

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 3 (2018)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОО постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Антонцев А. В., *магистр***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Боровиков Ю. С.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Горюнов В. Н.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Говорун В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Бороденко В. А.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Марковский В. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Хацевский В. Ф.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

МАЗМҰНЫ

Адамова А. Д., Жукабаева Т. К., Ху Вен-Цен Робототехникалық жүйелерді жасау және моделдеу	9
Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н., Шарыпов А. С. Когенерация пайдаланумен жылуфикациялық қондырғылар жұмысының энергетикалық тиімділігін арттыру	24
Альжанов Б. А. Экскаваторлардың электр жетектерінде энергияны үнемдеу мақсатында жиілікті түрлендіргіштерді қолдану	32
Ибраев А. С., Смайлов Н. К. Көліктерге арналған инерциалдық навигация бағдарламалық-математикалық кешенін жасау	40
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Түрлендіргіштермен желілерде жоғары жиілікті құрайтын белсенді сүзгілермен төмендету	54
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Өнеркәсіптік желілердің электромагниттік жағдайында жақсаруы және синусоидальды бұрмалау мәселелері	67
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Симметриялы еместің төмендеуі және электротехникалық жүйелерде жарқылдың өсері	76
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Статикалық тиристорлы компенсаторлардың рұқсат етілген режимдері және белсенді сүзгі өтемді құрылғылар	85
Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Қашықтық филиалдарды және мобильдік қызметкерлерді қосуға арналған «TNS-INTEC» ЖШС үшін VPN технологиялары	95
Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Тарту желілерінде апатты төмендету үшін қысқа тұйықталудың бірнеше белгілері бойынша қорғаулар құрастыру	104
Марковский В. П., Потапенко О. Г., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Шапкенов Б. К. 4G LTE технологиясының мультисервистік желісінің техникалық сипаттамаларын эксперименттік бағалау	113
Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кулумбенов С. Ж. Түрлі сипаттағы энергия көздерінің векторлы түйіндесуі	122

Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кулумбенов С. Ж. Жел қондырғыларымен автономды электрмен жабдықтау жүйелерінің қалыпты жұмыс режимін бұзу себептері	132
Саятов Ә. А., Жумадилова А. К. Электр желілерінің оқшаулау параметрлерін анықтауға арналған автоматты құрылғыны әзірлеу	144
Сериков Т. Г., Оразбек А. Б., Тұрсынәлі М. М. Netcracker бағдарламасында локальды есептеу желілерін модельдеу жұмыстарын жүргізу	153
Серіков Т. Ф., Сабитова А. Ж. ZigBee – ақылды үйге арналған сымсыз технология	161
Степанов В. С., Глазырина Н. С. Ғимараттың ішінде бағдарлауға арналған қосымшаны дамыту	171
Сулейменова Г. О., Балтымиев С. М., Ыбраева Ф. С., Абдраманова Ж. Г. Батыс Қазақстандағы жел энергиясын қолданылуының тиімділігі	180
Сулейменова Г. О., Балтымиев С. М., Ыбраева Ф. С., Абдраманова Ж. Г. Ақмола облысында суды жылыту үшін күн радиациясының энергиясын пайдалану тиімділігіне негіздеме	189
Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Алимкулова Э. Ж., Алкожа Е., Мухамедрахимова Г. А., Исабекова Б. Б. Металл иондарының энергия сақтау құрылғылары үшін металл фосфаттарының негізінде катодты материалдар алу	198
Устемирова Р. С., Аманова М. В. Теміржол учаскелерінде байланыстағы жүк поездарының қалыптасуының және өтуінің өнімділігін бағалау әдістемесі	206
Фураева И. И., Глазырина Н. С., Кунаева Ж. Х. Қазақ тілінің сандық-білім ресурстарының мобильді қолдануды дамыту	215
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Электр көлікте электр жетектерінің механикалық бөліктерінің тиімді динамикалық үлгілерін әзірлеу	225
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Электр көлігінде электр жетектерінің электромеханикалық бөлігінің екі түрлі үлгі нұсқасы	241
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Электромагниттік процестер қозғалтқыш түрлендіргіш тарту жүйесінде	249
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Имитациялық моделінде қалалық электр тасымалдау жүйесінің апатты режимдері	260
Авторларға арналған ережелер.....	273

СОДЕРЖАНИЕ

Адамова А. Д., Жукабаева Т. К., Ху Вен-Цен Разработка и моделирование робототехнических систем	9
Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н., Шарыпов А. С. Повышение энергоэффективности работы теплофикационной установки с применением когенерации	24
Альжанов Б. А. Применение преобразователей частоты с целью энергосбережения в электроприводах экскаваторов	32
Ибраев А. С., Смайлов Н. К. Разработка ПМО инерциальной навигации для транспортных средств	40
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Снижение высокочастотных составляющих активными фильтрами в сетях с преобразователями	54
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Марковский В. П. Проблемы искажения синусоидальности и улучшение электромагнитной обстановки в промышленных сетях	67
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. Снижение несимметрии и фликер эффекта в электротехнических системах	76
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П. Допустимые режимы статических тиристорных компенсаторов и активных фильтрокомпенсирующих устройств	85
Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Технологии VPN для ТОО «TNS-INTEC» для подключения удаленных филиалов и мобильных сотрудников	95
Кислов А. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П. Построение защиты по нескольким признакам короткого замыкания для снижения аварийности в тяговых сетях	104
Марковский В. П., Потапенко О. Г., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Шапкенов Б. К. Экспериментальная оценка технических характеристик мультисервисной сети технологии LTE 4G	113
Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кулумбенов С. Ж. Векторное сопряжение разнохарактерных источников энергии	122

Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кулумбенов С. Ж. Причины нарушения нормального режима работы автономных систем электроснабжения с ветровыми установками	132
Саятов Ә. А., Жумадилова А. К. Разработка устройства автоматического определения параметров изоляции электрических сетей	144
Сериков Т. Г., Оразбек А. Б., Тұрсынәлі М. М. Ведение моделирования локально-вычислительной сети в программе Netcracker Professional	153
Серіков Т. Ғ., Сабитова А. Ж. ZigBee – технология беспроводной связи для умного дома	161
Степанов В. С., Глазырина Н. С. Разработка приложения для навигации внутри помещения	171
Сулейменова Г. О., Балтымов С. М., Ыбраева Ф. С., Абдраманова Ж. Г. Эффективность применения энергии ветра в Западном Казахстане	180
Сулейменова Г. О., Балтымов С. М., Ыбраева Ф. С., Абдраманова Ж. Г. Обоснование эффективности использования энергии солнечного излучения для нагрева воды в Акмолинской области	189
Ускенбаев Д. Е., Ногай А. С., Алимкулова Э. Ж., Алкожа Е., Мухамедрахимова Г. А., Исабекова Б. Б. Получение фосфатов металлов для применения в накопителях электрической энергии	198
Устемирова Р. С., Аманова М. В. Способ оценки производительности формирования и пропуска соединенных грузовых поездов на железнодорожных участках	206
Фураева И. И., Глазырина Н. С., Кунаева Ж. Х. Разработка мобильного приложения цифрового образовательного ресурса по казахскому языку	215
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Разработка эффективной динамической модели механической части приводов в электротранспорте	225
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Два различных модельных варианта электромеханической части приводов в электротранспорте	241
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Электромагнитные процессы в тяговой системе двигатель-преобразователь	249
Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Кислов А. П. Аварийные режимы системы городского электрического транспорта на имитационной модели	260
Правила для авторов	273

CONTENT

Adamova A. D., Zhukabayeva T. K., Khu Ven-Tsen Development and modeling of robotic systems	9
Alimgazin A. Sh., Berguzinov A. N., Sharypov A. S. Increase of energy efficiency of thermal facility unit operation with cogeneration application	24
Alzhanov B. A. Application of frequency converters for the purpose of energy saving in electric drives of excavators	32
Ibrayev A. S., Smailov N. K. Development of software-mathematical support of inertial navigation for vehicles	40
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Markovsky V. P. Reduction of high frequency components active filters in networks with frequency converter	54
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Markovsky V. P. The problems of harmonic distortion and the improvement of the electromagnetic environment in industrial networks	67
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P. Reduced asymmetry and flicker effects in electrical systems	76
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P., Kislov A. P. Valid modes of the static VAR compensator and active filter and compensating devices	85
Kislov A. P., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P. VPN technologies for «TNS–INTEC» LLP for connection of remote branches and mobile staff	95
Kislov A. P., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovsky V. P. The construction of protection according to several characteristics of short-circuit protection for the reduction of accidents in traction networks ..	104
Markovsky V. P., Potapenko O. G., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Shapkenov B. K. Experimental evaluation of technical characteristics of multiservice network of LTE 4G technology	113
Markovsky V. P., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Kulumbenov S. Zh. Vector coupling of different energy sources	122

**Д. Е. Ускенбаев¹, А. С. Ногай², Э. Ж. Алимкулова³,
Е. Алкожа⁴, Г. А. Мухамедрахимова⁵, Б. Б. Исабекова⁶**

¹доктор PhD, ст. преподаватель, кафедра «Радиотехники, электроники и телекоммуникации», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

²д.ф.-м.н., профессор, кафедра «Радиотехники, электроники и телекоммуникации», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

³к.п.н., зав кафедрой «Физики и химии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁴магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁵к.п.н., доцент, кафедра «Радиотехники, электроники и телекоммуникации», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана, 010000, Республика Казахстан;

⁶доктор PhD, доцент, кафедра «Информатики», Павлодарский государственный педагогический университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФАТОВ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НАКОПИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В работе приведены результаты исследования по получению катодных материалов на основе фосфатов ванадия калия для применения в накопителях электрической энергии. Синтез осуществлялся по твердофазному методу с промежуточными помолами и термообработкой по этапному повышению температуры синтеза. В результате исследования установлено, что оптимальный температурный режим синтеза для обеих составов соответствует 600 °С. Рентгенофазовым исследованием был определен фазовый состав синтезированных образцов катодных материалов на основе фосфатов металлов (K, V). При температуре синтеза скорость формирования целевой фазы для номинального состава $KVPO_4F$ выше, чем номинального состава $KVOPO_4$. При этом установлено, что на дифрактограммах синтезированных образцов рентгеновское отражение в номинальном составе $KVPO_4F$ проявляется более четко, чем в $KVOPO_4$.

Ключевые слова: катодный материал, синтез, температура, твердый раствор, дифрактограмма, технология.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в области энергетики особое место занимает различные накопители электрической энергии (аккумуляторы) для автономных потребителей различного направления. Среди них особо можно отметить металл-ионные аккумуляторы. Металл-ионные аккумуляторы находят широкое применение в самых разных областях: от обеспечения питанием электрических схем портативной электроники (единицы Вт·ч) до использования в системах энергоснабжения электротранспорта (десятки кВт·ч) и космических аппаратов, что обусловлено их высокой удельной энергоемкостью, устойчивостью к многократному циклированию (тысячи циклов при сохранении емкости более 80 %), быстрым процессом заряда/разряда.

Постоянно ведутся исследовательские работы и новые разработки по повышению эксплуатационных характеристик металл-ионных аккумуляторов. Однако новые технологии ужесточают требования к металл-ионным аккумуляторам, что в значительной мере стимулирует исследовательскую активность как по поиску новых перспективных материалов, составляющих металл-ионные аккумуляторы, так и по разработке способов улучшения характеристик имеющихся материалов за счет модификации состава, структуры, морфологии и т. д. Основные усилия направлены на увеличение удельной энергоемкости аккумулятора, что достигается двумя путями: повышением рабочего напряжения единичной ячейки (потенциала катодного элемента) и/или увеличением количества запасаемого электрического заряда (удельной емкости, которая также, в основном, ограничивается катодным материалом).

Катодные материалы на основе фторидофосфатов переходных металлов обладают высоким потенциалом, который объясняется синергизмом индуктивного эффекта фосфатной группы и высокой электроотрицательности фтора, что в совокупности с привлекательными значениями теоретической удельной емкости (выше 200 мА·ч/г) обеспечивает высокую энергоемкость данного класса материалов. Кроме того, для фторидофосфатов прогнозируются привлекательные кинетические характеристики ввиду меньшего сродства катионов щелочного металла к фтору, чем к кислороду. В зависимости от природы щелочного и переходного металлов во фторидофосфатах реализуются различные структурные типы, варьирование и модификация которых предоставляет широкие возможности для тонкой настройки электрохимических характеристик катодных материалов на их основе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время разрабатываются новые катодные материалы различного состава [1–7]. Среди них можно выделить перспективные катодные материалы на основе $KVOPO_4$ и $KVPO_4F$. Синтез материалов осуществляется различными способами: химическими, стандартной керамической технологией с различными термо-механическими переделами и др.

В настоящей работе синтез катодных материалов для металл-ионных аккумуляторов номинальных составов $KVOPO_4$ и $RVPO_4F$ осуществляли по керамической технологии с периодической термообработкой с промежуточными перетираниями.

Для подготовки исходной шихты были использованы следующие химические реактивы: калий фосфорнокислый однозамещенный (K_3PO_4) марки «ч.д.а.», ванадат (V) окись V_2O_5 марки «ч.д.а.» и аммоний фтористый NH_4F марки «ч».

Термическую обработку осуществляли в муфельной печи типа СНОЛ – 8,5/1100. Фазовый состав образцов исследовали рентгено-дифракционным методом на дифрактометре марки Bruker D8ADVANCE ECO, $CuK\alpha$, $WL = 1,54060$.

Для подготовки шихты, предварительно исходные реактивы прокаливали при температуре 120 - 150 °С. После смесь порошков необходимой стехиометрии тщательно перемешивали, помолоти в агатовой ступке и термообработали на корундизовом тигле при температуре 500 °С в течение 2 часов. Термообработанная смесь, повторно тщательно помолотись в ступке и прессовали в таблетки диаметром 15 мм и толщиной 2 мм под давление 120 Мпа. Затем образцы отжигали при температуре 550–560 °С в течение 3 часов. После отожженный образец снова промалывали до фракции менее 2 мкм. Основное содержание зерен (75–80 %) представляли собой фракции менее 1 мкм. После прессовали в таблетки под давлением 120 МПа и финишный отжиг осуществляли при температуре 580–600 °С в течение 6 часов. Результаты рентгеновского исследования (дифрактограммы) фазового состава образцов приведены на рисунках 1–3.

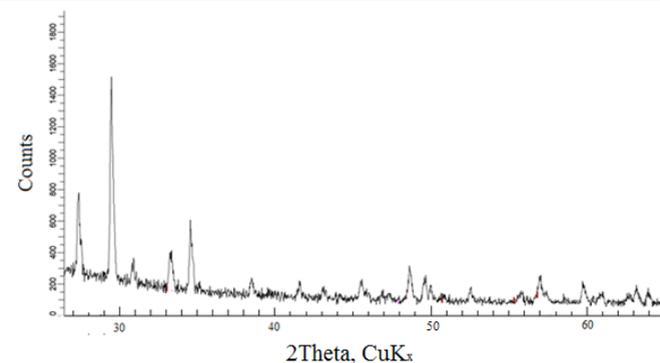


Рисунок 1 – Дифрактограмма катодного материала для металл-ионных аккумуляторов номинального состава $KVPO_4F$ синтезированного при температуре 550–560 °С

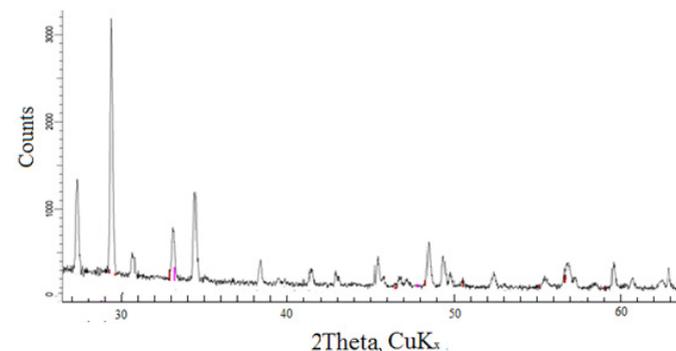


Рисунок 2 – Дифрактограмма катодного материала для металл-ионных аккумуляторов номинального состава $KVPO_4F$ синтезированного при температуре 590–600 °С

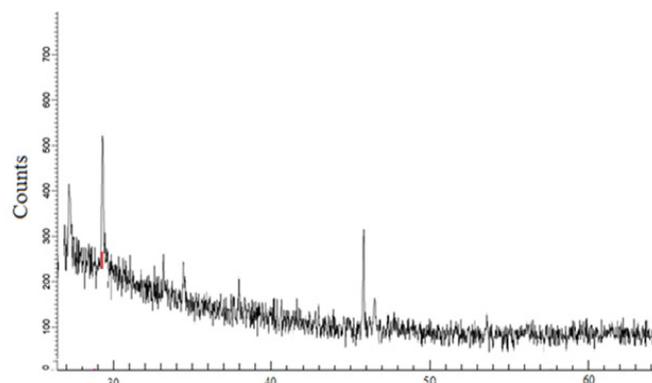


Рисунок 3 – Дифрактограмма катодного материала для металл-ионных аккумуляторов номинального состава $KVPO_4$ синтезированного при температуре 590–600 °C

В результате работы установлены, что после термообработки шихты при температуре 500 °C химическое взаимодействие между компонентами образцов не происходило. Результаты термообработки показали, что в обоих составах межфазная реакция начинается с 530–540 °C. Но при этих температурах процесс происходит очень медленно и на дифрактограммах образцов рефлексы отражений от сформировавшихся кристаллических структур образцов проявлялись очень слабо и размыты. Более интенсивные рефлексы рентгеновских отражений на дифрактограммах проявлялись на образцах номинального состава $KVPO_4F$ при температуре отжига 550–560 °C. Но при этой температуре рефлексы отражений для состава $KVPO_4$ оставались слабым, что, возможно, режим начало реакции между компонентами для этого состава лежит при более высокой температуре. После дальнейшего повышения температуры синтеза до 590–600 °C образца номинального состава $KVPO_4F$ на дифрактограммах проявлялись более четкие интенсивные рентгеновские отражения, что можно говорить о повышении кристалличности структур образца. На дифрактограммах образца номинального состава $KVPO_4$ также проявлялись рефлексы рентгеновских отражений, но по сравнению с образцом $KVPO_4F$ менее слабо и, что возможно, не все рефлексы еще проявлялись. По видимому, температурный режим синтеза для этого состава лежит более выше или формирования структуры зависит от времени термообработки. Дальнейшее повышение температурного режима отжига (610–615 °C) привели к плавлению образцов, что можно предполагать, для обоих составов температурный режим синтеза лежит в области около 600 °C.

Что касается фазового состава полученных результатов, то сравнительный анализ дифрактограмм образцов показали следующее: можно утверждать по селективным рентгеновским отражениям, проявившимся на дифрактограммах обеих образцов на углах $2\theta = 27,2; 29,2; 46,3$ градусов, что фазовый состав относится одной и той же фазе. Различие состоит в том, что если на образце номинального состава $KVPO_4F$ рефлексы рентгеновских отражении полностью проявились, то на образце состава $KVPO_4$ только рефлексы на углах $2\theta = 27,2; 29,2; 46,3$, что можно говорить о высокой скорости кристаллизации состава $KVPO_4$. Что касается состава $KVPO_4$, то на дифрактограммах не все рефлексы проявлялись, а интенсивности проявившиеся рефлексов не очень совершенны. Что можно предполагать о не полном процессе синтеза состава $KVPO_4$ и о необходимости повышение длительности термообработки, так как повышение температуры синтеза (610–615 °C) привели к плавлению образцов. По сравнительному анализу полученных результатов с данными авторов [4, 6, 7] можно предположить, что основной фазой в синтезированных образцах является фаза состава $KVPO_4$, т.к. основные интенсивные рефлексы на дифрактограммах синтезированных образцов на углах $2\theta = 27,2; 29,2; 46,3; 33; 36; 49$ соответствуют с данными выше указанных авторов. Различие заключается в присутствии дополнительных рентгеновских отражении на дифрактограммах небольшой интенсивности и интенсивности основных соответствующих рефлексов.

ВЫВОДЫ

Синтезированы катодные материалы номинальных составов $KVPO_4F$ и $KVPO_4$. Установлены, что оптимальный температурный режим синтеза для обоих составов соответствует 600 °C. При этой температуре скорость формирования целевой фазы для состава $KVPO_4F$ выше, чем состава $KVPO_4$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Barker, J et al.** Structural and chemical properties of lithium vanadium phosphate $LiVPO_4F$ // Journal of Power Sources. 2005. – № 146. – P. 516–520.
- 2 **Barker, J. et al.** A sodium-ion cell based on the fluorophosphate compound $NaVPO_4F$ // Journal of the Electrochemical Society. – 2004. – № 151. - A1670-A1677.
- 3 **Nikitina, V. A., Fedotov, S. S., Vassilev, S. Y., Samarin, A. S., Khasanova, N. R., Antipov, E. V.** Transport and Kinetic Aspect of Alkali Metal Ions Intercalation into $AVPO_4F$ Framework // Journal of the Electrochemical Society. – 2017. – № 164. – A6373-A6380.

4 **Fedotov, S. S. et al.** AVPO₄F (A = Li, K): a 4 V cathode material for high-power rechargeable batteries // Chemistry of Materials. 2016. – № 28. – P. 411–415.

5 **Галкин, В. В., Ланина, Е. В., Шельдешов, Н. В.** Зависимость электрохимических характеристик литий-ионного аккумулятора в исходном состоянии и после деградации от структурных параметров положительного электрода. Электрохимическая энергетика. – 2013. – Т. 13. – № 2. – С. 103–112.

6 **Самарин, А. Ш., Хасанова, Н. Р., Федотов, С. С., Антипов, Е. В.** Электродный материал для металл-ионных аккумуляторов, способ его получения, электрод и аккумулятор на основе электродного материала. Патент № 217.015. С9F3. Опубл. 25.08.2017. – С. 4.

7 **Fedotov, S. S., Khasanova, N. R., et al.** AVPO₄F (A = Li, K): A4V Cathode Material for High-Power Rechargeable Batteries // Chem. Mater. 2016. – № 28. – P. 411–415.

Материал поступил в редакцию 17.08.18.

Д. Е. Ускенбаев¹, А. С. Ногай², Э. Ж. Алимкулова³, Е. Алкожа⁴, Г. А. Мухамедрахимова⁵, Б. Б. Исабекова⁶

Металл иондарының энергия сақтау құрылғылары үшін металл фосфаттарының негізінде катодты материалдар алу

^{1,2,3,4}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁵Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

⁶Павлодар мемлекеттік педагогикалық университеті, Павлодар қ., 140000, Павлодар обласы, Қазақстан Республикасы.

Материал 17.08.18 баспаға түсті.

D. E. Uskenbaev¹, A. S. Nogay², E. J. Alymkulova³, E. Alkoja⁴, G. A. Mukhamedrahimova⁵, B. B. Issabekova⁶

Obtaining cathode materials based on metal phosphates for metal-ion energy storage devices

^{1,2,3,4}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁵L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan;

⁶Pavlodar State Pedagogical University, Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan.

Material received on 17.08.18.

Электроэнергия сақтауға арналған калий ванадий фосфаттарының негізінде катодты материалдарды дайындау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Синтез синтез температурасын кезең-кезеңмен арттыру үшін аралық тегістеу және жылу өңдеуімен қатты фазалық әдіспен жүзеге асырылды. Зерттеу нәтижесінде екі композицияның синтезінің оңтайлы температура режимі 600 °С-қа тең екендігі анықталды. Металл фосфаттарының (K, V) негізіндегі катодты материалдардың синтезделген үлгілерінің фазалық құрамын анықтау үшін рентген фаза талдауы қолданылады. Синтездің температурасында KVPO₄F номиналды құрамы үшін мақсатты фаза қалыптастыру жылдамдығы KVOPO₄ номиналды құрамынан жоғары. KVOPO₄-ге қарағанда, KVPO₄F-нің номиналды құрамындағы рентген сәулелерінің синтезделген үлгілердің рентгендік дифракциясының үлгілері анық көрінеді.

The paper presents the results of a study on the preparation of cathode materials based on potassium vanadium phosphates for use in electrical energy storage. The synthesis was carried out using a solid-phase method with intermediate grinding and heat treatment to increase the synthesis temperature step-wise. As a result of the study, it was established that the optimum temperature regime of the synthesis for both compositions corresponds to 600 °C. X-ray phase analysis was used to determine the phase composition of synthesized samples of cathode materials based on metal phosphates (K, V). At the synthesis temperature, the rate of formation of the target phase for the nominal composition of KVPO₄F is higher than the nominal composition of KVOPO₄. It was established that X-ray reflections in the nominal composition of KVPO₄F appear clearly on X-ray diffraction patterns of synthesized samples, than in KVOPO₄.