,8	1305	5,4
«Сайёд»	6,4	0,5	16,9	3,6	10,0	62,6	1076	4,5
«Тошқутан»	5,4	0,5	21,9	2,6	12,5	57,1	1206	5,04

Маълумоти қадвали 21 нишон медиҳад, ки гармии сӯзиши гази синтезие, ки аз ангиштҳои омӯхташуда ба даст оварда шудааст (ба истиснои ангишти кони Сайёд) ба талаботҳои меъёрии истеҳсоли гази синтез ҷавобгӯ мебошад. Бинобар ин, гармии сӯзиши гази синтезие, ки аз ангиштсанги кони Фон-Яғноб ба даст оварда шудааст, назар ба гармии сӯзиши гази синтезии конҳои Зиддӣ ва Тошкунан 1,3 маротиба ва нисбат ба гази синтезиикони Сайёд аз 1,43 маротиба зиёдтар аст.

Раванди газификатсия аз сифати ангишт, хосиятҳои бухори об, таносуби ҳаво ба буғи об, инчунин баландии оташе, ки дар газогенератор нигоҳ дошта мешавад, вобаста аст. Дар генераторҳои истифодашуда баландии оташ аз 200 то 300 мм пешбинӣ шудааст. Таҷриба нишон медиҳад, ки барои баланд бардоштани дараҷаи газификатсия, таҷдиди назар кардани речаи кории технологияи генераторҳои газӣ, алалхусус генераторҳои гази ширкати “HUAN Tai”, ки дар ҚДММ “ТАЛКО Кемикал” насб карда шудааст ва бо ангишт аз маҳалли “Ҷиҷукрут” кор мекунад, зарур аст. Дар таҷрибаи худ, мо ба тағйирёбии баландии оташ ва суръати ҷараёни омехтаи ҳаво бо буғи сери об, ки ба газификацияи ангишт дода мешавад, таъҷиб кардем. Ғайр аз ин, хосиятҳои буғи серро ба назар гирифтандарур аст. Натиҷаҳои таҷрибаҳо бо назардошти истифодаи хосиятҳои буғи сер дар қадвали 20 оварда шудаанд.

**Қадвали 20**– Дараҷаи газификатсии қитъаи ангишти «Джизукрут» бо истифодабарии бухори оби пуршуда

Ҳарорати сершавӣ, °C	Фишори мутлақи буғ, кПа	Ҳаҷми хоси буғи сер, м <sup>3</sup> /кг	Фишори ҳаво, P <sub>в</sub> , кПа	Микдори ҳаво, м <sup>3</sup> /час	Таркиби газ, %						Гармигузаронӣ, ккал/нм <sup>3</sup>
					CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
50	0,1258	12,054	2,0	1300	4,0	0,2	27,35	3,7	18,35	46,4	1624
50	0,1258	12,054	2,0	1400	3,5	0,2	26,85	3,55	18,0	47,9	1587
50	0,1258	12,054	2,0	1500	5,4	0,2	27,4	5,0	20,1	41,9	1783
55	0,1605	9,589	2,0	1300	5,2	0,2	26,3	4,8	16,5	47,0	1639
55	0,1605	9,589	2,0	1400	4,0	0,4	26,6	5,2	19,8	44,0	1767
55	0,1605	9,589	2,0	1500	3,2	0,4	25,4	6,0	20,6	44,4	1819
60	0,2031	7,687	2,0	1300	4,4	0,2	27,4	3,8	16,2	48,0	1579
60	0,2031	7,687	2,0	1400	4,6	0,2	27,4	3,36	17,28	47,16	1569
60	0,2031	7,687	2,0	1500	5,1	0,2	27,0	3,2	15,2	49,3	1490
65	0,255	6,209	2,0	1300	6,0	0,2	27,4	3,3	14,6	48,5	1495
65	0,255	6,209	2,0	1400	4,8	0,2	26,8	3,2	17,1	47,9	1532
65	0,255	6,209	2,0	1500	4,8	0,2	27,2	5,08	18,87	43,13	1451

Тавре ки аз қадвали 20 дида мешавад, гармигузаронии баландтарин ба ҳарорати сершавӣ 55 °C ва ҳаҷми хоси буғи сер 9.589 нм<sup>3</sup>/кг мувофиқ аст, яъне.

1 кг чуни бӯғ тақрибан ба 9,6 м<sup>3</sup> баробар аст. Барои ба даст овардан масалан, дар як соат 3000 нм<sup>3</sup> гази синтезӣ, бӯғро ба миқдори 171 кг дар як соат ва 1400-1500 нм<sup>3</sup>/соат ҳаво додан лозим аст. Бояд қайд кард, ки ангишти аз конҳо воридшуда бисёр ҷузъҳои ғайри сӯзанда дорад.

Барои ҳар як тонна ангишти багазогенератор воридшуда, то 500 кг компонентҳои (сӯзонандаҳои) ғайри сӯзанда ворид мешаванд ва аз ин ҷо мо наметавонем аз як генератори газ 6000 нм<sup>3</sup> гази синтезӣ гирем (мувофиқи лоиҳа). Дар асл, мо дар як соат ба ҳисоби миёна 3000-3500 нм<sup>3</sup> гази синтезӣ мегирем. Барои ноил шудан ба ҳадафҳои лоиҳакашӣ, ангишти тозаи 90-95% лозим аст. Ин метавонад самаранокии генераторҳои газро таъмин ва нишондиҳандаҳои техникӣ-иқтисодиро беҳтар созад.

Ҳамин тариқ, бо истифодаи хусусиятҳои бӯғҳои сери об, мутаносибан, миқдори зарурии ҳавои атмосфера, бе истифодаи ангишти бойкардашуда тавоноии хоси генераторҳои газиро баланд бардошта ва сифати баланди гази синтезӣ ба даст омадаро имконпазир менамояд.

Соҳаи дигари кор истифодаи партовҳои саҳти карбондор дар истеҳсоли ҳулаи аввалияи алюминий ҷой дорад.

**Ҷадвали 21**–Таркиби химиявӣ ва минералогии ашёи аввалия ва концентрати гилҳокукриолит

№	Номгуи компонентҳо	Таркиби химиявӣ, масс.%	
		Партов	КГК
11.	Al	12.99	25,3
12.	Na	17.88	21,76
13.	F	16.21	19,27
14.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5.67	1,89
15.	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2.45	-
16.	HCO <sub>3</sub>	1.45	-
17.	C	27.3	1,1
18.	Fe	0.56	0,84
19.	Si	0.32	0,51
20.	H <sub>2</sub> O	2.5	-
таркиби минералогӣ, % (масса)			
1.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.2	41,2
2.	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	26.7	28,5
3.	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8.4	2,8
4.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> +NaHCO <sub>3</sub>	6.1	-
5.	C	27.3	1,1
6.	NaF	3.8	8,4
7.	SiO <sub>2</sub>	0.7	1,1
8.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.8	1,2
9.	Na <sub>2</sub> O	-	9,3
10.	H <sub>2</sub> O	2.5	-

Партовҳои дорои глиноземи фтордори истеҳсолоти алюминий дорои миқдори зиёди чуни компонентаҳои арзишманд ба монанди криолит ва гилҳокро мебошанд. Истифодаи ин партовҳо дар истеҳсоли алюминий бо

сабаби ба миқдори зиёди карбон, оҳан ва силитсий доштан, ба сифати алюминийи аввалия истеҳсолшуда таъсири манфӣ мерасонад. Аз тарафи дигар, концентрати гилхокукриолит (КГК) ба истеҳсоли хӯлаи аввалия бевосита дар электролизер мусоидат мекунад, ки маълумотҳои ин усул ояндадор мебошанд.

Тавре ки аз ҷадвали 21 дида мешавад, дар натиҷаи пухтан, ҷудошавии пурраи карбонатҳо ва бикарбонатҳо, қисман ҷудо кардани сулфатҳо, сӯзиши қариб пурраи карбон ва пайдоиши оксиди натрий (алюминати натрий) ба амал меоянд.

**Ҷадвали 22**– Тағйирёби миқдори силитсий ва оҳан дар метали катодӣ ҳангоми дар электролит дохил намудани КГК

п. сутк и	$m_{\text{КГК}}=300\text{кг/шабонарӯз}$				$m_{\text{КГК}}=600\text{кг/шабонарӯз}$			
	$C_{\text{Si}}^n$		$C_{\text{Fe}}^n$		$C_{\text{Si}}^n$		$C_{\text{Fe}}^n$	
	ҳисоб.	факт	ҳисоб.	факт	ҳисоб.	факт	ҳисоб.	факт
0	0,22		0,27	0,27	0,22	0,22	0,27	0,27
1	0,23	0,25	0,27	0,30	0,25	0,27	0,28	0,30
2	0,25	0,27	0,27	0,29	0,29	0,30	0,28	0,30
3	0,26	0,24	0,27	0,27	0,32	0,34	0,29	0,32
4	0,27	0,26	0,28	0,31	0,35	0,36	0,30	0,35
5	0,28	0,27	0,28	0,33	0,37	0,37	0,30	0,38
6	0,29	0,31	0,28	0,34	0,40	0,46	0,31	0,45
7	0,30	0,32	0,28	0,33	0,43	0,44	0,32	0,35
8	0,35	0,34	0,29	0,31	0,45	0,47	0,32	0,37
9	0,32	0,37	0,29	0,32	0,47	0,46	0,32	0,35
10	0,33	0,34	0,29	0,30	0,49	0,44	0,33	0,37
11	0,34	0,36	0,29	0,29	0,52	0,46	0,33	0,35
12	0,35	0,39	0,29	0,32	0,54	0,49	0,34	0,32
13	0,36	0,40	0,29	0,32	0,56	0,60	0,34	0,35
14	0,36	0,43	0,29	0,31	0,57	0,66	0,34	0,38
15	0,37	0,41	0,29	0,29	0,58	0,64	0,35	0,36
16	0,38	0,40	0,29	0,27	0,60	0,66	0,35	0,36
17	0,38	0,40	0,29	0,30	0,62	0,68	0,35	0,38
18	0,39	0,42	0,29	0,31	0,63	0,72	0,35	0,36
19	0,39	0,41	0,29	0,29	0,65	0,76	0,36	0,39
20	0,40	0,41	0,29	0,30	0,66	0,78	0,36	0,36
21	0,41	0,41	0,30	0,32	0,67	0,76	0,36	0,38
22	0,41	0,44	0,30	0,32	0,68	0,75	0,36	0,40
23	0,41	0,43	0,30	0,31	0,69	0,72	0,37	0,41
24	0,42	0,42	0,30	0,30	0,70	0,74	0,37	0,39
25	0,42	0,42	0,30	0,30	0,71	0,74	0,37	0,38
26	0,43	0,44	0,30	0,33	0,72	0,75	0,37	0,39
27	0,43	0,45	0,30	0,32	0,73	0,76	0,38	0,40
28	0,44	0,45	0,30	0,32	0,74	0,78	0,38	0,42
29	0,44	0,44	0,30	0,31	0,74	0,77	0,38	0,40
30	0,44	0,45	0,30	0,31	0,75	0,77	0,38	0,41



Таркиби миёнаи компонентаҳо дар маҳсулоти ҳосилшуда иборат, %: гилхок - 41,2; криолит - 28,5; фториди натрий - 8,4; оксиди оҳан - 1,2; оксиди силитсий - 1,1; карбон - 1,1 мебошад, яъне аз ҷиҳати таркиби сифатии он, КГК бо электролит шабеҳ аст ва метавонад ҳамчун ашёи хом барои санҷиш, оғоз ва пас аз оғози кор, инчунин маводи барои массаи анодӣ дар истехсолоти электролизӣ истифода шавад.

Усули иҷрошавӣ чунин аст. Концентрати гилхокукриолити дорои 3-4 % (масса)  $\text{SiO}_2$  ва 1-2% (масса)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ҳар рӯз ба электролизер ба миқдори 1,2-2,5% баэлектродит ворид карда мешавад. Ворид кардани КГК ба электролит якҷоя бо ашёи хоми асосӣ - гилхок, миқдори оксиди алюминий ва намакҳои фторро дар он қисман пурра намуда, раванди гузариши муътадили электролизерро таъмин менамояд ва дар натиҷаи дар катод алюминий, силитсий ва оҳан ҷудошуда, хӯлаи аввалини алюминий ҳосил мешавад (ниг. ҷадвали 22).

## ХУЛОСАҲО

### *Асосҳои илмии натиҷаҳои таҳқиқот:*

1. Дар асоси маҷмӯи таҳқиқоти мураккаби физиکیю-химиявӣ ва физиکیю-механикӣ, муайян карда шуд, ки антрацити кони Назарайлок (қитъаҳои “Шикорхона” ва “Кафтархона”) пайдоиши якхелаи геологӣ, таркиби петрографӣ, сохтори молекулавӣ дошта ва маъданҳои мазкур тақрибан ба ҳам монанданд.

Бори аввал нишондиҳандаҳои нави сифат (то  $1700^\circ\text{C}$ ) барои антрацити кони Назарайлок таҳия карда шуданд, масалан: масофаи байни ҳамвори қабатҳо  $d_{002} = 0.340$  нм, текстура (70%), муқовимати хоси барқ- $700 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ , қобилияти анизотропияи инъикосӣ (12 %), ки метавонанд параметрҳои боэътимоди таснифот барои интихоби роҳҳои истифодаи технологии онҳо дар истехсоли маҳсулоти электродҳои карбон-графитӣ хизмат кунанд [1, 6, 20, 25-М].

2. Таҳлили термогравиметрӣ якто эндоэффekt дар ҳарорати паст ( $110^\circ\text{C}$ ) ва якто эндоэффekt дар ҳарорати баланд ( $620^\circ\text{C}$ ) муайян намуда шуд. Ин эффektҳои мазкур дорои энергияи фаъол буда мувофиқан ба 14,66 ва 60,60 кҶ/мол баробаранд, ки мутаносибан ба талафоти намӣ ва нобудшавии компонентҳои вазнини органикӣ алоқаманданд. Ғайр аз он, боз ду эффекти дигар экзотермӣ дар ҳарорати 410 ва  $700^\circ\text{C}$  ёфт шуданд. Эффекти экзотермии якум дорои энергияи фаъоли 18,50 кҶ/мол ва дуумаш - 99,24 кҶ / мол ташкил дод. Ин экзоэффektҳо аз таркиби антрацит баромадани газҳои  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ -ро нишон дода бо ҳамин аз таркиби антрацит тарк намудани ҳамаи моддаҳои органикӣ шаҳодат медиҳад.

Мувофиқи суръати тағирёбии масса, муайян карда шуд, ки массаи умумии антрацит 35,0-38,6% (масса) кам мешавад. Ин нишондиҳанда барои муайян кардани ҳосили маҳсулоти мувофиқ ҳангоми калсинатсияи антрацит дар шароити саноатӣ хеле муҳим аст. Ҳосилнокии маҳсулоти мувофиқ (антрацит) ҳангоми дар танӯраи гардишхӯрандаи ҶСК “ТАЛКО” тақрибан 62,0% (масса)-ро ташкил дод [3, 6, 9, 10-М].

3. Дар спектрҳои ИС-и антрацити хом бо фурӯбарии мавҷҳои 1100-1200; 1450-1500; 2200-2350; 3300-3400; 3650-3750  $\text{см}^{-1}$  мушоҳида шуданд, ки ба мавҷудияти гурӯҳҳои функционалии С - О, NH,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ; С-Н; О-Н шаҳодат медиҳад. Ҳангоми коркарди гармӣ (то  $1400^{\circ}\text{C}$ ) қуллаҳои дар хати қачи спектрҳои ИС тадриҷан ҳамвор гардиданд - қариб ҳамаи ҷузъҳои органикӣ аз байн мераванд. Хусусан дар ҳарорати  $1400^{\circ}\text{C}$  карбонизатсияи антрацит ба амал меояд ва карбон дар натиҷаи фурӯбарии мавҷҳои электромагнитӣ дар басомадҳои  $1000-500 \text{ см}^{-1}$  тақрибан 95% -ро ташкил медиҳад [7-М].

4. Дар шароити озмоишгоҳӣ, параметрҳои оптималии ба даст овардани массаи хуноки сумбашавандаи фаршӣ (МХСФ) барои сумба намудани қабатҳои байни блокҳои фаршии электролизерҳои алюминӣ, ки ба талаботи ТУ-48-0124-50-06-04 "Массаи хуноки сумбашавандаи фаршӣ" ҷавобгӯ мебошанд, муқаррар карда шудаанд. Таркиби оптималии гранулометрии термоантрацит (пуркунанда) ва пайваस्तкунанда бо %-и масса чунин аст:  $\emptyset(12-5)$  мм -  $14 \pm 2$ ;  $\emptyset(5-1)$  мм -  $34 \pm 2$ ;  $\emptyset(1-0.15)$  мм -  $19 \pm 2$ ;  $\emptyset(0.15-0.074)$  мм -  $32 \pm 1$ ;  $\emptyset 0.074$  мм -  $23 \pm 0.5$ ; миқдори пайваस्तкунанда - (12-13).

Дар асоси таҳқиқоти лабораторӣ аз антрацити калсинатсияшуда дар миқёси саноатӣ 200 тонна МХСФ истеҳсол карда шуд, ки дар контейнерҳои ҳаҷмашон ҳар кадоме 2,5 тонна гирифта шуд. Таҳлили МХСФ-и ҳар як контейнер нишон дод, ки аз ҷиҳати хусусиятҳои физикӣ ва механикӣ он сифати массаи мазкури ба даст омада ба талаботи ТУ-48-0126-50-06-04 ҷавобгӯ мебошад. Озмоиши МХСФ-и ба даст омада дар 20 электролизере, ки бо анодҳои пухта боҷараёни барқи 160-175 кА кор мекунанд, нишон дод, ки параметрҳои технологӣ ва нишондиҳандаҳои техникӣ-иқтисодии электролизерҳо ба талаботи меъёрӣ пурра ҷавобгӯ мебошад [5, 24, 23-М].

5. Самараи иқтисодӣ барои таъмири як электролизери ҚСК "ТАЛКО" аз истифодаи МХСФ дар асоси антрацитҳои калсинатсияшудаи кони Назарайлок 14783 сомониро ташкил дод. Аз рӯи лоиҳа бояд 960 дона электролизерҳои амалкунанда бошанд. Ба ҳисоби миёна дар як моҳ 30 электролизер таъмир карда мешавад (дар ҳар бино 100 электролизер мавҷуд аст, шумораи биноҳо 10 адад аст). Самараи солонаи иқтисодӣ метавонад  $30 \times 12 \times 14783 = 5321880$  сомониро ташкил диҳад [15-М].

6. Дар шароити лабораторӣ ресептураи шихтаи хушк ва таносуби қатронҳои ангишт ба антрацитҳои кони Назарайлок таҳия карда шуданд, ки блокҳои паҳлӯӣ истеҳсол карда шаванд, ки талаботи ТУ-1913-109-014-99 "Блокҳои паҳлӯӣ барои электролизерҳои алюминӣ" ҷавобгӯ бошанд. Миқдори қатрон  $18 \pm 1\%$  (аз рӯи масса), таркиби гранулометрӣ, % (аз рӯи масса):  $\emptyset(10-5)$  мм-10;  $\emptyset(5-1)$  мм-35,  $\emptyset(1-0,15)$  мм-25,  $\emptyset(0,15-0)$  мм-30.

Дар шароити лабораторӣ барои ҳосил намудани блокҳои фаршӣ таркиби гранулометрии шихта (пуркунанда) ва миқдори қатрониилова шуда имкон медиҳад, ки блокҳои фаршӣ ба талаботҳои ТУ-1913-109-021-2003 "Блокҳои фаршии электролизерҳои алюминӣ" мувофиқат кунанд; тақсимооти андозаи зарраҳо, бо % (аз рӯи масса) чунин аст: (%):  $\emptyset 8,0$  мм-12,  $\emptyset 6,0$  мм-8,  $\emptyset 4,0$  мм-35,  $\emptyset 2,0$  мм-5,  $\emptyset 1,0$  мм-10,  $\emptyset 0,5$  мм-10,  $\emptyset 0,15$  мм-10,  $\emptyset 0,074$  мм-10; Аз чунин

таркиби шихта термоантрасит-42%, графит-40%, катрон-18% (бо масса) гирифташ лозим аст [10, 16, 26-30-М].

7. Намунаҳои лаборатории (мини-анодҳо) ва анодҳои саноатӣ, ки дар асосӣ кокси нафтӣ бо илова намудани термоантрасити кони Назарайлок дар таркиби шихта тартиб дода шудааст нишондиҳандаҳои физикю-химиявӣ ва физико-механикии қаноатбахшро ба даст оварда ба дастури технологии ТИ-0970113 “Талабот барои анодҳои пухта” мувофиқат мекунад. Таркиби шихта чунин буд, % (масса):  $\emptyset$  (-12,0+5,0 мм)-13±2;  $\emptyset$  (-5,0+1,0 мм)-30±3;  $\emptyset$  (-1,0+0,15 мм)-19,0±2;  $\emptyset$  (-0,15 мм)-33±3. Миқдори катрон 15,5-16,0 % (масса) буд. Термоантрасит дар байни фраксияҳои додашуда тақсим карда шуд [19-М].

8. Вобастагии сарфи хоси карбон ( $m_c$ ) дар истеҳсоли алюминий аз таркиби гази анод, ки бо муодилаи  $m_c=4\text{-NCO}_2/6+3\text{NCO}_2$  ифода ёфтааст, ки дар ин ҷо  $\text{NCO}_2$  ҳиссаи молии  $\text{CO}_2$  дар таркиби гази анод аст. муодила имкон медиҳад, ки ҳангоми зичии ҷараёни анод ва ҳарорати электролит, таркиби гази анод ва истеъмоли хоси карбон пешгӯӣ карда, ҷустуҷӯи мақсадноки кам кардани сарфи анодҳо дар истеҳсоли алюминий мебошад [17-М].

9. ҶСК “ТАЛКО” истеҳсоли КГК-ро аз партовҳои саҳти карбондошта ташкил намуда, дар истеҳсоли электролиз сарф намудааст. Бо ин мақсад 10 ваннаи таҷрибавӣ интихоб карда шуда ва натиҷаҳо бо электролизерҳои оддӣ муқоиса карда шуданд. То ба электролизерҳо ворид кардани КГК ва пас аз он ҳамаи параметрҳои технологӣ, инчунин нишондиҳандаҳои техникӣ-иктисодӣ (ТЭП) гирифта шуданд. Баромад аз рӯи ҷараён, ки яке аз нишондиҳандаҳои муҳими электролизер ба шумор меравад, бо ваннаҳои амалкунанда муқоиса карда шуд ва он ба ҳисоби миёна 87%-ро ташкил дод [18, 23-М].

#### ***Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:***

- натиҷаҳои кор барои муҳандисон ва техникҳои дар корхонаҳои кимиёвӣ ва металлургӣ коркунанда, инчунин ташкилотҳои лоиҳакашӣ ва муҳандисӣ дар тарроҳии заводҳои истеҳсоли маҳсулоти электрод, маводҳои гуногуни карбон-графитӣ, ки пуркунандаи он антрасит мебошанд, коркарди партовҳои саҳти дорой карбон бо мақсади ба даст овардани алюминийи электролитӣ, инчунин қисми экологии лоиҳа тавсия дода мешавад;

- баъзе натиҷаҳо ба донишҷӯёни мактабҳои миёна ва олий, ки дар самтҳои “Металлургияи металлҳои ранга” ва “Истеҳсоли электрод” таҳсил мекунанд, тавсия додан мумкин аст.

## **НАТИҶАҲОИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ ДАР ИНТИШОРОТИ ЗЕРИН ИНЪИКОС ГАРДИДААСТ**

### ***Монография:***

[1-М]. Ёров, З.Ё. Минерально –сырьевая база химико – металлургической промышленности Таджикистана / З.Ё. Ёров, Ш.О. Кабиров, А. Муродиён, Н.М. Сироджев.- Издательство: “Мега Басым”, Стамбул, Турция. – 413 с.

*Мақолаҳое, ки дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди  
Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашр шудаанд:*

[2-М]. **Муродиён, А.** Влияние коксовой пересыпки на качество обжига алюминиевых электролизёров с обожжёнными анодами /А. Муродиён, М. Додхудоев, В.Б. Шарифзода, Н.М. Сироджиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2002, –Т. XLV, №11-12. – С. 56 – 60.

[3-М]. **Вохидов, М.М.** Сравнительная характеристика антрацитов различных месторождений и изменения их свойств при термической обработке / М.М. Вохидов, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, П. Муродиён, А.Г Сафаров // Доклады АН Республики Таджикистан, 2012, – Т.55, №4. – С.322–326.

[4-М]. **Вохидов, М.М.**Изучение ЭПР-спектроскопических свойств антрацита месторождения Назарайлок до и послетермической обработке/ М.М.Вохидов, **А.Муродиён**, И.Х.Юсупов, А.Г.Сафаров, Б.С.Азизов, Х.Сафиев //Доклады АН Республики Таджикистан. –2014, –Т. 57, №3, –С.225–229.

[5-М]. **Вохидов, М.М.** Свойства холодно набивной подовой массы алюминиевых электролизёров / М.М. Вохидов, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, П. Муродиён // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. –2013. –№3, (152). – С.70–77.

[6-М]. **Джамолзода, Б.С.** Рентгенографическое и термографическое исследования антрацита месторождения Назарайлок до и после термообработки / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2014. – Т. 57, №7. – С. 594 – 598.

[7-М]. **Джамолзода, Б.С.** ИК-спектры антрацита месторождения Назарайлок до и после термической обработки / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, Т. Шукуров, А.Г. Сафаров, Х.С. Сафиев // Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2015. – №1 (158). – С. 121 – 126.

[8-М]. **Джамолзода, Б.С.** Минеральные примеси в антраците месторождения Назарайлок / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х.Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, №4. – С. 326 – 330.

[9-М]. **Джамолзода, Б.С.** Исследование потери массы антрацита месторождения Назарайлок термогравиметрическими методами. Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, Д.С. Кучакшоев, А.Г. Сафаров, Х.С. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, №8. – С. 726 – 732.

[10-М].**Джамолзода, Б.С.** Исследование антрацита месторождения Назарайлок как сырья для производства электродного термоантрацита / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, К. Кабутов, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х.А. Мирпочаев, Х.С. Сафиев // Доклады АН Республики Таджикистан. – 2015. – Т. 58, №10. – С. 929 – 935.

[11-М]. Кабиров, Ш.О. Электролизеры с обожженными анодами на силу тока 320 кА / Ш.О.Кабиров, А.**Муродиён**, Н.М. Сироджев// Вестник ТТУ имени акад. М.С.Осими. – 2013.–№4 (24). –С.51–56.

[12-М]. Азизов, Б.С.Влияние плотности тока и температуры электролита на состав анодных газов и удельный расход углерода при производстве алюминия/ Б.С.Азизов, А.**Муродиён**, Х.А.Мирпочаев, Ш.О.Кабиров, Х.Сафиев//Доклады АН Республики Таджикистан.–2015. –Т. 58, №12. – С.1134 – 1139.

[13-М]. Сафиев, Х.Основные направления использования местных минеральных ресурсов в производстве алюминия / Х. Сафиев, Ю.Я. Валиев, Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, А. **Муродиён**, Х.А. Мирпочаев и др., // Горный журнал. Специальный выпуск, Республика Таджикистан–25лет по пути независимости.–2016. –С.49–53.

[14-М]. **Муродиён А.** Физико-химические и термодинамические характеристики антрацитов месторождения Назарайлок Республики Таджикистан / А.Муродиён, А.Г.Сафаров, К.Кабутов, К.Ботуров, Х.Сафиев // Вестник технологического университета, г.Казань. –2019. –Т.22, №8. –С.71–79.

#### *Ихтироот:*

[15-М].Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 802, МПК: С25С 3/00. Способ получения холодноабивной подовой массы / Ш.О. Кабиров; заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, А. **Муродиён**, Х. Сафиев, Б.С. Азизов, Х.А. Мирпочаев, М.М. Вохидов и др. /1601037; заявл. 06.05.2016; опубл. 28.10.2016, Бюл.122,2016. –2с.

[16-А].Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 871, МПК: С 01 В 31/04. Вибропресс лабораторный для получения углеграфитовой продукции / Ш. Кабир; заявитель и патентообладатель: Ш. Кабир, Х. Сафиев, А. **Муродиён**, Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, Х.Э. Бобоев, Н.П. Мухамедиев /1701153; заявл. 17.10.2017; опубл. 19.01.2018, Бюл.133, 2017.–2с.

[17-М]. Малый патент РТ, №ТЈ 832, МПК: С25С3/06. Способ определения удельного расхода углерода / Ш.О. Кабиров; заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, Х. Сафиев, А. **Муродиён**, Х.А. Мирпочаев, Н.П.Мухамедиев /1601076; заявл. 01.12.16; опубл. 28.03.2017, Бюл.126, 2017.

[18-М]. Малый патент РТ, №ТЈ 703, МПК: С01F 7/38. Ш.О. Способ комплексной переработки глинозем-углеродсодержащего минерального сырья Раштской долины / Ш.О. Кабиров;заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, А. **Муродиён**, Х. Сафиев, Б.С. Азизов, Х.А. Мирпочаев, Х.Э. Бобоев и др., /1500950; заявл. 08.05.15; опубл.08.05.2015, Бюл.108, 2015. –2с.

[19-М]. Малый патент РТ, №ТЈ 826, МПК: С25С 3/00. Ш.О. Х. Способ получения первичного алюминиевого сплава / Ш.О.Кабиров;заявитель и патентообладатель: Ш.О. Кабиров, Б.С. Азизов, Ш.О. Кабиров, Х. Сафиев, А. **Муродиён**, А. Х. Сафиев, Н.П. Мухамедиев / 1601055; заявл. 04.07.16; опубл.07.02.2017, Бюл.124, 2017. –2с.

*Мақолаҳои дар маводи конфронсияҳои илмӣ нашршуда:*

[20-М]. Ёров, З.Ё. Сопостовительная характеристика антрацита угольного месторождения Назарайлок и иных антрацитов некоторых зарубежных стран /З.Ё. Ёров, **А. Муродиён**, Н.М. Сироджев, М.М. Вохидов// Материалы республиканской конференции «Геология и геоэкологические проблемы использования горючих полезных ископаемых Таджикистана», ТНУ, – Душанбе. –2011. – С. 78 – 82.

[21-М]. **Муродиён, А.** Изменения свойств антрацита Назарайлокского месторождения при термической обработке / А.Муродиён, М.М. Вохидов, П.Муродиён, Б.С.Азизов // материалы V-ой Международной научно – практич.конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ» ТТУ им.акад. М.С.Осими, –Душанбе. –2011, ч.I, –С.272–275.

[22-М]. **Муродиён, А.** Ведущие страны производители алюминия. Сб. материалов V- международной научно – практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ. Часть-1ТТУ, –Душанбе. –2011. – С.351–355.

[23-М]. Сафиев, Х. Использование полученного из шлама криолитглиноземного концентрата в производстве алюминия / Х. Сафиев,Ш.О.Кабилов, Б.С. Азизов,Х. Мирпочоев, Дж. Р. Рузиев, Н. Мухамадиев, **А. Муродиён** // Сб. материалов V- международной научно – практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в ВУЗ-ах стран СНГ. Часть-1ТТУ, –Душанбе. –2011. – С.333–338.

[24-М].**Муродиён, А.** Физические характеристики холоднотавивной подовой массы изготовленной на основе антрацита месторождения Назарайлок / А.Муродиён, М.М.Вохидов, Б.С.Азизов, П.Муродиён // Республиканская научно-практ. конф. «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии. ТТУ, –Душанбе. – 2011. –С.23–24.

[25-М]. Джамолзода, Б.С. Изменение структуры антрацита месторождения Назарайлока при термической обработке / Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, **А. Муродиён**, К. Кабутов, А.Г. Сафаров // Матер. респуб. научно-практ. конф. «Технология комплексной переработки полезных ископаемых Таджикистана», посвященная 25-ти летию Государственной независимости РТ и 10–ти летию. ГМИТ, – Чкалов, ГМИТ. – 2016. – С. 34 – 36.

[26-М].Джамолзода, Б.С. Катодные блоки для алюминиевых электролизеров / Б.С. Джамолзода, Х.А. Мирпочаев, **А. Муродиён**, Б.С. Азизов, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. материалов «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан, посвященные 70 летию образования института химии им. В.И. Никитина АН РТ, – Душанбе. – 2016. – С. 85 – 86.

[27-А]. **Муродиён, А.** Антрацит месторождения Назарайлока – сырьевая база для производства углеродных материалов / А. Муродиён, Б.С. Джамолзода, А.Г. Сафаров, К. Кабутов, Ф.Р. Одинаев // Сб. материалов «Достижения химической науки за 25 лет Государственной Независимости Республики Таджикистан, посвященные 70 летию образования института химии им. В.И. Никитина АН РТ, – Душанбе. – 2016. – С. 103 – 104.

[28-М]. Джамолзода, Б.С. Влияние концентрации связующего и гранулометрического состава шихты на качественные показатели лабораторных образцов подовых блоков / Б.С. Джамолзода, **А. Муродиён**, А.Г. Сафаров, Х. Сафиев // Сб. материалов XIV Нумановские чтения «Вклад молодых учёных в развитие химической науки», – Душанбе. – 2017. – С. 52 – 54.

[29-М]. **Муродиён, А.** Антрациты месторождения Назарайлока – сырьё для производства углеродных материалов / А. Муродиён, А.Г.Сафаров, Н.Ю.Пулодов, Б.С.Азизов, Х.Сафиев, Б.С Джамолзода// Материалы респуб. научно-практ.конф.(с международным участием) на тему «Применение инновационных технологий в преподавании естественных дисциплин среднеобразовательных школах и ВУЗ-ах», посвященной 150-летию период. Таблицы химических элементов Д.И.Менделеева (11-12 октября 2019 г). ТНУ, – Душанбе. –2019. –С.139– 145.

[30-М]. **Муродиён, А.** Разработка технологии получения лабораторных образцов подовых блоков алюминиевых электролизеров/А.Муродиён, А.Г.Сафаров, Сафиев Х. // Материалы VI- ой международной конференции “Современные проблемы физики, посвященной 110-летию акад. АН РТ С.У.Умарова и 90-летию акад. АН РТ А.А.Адхамова. – Душанбе. – 2018. – С. 235 – 237.

[31-М]. **Муродиён, А.** Физические характеристики антрацитов месторождения Назарайлок / А.Муродиён, А.Г. Сафаров, К.К. Кабутов, К. Ботуров, Сафиев Х.// Сб. материалов международной научно – практической конференции «Ускоренная индустриализация -Основной фактор развития Таджикистана», ИЭТ, Хатлонская область район Кушониён. – 2019. – С.16 – 21.

## АННОТАТСИЯИ

диссертатсияи Асрори Муродиён “Асосҳои илмӣ-амалии коркард ва истифодаи ашёи маҳаллии карбондор дар истеҳсоли алюминий” барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.02.01-Маводшиносӣ (дар металлургия)

**Калимаҳои калидӣ.** антрацит, массаи фаршӣ, деги электролизӣ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, коркарди гармӣ, кинетика, зичии зоҳирӣ ва аслӣ, мустаҳкамии механикӣ, термография, рентгенография, ИК-спектроскопия, гармиғунҷоиш.

**Мавод ва усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда.** Таркиби химиявии хокистар дар антрацит бо усули химиявӣ мувофиқи ГОСТ 10438-87 муайян карда шудааст. Элементҳо-ғашҳои таркиби хокистар бо спектрометри намуди «СПЕКТРОСКАН Макс GV» муайян карда шудааст. Таҷқиқоти термографӣ ва рентгенографии антрацит дар конструксияи термографии сохтаи муаллиф ва асбоби ДРОН-2 гузаронида шудааст. Массаи хунук сумбашавандаи фаршӣ дар шароити озмоишгоҳ дар таҷҳизоте, ки дар КВД «ШАТ» кор карда баромадаанд, тайёр карда шудааст.

**Мақсади таҳқиқот.** Мақсади таҳқиқот ин таҳия намудани асосҳои илмӣ, амалӣ ва технологияи истифодаи ашёи хоми маҳаллии дорои карбон - антрацит, ангишт ва партовҳои саноатии дорои карбон дар истеҳсоли маҳсулотҳои электродӣ, инчунин истеҳсоли электролитии алюминий мебошад.

**Натиҷаҳои ҳосилнамуда ва навгониҳои онҳо.** Хусусиятҳои физикӣ-химиявӣ ва физикӣ-механикии ҳамаҷониба коркардшудаи антрацити кони Назарайлок дар ҳарорати паст, миёна ва баланд (250-1700<sup>0</sup>C), инчунин бо истифодаи спектроскопияи ИС, термогравиметрӣ, ЭПР ва рентгенографӣ, тағирёбии структуравии он ошкор карда шуданд; тағирёбии гармиғунҷоиши он аз ҳарорат муайян карда шудааст. Антрацити кони Назарайлок ҳамчун ашёи хом барои истеҳсоли анодҳо, МХСФ, блокҳои паҳлӯӣ ва фаршӣ, инчунин маводи пуркунанда барои тафсонидани фарши электролизерҳои алюминий баҳо дода шуд. Таркиби шихта ва пайваस्तкунанда (таносуби қатрони ангишт ва рағани фурӯбаранда) барои истеҳсоли ХНПМ, таносуби миқдори термоантрацит ва қатрони (пек) ангишт барои истеҳсоли анод, блокҳои паҳлӯгӣ ва фаршӣ пешниҳод карда мешаванд. Дар шароити истеҳсолии ҶСК «ТАЛКО» маҷмӯҳои саноатии МХСФ, анодҳо ва блокҳои паҳлӯгӣ истеҳсол шудаанд, ки ба талаботҳои техникӣи ТУ 1913-109-014-99 “Блокҳои паҳлӯгӣ барои электролизерҳои алюминий”, инчунин ТУ 48-0128-50- 60-04 “Омодасозии массаи хунуксумбашуда” мувофиқат менамоянд. Устувории антрацити кони Назарайлок, дар ҳарорати 1400<sup>0</sup>C муайян карда шуда, қобилияти он барои истеҳсоли маҳсулотҳои электродӣ исбот шуд. Имконияти ба даст овардани хӯлаи аввалия бо истифода аз концентрати гилхокукриолитӣ, ки аз партови саҳти карбондор дар ҶСК «ТАЛКО» маҳфузбуда ба даст омада муайян карда шуд. Ба ҷои гази табиӣ дар технологияи истеҳсоли маҳсулоти электродҳо ва маҳсулоти кимиёвӣ истифодаи гази синтези аз антрацит ва дигар ангиштҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон ба даст оварда шуд.

### **Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:**

- натиҷаҳои кор барои муҳандисон ва техникҳои дар корхонаҳои кимиёвӣ ва металлургӣ коркунанда, инчунин ташкилотҳои лоихакашӣ ва муҳандисӣ дар тарроҳии заводҳои истеҳсоли маҳсулоти электрод, маводҳои гуногуни карбон-графитӣ, ки пуркунандаи он антрацит мебошанд, коркарди партовҳои саҳти дорои карбон бо мақсади ба даст овардани алюминийи электролитӣ, инчунин қисми экологии лоиха тавсия дода мешавад;

- баъзе натиҷаҳоро ба донишҷӯёни мактабҳои миёна ва олий, ки дар самтҳои “Металлургияи металлҳои ранга” ва “Истеҳсоли электрод” таҳсил мекунанд, тавсия додан мумкин аст.

**Соҳаи истифодабарӣ:** саноати металлургия.



## АННОТАЦИЯ

диссертации Асрори Муродиён «Научно–практические основы переработки и использования местного углеродсодержащего сырья в производстве алюминия», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (в металлургии)

**Ключевые слова:** антрацит, подовая масса, электролизер, бортовые и подовые блоки, аноды, термообработка, кинетика, кажущаяся плотность, истинная плотность, мехпрочность, термография, рентгенография, ЭПР, ИК-спектроскопия, теплоемкость.

**Объекты и методы исследования, использованная аппаратура.** Химический состав золы в антраците определялся химическими методами согласно ГОСТ 10438-87. Элементы-примеси в золе определялись спектрометром типа «СПЕКТРОСКАН Макс GV». Термографические и рентгенографические исследования антрацита осуществлялось на термографе авторской конструкции и установке ДРОН–2. Холоднонабивная подовая масса в лабораторных условиях приготавливалась на установке, разработанной в ГУП «ТАЛКО».

**Цель работы.** Целью работы является разработка научно-практических и технологических основ использования местного углеродсодержащего сырья-антрацита, каменного угля и углеродсодержащих промышленных отходов в выпуске электродной продукции, а также для электролитического производства алюминия.

**Полученные результаты и их новизна.** Впервые комплексно определены физико-химические и физико-механические, характеристики антрацита месторождения Назарайлок при низких, средних и высоких температурах термообработки (250-1700<sup>0</sup>С), а также ИК-спектроскопией, термогравиметрией, ЭПР и рентгенографией выявлены его возможные структурные превращения, определены изменения его теплоемкости от температуры. Впервые дана оценка антрацита месторождения Назарайлок как сырья для производства анодов, ХНПМ, бортовых и подовых блоков, а также в качестве пересыпочногo материала для обжига подины алюминиевых электролизеров. Впервые в производственных условиях ОАО «ТАЛКО» получены промышленные партии ХНПМ, анодов и бортовых блоков из отечественного антрацита, отвечающих требованиям технических условий ТУ 1913 -109-021-2003 «Блоки подовые для алюминиевых электролизеров», а также ТУ 48-0128-50-60-04 «Приготовление массы холоднонабивной». Впервые установлена устойчивость термообработанного до температуры 1400<sup>0</sup>С антрацита месторождения Назарайлок и доказана его пригодность для производства электродных изделий. Впервые установлена возможность получения первичного электролитического алюминиевого сплава в электролизерах, работающих на криолитоглиноземном концентрате, полученном из углеродсодержащих твердых отходов ОАО«ТАЛКО». Установлена возможность использования синтез-газа, полученного из антрацита и других углей Республики Таджикистан, вместо природного газа в технологии производства электродных изделий и химических продуктов.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов:**

- результаты работ рекомендуется инженерно-техническим работникам работающие на химических и металлургических предприятиях, а также проектно-конструкторским организациям при проектировании заводов по производству электродных изделий, различных углеграфитовых материалов наполнителем которых является антрацит, переработкой углеродсодержащих твердых отходов с целью получения электролитического алюминия, также экологической частью проекта;
- часть результатов можно рекомендовать студентам средних и высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Металлургия цветных металлов» и «Электродного производства».

**Область применения:** металлургическая промышленность.

## ANNOTATION

**ondissertation Asrori Murodiyov "Scientific and practical bases of processing and use of local carbonaceous raw materials in the production of aluminum", submitted for the degree of Doctor of technical sciences, specialty 05.02.01 - Materials Science (in metallurgy)**

**Key words.** anthracite, bottom mass, electrolyzer, side and bottom blocks, anodes, heat treatment, kinetics, apparent density, true density, mechanical strength, thermography, X-ray diffraction, EPR, IR spectroscopy, heat capacity.

**Objects and research methods, equipment used.** The chemical composition of ash in anthracite was determined by chemical methods according to GOST 10438-87. Impurity elements in the ash were determined by a spectrometer of the "SPECTROSCAN Max GV" type. Thermographic and X-ray studies of anthracite were carried out using a thermograph of the author's design and a DRON-2 installation. Cold-rammed hearth mass in laboratory conditions was prepared on a unit developed at State Unitary Enterprise "Talko".

**Objective.** The aim of the work is to develop scientific, practical and technological foundations for the use of local carbon-containing raw materials - anthracite, coal and carbon-containing industrial waste in the production of electrode products, as well as for the electrolytic production of aluminum.

**The results obtained and their novelty.** For the first time, the physicochemical and physicomachanical characteristics of anthracite from the Nazarailok deposit at low, medium and high temperatures of heat treatment (250-1700<sup>0</sup> C) have been comprehensively determined, as well as IR spectroscopy, thermogravimetry, EPR and X-ray diffraction, its possible structural transformations have been revealed, the changes in its heat capacity from temperature are determined. For the first time, an assessment of anthracite from the Nazarailok deposit is given as a raw material for the production of anodes, KhNPM, side and bottom blocks, as well as a filling material for firing the hearth of aluminum electrolyzers. For the first time in the production conditions of OJSC TALCO, industrial batches of KhNPM, anodes and side blocks from domestic anthracite were obtained that meet the requirements of technical specifications TU 1913-109-021-2003 "Bottom blocks for aluminum electrolyzers", as well as TU 48-0128-50- 60-04 "Preparation of cold-rammed mass". For the first time, the stability of anthracite from the Nazarailok deposit heat-treated to a temperature of 1400<sup>0</sup> C was established and its suitability for the production of electrode products was proved. For the first time, the possibility of obtaining a primary electrolytic aluminum alloy in electrolytic cells operating on cryolite-alumina concentrate obtained from the carbon-containing solid waste of JSC TALCO has been established. The possibility of using synthesis gas obtained from anthracite and other coals of the Republic of Tajikistan instead of natural gas in the production technology of electrode products and chemical products has been established.

**Recommendations for the practical use of the results:**

- the results of the work are recommended for engineering and technical workers working at chemical and metallurgical enterprises, as well as design organizations in the design of factories for the production of electrode products, various carbon-graphite materials the filler of which is anthracite, the processing of carbon-containing solid waste in order to obtain electrolytic aluminum, also an environmental part project;
- some of the results can be recommended to students of secondary and higher educational institutions studying in the direction of "Metallurgy of non-ferrous metals" and "Electrode production".

**Application:** metallurgical industry.

Разрешено в печать 16.09.2020г.  
Подписано в печать 18.09.2020г.  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура литературная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,68. Тираж 100 экз.

---

Отпечатано в типографии «Донишварон».  
734063, г. Душанбе, ул. Амоналная, 3/1  
Тел.: 915-14-45-45. E-mail: donishvaron@mail.ru