



Д. Серікбаев  
атындағы  
Шығыс Қазақстан  
мемлекеттік техникалық  
университетінің

## **ХАБАРШЫСЫ**



## **ВЕСТНИК**

Восточно-Казахстанского  
государственного технического  
университета  
имени  
Д. Серикбаева

Регистрационный № 145-ж

№ 1 (83), март, 2019

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

## Фылыми журнал

Д. Серікбаев атындағы  
Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық  
университетінің

# ХАБАРШЫСЫ



## ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского государственного  
технического университета  
им. Д. Серикбаева

Научный журнал



Бас редакторы - Главный редактор

**Ж.К. Шаймарданов**

доктор биологических наук, профессор

## **Редакция алқасы - Редакционная коллегия:**

Заместитель главного редактора:  
О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.  
Ответственный секретарь - О.Н. Николаенко

### **Члены коллегии:**

А.К. Адрышев, д-р техн. н., проф.,  
А.Н. Алексеенко, д-р ист. н., проф.,  
Д.Л. Алонцева, канд. физ.-мат. наук, проф.,  
Ю.В. Баталов, д-р экон.н., проф.,  
Ю.А. Веригин, д-р техн. н., проф.,  
Б.А. Дьячков, д-р геол.-мин. н., проф.,  
М.В. Дудкин, д-р техн. наук, проф.,  
А.В. Егорина, д-р геогр. наук, проф.,  
С.А. Жуманазар, канд. экон. наук, доц.,  
Т.Т. Ипалаков, д-р техн. н., проф.,  
А.И. Квасов, д-р техн. н., проф.,  
Е.А. Колос, д-р экон. наук, доц.,  
В.П. Колпакова, д-р техн. наук, доц.,  
Ж.О. Кульсейтов, д-р техн. н., проф.,  
Н.П. Малышев, канд. экон. н., проф.,  
О.А. Манцуров, полковник,  
Ж.Д. Назбиев, д-р. филол. н., проф.,  
С.В. Плотников, д-р физ.-мат. н., проф.,  
А.Д. Погребняк, д-р физ.-мат. наук, проф.,  
М.К. Скаков, д-р физ.-мат. н., проф.,  
Б.В. Сырнев, д-р техн. н., проф.,  
А.К. Томилин, д-р физ.-мат. н., проф.,  
Е.М. Турганбаев, канд. физ.-мат. н., Dr. PhD.,  
С.Д. Тыныбекова, д-р пед. н., проф.  
Н.Г. Хисамиев, д-р физ.-мат. н., проф.,  
В.Ю. Чернавин, канд. техн. н, проф.,  
Ю.Н. Шапошник, д-р техн. н., проф.



МРНТИ 38.35.01

**Е.В. Дужникова, Т.В. Кряжева, Б.М. Кенжин**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУД И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КОКТАСЖАЛ**

*Месторождение представлено медно-порфировыми рудами, приуроченными к узколокализованному штокверку, расположенному в дайкоподобной интрузии плагиогранит-порфира и вмещающих интрузию породах карадокского яруса. Рудные минералы подвержены интенсивному воздействию гидротермальных процессов. Исследование минерального и вещественного состава, взаимоотношений рудных минералов позволило выявить закономерности минералообразования и минералогическую зональность месторождения.*

Кен орны плагиогранит-порфирдің дайкалы интрузиясында орналасқан және карадокс қабатының жыныстарының интрузиясын сыйдыратын жіңішке-локалды штокверктен үштастырылған мыс-порфир көндерімен ұсынылған. Кен минералдары гидротермальдық процестердің қарқынды әсеріне ұшырайды. Минералдар және заттық құрамды, көнді минералдардың өзара қарым-қатынасын зерттеу кен орнының минерал түзілу заңдылықтарын және минералогиялық аймақтылығын анықтауға мүмкіндік берді.

*The deposit is represented by porphyry copper ores confined to a narrowly localized stockwork located in the dyke-like plagiogranite-porphyry intrusion and host rocks of the Carradocian intrusion. Ore minerals are subject to intense hydrothermal processes. The study of the mineral and material composition, interrelations of ore minerals made it possible to identify patterns of mineral formation and mineralogical zonality of the deposit.*

**Ключевые слова:** месторождение Коктасжал, оксидные руды, сульфидные руды, минералообразование, гидротермальные процессы.

Медно-порфировые месторождения характеризуются специфическими процессами рудообразования. В этой связи изучение минерального состава, взаимоотношений рудных минералов и последовательности их образования позволит уточнить вопросы генезиса месторождений данного типа.

Месторождение Коктасжал относится к медно-порфировому геолого-промышленному типу, гидротермальному генетическому типу, рудные тела представлены штокверками удлиненной изометричной формы. Руда относится к одному промышленному типу – медному и к двум промышленным сортам - оксидному и сульфидному. Основное полезное ископаемое - медь, попутные компоненты - золото и серебро.

На месторождении Коктасжал рудные тела представляют собой крутопадающие залежи, приуроченные к зонам дробления и окварцевания дайкоподобной интрузии плагиогранит-порфира и вмещающих её пород карадокского яруса ордовика. В последних медная минерализация развита только в приконтактовых с интрузией участках, пронизанных густой сеткой различно ориентированных кварцевых прожилков. Оруденение имеет прожилково-вкрапленный характер [1].

Прожилковые руды представлены преимущественно кварцево-халькопиритовыми и кварцево-халькопирит-борнитовыми прожилками от северо-западного до северо-восточного простирания. Преобладающими являются жилки северо-западного направления, совпадающие с вытянутостью интрузии плагиогранит-порфира и развитыми на месторождении тектоническими разломами и зонами дробления. Падение прожилков кру-

тое, под углами 85–90°. Мощность их от долей миллиметра до 2–5, редко 10–50 см. Жилы мощностью в 10–50 см весьма редки и характеризуются повышенной концентрацией сульфидов меди. В кварцевых прожилках и жилах сульфиды меди выполняют густую сетку микротрещин, где они образуют тонкие слойки и гнездообразные скопления. Нередки халькопиритовые и халькопирит-борнитовые микропрожилки, выполняющие микротрещины в плахиогранит-порфире и в приконтактовых зонах вмещающих его пород. Вкрапленные руды менее развиты. Представлены они мелкими зёренами халькопирита, борнита, пирита и гематита, расположеными по микротрещинам вблизи от кварцевых прожилков.

Наряду с кварцевыми прожилками, содержащими медносульфидную минерализацию, на месторождении Коктасжал развиты также гематитовые и чисто пиритовые прожилки и жилки мощностью до 1–10 см. Прожилки последнего распространены исключительно за пределами основной зоны минерализации. Особенно широко развиты пиритовые прожилки в карадокских породах юго-западного контакта плахиогранит-порфира. В участках с повышенной концентрацией сульфидов меди они полностью отсутствуют.

На месторождении отчётливо выделяется зона окисления и зона первичных сульфидных руд. Плохо и не повсеместно развита зона вторичного сульфидного обогащения. Зона выщелачивания практически отсутствует [2].

Минералы зоны окисления: малахит ( $\text{Cu}_2[(\text{OH}_2)\text{CO}_3]$ ), азурит ( $\text{Cu}_3[(\text{OH})\text{CO}_3]_2$ ), хризоколла ( $\text{CuSiO}_3\text{nH}_2\text{O}$ ), кирпичная медная руда, самородная медь, гетит ( $\text{FeOOH}$ ), иногда халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ ), борнит ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), ковеллин ( $\text{CuS}$ ) и халькозин ( $\text{CuS}_2$ ).

Зона вторичного сульфидного обогащения практически отсутствует, она представлена маломощными интервалами смешанных руд из халькозина ( $\text{CuS}_2$ ), ковеллина ( $\text{CuS}$ ), халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ ) и борнита ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ). Вторичные сульфиды меди (халькозин, ковеллин, борнит) развиваются по гипогенным сульфидам.

Первичные сульфидные руды состоят из халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ ) и борнита ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) и в меньшей степени из пирита ( $\text{FeS}_2$ ), молибденита ( $\text{MoS}_2$ ), гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), блеклой руды, магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), ильменита ( $\text{FeTiO}_3$ ).

*Халькопирит* ( $\text{CuFeS}_2$ ) принадлежит к числу самых распространённых рудных минералов месторождения. Представлен в виде прожилков, гнездообразных скоплений и мелких вкраплений. Размеры отдельных гнёзд достигают 1–2 см. Мощность прожилков до 3 мм. Размер отдельных зёрен колеблется от сотых долей до 1–2 мм. Наблюдаемые парагенетические взаимоотношения халькопирита с борнитом и блеклой рудой указывают на их близкоодновременное образование.

*Гипогенный борнит* ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) по распространённости уступает халькопириту. Зёरна борнита с халькопиритом обычно образуют решётчатую структуру распада твёрдого раствора. Иногда в зёдрах борнита наблюдается внутренняя структура смятия (давления) – кристаллы сплющены и вытянуты в одном направлении. Достоверность происходящего процесса распада твёрдого раствора борнит-халькопирит подтверждается включенными в борните пластинками и палочками халькопирита, которые характеризуются резкими ровными границами. При слишком соприкосновении они не пересекаются, а выклиниваются, образуя в местах сближений сужения, между тем как жилки замещения распираются. В том числе характеризуется отсутствием каких-либо явлений замещения. Включенный халькопирит часто отсутствует вне участков прорастания. Включения не связаны с трещинами, по которым могли бы проникать замещающие растворы.

*Пирит* ( $\text{FeS}_2$ ) относительно мало распространён против обычного резкого преобладания его в сульфидных рудах других аналогичных месторождениях. Минерал локализуется в основном в сильно рассланцеванных участках плахиогранит-порфира и вмещающих

его породах карадока. В последних он также выполняет мелкие трещины, образуя в них тонкие прожилки.

На месторождении отчётливо выделяются две генерации пирита. Высокотемпературный пирит первой генерации, выпадающий из гидротермального раствора в ассоциации с магнетитом, но раньше молибденита, и пирит второй генерации, относительно более низкотемпературный, кристаллообразующий близко, одновременно с молибденитом или позже его.

Пирит первой генерации обычно крупнокристаллический, присутствует в виде прожилков мощностью до 2 см и крупных вкраплений. В обоих случаях его зёरна катализированы с образованием радиально-концентрических трещин в уцелевшей части зерна. Остаток зерна концентрической формы как бы плавает среди мелких, тоже изометрических обломков этого же зерна. Зёरна пирита первой генерации имеют пористый облик, который, видимо, обусловлен явлениями выщелачивания при последующих гидротермальных фазах. Катализ, вероятно, повторяется неоднократно, так как ясно заметна цементация катализированных зёрен пирита, в свою очередь катализированным кварцем, зёरна которого впоследствии были сцементированы кварцево-серицит-хлоритовой массой.

Пирит второй генерации менее распространён. Он обычно мелкокристаллический и присутствует в виде правильных изолированных зёрен размером до 0,1 мм. Иногда такие кристаллики в виде неправильной цепочки располагаются по контакту кварцевых прожилков с молибденитом и кварцево-хлорит-сериицитовой породой. Редко они наблюдаются в виде разорванной цепочки по нейтральной линии трещины, впоследствии заполненной кальцитом. В таких цепочках присутствуют также мелкие кристаллики магнетита.

К участкам дробления пирита приурочен халькопирит, который с чуть заметным разъединением стенок пирита иногда цементирует раздробленные зёрна последнего. В редких случаях в концентрических трещинах пирита размещаются дугообразно изогнутые чешуйки молибденита. Кварцево-сериицит-хлоритовая масса, иногда выполняющая трещины в пирите, проникает и в пространство между чешуйками молибденита (рис. 1).

*Молибденит* ( $MoS_2$ ) на месторождении распространён крайне неравномерно и приурочен главным образом к тектоническим трещинам, развитым в плагиогранит-порфирах и вмещающих его породах, в которых он образует корочки толщиной до 1 мм с хорошо наблюдаемыми зеркалами скольжения.

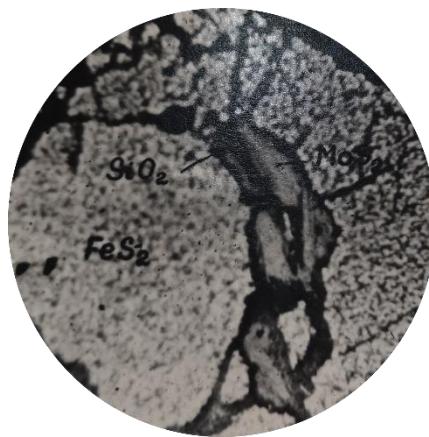


Рисунок 1 - Молибденит (серый) выполняет концентрические трещины в пирите (светлый, пористый). Темная жилка в молибдените – поздние кварц и хлорит

Под микроскопом молибден наблюдается в виде тонкодисперсной вкрапленности в кварце, что обуславливает его тёмно-серый до голубовато-серого цвета, и в виде тонких прожилков тонкодиспергированном молибденитом кварце. Иногда он образует тонко-призматические пластинчатые агрегаты размером до 0,05 мм.

В прожилках молибденит образует пластинчато-чешуйчатые агрегаты размером до 0,1 мм с отчётливо двойниковым сложением и облачным погасанием. В результате динамических напряжений пластинки и чешуйки молибденита изогнуты. В некоторых случаях наблюдается явление перекристаллизации с образованием мелких пластинок размером 0,005 – 0,01 мм.

Молибденит кристаллизовался одновременно с кварцем, в котором он заключён, позже пирита первой генерации, одновременно с пиритом второй генерации, с которым он часто ассоциирует (рис. 1). Прожилки халькопирита обычно захватывают таблички молибденита, а жилки халькопирита там, где это имеет место, вдавливаются в таблички молибденита по их периферии. В местах переплетений прожилков молибденита и халькопирита последний даёт диагональные просечки в прожилках молибденита (рис. 2). Это явление свидетельствует о более позднем выделении халькопирита по отношению к молибдениту.



Рисунок 2 - Просечки халькопирита (желтый) в молибдените (светлый)

*Гематит* ( $Fe_2O_3$ ) на месторождении также довольно распространён, особенно в его северо-западной части, где он образует самостоятельные жилы мощностью до 10 см. В верхних горизонтах тонкая вкрапленность гематита в одинаковой степени распространена на всей площади развития кварцевых прожилков и кварцевых штоков.

Пластинчатые кристаллы гематита размером до 22 мм обычно сгруппированы в крупные агрегаты, в которых отдельные индивиды располагаются между собой почти параллельно. Иногда он развивается в интерстициях между крупными зёрнами кальцита. В последнем гематит присутствует также в качестве пигмента, обусловливая его розовый цвет. В большинстве случаев кальцит имеет изогнутые двойники со сдвинутыми двойниковыми полосами. Характерно, что при микроскопическом изучении трещин кливажа последние пересекают и пластинки гематита с аналогичным смещением одной части пластинки гематита относительно другой её части. Видимо, катаклаз происходил после образования гематита, являющегося более молодым по отношению к кальциту. В прожилках последнего пластинки гематита пересекают зёрна халькопирита. В зоне окисления гематит не даёт продуктов окисления.

*Магнетит* ( $Fe_3O_4$ ) на месторождении мало распространён. Встречается на всех глубинах идиоморфных изолированных вкрапленников квадратной и прямоугольной формы. В мелкозернистом агрегате давленого кальцита, пронизанного прожилками халькопирита и борнита и корриодированного крупнозернистым кальцитом более поздней генерации, магнетит образует эвгедральные вкрапленники. Эти вкрапленники магнетита более идиоморфные, чем зёрна халькопирита. В местах соприкосновения халькопирит образует вrostки и жилки в зёдрах магнетита. Здесь же по магнетиту развивается гематит (мартизация) в виде жилок, идущих от периферии зерна магнетита к его центру. На контакте (где это имеет место) мартизированных зёрен магнетита с халькопиритом гематит в виде нитевидных жилок проникает в халькопирит. Являясь одним из наиболее ранних минералов, магнетит ассоциирует с ильменитом, пиритом и гематитом.

*Ильменит* ( $FeTiO_3$ ) на месторождении редкий минерал. Встречается обычно в виде редких короткопризматических вкрапленников размером до 0,1 мм, окружённых лейкоксеном, и тонких прожилков. Последнее обстоятельство даёт основание полагать, что развитый на месторождении ильменит является гидротермальным. Судя по образованиям лейкоксена, его зёдра были идиоморфнее зёрен пирита первой генерации.

На месторождении наблюдается совместное развитие ильменита и халькопирита. В этих случаях прожилки халькопирита обычно располагаются по одному борту прожилка ильменита. В местах раздува халькопирит даёт просечки, отсекая часть раздува ильменит-лейкоксенового прожилка. Это обстоятельство даёт основание предполагать, что ильменит является более ранним минералом по сравнению с халькопиритом.

На месторождении Коктасжал медная минерализация в той или иной степени устанавливается почти на всей площади выходов интрузии плагиогранит-порфира и вмещающих её сильно гидротермально изменённых порфиритов и туфов порфирита карадокского яруса. Распределение её в породах крайне неравномерное. Основная масса медной минерализации, которая может иметь практическое значение, сосредоточена в минерализованной зоне на участке, ограниченном Западным и Восточным разломами. К северо-западу и юго-востоку от этих разломов также имеется медная минерализация. Однако здесь распространены главным образом бедные руды, в которых содержание меди обычно не превышает 0,30–0,50 %. К северо-западу от западного разлома такие бедные руды прослеживаются на расстоянии до 500 м. К юго-востоку от Восточного разлома они устанавливаются на расстоянии до 600 метров. Таким образом, участок с наиболее повышенной медной минерализацией на месторождении занимает примерно срединное положение среди всей площади распространения медной минерализации. Поэтому в дальнейшем он будет именоваться Центральным участком. Площадь распространения медной минерализации, расположенная к северо-западу от Западного разлома, в дальнейшем будет называться Северо-Западным флангом месторождения, а площадь распространения медной минерализации, расположенная к востоку от Восточного разлома, соответственно Юго-Восточным флангом месторождения.

Основываясь на данных минералогических исследований текстурно-структурных особенностей рудных агрегатов, можно сделать следующие заключения. Приуроченность месторождения Коктасжал к узколокальным тектоническим зонам, особенности парагенезиса жильных и рудных минералов, характер оруденения и характер изменения боковых пород дают основание относить его к среднетемпературному гидротермальному типу, образовавшемуся на сравнительно небольшой глубине, генетически связанному с гидротермальной деятельностью глубинного магматического очага, давшего дайкоподобную интрузию плагиогранит-порфира [2].

На основании изложенного условия образования месторождения можно свести к следующему: в начальную фазу каледонского тектогенеза антиклинальная структура, к которой пространственно приурочено месторождение, в осевой части осложнется тектонической зоной. В последующем эта зона неоднократно обновлялась и явила благоприятной для внедрения дайкоподобной интрузии плагиогранит-порфира.

В процессе становления интрузия в виде эманаций и гидротермальных растворов выделяла титан, железо и сероводород, во вторую гидротермальную фазу выделяются преимущественно гематит, халькопирит и молибденит. В последующие стадии проникают гидротермы, обогащенные медью. Медь, выделяясь в сульфидной форме, частично или полностью заполнила пустоты и микротрешины, образуя в них микропроявления и гнездообразные скопления халькопирита и борнита.

Гидротермальные процессы продолжались и после образования месторождения, что подтверждается широким распространением жильных пород. Все диабазовые и диоритовые порфириты и альбитофиры являются пострудными. Гидротермальная деятельность пострудного периода проявилась в автометаморфизме жильных пород, в образовании эпидотовых, эпидотокарбонатных, реже кварцевых и эпидотокварцевых прожилков, развитых во всех породах рудного поля [3].

#### Список литературы

1. Бекбулатов В.С. Проект разведки меди (поисковые работы) на месторождении Коктасжал в Карагандинской области на 2011-2017 гг. / В.С. Бекбулатов, К.Т. Шакенова. - Алматы, 2010. – 162 с.
2. Бекбулатов В.С. Предварительная геолого-экономическая оценка медно-порфирового месторождения Коктасжал в Карагандинской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2011 г. / В.С. Бекбулатов, К.Т. Шакенова, М.У. Утегенева и др. - Караганда, 2011. – 190 с.
3. Дужникова Е.В. Геологические особенности образования медно-порфирового оруденения и оценка перспектив ресурсов месторождения Коктасжал / Е.В. Дужникова, К.Е. Толеубек, Т.В. Кряжева // Тр. Ун-та КарГТУ. - Караганда, 2019.

Получено 1.02.2019

---

MFTAA 323.347.731.3

**А.А. Жакупов**

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан

**Б.Ж. Изенбаев, Р.Н. Кенжебай, А.М. Аманбаева, Ү.А. Өтел**

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан

**БАЛАМАЛЫ ЭНЕРГЕТИКАНЫ ДАМЫТУДЫҢ БҮГІНІ МЕН БОЛАШАФЫ**

*В статье представлены природно-географические возможности для развития альтернативной энергетики на примере Туркестанского региона. Географическое и физическое расположение региона были проанализированы при строительстве солнечных, ветровых и водных электростанций. В настоящее время описаны водные, солнечные электростанции и их значение в социально-экономическом развитии региона.*

*Мақалада Туркістан облысы мысалында баламалы энергетиканы дамытудың табиги-географиялық мүмкіндіктері қарастырылған. Күн, жел және су электр стансаларын салудағы өңірдің*

географиялық орны мен физикалық-географиялық жағдайы талданған. Қазіргі таңда жұмыс жасап жатқан су, күн электр стансаларының өнірдің әлеуметтік-экономикалық дамыңдағы маңызы сипатталған.

*The article presents natural and geographical opportunities for the development of alternative energy using the example of the Turkestan region. Geographical location and physical and geographical location of the region were analyzed in the construction of solar, wind and water power plants. At present water, solar power stations and their significance in the social and economic development of the region are described.*

**Түйін сөздер:** баламалы энергетика, күн, жел, су электр стансалары, биоэнергетика, геотермальді энергетика.

Елбасымыз Н.Ә. Назарбаев: «Қазақстан Республикасы орасан зор көмірсүтегі шикізаты қорының бар екенине қарамастан, жаңартылған энергия көздеріне белсенді түрде көшетін болады. Осында мақсат біздің «Стратегия-2050» бағдарламасында және «Жасыл экономикаға» көшу жөніндегі тұжырымдарымызда көрініс тапқан. Қазақстан 2050 жылға қарай жаңартылған көздердің есебінен электр энергиясының жалпы көлемінің жартысын өндіре алатын болады. Сонымен бірге, экономика саласында да энергияның жұмсалуы артады. Тәуелсіздігіміздің 25 жылдығында энергияның жұмсалуы екі есеге қысқарған. 2025 жылға қарай бұл көрсеткішті тағы 30 %-ға қысқарту жоспарланған [2, 7 б]. Ал бұл дегеніміз болашақта баламалы энергияны дамытудың аса қажеттігін айқындайды.

Бұгынғі күнде дүниенің көптеген мемлекеттерінде энергияның баламалы түрлеріне деген қызығушылық күн сайын артып келеді. Бұл жағдай дәстүрлі энергия қорларының үздіксіз азайып, сондай-ақ экологиялық ахуалдың нашарлауымен және энергия үшін елдердің саяси жағдайының күрделенуінен туындауда [3, 10б].

Мемлекет басшысының тікелей тапсырмасымен еліміздің үдемелі индустріялық-инновациялық даму бағдарламасында энергияның тиімділік шарттары енгізілген. Энергияны үнемдеу және энергетикалық тиімділікті арттыру мақсатында бірқатар Зандар мен заңнамалық Актілер қабылданған [4]. Осы Зандар мен Заңнамалық Актілердің негізінде елімізде баламалы энергияны дамыту жұмыстары қарқынды жүргізілуде.

Қазақстан Республикасында баламалы энергетика көздері тәуелсіздік жылдарынан кейін мақсатты түрде қолға алына бастады. Бірқатар ғалымдар осы салада зерттеулер жүргізіп, баламалы энергия ұғымын анықтады. Сонымен қатар бұл тақырып БАҚ-да да терең қарастырылып жүр. Ұ. Жадраев., А. Жамалов, Т. Едіресов, О. Сабден, Е.З. Сүлейменов, Е. Әдиев, А. Аскар, Н. Жәрімбетова, А. Райқұл, Ж. Жағыпарұлы, Ә. Сұнғат, Е. Сахариев, Ф.Б. Телеуов, Д. Бітікова, Қ. Айтаханов, А. Әміртаев, Г. Жантев, Қ. Нұрханов, Қ. Сарқытқан т.б. Телеуов Ф.Б. «Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану мен дамытуды құқықтық қамтамасыз ету» атты докторлық диссертациясында жаңартылған энергия көздерін құқықтық тұрғыда зерттеген бірнеше заңгер ғалымдардың, атап айтсақ, Ә.Е. Бектұрғанов, Д.Л. Байдельдинов, С.Д. Бекишова, Н.Б. Мұхитдинов, Л.К. Еркінбаева, А.А. Мукашева, Ж.С. Елюбаев, И. Дүсіпова, Г.Л. Нұртаева, А. Хаджиев, С.Ш. Айдарбаев, Ж.Қ. Қосанов еңбектерін қарастырган.

Академик О. Сабден «баламалы энергетика» сөздігінің дәстүрлі көмірсүтегі энергетикасынан айырмашылығы бар деп есептейді. Ол өз пікірінде баламалы энергетикаға негіз болатын көздерді іздестірумен бірге, ғылыми-техникалық прогрессен туындаған жаңа тиімді спиральды да ойлап табуды келтіреді. Ғалым адамзат баласының өркениеті дамыған кезеңнен бастап белгілі болған табиғи энергияны, атап айтсақ күнді,

желді, суды, Жердің жылуын, адамның өмір тіршілігінің қалдықтарын қолдануды негізге алып отыр [5, 36].

Ал ғалым А. Сүлейменов «энергияның дәстүрлі емес және қайталама түрлері» үғымының мәні кең және алуан түрлі деп айтады. Баламалы энергетиканың барлық түрлері үшін ортақ қасиет – сарқылмайтындығы, дәстүрлі энергетикадан қайталанбайтындығы және болашақ үрпақ үшін органикалық отындардың мұнайдың, газдың, көмірдің тез сарқылуы [6, 86].

Түркістан облысында баламалы энергетиканы дамытудың қазіргі жағдайына жасалған талдаулар, осы саланың өнір экономикасының өркендеуіне ықпал ететін мүмкіндігінң әлі де толық пайдаланылмай отырғанын көрсетті. Мұндай жағдайдың себебін ғылыми түргыдан негізделген ұсыныстардың ғана емес, аймақтың баламалы энергия көздерін тиімді пайдаланудың жалпы тұғырнамасының болмауымен түсіндіруге болады.

КР «Қазақстанда баламалы және жаңартылған энергияны дамыту жөніндегі 2013-2020 жж. арналған іс-шаралар жоспары үкіметтің № 43 Қаулысымен 2013 жылдың 25-кантарында бекітілген болатын. Осы жоспарға сәйкес Түркістан облысында баламалы энергия көздерін дамытудың жоспарлары жасалынған.

Бұғаңғы күнде осы жоспар аясында облысымызда баламалы энергия көздерінің 21 жобасы жүзеге асырылуда. Өнірдің табиғи-географиялық ерекшелігі мен әлеуметтік-экономикалық жағдайына орай баламалы энергия көздерін салу жоспарға сәйкес қолға алынған. Сонымен қатар, облыс республика бойынша баламалы энергия көздеріне бай аймақ болып есептелінеді. Өнірдің табиғи-географиялық мүмкіндіктерін сараптау үшін алдын-ала техникалық-экономикалық негіздеу жұмыстары жүргізілді. Онда: облыс аумағында 122 өзен, 41 су қоймасы бар делинген. Нәтижесінде облыс аумағында жиынтық қуаты 120 МВТ-ты құрайтын тиімді гидроэнергетикалық әлеуеті бар нүктө анықталған [7].

Шағын су электр стансаларын салу облыста көбінесе тау өзендері мен су қоймалары бар аудандарда (№1-кесте) жоспарланған. Олар:

1. Төлеби ауданы: Ақсу, Сайрамсу, Бадам.
2. Сайрам ауданы: Арыс, Ақсу, Сайрамсу, Бадам.
3. Ордабасы ауданы: Арыс, Боралдай, Бөржар, Бадам, Шұбарсұ.
4. Сарыағаш ауданы: Келес, Сырдария, Құркелес, Ащысай.
5. Тұлкібас ауданы: Арыс, Жабағылы, Дауылбаба, Манат, Құлан.

Біздің зерттеуіміз бойынша жоғарыдағы аудандардың өзендерімен қоса, жоспарға енбей қалған бірнеше өзендерге де шағын су электр стансаларын салуға болады. Аудандар бойынша бірнеше өзендер, су қоймалары, каналдар кездеседі. Олар:

1. Түркістан қаласы: Сырдария, Үшөзен, Ақтөбе, Көксарай, Бестогай, Ермексү, Баялдыр, Хантағы, Ілқансы. Қандықөл, Шүйнеккөл, Қамыстықақ, Құмкөл, Соркөл және Арыс-Түркістан каналы.
2. Бейдібек ауданы: Шаян, Арыс, Бөген, Боралдай, Бестогай, Сасықөзен.
3. Қазығұрт ауданы: Келес, Өгем, Қаржансай, Мұғалысай.
4. Отырар ауданы: Сырдария Арыс саласымен, Арыс каналы.
5. Созақ ауданы: Үшбас, Үштөбе, Торлан, Балдысу, Жылыбұлак. Қөлдері: Қызылкөл, Ақжайқын, Айдын.
6. Шардара ауданы: Шардара су қоймасы, Сырдария, Қызылқұм каналы.

Тұлкібас ауданында шағын су электр стансаларын салу 2019 жылға қарай

жоспарланған. Олар Машат өзеніне 2019 жылы салынатын қуаты 3МВт «Келте Машат» шағын СЭС-ы мен Сайрамсу өзенінде осы жылы бой көтеретін қуаты 6 МВт «Сайрамсу» шағын СЭС-ы. Өңірлік бұхаралық ақпарат мәліметтері бойынша бірқатар шағын су электр стансалары бүтінгі таңда іске қосылған.

1 - кесте

*Облыстасы шағын су электр стансалары*

№	Салынатын жері	Қуаттылығы	Жауапы мекеме	Жылы
1	Түркістан облысы, Төле би ауданы	Қуаты 10 МВт «Ақсу» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Discovery-Energy» ЖШС (келісім бойынша)	2014 жыл
2	Түркістан облысы, Сайрам ауданы	қуаты 2,5 МВт «Манкент» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Ақсу-Энерго» ЖШС (келісім бойынша)	2014 жыл
3	Түркістан облысы, Ордабасы ауданы	қуаты 0,5 МВт СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Әділхан» шаруа қожалығы (келісім бойынша)	2014 жыл
4	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 2 МВт «Рысжан» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2015 жыл
5	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 3 МВт «Азamat» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2016 жыл
6	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 2 МВт «Дархан» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2015 жыл
7	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 3 МВт «Шанышқалы» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2017 жыл
8	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 1,8 МВт «Мамыт» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2018 жыл
9	Түркістан облысының Сарыагаш ауданындағы Келес өзені	қуаты 1,5 МВт «Кият» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Келесгидрострой» ЖШС (келісім бойынша)	2019 жыл
10	Түркістан облысының Тұлкібас ауданы	қуаты 3 МВт «Келте-Машат» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Seikhun» ЖШС (келісім бойынша)	2019 жыл
11	Түркістан облысының Тұлкібас ауданы	қуаты 6 МВт «Сайрам-су» СЭС-ін салу	Түркістан облысының әкімі, «Seikhun» ЖШС (келісім бойынша)	2019 жыл

Ескерту: Кесте ҚР үкіметтің № 43 Қауыссымен 2013 жылдың 25-қаңтарында бекітілген «Қазақстанда баламалы және жаңартылған энергияны дамыту жөніндегі 2013-2020 жж. арналған іс-шаралар жоспары негізінде құрастырылған.

2-кесте

*Облыстасы жесел электр стансалары*

№	Салынатын жері	Куаттылығы	Жауапы мекеме	Жылы
1	Түркістан облысы Бәйдібек ауданы	куаты 50 МВт ЖЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «СОВИТЕК Қазақстан» ЖШС (келісім бойынша)	2017 жыл
2	Түркістан облысы Кентау қаласы	куаты 60 МВт ЖЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Южшахтострой» ЖШС (келісім бойынша)	2017 жыл
3	Түркістан облысы Сарыагаш ауданы	куаты 100 МВт ЖЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «SB Capital» ЖШС (келісім бойынша)	2017 жыл

Ескерту - Кесте ҚР үкіметтің № 43 Қаулысымен 2013 жылдың 25-қаңтарында бекітілген «Қазақстанда баламалы және жаңартылған энергияны дамыту жөніндегі 2013-2020 жж. арналған іс-шаралар жоспары негізінде құрастырылған.

Ақсу өзеніне салынатын шағын СЭС-ы жер бедерінің ерекшелігіне байланысты 63 метрлік су құлайтын биіктікке салынған. Онда әрқайсысы 1250 КВт-тан тұратын шағын су электр стансаларынан қуаты 2,5 МВт өндіріледі. Мұндағы артықшылық шағын СЭС-ы судың бағыты мен көлеміне әсер етпейді. Экологиялық тұрғыдан зиянсыз [7].

Қазақстан Республикасының 2013-2020 жж жоспарына сәйкес облысымында бірнеше жел электр стансаларын салу (2-кесте) жоспарланған.

Бәйдібек ауданы Жұзімдік ауылында 50-ге жуық жел дірмендері орнатылып, осы жылы қуаттылығы 40 МВт болатын жел электр стансаларынан жобасы іске асырылуда. «Ветропарк Жұзімдік» ЖШС-не бұл үшін 700 га жер телімі бөлінген. Сонымен қатар өлкемізде жел күші мен жылдамдығы үнемі байқалып тұратын аудандар кездеседі.

Күн электр стансалары. Түркістан облысы республика бойынша күн сәулесі мол түсетін аймағы. Мұнда ашық және ыстық күндер саны ете көп. Сол себепті өлкемізде күн электр стансаларын көтеп салуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар күн батареяларымен де тиімді жұмыстар атқарылуда. Бағдарлама негізінде облыста бірнеше жобалар жүзеге асырылуда. Ол туралы 3-кестеде көрсетілген.

Осы жоспарға сәйкес Отырар ауданындағы «Промондис» ЖШС қуаты 35 МВт күн электр стансаласының жұмысы кезең-кезеңімен жүзеге асырылуда. Ал Шымкент қаласында қуаты 1 МВт-тан «Очистной» және «Ағбай» екі күн стансалары іске қосылған. Жоғарыдағы аудандармен қоса біз бұл тізімге Мақтаарал, Сарыагаш, Созақ аудандарымен қоса Түркістан және Кентау қалаларында да күн электр стансаларын салуды ұсынар едік. Сонымен қатар төмендегідей ұсыныстар мен тұжырымдар жасадық:

1. Облыста баламалы энергия көздерін дамыту бойынша әлі де зерттеулер жүргізіліп, жобалар жасалынуы қажет. Және де олар мемлекет тарапынан қолдау тауып, жүзеге асырылуы тиіс.

2. Баламалы энергетика көздерін дамытуға қатысты ҚР-ның бағдарламасынан да тыс іс-шаралар қолға алынып, жергілікті бюджет тарапынан да қолдауға ие болса иғі.

## 3-кесте

*Облыстагы күн электр стансалары*

№	Салынатын жері	Куаттылығы	Жаупы мекеме	Жылы
1	Түркістан облысы Шымкент қаласы	куаты 1 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Аксу-Энерго» ЖШС (келісім бойынша)	2014 жыл
2	Түркістан облысы Ордабасы ауданының Бадам ауылы маңы	куаты 15 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Атман-engineering» ЖШС (келісім бойынша)	2016 жыл
3	Түркістан облысы Жұлдыз ауылының маңы	куаты 28 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Атман-engineering» ЖШС (келісім бойынша)	2016 жыл
4	Түркістан облысы Бейдібек ауданы	куаты 10 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Промондис-Казахстан» ЖШС (келісім бойынша)	2015 жыл
5	Түркістан облысы Сайрам ауданы	куаты 30 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Промондис-Казахстан» ЖШС (келісім бойынша)	2016 жыл
6	Түркістан облысы Отырар ауданы	куаты 20 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Промондис-Казахстан» ЖШС (келісім бойынша)	2016 жыл
7	Түркістан облысы Төле би ауданы	куаты 10 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «ДСТО Солар» ЖШС (келісім бойынша)	2015 жыл
8	Түркістан облысы Отырар ауданы	куаты 15 МВт КЭС салу	Түркістан облысының әкімі, «Промондис-Казахстан» ЖШС (келісім бойынша)	2017 жыл

Ескерту: кесте ҚР үкіметтің №43 Қаулысымен 2013 жылдың 25-қаңтарында бекітілген «Қазақстанда баламалы және жанартылған энергияны дамыту жөніндегі 2013-2020 жж. арналған іс-шаралар жоспары негізінде құрастырылған.

Қорыта айтқанда, Түркістан облысында баламалы энергия көздерін дамытуға бағытталған іс-шаралар жоспарға сәйкес жүзеге асырылуда. Оның басты себебі облыстың осы энергия қорларына деген әлеуетінің молдығы мен ыңғайлы географиялық орны. Құрылыштары 2014-жылдан басталған түрлі энергия стансалары ел игілігіне беріліп, облыс тұтынушылығының қажетін қамтамасыз етуде. Жоғарыда айтылған энергия көздерінен басқа, облыс территориясында геотермальді және биоэнергетика саласын дамытуды да қолға алуымыз қажет. Мұның бәрі болашақтың ісі екені даусыз, алда әлі де атқарылар тірліктер жетерлік.

## Әдебиеттер тізімі

- Назарбаев Н.Ә. «Қазақстан Республикасының ЭКСПО – 2017 Халықаралық көрмесін Астанада өткізу туралы шешім қабылдануына байланысты Қазақстан халқына Үндеуі» // Егемен Қазақстан. 07.12.2012. – 4 б.

2. ҚР-ның Президенті Н.Ә.Назарбаев: «Қазақстан-2050» стратегиясы – қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты» атты Жолдауы (2012). – 7 б.
3. Қыдырбек Ә. Бәсекелестікпен өткен көрмө: ЭКСПО шежіресі: Париж, 1855 жыл // Егемен Қазақстан. - 17.04. 2013. – 10 б.
4. ҚР-ның 2009 жылғы 4-шілдедегі №165-IV «Қалпына келтірлетін энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» Заңы. – 5 б.
5. Сәбден О. Интелектуалды экономика – XXI ғасырдың технологиялық жаңғыруы. – Астана: Елорда, 2011. – 400 б.
6. Сүлейменов Е.З. Глобальный кризис с точки зрения теории информации и связи. // тематический выпуск по материалам микросимпозиума «КазНано -2009» // Вестник АИЭС. – 2010. – №1, С.8.
7. Қазақстанда баламалы және жаңартылатын энергетиканы дамыту жөніндегі 2013-2020 жылдарға арналған іс-шаралар жоспарын бекіту туралы Қазақстан Республикасының Үкіметінің 2013 жылғы 25 қаңтардағы № 43 Қаулысы.

Қабылданды 1.02.2019

МФТАА 39.01.11

### А.А. Жакупов

Қазақ технология және бизнес университеті, Астана қ., Қазақстан

#### БАЛЬНЕОЛОГИЯЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

*В статье представлены теоретические основы бальнеологических ресурсов. Предоставляется общий обзор бальнеологических ресурсов. Проанализирован на основе бальнеологических методов лечения.*

*Мақалада бальнеологиялық ресурстардың теориялық негіздері қарастырылған. Бальнеологиялық ресурстар туралы жалпы түсінік берілген. Бальнеологиялық емдеу әдістерінен мысал көлтіре отырып талдау жасалған.*

*The article presents the theoretical foundations of balneological resources. Provides a general overview of balneological resources. Analyzed on the basis of balneological treatment methods.*

**Түйін сөздер:** бальнеология, бальнеологиялық ресурстар, балнеотерапия, бальнеотехника, минералды сулар

Бальнеологиялық ресурстардың жағымды әсері жайындағы халық арасындағы білімі бұрыннан бері қалыптасқан. Адам денесінің денсаулығы жиі әркелкі ауруларға шалдығады, соган қазіргі медицина бейімделіп әртүрлі емдеу шараларын қолдануда. Сонымен қатар, заманауи медициналық технологиялар бұрыннан бері қолданыстағы шипалы ресурстарды толығырақ және жан-жақты пайдалану мүмкіндіктерін тузызады. Алайда, қазіргі кездегі медициналық нарық оңайлықпен пайда табуды көздеңен өндірушілердің химиялық жолмен жасалған және тиімділігі төмен, қосалқы зиянды әсер беретін дәрі-дәрмектерге толы. Сондықтан адам денсаулығына зиянсыз, шипалы әсер беретін ресурстардың бірі – табиги сулар мен саз-балшықтың емдік қасиеттерін қолданудың жаңа жолдарын іздестіру аса көкейтесті мәселелердің бірі болып келеді

Бальнеология – (лат. *Balneum* – монша, шомылу және гр. *Logos* – білім) минерал судың пайда болуы, физикалық-химиялық қасиеттері, оны дайындау және емдеу, аурудан сактану мақсатында пайдалану әдістері туралы ғылым; курортология саласы. Ол бальнеотерапия (сүмен емдеу), бальнеография (курорттарды сипаттау), бальнеотехника (шипалы сүмен емдеу техникасы) пәндерінен тұрады [1].

Бальнеология мәселелерін зерттеу негізінен бальнеология мен физиотерапияның ғылыми-зерттеу институттарында: Баку, Ереван, Цхалтубо мен Сухумидегі

филиалдарында; Тбилиси, Бішкек, Одесса, Пятигорск, Сочи, Томск және Ташкентте шоғырланған. Курортология саласындағы ғылыми-зерттеулер ауқымы басқа елдерде де айтарлықтай көндейді: Бад-Эльстер (Германия) курортында, Софияда курортология және физиотерапия институты (Болгария), Будапешттегі (Венгрия) ревматизм мен бальнеология институты, Познань қаласындағы (Польша) бальнео-климаттық институты, Прагадағы эксперименттік терапия Орталық ғылыми-зерттеу институтының құрамындағы физиотерапия институты, Мариана Лазнедегі биоклимат институтында, Братислава (Словакия) бальнеология институты, Мюнхен университетінде бальнеологиялық институты жұмыс істейді. Бальнеологияны дамытудағы басты рөлді ресейліктер, сондай-ақ шетелдік ғылыми қоғамдары: Бүкілодактық физиотерапевтер және бальнеологтар қоғамы, Халықаралық курорттық және климатология федерациясы (Швеция), Медицина гидрологиясы және климатология халықаралық қоғамы (Париж қаласы), Америка медициналық гидрологиясының қоғамы (Вашингтон); Халықаралық физикалық медицина қауымдастыры (Лондон), Польшаның бальнеоклиматология қоғамы (Познань), Болгарлық физиотерапевтер қоғамы (Пловдив), Я. Пуркин атындағы чех дәрігерлері қоғамының физиотерапевтер бөлімінің бальнеологтары, курортологтары, физиотерапевтері атқарады [2].

Қазақстанның минерал сұы жөніндегі алғашқы мағлұматтар Әмір Темір жорықтары туралы жазбаларда көлтірілген (1390). Барлықарасан шипалы сұын кезінде монголдар пайдаланған (Г. Путимцев, 1811), Рахманов бұлғағын (Шығыс Қазақстан облысы) тұнғыш рет Ф. Геблер (1934), Қапаларасан сұын А. Влангали (1849), Бурабай көлін И. Завалишин (1867), Жосалы шипалы сұын Н. Воронихин мен Л. Бергенсон (1884), Барлықарасан сұын В.С. Дьяконов (1866), А.В. Пржигатский (1892), В.Н. Степанов (1894) сипаттаған. Қазақстанда бальнеологиялық зерттеулер әсірсек өткен ғасырдың 20-шы жылдарынан бері жандана түсті. Бұл жұмысты республикалық денсаулық сақтау мекемелері (1930-1931) мен Орталық курортология ғылыми-зерттеу институтының экспедициялары (1932-1938) бастады. Бурабай, Жаңақорған, Алма-арасан курорттарының, Шымған санаторийлерінің емдік факторлары зерттелді, республика курорттары, жер астынан шыккан ыстық су туралы анықтамалар жазылды. Қазақ (қазіргі Алматы мемлекеттік) медицина институтында А.Н. Сызғановтың жетекшілігімен Аяққалқан, Арасанқапал, Жаңақорған санаторийлерінің емдік факторлары зерттеліп, оларды пайдалану әдістері табылды. Қарағанды медицина институтында Шалқия, Жосалы су көздері сипатталды. 50-жылдардан бері республикада минерал суды зерттеу жұмысымен Қазақ кардиологиялық ғылыми-зерттеу институтының курортология бөлімі айналысады. «Сарығаш», «Алмаарасан», «Арасанқапал», «Түрксіб» курорт-санаторийлерінде қолданылатын емдік факторлардың тиімділігі, жүрек-қантамыр, жүйке, тыныс, асқорыту жүйелері, буын, аяқ, қол, тамақ-көмей, зат алмасу ауруларына, сондай-ақ бруцеллезге шалдықкан адамдарға тигізетін әсері анықталды. Бірқатар курорт-санаторийлер («Сарығаш», «Алматы», «Мерке», «Көктем», «Барлық-Арасан», «Ақжайық») салу қажет екендігі медициналық тұрғыдан дәлелденді. Республикада 500-ден аса минерал су көзі есепке алынған [3].

**Бальнеотерапия** – (лат. *balneum* – монша, шомылу және терапия) минералды сулармен сырттан емдеу, медициналық оңалту үшін әртүрлі аурулардың алдын алу және емдеу үшін табиғи және жасанды минералды суларды пайдалану. Сонымен бірге, бальнеотерапияға минералды суларды ішшуге, ішекті тазарту мен суландыруға, тамақты булауға (ингаляция) және т.б. қолданыста жатады [4].

Бальнеотерапия – минералды сулармен сыртқы емдеу. Кейде балшық-терапия, теңіз ванналары, тұзды қолдерінде (рапа ванналары), тұзды қолдердің (тұзды ваннаның)

тұздылығы бальнеотерапияга жатады. Минералды сулар ағзаға температурасымен, химиялық құрамымен, гидростатикалық қысымымен әсер етеді. Содан басқа, жүйке рецепторлар тері арқылы енетін, шырышты қабықтар мен қанға демалу жолдары арқылы газдармен ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$  мен радиоактивті заттармен (радон)) тітіркенуге ұшырайды. Бальнеотерапияда минералды суларды жүрек-тамыр аурулар жүйесінде және басқа ішкі мүшшелерінде, жүйке жүйесінде, қозғалыс мүшшелерінде және тері ауруларында ванна түрінде қолданылады. Бальнеотерапиялық процедураудардың терапевтік әсері негізінен рефлекторлық және гуморальдық механизмдерге негізделеді, яғни жүйке жүйесі мен қан арқылы жүзеге асырылады. Бальнеотерапиядан басқа бальнеологияның тағы бір маңызды элементі бар, ол бальнеотехника.

*Бальнеотехника* – минералды су көздерін барынша ұтымды пайдаланудан, бальнеологиялық ресурстарды закымданудан және сарқылудан қорғауды қамтитын балеологияны зерттеу бағыттарының бірін білдіреді. Бальнеотерапияның өзектілігі бальнеологиялық табиғи ресурстар, мысалы табиғи емдік қорлар секілді, қатаң қорғанысты және оларды пайдалану мен бақылауды қажет етеді [5].

Бальнеологияның бастамасы б.з.б. V ғасырда пайда болды, сонда ежелгі грек тарихшысы Геродот минералды суларды тағайындау үшін пайдалану мен нұсқауларды ұсынған. Гиппократ шығармаларында (б. з. б V-IV ғғ.) өзен суының, тұзды және теніз суының емдік қасиеттері көрсетіледі. Рим дәрігері Архиген (б. з. I ғ.) бірінші болып минералды суларды жіктеген. XV ғасырда итальян монахы Дж. Савонарола минералды ванналармен қолдану нұсқауларымен қамтитын «Итальян минеральды сулары туралы трактатын» шығарды. XVI ғасырда итальяндық дәрігер F. Фаллопияның дәрістері – «Ыстық су туралы жеті кітап» басылымы жарық көрді, онда автор минералды сулардың химиялық құрамын анықтауга тырысады. Минералды сулардың химиялық құрамы мен оларда көмірқышқыл қышқылының тұздары, ас тұзы, сульфатты магнезия және т.б. анықтаған неміс ғалымы Ф. Гофман ғылыми бальнеологияға XVII-XVIII ғғ. бастамасын салды. 1822 жылы швед химигі И.Я. Берзелиус Карловы Варыда (Карлсбад) минералды бұлактардың нақты химиялық талдауларын жасады және минералды сулардың құрамын анықтаудың ғылыми әдістерін әзірледі. Кейінгі жылдары жаратылыстану ғылымдары мен медицинаның дамуына байланысты бальнеология қарқынды дами бастады, теориялық және тәжірибелік медицинаның кең саласына айналды [6].

*Бальнеологиялық емдеу әдістері.* Бальнеологиялық емдеу әдістеріне минералды сулар мен емдік балшықтан әртүрлі процедуралары қолдану жатады. Минералды сулар ванналар түрінде, бассейндерде, шомылуда, ингаляцияда, сондай-ақ ауызсұда қолданылады [7].

Теріге әсер ететін бальнеологиялық процедуралардың ішінен ең көп қолданылатыны ванналар. Олар әртүрлі болып келеді. Ыстық ванналар қабылдау кезінде, теріге қан жеткізу және созылмалы қабыну ошактары артады. Суық ваннаны қабылдаған кезде, алдымен тері тамырларының тарылуы орын алады, бұл олардың тез арада кенеюімен ауыстырылады [8].

Минералдық сулардың құрамында көмірқышқыл газдың, күкіртті сутектің, азоттың, тез ыдырайтын радиоактивті заттардың (радонның) болуы оларға емдік әсер береді. Олардың температуралық, механикалық факторларының мәні зор. Минералды ванналар алдымен жүрек-қан тамыр және жүйке жүйесіне әсер етіп, олардың жұмысын реттейді, организмдегі зат алмасу процесімен ішкі секреция бездері жұмысының қалыпты жүруін қамтамасыз етеді. Жалпы және жергілікті минералды ванналарды жүрек-кантамыр, тірек-қимыл аппараты (буын, сіңір, бұлшық ет), жүйке жүйесі, сондай-ақ гинекологиялық ауруларды емдеуге пайдаланылады. Егер суда ерітілген газдар (көміртегі диоксиді, сутегі

сульфиді, радон және т.б.) ваннаны қабылдаған кезде денеге еніп, өзінің әсеріне ие болса, дәрілік сулардағы минералды заттарға (түрлі тұздарға) әлі күнге дейін минералды заттардың тері арқылы денеге енуінің айқын дәлелі жоқ. Қөптеген бальнеологтар бұл мүмкіндікті жоққа шығарады. Алайда, минералды сулардағы кейбір органикалық заттар, аз мөлшерде денеге еніп кетуі мүмкін.

Кейбіреулердің ашық көрінген сілтілік реакциясы бар. Мұндай судан шыққан ваннаның әсері олардың терінің жұмсартатын әсері болып табылады, бұл кейбір тері ауруларында аса маңызды болып табылады. Керісінше, қышқыл реакцияға ұшыраған минералды су теріге және шырышты қабаттарға «тотығу» тәсілімен әсер етеді, олардағы қабыну процестерінің қарқындылығын төмендетеді. Ең айқын белгілер – ванналардың ерітілген газдар (көміртегі диоксиді, азот, метан) немесе кем дегенде салыстырмалы түрде аз мөлшерде, әсіресе биологиялық белсенді газдар – сутегі сульфиді және радоны бар айтарлықтай мөлшерден тұратын ваннаның әсері. Қөп мөлшердегі газды қабылдаушы ваннаның корпусында осы газдың қөптеген шағын көпіршіктері сакталады, бұл теріге ерекше жағдай жасайды. Белгілі болғандай, судың және газдардың бейтарап температурасы әртүрлі судың жанында тері температурасына жақын ( $34-35^{\circ}\text{C}$ ), газдарда – шамамен  $20-23^{\circ}\text{C}$ . Газ ванналарындағы термалды ынталандыру кезінде тері тұтікшелерінің өзіндік гимнастикасы және оларды оқыту нәтижесінде орын алады. Сондықтан жүйке-тамыр аппаратты оқыту қажет болған жағдайда, газды және ең алдымен, көміртегі диоксиді ванналары табысты қолданылады [9].

Көмірқышқыл қос тотығы теріге еніп, тамырлардың жалпы кеңеюіне әкеледі, сондықтан көмірқышқылды ваннада орналасқан ыдыстардың гимнастикасы жүрек-қантамыр жүйесінің қөптеген ауруларында кеңінен қолданылатындығын түсіндіретін жүрек жұмысының талаптарын едәуір арттырады.

*Күкіртті сутектің* ванналары терінің қан тамырларының құрт кеңеюіне ықпал етеді (қызару реакциясы), бұл жүректің жұмысын айтарлықтай женілдетеді. Күкіртті сутектің әсері тері функцияларын және ондагы қалпына келтіру процестерінің дамуын айтарлықтай жақсартады, оны нәрледі [10].

Күкіртті сутектің ванналарының жоғары белсенділігі оларды жүрек-қантамыр жүйесінің бірқатар ауруларын емдеуде өте бағалы етеді. Сүйек, буын, бұлшық және перифериялық жүйкенің созылмалы қабыну және метаболикалық аурулары, созылмалы кәсіптік улану, тері, гинекологиялық және басқа да аурулармен метаболикалық бұзылуармен байланысты. Радонның кейбір минералды суларында орналасқан радиоактивтік газ, ванналар қабылдау кезінде тері арқылы және тыныс алу кезінде ағзаның ішкі оргасына еніп, тері беті мен ішкі ағзалардағы радиациямен әрекеттеседі. Қөптеген клиникалық бақылаулардан радонның ванналарына анальгетиктер әсер ететіндігі белгілі, олар белгілі бір ауруларға жақсы әсер етеді, метаболизмді ынталандырады.

*Шомылу.* Минералды сумен жабдықталған жұзу бассейндерінде ванналар тиісті моншаларға ұқсас, бірақ оларда бірқатар маңызды ерекшеліктер бар. Бассейндерде жұзу кезінде науқастар әдетте жылжиды, ал қозғалыстар ауага қарағанда әлдеқайда женілірек болады, ейткені судағы адам денесі салмағының  $9/10$  мөлшер шамасын жоғалтады. Екіншіден, жылы және ыстық суда ауырсыну сезімін шешеді, бұл көбінесе ауада қозғалысты шектейді. Сондықтан, буындарда шектеулі ұтқырлықпен жүретін бірқатар ауруларда бассейндерде шомылу ваннаны қабылдаудан артықшылыққа ие. Бассейндерде жүзіп бара жатқанда, тәменгі аяқ-қолдар мен жамбас аймағы кеудеге қарағанда көбірек қысым қөрсетеді, бұл қаннан және лимфадан жақсы ағып кетуіне ықпал етеді, бұл осы облыстарда оқшауланған созылмалы қабыну процестеріне қажет.

*Ішуге арналған емдеу.* Минералды сулардың ішке қолдану әдістерінің ең таралғаны ішуге арналған емдеу болып табылады. Минералды суды қолданғанда жогарғы асқазан-ішек жолдарының шырышты қабаттарының рецепторларына тітіркендіргіш процесс әсер етеді (ауыз қуысы, асқазан және ішінара он екі елі ішегі) [11].

Минералды сулар асқазан-ішек жолының рецепторларының тітіркенуі асқазан секрециясында рефлекторлық өзгерістерді тудырады. Сондай-ақ, асқазанға тамақ алдында 1-1,5 сағат бұрын қабылданған минералды су, тез және дерлік өзгермейтін, он екі елі ішектің ішіне шырышты қабығының рецепторларын тітіркендіретін, асқазан секрециясын бұзатыны анықталды. Егер минералды суды тамақ үстінде немесе 10-15 минут бұрын ішетін болса, он екі елі ішек өзгеріссіз қалады және асқазанда көп уақытқа қалады, сонымен шырышты қабығының рецепторларын тітіркендіреді, асқазан секрециясын ынталандырады.

Минералды судың бұл қасиеті асқазан ауруларын ішуге арналған емдеу кезінде асқазан секрециясын бұзу кезінде қолданылады және минералды суды қолдану уақыты ынталандыруши немесе тежеуге байланысты тағайындалу эффектісін анықтау үшін оны осы науқастан алу қажет. Мұндай әрекетімен түрлі химиялық құрамының минералдары асқазан секрециясына әсер ететінін атап өту қажет. Оның бірнеше ауруларда асқазан қабығын көп мөлшерде оралған, гидрокарбонат-натрий сулары (сілтілі) шырышты жақсы ерітеді. Керісінше, сульфат иондарының көп мөлшердегі саны бар сулар, шырышты қоюлайды және ол шырышты қабығына мықтап бекітіледі.

Минералды суды ішкенде ауыз қуысындағы, асқазандағы рецепторларға әсер етіп, асқазан ішкі секреция бездерінің жұмысын реттейді. Сондай-ақ минералды су ішү өт жолдарының қызметін дұрыстырайды, соның нәтижесінде зат алмасу процесі жақсарады. Бальнеотерапиямен тромбоз және эмболияны, церебральды криздерді, қатерлі ісіктерді, глаукоманы, т.б. ауруларды емдемейді.

Ауыз суды емдеу кезінде алынған судың температурасы да маңызды. Ыстық су ішү асқазан-ішек жолының жиырылуын жақсартады, асқазанның, ішектің және өт жолдарының бұлшықетінің шиеленісінің күшеюі олардың спазмына әкелуі мүмкін. Сондықтан, әдетте, кыздырылған суды тағайындауды; сұық су ішектің жиырылуын күшету үшін қажет болса, мысалы оны іш қатудың кейбір түрлерін емдегендегі қолданады.

Кейбір минералды су негізінен тәмен тұздану және құрамында кальций иондары бар, айқын диуретикалық (несеп ауруы) әсерге ие екендігі анықталды. Несеп жолдарында осындағы емдеу арқылы ағып жатқан үлкен мөлшерде зәр шығару патогенді бактерияларды, қабыну өнімдерін, несеп кондырғыларының (несеп құмның) кішкентай және үлкен кристалдарын және кейде шағын тастарды шаюға көмектеседі. Мұндай сулардағы кальций иондары қабыну құбылыстарының азауына ықпал етеді және ауызды емдеу кезінде пайда болатын минералды метаболизмнің қалыпқа келуі болашақта несеп конкреттесінде қалыптасу ықтималдығын азайтады [12].

Қорытындылай келе, науқас үшін қажетті ем-шараларды таңдау, емдеу жоспарын құру, негізінен пациенттің ауруы мен реактивтілігінің ерекшеліктері, сосын санаторий объектілері мен емдеу дәрігердің тәжірибесі арқылы анықталады деп айтуда болады. Сонымен бірге, ең алдымен, қолданылатын ем-шаралар осы пациенттің аурудың патогенезінің ерекшеліктерімен дәлелденіп, оның реактивтілігіне сәйкес келуі керек, ешбір жағдайда оны шамадан тыс жүктемей, біртіндеп әлсіреген физиологиялық тетіктерін үйрету тиіс деп саналады.

Курорттың дұрыс ұйымдастырылған және курорттық және санаторийде климаттық және бальнеологиялық емдеудің тиісті түрде жүргізілген курсы науқастың жағдайында

және патологиялық процесте айтарлықтай жақсаруына әкеліп соғады және ең бастысы, оның денесін нығайтады, пациенттің қолайсыз әсерлерге төзімділігін арттырады, жұмысқа қабілеттілігін арттыру, яғни, үлкен профилактикалық құндылыққа ие болып табылады.

#### Әдебиеттер тізімі

1. Лозинский А.А. Лекции по общей бальнеологии. – М. : Минск-Витебск, 1999. – 265 с.
2. Разумов А.Н. Бальнеология: основные достижения и перспективы развития // Матер. Междунар. науч. конгресса и 62-й сессии Генеральной ассамблеи всемирной федерации водолечения и климатолечения (ФЕМТЕК). - 2009. – № 2. – С. 3–4.
3. Воложин Н.И Правовое регулирование туристской деятельности. – М.: Финансы и статистика, 1998.
4. Гаврилов Н.А. Бальнеотехника минеральных вод. – М. : Азимут, 1955. – 154 с.
5. Достай Ж.Д. К вопросу о загрязнении тяжелыми металлами вод озера Мойылды и прилегающих к нему территорий / Ж.Д. Достай, А.Г. Царегородцева // Гидрометеорология и экология. – 1999. – С. 157–163.
6. Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – СПб. : ВМедА, 1998. – 254 с.
7. Современные технологии восстановительной медицины / Под ред. А.И. Труханова. – М.: Медика, 2004. – 288 с.
8. Улащик В.С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. – М.: Книжный Дом, 2008. – 640 с.
9. Оранский И.Е. Биологические ритмы и бальнеотерапия. – М.: Медицина, 1996. – 119 с.
10. Клячкин Л.М. Физиотерапия: учебник / Л.М. Клячкин, М.Н. Виноградова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1998. – 240 с.
11. Лукомский И.В. Физиотерапия, лечебная физкультура, массаж / И.В. Лукомский, В.С. Улащик. – Минск-Витебск, 1999. – 325 с.
12. A. A. Zhakupov, K. T. Saparov, O. B. Mazbaev, , M. N. Musabaeva, G. M. Dzhanaleeva. Fundamentals of recreation-geographic assessment for tourism development. Oxidation Communications 38, No 3, 1539–1544 (2015)

Қабылданды 1.02.2019

МРНТИ 38.49.17

**О.Н. Кузьмина, Б.А. Дьячков, М.А. Мизерная**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**А.Г. Владимиров, Б.Б. Амралинова**

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, г. Новосибирск, Россия

#### ГЛАВНЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗАЙСАНСКОЙ СУТУРНОЙ ЗОНЫ БОЛЬШОГО АЛТАЯ

Приводятся геологические условия формирования ведущих типов золоторудных месторождений Зайсанской сутурной зоны Большого Алтая, сформированных в герцинский цикл в коллизионной геодинамической обстановке ( $C_1$ - $C_3$ ) в пространственно-генетической ассоциации с гипабиссальными малыми интрузиями гранодиорит-плагиогранитового состава кунушского комплекса ( $C_3$ ). Подчеркивается закономерная пространственная приуроченность различных типов месторождений к определенным литолого-стратиграфическим уровням. Отмечается двойственный источник золота (первичное седиментное и ювелирное), типичного для промышленных месторождений Бакырчик, Суздальское и другие.

Қоныш кешенінің ( $C_3$ ) гранодиорит-плагиогранит құрамының гипабиссалды кіші интрузиясы бар көністіктік-генетикалық қауымдастықта коллизиялық геодинамикалық жағдайда ( $C_1$ - $C_3$ ) герциндік

циклде қалыптасқан Үлкен Алтайдың Зайсан сутурлы аймағының алтын көн орындарының жетекші типтерін қалыптастырудың геологиялық жағдайлары көлтірледі. Көн орындарының әртүрлі типтерінің белгілі бір литологиялық-стратиграфиялық деңгейлерге заңды көңістіктік үштасуы атап көрсетіледі. Бақыршық, Суздал және т.б. өнеркәсіптік көн орындарына тән алтынның екі түрлі көзі (басты седиментті және ювенілпілді) байқалады.

*Geological conditions of leading types of gold deposits in the Zaisan suture zone of the Great Altai formation are given. The deposits are formed in the Hercynian cycle in a collisional geodynamic setting (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>). The deposits are in spatial genetic association with the hypabyssal minor intrusions of the Kunush complex granodiorite-plagiogranite (C<sub>3</sub>). The natural spatial association of various types of deposits to certain lithologic-stratigraphic levels is emphasized. A dual source of gold (primary sedimentary and juvenile) has been established for economic gold deposits Bakyrchik, Suzdal and others.*

**Ключевые слова:** Зайсанская сутура, геологические формации, месторождения, золото, геохронологические уровни, Западная Калба, Чарская зона.

Зайсанская сутурная зона является ключевой в геологических структурах алтайских герцинид. Эволюция алтайских герцинид сейчас интерпретируется с позиций сближения Казахстанской и Сибирской плит при их проворачивании относительно друг друга по часовой стрелке и одновременном сокращении Чарского палеоокеанического бассейна, который в этот период взаимодействовал с Казахстанским и Сибирским континентами в виде двух субдукционных зон (Жарма-Саурская и Рудно-Алтайская островные дуги). К середине карбона океанический бассейн полностью закрылся, и дальнейшая эволюция Зайсанской сутурной зоны протекала на фоне генеральных левосдвиговых деформаций. Литостратиграфические колонки, отражающие геологическое строение Зайсанской сутурной зоны, приведены в табл. 1, 2.

Размещение главных типов золоторудных объектов Зайсанской сутурной зоны и на сопредельных территориях показано на рис. 1. Месторождения сгруппированы по возрасту рудовмещающих осадочно-вулканогенных стратифицированных комплексов, при этом двойной индекс отражает возраст рудогенерирующего субстрата и возраст оруденения (табл. 3). Специфика металлогении изучаемого региона рассмотрена в ряде публикаций [1-6].

К наиболее древнему типу, вероятнее всего, относится золото-ртутный (чарский) тип месторождений, пространственно сопряженный с Чарским офиолитовым швом [7, 8]. К этому типу относятся месторождения и рудопроявления Веро-Чар, Кызыл-Чар и др.

В герцинском структурном этаже, с учётом рекомендаций А.М. Мысника [9], выделяются три рудоносных стратифицированных уровня [10].

*Раннегерцинский островодужный уровень (D<sub>3</sub>fm-C<sub>1</sub>v<sub>2-3</sub>)* связан с производными андезито-базальтового островного вулканизма и синхронных с ним глинисто-кремнисто-известковистых и флишоидных отложений. Рудовмещающие породы представлены лиственитизированными эфузивами и субвулканическими телами основного и среднего состава, кремнистыми алевролитами и известняками. Эпигенетическое золотое оруденение (предрудная стадия) пространственно связано с вулканогенной кремнисто-карбонатно-терригенной формацией (C<sub>1</sub>v<sub>2-3</sub>), собственно эндогенное золотое оруденение обнаруживается в разных месторождениях тесную пространственно-временную связь с гипабиссальными габбро-диоритовыми (C<sub>2-3</sub>) и плагиогранит-гранодиоритовыми (C<sub>3</sub>) формациями (кунушский комплекс). Оруденение – золото-сульфидное в зонах прожилкового окварцевания, лиственитизации и пропилитизации боковых пород. Типичными представителями являются Суздальское месторождение, рудопроявления Мираж, Жайма, Байбура, Мариновское, Свистун и др., которые размещаются на определенных литолого-стратиграфических уровнях (табл. 1, 2).

Раннегерцинский предколлизионный уровень ( $C_{1s}$ ) сложен морскими малоуглеродистыми граувакковыми (молассоидными) отложениями аганактинской свиты. Эти отложения являются вмещающей средой для плутоногенного гидротермального оруденения золото-кварцевого типа. Оруденение генетически связано с малыми интрузиями и дайками гранодиорит-плагиогранитовой формации ( $C_3$ ). Известные жильные поля размещаются в надинтрузивных зонах небольших массивов гранитоидов или непосредственно в их бере-зитизированных разностях (Жерек, Скак, Куперлы, Саратовский и др.). Месторождения контролируются разломами северо-западного, субширотного и северо-восточного направлений. Примерами являются месторождения Кулуджун, Джумба, Сенташ, Лайлы и др. Многие из них разрабатывались с поверхности.

Среднегерцинский коллизионный уровень ( $C_2-C_3$ ) объединяет молассовые лимнические углеродистые (черносланцевые) толщи таубинской ( $C_2$ ) и буконьской ( $C_{2-3}$ ) свит. Характеризуется наземными условиями литогенеза и осушением бассейна седиментации. В состав толщ входят наземные сероцветные молассы, флювиолимнические и болотные углеродистые черносланцевые лиофации.

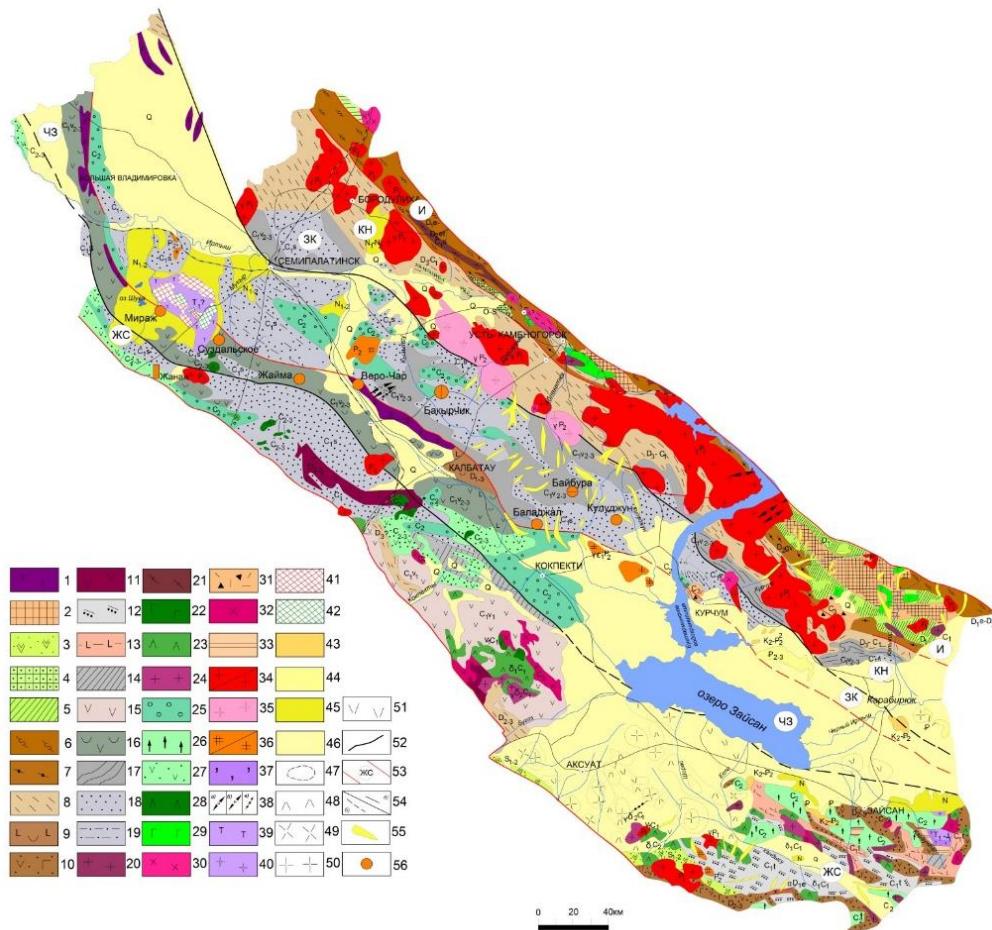


Рисунок 1 – Размещение главных типов золоторудных объектов в Зайсанской сутурной зоне (врезка карты полезных ископаемых Восточного Казахстана, масштаба 1:1000000, Б.А. Дьячков, Н.П. Майорова, Т.М. Никитина)

Таблица 1

*Литолого-стратиграфическая колонка с магматической и металлогенической нагрузкой  
Чарско-Зимунайской подзоны*

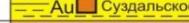
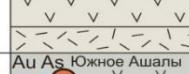
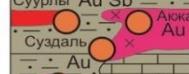
Рудовмещающие геологические формации (структурно-вещественные комплексы)					Литолого-стратиграфическая колонка с металлогенической нагрузкой	Рудогенерирующая магматическая форма-ция (комплекс)	Рудная формация
Геодинами-ческая обстановка	Свиты, серии	Геологические формации	Возраст	Мощ-ность, м			
Неотектони-ческая		Разнообломочная сероцветная	Q	40-200			
	Втору-шинская	Гравелит-песчаная карбонатная	N <sub>2</sub>	15-20			
	Араль-ская	Глинисто-сульфатно-карбонатная	N <sub>1</sub>	70			Коры выветривания Au
	Туранга, ашутас	Углисто-сидерит-колчеданная	P <sub>2</sub> -P <sub>1</sub>	40-100			
	Северо-зайсан-ская	Алевролито-глинистая	K <sub>2</sub> -P <sub>2</sub>	200		Гранит-граносиенитовая (преобразженский P <sub>1</sub> ); гипербазитовая метаморфизованная PR?	Коры выветривания Zr-Ti, Co-Ni
Субплатфор-менная	Семейта-усская	Трахибазальт-трахириолитовая	T <sub>1</sub>	700-1000		Трахибазальт-трахириолитовая (семейтаусский T <sub>1</sub> )	Витрофировая, цеолитовая
Постколлизи-онная			P <sub>2</sub>				
	Салдыр-минская	Риолит-дацитовая наземная	C <sub>3</sub>	1000		Габбро-пикритовая (аримбайский, максутский P <sub>1</sub> )	Специализация Ti, Cu, Ni
Коллизионная	Майтю-бинская	Молассовая базальт-андезитовая наземная	C <sub>2-3</sub>	1400		Плагиогранит-гранодиоритовая (кунушкий C <sub>2</sub> )	Золотосульфидно-кварцевая (Васильевское, Жанан)
	Буко-ньская	Молассовая лимническая угленосная	C <sub>2-3</sub>	1500-2000		Габбро-диабазовая (каабирюкский C <sub>2-3</sub> )	Золото-сульфидно-мышьяковистая (Каабирюк)
Предколлизи-онная	Аганак-тинская	Граувакковая олистоостромовая	C <sub>1</sub> S	2500		Габродиорит-гранодиоритовая (николаевский C <sub>1</sub> )	Золото-кварцевая (Акжал); золото-сульфидно-кварцевая (Суурлы); золотосульфидно-кварцевая (Суздальское); золото-рутная (Веро-Чар)
Окраинно-морско-островодуж-ная	Аркалык-ская	Базальт-андезитовая известняково-терригенная	C <sub>1</sub> V <sub>2-3</sub>	2500-2800		Гипербазитовая метаморфизованная	Железо-марганцевая
		Известняковая	C <sub>1</sub> t-v <sub>2</sub>	25-310			
Преддуговой рифтогенез		Кремнисто-известняково-терригенная	D <sub>1</sub> l-p S <sub>1</sub> w-S <sub>2</sub> ld	130 80-360			
Коллизионная		Эклогит-амфиболит-гнейсовая	O <sub>2-3</sub>				
Островодужная		Метабазальтовая кремнисто-алевролитовая	V- E				
Океаническая		Гипербазитовая	V?			Гипербазитовая (чарский комплекс)	

Таблица 2

Литолого-стратиграфическая колонка с магматической и металлогенической нагрузкой  
Западно-Калбинской подзоны

Рудовмещающие геологические формации (структурно-вещественные комплексы)				Литолого-стратиграфическая колонка с металлогенической нагрузкой	Рудогенерирующая магматическая форма-ция (комплекс)	Рудная формация	
Геодинами-ческая обстановка	Свиты, серии	Геологические формации	Возраст				
Неотектони-ческая		Континентальные разнообломочные	Q-K	800			Россыпи и коры выветривания
Субплатфор-менная	Семей-таусская	Трахизазальт-трахириолитовая	T <sub>1</sub>	700 ?			
Постколлизи-онная			P			Гранит-лейкогранитовая (дальбегетайский P <sub>2</sub> )	Грейзеново-кварцевожильная (Кызылжал, Изумрудное)
Коллизионная	Буконская	Молассовая лимническая угленосная	C <sub>2-3</sub>	1500-2500		Плагиогранит-гранодиоритовая (кунушкий C <sub>1</sub> )	Золото-мышьяко-углеродистая (Бакырчик)
Предколлизи-онная	Аганактинская	Граувакковая алевролито-песчаниковая	C <sub>1</sub> S	1500-2000		Габбронорит-диабаз-диоритовая (бижанский C <sub>2-3</sub> )	Золото-кварцевожильная (Кулуджун); Золото-бере-зитовая (Баладжан)
Окраинно-морско-островодуж-ная	Аркалыкская	Вулканогенно-карбонатно-терригенная	C <sub>1</sub> V <sub>2-3</sub>	1600-3300			Золото-джаспероидная (байбура)
	Карабай-ская	Базальтовая известняково-терригенно-кремнистая	C <sub>1</sub> t D <sub>3</sub> fm <sub>3</sub>	500-1000			Золотосульфидная лиственитовая (Бригадное)
Преддуговой рифтогенез	Игорев-ская	Алевролитовая аспидная	D <sub>3</sub> fm <sub>1-2</sub>	350-800			
	Аналоги андреевской свиты	Базальт-андезитовая карбонатно-терригенная	D <sub>2</sub> gv D <sub>2</sub> ef D <sub>1</sub> e D <sub>1</sub> p	1000 160-500			
		Карбонатно-кремнисто-терригенная	D <sub>1</sub> l	140		Гранодиорит-плагиогранитовая (D <sub>1</sub> ?)	
		Молассовая вулкано-терригенная	S <sub>2</sub> p-ld S <sub>1</sub> w-l	130-600			
Коллизионная		Эклогит-амфиболит-гнейсовая	O <sub>2-3</sub>				
Островодужная		Метабазальтовая кремнисто-алевролитовая	V- E				
Океаническая		Гипербазитовая	V?			Гипербазитовая (чарский комплекс)	

Таблица 3

## Главные типы золоторудных месторождений и рудодропленений Зайсанской сутурной зоны

Тип золоторудных месторождений	Возрастной индекс*	Этапонитовые объекты	Рудометрическая стадия проявления	Магматические комплексы, обстановки	Тип минерализации, стадии рудообразования	Примечание
Золото-рудный (чар-ский) тип	$\left(\frac{C_1 V_{2-3}}{Q_{1-3}}\right)$	месторождение Веро-Чар	бульзогенная карбонатно-терригенная формация (арктическая синга, $C_1 V_{2-3}$ )	миллербантовская формация ( $O_{3-5}^+$ ) булагинты арктического комплекса ( $C_1$ )	золото-никелевый	содержание 0,3-3,8 г/т, в настоящее время не разрабатывается
Золото-сульфидный (бай-бужинский) тип	$\left(\frac{C_3}{C_1 V_{2-3}}\right)$	рудодропление Байбура	бульзогенная карбонатно-терригенная формация (арктическая синга, $C_1 V_{2-3}$ )	платигранит-трансигритовая формация (кунгушский комплекс, $C_1$ )	золотосульфидный дистрофит	содержание 0,1-3,5 г/т
Золото-сульфидный прожилково-выщелачиванный (сузальский) тип	$\left(\frac{C_3 - T_1}{C_1 V_{2-3}}\right)$	рудодропление Жайык 2 $\left(\frac{C_3 - P_1}{C_1 V_{2-3}}\right)$	бульзогенная карбонатно-терригенная формация (арктическая синга, $C_1 V_{2-3}$ )	дайковый суббульзогенитический комплекс, входящий в состав тасгастской вулкано-плутонической серии ( $P_1$ )	золотосульфидный вулкано-прожилковый	содержание 0,1-24 г/т, в настоящее время не разрабатывается
Золото-сульфидный (кунгушский) тип	$\left(\frac{C_3 - T_1}{C_1 V_{2-3}}\right)$	месторождение Сузальское $\left(\frac{C_3 - T_1}{C_1 V_{2-3}}\right)$	бульзогенная карбонатно-терригенная формация (арктическая синга, $C_1 V_{2-3}$ )	платигранит-трансигриты (кунгушский комплекс, $C_1$ ) тасгастская ( $T_1$ ) и семенчайская ( $T_1$ ) субщелочная вулканоп туническая серия	I - синхронетичная золотосодержащая сульфидная (345-375 млн. лет); II - тонкокоралловая золотогорная минерализация (310-330 млн. лет); III - золото-полиметаллическая штокверковая (281,3 ± 3 млн. лет); IV - жильная кварц-антимонитовая (248,3 ± 3,4 млн. лет); V - жильная кварц-антимонитовая (241,9 ± 2,7 млн. лет)	в настоящее время разрабатывается
Золото-серфидный (кунгушский) тип	$\left(\frac{C_3}{C_{1,5}}\right)$	месторождение Кунгуш	морские магнитеродильные гравиаковые (молассонидные) отложения аганакит-серой сингы ( $C_1 S$ )	малые интрузии и линзы трансигрит-платигранитовых формаций (кунгушский комплекс, $C_1$ )	золото-серфидные жилы	в настоящее время не разрабатывается
Золото-серфид-береговой (байджинский) тип	$\left(\frac{C_3 - P_1}{C_1 V_{2-3} - C_1 S}\right)$	месторождение Байджан	контакт отложения карбонатно-терригенной формации (арктическая синга, $C_1 V_{2-3}$ ) и гравиаковой молассонидной (аганакитская синга, $C_1 S$ )	гипабиссальная габро-диоритовая интрузия (байджинский комплекс, $C_1, P_1$ ) и березиты, золото-серфидные жилы	золотосульфидно-серфидный тип в известняках	среднее содержание 3,2 г/т, имеет промышленное значение и в настоящее время разрабатывается
Золото-маштакового ультрекристаллического (байджинский) тип	$\left(\frac{P_1 - T_1?}{C_1 S - C_{2-3}}\right)$	месторождение Байджин	молассовые пикимические ультеродильные (террасодиагенетические) глины гайонитовой ( $C_2$ ) и букоильской ( $C_{2-3}$ ) синг	гипабиссальная гипогранит-трансигритовая формация (кунгушский комплекс, $C_1$ )	прожилково-карбонатный золото-сульфидный тип	содержание 3-10 г/т, разрабатывается
Золотоносные коры выветривания	$\left(\frac{M_2 - K_2}{P_{2-3}}\right)$	месторождение Жайык, Сузальское	бульзогенно-осадочные ультеродильные глины $C_1, C_3$	золотосульфидный тип с золотоносной корой выветривания	золотоносные коры выветривания	разрабатываются методом кучного выплавления

Примечание:

\* В

числителе

–

возраст

рудометрической

толщи

(по

геологическим

данным)

Золотое оруденение, очевидно, имеет двойственную природу: первичное седиментное и ювенильное, связанное с малыми интрузиями и дайками кунушского комплекса (С<sub>3</sub>) [11, 12]. Ведущим промышленным типом является золото-сульфидно-углеродистые минерализованные зоны и зоны прожилкового окварцевания (месторождения Бакырчик, Большевик, Глубокий Лог и др.).

Киммеро-альпийский субплатформенный уровень (К-Р) отличается деструктивным характером, формированием остаточных золотоносных кор выветривания и россыпями золота, преимущественно близкого сноса – делювиально-пролювиальные, аллювиальные, смешанные (бассейны рек Аганакты, Буконь и др.).

Геодинамическая эволюция герцинских структур Зайсанской сутурной зоны связана взаимодействием Казахстанской и Сибирской литосферных плит в коллизионной геодинамической обстановке (С<sub>1</sub>-С<sub>3</sub>), протекающем на фоне интенсивных сдвигово-раздвиговых деформаций.

Согласно современным представлениям [13-18] и собственным наблюдениям автора, геодинамический сценарий развития Зайсанской сутурной зоны в позднепалеозойской время включает следующие этапы: окраинно-морскоостроводужная – аркалыкский базальт-андезитовый комплекс (С<sub>1</sub>в<sub>2-3</sub>); коллизионная – кунушский гранодиорит-плагиогранитный комплекс (С<sub>3</sub>); постколлизионная – аргимбайский габбро-диабазовый, максутский пикродолеритовый, салдырминский дакит-риолитовый комплекс. Эти комплексы коррелируются с активностью Таримского плюма (Р<sub>1</sub>); субплатформенная – сеймитаусская монцонит-граносиенит-гранитная вулканоплутоническая ассоциация, коррелируются с активностью Сибирского (Т<sub>1</sub>) плюма.

Представленные материалы по типовым золоторудным месторождениям Зайсанской сутурной зоны свидетельствуют об их многообразии, разновозрастности и полигенности. Ведущими факторами, ответственными за формирование золоторудных месторождений, являются: 1) состав рудовмещающих толщ (субстрат), с которым повсеместно устанавливается тонкое рассеянное эпигенетическое золото, преимущественно сконцентрированное в пирите; 2) магматизм, обеспечивающий начальный прогрев и флюиды, необходимые для переотложения и концентрирования золота в рудомагматических системах; 3) сдвигово-раздвиговые (транспрессионные) деформации в земной коре (структурный контроль), связанные со спецификой Зайсанской сутурной зоны как субокеанического террейна-реликта Чарского океанического бассейна, сохранившегося в ходе косой коллизии и активности Иртышской сдвиговой зоны Казахстанского и Сибирского палеоконтинентов [10, 15, 16-18]. В табл. 3 приведены основные параметрические характеристики золоторудных месторождений Зайсанской сутурной зоны. Следует обратить внимание на оценку длительности и стадийности рудоотложения. Если Байбуриńskие и Жайминские рудные поля были сформированы в одну стадию (за исключением кор выветривания), то уникальность Сузdalского месторождения как промышленного объекта заключается в полистадийности рудных ассоциаций, связанных, по крайней мере, с двумя крупными эпизодами магматизма: субвулканическими базальт-риолитами (285-270 млн лет) и сеймитаусской субщелочной вулканоплутонической серией (250-245 млн лет), под влиянием которых, вероятно, произошло преобразование первичных золото-сульфидных руд.

#### Список литературы

1. Ковалев А.А. Эволюция земной коры Зайсанской складчатой системы с позиции концепции тектоники плит и некоторые вопросы металлогенеза / А.А. Ковалев, Ю.В. Каракин // Металлогенез и новая глобальная тектоника. - Л., 1973. - С. 81-85.
2. Щерба Г.Н. Металлогенез Рудного Алтая и Калбы / Г.Н. Щерба, Б.А. Дьячков, Г.П. Нахтигаль.

– Алма-Ата: Наука, 1984. – 240 с.

3. Жаутиков Т.М. Особенности формирования углеродисто-золото-сульфидных месторождений Бакырчикского рудного поля (Восточный Казахстан) / Т.М. Жаутиков, В.И. Фомичев // Проблемы рудных месторождений и повышение эффективности геологоразведочных работ. - Ташкент, 2003. - С. 167–168.

4. Усыпенко О.Н. Закономерности формирования и оценка перспектив золотого оруденения нетрадиционного типа в карбонатных формациях Восточного Казахстана / О.Н. Усыпенко, Б.А. Дьячков // Проблемы рудных месторождений и повышения эффективности геологоразведочных работ. – Ташкент: Изд-во ИМР, 2003. - С. 119-122.

5. Ковалев К.Р. Этапность формирования и минералого-geoхимические особенности золоторудной минерализации на Суздальском месторождении в углеродисто-терригенно-карбонатных толщах Западной Калбы (Казахстан) / К.Р. Ковалев, Ю.А. Калинин, Е.А. Наумов и др. // Актуальные проблемы рудообразования и металлогенеза. – Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2006. – С. 101-102.

6. Рафаилович М.С. Крупные месторождения золота в черносланцевых толщах: условия формирования, признаки сходства / М.С. Рафаилович, М.А. Мизерная, Б.А. Дьячков. - Алматы: Изд-во «Luxe media Group», 2011. – 272 с.

7. Генкин Ю.Б. О закономерностях размещения ртутной минерализации в Чарской структурно-фациальной зоне // Вопросы геологии и металлогенеза Восточного Казахстана. – Алма-Ата, 1971. – С. 152-157.

8. Ермолов П.В. Орогенный магматизм офиолитовых поясов (на примере Восточного Казахстана) / П.В. Ермолов, А.Г. Владимиров, А.Э. Изох и др.. – Новосибирск: Наука, 1983. – 191 с.

9. Мысник А.М. Металлогенические системы Казахстана: предпосылки образования, пространственная структура, процессы формирования и закономерности размещения рудных объектов: Отчет / А.М. Мысник, Б.А. Дьячков, Н.И. Стучевский и др. - Алматы, 2003. – 378 с.

10. Дьячков Б.А. Геологические условия формирования и размещения золоторудных месторождений апокарбонатного типа Восточного Казахстана / Б.А. Дьячков, З.И. Черненко, Н.П. Майорова и др. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011. - 136 с.

11. Нарсеев В.А. Бакырчик: Геология, геохимия, оруденение / В.А. Нарсеев, Ю.В. Гостев, А.В. Захаров и др. - М.: ЦНИГРИ, 2001. – 174 с.

12. Жаутиков Т.М. Металлогенез и эволюционная направленность рудного процесса на месторождениях золота Казахстана // Мат. Всеросс. конф., посвящ. 100-летию Н.В. Петровской «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождения, задачи прикладных исследований». - Москва, 2010. – С. 193-195.

13. Щерба Г.Н. Большой Алтай: геология и металлогенез / Г.Н. Щерба, Б.А. Дьячков, Н.И. Стучевский и др. – Алматы: Гылым, 1998. - Кн 1: Геологическое строение. – 304 с.

14. Dobretsov N.L., Vladimirov A.G., Jahn Bor-ming (Eds). Geology, Magmatism and Metamorphism of the Western Part of Altai-Sayan Fold Region: The field excursion guide for geological of the Third International Workshop of the IGCP-420 Project "Continental Growth in the Phanerozoic: Evidence from Central Asia. Novosibirsk, 2001. – 140 р.

15. Буслов М.М. Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтая-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей / М.М. Буслов, Т. Ватанабе, Л.В. Смирнова и др. // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. - № 1–2. – С. 49-75.

16. Владимиров А.Г. Геодинамика и гранитоидный магматизм коллизионных орогенов / А.Г. Владимиров, Н.Н. Крук, С.Н. Руднев и др. // Геология и геофизика. - 2003. - Т. 44. - № 12. - С. 1321-1338.

17. Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W.J., Kroner A., Badarch G. Tectonic models for accretion of the Central Asian orogenic belt // J. Geol. Soc., London, 2007, v. 164, p. 31-47.

18. Владимиров А.Г. Пермский магматизм и деформации литосферы Алтая как следствие термических процессов в земной коре и мантии / А.Г. Владимиров, Н.Н. Крук, С.В. Хромых и др. // Геология и геофизика. – 2008. – Т. 49. - № 7. – С. 621-636.

Получено 1.02.2019

УДК 631.8

**С.С. Лугай, А.Л. Воробьев, З.А. Аубакирова, Г.А. Жаирбаева**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**А.О. Лугай**

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,  
г. Усть-Каменогорск

### ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОСТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ УКОРЕНЕНИЯ СТЕБЛЕВЫХ ЧЕРЕНКОВ

*В статье приведена возможность применения фитостимуляторов роста природного происхождения для укоренения стеблевых черенков на примере герани. В результате проведенного исследования установлено, что фитостимуляторы на основе натуральных компонентов существенно увеличивают длину прорациваемых корешков у черенков, положительно влияют на закладку и развитие засадочных генеративных органов.*

*Мақалада герань мысалында қалемшелер сабағының тамырлануы үшін табиги жасалған өсіру фитостимуляторларды пайдалану мүмкіндігі көлтірілген. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде табиги компоненттер негізіндеғі фитостимуляторлар қалемшелердің өсірілген түбіршектерінің ұзындығын айтарлықтай арттыратыны анықталды және ұрықтанған генеративтік органдарды салу мен дамытуға оң әсер етеді.*

*The article presents the possibility of using growth phytostimulators of natural origin for rooting stem cuttings on the example of geranium. As a result of the study found that phytostimulators based on natural components significantly increase the length of germinated roots in cuttings, has a positive effect on the tab and development of rudimentary generative organs.*

Растения – легкие планеты. Именно растения играют значительную и важную роль в нашей жизни. Наши маленькие и большие помощники поглощают вредный углекислый газ и выделяют чистый и жизненно важный для всех живых обитателей планеты кислород. Ученые всего мира трудились десятками лет, и их работа увенчалась успехом – стимуляторы роста стали главными помощниками не только для сельского хозяйства, но и для декоративного растениеводства.

Экологически чистым приемом повышения качества продукции растениеводства является применение регуляторов роста, которые рассматриваются как экологический фактор антропогенного происхождения. На данный момент накоплен большой объем информации о применении данных препаратов. В связи с быстрым ростом ассортимента регуляторов роста необходимо детальное изучение их влияния на рост и развитие декоративных комнатных растений. При этом приоритет должен быть за экологически чистыми препаратами растительного происхождения.

Регуляторы роста растений – органические соединения, стимулирующие или тормозящие процессы роста и развития растений. Природные регуляторы представлены в растениях фитогормонами и ингибиторами роста, а также веществами типа витаминов. К фитогормонам относятся ауксины, гиббереллины, цитокинины.

Одно из важных свойств фитостимуляторов – повышение устойчивости растений к поражению болезнями и вредителями. Применение фитостимуляторов роста позволяет наиболее полно реализовать потенциальные возможности растения, улучшать качество и увеличивать продуктивность растений. Исходя из актуальности проблемы проведены исследования, направленные на изучение влияния фитостимуляторов природного происхождения на укоренение стеблевых черенков декоративных культур.

В качестве исходного материала для получения ростостимулирующих препаратов использовали хвою ели сибирской, надземные и подземные части лопуха большого.

Объектом исследования являются черенки герани крупнокорневищной (*Geranium Macrorrhizum*).

Название «Герань» произошло от греческого языка. Оно переводится как «аист», а второе значение – «журавль», так как форма плодов этих растений своим видом напоминает клюв аиста.

Герань или журавельник (лат. *Geranium*) – главный род семейства Гераниевые (рис. 1). Всего известно более 400 видов трав и полукустарников, рассеянных по всему миру, а также в тропическом поясе – на горах.



Рисунок 1 – Растение рода *Geranium* – герань большая крупнокорневищная

Цветки правильные, чащелистиков и лепестков по 5, медовых железок 5, чередующихся с лепестками, тычинок 10, свободных или при основании едва спаянных. Завязь из 5 плодолистиков, пятигнездная, с придатками, вытянутыми в клювообразную колонку, увенчанную пятью рыльцами. Семяпочек в гнезде по две, плодики односемянные. В Казахстане распространено около 20 видов герани.

Большинство из биологически активных веществ в низких и очень низких концентрациях играют роль стимуляторов роста, способствуют повышению иммунитета, активизируют плодоношение. В высоких концентрациях эти же препараты оказывают действия, угнетающие физиологические процессы в растениях.

Для проведения исследований использовались черенки герани крупнокорневищной. Были отобраны лучшие по внешнему виду черенки без внешних повреждений, с наличием 1-2 листиков, имеющих крепкий стволик не менее 10 см.

При разработке способа приготовления фитостимуляторов основывались на данных, полученных В.П. Филатовым, который обнаружил, что при неблагоприятных воздействиях на растения и животных в их тканях накапливаются сложные высокополимерные вещества небелковой природы, стимулирующие жизненные процессы и названные биогенными стимуляторами.

*Фитостимулятор из надземных частей лопуха большого.* На основании инновационных патентов КZ (13) A4 (11) 26005 и КZ (13) A4 (11) 26006 «Способы получения фиторегуляторов продуктивности растений» фитостимулятор, полученный из надземных частей лопуха большого, приготовили по следующей технологии. Сбор надземных частей лопуха большого производили в Восточно-Казахстанской области в с. Верхубе. Листья и стебли промывали под водопроводной водой, измельчали на гомогенизаторе до размеров частиц не более 2-3 мм, помещали в рефрижератор на 10

суток при температуре 0-4 °С. Затем к измельченным частицам добавляли дистиллированную воду в соотношении 1:10, кипятили 1 час и фильтровали через ватно-марлевый фильтр. Затем центрифугировали при 3000 об/мин 15 мин. Центрифугат представлял собой опалесцирующую жидкость темного цвета (фитостимулятор роста).

Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата (табл. 1).

В целях предупреждения порчи фитостимулятора использовали 0,5 % концентрации формалин, необходимый для консервации препарата и продления сроков годности препарата.

Таблица 1  
*Концентрация фитостимулятора в рабочих разведениях*

№ п/п	Наименование препа- ратов	Концентрация фитостимулятора, %				
		1	0,1	0,01	0,001	0,0001
1	Фитостимулятор, (мл)	1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
2	Дистиллированная во- да, (мл)	99	9	9	9	9
3	Формалин, (мл)	0,5	0,05	0,005	0,0005	0,00005

*Фитостимулятор из подземных частей лопуха большого.* На основании патентов фитостимулятор, полученный из подземных частей лопуха большого, приготовили по следующей технологии. Сбор подземных частей лопуха большого производили в Восточно-Казахстанской области в с. Верхубе. Корни лопуха промывали под водопроводной водой, измельчали на гомогенизаторе до размеров частиц не более 2-3 мм, помещали в рефрижератор на 10 суток при температуре 0-4 °С. Затем к измельченным частицам добавляли дистиллированную воду в соотношении 1:10, кипятили 1 час и фильтровали через ватно-марлевый фильтр. Затем центрифугировали при 3000 об/мин 15 мин. Центрифугат представлял собой опалесцирующую жидкость черного цвета (фитостимулятор роста).

Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата по методике, описанной выше.

*Фитостимулятор из хвои ели сибирской.* Использовали хвою ели сибирской, которую промывали водопроводной водой, измельчали до размеров частиц не более 2-3 мм, помещали в рефрижератор на 10 суток при температуре 0-4 °С. Затем к измельченной хвои добавляли дистиллированную воду в соотношении 1:10, кипятили 1 час и фильтровали через ватно-марлевый фильтр. Затем центрифугировали при 3000 об/мин 15 мин. Центрифугат представлял собой концентрат целевого продукта (фитостимулятор).

Изучение влияния фитостимуляторов на динамику процесса укоренения стеблевых черенков проводили по следующим вариантам.

*Опыт 1. Изучение активности фитостимулятора, содержащего экстракты надземных частей лопуха большого.*

Распределение черенков производили одновременно во все подготовленные пробирки. В ходе проращивания корней у декоративных цветочных культур для исследования создавались одинаковые условия влажности для всех вариантов опыта. Обработку растений в вариантах опыта проводили согласно схеме, приведенной ниже.

Схемой опыта были предусмотрены следующие варианты:

Вариант 1. 12 черенков герани крупнокорневищной находились в 1 % растворе фитостимулятора до образования корней.

Вариант 2. 12 черенков герани крупнокорневицкой находились в 0,1 % растворе фитостимулятора до образования корней (рис. 2).

Вариант 3. 12 черенков герани крупнокорневицкой находились в 0,01 % растворе фитостимулятора до образования корней.

Вариант 4. 12 черенков герани крупнокорневицкой находились в 0,001 % растворе фитостимулятора до образования корней.

Вариант 5. 12 черенков герани крупнокорневицкой находились в 0,0001 % растворе фитостимулятора до образования корней.

Вариант 6. 12 черенков герани крупнокорневицкой находились в дистиллированной воде до образования корней.



Рисунок 2 – Черенки герани крупнокорневицкой, помещенные в 0,1 % раствор фитостимулятора

*Опыт 2. Изучение активности фитостимулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого.*

Схемой опыта были предусмотрены варианты, которые были описаны выше.

*Опыт 3. Изучение активности фитостимулятора из хвои ели сибирской.*

Схемой опыта были предусмотрены варианты, которые были описаны выше.

Результаты лабораторного эксперимента фиксировались, составлялся отчет о проделанной работе (рис. 3).



Рисунок 3 – Черенки герани с пророщенными корнями при применении фитостимулятора различных концентраций: 1 - 0,1 %; 2 - 0,01 %; 3 - 0,001 %; 4 - 0,0001 %; 5 - 0,00001 %; 6 - дистиллированная вода (контроль)

Влияние фитостимулятора из надземных частей лопуха большого на процесс роста и развитие корней герани представлено в табл. 2, из которой видно, что фитостимулятор, содержащий экстракт надземных частей лопуха большого, активно влияет на процесс роста и развития корней герани. Образование корней герани началось на 3 сутки после начала опыта. Активнее образование корней проявилось в концентрации 0,001 % (32 мм), а за весь период наблюдений длина корней составила 72 мм. В контроле длина корней была 52 мм, что в 1,3 раза меньше, чем в концентрации 0,001 %.

Таблица 2

*Влияние различных концентраций фитостимулятора, содержащего экстракты надземных частей лопуха большого, на процесс роста и развития корней герани*

№ п/п	Концентрация, %	Скорость роста и развитие корней у черенков (мм/день)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	-	-	11	18	25	38	45	52	55	57
2	0,1	-	-	13	19	28	43	54	58	60	62
3	0,01	-	-	24	28	34	41	48	55	58	60
4	0,001	-	-	32	35	40	45	57	63	70	72
5	0,0001	-	-	31	34	38	45	56	62	69	70
6	контроль	-	-	10	15	21	28	36	43	50	52

Результаты влияния различных концентраций фитостимулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого, на динамику прорастания корней герани представлены в табл. 3.

Исследования показали, что в целом обработка черенков герани фитостимулятором оказала значимое положительное влияние на динамику прорастания ее корней. Наилучший показатель был выявлен в варианте с 0,001 % концентрацией фитостимулятора роста. Из данных табл. 3 видно, что образование корней герани началось на 3 сутки после начала опыта. Активнее образование корней проявилось в концентрации 0,001 % (35 мм), а за весь период наблюдений длина корней составила 75 мм. В контроле длина корней была 52 мм, что в 1,4 раза меньше, чем в концентрации 0,001 %.

Таблица 3

*Влияние различных концентраций фитостимулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого, на динамику прорастания корней герани*

№ п/п	Концентрация, %	Скорость роста и развитие корней у черенков (мм/день)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	-	-	14	21	28	41	48	55	58	60
2	0,1	-	-	16	22	31	46	57	61	63	65
3	0,01	-	-	27	31	37	44	51	58	61	63
4	0,001	-	-	35	39	43	48	60	66	73	75
5	0,0001	-	-	34	37	41	48	59	65	72	73
6	контроль	-	-	10	15	21	28	36	43	50	52

Результаты влияния концентраций фитостимулятора из хвои ели сибирской на интенсивность прорастания корней герани представлены в табл. 4.

Таблица 4

*Влияния концентраций фитостимулятора из хвои ели сибирской на интенсивность образования корней герани*

№ п/п	Концентрация, %	Скорость роста и развитие корней у черенков (мм/день)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	-	-	13	20	27	40	47	54	57	59
2	0,1	-	-	15	21	30	45	56	60	62	64
3	0,01	-	-	26	30	36	43	50	57	60	62
4	0,001	-	-	34	37	42	47	59	65	72	74
5	0,0001	-	-	33	36	40	47	58	64	71	72
6	контроль	-	-	10	15	21	28	36	43	50	52

Исследования показали, что наилучший показатель был выявлен в варианте с 0,001 % концентрацией фитостимулятора роста. Из данных табл. 4 видно, что образование корней герани началось на 3 сутки после начала опыта. Активнее образование корней проявилось в концентрации 0,001 % (34 мм), а за весь период наблюдений длина корней составила 74 мм. В контроле длина корней была 52 мм, что в 1,4 раза меньше, чем в концентрации 0,001 %.

Во всех проведенных опытах рекомендуемая концентрация для проращивания крепких и здоровых корней у растений - это растворы с концентрациями 0,001 и 0,0001 % – именно при таких концентрациях будет достигнут наилучший результат для развития корневой системы. Длина корней герани в продуктивных концентрациях была в 1,4-1,5 раза больше, чем в контроле.

Растения до обработки фитостимуляторами были очень слабыми: внешний вид пожухлый, некоторые черенки не имели листьев или же имели поврежденные. Для активизации ростовых процессов и общего поднятия тонуса растения черенки были помещены в пробирки со стимуляторами. После первого наблюдения и в последующие в течение недели состояние растений начало заметно улучшаться: листья обрели интенсивно зеленую окраску, активизировался верхушечный рост. Они характеризовались хорошей проросшей корневой системой.

В результате проведенного эксперимента установлено, что фитостимуляторы на основе натуральных компонентов существенно увеличивают длину проращиваемых корешков у черенков и положительно влияют на закладку и развитие зачаточных генеративных органов.

По экспериментальным данным отмечалось очень хорошее формирование всей мочковатой корневой системы в целом, что позволяет избежать дополнительных операций в подкормке в течение приживаемости растения при посадке в грунт. Это значительно снижает затраты на разведение декоративных растений.

Таким образом, изучаемые фитостимуляторы роста оказывали заметное влияние на количество и качество развития корневой системы декоративных растений на примере семейства Geraniaceae. Применение подобных средств стимуляции жизненных процессов и защиты растений одновременно экономически эффективно, поскольку на производство подобных альтернативных средств практически не требуется значительных финансовых вложений. Применение препаратов чисто природного происхождения экологически безопасно.

## Список литературы

1. Вакуленко В.В. Новые регуляторы роста в сельскохозяйственном производстве. Научное обеспечение и совершенствование методологии агрохимического обслуживания земледелия / В.В. Вакуленко, О.А. Шаповал. - М., 2000. – С. 71-89.
2. Никифорова К.В. Образование корней у черенков *Geranium Macrorrhizum* (герани крупнокорневищной) при использовании стимулятора роста природного происхождения / К.В. Никифорова, Л.П. Осипова, С.С. Лутай // Матер. XIV Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых: «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2014. – С. 108-109.
3. Охлопкова Ж.М. Изучение ингибиторов роста в почках некоторых древесных растений Севера / Ж.М. Охлопкова, К.А. Петров // Конф. научн. молодежи "Эрэл-95". - Якутск, 1995. - С. 14.
4. Никифорова К.В. Основные гормоны роста растений и способы их увеличения / К.В. Никифорова, С.С. Лутай // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы и технологии в современном мире». – Уфа, 29-30 ноября 2013 г. – С. 134-136.
5. Моргун А.Э. Методы стимулирования образования корней у листовых черенков под действием фиторегуляторов роста / А.Э. Моргун, С.С. Лутай // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы и технологии в современном мире». – г. Уфа, 29-30 ноября 2013 г. – С. 128-130.
6. Никифорова К.В. Использование фитостимуляторов роста для укоренения стеблевых черенков декоративных культур / К.В. Никифорова, С.С. Лутай // Матер. XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых: «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2015. – С. 226-230.
7. Пентелькина Н.В. Экологически чистые технологии на основе использования стимуляторов роста: Сб. науч. тр. БГИТА // Экология, наука, образование, воспитание. - 2002. – Вып. 3. — С. 69-71.
8. Инновационный патент КZ (13) A4 (11) 26005.
9. Инновационный патент КZ (13) A4 (11) 26006.
10. Лутай С.С. Use of growth phytoregulators rooting stem cuttings ornamental crops / С.С. Лутай, А.Л. Воробьев, К.В. Никифорова и др. // Матер. IX Междунар. конф. «Эффективное использование ресурсов и охрана окружающей среды – ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса» и XII Междунар. науч. конф. «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов. – Усть-Каменогорск, 2015. – С. 420-428.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 87.53

**Т.Н. Лысакова, А.М. Нұжжанова**

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск

**БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ СВАЛОК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Приоритетным методом исследования качества почв в Северо-Казахстанской области является биоиндикационный метод, который наглядно показывает состояние почвенного покрова на территории свалок. В результате биотестирования почвам на территории свалок Северо-Казахстанской области присуждены различные уровни загрязнения. Это обусловлено тем, что несанкционированные свалки имеют различные годы образования, и мусор, складируемый на свалках, имеет различный состав. Несмотря на длительное скопление твердых бытовых отходов, на отобранных почвенных образцах семена кress-салата проросли ровными проростками с небольшими отклонениями и незначительными уродствами.*

*Солтустік Қазақстан облысында топырақ сапасын зерттеудің басымдықты әдісі полигондағы топырақ жамылғысының жай-күйін анық көрсететін биоиндикация әдісі болып табылады. Бұл санкцияланбаған полигондардың әртүрлі жылдары болғандығына және әртүрлі құрамға ие болуына*

**байланысты.** Қатты түрмистық қалдықтардың полигондарында жануарлардың қалдықтары, органикалық қоқыс, сүйік қалдықтар бар. Солтүстік Қазақстан облысында катты түрмистық қалдықтар полигондарының аумағында топырақтың жай-күйін зерделеу кезінде биологиялық мониторинг әдісі пайдаланылды.

*The priority method for studying soil quality in the North Kazakhstan region is the bioindication method. Based on the results of soil biotesting, different levels of pollution are obtained in the territory of the North Kazakhstan region. This is due to the fact that unauthorized landfills have different years of education and the garbage stored in landfills has a different composition. Despite the long-term accumulation of solid domestic waste on individual soil samples, lettuce seeds-cress salad sprouted even with sprouts with small deviations and slight deformations.*

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, полигон размещения бытовых отходов, экологический мониторинг, биоиндикатор, биотестирование.

Методологической основой экологии является системный подход в исследованиях. На его основе изучают свойства высокоорганизованных объектов, т.е. многообразие связей между элементами экосистемы, их разнокачественность и соподчинение. При этом нельзя забывать о том, что экосистемы находятся в состоянии динамического равновесия и способны противостоять изменениям природной среды [1].

В зависимости от точности результатов, которые необходимо получить при проведении мониторинга по тому или иному компоненту, явлению, процессу, от среды, в которой проходят исследования, доступных финансовых и других средств используют различные методы мониторинга. К ним относятся физико-химические методы, методы биологического мониторинга, дистанционный метод (осуществляется при помощи высокоточных авиационных и космических способов). Методы мониторинга окружающей среды позволяют получать максимально полную информацию относительно текущего состояния окружающей среды. Благодаря этому можно определять состояние экологии в данном районе, местности, предприятии, а значит и принимать меры для ее улучшения [2].

Полигоны для размещения бытовых отходов, не соответствующие нормативным требованиям, представляют экологическую опасность для биосфера, особенно в северных регионах, отличающихся слабым потенциалом самоочищения. К таким относится Северо-Казахстанская область. На территории свалок Северо-Казахстанской области ранее мониторинг почв не проводился, что недопустимо в условиях сохранения источников загрязнения, к которым могут быть отнесены организованные и неорганизованные полигоны (свалки) размещения непереработанных твердых бытовых отходов. Складирование и хранение отходов, как правило, на природных необорудованных площадках в значительной степени влияет на экологическое состояние прилегающих территорий. При этом особое внимание уделяют почвенному покрову как депонирующей вредные компоненты среде из всех геосфер.

Актуальность существующей проблемы обозначила цель работы: экологическое оценивание состояния почв на территории свалок Северо-Казахстанской области с использование биоиндикационных методов исследования.

**Исследуемая территория.** Северо-Казахстанская область имеет площадь 97 993 км<sup>2</sup> и составляет 3,6 % территории Казахстана с населением около 572 тыс. человек. На территории Северо-Казахстанской области находится один полигон размещения твердых бытовых отходов.

**Объектами анализа** выступили почвенные образцы, отобранные на территориях, прилегающих к свалкам твердых бытовых отходов Северо-Казахстанской области. Всего отобрано было 20 образцов в различных районах области. Почвенные образцы отбирались на свалках с различным составом и годом образования.

На конец 2015 года насчитывалось 579 условно-организованных свалок. Количество свалок в Северо-Казахстанской области превышает количество свалок в других областях Республики Казахстан [3].

*Методы и методики исследования.* Почвы отобраны в летний период 2016 года из поверхностного горизонта 0–20 см методом конверта со стороной квадрата 1 м. Отбор, подготовка почв проведены по требованиям ГОСТов и методик анализа почв на определяемые компоненты [4]. Токсичность почв оценена методом биотестирования по показателям всхожести и роста семян кress-салата.

Признаки, по которым было произведено биотестирование почвы:

- всхожесть семян;
- длина побегов.

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения:

- Загрязнение отсутствует. Всхожесть семян достигает 90–100 %, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контрольных образцов.
- Слабое загрязнение. Всхожесть 60–90 %. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.
- Среднее загрязнение. Всхожесть 20–60 %. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.
- Сильное загрязнение. Всхожесть семян очень слабая (менее 20 %). Проростки мелкие и уродливые.

В ходе исследования рассчитывался процент всхожести семян кress-салата. На основании этих данных рассчитывался уровень загрязнения почв. Было определено, что:

- загрязнение отсутствует в точках: с. Ломоносовка, район им. Г. Мусрепова; с. Чаглы, с. Безлесное, Аккайынский район; с. Святодуховка, Жамбылский район; с. Рассвет, с. Новокаменка, Кызылжарский район;
- слабое загрязнение в точках: с. Полтавка, с. Ивановка, с. Киялы, Аккайынский район; с. Петровка, с. Айымжан, с. Кладбинка, Жамбылский район; с. Приишымка, с. Красная горка, с. Архангельское, Кызылжарский район; с. Червонное, с. Дружба, с. Неженка, район им. Г. Мусрепова;
- среднее загрязнение в точках: с. Новоишимское, район им. Г. Мусрепова; с. Екатериновка, Жамбылский район (рис. 1).

Исследуя проростки кress-салата, было выявлено, что наибольшая средняя длина побега в точке 17 - с. Ломоносовка, район им. Г. Мусрепова - 7,6 см, а также в точке 9 - с. Святодуховка, Жамбылский район - 6,4 см, а наименьшая средняя длина побега в точке 7 - с. Екатериновка, Жамбылский район - 5,4 см (рис. 2).

Представителями управлений природных ресурсов и регулирования природопользования, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства, департамента экологии по Северо-Казахстанской области при участии представителей районных отделов ЖКХ осуществляется оптимизация свалок в Северо-Казахстанской области, проводится регулярный выезд и осмотр проведения работ по буртованию и обустройству свалок в районах области. Проведенная исследовательская работа была представлена как рекомендация к последующей оптимизации свалок твердых бытовых отходов Северо-Казахстанской области. Оптимизировать предлагалось те свалки, уровень загрязнения которых выше, чем у других. Еще одним критерием была предложена оптимизация свалок для близко расположенных сел в пределах 7-10 км, из этих свалок оптимизировалась та, у которой опять же уровень загрязнения превалирует над уровнем другой свалки.

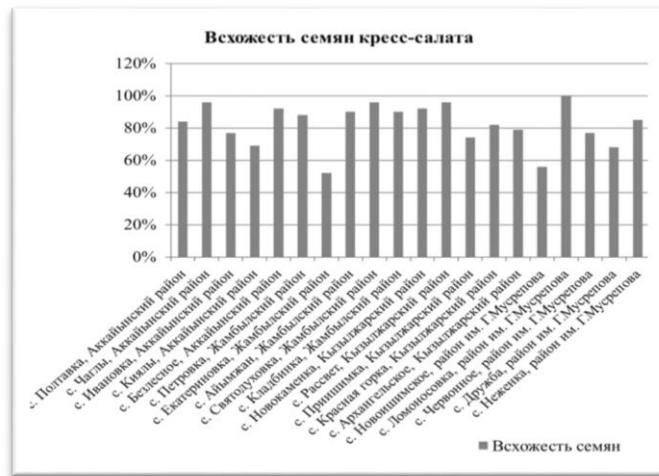


Рисунок 1 - Всходость семян кress-салата на отобранных образцах почвы

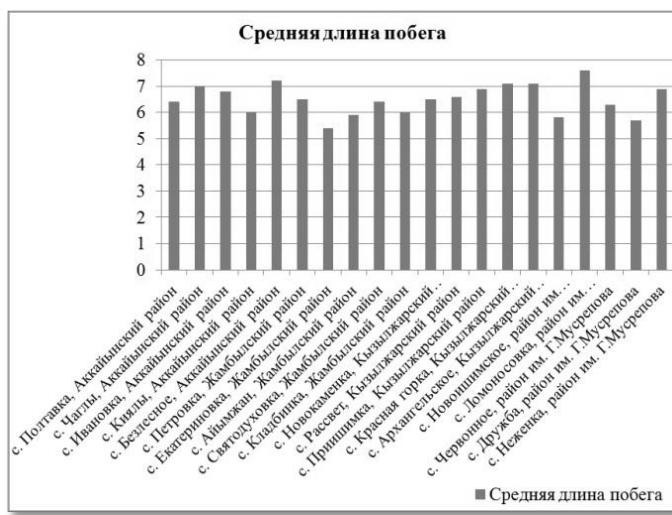


Рисунок 2 - Средняя длина побегов кress-салата

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

При исследовании состояния почв на территории свалок твердых бытовых отходов Северо-Казахстанской области использовался метод биологического мониторинга. В результате биотестирования были установлены уровни загрязнения почв Северо-Казахстанской области в местах размещения свалок твердых бытовых отходов. Среднее загрязнение почвы отмечено в точках: с. Новошимское, район им. Г. Мусрепова; с. Екатериновка, Жамбылский район, загрязнение отсутствует в точках: с. Ломоносовка, район им. Г. Мусрепова; с. Чаглы, Аккайинский район; с. Святодуховка, Жамбылский район; с. Рассвет, Кызылжарский район; с. Безлесное, Аккайинский район; с. Новокаменка, Кызылжарский район. Несмотря на длительное скопление твердых бытовых отходов, на отобранных почвенных образцах семена кress-салата проросли ровными проростками с небольшими отклонениями и незначительными уродствами.

Присвоение отобранным образцу почвы своего уровня загрязнения помогает при реализации программы модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами

Северо-Казахстанской области. Таким образом, установленные изменения почв на свалках твердых бытовых отходов требуют совершенствования системы приема, складирования, хранения и контроля отходов, объектов окружающей среды и методов исследования состояния почв.

#### Список литературы

1. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнерт, Р. Вальтер, Т. Ветцель и др.; Под ред. Р. Шуберта; – М.: Мир, 1988. – 348 с.
2. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пособие для студ. вузов / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева. - 2007.
3. Программа модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами Северо-Казахстанской области на 2015-2030 годы. - Петропавловск, 2015. – 59 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. - М.: Стандартин-форм, 2008. - 6 с.

Получено 1.02.2019

УДК 72.03 (574)

**Д.Т. Мун**

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы

#### ТРАДИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АРХИТЕКТУРЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ КАЗАХСТАНСКОГО УЧАСТКА ШЕЛКОВОГО ПУТИ

*Геоморфологические условия южных территорий Казахстана с их богатыми ресурсами глинистых грунтов predetermined the active development of the processes of urbanization and agricultural economic activity from the earliest times, as well as the formation of the main communication routes, known as the Silk Roads. Raw clay materials and ceramic brick played a major role in the construction of cities and towns, and the improvement of their production and use technologies contributed to the evolution of architecture.*

*Қазақстанның оңтүстік аумақтарының геоморфологиялық жағдайларының саз байлықтары кентену үдерісінің және ауыл шаруашылық әрекеттерінің белсенді дамуын, сонымен қатар, Ұлы Жібек Жолы деп аталатын негізгі байланыс жолдарын ерте заманнан бүтінгі күнге дейін қалыптастырыды. Саз-шикі және өртөлген кірпіш үлкен және кіші қалаларды салуда маңызды рөл атқарды, оларды өндіру және пайдалану технологияларын жетілдіру сәулөт өнерінің дамуына ықпал етті.*

*The geomorphological conditions of the southern territories of Kazakhstan, with their rich clay soils resources, predetermined the active development of the processes of urbanization and agricultural economic activity from the earliest times, as well as the formation of the main communication routes, known as the Silk Roads. Raw clay materials and ceramic brick played a major role in the construction of cities and towns, and the improvement of their production and use technologies contributed to the evolution of architecture.*

**Ключевые слова:** архитектура Казахстана, сырцовое строительство, сырцовый кирпич, обожженный кирпич, терракота, Шелковый путь, эпоха тимуридов, архитектура караханидов.

Границы территории Казахстана простираются от нижнего течения Волги на западе до подножия Алтайских гор на востоке, от Западно-Сибирской низменности на севере до пустыни Кызылкум и горной системы Тянь-Шань на юге. Территория имеет сложное строение, примерно две трети занимают пластовые равнины, в пределах которых распространены песчаные и глинистые пустыни, полупустыни и сухие степи, а степи и лесостепи преобладают только на севере страны. Геоморфологические условия в сочетании с резко континентальным климатом – умеренно холодным на севере и умеренно жарким на

крайнем юге, с характерными резкими колебаниями температуры и незначительным количеством атмосферных осадков на большей части республики - определяют основной характер расселения, использования территорий и развития процессов урбанизации доиндустриального периода.

Большие реки на юге и в Семиречье, такие как Сырдарья, Талас, Лепсы, Карагатал и др., на протяжении всей истории играли и продолжают играть определяющую роль в развитии городов и основных маршрутов коммуникации на территории Казахстана, связывая восток и запад континента. Несмотря на обширные площади пустынь и полупустынь в этом регионе, благодаря этим рекам и более теплому климату, здесь предоставляются благоприятные условия для развития как земледельческой хозяйственной деятельности, так и для кочевого скотоводства.

Археологические остатки городов вдоль основных маршрутов Шелкового пути, проходивших вдоль этих рек, демонстрируют постоянное сосуществование и взаимодействие оседлых и кочевых цивилизаций. Глинистые грунты, наиболее доступные по сравнению с природным камнем и древесиной, использовались здесь в строительстве, начиная с глубокой древности вплоть до середины 20 века. Сырцовый кирпич и глиняный раствор сохраняли свою доминирующую роль в строительстве даже тогда, когда уже стали широко использоваться технологии обжига материалов, в частности производства керамического (обожженного) кирпича.

Предпочтение, отдаваемое глине, обусловлено тем, что она как сырье легкодоступна для всех слоев населения, в большинстве случаев практически бесплатна, находясь непосредственно на месте строительства, не требует особых затрат при обработке, а также может использоваться в сочетании с новыми строительными материалами. В постройках из сырца в условиях резко континентального климата наиболее легко создается комфортная среда для проживания при минимальных затратах не только на строительство, но и на последующую эксплуатацию и поддержание состояния построек. Кроме того, сырцовые конструкции легко демонтируются, а материалы могут быть утилизированы или повторно использованы прямо на месте, не нарушая экологического баланса окружающей среды. История успешного развития древних городов Шелкового пути доказывает это: из сырца возводились не только массовая жилая застройка, но и важные общественные здания, постройки мемориально-культового и инженерно-технического назначения. Надо отметить, что сырец продолжает применяться здесь и в наши дни наряду с использованием обожженного кирпича и других современных строительных материалов массового промышленного производства.

Археологические памятники, такие как городища Яссы (Древний Туркестан), Сыгнак, города Отарского и Жетыасарского оазисов, Чирик-рабат, Бабишимулла, Тагискен, Кулан, Костобе, Сауран, Актобе (Баласагун), Каялык, предоставляют уникальную информацию о сырцовой архитектуре и множестве способов использования глинистых грунтов в качестве строительного материала. Среди широко практикуемых методов изготовления материалов можно выделить основные, которые здесь наиболее часто применялись: устройство конструкций из утрамбованного в опалубках глиняного раствора; применение формованных из обычной глины и высушенных на солнце сырцовых кирпичей; строительство из прессованных блоков (пахсы), которые производят методом прессования глиняного или глино-грунтового раствора непосредственно на строительной площадке.

При этом существовали сотни вариаций, близких к этим основным методам. Строители знали множество различных добавок и способов улучшения свойств глиняных и грунтовых растворов для создания более прочных конструкций, эффективно противостоящих воздействию негативных природных факторов.

Глина применялась не только для возведения зданий, но для их отделки и декорирования. Некоторые великолепные образцы такого декора найдены при археологических раскопках руин дворцовых построек городищ Кулан, Актобе [1] (рис. 1). Многочисленные аналоги выявлены при раскопках жилых построек городища в Пенджикенте (Таджикистан) и городища Красная речка (Кыргызстан). Уникальный образец резного глиняного архитектурного декора михраба сохранился в мавзолее Бошаро в Таджикистане.



Рисунок 1 - Фрагменты резного глиняного декора помещений дворцовых комплексов городищ Актобе (Баласагун) [2] и Кулан в Жамбылской области

Использование обожженного кирпича на территории Центральной Азии<sup>1</sup> известно с глубокой древности. Он найден при раскопках построек Старой Нисы в Туркменистане (I-III вв. до н.э.) и буддийского комплекса Айртам в Узбекистане (I-II вв. н.э.) [3]. На территории Казахстана обожженный кирпич регулярно стал использоваться в строительстве в VI-VIII вв. Сначала он встречается в дворцовых постройках в виде облицовки полов, лестниц, площадок внутренних дворов, поверхностей стен для большей защиты их от механических воздействий и воздействия влаги, как, например, в цитадели городища Актобе (Баласагун) [4] (рис. 2). К X-XII вв. уже большинство важных общественных зданий городов, фортификационных сооружений, построек мемориально-культового назначения строится в сочетании с сырцовыми материалами. Обожженный кирпич применялся для основных конструктивных элементов (колонн, сводов и арок) и в облицовке стен фасадов. В это же время распространяется использование в кирпичной кладки ганчевого (алебастрового) раствора, что стало позволять создавать более прочные конструкции. Техники строительства из обожженного кирпича продолжают приемы сырцового строительства, но благодаря увеличению прочности кирпичной кладки появились новые возмож-

<sup>1</sup> Под странами и территориями Центральной Азии в данной статье подразумеваются республики Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан и их территории, согласно принятой ЮНЕСКО (ООН) дефиниции (определение).

ности для планировочных вариаций, для перекрытия больших пролетов помещений и проемов, что дало импульс расцвету архитектуры в период средневековья. Толщина несущих стен построек стала заметно уменьшаться. Мастера смело экспериментируют, разрабатывая разные варианты и совершенствуя конструкции тромпов, арок, сводов, применяя их в разных сочетаниях, используют для решения самых разных архитектурно-художественных задач. Фасады и интерьеры щедро декорируются фигурной кирпичной кладкой в виде художественных орнаментальных рельефов линейно-геометрического характера, в отделке используется резной декор по ганчу.



Рисунок 2 - Лестница и полы, облицованные обожженным кирпичом во дворце Актобе (Баласагун)

По мере расширения и совершенствования производства керамического обожженного кирпича в Центральной Азии традиционный резной глиняный и ганчевый декор находит свое продолжение в резной терракоте, которая на более ранних этапах представляла собой резные кирпичи для лицевой кирпичной кладки. Они имели особую форму, гарантировавшую надежную прочность всей конструкции стены при устройстве декоративной облицовки. Позже технологии изготовления резной терракоты упрощаются, и она приобретает вид резных терракотовых плит, которые легче обжигать, а облицовку стало проще монтировать на уже готовые поверхности стен путем «примораживания» при помощи ганчевого раствора. Декор из резной терракоты является характерной особенностью стиля архитектуры эпохи караханидов, господствовавшего на территории Центральной Азии в период X-XII вв. Наиболее ярким его примером является мавзолей Айша-бibi, расположенный близ г. Тараз (рис. 3).



Рисунок 3 - Мавзолей Айша-бibi и резные терракотовые кирпичи

В это время технологии производства были настолько хорошо отработаны, что и кирпич высокого качества, и сама терракота производились непосредственно на местах строительства. Поэтому она встречается при раскопках многих руин мемориально-культовых построек этого времени, даже расположенных на большом расстоянии от больших городов и населенных пунктов, в районах традиционно обитаемых скотоводами-кочевниками. Так, например, ее находят при раскопках руин мавзолеев XII-XIV вв. в некрополях, расположенных на всем протяжении древней Сарысуйской дороги [5], ответвляющейся от основной трассы Шелкового пути на север, к медным рудникам Сары-Арки. Терракота найдена также при раскопках мавзолея XII-XIII вв. в городище Бозок [6].

Важно отметить, что с распространением производства и применения в строительстве обожженного кирпича в период раннего средневековья широкое распространение принимает использование обожженных керамических труб для устройства в городах систем водопроводов и канализации. Ярким и наиболее ранним примером является городище Актобе (Баласагун), где в ходе археологических раскопок выявлена система керамических труб водоснабжения, поставлявшая воду не только в цитадель, но и в жилища горожан из водосборных хаузов и колодцев, куда вода поступала по системе ирригационных каналов. Развитая сеть керамических труб системы канализации обеспечивала дренаж и отвод сточных вод за пределы жилых кварталов города [7].

С появлением технологии производства поливной глазури в XII-XIII вв. объемный резной декор терракоты постепенно замещается декором цветных мозаик из полихромной поливной майолики и изразцов. Цветные узоры из поливной керамики становятся одной из отличительных характеристик архитектурного стиля эпохи тимуридов. Пиком развития архитектуры и инженерной мысли этой эпохи стал мавзолей Ходжа Ахмеда Ясави (1389-1405 гг.) в Туркестане, где пролет большого купола, возведенного из кирпича, достигает 18,2 м в диаметре, а вся постройка представляет собой исчерпывающую энциклопедию по мемориально-культурной архитектуре этого периода, в которой представлено большое разнообразие сводчатых перекрытий, применявшихся в этот период. Возведя мавзолей-ханаку, мастера-строители оттачивали свое мастерство, которое чуть позже будет применено и развито в других постройках Центральной Азии, в частности в Самарканде. В настоящее время мавзолей Ходжа Ахмеда Ясави является единственной из 4 крупнейших построек, представляющих эпоху тимуридов, дошедшей до нашего времени и наименее полно сохранившейся в оригинале информацию об архитектуре, материалах и методах строительства этого времени.

К сожалению, большинство городов, процветавших в период активного функционирования Шелкового пути<sup>2</sup> на территории Казахстана, в настоящее время представляют собой археологические руины, где в большинстве своем в оригинале сохранилась только планировка построек. О конструкциях и их элементах, о декоре можно судить только по интерпретациям фрагментов, найденных в виде археологических артефактов. Разнообразие архитектуры построек из обожженного кирпича в период средневековья в полной мере можно понять также по отдельным объектам мемориально-культурной архитектуры, сохранившимся в труднодоступных районах, удаленных от современных больших насе-

<sup>2</sup> С II в. до н.э. по XVII в. В 138 г. до н.э. китайский император Вади династии Хань послал своего генерала Чжан Цзяня в западный регион. Благодаря ему положено начало активного функционирования торгового пути из г. Сиань в Китае в Европу. «SILK ROADS: Initial Section of the Silk Roads, the Routes Network of Tian-shan Corridor». Номинационное досье объекта всемирного наследия ЮНЕСКО. [www.unesco.org](http://www.unesco.org).

ленных пунктов. Среди них особенно ценную информацию предоставляют мавзолеи Алашахан, Жошихан, Болган-ана, Аяккамыр в Улытау в Центральном Казахстане, датировка которых еще недостаточно точно установлена и варьируется у разных исследователей в промежутке XII-XVII вв. Архитектура этих средневековых мавзолеев вплоть до XX в. вдохновляла кочевое население Сары Арки для строительства мемориальных сооружений своим выдающимся предкам (рис. 4).



Рисунок 4 - Мавзолеи Жошихан и Алашахан

На протяжении всей истории городов Шелкового пути древесина и камень также играли важную роль в строительстве. Как правило, использовались они в виде отдельных элементов конструкций. Из древесины изготавливались балки перекрытий плоских кровель, колонны и элементы каркасных стен, двери и окна. В связи с ее недостатком в этих районах сложилась древняя традиция, когда при рождении сына отец должен посадить саженцы тополя, чтобы сын, когда вырастет, смог построить дом для своей семьи. Причем для постройки деревья не срубаются целиком, а берется только необходимое количество подходящих ветвей. Камень использовался в основном как гидроизоляционный материал для устройства фундаментов, оснований колонн.

Использование глины-сырца и обожженного кирпича было настолько традиционно и распространено в городах и населенных пунктах на Шелковом пути, что даже при возникновении новых маршрутов города на этих маршрутах возводились, основываясь на этой традиции. Примером этого служат городища Кызыл-Кала в Мангистау, Сарайшык (Сарайчик) в Атырауской области, Ак-Жайык. Эти города возникли на северном прикаспийском ответвлении Шелкового пути, которое активизировалось в X-XVII вв. в период политических проблем на основных южных направлениях. Их расцвет приходится на время расцвета Золотой орды, которая контролировала торговлю на участке от Хивы и Узгена до городов Поволжья. Так, несмотря на обилие ресурсов известняка и песчаника в окрестностях Кызыл-Калы, массовая жилая застройка здесь возводилась из глиняных сырцовых материалов, использовался также обожженный кирпич. В то же время местное кочевое население традиционно использовало в этом регионе камень известняк для возведения как своих зимовок-кыстау, так и в мемориально-культовом строительстве. Аналогично в городищах Сарайшык и Ак-Жайык древесина не являлась основным строительным материалом, несмотря на ее доступность как материала в этих местах. Поселения пришедших с северных российских территорий казаков, заселивших приуральские земли в самые ранние периоды экспансии Российской империи в Центральную Азию, строились из древесины, как наиболее доступного здесь материала, привнося сюда новую традицию. Но при этом надо отметить, что коренное местное население продолжает ис-

пользовать сырцовые глиняные материалы в строительстве своих жилищ.

С присоединением Азиатских территорий к Российской империи и строительством железных дорог - Закаспийской в 1899 г. и Оренбургской в 1906 г. - появилась регулярная связь с европейской частью России, что внесло значительные социальные изменения в жизнь и развитие городов юга Казахстана. По железной дороге из России в южные районы стали доставляться такие строительные материалы, как лес, металл, стекло [8]. Производство обожженного кирпича на местах стало принимать промышленные масштабы и уже к концу IX в. все общественные здания, особенно инвестируемые царским правительством, стали возводиться полностью из обожженного кирпича. При этом массовая жилая застройка продолжает традиционно возводиться из глиняных сырцовых материалов вплоть до середины XX в., когда предпочтение стало отдаваться применению новых материалов, таких как бетон, стекло, металл, и строительство жилья было прерогативой государства. В современных экономических условиях наблюдается возрождение древних традиций использования сырцовых глиняных материалов в сельской местности и малых населенных пунктах, где наблюдается быстрый рост темпов индивидуального строительства.

На всем протяжении истории городов, расположенных на основных маршрутах Шелкового пути, глина-сырец и обожженный кирпич играли главную роль в их развитии. Совершенствование технологий их производства способствовало эволюции архитектуры региона с появлением новых конструкций, архитектурного дизайна и новых стилей.

#### Список литературы

1. Отчет о раскопках на городище Актобе с 6 по 28 июля 1974 г. Архив отдела археологии НИАЭ, инв. № 294. SILK ROADS: Initial Section of the Silk Roads, the Routes Network of Tianshan Corridor // Номинационное досье объекта всемирного наследия ЮНЕСКО. – С. 252.
2. Отчет о раскопках на городище Актобе с 6 по 28 июля 1974 г. Архив отдела археологии НИАЭ, инв. № 294. SILK ROADS: Initial Section of the Silk Roads, the Routes Network of Tianshan Corridor // Номинационное досье объекта всемирного наследия ЮНЕСКО. – С. 94.
3. Хмельницкий С. Между кушанами и арабами. Архитектура Средней Азии V-VIII вв. – Берлин-Рига: GAMAJUN, 2000. - С. 45-46.
4. Шалекенов-Баласагуны У.Х. Город Баласагун в V-XIII вв. – Алматы: Жибек жолы, 2009. - С. 115-121.
5. Смаилов Ж.Е. Памятники археологии западной Сарыарки (Средневековые городища и поселения). – Караганда: Tengri ltd, 2015. – 142 с.
6. Хабдулина М.К. Раннемусульманские погребения некрополя городища Бозок. Диалог городской и степной культур на Евразийском пространстве. Историческая география Золотой Орды // Матер. 7 Междунар. конф., посвящённой памяти Г.А. Фёдорова-Давыдова; Под ред. С.Г. Бочарова и А.Г. Ситдикова. – Казань-Ялта-Кишинев, 2016. - С. 95-96.
7. Шалекенов-Баласагуны У.Х. Город Баласагун в V-XIII вв. – Алматы: Жибек жолы, 2009. - С. 117-137.
8. Кадырова Т. Пути архитектурного возрождения Узбекистана за XX-нач. XXI в. – Ташкент, 2007. С. 23.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 39.19.31

**Ж.О. Озгелдинова, М.А. Алагуджаева, Г.Т. Оспан**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

**Ж.Т. Мукаев**

Государственный университет им. Шакарима, г. Семей

**ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*В статье рассматриваются прогнозируемые тенденции динамики геосистем бассейна реки Сарысу в условиях антропогенных воздействий. Прогнозирование динамики антропогенной нагрузки на геосистемы приобретает особую остроту в настоящее время, так как антропогенное воздействие на природные системы увеличивается, и предвидеть в этой связи предстоящие изменения в ПТК является важной задачей. Дан прогноз развития антропогенной нагрузки в пределах бассейна реки Сарысу на 2030 г.*

*Мақалада Сарысу өзені бассейніндеғі антропогендік әсер кезінде геожүйелер динамикасын болжай үрдістері қарастырылған. Қазіргі уақытта геожүйеге антропогендік әсердің динамикасын болжай аса қажет болып түр, себебі табиғи жүйеге антропогендік әсер артып келеді, сондықтан осыған сәйкес ТАК өзгеруін болжай маңызды міндет болып түр. 2030 жылына дейінгі Сарысу өзені бассейнінде аймагына антропогендік әсерге болжак берілтген.*

*The article considers the forecasted trends in the dynamics of the geosystems in the Sarysu river basin under anthropogenic impacts. Forecasting the dynamics of the anthropogenic load on the geosystem is particularly acute now, as the anthropogenic impact on natural systems is increasing, and to anticipate, in this regard, the forthcoming changes in the NTC is an important task. The prognosis of the development of anthropogenic load within the Sarysu river basin for 2030 is given.*

**Ключевые слова:** геосистема, антропогенная нагрузка, динамика, прогнозирование, природопользование.

Теоретической и методологической базой служит ландшафтное прогнозирование и теория антропогенной трансформации геосистем, основанная на идеях и трудах ведущих ученых в области географии, ландшафтования, геоэкологии, природопользования А.Г. Иса-ченко (1980), Н.Ф. Реймерса (1990), Б.И. Кочурова (1999), В.А. Николаева (1979).

Прогнозирование состояния геосистем является основным условием при разработке оптимальной структуры природопользования. Прогнозирование - изменение природной среды как предсказание устойчивых перемен в природной среде, происходящих в результате сложных цепных реакций, связанных с воздействием человека. Прогнозирование тенденции динамики геосистем в условиях антропогенных воздействий направлено на образование совершенно новых культурных ландшафтов путем оптимизации территориальной структуры природопользования в соответствии с ландшафтными особенностями территорий. Прогнозирование оправдано, когда оно базируется на основе ведущих факторов [1]. Отдельные показатели оценки антропогенной нагрузки на прогнозный период определяются контрастностью антропогенной деятельности, обусловленной хозяйственным освоением территории. Прогноз антропогенных воздействий вытекает из текущих и программных задач социально-экономического развития регионов. Для систем регионального уровня предлагается составлять прогнозы на 20-30, 50 и 100 лет [2]. Как отмечает Сочава В.Б. (1972), географический прогноз необходимо разрабатывать для каждого уровня геосистем. Прогноз для более низших таксономических единиц должен рассматриваться на фоне более высших геосистем.

Комплексное исследование геосистем бассейна реки Сарысу обусловлено все возрастающим антропогенным воздействием на ее природную среду. Преобразование естественных природных ландшафтов в исследуемой территории связано с сырьевой направ-

ленностью ее экономики. В связи с этим актуальность исследования выбранной территории определяется необходимостью получения новой информации, выполненной на основе прогноза тенденции динамики геосистем в условиях антропогенных воздействий, необходимой для разработки оптимальной структуры природопользования бассейна реки Сарысу.

При прогнозе антропогенной нагрузки используются методы пространственной интерполяции и экстраполяции, географических аналогий, логический анализ и синтез, картографический, статистический, математического моделирования и другие. Метод географических аналогий основывается на изучение опыта взаимодействия природных и технических комплексах в подобных геосистемах. Статистический метод и метод математического моделирования применяются для подсчета самой антропогенной нагрузки на прогнозный период. Картографический метод позволяет отобразить структуру антропогенной нагрузки на прогнозный период и выявить ареалы будущих антропогенных воздействий.

В нашей работе для анализа современного природопользования операционной единицей исследования выступает ландшафт. За основу взята ранее выполненная нами среднемасштабная (1:500 000) ландшафтная карта бассейна реки Сарысу, где выделено 58 индивидуальных ландшафтов, которые в результате их типологической группировки, а затем структурно-генетической классификации, упорядочены в иерархическую систематику: классы (равнинных и горных ландшафтов), типы (полупустынных и пустынных ландшафтов), подтипы (северопустынных, южнопустынных ландшафтов).

Согласно классификации антропогенной деятельности С.П. Горшкова (1998), территория бассейна реки Сарысу испытывает следующие виды антропогенной деятельности: добыча полезных ископаемых, урбano-промышленная, сельскохозяйственная, коммуникационно-транспортная (вне города), водохозяйственная и военная.

В перспективе до 2030 года экономика населенных пунктов, расположенных на территории бассейна реки Сарысу, будет развиваться ускоренными темпами. Основными приоритетами развития будут расширение сырьевой базы металлургии, повышение глубины и комплексности переработки природного сырья. Руководствуясь материалами государственных программ («Постановление...», 2013; «Комплексный...», 2011; «Информационный...», 2017; «Официальный...», 2017; «Регионы...», 2014; «Достай», 2011; «Казахстан...», 2014; «Концепция...», 2013), нами выполнена карта перспективной организации территории бассейна реки Сарысу на 2030 г. (см. рис.).

Дальнейшее расширение численности занятых трудовой деятельностью будет сопровождаться приобретением реального городского статуса рядом малых населенных пунктов и выводом их из состояния депрессивности. Под воздействием развития кластерных секторов с соответствующим расширением рабочих мест и привлечением населения по линии внутриреспубликанской миграции в прогнозном периоде до 2030 года позитивные темпы изменения численности населения будут сохраняться, предполагается увеличение численности населения на 6 % (табл.1).

Закладываемые темпы роста численности населения обусловлены низким естественным приростом и преобладанием городского населения, постепенной стабилизацией миграционного потока, а также тем, что в регионе один из самых низких показателей рождаемости по республике.

Таблица 1  
Основные показатели перспективной организации территории бассейна реки Сарысу

Показатели	2017 г.*	2020 г.**	2025 г.**	2030 г.**
Численность населения бассейна реки Сарысу, тыс. чел.				
Бассейн реки Сарысу, всего	273,2	276,4	284,3	289,2
в т.ч. городское	171,9	173,1	179,4	183,6
сельское	102,3	103,3	104,9	105,6
Объем промышленного производства в постоянных ценах 2015 г., млрд тенге				
Бассейн реки Сарысу	170,3	224,2	259,5	285,8
Объем производства валовой продукции сельского хозяйства в постоянных ценах, млрд тенге				
Бассейн реки Сарысу	22	26,2	32,5	38,6
в т.ч. растениеводство	2,1	2,2	2,5	2,8
животноводство	19,0	24,0	30	35,8

\*Источник: Комитет по статистике МНЭ РК;

\*\*Расчетные данные «ИЭИ» МНЭ РК. Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан.

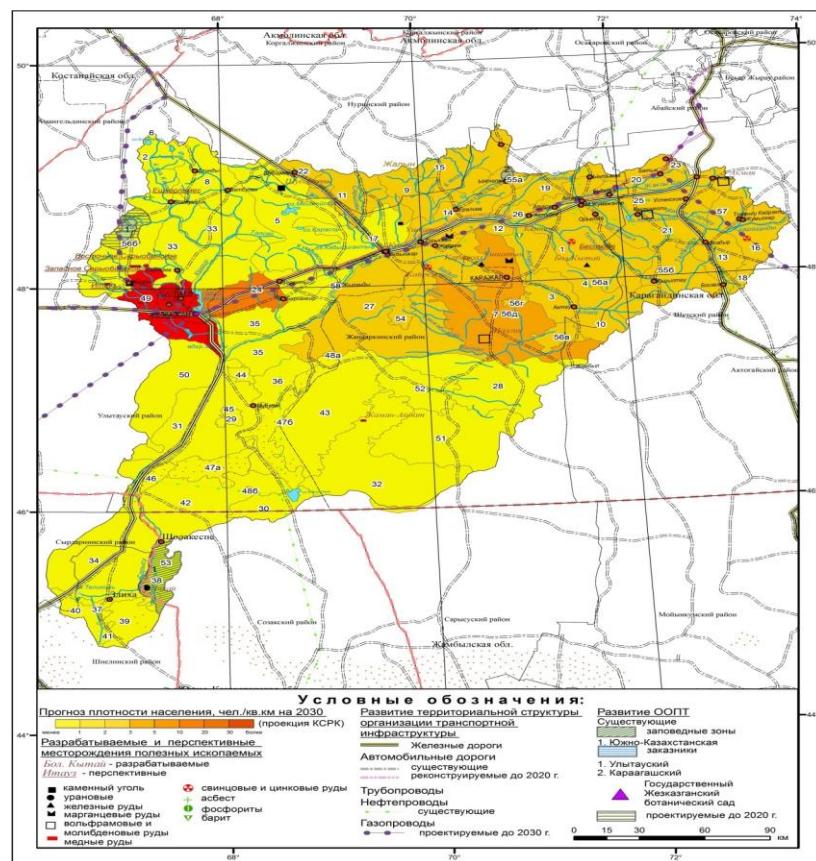


Рисунок – Карта перспективной организации территории бассейна реки Сарысу

Промышленное производство региона возрастет за периоды до 2030 г. в 0,7 раза к уровню 2017 г. (табл. 1). Прогнозируется высокий темп роста горнодобывающей про-

мышленности в регионе. Это связано с тем, что минерально-сырьевая база цветной металлургии отстает от мощностей обрабатывающей промышленности. Так, товарная стоимость разведанных месторождений полезных ископаемых здесь исчисляется миллиардами долларов. Уже сегодня на большинство месторождений составляется экономическое обоснование их разработки. Поэтому можно предположить, что через 10-15 лет в регионе будут активно идти процессы горнодобычи и выплавки металла.

Промышленное значение имеют месторождения Центрально-Жезказганское, Итауское, Сарыобинское и др. Содержание меди в рудах 0,3-0,5 %. Эксплуатационные запасы меди рассчитаны ориентировочно на 25-30 лет. Для развития вольфрамомолибденового и висмутового производства на территории бассейна имеются крупнейшие в республике Верхне-Кайрактинское вольфрамовое и Коктенкольское молибденовое месторождения.

Аналогичные задачи стоят в марганцевой промышленности, основу которой составляют Жайремский ГОК. Числящиеся на балансе ГОКа запасы марганцевых руд месторождений Ушкатын-3 и Жомарт составляют 80 % марганцевых оксидных руд Казахстана, они обеспечат работу предприятия на срок более 16 лет открытым способом и более 60 лет подземным. На данном участке территории расположены более 40 месторождений полезных ископаемых, в том числе ряд крупнейших месторождений полиметаллов (свинец, цинк с попутным содержанием серебра, кадмий, ртуть и др.), железомарганцевых руд, барита, а также средних и небольших месторождений полиметаллов, молибденовых руд, золота, мрамора, поделочных камней и строительных материалов.

Произойдет увеличение угледобычи в месторождении Жалын, где промышленные запасы угля составляют 49,1 млн тонн. Угли месторождения Жалын марок Г, ДГ и Д относятся к спекающимся углям с низкой зольностью, низким содержанием серы и высоким показателем теплотворной способности и к средней категории обогатимости, где добыча ежегодно в среднем возрастает в 1,1 раза.

Проблема обеспечения района исследования водой имеет огромное народнохозяйственное значение. От ее решения во многом зависит развитие и промышленности, и сельского хозяйства этого района. Согласно результатам И.М. Мальковского, полученным с использованием климатических сценариев и гидрологических расчетов, в первой половине XXI в. следует ожидать уменьшения водных ресурсов в бассейне р. Сарысу в среднем от 16 до 26,4 % [3].

Динамика и объемы производства отраслей, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье и производящих продукты питания, размещенных в бассейне реки Сарысу, будут определяться следующими факторами:

- растущими доходами и спросом населения на качественные продукты питания и потребительские товары;
- реализацией агропродовольственной программы и возрастающими объемами на данной территории производства сельскохозяйственного и животноводческого сырья;
- формированием кластеров по производству важнейших видов продуктов питания и потребительских товаров;
- созданием инфраструктуры туристической и рекреационных зоны.

Объем производства продукции сельского хозяйства на перспективу увеличится в 93 % (табл. 1). В растениеводстве будет уделено особое внимание оптимизации структуры посевных полей. Возможности расширения пашни и посевных площадей сельскохозяйственных культур весьма ограничены. В табл. 2 приведены данные о пахотнопригод-

ных землях, рекомендуемых для перевода в более производительные угодья – пашню. Пашня, представленная в настоящее время в землях запаса, находится в залежном состоянии, необходимы мероприятия по переводу ее в пашню. При определении площади для перевода была выбрана залежь по всем категориям земель.

Реализация мероприятий по мелиорации земель будет основываться не на строительстве новых, а на восстановлении ранее действовавших мелиоративных сооружений с учетом объемов производства и ассортимента овощных культур и картофеля, востребованных на сельскохозяйственном рынке.

Таблица 2  
*Площадь залежи, рекомендованной для перевода в пашню (по всем категориям земель)*

Область, район	Площадь залежи, переводимой в пашню, в тыс. га		
	2020+2030 годы	2020 год	2030 год
Бассейн реки Сарысу, всего	36,8	18,4	18,4
в т.ч. в пределах Карагандинской области (по районам)			
Жанааркинский	9,2	4,6	4,6
Шетский	8,8	4,4	4,4
Нуринский	8,6	4,3	4,3
Улытауский	10,2	5,1	5,1
в т.ч. в пределах Карагандинской области (по районам)			
Шиелийский	-	-	-
Сырдарынский	-	-	-
в т.ч. в пределах Южно-Казахстанской области (по районам)			
Созакский	-	-	-

Примечание - Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан.

Большинство районов бассейна, расположенные в полупустынной и пустынной зонах, будут развивать овцеводство, табунное коневодство и верблюдоводство при помощи отгонной системы и внедрения обоснованных систем пастбищеоборотов. Наличие естественных кормовых угодий в этих регионах позволит увеличить за период 2017-2030 гг. поголовье овец и коз в 1,4-2,2 раза, лошадей и верблюдов в 1,3-2,1 раза.

Развитие рекреационных геосистем обусловлено наличием большого количества разнообразных рекреационных ресурсов. В настоящее время в Казахстане сформировался четкий образ Улытау как перспективного рекреационного региона. На 2030 г. предусматривается развитие Улытауского региона как одного из основных ключевых мест туристских интересов и природных достопримечательностей курортно-рекреационного региона Центральный. К основным местам развития рекреационных геосистем следует отнести предгорные и низкогорные территории. Кроме того, активно такие геосистемы будут развиваться на равнинных территориях вблизи водоемов, а также окрестностях крупных городов, имеющих максимальные рекреационные потребности.

В целом по нашим прогнозам основными приоритетами развития будут расширение сырьевой базы металлургии, повышение глубины и комплексности переработки природного сырья. Средний коэффициент антропогенной нагрузки по проанализированным показателям ежегодно будет увеличиваться в 0,4 раза. Наибольший рост степени антропогенного воздействия произойдет вблизи Жезказганского промышленного узла (геосистема 24, 49) и Жайремского ГОКа (геосистема 7, 12, 27), где ежегодные максимальные показатели среднего коэффициента изменения антропогенной нагрузки составляют в геоси-

стеме 14, 17, 26 0,4 раза, 7, 12, 24, 27, 39 – 0,6 раза.

Результаты данной работы можно использовать при разработке структуры природопользования бассейна реки Сарысу. В перспективе строгая территориальная привязка обеспечит соблюдение нормативов и правил на конкретно обозначенной местности населением, административными органами, юридическими лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность.

#### Список литературы

1. Концепция развития туристской отрасли Республики Казахстан до 2020 года. Утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан 28 февраля 2013 года, № 192.
2. Регионы Казахстана: стат. сборник // Агентство Республики Казахстан по статистике. – Астана, 2014. – 840 с
3. Сочава В.Б. Теоретические предпосылки картографирования среды обитания // Докл. ИГ Сибири и Дальнего Востока. – 1972. – Вып. 34. – С. 3-14.
4. Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии: Учеб. пособие. – Смоленск: СГУ, 1998. – 288 с.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
6. Достай Ж.Д. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 т. – Алматы, 2011. – Т. 2. – 306 с.
7. Информационный портал аппарата акима города Каражака. О наличии и состоянии разведанности мелких месторождений полезных ископаемых в Жайрем-Атасуйском регионе. – Режим доступа: [www.karazhal.kz](http://www.karazhal.kz) (05.06.2017).
8. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, 1980. – 264 с.
9. Казахстан в цифрах: стат. сборник. – Астана, 2014.
10. Комплексный план социально-экономического развития городов Жезказган и Улытауского района Карагандинской области на 2012-2017 годы. Утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан 3 ноября 2011 года, № 1283.
11. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.
12. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтования. – М.: МГУ, 1979. – 160 с.
13. Официальный сайт ГУ «Отдела сельского хозяйства и ветеринарии города Жезказгана». – Режим доступа: [www.agro.jezkazgan.gov.kz](http://www.agro.jezkazgan.gov.kz) (06.06.2017)..
14. Постановление Правительства Республики Казахстан. Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан. Утв. 30 декабря 2013 года, № 1434.
15. Саушкин Ю.Г. История и методология географической науки. – М.: 1982. – 194 с.
16. ТERRITORIALНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА: ВОЗМОЖНОСТЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ // Межбассейновые и трансграничные переброски речного стока: состояние и перспективы; Под ред. И.М. Мальковского. – Алматы, 2011. – 414 с.

Получено 1.02.209

## МРНТИ 70.25.17

**М.А. Саденова, Г.Б. Жакупова**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**И.О. Леваневский**

Ульбинский металлургический завод, г. Усть-Каменогорск

**Ю.М. Федорчук**

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННОГО ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ СИНТЕЗА НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В статье рассматриваются свойства фторсодержащих отходов металлургического производства, а также возможность использования этого сырья для дальнейшего синтеза в виде новых композиционных материалов.*

*Мақалада металлургиялық өндірістегі фторқұрамдас қалдықтардың қасиеттері, сонымен қатар, осы шикізатты ары қарай жаңа композициялық материал ретінде қолдану мүмкіндігі қарастырылған.*

*This article discusses the properties of fluorine-containing waste of metallurgical production, as well as the possibility of using this raw material for further synthesis in the form of new composite materials.*

**Ключевые слова:** техногенное сырьё, композиционные материалы, керамические изделия, фторангибит, ангидрит, гипс, рентгенограмма, нейтрализация.

Переработка рудного сырья на горнодобывающих, обогатительных и металлургических предприятиях сопровождается образованием значительного количества техногенных продуктов (вскрыши, хвосты обогащения, шлаки, пыли и т.д.), которые по современной терминологии принято относить к техногенному сырью. Накопленные отходы по содержанию в них редких и благородных металлов сопоставимы с запасами крупных месторождений рудного сырья. Многие виды техногенного сырья по составу и свойствам близки к природному сырью и могут стать альтернативой для частичной, а в некоторых случаях и практически полной замены сырьевых ресурсов для строительной и других индустрий. Например, перспектива применения промышленных отходов позволит значительно (до 30 %) снизить затраты на производство строительных материалов по сравнению с действующими технологиями. Отдельного рассмотрения требует проблема утилизации техногенных источников сырья, содержащих токсичные компоненты, которые после проведения их нейтрализации также могут быть вовлечены в производство новых материалов для различных секторов народного хозяйства.

Обзор работ отечественных и зарубежных ученых показал, что продуктом переработки отходов производства фтористого водорода может быть полуводный сульфат кальция, т.е. алебастр [1]. Автор предложил твердые отходы печи разложения направлять в стержневую мельницу одновременно со стехиометрическим количеством извести, после нейтрализации продукт перегружают в барабанный гранулятор и орошают водой в количестве 30÷45 масс. %, после чего полученные гранулы помещают в герметичную емкость и выдерживают в течение 1-30 дней. Установлено, что в этих условиях не менее 65 % сульфата кальция превращается в дигидрат гипса. Исследователи [2] разработали технологию получения композиции строительной смеси, состоящей из фторида, нейтрализованного высокоактивной и мелко измельченной известью и фторогидронами из илового хранилища, из которой изготавливаются изделия прочностью 20÷50 МПа в зависимости от способа формования. В работах [3-6] предложены способы получения других видов композиций строительных смесей. В работе [3] гипсовое вяжущее получено путем сов-

местного помола в шаровой мельнице смеси кислых флюроангидрита, феррохромового шлака, сульфата калия и суперпластификатора. Авторы [4] разработали сульфатно-силикатный связующий компонент путем совместного измельчения при температуре 350–400 °С кислого фторида, основного ферросплавного шлака и добавок галоидного обменного ила в количестве 1-2 % до pH = 11,0.

Бондаренко с соавторами [5] предложили композиции, содержащие 65–70 % фторида, 1,4–2,0 % сульфата калия, 1,5–2,0 % хлорида натрия (вода остальное), обладающие высокой прочностью и низкой стоимостью. В другой работе этих же ученых [6] предложены составы гипсобетона, рифленых перегородок и сухих строительных смесей на основе фторгидритового связующего.

Заболотная Н.В. и др. [7] определили оптимальные параметры получения фторида кальция из отходов производства плавиковой кислоты и маточного раствора фторида натрия на примере ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод». Представленные в статье данные по использованию отходов производства плавиковой кислоты позволяют осуществить переработку отбросного гипса, содержащего 10–12 % свободной серной кислоты, что значительно снизит экологическую нагрузку на окружающую среду.

Одним из перспективных путей утилизации гипсодержащих отходов является изготовление на их основе гипсокерамических материалов, обладающих высокой прочностью и водостойкостью, получаемых путем спекания при температуре 700–900 °С. [8]. Например, в регионах восточной Европы, Сибири и Дальнего Востока, где имеется большое количество промышленных производств, а отвалы занимают территорию в десятки раз превышающую территорию самих заводов, 60 % сырья для производства отделочных керамических материалов ввозится из других регионов.

Композиционные материалы на минеральной основе получили развитие и находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Среди многообразия таких материалов следует выделить композиционные материалы на основе сульфата кальция (минерал ангидрит – CaSO<sub>4</sub>), которые обладают рядом положительных качеств: невысокие энергозатраты при получении, относительно низкая плотность, огнестойкость, хорошие теплоизоляционные свойства. Однако они имеют ряд недостатков, сдерживающих их развитие: невысокие физико-механические характеристики и малая долговечность, проявляющаяся в ползучести конструкций при их увлажнении. Свойства композиционных материалов на основе ангидрита в значительной степени определяются составом и состоянием структуры матрицы. Одним из наиболее эффективных направлений улучшения качества минеральных композиционных материалов является применение ультрадисперсных порошковых наполнителей. Ультрадисперсные порошки различной природы позволяют изменять условия кристаллизации новообразований с интенсификацией процесса формирования структуры [9].

В Японии [10] и Франции [11] отходы производства фтористого водорода перерабатывают с целью получения композиций на основе фтора для изготовления стеновых материалов. К результатам подобных исследований проявляют интерес такие крупные зарубежные фирмы, как Jilolini (ФРГ), Chemical Industries Ltd (Великобритания), Air Industrie (Франция), Knauf (ФРГ), Prayon (Бельгия), Ниссан Кемикал Индастриз Лтд (Япония).

Предметом исследований является кислый фторангидрит – гипсодержащий отход Восточного Казахстана, образующийся на АО «Ульбинский металлургический завод» (АО УМЗ) при производстве плавиковой кислоты. Установлено, что минеральный гипс образовался миллионы лет назад и с химической точки зрения представляет собой двуводный сульфат кальция CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, сконцентрированный в осадочных слоях на морской дне. Под воздействием высокого давления и температуры гипс превращается в

ангидрит ( $\text{CaSO}_4$ ). Ангидрит часто добывается в сочетании с гипсом, но сравнительно ограничен в своих технических применениях. Содержание гипса в осадочных породах варьирует от 75 до 95 %, а остальная глины и мела. Для производства плавиковой кислоты минерал плавикового шпата или флюорита нагревают с серной кислотой. Поскольку реакция обычно протекает в сухих условиях и при высоких температурах, в результате этого сульфат кальция образуется в безводной форме. Почти весь прокаленный гипс (95 %) используется для производства полуфабрикатов, в основном обшивочных листов и в промышленных и строительных штукатурках (сухих смесях). Сырой (необожженный) гипс применяется для производства портландцемента (минерал подмешивается к цементу для замедления процесса «схватывания»), а также в качестве удобрения.

В отличие от природного гипса, процесс твердения ангидридного цемента более продолжителен, а образующийся гипсовый камень имеет высокую прочность, превышающую прочность лучших сортов природного гипса. На рис. 1 представлен цемент, полученный из гипса плавикового производства АО УМЗ.

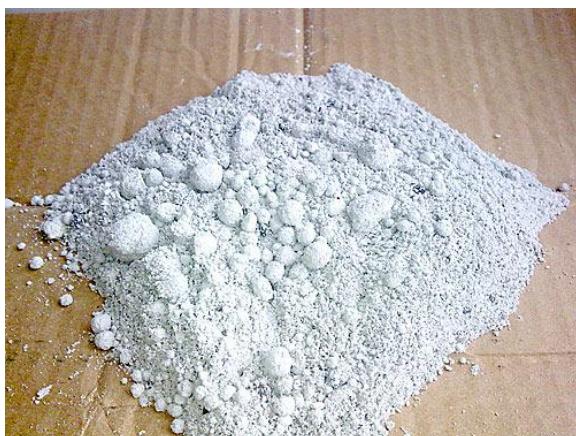


Рисунок 1 – Цемент, полученный из гипса плавикового производства АО УМЗ

Данный цемент, полученный из гипса плавикового производства, при твердении не дает усадки, имеет низкую плотность, высокое звукопоглощение, огнестойкость и отличные гигиенические характеристики. Нейтральный гипс сертифицирован и соответствует СТ АО-46-2015. Нейтральный гипс соответствует требованиям, указанным в табл. 1 [12].

Таблица 1  
Характеристика нейтрального гипса

Наименование показателя	Норма
Массовая доля оксида серы (VI), $\text{SO}_3$ , %, не менее	45,0
Массовая доля серной кислоты, $\text{H}_2\text{SO}_4$ , %, не более	0,5
Массовая доля влаги, $\text{H}_2\text{O}$ , %, не более	4,0

Фторангидрит на АО УМЗ образуется при производстве плавиковой кислоты ( $\text{HF}$ ) путем термической обработки при температуре 200-250 °C плавикового шпата ( $\text{CaF}_2$ ) серной кислотой ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). При этом серная кислота по технологическому регламенту производства плавиковой кислоты подается с 20 % избытком сверх стехиометрического отношения реагентов. Химизм процесса образования фторангидрита описывается уравнением:



Экспериментальным путем было установлено, что непосредственно выходящий из печи кислый фторангидрит представляет собой гранулированный материал серого цвета, размеры гранул которого составляют от 0,3 до 40-60 мм. Уровень pH колеблется в пределах  $\sim 1,8\text{--}2,8$ . Химический состав отхода приведен в табл. 2 и аналогичен полученному авторами работы [13].

Таблица 2  
*Химический состав кислого фторангидрита*

Компоненты	Содержание, %
CaO	28-39
SO <sub>3</sub>	38-56
SiO <sub>2</sub>	0,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3
MgO	0,4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
TiO <sub>2</sub>	0,012
NaO	0,015
K <sub>2</sub> O	0,01
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10-15
H <sub>2</sub> O <sub>гигр</sub>	2
CaF <sub>2</sub>	2

По результатам рентгенофазового анализа (РФА) кислый фторангидрит имеет следующий фазовый состав, мас. %: CaSO<sub>4</sub> – 88,5÷98,2; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 10÷15; CaF<sub>2</sub> – 1÷1,5; HF – до 0,5.

Результаты рентгенофазового анализа нейтрализованного и кислого фторангидрита представлены на рис. 2, 3.

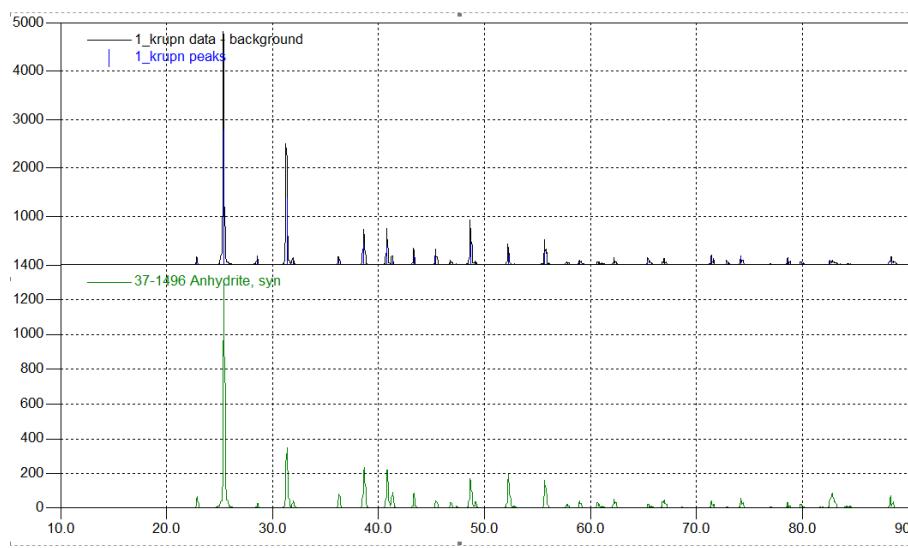


Рисунок 2 – Рентгенограмма кислого фторангидрита АО УМЗ

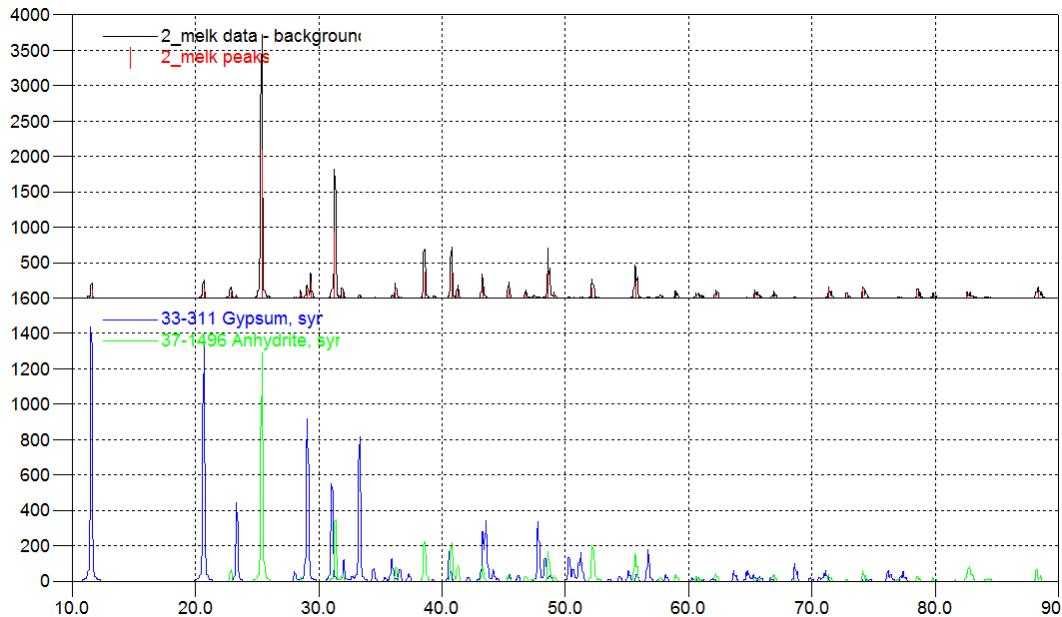


Рисунок 3 – Рентгенограмма нейтрализованного фторангидрита АО УМЗ

Из обзора литературных данных было установлено, что известные способы получения вяжущего из отходов производства плавиковой кислоты имеют один общий недостаток – длительные сроки схватывания вяжущего (от 12 до 24 ч), что затрудняет его использование для получения строительных изделий из-за низкой эффективности производства. Так, по данным [14], способ утилизации гипса из отходов производства плавиковой кислоты заключается в том, что гипсовый отход предварительно распульпывают обработкой водой или сульфатсодержащим раствором и полученную пульпу нейтрализуют шлаком производства ферросплавов до значения pH 6,5–7 с последующим формованием массы.

В.Ф. Степанова, И.М. Арановский и др. с целью получения ангидритового вяжущего из отходов производства плавиковой кислоты предлагают осуществлять нейтрализацию отхода известьсодержащим компонентом репульпацией до остаточного содержания свободных кислот в пульпе от 4 до 7 %, выдерживать при температуре кипения пульпы в течение 3–6 ч, затем выделять вяжущее путем фильтрации и измельчения [15].

В работе [16] нейтрализация отхода производилась известьсодержащим компонентом сухим способом до достижения уровня pH ~ 9. Следует отметить, что операция сушки смеси до влажности 1 % является необходимым этапом подготовки к ее дальнейшему использованию. Донейтрализация осуществлялась с помощью химической активации. С этой целью в качестве щелочного активатора твердения использовалась негашеная известь (CaO).

Как видно на рис. 4, где представлена действующая на АО УМЗ схема нейтрализации техногенного продукта плавикового производства, конечным продуктом нейтрализации является фторгипс, который затем направляется на хранение. Выявлено, что самостоятельно фторангидрит практически не твердеет, внести корректиры в технологический процесс основного производства практически невозможно, поэтому с целью получения материалов необходимо разрабатывать способы модификации его для инициирования вяжущих свойств. Способы модификации зависят от химического состава и однородности фторангидрита.

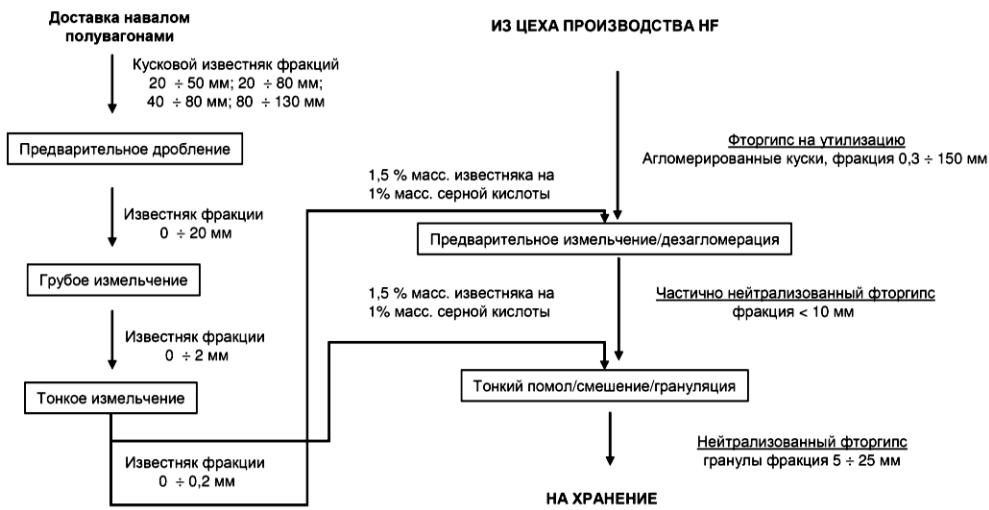


Рисунок 4 – Технологическая схема нейтрализации техногенного продукта плавикового производства АО УМЗ

На основе обзора литературных источников и данных эксперимента предлагается следующая схема дальнейшей переработки нейтрализованного фторгипса (рис. 5). После измельчения в шаровой мельнице, где протекают следующие реакции:



нейтрализованный фторгипс в количестве 10÷20 мас.% вмешивается в шихту, состоящую преимущественно из отечественных природных алюмосиликатов. Затем после достижения формовочной массой достаточной пластичности подвергается экструзии с последующей термообработкой.

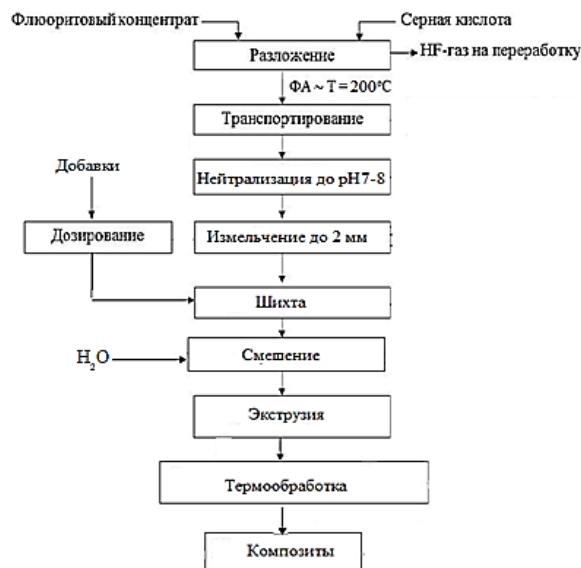


Рисунок 5 – Предлагаемая технологическая схема синтеза композита с добавками техногенного продукта плавикового производства АО УМЗ

Практическим результатом данной работы является установление вещественного состава и структуры техногенного фторсодержащего сырья, необходимых для последующего синтезирования композиционных систем. Выявлено, что после процесса нейтрализации возможно использование фторангидрита в качестве наполнителя керамических изделий, пригодных для аэрокосмической, строительной и других видов индустрий.

#### Список литературы

1. А.с. СССР № 796207. Способ переработки гипсодержащих отходов производства плавиковой кислоты / А.В. Хлебников, В.Е. Матясова, Г.Ф. Пехов, В.А. Соболев, Ю.И. Мурин, В.П. Потанин, В.В. Мельников, В.Н. Рождественский, Г.Я. Флит, В.Г. Плохих. - 1981.
2. Пат. РФ № 2001890. Сыревая смесь для производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий / В. Гашкова, Е. Бураков, Н. Троян, В. Десятник. - 1993.
3. Пат. РФ №2382743. Способ получения ангидритового связующего / О.А. Пурескина, В.И. Гашкова, С.Н. Петров - 2010.
4. Пат. РФ № 2450989. Сульфатно-силикатное вяжущее и способ его получения / Б.С. Баталин, О.Г. Еремин, Д.В. Ивенских, В.С. Попов. - 2012.
5. Пат. РФ № 2384541. Сыревая смесь для безусадочный строительный материал / С.А.Бондаренко, Б.я. Трофимов, Л.Я. Крамар, С.А. Белкин. – 2010.
6. Бондаренко С.А. Модифицированное фторгидритовое вяжущее и строительные материалы на его основе. - Дисс.... канд. техн. наук, 05.23.05. – Челябинск, 2008. - 146 с.
7. Заболотная Н.В. Переработка отходов производства плавиковой кислоты / Н.В. Заболотная, Е.В. Сальникова // Вестник ОГУ. – 2014. – № 9 (170). – С. 164-167.
8. Крутиков В.А. Гипсокерамический материал на основе фторангидритового отхода. – Дисс...канд. техн. наук: 05.23.05. - Ижевск, 2001. - 140 с.
9. Токарев Ю.В. Композиционные материалы на основе сульфата кальция, модифицированные ультрадисперсными минеральными порошками. – Дисс.. канд. техн. наук: 05.16.06. - Пермь, 2010. - 136 с.
10. Gotou Y., Kashiwabara Y., Nakagawa T.1983. Anhydrous Gypsum Composition for Wall Material. Application number 58-6701. Japan, № JPS5767055.
11. Regnery, 1978 Regnery Franz Jakobdiplig 1978. Pastenfoermige Anregerzusammensetzung Fuer Anhydritgut. Application of the France № 2706160.
12. Галкина Д.К. Разработка вяжущего повышенной водостойкости из отходов производства фтористого водорода / Д.К. Галкина, А.Н. Родин, А.А. Хайруллина // Вестник ВКГТУ. – 2010. – № 2. – С. 154-159.
13. А.с. 615042 С 01 F 11/46. Способ утилизации гипса из отходов производства плавиковой кислоты / А.Ф. Кузнецов, Г.Ф. Пехов, М.Г. Косарев, В.А. Соболев, К.П. Ушаков. - Заявл. 21.04.75; Опубл. 15.07.78, Бюл. № 26. – 4 с.
14. А.с. 808427 С 04 В 11/06. Способ получения ангидритового вяжущего / В.Ф. Степанова, И.М. Арановский, М.Ф. Чебуков. - Заявл. 25.05.79; Опубл. 28.02.81, Бюл. № 8. – 6 с.
15. Галкина Д.К. Разработка способа получения ангидритового вяжущего из отходов производства плавиковой кислоты // Вестник ВКГТУ. – 2010. – № 3. – С. 136-142.

Получено 1.02.2019

МНРТИ 87.53.13

**А.Б. Сатимбекова, А.А. Бекаурова, А.К. Диканбаева, А.П. Ауешов, Н.У. Умирзахов**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент

**Ж.К. Идришева**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕХАНО-ТЕРМОАКТИВИРОВАННОГО СЕРПЕНТИНИТА**

Исследованы причины повышения химической активности серпентинита, добываемого на месторождении Кустанайской области (г. Житикара) – отхода обогащения горно-металлургического комбината АО «Кустанайские минералы». Показано, что повышение реакционной способности серпентинита при термо- и механоактивации обусловлены увеличением удельной поверхности, структурными нарушениями в тетраэдрическом и октаэдрическом слоях кристаллической решетки серпентинита при механоактивации и дегидратации молекул серпентинита при термообработке.

Қостанай облысының (Жітіқара қ.) кен орнында өндірілетін серпентиниттің химиялық белсенділігінің артуының себептері – "Қостанай минералдары" АҚ Тау-кен metallurgия комбинаты қалдықтарының байытылуынан екені зерттелді. Термо- және механикалық активтендіру кезінде серпентиниттің реакциялық қабілетінің жоғарылауы мәншікті бетінің ұлғауынан, тетраэдрикалық және октаэдрикалық қабаттарында құрылымдық бұзылуардан серпентинит кристалды торының механикалық активтендіру және термоөндөу кезінде серпентинит молекулаларының дегидратациясы кезінде серпентиниттің реакциялық қабілетінің жоғарылауы көрсетілген.

*Investigated the causes of increasing the chemical activity of serpentinite from the field in the Kostanay region (the town of Zhetikara) – waste obogashcheniya mining and metallurgical combine of JSC "Kostanay minerals". It is shown that the increase in the reactivity of serpentinite during thermo-and mechanoactivation is due to an increase in the specific surface area, structural disturbances in the tetrahedral and octahedral layers of the serpentinite crystal lattice during mechanoactivation and dehydration of serpentinite molecules during heat treatment.*

**Ключевые слова:** серпентинит, форстерит, брусит, ИК-спектроскопия, термообработка, механоактивация.

Методы механо- и термоактивирования минерального сырья часто используют для повышения их реакционной способности в гидрометаллургии. Работа при диспергировании твердого тела затрачивается на его упругую деформацию, пластическую деформацию, разделение его на мелкие части и приданье им кинетической энергии [1, 2]. При этом, как показывают расчеты [3], в случае обработки в вибромельнице энергия, затрачиваемая на образование дефектов структуры, в 40-50 раз больше энергии, расходуемой на образование новой поверхности. Таким образом, механическая активация приводит к существенным изменениям структуры материала, что ускоряет последующее химическое взаимодействие и диффузионные процессы. При этом зависимость эффективности образования как дефектов, так и свободной поверхности от времени обработки имеет четко выраженный максимум. В первом случае (для дефектов) он составляет 55-60 минут, во втором случае (для новой поверхности) – 20-30 минут. Кривая зависимости реакционной способности от времени механической активации также имеет четко выраженный максимум [4]. Этот максимум авторы работ [5-8] связывают со скоплениями дислокаций, которые возникают, а потом исчезают в процессе пластической деформации. При измельчении материала через определенное время при достижении максимума дефектности может быть достигнут минимальный размер частиц.

С целью изучения причин повышения химической активности серпентинита при взаимодействии с минеральными кислотами исследовалось влияние механической обработки на происходящие структурные изменения слоистого гидросиликата магния ( $Mg_2Si_4O_{10}(OH)_2$ ), серпентинита, добываемого на месторождении Кустанайской области (г. Житикара) –

отхода обогащения горно-обогатительного комбината АО «Кустанайские минералы».

Исходный серпентинит подвергался помолу в шаровой планетарной мельнице Retsch PM-200 и прокаливанию в муфельных печах при определенных режимах времени, температуры и скоростях вращения мельницы (см. табл.). Для определения размера частиц термообработанного и измельченного серпентинита было использовано электронно-микроскопическое исследование на приборе «JSM-6490LV» (РЭМ-фирма JEOL Ltd, Япония).

Условия и режим термо- и механоактивации серпентинита (отхода) приведены в таблице.

*Режим термо- и механоактивации серпентинита (отхода)*

Шифр	Условия -ТО		Условия - МО		Масса - м, г			Удельная поверхность S, м <sup>2</sup> /г
	t <sup>o</sup> C	τ, мин	v, об/мин	τ, мин	исх.	конеч.	Δm, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Исходный серпентинит								6
MTO-1	700	60	225	5	100	88	12	18
MTO-2	700	60	225	20	100	88	12	28
MTO-3	750	60	225	5	90	76	15,56	20
MTO*-4	750	60	225	20	90	76	15,56	24

Примечание – МТО – механо- и термообработанный серпентинит

Измельчение привело к увеличению удельной поверхности исходного серпентинита с 6 до 12 и 10 м<sup>2</sup>/г, удельная поверхность термообработанного серпентинита увеличилась при этом до 18, 20 м<sup>2</sup>/г у образцов, измельченных в течение 5 минут, до 28, 24 м<sup>2</sup>/г у образцов, измельченных в течение 20 минут, соответственно температурам обработки 700, 750 °С. Полученные таким образом дифференциальные кривые представлены на рис. 1, из которого видно, что при изменении времени измельчения образцов с 5 (кривые 1, 3) до 20 (кривые 2, 4) минут происходит уменьшение эквивалентного радиуса частиц.

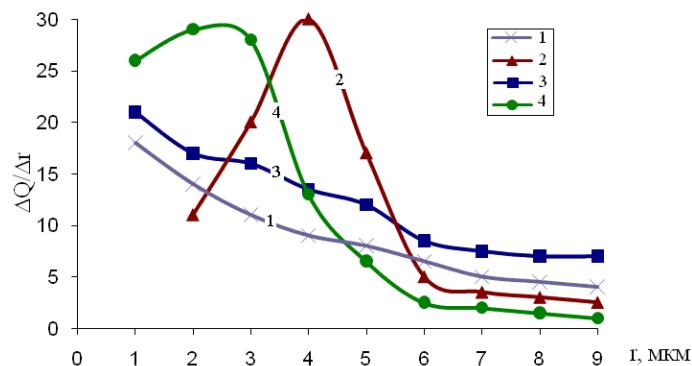


Рисунок 1 – Дифференциальная кривая распределения частиц по размерам у образцов серпентинита при механотермической обработке:

1 – MTO-1 ( $S_{уд} = 18 \text{ м}^2/\text{г}$ ); 2 – MTO-2 ( $S_{уд} = 28 \text{ м}^2/\text{г}$ ); 3 – MTO-3 ( $S_{уд} = 20 \text{ м}^2/\text{г}$ );  
4 – MTO-4 ( $S_{уд} = 24 \text{ м}^2/\text{г}$ )

Так, например, у образцов, термообработанных при 700 и 750 °С и измельченных в виброистриателе в течение 5 минут, преобладают частицы с радиусом 3-5 мкм (удельная поверхность составляет 18,20 м<sup>2</sup>/г), при увеличении времени измельчения до 20 минут

доля частиц с эквивалентным радиусом 3-5 мкм значительно уменьшается и преобладают частицы с радиусом 1,5 мкм и меньше (удельная поверхность при этом увеличивается до 24 и 28 м<sup>2</sup>/г).

Из ИК-спектров термо- и механоактивированных образцов серпентинитов (рис. 2) следует, что хотя основные полосы поглощения образцов не претерпели существенных изменений, но в диапазоне 3600-3700, 2300-2400 см<sup>-1</sup> и в широкой спектральной области 1300-2000 см<sup>-1</sup> появляются сплошные небольшие рефлексы, которые свидетельствуют о структурном нарушения в октаэдрическом брусситовом и тетраэдрическом слое кристаллической решетки серпентина. Повышение химической активности термо- и механоактивированного серпентинита обуславливается тем, что в процессе разупорядочения структуры во время механоактивации происходит ослабление и разрыв связи Mg-OH, нарушение связи Mg-O-Si, вследствие чего часть OH-групп удаляется. В октаэдрическом слое образуются вакансии, координация магния понижается.

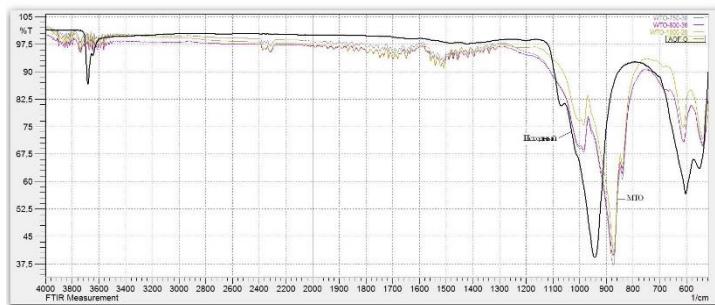


Рисунок 2 – ИК-Фурье спектр термо- и механоактивированного серпентинита

Определено, что повышения химической активности термо- и механоактивированного серпентинита связаны дегидратацией серпентинита при термообработке, увеличением удельной поверхности, а также структурными нарушениями в октаэдрическом и тетраэдрическом слоях кристаллической решетки серпентина при механоактивации.

#### Список литературы

1. Ребиндер П.А. Понизители твердости в бурении / П.А. Ребиндер, Л.А. Шрейнер, К.Ф. Жигач. – М.: Изд-во АН СССР, 1984. – 276 с.
2. Schräder R. Über die mechanische Aktivierung von Calciumcarbonat // Z. anorg. Allg. Chem. – 1989. – V. 1, № 369. – P. 41-42.
3. Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1992. – 307 с.
4. Еремин А.Ф. Механическая активация фторида натрия. Заполнение каналов аккумулирования энергии / А.Ф. Еремин, Е.Л. Гольдберг // Изв. СО АН СССР. - Сер. хим. наук. – 1985. – № 17. – С. 14-18.
5. Гольдберг Е.Л. Механическая активация фторида лития. Дислокационная структура активированного NaF / Е.Л. Гольдберг, А.И. Рыков // Изв. СО АН СССР. - Сер. хим. наук. – 1985. – № 17. – С. 29-32.
6. Еремин А.Ф. Механическая активация фторида натрия. Особенности растворения активированного NaF / А.Ф. Еремин, Е.Л. Гольдберг, С.В. Павлов // Изв. СО АН СССР. - Сер. хим. наук. – 1985. – № 17. – С. 33-35.
7. Гольдберг Е.Л. Механическая активация фторида натрия. Баланс аккумулированной энергии / Е.Л. Гольдберг, А.Ф. Еремин // Изв. СО АН СССР. - Сер. хим. наук. – 1985. – № 17. – С. 41-44.
8. Захарьевский М.С. Кинетика и катализ. – Л.: ЛГУ, 1983. – 314 с.

Получено 1.02.2019



МРНТИ 53.31.01

**A.M. Abd rashit, B.S. Kelamanov, G.S. Yerekeyeva**

K. Zhubanov Aktobe regional state university, Aktobe, Kazakhstan

**Ye.U. Zhumagaliev**

S. Seifullin Kazakh agrotechnical university, Astana, Kazakhstan

**THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES RESEARCH OF BRIQUETTES THAT MADE FROM THE DISPERSED DUST AFTER THE GAS CLEANING IN THE PRODUCTION OF FERROSILICOALUMINUM**

*В статье рассмотрены вопросы исследования удельного электросопротивления шихтовых материалов для выплавки кремнистых ферросплавов и лигатур, в частности угля месторождения «Сары-Адыр» и брикетов из мелочи высокозольного угля с использованием пыли газоочисток производства ферросиликоалюминия. Были установлены основные закономерности удельного электросопротивления шихтовых материалов в зависимости от температуры. Результаты изменений показателей электросопротивления и электропроводимости шихтовых материалов в зависимости от температуры представлены виде графиков.*

*Мақалада кремнийлі ферроқорытпалар мен лигатураштарды, атап айтқанда, "Сары-Адыр" кен орнының көмірін және ферросиликоалюминий өндірісінің газ тазалағыш шаңын пайдалана отырып, жоғары көмірдің ұсақ кесектерінен жасалған брикеттерді балқытуға арналған шикіұрам материалдарының электр қарсылығын зерттеу мәселелері қарастырылған. Шикіұрам материалдарының меншікті электркедергісінің температурага байланысты болуының негізгі заңдылықтары анықталды. Шикіұрам материалдарының электркедергісі мен электр өткізгіштігі көрсеткіштерінің температурага байланысты өзгеру нәтижелері кесте түрінде берілген.*

*Study of electrical properties of briquettes from gas cleaning dust production ferrosilicoaluminum. The paper deals with the study of specific electric resistant charge materials for melting siliceous ferroalloys and master alloys, in particular coal mine "Sary-Adyr" and briquettes from trivia high-ash coal with gas cleaning dust production ferrosilicoaluminum. Established the basic laws specific electric resistant charge materials depending on the temperature. The results of changes in the index of the electrical conductivity and the charge materials depending on the temperature are presented as graphs.*

**Keywords:** coal, electrical conductivity, ferroalloys, ferrosilicoaluminum.

Smelting, high-silicon alloys, and in a specific complex ferrosilicoaluminum alloy (FSA) implies significant losses in the gaseous phase in the form of their gaseous suboxides. Therefore, when smelting the FSA, much attention is paid to the state of charge on the furnace top, which arises in the constant control over its state, the timely loosening and build-up of charge cones around the electrodes. The present method allows to capture gaseous suboxides and their renewal in the process of smelting [1].

Despite this loss of silicon and aluminum can reach up to 20-25% of the amount introduced by the charge. Therefore, dust processing and its further use is of great interest from the viewpoint of increasing the production volumes of complex silicon-aluminum alloys in the Republic of Kazakhstan.

The 90-95% dust collected in gas cleaning systems consists of oxidation and condensation products of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  suboxides, which are amorphous dispersed silica and alumina particles with an average specific surface area of  $15-20 \text{ m}^2/\text{g}$ .

The content of  $\text{SiO}_2$  dust is 73-75%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is 20-25%, making it an important raw material for processing. The main direction of the utilization of dust produced by the FSA is its return to

production in the form of agglomerated raw materials.

The high specific surface area of the dust particles suggests an improvement in the filtration of waste process gases from the sublimates of silicon and aluminum with its additions to the main charge and, on the whole, should positively affect the process of the production of FSA.

For this purpose, the electrophysical properties of briquettes from dust and fines of coal were studied, as one of the important components of the parameters of the smelting process.

The manufacture of briquettes was carried out on a laboratory press with the pressures of 5.9 MPa and 9.8 MPa. Briquettes of coal and dust fines were produced with a dust content of 5 to 30% and moisture of 10%. To increase the strength of briquettes, an aqueous 20% solution of liquid glass was used in an amount of 5-7% of the mass of the charge mixture. The results of the strength tests showed that the obtained briquettes fully corresponded to the strength characteristics of the production of ferroalloys (GOST 21289 -75).

The change in the electrical resistivity as a function of temperature for briquettes, a mixture of briquettes with high-ash coal, as well as for comparison directly high-ash coal of the "Sary-Adyr" deposit, was investigated.

Briquettes had the following composition, weights. %: 67.3 coal, 32.7 dust sublimations. The amount of carbon corresponded to the required by stoichiometry for the reactions of reduction of all oxides of the mineral part of the charge.

*Technique for conducting an experiment.* To measure the comparative resistivity during heating, the coal of the "Sary-Adyr" deposit, the crushed briquette fraction and the mixed charge consisting of 70% of the coal of the "Saryadyr" facility and 30% of the crushed briquettes were used for heating. All initial samples were fractions of 3-5 mm. The measurements were carried out in a high-temperature electric furnace of Tamman. An investigation of the change in the electrical resistivity of the samples was carried out in the temperature range 25-1500°C, the heating rate 20-25 deg / min. The data on the specific resistivity of coal were carried out according to the method of Agroskin and Shumilovskaya [3]. According to their methods, the resistance was measured at 50 °C.

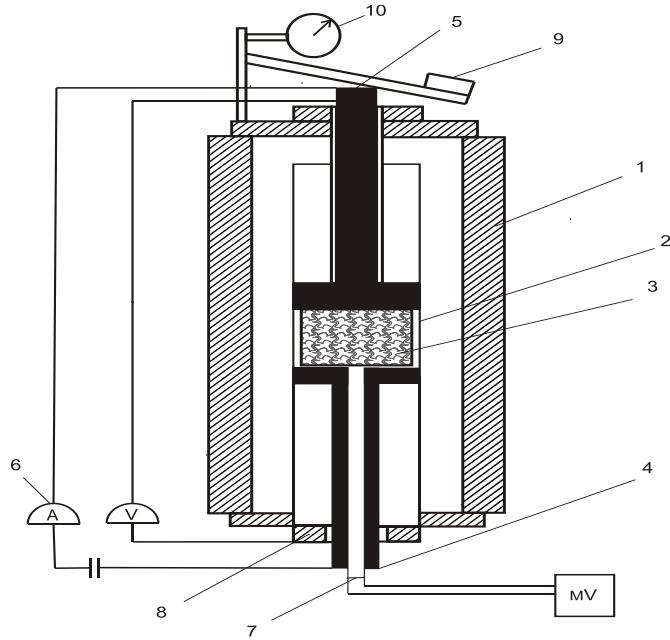
The apparatus for determining the electrical resistivity is shown in Picture 1. The main part consists of an aluminum tube (2) with a diameter of 40 mm and two graphite electrodes (4,5) inserted therein. The lower electrode is fixed immovably, the upper electrode is able to descend when shrinking coal under the action of the load. The load constantly presses the upper electrode to the sample of the material, thereby providing a tight contact and simulates the charge pressure in the bath of the ferroalloy furnace. Heating occurs due to the resistance of the graphite tube.

A thermocouple (7) placed in an alundum tube for isolation from electricity is placed in the lower electrode. The temperature inside the coal charge is measured by a tungsten-rhenium thermocouple.

During the experiment, the temperature was recorded every 100°C and the current value corresponding to this temperature index. Electrodes were supplied with a voltage of 3 V from a constant current source.

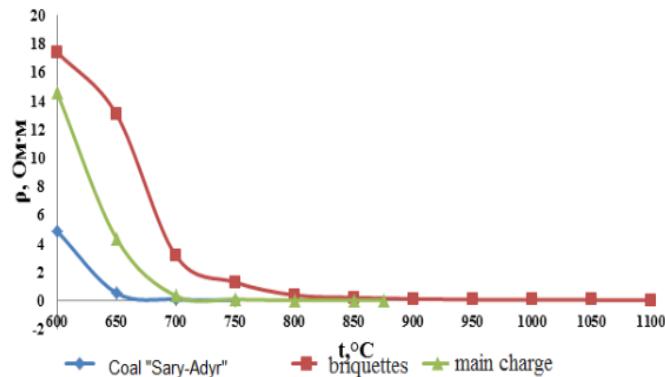
#### *Results and its discussion.*

When smelting high-silica alloys with the so-called "slag-free" process, it is necessary that the main part of the electric power supplied passes through the arc discharge. This leads to the development in the lower near-electrode space of high temperatures necessary for the smelting of high-silicon alloys. For the concentration of heat in the near-electrode space, it is necessary that the carbonaceous reductants (coke, coal) have as low conductivity as possible to reduce the loss of electrical energy to the charge conductivity.



Picture 1 – Installation for determination of the electrical resistivity: 1 - electric furnace; 2 - alundum tube; 3 - test material; 4 and 5 - graphite electrodes; 6 - constant current source; 7 - tungsten-rhenium thermocouple (BP5/20); 8 - coal heater; 9 – load; 10 – micrometer

In accordance with the specifics of the technology, smelting of ferrosilicoaluminum is carried out using high-ash coals or carbonaceous rocks, which have a relatively high electrical resistance, unlike traditional types of reducing agents. Therefore, it is important to study the electrical resistivity of the briquettes proposed for use.

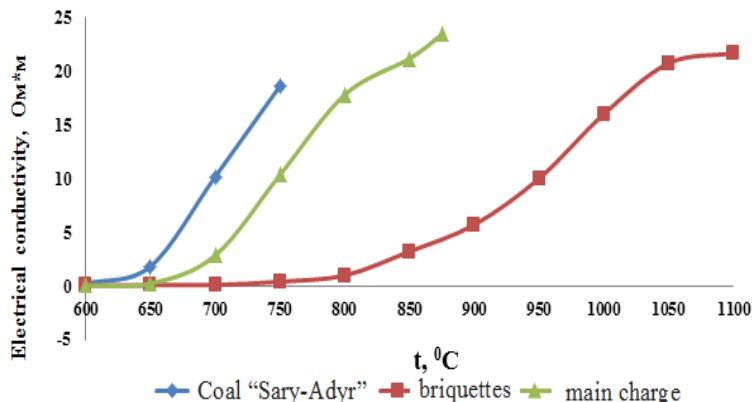


Picture 2 – Dependence of the electrical resistivity materials from temperature

The specific electric resistivity of the charge ( $\rho$ ) at 600-800°C, corresponding to the top layers of the top, mainly depends directly on the composition of the coal mass, temperature, and also on the change in the granulometric composition of the materials. The results of the change in the electrical resistivity and electrical conductivity versus temperature are presented in the form of graphs in Pictures 2-3.

On the basis of the measurements it was determined that the resistivity of briquettes from

coal fines of the “Sary-Adyr” field with the addition of dust of gas purification of the production of ferrosilicoaluminium in the temperature range 600-1100°C is substantially higher than that of coal. An increase in the amount of dust produced from the distillation of the production of PSA in a blend mixed with coal significantly increases the electrical resistivity.



Picture 3 – Dependence of the electrical conductivity of materials from temperature

The results of the conducted studies show that the addition of briquettes to the main charge in an amount of up to 30% will have a positive effect on the process of smelting ferrosilicoaluminium. Important is the micro dispersion of the components of the briquette, which will stimulate the rate of reduction of silicon and aluminum.

Thus, the conducted studies show the possibility of recycling the dust of gas purification of the production of ferrosilicoaluminium in the form of briquettes and their recycling in the metallurgical division.

#### List of used literature

1. Gasik M.I., Lyakishev N.P., Emlin B.I. Theory and technology of production of ferroalloys. - Moscow: Metallurgy, 1998. - 784 p.
2. Agroskin A.A. Physical properties of coals. - Moscow: Metallurgizda-ta, 1961.-160 p.
3. Glushchenko I.M. Thermal analysis of solid fuels. - M.: Metallurgy, 1968. - 192 p.

Получено 1.02.2019

---

УДК 331.453

**Ш.К. Абикенова, Г.Т. Айткенова**

РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Астана

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ В РЕГУЛИРОВАНИИ ТРУДА РАБОТНИКОВ ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В статье рассматривается механизм регулирования труда работников основных производственных подразделений горнорудного предприятия в части предоставления гарантий в виде повышенного размера оплаты труда, дополнительного оплачиваемого ежегодного трудового отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени. Современный этап развития охраны труда в постсоветских странах характеризуется как переходный период к новым формам защитных мер при*

*заняности на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными условиями труда в зависимости от степени профессионального риска. Разработанная методика с использованием степени профессионального риска имеет положительный эффект в регулировании трудовых отношений и рекомендуется к использованию на отечественных предприятиях.*

*Бұл мақалада тау-көн кәсіпорнының негізгі өндірістік бөлімшө жұмыскерлерінің өңбекін реттеу механизмі, атап айтқанда, жоғарылатылған өңбек ақысы, жыл сайынғы ақылы қосымша өңбек демалысына және жұмыс уақытының қысқартылған ұзақтығы түрінде кепілдіктерін қамтамасыз ету қарастырылған. Посткенестік елдердегі өңбекті қорғаудың дамуының қазіргі кезеңі кәсілтік тәуекел дәрежесіне байланысты, ауыр жұмыстарда, зиянды және (немесе) қауілті өңбек жағдайлары бар жұмыстармен айналысу барысында қорғау шараларының жаңа нысандарына көшу кезең ретінде сипатталады. Кәсіби тәуекел дәрежесін пайдала отырып, әзірленген әдіс өңбек қытнастарын реттеу саласында оң әсерге ие және отандық кәсіпорындарда қолдану үшін ұсынылады.*

*The article is considered the mechanism of regulation of labor of employees of the main production units of the mining enterprise in terms of providing guarantees in the form of increased wages, additional paid annual leave and reduced working hours. The current stage of development of labor protection in the post-Soviet countries is characterized as a transition to new forms of protective measures for employment in heavy jobs, work with harmful and (or) dangerous working conditions, depending on the degree of occupational risk. The developed method using the degree of professional risk has a positive effect in the regulation of labor relations and is recommended for use in domestic enterprises.*

**Ключевые слова:** гарантии, дополнительный ежегодный оплачиваемый отпуск, сокращенная продолжительность рабочего времени, вредные и/или опасные условия труда, степень профессионального риска.

В Республике Казахстан в связи с реализацией важных стратегических программных документов и государственной политики в области охраны труда проводятся активные, направленные на создание безопасных условий труда, меры по переходу к внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятиях [1]. Новая система построена на оценке профессионального риска и предусматривает повышение ответственности работодателей в части проведения необходимых защитных мер от опасностей, обусловленных производственными условиями, обеспечение безопасных условий труда, снижение уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Одним из ключевых аспектов реформирования трудового законодательства является обеспечение эффективности механизма предоставления гарантий работникам, занятым во вредных и/или опасных условиях труда, при соблюдении социальных прав с учетом фактических условий труда. Отметим, что при работе во вредных и/или опасных условиях труда Трудовым Кодексом Республики Казахстан установлены виды гарантий в том случае, если при современном уровне производства работникам не могут быть обеспечены безопасные условия труда [2]. При этом наличие на рабочем месте вредных и/или опасных производственных факторов должно быть подтверждено результатами аттестации производственных объектов по условиям труда.

В этом случае действующим трудовым законодательством РК предусмотрены следующие виды гарантий:

- дополнительный оплачиваемый ежегодный трудовой отпуск (от 6 до 36 дней);
- повышенный размер оплаты труда;
- сокращенная продолжительность рабочего времени (не более 36 часов в неделю).

Все виды перечисленных гарантий устанавливаются в соответствии со списком производств, цехов, профессий и должностей, перечня тяжелых работ, работ с вредными и (или) опасными условиями труда, работа в которых дает право на сокращенную продолжительность рабочего времени, дополнительный оплачиваемый ежегодный трудовой отпуск и повышенный размер оплаты труда, а также правила их предоставления, утверждаемые уполномоченным государственным органом по труду (далее - список) [3].

Вопрос установления связи между объемом предоставления вышеуказанных гарантий

и фактическими условиями труда, степенью воздействия вредных и/или опасных производственных факторов на здоровье работника, т.е. результатами аттестации производственных объектов по условиям труда, очень сложный и требует комплексного изучения. Еще в 1986 году была предпринята попытка определить значение повышающего коэффициента при определении доплаты к заработной плате работникам вредных и/или опасных производств [4]. Был разработан и утвержден порядок применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда. Однако его характерным недостатком, свойственным в целом списочному подходу при предоставлении гарантий, является невозможность полного охвата всех возможных вредных и/или опасных производственных факторов и их степень воздействия на работников предприятия. Так, списочный подход, к сожалению, в рыночных условиях, когда условия труда зависят от обязательств конкретного работодателя, не позволяет учесть все виды отраслей экономики, виды работ и профессии, которые могут быть отнесены к рабочим местам с вредными или опасными условиями труда, при этом включение профессии и видов работ в список или исключение из него не может быть объективным, так как носит сугубо экспертный характер. Тем самым списочная система не отражает фактическое состояние условий труда, профессии и виды работ в списке могут отличаться друг от друга по степени вредности или опасности, но размеры гарантий могут быть одинаковы.

В этой связи для установления связи между результатами аттестации производственных объектов по условиям труда и объемом предоставления гарантий была разработана «Методика установления вида и объема гарантий работникам, занятых на тяжелых работах, работах с вредными и/или опасными условиями труда в зависимости от степени профессионального риска» (далее – методика) [5]. Данная методика разработана в рамках научных исследований, посвященных вопросам внедрения системы управления профессиональными рисками в Республике Казахстан в 2017 году.

Далее представлены результаты апробации предлагаемых подходов к установлению гарантий в виде повышенного размера оплаты труда, дополнительного оплачиваемого ежегодного трудового отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени на примере одного из предприятий, основным видом деятельности которого является добыча руд и песков драгоценных металлов (золота, серебра и металлов платиновой группы) (07298 по общему классификатору экономической деятельности).

Согласно статистической отчетности формы 1-Т предприятия за 2016 год, общая численность работников составила 340 человек, при этом численность занятых во вредных и/или опасных условиях труда не была указана. При анализе результатов аттестации производственных объектов по условиям труда было установлено наличие вредных производственных факторов на рабочих местах, работники которых имеют право на предоставление гарантий в соответствии с требованиями Трудового Кодекса РК. Ключевое внимание было уделено анализу предоставления гарантий основной категории работников предприятия – производственному персоналу, т.е. работникам, занятым в основных производственных подразделениях горнорудного предприятия. В основных производственных подразделениях предприятия заняты 89 работников 40 профессий. К основным профессиям производственного характера относятся: горный мастер подземный, горный диспетчер, начальник карьера, начальник участка буровзрывных работ, машинист буровой установки подземный, машинист вентиляционной установки, доставщик крепежных материалов в шахту, горнорабочий, машинист, геолог, гидрогеолог, маркшейдер.

Сравнительный анализ предоставления гарантий работникам основных подразделений был проведен с учетом следующих трех подходов:

а) в соответствии с требованиями действующего законодательства Республики Казах-

стан, т.е. на основании результатов аттестации производственных объектов в объеме согласно списка;

б) согласно фактически применяемого на предприятии подхода;

в) согласно методике, т.е. на основе результатов оценки профессиональных рисков.

Далее в таблице представлены данные по расчетам и сравнительному анализу предоставления гарантий в виде повышенного размера оплаты труда, дополнительного оплачиваемого ежегодного трудового отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени работникам 40 профессий основного производства на основании трех различных подходов (список, фактически и согласно методике).

*Сравнительный анализ предоставления гарантий работникам 40 профессий основного производства на основании трех различных подходов*

№	Подход	Наименование вида гарантии					
		Дополнительный ежегодный трудовой оплачиваемый отпуск (календарных дней), не менее (* дней)					
		-	6	12	18	24	36
1	<i>Список</i>				12 профес-сий	7 профес-сий	21 профес-сия
2	Фактически	33 про-фесии		10 дней - 7 профессий			
3	<i>Методика</i>	11 про-фесии	26 про-фесии	3 профес-сии			
		Сокращенная продолжительность рабочего времени, не более (* часов)					
			-				36
1	<i>Список</i>	32 профессии		8 профессий			
2	Фактически	40 профессий		-			
3	<i>Методика</i>	40 профессий		-			
		Повышенный размер оплаты труда					
			-	4 %	8 %	12 %	16 %
1	<i>Список</i>	-		-	-	-	-
2	Фактически	33 профессии		10 % - 7 профессий			
3	<i>Методика</i>	11 профессий	26 профес-сий	3 профес-сии			

Из представленных данных следует, что право на дополнительный отпуск согласно п. 1 «Горные работы» списка имеют:

- до 18 дней работники 12 профессий (начальник шахты, начальник участка подземный, главный механик участка, электромеханики подземный и подъема, горный диспетчер, механик водоотлива и т.д.);

- до 24 дней работники 7 профессий (горный мастер подземный, начальник участка буровзрывных работ, слесарь-заточник буровых коронок, горнорабочие на маркшейдерских работах шахты и карьера и т.д.);

- до 30 дней работники 21 профессии (машинист буровой установки подземный, главный геолог, ведущий геолог, гидрогеолог, горнорабочие на геологоразведочных работах шахты и карьера, главный маркшейдер, ведущий геодезист, маркшейдеры шахты и карьера и т.д.).

Также право на предоставление сокращенной продолжительности рабочего времени

(не более 36 часов) имеют работники 8 профессий (машинист буровой установки подземный, слесарь-заточник буровых коронок, горнорабочий участка буровзрывных работ, горнорабочие на маркшейдерских работах шахты и карьера и т.д.).

Ввиду того, что на данный момент (с 2015 года) повышенный размер оплаты труда работникам вредных и/или опасных производств списком не регламентируется, и действовавшие ранее общереспубликанские повышающие коэффициенты утратили силу, анализ применения списочного подхода проведен не был.

Однако фактически на предприятии только работникам 7 профессий основных производственных подразделений предоставляется 10 дней дополнительного отпуска (начальник шахты, начальник участка подземный, механик водоотлива, машинист буровой установки подземный, начальник карьера, главный геолог, главный маркшейдер), также работникам этих профессий предоставляется повышенный размер оплаты труда в виде доплаты в размере 10 %, при этом работникам не предоставляется сокращенная продолжительность рабочего времени.

Для применения методики при установлении объема гарантий по каждой профессии основных производственных подразделений была определена степень профессионального риска на основе методики расчета степени индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника, разработанной институтом [6].

В частности, были получены следующие данные согласно методике:

- 1 степень профессионального риска (допустимый) была определена для работников 11 профессий (горный диспетчер, главный геолог, гидрогеолог, главный маркшейдер, ведущий геодезист и т.д.), в этом случае вышеуказанные гарантии не устанавливаются;

- 2 степень профессионального риска (низкий) была определена для работников 26 профессий (горный мастер подземный, механик самоходного оборудования, горнорабочий участка буровзрывных работ и т.д.), которым полагается не менее 6 календарных дней дополнительного трудового отпуска, повышенный размер оплаты труда в виде доплаты в размере 4 %;

- 3 степень профессионального риска (средний) была определена для работников 3 профессий (машинист буровой установки подземный, помощник машиниста буровой установки подземный, машинист буровой установки подземный), которым полагается не менее 12 календарных дней дополнительного трудового отпуска, повышенный размер оплаты труда в виде доплате в размере 8 %.

Отметим, что профессий, которым согласно методике предоставляется сокращенная продолжительность рабочего времени не более 36 часов, не установлено.

Таким образом, сравнительный анализ предоставления работникам гарантий показал, что фактически на предприятии они предоставляются не в полном объеме, предусмотренному трудовым законодательством, т.е. в соответствии со списком. При этом оценка профессионального риска показала, что условия труда на рабочих местах работников 65 % профессий основных производственных подразделений оцениваются как низкая степень риска, т.е. на предприятии созданы всевозможные меры по снижению возможного негативного воздействия вредных и/или опасных производственных факторов. Вместе с тем списком предусмотрены гарантии для всех профессий производственного персонала, причем более 50 % имеют максимально возможную продолжительность дополнительного трудового отпуска.

В целом использование подхода, основанного на оценке профессиональных рисков, является комплексной мерой в системе управления охраной труда на предприятии. Учитывая при расчете степени профессиональных рисков наличие и степень воздействия

вредных и/или опасных производственных факторов, обеспеченность средствами индивидуальной защиты, соблюдение требований к безопасности производственного оборудования, состояние здоровья работников, можно внедрить обоснованный дифференцированный подход в предоставлении гарантий работникам различных предприятий для конкретного вида экономической деятельности, вида производства, организации трудового процесса.

#### Список литературы

1. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года, утв. Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636.
2. Трудовой Кодекс РК от 23 ноября 2015 года № 414-В ЗРК.
3. Приказ МЗСР РК № 1053 от 28 декабря 2015 года «Об утверждении Списка производств, цехов, профессий и должностей, перечня тяжелых работ, работ с вредными и (или) опасными условиями труда, работа в которых дает право на сокращенную продолжительность рабочего времени, дополнительный оплачиваемый ежегодный трудовой отпуск и повышенный размер оплаты труда, а также правил их предоставления».
4. Постановление ВЦСПС от 3.10.86 года N 387/22-78 «Об утверждении типового положения об оценке условий труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда».
5. А.с. № 2258 Методика установления вида и объема гарантий работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда в зависимости от степени профессионального риска / С.Г. Бисакаев, Ш.К. Абикенова, Ж.Х. Есбенбетова, Л.А. Грибенко, Д.Б. Муканова, Г.Т. Айткенова; 3 октября 2017 года.
6. А.с. № 2259 от 3 октября 2017 года Методика расчета степени индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника / С.Г. Бисакаев, Ш.К. Абикенова, Ж.Х. Есбенбетова, Л.А. Грибенко, А.Е. Танабаева, А.К. Абилов, К.Д. Сарыбаева.

Получено 1.02.2019

---

УДК 622.81

**А.Р. Айтпаева, Т.К. Исабек, Н. Хуангтан**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

#### МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЫБРОСООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

*Статья посвящена предотвращению выбросоопасности угольных пластов в угольных шахтах. Практический опыт отработки выбросоопасных пластов показывает, что наиболее эффективным противовыбросным мероприятием является защитная выемка пластов. Увеличение газопроницаемости пород между пластом и угольного массива вследствие разгрузки приводит к дегазации опасных пластов. Наибольшее распространение при проведении подготовительных выработок повсеместно и при ведении очистных работ в первую очередь получили локальные способы предотвращения выбросов. Контроль эффективности производится по динамике начальной скорости газовыделения из шпуров.*

*Бұл мақала көмір шахталарындағы газ бен көмірдің өздігінен қоларылу қауіптілігін алдын алу мақсатында жазылған. Қоларылу қауіптілігі жоғары пласттарды өндіру тәжірибесіне сәйкес, қоларылуға қарсы ең тиімді шара – пласттың қорғаныш ойпаңы болып табылады. Пластаралық тау жыныстары мен көмір массивінің женілдену себебінен газеткізгіштігінің артуы қауіпті пласттардың газсыздануына әкеліп соғады. Ең бірінші кезекте жалпай дайындық және тазартпа қазындыларды жүргізуде жергілікті қоларылуды болдырмай әдістері кеңінен қолданысқа ие болды.*

*This article is concerned to prevention of the outburst hazard of coal layers in coal mines. The practical experience of outburst hazard layers mining shows that the most effective blowout action is a protective dredging of layers. Increase in gas permeability of parting breeds and coal massif owing to unloading leads to decontamination of dangerous layers. The greatest distribution when carrying out preparatory production everywhere and when conducting clearing work first of all received the local ways to prevent emissions.*

**Ключевые слова:** псевдопластичность, междупластье, выбросоопасность, уголь, газопроницаемость, региональность, гидрорыхление, гидроотжим, призабойный, противовыбросные, газовыделение, метановыделения.

На базе результатов изучения горно-геологических особенностей Карагандинского бассейна, учитывая опыт Кузнецкого бассейна, где разработаны предложения по механизму формирования внезапных выбросов угля и газа, нами обоснованы рациональные мероприятия по предотвращению выбросоопасности угольных пластов.

Мероприятия, применяемые для борьбы с внезапными выбросами угля и газа, принято делить на региональные и локальные [1].

Практический опыт отработки в регионе выбросоопасных пластов показывает, что наиболее эффективным противовыбросным мероприятием является защитная выемка пластов, которая заключается в том, что в зонах надработки и подработки происходит снижение напряжений, что приводит к уменьшению упругости и увеличению псевдопластичности угольного массива. Увеличение газопроницаемости пород междупластья и угольного массива вследствие разгрузки приводит к дегазации опасных пластов.

Вышесказанное позволяет говорить о том, что защитная выемка приводит к изменению факторов, под действием которых происходят внезапные выбросы. Однако известны случаи выбросов на защищаемых пластах, где вследствие определенных условий не произошла разгрузка и дегазация пласта или произошло восстановление первоначального напряженного состояния.

Эти особенности необходимо учитывать при проектировании отработки защитных пластов, особенно при надработке, выемке в качестве защитных пластов малой мощности, при наличии прочных непроницаемых пластов в междупластье, а также при установлении максимально допустимого опережения между работами в смежных пластах [2].

В ряде случаев применение защитной выемки ограничивается тем, что с углублением горных работ ряд защитных пластов становится взрывоопасными. В некоторых случаях защитные пластины являются некондиционными по качеству и мощности, что влечет за собой трудности в их разработке и низкую экономическую эффективность. Поэтому организация защиты на пологих пластах наиболее сложна. К числу нормативных региональных мероприятий, выполняемых из горных выработок, относятся увлажнение угольных пластов и их дегазация.

Увлажнение угольных пластов осуществляется через длинные скважины диаметром 115-110 мм впереди подготовительных и очистных забоев по одной из схем их параллельно-одиночного расположения на расстоянии 40-50 м от очистного забоя. Наиболее рациональной является схема, при которой из ранее пройденного вентиляционного штрека бурят скважины по падению пласта по середине его мощности на всю высоту этажа на 5 м за контур будущего штрека.

Известно, что при увлажнении прочностные свойства массива снижаются на 20-30 %, примерно так же снижается модуль упругости и повышается пластичность угля. Это приводит к перемещению максимума опорного давления в глубь массива. Изменение газовой составляющей при увлажнении неоднозначно, так как может происходить: частичная дегазация массива за счет поршневого вытеснения метана водой и частичного замещения

метана в сорбционном объеме, блокирование метана в микропорах из-за снижения общей и фазовой проницаемости пласта при заполнении порово-трещинного пространства водой.

Увлажнение пласта должно происходить при давлении нагнетания  $P_h$  (МПа):

$$P_g < P_h < 0,02 \text{ уН}, \quad (1)$$

где  $P_g$  - давление газа.

На одну тонну обрабатываемых запасов требуется от 0,02 до 0,04  $m^3$  воды с добавками ПАВ при темпах нагнетания не менее 30 л/мин, контроль эффективности по физически связанный влаге или по динамике газовыделения или по начальной скорости газовыделения и выходу бурового штыба.

Достоинства способа: региональность и одновременное снижение пылеобразующей способности угля.

Недостатки: ограниченность применения по условиям развития горных работ; сложность и даже невозможность бурения длинных скважин на опасных пластах; неравномерность увлажнения массива по площади с оставлением необработанных участков; неоднозначность изменения газовой обстановки [2].

В силу изложенных недостатков способ применяется недостаточно широко.

Дегазация выбросоопасных неразгруженных угольных пластов проводится по схемам, предусмотренным в «Руководстве по дегазации угольных шахт». Способ применяется на пологих пластах средней мощности и мощных (при отработке первого слоя) восточных и северных месторождений и бассейнов.

Дегазация производится до тех пор, пока газоносность не снизится до значения, на 25 % меньшего значения газоносности на глубине, с которой начинается прогноз выбросоопасности. Если газоносность угля до указанного предела снизить не удается, то применяют увлажнение или один из локальных способов предотвращения выбросов.

Контроль эффективности - по динамике газовыделения или по начальной скорости газовыделения и выходу бурового штыба.

Наибольшее распространение при проведении подготовительных выработок повсеместно и при ведении очистных работ в первую очередь получили локальные способы предотвращения выбросов. Это гидрорыхление угольного пласта, низконапорное увлажнение угольных пластов, гидроотжим угольного пласта, гидровымывание опережающих полостей, образование разгрузочных щелей во вмещающих породах, бурение опережающих скважин, торпедирование угольного массива [1].

Гидрорыхление угольных пластов (высоконапорное нагнетание воды в режиме рыхления) применяется в очистных, подготовительных и нарезных выработках, при сооружении на пластах тонкой и средней мощности.

Параметры способа: длина шпура  $l$ , глубина герметизации  $l_g$ , расстояние между шпурами  $a$ , расстояние от кутка до шпура  $b_1$ , расстояние от второй обнаженной поверхности пласта до шпура  $b_2$ , глубина выемки  $l_h$ , максимальное  $P_{max}$  и конечное  $P_k$  давление нагнетаемой воды; продолжительность процесса  $t$ .

Для пластов -  $m > 1,2 \text{ м}$  глубина герметизации принимается от 3 до 6 м.

Длина шпура:

$$l = (l_g + 0,3), \text{ м.}$$

Расстояние между шпурами в очистных забоях:

$$a = (2,4l_g - 0,5m) \pm 0,5, \text{ м.}$$

Величина  $a$  должна удовлетворять условию  $4 \leq a \leq 10$ . В очистных забоях:  $b_1 = 0,5 \div 2, \text{ м}$ ;  $b_2 = 0,5a + m, \text{ м}$ . Для очистных забоев  $l_{\text{н.о}} \geq 0,7 \text{ м}$ , для подготовительных –  $l_{\text{н.о}} > 1 \text{ м}$ . В зонах ПГД и геологических нарушений значения  $l_{\text{н.о}}$  увеличиваются в 1,5-2 раза.

Давление нагнетания рабочей жидкости, Мпа:

$$P_{max} \geq 0,075 \gamma H + P_c,$$

$$P_k \leq 3 + P_c,$$

где  $P_c$  - потери напора в гидросети, МПа.

Темп нагнетания воды принимается не менее 30 л/мин.

Нагнетание воды начинают плавным (в течение 0,5-1 мин) повышением давления до  $P_{th}$  и продолжают в режиме падения давления до  $P_k$ .

Обработка считается эффективной, если подвигание угольного забоя  $\Delta l$  на пластах мощностью  $m \leq 3,5$  м в очистных забоях не менее 0,011г, в подготовительных - 0,021г; на пластах мощностью  $m > 3,5$  в подготовительных забоях не менее 2 м, а также если давление воды снизится до  $P_k$  и вода выйдет на забой. Если необходимая величина  $\Delta l$  не достигается, а остальные требования соблюдены, то выполняют повторное нагнетание.

Схема расположения нагнетательных шпурков и пунктов замера выдвижения забоя представлена на рис. 1.

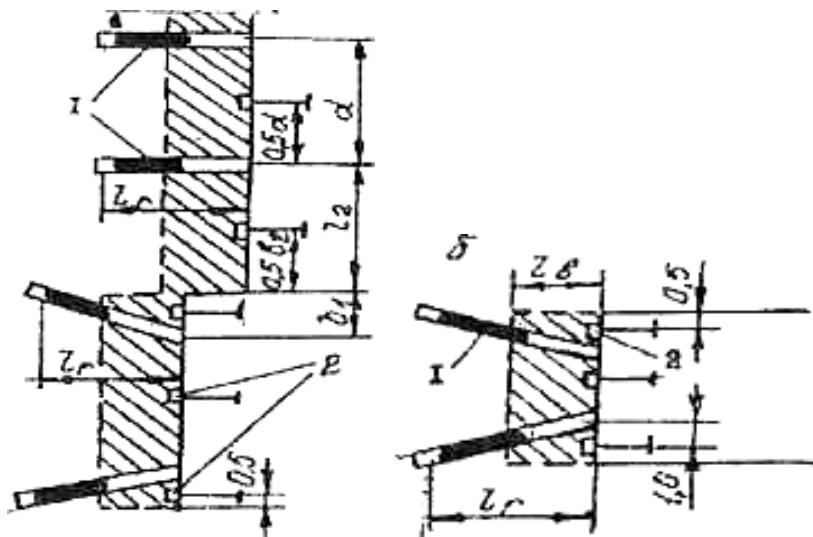


Рисунок 1 - Схема расположения нагнетательных шпурков и пунктов замера выдвижения забоя:  
а - в лаве; б - подготовительном забое; 1 - шпуры для гидроотжима; 2 - пункты замера выдвижения пластов

Величины подвигания пласта замеряют по смещению забивных реперов или смещению забоев замерных шпурков длиной 0,3-0,7 м. Выемка угля и бурение шпурков в обработанной части пласта допускаются не раньше, чем через 30 мин после окончания гидроотжима.

Основные недостатки: вероятность выброса в процессе проведения работ; сложность и ненадежность контроля величины выдвижения пласта.

Разгрузочные пазы для предотвращения внезапных выбросов угля и газа применяют в подготовительных выработках, в нишах лав пологих пластов, в лавах крутых пластов при потолокууступной форме забоя.

Разгрузочные пазы (рис. 2), представляют собой две дополнительные плоскости обнаружения, благоприятствующие протеканию деформаций растяжения в направлении как выработки, так и разгрузочных пазов. Эти деформации обусловливают разгрузку части пласта, оконтуренной забоем и пазами, ее эффективную дегазацию и формирование безопас-

ной зоны разгрузки такой формы и размеров, которые позволяют производить безопасную выемку угля в очередном цикле [3].

Разгрузочные пазы располагают на расстоянии 0,5 м от стенок угольного забоя в подготовительной выработке, не более 0,5 м от стенок, в нишах лав на пологих пластах и на 0,5 м от кутка уступа на крутых пластах. Образование разгрузочных щелей во вмещающих породах как способ предотвращения выбросов применяют при вскрытии пластов и проведении подготовительных выработок по тонким и весьма тонким пластам смешанными забоями комбайнами избирательного действия. Механизм воздействия способа основан на разгрузке и дегазации призабойной части угольного пласта.

На рис. 2 представлена схема проведения подготовительной выработки с образованием разгрузочной щели.

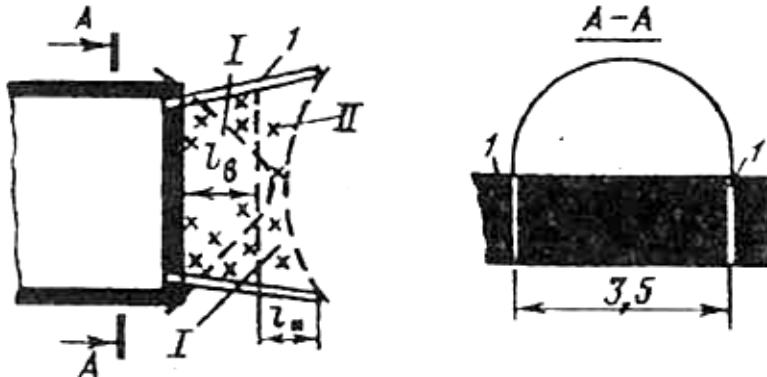


Рисунок 2 - Одиночная подготовительная выработка и безопасная зона разгрузки, образующаяся под действием горного давления: 1 - впереди выработки; II - после выбуривания двух пазов; I - разгрузочный паз; 1в - допустимая глубина выемки; 1н - неснижаемое опережение

Разгрузочные щели создаются путем выемки комбайном вмещающих пород в кровле (почве) угольного пласта на глубину не менее 2 м, между щелью и угольным пластом остается предохранительный породный слой толщиной не менее 0,5 м. Разгрузочная щель должна выходить за контур выработки на расстояние не менее 0,4 м, на особо опасных пластах - не менее 0,6 м. Неснижаемое опережение - 1 м. Минимальная высота щели определяется диаметром исполнительного органа комбайна, максимальная - не ограничивается.

По сравнению с пазами образование щелей имеет преимущества: отсутствие выбросов в момент образования щели, так как она создается в породах, и возможность механизированной выемки щели. Контроль эффективности производится по динамике начальной скорости газовыделения из шпуров [2].

Гидровымывание опережающих полостей может применяться:

- в штреках на пологих и наклонных пластах любой мощности;
- в подготовительных выработках, проводимых снизу вверх на пологих пластах любой мощности и на наклонных пластах тонких и средней мощности;
- в подготовительных выработках, проводимых сверху вниз на пологих пластах тонких и средней мощности, а также на мощных пластах, если выработка проводится у кровли пласта.

Основным условием, определяющим область применения гидровымывания опережающих полостей, является наличие в пласте пачек нарушенного угля с коэффициентом крепости  $f$  не более 0,6. Нарушенные пачки, по которым создаются полости, должны

иметь мощность не менее 5 см.

Механизм воздействия способа гидровымывания опережающих полостей как противовыбросного мероприятия заключается в снижении напряжений и газоносности в локальной зоне пласта впереди забоя выработки. На рис. 3 представлена схема проведения выработок по выбросоопасному угльному пласту смешанным забоем комбайнами избирательного действия.

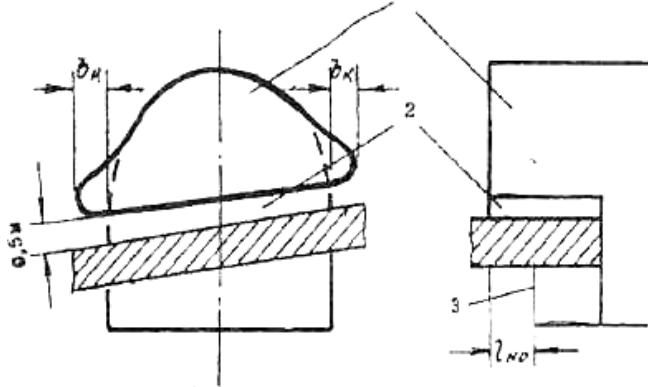


Рисунок 3 - Схема проведения выработок по выбросоопасному угльному пласту смешанным забоем комбайнами избирательного действия: 1 – разгрузочная щель; 2 - предохранительный породный слой; 3 - контур заходки

При применении гидровымывания опережающих полостей следует учитывать, что оно осуществляется по наименее прочной и наименее мощной пачке. Вначале вымывается центральная (по оси выработки) разведочная полость  $l = 20$  м, а затем остальные щелеобразующие полости  $l = 15$  м в виде веера. Неснижаемое опережение -10 м. Ширина обработанного полостями массива угля за контуром выработки - 4 м.

Эффективность гидровымывания полостей на шахтах восточных и северных бассейнов и месторождений оценивают по величине активной газоносности пачек нарушенного угля, которую рассчитывают на основании замеров метановыделения при вымывании полостей с использованием аппаратуры АКМ с непрерывной записью концентрации метана.

Бурение опережающих скважин применяется в подготовительных выработках пластов средней мощности и мощных при радиусе эффективного влияния скважин не менее 0,7 м [1]. Вокруг скважины, пробуренной по углю, возникает пластическая зона, в которой напряжение и газоносность пласта существенно понижены. На рис. 4 представлена схема гидровымывания опережающих полостей.

Зона неупругих деформаций, образующаяся в окрестности скважины, характеризуется пониженными напряжениями. Вследствие снижения напряжений в угольном массиве в окрестности скважины проницаемость угля возрастает, происходит естественная дегазация угля, что приводит к устранению его выбросоопасности. Число скважин и схемы их расположения устанавливаются таким образом, чтобы обеспечивалась разгрузка и дегазация пласта в сечении выработки и за ее контуром на 4 м по пачкам тектонически нарушенного угля [1].

Параметры способа: диаметр  $d = 80\text{--}250$  м и длина скважин (не ограничивается); расстояние между скважинами  $a \leq 2R_{\text{эфф}}$ . Значение  $R_{\text{эфф}}$  определяется опытным путем и корректируется через 250-300 м, но не реже 1 раза в 6 мес.

Скважины бурят по наиболее опасным пачкам, что осложняет достижение необходимой глубины. Кроме того, при бурении нередко происходят выбросы угля и газа. Однако

с увеличением глубины и уменьшением газопроницаемости угля эффективность способа резко снижается; применяется способ в северных и восточных районах.

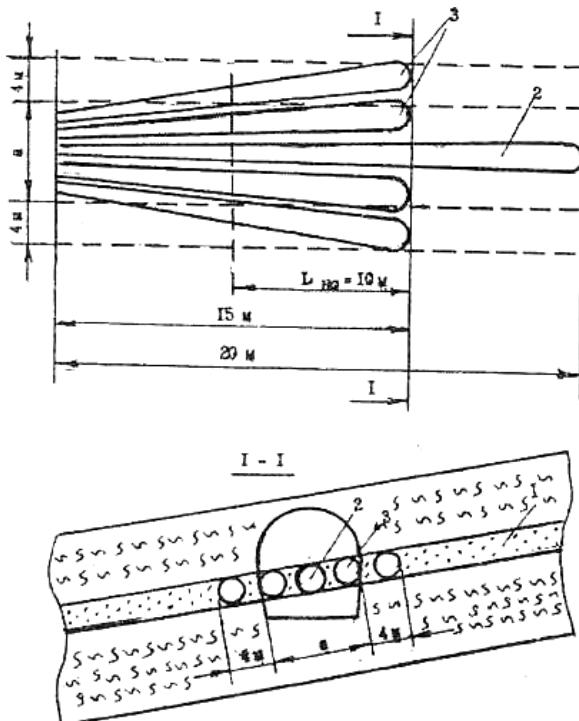


Рисунок 4 - Схема гидровымывания опережающих полостей: 1 - пачка нарушенного угля; 2 - разведочно-профилактическая полость; 3 - щелеобразующие полости; Lнх - неснижаемое опережение полостей

Низконапорное увлажнение угольных пластов применяется в восточных и северных бассейнах при проведении подготовительных выработок на мощных и средней мощности пластах и осуществляется через передовую скважину, пробуренную по оси выработки, или через барьерные скважины, пробуренные по бокам выработки из специальных ниш [3].

При низконапорном увлажнении энергии напора жидкости недостаточно для рыхления массива, но происходит вытеснение свободного газа. Кроме того, проникая в фильтрационный объем и заполняя микропоры и переходные поры, вода существенно снижает фазовую проницаемость угля для метана, блокируя его.

За счет повышения пластичности угля происходит перераспределение напряжений и перемещение максимума напряжений в глубь массива и снижение его величины. Увлажнение считается законченным после подачи в скважины расчетного количества воды и эффективным при достижении влажности угля не менее 6 %.

Торпедирование угольного массива применяют на пологих пластах в подготовительных и очистных выработках. Торпедирование угольного массива осуществляют как с предварительным нагнетанием воды в пласт, так и без него.

Предотвращение выбросов угля и газа при гидровзрывной обработке угольного массива достигается путем рыхления угля и вследствие этого перераспределения напряжений и дегазации в призабойной части угольного пласта.

## Список литературы

- Городниченко В.И. Основы горного дела / В.И. Городниченко, А.П. Дмитриев. - М.: Изд-во МГГУ, 2006.
- Красюк Н.Н. Механизм формирования выбросоопасной ситуации и способы предотвращения выбросопасности углепородного массива / Н.Н. Красюк, С.С. Золотых, Ю.М. Максименко и др. - М.: Изд-во МГГУ, 2004.
- Малышев Ю.Н. Новые технологические и технические решения подземной угледобычи / Ю.Н. Малышев, О.В. Михеев. - М.: Изд-во МГГУ, 2004.

Получено 1.02.2019

---



---

МРНТИ 28.19.15; 29.03.77

**Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин, О.Б. Оспанов**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ 3Д-ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАМЕНИ В ПРОМЫШЛЕННОМ  
КОТЛОАГРЕГАТЕ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ  
УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

*В статье описывается разработка математического аппарата для вычисления трехмерного температурного поля пламени, формирующегося в промышленном котлоагрегате, управляемом интеллектуальным контроллером по показаниям пирометра.*

*Мақалада пирометрдің көрсеткіштері бойынша интеллектуалдық контроллермен басқарылатын, өнеркәсіптік қазанда түзілетін, үшмелшерлі температуралық жаһынның, өрісін есептеу үшін математикалық аппаратты жасау сипатталған.*

*This paper describes an algebraic approach to the numerical inverse Radon transform for reconstructing a three-dimensional image of a flame in an industrial boiler unit controlled by an intelligent controller based on the readings of a pyrometer.*

*Ключевые слова:* интеллектуальный контроллер, промышленный котлоагрегат, двухцветная пирометрия, восстановление температурного поля, прямое и обратное преобразования Радона.

В настоящее время надежно установлено [1], что геометрические, световые и изменяющиеся динамические характеристики пламени в системах сгорания тесно связаны с эффективностью горения и уровнем выбросов загрязняющих веществ, а также с безопасностью котлоагрегатов. Поэтому расширенный контроль и описание вышеперечисленных характеристик пламени становятся для инженеров все более важными для лучшего понимания и оптимизации процесса горения. В последние годы большое количество исследований было направлено на развитие усовершенствованных измерительных систем для расширенного контроля и описания пламени, в частности разработаны новейшие способы оптического распознавания, цифрового изображения и технологии обработки изображений [2]. Однако данные пламени, полученные из этих систем, ограничиваются только двумерными измерениями (2D), т. е. третья плоскость измерения не принималась во внимание. Самым последним достижением в этой области исследований является разработка измерительной системы для трехмерной (3D) визуализации и количественная характеристика пламени от газообразного топлива [3]. Однако описанная в работе [3] система была разработана для измерения геометрических и световых параметров пламени из восстановленной трехмерной модели пламени, игнорирующей трехмерную информацию о температуре. Необходимо точное измерение распределения температуры в пламени для до-

стижения фундаментального понимания процессов сжигания и образования загрязняющих веществ. Трехмерное измерение температуры пламени горения представляет собой серьезную техническую проблему, поэтому проведен весьма ограниченный объем работ по данному направлению.

Самой большой проблемой является неоднородность внутренней структуры пламени при горении, что затрудняет определение любой информации относительно внутренней структуры факела в 3D, включая температуру. Кроме того, пламя не может быть проверено и проанализировано с использованием установленных трехмерных методов, используемых при медицинской визуализации, как, например, томография. Предыдущая работа в этой области [4] включает теоретическое исследование по определению трехмерного распределения температуры в большом котлоагрегате с использованием нескольких камер. Однако такая система представляется сложной для практической реализации. Авторы данной работы разрабатывают интеллектуальный контроллер для управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных, включающий «быстрый» контур управления температурой по показаниям пирометра. В качестве детектора используется детектор излучения, выбранная длина волны обнаружения зависит от типа сжигаемого топлива, подробнее работа устройства и схема представлены в нашей работе [5].

Целью данного исследования является разработка математического аппарата для воссоздания трехмерного температурного поля пламени, формирующегося в промышленном котлоагрегате и контролируемого по показаниям пирометра.

Пирометрия основана на том, что все поверхности при температурах выше абсолютного нуля излучают тепло. Закон Планка (1), модифицированный с учетом излучательной способности поверхности, является основным уравнением для теплового излучения:

$$M(\lambda, T) = \epsilon_\lambda \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)}, \quad (1)$$

где  $M(\lambda, T)$  - монохроматическая светимость, то есть монохроматическое излучение, измеренное в соотношении энергии на единицу площади в единицу времени ( $\text{Вт}/\text{м}^2/\text{с}$ );  $\lambda$  - длина волны излучения (мм);  $T$  - абсолютная температура (К);  $\epsilon_\lambda$  - монохроматическая излучательная способность;  $C_1$  и  $C_2$  - первая и вторая постоянные Планка. В случаях  $\frac{C_2}{\lambda T} \gg 1$  закон Планка может быть заменен на закон излучения Вина (2):

$$M(\lambda, T) = \epsilon_\lambda \frac{C_1}{(\lambda^5)^5} e^{\frac{C_2}{\lambda T}}. \quad (2)$$

Можно показать, что выходной сигнал системы формирования изображения, а именно оттенок серого  $G(\lambda, T)$  пропорционален выходному сигналу измеряемого объекта и зависит от спектральной чувствительности  $S_\lambda$  системы формирования изображения:

$$G(\lambda, T) = R S_\lambda \epsilon_\lambda \frac{C_1}{(\lambda^5)^5} e^{\frac{C_2}{\lambda T}}, \quad (3)$$

где  $R$  - постоянная прибора, не зависящая от длины волны и отражающая влияние различных факторов, включая ослабление излучения из-за оптической системы и атмосферы, расстояние наблюдения, свойства линз и преобразование сигнала. Соотношение уровней серого на длинах волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  задается уравнением (4):

$$\frac{G(\lambda_1, T)}{G(\lambda_2, T)} = \frac{S_{\lambda_1} \epsilon_{\lambda_1}}{S_{\lambda_2} \epsilon_{\lambda_2}} \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)^5 \exp \left( \frac{C_2}{T} \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \right). \quad (4)$$

Соотношение между спектральной чувствительностью  $\frac{S(\lambda_2)}{S(\lambda_1)}$  называется измерительным фактором и известно по калибровке с использованием вольфрамовой лампы в качестве стандартного источника температуры.

Решающим моментом здесь является вопрос о соотношении между спектральными излучениями длиной  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Обычно поведение объекта описывается по модели серого тела, когда длины этих волн очень близки друг к другу, то есть  $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1$ . Для газообразного пламени размер частиц сажи составляет от 0,005 до 0,1 мм [6] и намного меньше, чем длины волн наблюдения. Как было доказано в Флауером в 1983 году, при допущении, что частицы сажи в пламени однородные, оптически тонкие, изотермические в горизонтальном направлении в пламени, а также малые относительно используемой длины волны, их спектральная излучательная способность обратно пропорциональна длине волны, т.е.  $\lambda_1 \sim \frac{1}{\lambda_2}$ . Поэтому для газообразного пламени путем замены  $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{e(\lambda_2)}{e(\lambda_1)}$  в уравнении (4) и преобразований можно получить уравнение (5) для температуры:

$$T = \frac{C_2 \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}{\ln \frac{G(\lambda_1, T)}{G(\lambda_2, T)}_2 + \ln \frac{S_{\lambda_2}}{S_{\lambda_1}} + \ln \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^6}. \quad (5)$$

Двухцветная пиromетрия широко используется во многих сферах промышленности, в которых используется сжигание, но ее применение относительно новое для угольного горения. Отзывы и обсуждения по неопределенности двухцветного метода измерения температуры и KL-фактора можно найти в работах [7-10]. Два цвета могут быть получены несколькими способами. Самое простое - получить излучение с одной прямой видимостью (обеспечивает точечное измерение), которое расщепляется, а затем оптически изменяется для получения двух узких полос света. В работе [11] описано применение этого метода на реакторе в лабораторном масштабе с использованием пылевидного угля для получения точных температурных измерений. Авторы работы [2] использовали одну ПЗС-камеру для измерения двумерной (2D) температуры в пылевидном пламени в установке мощностью 500 кВт. Свет от пламени был разделен на три узких луча с фиксированной длиной волны и снимался с помощью ПЗС-детектора на камеру. Сигналы для трех лучей непрерывно обрабатывались для обеспечения показаний температуры в режиме реального времени. Были исследованы воздействия на температуру различных соотношений воздух-топливо при низкой скорости подачи топлива и малом размере частиц.

В работе [12] использовали аналогичный метод для получения двумерных непрерывных измерений температуры с использованием одной ПЗС-камеры с врачающимися узкими (10 нм) полосовыми фильтрами. Триста изображений снимались в течение тридцати секунд с каждым полосовым фильтром. Сигналы для каждой длины волны были усреднены, а затем использованы для вычисления средней температуры пламени в 2D. Проанализировав данные работ [7-13], мы сделали предположение, в котором заключается сущность предлагаемого нами метода воссоздания трехмерного изображения пламени, формирующегося в промышленном котлоагрегате. Процесс проецирования света от пламени горения на датчик изображения, где поперечное сечение 2D-пламени претерпевает трансформацию для получения проекции 1D-сечения, как описано в работе [13], физически эквивалентен математическому преобразованию Радона. Следовательно, восстановление сечения пламени от его одномерной проекции (рис. 1) является, по сути, обратным преобразованием Радона. В теории реализация обратного преобразования Радона требует бесконечного числа проекций на  $180^\circ$  вокруг оси пламени, на практике, однако, восстановление достигается с использованием численных методов и достаточно большого, но конечного числа проекций.

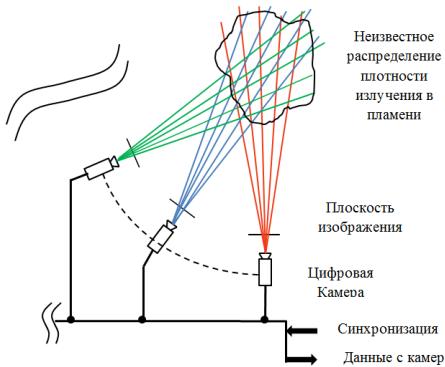


Рисунок 1 – Схематическая иллюстрация проблемы воссоздания трехмерного изображения пламени, формирующегося в промышленном котлоагрегате

Дадим описание разработанного нами метода. Пусть  $f(x, y)$  – функция двух вещественных переменных, определенных на всей плоскости, и достаточно быстро убывающая на бесконечности (так что соответствующие ненадлежащие интегралы сходятся). Тогда преобразованием Радона функции  $f(x, y)$  является (6):

$$R(s, a) = \int f(s \cos \alpha - z \sin \alpha, s \sin \alpha + z \cos \alpha) dz. \quad (6)$$

Геометрическим смыслом преобразования Радона является интеграл функции вдоль прямой, перпендикулярной вектору  $n = (\cos \alpha, \sin \alpha)$  и проходящей на расстоянии  $s$  (измеренном вдоль вектора  $n$  с соответствующим знаком) из оригинала (рис. 2).

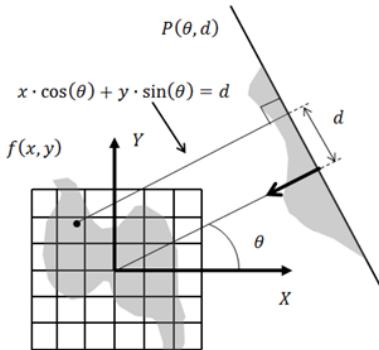


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация преобразования Радона

Преобразование Радона может быть определено разными способами. Преобразование Радона  $\hat{q}(\rho, \tau)$  непрерывной двумерной функции  $q(x, y)$  определяется путем укладки или интегрирования значений  $g$  вдоль наклонных линий. Расположение линии определяется по параметру линии: наклон  $\rho$  и смещение линии  $\tau$ :

$$\hat{q}(\rho, \tau) = \int q(x, \rho x + \tau) dx. \quad (7)$$

Мы будем использовать:

$$S(\rho, \phi) = f(x, y) \delta(\rho - x \cos \phi + y \sin \phi) dx dy, \quad (8)$$

где  $\delta(\rho)$  – дельта-функция Дирака. Если функция распределения  $f(x, y)$  определена, известно, что формула (8) позволяет вычислить так называемый синограмм  $S(\rho, \phi)$ .

Обратная задача означает, что необходимо найти  $f(x, y)$ , когда функция  $S(\rho, \phi)$  заранее известна. Существует точное решение уравнения (1), которое было найдено Радоном.

Оно называется обратным преобразованием Радона и имеет вид (9):

$$f(x, y) = -\frac{1}{2\pi^2} \int_0^\pi d\varphi \int \frac{DS}{D\rho} \frac{d\rho}{\rho - x\cos\varphi + y\sin\varphi}. \quad (9)$$

Следует отметить, что метод преобразования Радона широко используется в томографии [14]. Его главное преимущество заключается в том, что нет необходимости решать систему алгебраических уравнений. Этот метод дает явное выражение для функции  $f(x, y)$  через лучевые суммы синограммы  $S(\rho, \varphi)$ . В настоящее время наиболее распространенным методом численной инверсии преобразования Радона является обратный проекционный алгоритм [15, 16]. Используя соответствующие математические преобразования и заменяя ряд функций в уравнениях (6)-(9) приближенными матричными аналогами, мы можем в итоге получить соответствующее выражение для 3D-распределения температуры в пламени котлоагрегата.

В теории преобразования Радона имеется соотношение, которое дает интегральное уравнение для нахождения фантомной плотности. Рассмотрим двойной интеграл на плоскости (10):

$$I(q, x, y) = D \frac{f(\alpha, \beta)}{\sqrt{(x-\alpha)^2 + (x-\beta)^2 - q^2}} d\alpha d\beta, \quad (10)$$

где  $D$  определяется как  $(x - \alpha)^2 + (x - \beta)^2 > r^2$ .

Выразим

$$\alpha = x + r\cos\theta\beta = y + r\sin\theta. \quad (11)$$

Тогда (11) преобразуется как

$$\int_r^\infty \frac{rdr}{\sqrt{r^2 - q^2}} \int_0^{2\pi} (x + r\cos\theta, y + r\sin\theta) d\theta = I(q, x, y). \quad (12)$$

Интеграл в (12) является средней плотностью вдоль окружностей с радиусом  $r$  и  $q$ , которое означает:

$$f^{\hat{a}}(r, x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (x + r\cos\theta, y + r\sin\theta) d\theta. \quad (13)$$

Таким образом, выражение (13) является интегральным уравнением для определения неизвестной функции  $f(r, x, y)$ :

$$\int_r^\infty \frac{f^{\hat{a}} r dr}{\sqrt{r^2 - q^2}} = \frac{1}{2\pi} I(q, x, y). \quad (14)$$

Последнее уравнение - хорошо известное уравнение Абеля, и его решение выражается формулой

$$f^{\hat{a}}(r, x, y) = \frac{1}{\pi^2} \int_r^\infty \sqrt{r^2 - q^2} \left( \frac{DI}{Dq} \right) dq. \quad (15)$$

При  $r \rightarrow 1$ : средняя плотность, естественно преобразуемая в плотность в точке  $(x, y)$ , получаем

$$f(x, y) = -\frac{1}{\pi^2} \int_r^\infty \frac{1}{q} \left( \frac{DI}{Dq} \right) dq. \quad (16)$$

Если мы знаем соотношение между расстояниями  $q$  и номерами детектора, то функция  $I(q, x, y)$  может быть записана через синограмму в форме:

$$I(q, x, y) = \int_0^{2\pi} S(\rho, \varphi) d\varphi. \quad (17)$$

Следовательно, фантомную плотность (17) можно представить в виде (18):

$$f(x, y) = \int_0^{2\pi} d\varphi \int \frac{DS}{D\rho} \frac{d\rho}{\rho q(\rho, \varphi, x, y)}. \quad (18)$$

Значение  $q$ , указанное в (7), представляет собой расстояние от каждой точки изображения  $(x, y)$  до каждой следящей камеры  $(\rho, \varphi)$ . Элементы четырехмерного массива  $q$  могут быть вычислены по формуле (7). Для его практического использования можно ввести трехмерный массив инверсных расстояний  $Q(x, y)$ . В выражении (6), по которому выполнено преобразование Радона, существует численная операция дифференцирования

синографа  $S(\rho, \phi)$  с помощью определения  $\rho$ . Если  $\rho$  рассматривается как число строк, а  $\phi$  - как число столбцов, то числовое дифференцирование более удобно делать путем умножения  $S(\rho, \phi)$  слева на соответствующую матрицу  $M$  (19):

$$S_1(\rho, \phi) = DS(\rho, \phi) = MS(\rho, \phi). \quad (19)$$

Во внутренних точках дифференцированного векторного столбца производная аппроксимируется центральными разностями, но в крайних точках - односторонними разностями. Матрицы оператора дифференцирования  $M$  могут быть построены с любыми размерами. Они отличаются от матриц Тёплица, имеющих одинаковые значения на диагоналях, по первой и последней линиям.

Таким образом, нами разработан математический подход к задаче двухцветной пирометрии с использованием матричного алгоритма восстановления трехмерного температурного поля. В отличие от других известных подходов, матричный алгоритм дает точное восстановление распределения интенсивности излучения, однако он чувствителен к неточности параметров изображения. Этот недостаток также присущ другим изображениям, полученным методом пирометрии [12, 13, 15, 16]. В настоящее время мы тестируем разработанный нами метод.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Разработан математический аппарат для воссоздания трехмерного температурного поля пламени, формирующегося в промышленном котлоагрегате и контролируемого по показаниям пирометра. Задача двухцветной пирометрии решается с использованием матричного алгоритма восстановления трехмерного температурного поля при помощи прямого и обратного преобразований Радона. На практике разработанные методы используются для создания интеллектуальной системы управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных, включающей «быстрый» контур управления температурой с интеллектуальным контроллером, работающим с показаниями пирометра.

#### Список литературы

1. Toftegaard, M. J., Brix, J., Jensen, P. A., Glarborg, P., Jensen, A. D. Oxy-fuel combustion of solid fuels // Progress in Energy and Combustion Science. – 2010 г. – Сборник №36, выпуск №5. – С. 581-625.
2. Lu, G., Yan, Y. Temperature Profiling of Pulverized Coal Flame Using Multicolor Pyrometric and Digital Imaging Techniques // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2006 г. – Сборник №55, выпуск №4. – С. 1303-1308.
3. Brisley, P. B., Lu, G., Yan, Y., Cornwell, S. Three dimensional temperature measurement of combustion flames using a single monochromatic CCD camera // IEEE Trans. Instrum. Meas. – 2005 г. – Сборник №54, выпуск №4. – С. 1417-1421.
4. Zhou, H. C., Han, S. D., Lou, C., Liu, H. A new model of radiative image formation used in visualization of 3-D temperature distributions in large-scale furnaces // Numerical heat transfer part b fundamentals. – 2002 г. – Сборник №42, выпуск №3. – С. 243-258.
5. Оспанов О.Б. Разработка интеллектуальной системы для оптимального энергоэффективного управления подачей воздушно-топливной смеси в паровых котлах / О.Б. Оспанов, Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин // Совместный выпуск научных журналов «Вестник» ВКГТУ им. Д. Серикбаева и «Вычислительные технологии». – 2018. – Т. 1. – Ч. 2. – С. 56-70.
6. Ladommato, N., Zhao, H. A Guide to Measurement of Flame Temperature and Soot Concentration in Diesel Engines Using the Two-Colour Method // SAE Paper. – 1994 г. – Сборник №941956, часть №1.
7. Ladommato, N., Zhao, H. A Guide to Measurement of Flame Temperature and Soot Concentration in Diesel Engines Using the Two-Colour Method // SAE Paper. – 1994 г. – Сборник №941956, часть №1.
8. di Stasio, S., Massoli, P. Influence of the Soot Property Uncertainties in Temperature and Volume-Fraction Measurements by Two-Colour Pyrometry // Measurement and Science Technology. – 1994 г. – Сборник №5. – С. 1453-1465.

9. Zhao, H., Ladommatos, N. Optical Diagnostics for Soot and Temperature Measurement in Diesel Engines // Progress in Energy and Combustion Science. – 1998 г. – Сборник №24, выпуск №3. – С. 221-225.
10. Tree, D.R., Svensson, K.I. Soot Processes in Compression Ignition Engines // Progress in Energy and Combustion Science. – 2007 г. – Сборник №87. – С. 272-309.
11. Shaw, D.W., Essenhigh, R.H. Temperature Fluctuations in Pulverized Coal (P.C.) Flames // Combustion and Flame. – 1991 г. – С. 333-346.
12. Huang, Y., Yan, Y., Riley, G. Vision-based measurement of temperature distribution in a 500-kW model furnace using the two-colour method // Measurement. – 2000 г. – С. 175-183.
13. Lou, C., Zhou, H.C., Yu, P.F., Jiang, Z.W. Measurements of the flame emissivity and radiative properties of particulate medium in pulverized-coal-fired boiler furnaces by image processing of visible radiation // Proceedings of the Combustion Institute. – 2007 г. – Сборник №31, выпуск №2. – С. 2771-2778.
14. Faridani, A. Tomography and Sampling Theory, The Radon Transform and Applications to Inverse Problems // (Providence, RI, USA), AMS Proceedings of Symposia in Applied Mathematics, American Mathematical Society. – 2006 г.
15. Jia, R. X., Xiong, Q. Y., Wang, K., Wang, L. J., Xu, G. Y., Liang, S. The study of three-dimensional temperature field distribution reconstruction using ultrasonic thermometry // AIP Advances 6(7). – 2016 г.
16. Yanqiu, Li, Shi, Liu, Schlaberg H. Dynamic Reconstruction Algorithm of Three Dimensional Temperature Field Measurement by Acoustic Tomography // Sensors. – 2017 г. – Сборник №17, выпуск №9.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 50.03.03, 50.07, 50.53, 59.13

**Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин, Г.К. Шадрин, А.Т. Кадыролдина,  
Ә.Т. Құсайын-Мұрат**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ  
ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*В данной статье описывается разработка системы управления промышленным роботом-манипулятором для трехмерного сканирования поверхностей для создания 3D-модели продукта и автоматического генерирования программы для перемещения робота, обеспечивающую роботизированную точную плазменную обработку или резку продукта.*

*Бұл мақалада өнімнің 3D моделін жасау үшін бетті үш өлшемді сканерлелтін өндірістік робот манипуляторын басқару жүйесін құрастыру және автоматты тұрдеги роботты нақты плазмалық өңдеу немесе өнімді кесуді қамтамасыз ететін бағдарламаны генерациялау сипатталады.*

*The paper describes the development of a control system for an industrial robot manipulator for three-dimensional scanning of surfaces in order to create a 3D model of the product and automatically generate a program for moving the robot, providing robotic precise plasma processing or cutting of the product.*

**Ключевые слова:** робот-манипулятор, алгоритм управления движением, аналитический синтез, 3D-сканирование, плазменная обработка.

Современный робот-манипулятор можно рассматривать как средство установки пространственного положения и ориентации произвольного инструмента с высокой точностью. С добавлением датчика расстояния или элемента системы обзора (камеры или проектора) робот-манипулятор может обеспечить превосходную систему сканирования поверхности. Роботы-манипуляторы используются в различных производственных процессах [1-7], в том числе при плазменной резке, обработке поверхности движущимся источником

ником плазмы, плазменном напылении порошковых или проволочных покрытий. Плазменная обработка требует точной настройки ряда параметров в течение всего времени обработки. Эти параметры включают расстояние от сопла плазменной установки до поверхности заготовки, скорость движения сопла, угол между плазменной струей и обрабатываемой поверхностью и т. д. [7]. Превышение этих параметров за допустимые пределы может привести не только к бракованным изделиям, но и к аварии (короткому замыканию). В случаях, когда программа робота генерируется в соответствии с заданной геометрической моделью обрабатываемой детали, очень часто отклонение формы реального объекта от модели приводит к нарушению параметров процесса со всеми нежелательными последствиями. Эта проблема особенно актуальна в случае крупногабаритных объектов сложной формы, когда небольшие относительные погрешности геометрических параметров и позиционирования объекта приводят к большим отклонениям расстояний между инструментами, установленными на манипуляторе, и поверхностью объекта. Оптимальным решением этих проблем является предварительное сканирование поверхности объекта.

Для осуществления трехмерного сканирования объекта с использованием роботоманипулятора необходимо решить задачу управления движением манипулятора и планирования его траектории. Рука робота при движении должна замедляться или останавливаться, чтобы избежать столкновений с препятствиями, динамические системы робота должны обеспечить нужную точность и скорость изменения траектории непосредственно в процессе движения, что пока труднодостижимо. Очевидно, что выбор и программирование траекторий объекта, включая скорости и ускорения, является довольно трудной задачей [3, 6]. Следует учитывать тот факт, что робот-манипулятор представляет собой многозвенную связанную инерционную механическую систему, приводы которой ограничены по мощности и моменту. Как правило, каждая кинематическая пара манипулятора (шарнира) имеет свой собственный привод, позиционный преобразователь и микропроцессорную систему управления приводом. В целом мы получаем сервосистему этой парной позиции процесса, которая имеет свои динамические характеристики. На более высоком уровне осуществляется согласованная работа систем позиционирования всех соединений. Обычно, чтобы облегчить разработку программного обеспечения на этом этапе, наряду с другими предусмотрено движение инструмента в заданном направлении в декартовой системе отсчета, независимо от типа движения пар исполнительных механизмов. Робот Kawasaki RS10L может служить примером промышленного манипулятора, где используются вращательные пары, но предусмотрено движение инструмента в заданном направлении.

Целью данного исследования является разработка нового алгоритма синтеза системы управления движением робота-манипулятора и разработка системы 3D-сканирования на основе бесконтактных датчиков расстояния, установленных на манипуляторе промышленного робота.

Исследования проводились на опытно-промышленной площадке, созданной в ВКГТУ им. Д. Серикбаева, оснащенной промышленным комплексом для плазменной обработки материалов на основе промышленного робота Kawasaki.

Робот Kawasaki RS-010LA (Kawasaki Robotics, Япония) состоит из подвижных частей с шестью степенями подвижности для перемещения установленного на нем оборудования либо обрабатываемой детали по заранее определенной траектории. Рука робота оснащена либо устройством для воздушно-плазменной резки (UPR) производства ООО «НПП Технотрон» (Россия) для работ по плазменной резке, либо микроплазмотроном «MPN-004» производства Института электросварки им. Е.О. Патона (Украина) для мик-

роплазменного напыления проволочных или порошковых покрытий.

Характеристики робота-манипулятора Kawasaki RS-010LA следующие: точность позиционирования - 0,06 мм; максимальная линейная скорость - 13100 мм/с; рабочая зона - 1925 мм; рабочая грузоподъемность - 10 кг. Роботы Kawasaki управляются программным обеспечением AS.

*Разработка системы управления роботом.* Представим динамику движения инструмента робота в заданном направлении линейным обыкновенным дифференциальным уравнением второго порядка общего вида

$$\begin{aligned}\dot{x}_{01} &= a_1 x_{01} + a_2 x_{02} + u - f_{x1}, \\ \dot{x}_{02} &= x_{01} - f_{x2}, \\ y_0 &= c_1 x_{01} + c_2 x_{02} - f_y,\end{aligned}\tag{1}$$

или в векторно-матричном виде, удобном для синтеза алгоритма управления:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}_0 &= \mathbf{Ax}_0 + \mathbf{Bu} - \mathbf{f}_x, \\ y_0 &= \mathbf{Cx}_0 - \mathbf{f}_y,\end{aligned}\quad \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{C} & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ c_1 & c_2 & 0 \end{bmatrix},\tag{2}$$

где  $\mathbf{x}_0 = [x_{01} \ x_{02}]^T \in \mathbb{R}^2$  – переменные состояния;  $u \in \mathbb{R}^1$  – задание для сервосистемы более низкого уровня;  $y_0 \in \mathbb{R}^1$  – движение инструмента робота;  $f_y \in \mathbb{R}^1$ ,  $\mathbf{f}_x \in \mathbb{R}^2$  – возмущающие воздействия; матрицы  $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$ ,  $\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$ ,  $\mathbf{C} \in \mathbb{R}^{1 \times 2}$  считаются заданными,  $c_2 \neq 0$ .

Для решения задачи управления роботом применяем метод компенсации динамики объекта и возмущений, имеющий ряд преимуществ [8]. Это аналитический метод, он предусматривает в едином алгоритме как коррекцию собственной динамики объекта управления, так и отработку внешних воздействий с нулевой статической ошибкой. Исходные данные здесь задаются в виде фильтров-эталонов замкнутой системы, что удобно для практических приложений. Алгоритм управления объектом (2) по этому методу получен в виде

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}_\phi &= \mathbf{R}_1 \mathbf{x}_\phi + \Phi_2 \varepsilon, \quad u = \mathbf{R}_3 \mathbf{x}_\phi + \mathbf{N}_1 \cdot \tilde{\mathbf{x}}_0 + \mathbf{P} \varepsilon, \\ \tilde{\mathbf{x}}_0 &= \mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_\phi, \quad \varepsilon = y - y_0,\end{aligned}\tag{3}$$

а процессы в замкнутой системе управления представлены выражениями

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}_\phi &= \Phi_1 \mathbf{x}_\phi - \Phi_2 \mathbf{C} \tilde{\mathbf{x}}_0 + \Phi_2 (y - f_y), \quad \dot{\tilde{\mathbf{x}}}_0 = \Phi_{r1} \tilde{\mathbf{x}}_0 + \mathbf{f}_x, \\ \varepsilon &= -\Phi_3 \mathbf{x}_\phi - \mathbf{C} \tilde{\mathbf{x}}_0 + y - f_y, \\ u &= \mathbf{N} \mathbf{x}_\phi + (\mathbf{N}_1 - \mathbf{P} \mathbf{C}) \tilde{\mathbf{x}}_0 + \mathbf{P} (y - f_y),\end{aligned}\tag{4}$$

В (3), (4) обозначено:  $\mathbf{x}_\phi = [x_{\phi 1} \ x_{\phi 2}]^T \in \mathbb{R}^2$ ,  $\Phi_1 = \begin{bmatrix} \phi_1 & \phi_2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ ,  $\Phi_2 = \begin{bmatrix} -\frac{\phi_2}{c_2} \\ 0 \end{bmatrix}$ ,  $\Phi_3 = [c_1 \ c_2]$ ,  $\Phi_{r1} = \begin{bmatrix} \phi_{r1} & \phi_{r2} \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ ,  $\mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} \phi_1 - \frac{c_1}{c_2} \phi_2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ ,  $\mathbf{P} = -\frac{\phi_2}{c_2}$ ,

$$\mathbf{N} = \begin{bmatrix} \phi_1 - a_1 & \phi_2 - a_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{R}_3 = \begin{bmatrix} \phi_1 - a_1 - \frac{c_1}{c_2} \phi_2 & -a_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{N}_1 = \begin{bmatrix} \phi_{r1} - a_1 & \phi_{r2} - a_2 \end{bmatrix},$$

$y \in \Re^1$  – задание для выходной переменной. Из (4) легко можно установить, что статическая ошибка регулирования равна нулю, свободно выбираемая пара коэффициентов  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  определяют динамику системы при отработке воздействий  $y - f_y$ , а пара  $\phi_{r1}$ ,  $\phi_{r2}$  корректируют собственные движения системы при компенсации  $\mathbf{f}_x$ . При назначении каждой пары коэффициентов удобно представить передаточные функции фильтров-эталонов в форме Вышнеградского:

$$W_\phi(s) = \frac{\omega_\phi^2}{s^2 + \zeta_\phi \omega_\phi s + \omega_\phi^2}, \quad \phi_1 = -\zeta_\phi \omega_\phi, \quad \phi_2 = -\omega_\phi^2,$$

$$W_{r\phi}(s) = \frac{\omega_{r\phi}^2}{s^2 + \zeta_{r\phi} \omega_{r\phi} s + \omega_{r\phi}^2}, \quad \phi_{r1} = -\zeta_{r\phi} \omega_{r\phi}, \quad \phi_{r2} = -\omega_{r\phi}^2,$$

где  $\omega_\phi$ ,  $\omega_{r\phi}$  – собственные частоты фильтров-эталонов,  $\zeta_\phi$ ,  $\zeta_{r\phi}$  – коэффициенты, характеризующие затухание.

Исследование качества регулирования полученной системы производилось методом математического моделирования робота, представленного уравнениями (1) и регулятором (3) для номинальных значений коэффициентов  $a_1 = -6,634$ ,  $a_2 = -51,84$ ,  $c_1 = 0$ ,  $c_2 = 51,84$ . Эти коэффициенты соответствуют максимальной скорости перемещения инструмента робота  $v_{\max} = 4 \text{ м/с}$  и динамической ошибке  $\sigma = 20\%$ . Значения  $\omega_\phi$ ,  $\omega_{r\phi}$  при расчете регулятора приняты равными собственной частоте объекта, затухания  $\zeta_\phi$ ,  $\zeta_{r\phi}$  соответствовали фильтру Бесселя. Уравнения объекта (1) и регулятора (3) для этого примера в скалярных переменных выглядят так (возмущения здесь не показаны):

$$\begin{aligned} \dot{x}_{01} &= -6,634x_{01} - 51,84x_{02} + u, \\ \dot{x}_{02} &= x_{01}, \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} y_0 &= 51,84x_{02}, \\ \dot{x}_{\phi 1} &= -12,46x_{\phi 1} + \varepsilon, \quad \dot{x}_{\phi 2} = x_{\phi 1}, \\ u &= -5,83x_{\phi 1} + 51,84x_{\phi 2} - 5,83 \cdot \tilde{x}_{01} + \varepsilon, \\ \tilde{x}_{01} &= x_{01} - x_{\phi 1}, \quad \varepsilon = y - y_0. \end{aligned} \tag{6}$$

На рис. 1 показаны переходные функции системы (5), (6) при номинальном значении коэффициентов  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $c_2$  и их поочередном изменении на  $\pm 30\%$  от своих номинальных значений. Как видно из рис. 1, система устойчива и характеризуется достаточно малой чувствительностью к существенному изменению параметров объекта управления, то есть является параметрически робастной. Таким образом, разработан метод идентификации уравнений движения данного робота в условиях, когда известна максимальная скорость перемещения его инструмента и динамическая ошибка регулирования сервосистем робота. Методом математического моделирования показаны достижения заданного качества регулирования, параметрической и структурной робастности полученной системы управ-

лении.

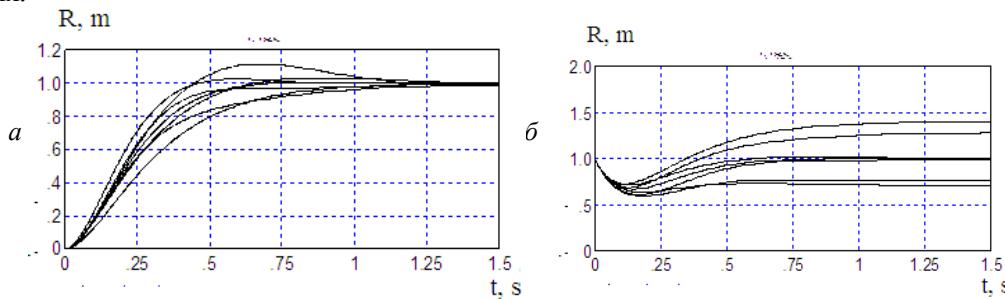


Рисунок 1 - Исследование системы управления роботом на параметрическую робастность:  
 $a$  – выходная переменная;  $\delta$  – управляющее воздействие

*Разработка роботизированной системы 3D-сканирования.* Для разработки роботизированной системы 3D-сканирования мы предложили схему 3D-сканирования на основе лазерных датчиков расстояния, установленных на роботе-манипуляторе Kawasaki RS10L, подробно описанную в нашей работе [9]. В этой схеме четко представлена взаимосвязь компонентов системы, таких как робот-манипулятор, датчик расстояния или видеокамера (3D-сканер), контроллер E40 и ПК. Система может сканировать объект на основе измерения расстояния от поверхности объекта в дискретном наборе точек, образующих сеть с заданными геометрическими параметрами, наложенную на поверхность объекта. 3D-модель сканируемого объекта строится с использованием процедур интерполяции точек сетки. Таким образом, создание системы 3D-сканирования требует построения системы сбора данных, участвующей в формировании задач для робота-манипулятора. Система состоит из последовательного перемещения по точкам сканирования, в каждой точке выполняющих действия, необходимые для сканирования, а также сохранения результатов измерений в точках сканирования в памяти. Поскольку прецизионные датчики расстояния обычно имеют ограниченный рабочий диапазон, а некоторые из них требуют ориентации оси датчика в направлении, перпендикулярном области объекта, подвергаемого сканированию, необходимо реализовать полную систему, состоящую из «грубой» и «тонкой» подсистем сканирования. Система «грубого» сканирования использует датчики положения с широким диапазоном измеряемых расстояний и нечувствительна к ориентации относительно поверхности. Результаты «грубого» сканирования используются для установки «точных» датчиков сканирования в рабочее положение, что необходимо для предотвращения аварийных ситуаций в процессе сканирования. Таким образом, для реализации системы сканирования нужно разработать аппаратное и программное обеспечение для системы сбора данных, кратко описанной выше. Разработка системы в целом включает исследования по тестированию алгоритмов установки датчиков расстояния в рабочее положение и изучение характеристик производительности системы в тестовых ситуациях с известной геометрией.

Поясним теоретические основы трехмерного сканирования роботом-манипулятором. При выполнении сканирования данные собираются в двух системах координат робота (рис. 2). Одна система – это декартовы координаты конечного эффектора, а вторая – углы Эйлера, например углы поворота вокруг осей X, Y, Z, которые относятся к ориентации инструмента.

Рабочий вектор рабочей системы координат однородной системы  $(X_0, Y_0, Z_0, 1)$  определяет однородный вектор мировой системы координат  $(X, Y, Z, 1)$  посредством преобразования (8):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = [A] \times \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

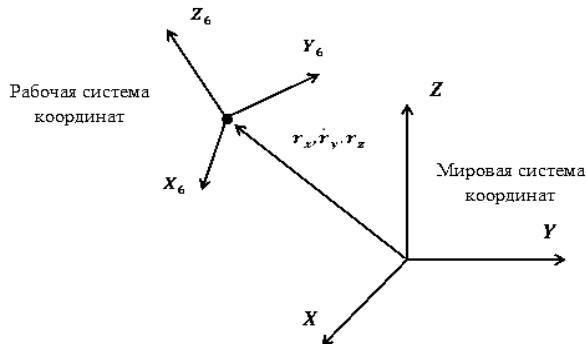


Рисунок 2 - Система координат робота-манипулятора

Согласно рис. 2, матрица однородного преобразования может быть описана формулой (9):

$$A = \begin{bmatrix} l_x & m_x & n_x & r_x \\ l_y & m_y & n_y & r_y \\ l_z & m_z & n_z & r_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где  $l_x = \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)$ ;

$l_y = \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) + \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3)$ ;

$l_z = \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3) - \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)$ ;  $r_x, r_y, r_z$  - оригинальные координаты рабочей системы координат;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  - углы вращения вокруг осей X, Y, Z соответственно.

Вначале лазерный датчик расстояния измеряет расстояние вдоль оси. Затем в нашем случае для построения трехмерного изображения отсканированного объекта нам понадобится только последний столбец из матрицы результатов (8). Рабочая часть робота (включая лазерную измерительную головку) движется по заданному пути во время 3D-сканирования. Синхронизация данных достигается с помощью дополнительного программного обеспечения. ПК подключен к контроллеру робота через последовательный интерфейс RS232. В этом случае можно управлять процессом измерения с помощью программного обеспечения для ПК через пользовательский интерфейс или автоматически через специализированное программное приложение. Последовательность событий для системы сканирования: 1) отправка робота на позицию согласно запланированной траектории; 2) отправка запроса на измерение на лазерный датчик расстояния; 3) получение результатов измерения расстояния; 4) прочтение текущих координат манипулятора; 5) передача полученных данных в базу данных; 6) ожидание следующего запроса / остановки. Разработанный нами алгоритм сегментации облака точек, полученный на этапе грубого сканирования поверхности, описан в нашей работе [10]. Таким образом, предложена роботизированная система 3D-сканирования, использующая робот-манипулятор как ключевое звено системы сканирования.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Разработан новый алгоритм синтеза системы управления движением робота-манипулятора методом

компенсации динамики и возмущений. Полученный алгоритм управления может быть применен для автоматизации широкого класса промышленных объектов. Разработаны основы системы трехмерного сканирования с использованием промышленного робота Kawasaki RS10L для реализации роботизированной плазменной обработки или резки крупногабаритных деталей сложной формы. Результаты исследования имеют большое значение для широкого круга исследователей, разрабатывающих роботизированные системы трехмерного сканирования и алгоритмы управления производственными площадками с мехатронными системами.

Исследование проведено по проекту № АР 05130525 «Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы» с грантовым финансированием Комитета науки МОиН Республики Казахстан на 2018-2020 годы.

#### Список литературы

1. Shen C., Zhu S. A Robotic System for Surface Measurement Via 3D Laser Scanner // Proc. The 2nd International Conference on Computer Application and System Modeling, Paris. - 2012. - pp.1237-1239.
2. Stumm S., Neu P., Brell-Cokcan S. Towards Cloud Informed Robotics Proceedings // Proc. 34th International Symposium on Automation and robotics in Construction, Taipei, Taiwan. – 2017. - pp. 59-64.
3. Rodrigues M., Kormann M., Schuhler C., and Tomek P. Robot Trajectory Planning using OLP and Structured Light 3D Machine Vision // presented at the 9th International Symposium, Greece. – July 29-31, 2013. - Part II. - pp. 244-253.
4. Feng C., Xiao Y., Willette A., McGee W., Kamat V. R. Vision guided autonomous robotic assembly and as-built scanning on unstructured construction sites // Automation in Construction. – 2015. - vol. 59. - pp. 128–138.
5. Chromy, L. Zalud. Robotic 3D scanner as an alternative to standard modalities of medical imaging // Springerplus. – 2014. - vol. 3. - pp. 1-10.
6. Zhao R. Trajectory planning and control for robot manipulations // Robotics [cs.RO]. Université Paul Sabatier. – 2015. - Toulouse III. - p.158.
7. Tucker R.C., Jr., editor. Introduction to Coating Design and Processing // Thermal Spray Technology. – 2013. - vol. 5A. - pp. 76-88.
8. Шадрин Г.К. Физический подход к построению систем управления на основе компенсации динамики объекта и возмущений // Автоматика и телемеханика. - 2016. - № 7. - С. 33 – 46.
9. Алонцева Д.Л. Разработка системы 3D-сканирования для интеллектуальной роботизированной системы плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы / Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин, А.Т. Кадыролдина и др. // Совместный выпуск научных журналов «Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева» и «Вычислительные технологии». – 2018. - Т. 1. - Ч. 1. - С. 7-19.
10. Alontseva D. L., Krasavin A. L., Russakova A. V., Kadyroldina A. T. Automation of Industrial Sites with Mechatronic Systems // International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications. – 2018. - vol. 7. - No. 4. - pp. 146-151.

Получено 1.02.2019

MFTAA 661.423

У. Бестереков, С.Р. Ермеков

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан

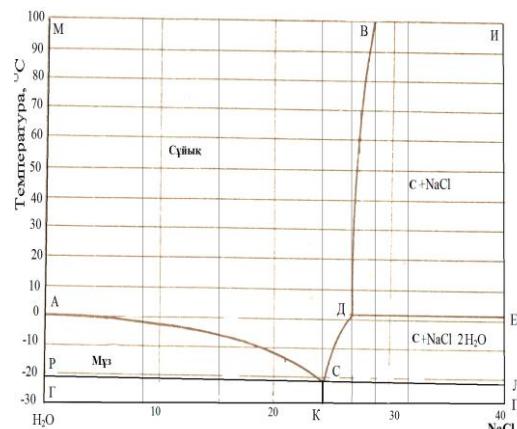
## СУЛЫ-ТҮЗДҮ ҚАНЫҚҚАН ЕРІТІНДІ ҚҰРАМДАСТАРЫ ҚҰРАМЫНЫң САНДЫҚ ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӨЗГЕРИСТЕРИ

В статье приведены количественные изменения температуры состава компонентов раствора в водно-солевых системах в зоне насыщенного раствора в системе  $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ . В компонентах раствора происходят температурные изменения при их охлаждении. В статье рассматривается зона насыщенного раствора для системы  $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$  в качестве объекта исследования, а изменения температуры в компонентах раствора происходят в графическом анализе. Результаты исследования имеют прикладное значение при подготовке галургических процессов и предопределении их эффективных технологических параметров.

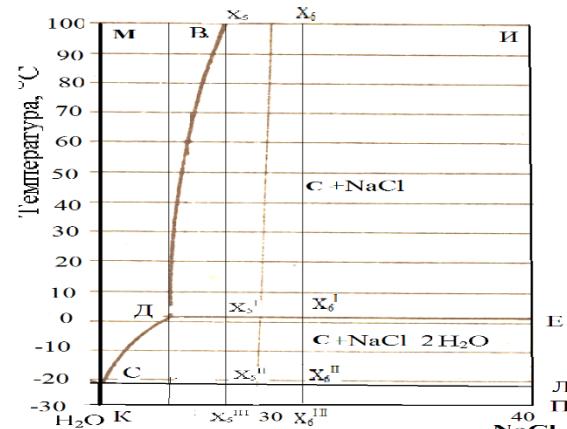
Мақалада сұлы-тұзды жүйелердің ерітінді құрамдастары құрамының сандық температуралық өзгерістері  $NaCl\text{-}H_2O$  жүйесінде қаныққан ерітінді аймағына қатысты көлтірілген. Қазіргі уақытта сұлы-тұзды жүйелерді өндөу кезінде галургиялық технологиялар қолданыста. Оларды салқындау жолдарымен алуда ерітінді құрамдастарының құрамында сандық температуралық өзгерістер орын алады. Мақалада  $NaCl\text{-}H_2O$  жүйесіне қатысты қаныққан ерітінді аймағы зерттеу нысаны ретінде қарастырылып, ондағы орын алатын ерітінді құрамдастарының температуралық санды өзгерістері графикалық талданды. Зерттеу нәтижелері галургиялық үрдістердің дайындауда, олардың тиімді технологиялық көрсеткіштерін алдын ала айқындауда қолданбалық маңыздылыққа ие.

The article presents quantitative changes in the temperature of the composition of the solution components in water-salt systems in the zone of a saturated solution in the NaCl-H<sub>2</sub>O system. In the components of the solution temperature changes occur during their cooling. The article discusses the saturated solution zone for the NaCl-H<sub>2</sub>O system as an object of study, and temperature changes in the components of the solution occur in graphical analysis. The results of the study are of practical importance when preparing galurgic processes and determining their effective technological parameters.

Мақсатты зерттеулерді жүргізу негізінде  $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$  жүйесінің белгілі ерігіштік құйдиаграммасы (1-сурет) пайдаланылып, бастамалық фигуративтік нұктелер –  $X_5, X_6$  қаныққан ерітінді аймағында орналастырылды. Аталған нұктелердегі ерітінді шоғырлары сәйкесінше 28,5; 32,0 % (2-сурет) тең. Қарастырылып отырған жүйедегі температура өзгерісіне қатысты орын алатын құрамдық сандық өзгерістерді анықтауда ерітінді массасы 0,1 кг деп қабылданып, құрамдық сандық зерттеулер жүргізуде судың, сулытузды жүйелердің сандық құрамы туралы заманауи ғылыми жетістіктер [1-9] ескерілді.



## 1-сурет – $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ жүйесінің күй диаграммасы



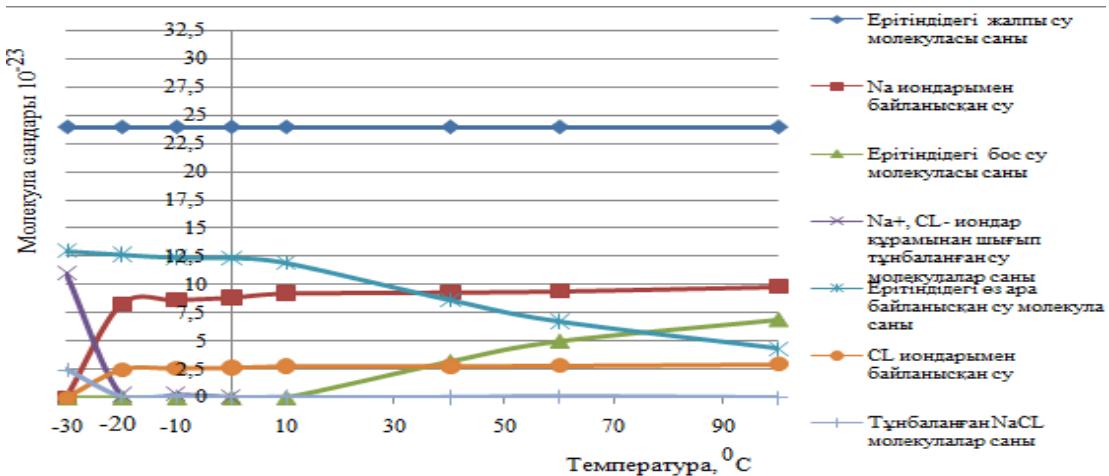
## 2-сурет – $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ жүйесі күй диаграммасының зерттемелік қимасы

Қарастырып отырған жүйедегі құрамдық сандық өзгерістерін сипаттау үшін күй диаграммасы 100  $^{\circ}\text{C}$  температурада еріген тұз осіне параллел горизонтал түзүмен шектелінді. Осы горизонталь түзудің бойынан ерітіндегі тұздың әртүрлі шоғырларына сәйкес келетін  $\text{X}_5\text{X}_6$  бастамалық фигуративтік нұктелер белгіленді. Аталған нұктелерден еріген тұз шоғыры осі КП дейін вертикальдар жүргізілді. Олардың бойынан КП осі бағытында ДЕ, СЛ, КП горизантальдарымен қызылстарында  $\text{X}_5^{\text{I}}, \text{X}_6^{\text{I}}$ ;  $\text{X}_5^{\text{II}}, \text{X}_6^{\text{II}}$ ;  $\text{X}_5^{\text{III}}, \text{X}_6^{\text{III}}$  нұктелері белгіленді. Зерттеу нысаны болып отырған күй диаграммасы қимасын қолданып,  $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$  жүйесіндегі құрамдық сандық өзгерістер  $\text{X}_5 \rightarrow \text{X}_5^{\text{III}}$ ;  $\text{X}_6 \rightarrow \text{X}_6^{\text{III}}$  вертикальдары бойында талданды. Осы кезде  $\text{X}_5 \rightarrow \text{X}_5^{\text{III}}$  вертикалы бойында  $\text{X}_5 \rightarrow \text{X}_5^{\text{I}}$ ;  $\text{X}_5^{\text{I}} \rightarrow \text{X}_5^{\text{II}}$ ,  $\text{X}_5^{\text{II}} \rightarrow \text{X}_5^{\text{III}}$ ;  $\text{X}_6 \rightarrow \text{X}_6^{\text{III}}$  вертикалы бойында  $\text{X}_6 \rightarrow \text{X}_6^{\text{I}}$ ;  $\text{X}_6^{\text{I}} \rightarrow \text{X}_6^{\text{II}}$ ,  $\text{X}_6^{\text{II}} \rightarrow \text{X}_6^{\text{III}}$  кесінділік аралықтарында жеке-жеке қарастырылды.

Зерттеулер нәтижелері (1, 2-кестелер) графикалық өндөліп (3, 4-суреттер) келтірілді.

**1-кесте**  
 $\text{X}_5 \rightarrow \text{X}_5^{\text{III}}$  вертикалы бойындағы ерітінді құрамдастарының құрамындағы санды  
 өзгерістер көрсеткіштері

Темпе- ратура, $^{\circ}\text{C}$	Ерітінді- дегі жалпы су молекула- лары саны, $10^{-23}$	Ерітінді- дегі өзара байланысқан су молекула- лары саны, $10^{-23}$	Ерітінді- дегі бос су молекула- лары саны, $10^{-23}$	$\text{Na}^+$ иондарымен байланысқан су молекула- лары саны, $10^{-23}$	$\text{Cl}^-$ иондарымен байланысқан су молекула- лары саны, $10^{-23}$	$\text{Na}^+, \text{Cl}^-$ иондар құрамынан шығып, тұнбаланған су молекулалары саны, $10^{-23}$	Тұнбаланған $\text{NaCl}$ тұзы молекула- лары саны, $10^{-23}$
100	23,9209	4,3057	6,853	9,7989	2,9631	0	0
60	23,9209	6,6978	4,9624	9,4138	2,8467	0	0,115
40	23,9209	8,6115	3,1741	9,3175	2,8175	0	0,029
10	23,9209	11,9111	0	9,2213	2,7884	0	0,029
0	23,9209	12,345	0	8,8431	2,6741	0,058	0,029
-10	23,9209	12,374	0	8,6437	2,6181	0,29	0,145
-20	23,9209	12,64	0	8,2517	2,4952	0,234	0,117
-30	23,9209	12,64	0	0	0	11,28	2,47



3-сурет – Ерітіш құрамындағы сандық өзгерістердің  $\text{X}_5 \rightarrow \text{X}_5^{\text{III}}$  вертикалы бойынша температурага тәуелділігі

1-кестеде және 3-суретте қарастырылып отырылған жүйеде  $X_5 \rightarrow X_5^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығында орын алғатын құрамдық сандық өзгерістерді зерттеу нәтижелері келтірілген.  $X_5$  нүктесінде қанықкан ерітінді шоғыры 28,5 %, ал температурасы 100 °C.

1-кестеден және 3-суреттен көрінгендей, барлық зерттеу аралығында (100 °C дан - 30 °C дейін) зерттелген жүйеде жалпы су молекулалар саны (—●—) тұрақты шама, осы кезде жүйеде 100 °C-дан -20 °C дейінгі температуралық аралықта өзара байланысқан сулар саны (—■—) санды артады да, ары қарай тұрақтанады. Ал бос сулар (—▲—) саны 10 °C дейін азаяды, 10 °C температурада жүйеде бос су қалмайды.

Фигуративтік нүкте  $X_5$  ( $X_5 \rightarrow X_5^{I}$  вертикалы аралығында)  $X_5^{I}$  бағытында төмендегенде (100 °C-дан 2 °C температура аралығында) қарастырылып отырган қанықкан ерітінді түрінде жүйеден тұрақты NaCl тұзы тұнбаланып отырады да, тұнбаланған NaCl молекулалары саны артады. Осы кезде жүйе NaCl тұзымен қанықкан ерітіндіден және тұнбаланған NaCl тұзынан тұрады. Жоғарыда аталған NaCl тұзының тұнбалану үрдісі нәтижесінде қанықкан ерітінді шоғыры томендең, оның фигуративтік нүктесі ВД қанығу қысығы бойымен Д нүктесі бағытында қозғалып отырады. Ары қарай фигуративтік нүкте 2 °C жеткенде, жүйе  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттарымен қанығады да, әвтектикалық 25,72 %  $NaCl$  және 74,28 %  $H_2O$  құрамды қанықкан ерітіндіден және тұнбаланған NaCl тұзынан тұрады. Осы кезде әвтектикалық қанықкан ерітіндіде  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттары пайда болу нәтижесінде әр  $Na^+$  және  $Cl^-$  иондарымен байланысқан 4,35 гидраттық сулар босайды да, олардың әр пайда болған  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттары құрамына 2 молекулалары ғана кіруіне байланысты, жүйеде өзара байланысқан сулар (—■—) саны артады.

Жүйенің фигуративтік нүктесі  $X_5 \rightarrow X_5^{III}$  вертикалы бойымен 0 °C температурага жеткенде жүйеден  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттары тұнбаланады. Осы кезде жүйеде  $Na^+$  және  $Cl^-$  иондарымен байланысқан гидраттық сулар (—■—, —●—) саны азаяды, ал өзара байланысқан сулар (—■—) саны артады. Осы үрдіс -20 °C дейін жалғасады. -20 °C температурада жүйе мұзбен және  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттарымен қанықкан, әвтектикалық құрамды 24 %  $NaCl$  және 76 %  $H_2O$  құрамды қанықкан ерітіндіден және тұнбаланған  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттарынан тұрады.

-20 °C мен -30 °C температуралық аралығында ( $X_5^{II} \rightarrow X_5^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығында) жүйеде сүйік күй болмайды. Өзара байланысқан сулар (—■—) санды өзгеріске ұшырамай мұзға айналады. Осы кезде  $Na^+$  және  $Cl^-$  иондарымен байланысқан гидраттық сулар (—■—, —●—) иондар құрамынан түгел шығып өзара байланысқан сулардан кальптастып тұнбага тұскен мұзға қосымша мұз болып қосылады (—■—). Сонымен қатар, -20 °C мен -30 °C температуралық аралығында әрбір  $NaCl \cdot 2H_2O$  кристаллогидраттары құрамындағы байланысқан екі су молекулалары да мұзға айналып, тұнбаланады. Нәтижесінде қосымша мұзға айналған сулар (—■—) саны артады.

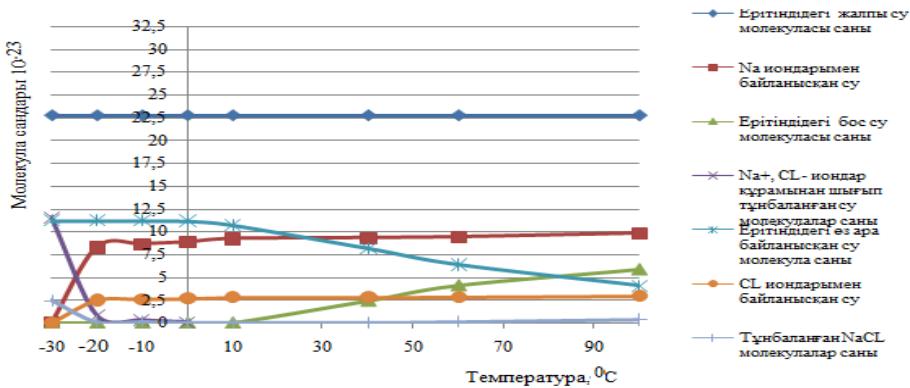
Қарастырылып отырган жүйеде 100 °C мен -30 °C аралығында жүйенің фигуративтік нүктесі  $X_5^{I} \rightarrow X_5^{III}$  вертикалы бойымен төмендегенде, жүйеде тұнбага тұскен NaCl тұздары мөлшері сандық артады да, -30 °C температурада ерітіндідегі барлық  $NaCl$  тұзы түгел тұнбаланады.

2-кестеде және 4-суретте қарастырылып отырылған жүйеде  $X_6 \rightarrow X_6^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығында орын алғатын құрамдық сандық өзгерістерді зерттеу нәтижелері келтірілген.  $X_6$  нүктесінде ерітінді шоғыры 32,0%, ал температурасы  $X_5$  нүктесіндегідей 100 °C. Осыған байланысты  $X_6 \rightarrow X_6^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығында құрамдық сандық өзгерістер  $X_5 \rightarrow X_5^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығында құрамдық сандық өзгерістерді сипаты жағынан түгел қайталай отырып, тек қана олардан әрбір  $X_6 \rightarrow X_6^{III}$  фигуративтік нүктелері аралығындағы сандық қана айырмашылықтанады.

## 2-кесте

$$X_6 \rightarrow X_6^{III}$$
 вертикалы бойындағы ерітінді құрамдастары құрамындағы сандық өзгерістер көрсеткіштері

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Ерітіндідегі жалпы су молекулалары саны, $10^{-23}$	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекулалары саны, $10^{-23}$	Ерітіндідегі бос су молекулалары саны, $10^{-23}$	$\text{Na}^+$ иондарымен байланысқан су молекулалары саны, $10^{-23}$	$\text{Cl}^-$ иондарымен байланысқан су молекулалары саны, $10^{-23}$	$\text{Na}^+, \text{Cl}^-$ иондар құрамынан шығып, тұнбаланған су молекулалары саны, $10^{-23}$	Тұнбаланған $\text{NaCl}$ тұзы молекулалары саны, $10^{-23}$
100	22,7499	4,0949	5,892	9,7989	2,9631	0	0,36
60	22,7499	6,3999	4,119	9,4138	2,8467	0	0,115
40	22,7499	8,1899	2,424	9,3175	2,8175	0	0,029
10	22,7499	10,740	0	9,2213	2,7884	0	0,029
0	22,7499	11,174	0	8,8431	2,6741	0,058	0,029
-10	22,7499	11,205	0	8,6437	2,6181	0,288	0,144
-20	22,7499	11,193	0	8,2517	2,4952	0,81	0,117
-30	22,7499	11,193	0	0	0	11,556	2,47



4-сурет - Еріткіш құрамындағы сандық өзгерістердің  $X_6 \rightarrow X_6^{II}$  вертикалы бойынша температураға тәуелділігі

Жоғарыда келтірілген нәтижелерге сүйене отырып, қаныққан сулы-тұзды жүйелерде ерітінді құрамдастары құрамындағы орын алатын құрамдық сандық өзгерістер туралы төмөндейдегі қорытындылар жасауга болады:

1. Кез келген қаныққан сулы-тұзды жүйелерді салқыннату үрдісінің нәтижесінде ерітінді құрамдастары құрамында құрамдық сандық өзгерістер орын алады.

2. Ерітінді құрамдастары құрамында құрамдық сандық өзгерістерді қаныққан сулы-тұзды жүйелердің күй айналары қолданысында айқын зерттеуге болады. Олар кез келген сулы-тұзды жүйелер үшін қаныққан ерітінді аймағынан, қаныққан ерітіндінің тұзбен қанығу қисығынан, әвтектікалық құрам нұктесінен, қаныққан ерітіндіден еріген тұздың тұнбаланатын аймағынан және тұздар қоспасынан тұратын аймақтардан тұрады. Аталған аймақтар ішінде, қисықтар бойында, фигуративтік нұктелерде жүйе сандық өзгерістерге ұшырайды. Осындағы өзгерістердің нысандары болып сулы-тұзды жүйе ерітінді құрамдастары еріткіш – су, еріген зат – тұз және олардың негізінде жүйе құрамында пайда болатын тұнбаланған тұз және оның кристаллогидраттары табылады.

3. Қаныққан ерітінді аймағында орналасқан бастамалық фигуративтік нұктелерді

ерітінді құрамдастарының қайнау температурасынан бастап мүмкінді төмен температураға дейін салқындастканда барлық жағдайда дерлік  $0^{\circ}\text{C}$  температура аймағына дейін жүйедегі өзара байланысқан сулар молекулалар саны артады, ал бос су молекулалар саны 0 -ге дейін төмендейді.

4. Барлық зерттеулік жағдайларында дерлік  $\text{Na}^+$  және  $\text{Cl}^-$  иондары құрамындағы гидраттық сулар саны  $100^{\circ}\text{C}$  мен  $-20^{\circ}\text{C}$  аралығында төмендеп азаяды, ал  $-30^{\circ}\text{C}$  температураға жеткенде 0-ге айналады.

5. Барлық зерттеулік жағдайларда  $0^{\circ}\text{C}$  төмен температураарда өзара байланысқан сулардан қалыптасып, мұз күйінде тұнбаланған су молекулалары сандары артады.

6. Барлық зерттеулік температураар аралығында өзара байланысқан, бос, гидраттық және мұз күйінде тұнбаланған су молекулалары және жалпы тұнбаланған тұз молекулалары қосындысы өзгеріссіз тұрақты шама ретінде сақталады.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. – М.: АН СССР, 1957.
2. Антонченко В.Я. Основы физики воды / В.Я. Антонченко, А.С. Давыдов, В.В. Ильин. – Киев: Наукова думка, 1991. – 672 с.
3. Бернал Д. Структура воды и ионных растворов / Д. Бернал, Р. Фаулер // Успехи физ. Науки. – 1994. – № 5. – 121 с.
4. Засепина Г.Л. Физические свойства и структура воды. – М.: Изд-во Мос. ун-та, 1998. – 185 с.
5. Бестереков У. Основы квантово-статистических представлений строения объемной водной среды / У. Бестереков, В.К. Бишимбаев // Химия и химическая технология. – 2004. – Т. 47. – С. 46-50.
6. Francesco Paesani and Gregory A.Voth. The Properties of Water: Insights from Quantum Simulations. J.Phys. Chem. B 2009, 113. 5702-5719.
7. Смирнов А.Н. Структура воды: новые экспериментальные данные // Наука и технологии в промышленности. – 2010. – № 4. - С. 41-45.
8. Колотовой Н.А. Структура и свойства воды. – М., 2015. – 166 с.
9. Бестереков У. Состав, структура и свойства воды / У. Бестереков, А.А. Болысбек, У.Б. Назарбек. - Шымкент.: ЮКГУ, 2015. – 108 с.

Қабылданды 1.02.2019

---

УДК 656.11:625

**А.А. Давыдов, А.А. Макенов**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**Ш.Т. Токтарбеков**

Батальон дорожно-патрульной полиции Департамента полиции ВКО,  
г. Усть-Каменогорск

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ  
УСТЬ-КАМЕНОГОРСК-ШЕМОНАИХА**

*Настоящая статья посвящена вопросам совершенствования условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха. В ней представлены результаты изучения основных факторов, которые оказывают влияние на реальные условия движения, анализа статистических данных о ДТП и натурных наблюдений на участке автомобильной дороги. Все это послужило*

*основой для обоснования и разработки комплекса мероприятий по совершенствованию условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха.*

Бұл мақала Өскемен-Шемонаиха автомобиль жол теліміндегі жүріс шарттарын жетілдіру сұрақтарына арналған. Мұнда нақты жол жағдайларына әсер ететін негізгі факторларды анықтаудың нәтижелері көлтірілген, автомобиль жол теліміндегі ЖКО туралы статистикалық мәліметтер мен табиги бақылауларды талдау. Осының бәрі Өскемен-Шемонаиха автомобиль жол телімінде жүріс шарттарын жетілдіру жөніндегі кешенді шараларды жасау мен дамыту үшін негіз болды.

*This article deals with improvement of traffic conditions on a certain stretch of Ust-Kamenogorsk-Shemonaiha road. It outlines the results of research on main factors influencing the actual traffic conditions and analysis of statistical data on accidents and field studies on the stretch of the road. All above forms a basis for grounds and development action plan to improve the traffic conditions on the certain stretch of the Ust-Kamenogorsk-Shemonaiha road.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, безопасность движения, дорожно-транспортные происшествия, комплекс мероприятий, натурные наблюдения, условия движения, участок дороги.

Экономика Республики Казахстан является одной из наиболее грузоемких экономик в мире, что обусловлено географическими особенностями обширной территории государства, отсутствием выхода к внешним морским путям, неравномерным размещением населенных пунктов и природных ресурсов. В свою очередь это вызывает ее высокую зависимость от транспортной системы, что в значительной степени влияет на конкурентоспособность товаров, которые производятся в Казахстане, так как в стоимости товаров существует очень большая транспортная составляющая. Статистика последних лет показывает, что доля транспортных затрат в конечной стоимости продукции находится на уровне 8...11 % для внутренних автомобильных перевозок, тогда как данный показатель в странах с развитой рыночной экономикой составляет всего 4...4,5 %. Экономика Казахстана по показателю грузоемкости почти в пять раз менее эффективна, так как на каждую единицу ВВП в долларовом исчислении приходится не менее 9 т-км транспортной работы, в странах ЕС грузоемкость - менее 1 т-км/долл. ВВП [1]. Вместе с тем несмотря на общую адаптацию транспорта к рыночным условиям, состояние и уровень качества транспортной системы Республики Казахстан во всех ее компонентах нельзя считать оптимальным [1, 2].

Исключительное значение сеть автомобильных дорог приобретает для Восточно-Казахстанской области (ВКО) со слабо развитыми железнодорожными перевозками. Первостепенным народнохозяйственным значением автомобильных дорог ВКО является обеспечение регулярного автомобильного сообщения между Республикой Казахстан, Республикой Алтай, сибирским регионом России, Монголией и Китайской Народной Республикой. Протяженность сети автомобильных дорог республиканского значения, включая международные коридоры на территории ВКО, составляет 4371 км.

Автомобильная дорога Усть-Каменогорск-Шемонаиха относится к категории дорог республиканского значения и проходит по территории двух административных районов ВКО: Глубоковского и Шемонаихинского районов. Началом автомобильной дороги является граница города Усть-Каменогорска (рис. 1). Протяженность выбранного участка автомобильной дороги составляет 60 км. Согласно нормативным документам, участок автомобильной дороги делится на следующие подучастки: 0-5 км – III технической категории (средняя ширина земляного полотна 12 м, проезжей части 7 м); 5 по 8 км – IV технической категории (ширина земляного полотна 11 м, проезжей части 7 м); 8-27 км – II технической категории (ширина земляного полотна 12,7 м, проезжей части 7,4 м); 36-39 км – IV технической категории (ширина земляного полотна 10 м, проезжей части 7 м); 41-52 км – IV технической категории. При этом на некоторых подучастках автомобильная дорога не соответствует общим требованиям безопасности движения [3, 4].

Топографические условия района пролегания автомобильной дороги являются весьма разнообразными. Например, на 0-15 км, 30-32 км они могут быть отнесены к слабопересеченной местности; на 32-36 км представляют собой пологоволинейную предгорную равнину, которая осложнена рекой Краснояркой; на 32-60 км это предгорные условия с резким перепадом высот и выступающих скал; на 15-30 км проходят по резкопересеченной местности с наличием лугов.



Рисунок 1 - Схема участка автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха (0-60 км)

На всем протяжении участка автомобильной дороги наблюдается значительный перепад высот в продольном профиле дороги, наличие поперечных уклонов. Участок автомобильной дороги пересекают многочисленные ручьи, что потребовало укладки большого количества водопропускных сооружений (труб), и реки Глубочанка, Красноярка, Березовка, Таловка, через которые проложены мосты. Земляное полотно автомобильной дороги частично проходит в выемках и полувыемках, а в основном же в насыпи. Автомобильная дорога пересекает железную дорогу на Риддер в двух местах: на 16+00 км и 26+943 км.

При этом основой обоснования и разработки комплекса мероприятий по совершенствованию условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха являются графики скоростей движения, коэффициентов безопасности и аварийности, графика загрузки и пропускной способности [3]. Важнейшее значение при этом имеет анализ статистических данных о ДТП, которые обусловлены неудовлетворительными дорожными условиями [5, 6].

Нами выполнен анализ статистических данных о ДТП на автомобильной дороге Усть-Каменогорск-Шемонаиха за 2015-2017 гг. За указанный период на автомобильной дороге произошло 53 ДТП, в которых погибли 4 человека и получили ранения 94 человека.

Основными видами ДТП являются столкновение транспортных средств (54,7 %), опрокидывание транспортных средств (28,3 %) и наезд транспортных средств на пешехода (17 %) (табл. 1).

Таблица 1  
*Распределение ДТП по видам*

Вид ДТП	Год			
	2015	2016	2017	в среднем
Столкновение	12	9	8	10/54,7*
Опрокидывание	5	5	5	5/28,3*
Наезд на пешехода	3	3	3	3/17*

Примечание: \* – доля ДТП, %.

При этом большинство ДТП происходит из-за превышения допустимой скорости движения (58,1 %), выезда на встречную полосу движения (17,9 %), нарушения правил обгона (6 %) и управления транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения (6 %) (рис. 2).



Рисунок 2 - Распределение ДТП по причинам возникновения

Нами дополнительно были выполнены натурные наблюдения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха. Они включали в себя изучение интенсивности и состава транспортного потока, скорости движения транспортных средств.

Для получения пространственно-временной характеристики режимов движения транспортных средств на автомобильной дороге нами был использован легковой автомобиль Lexus GS-350. При этом наблюдатель записывал скорость движения автомобиля по показанию спидометра через каждые 100 м на участке автомобильной дороги [4].

Результаты натурных наблюдений представлены на рис. 3.

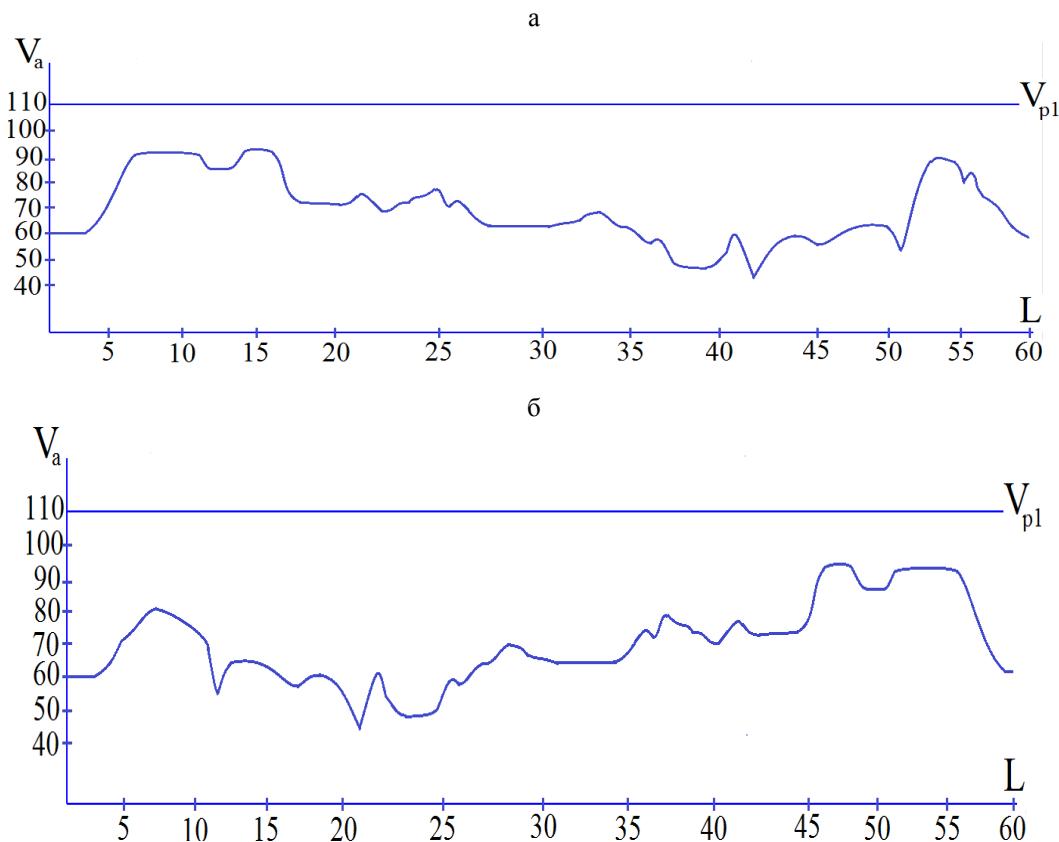


Рисунок 3 - График изменения скорости движения автомобиля на участке автомобильной дороги Усть-Каменогorsk-Шемонаиха (0-60 км): а - в прямом направлении; б - в обратном направлении;  $V_a$  – фактическая скорость движения автомобиля, км/ч;  $V_{p1}$  – разрешенная скорость на автомобильной дороге, км/ч;  $L$  – расстояние, км

Анализ изменения скорости движения автомобиля в прямом направлении показывает, что наименьшее значение скорости движения наблюдается на 42 км. Это обусловлено тем, что на данном участке автомобильной дороги имеется опасный поворот налево. Наименьшая скорость движения автомобилей в обратном направлении приходится на 27 км, так как на данном участке автомобильной дороги имеется опасный поворот направо, который вынуждает водителей автомобилей снижать скорость движения. При этом максимальная скорость движения автомобиля в обоих направлениях не превышает разрешенную ( $V_p=110$  км/ч). Дополнительно нами была выполнена фотосъемка аварийно-опасных участков автомобильной дороги.

Анализ результатов изучения условий движения на участке автомобильной дороги показывает, что имеются определенные недостатки в инженерном обустройстве и организации движения: наличие большого количества подъемов и спусков, отсутствие горизонтальной дорожной разметки 1.1 на большей протяженности участка, отсутствие предупреждающих и запрещающих знаков, знаков сервиса, информационно-указательных знаков, а также знаков дополнительной информации.

Для комплексной оценки условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогorsk-Шемонаиха нами были построены графики скоростей движения, коэффициентов безопасности и аварийности, загрузки (рис. 4).

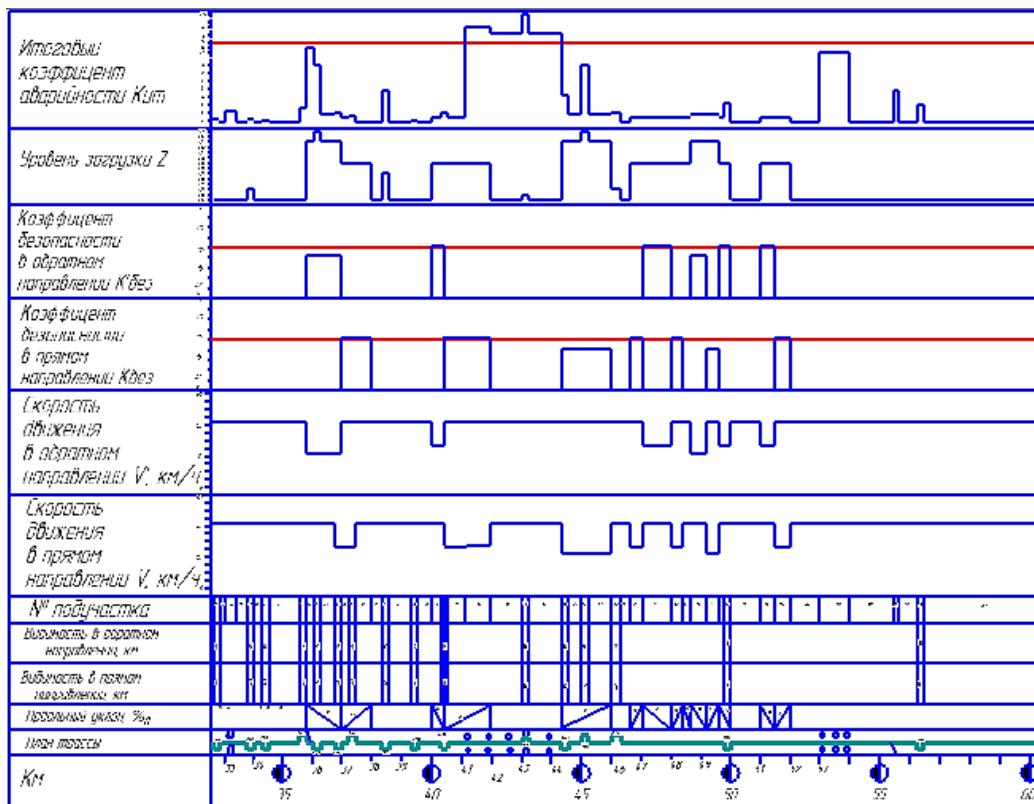


Рисунок 4 - Фрагмент линейного графика коэффициентов аварийности на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха

Совместный анализ линейных графиков коэффициентов безопасности и аварийности с учётом коэффициентом тяжести позволяет выявить опасные места участка автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха.

Согласно значению итогового коэффициента аварийности  $K_{av}$  наиболее опасными местами являются:

от начала населенного пункта 28+00 до конца населенного пункта 30+00 километр, 46 подучасток с  $K_{av}=103,92$ ;

- 47 подучасток с  $K_{av}=162,28$ ;
- 48 подучасток с  $K_{av}=103,92$ ;
- 49 подучасток с  $K_{av}=145,5$ ;
- 50 подучасток с  $K_{av}=145,5$ ;
- с 41+00 по 44+00 километр, в населенном пункте 80 подучасток с  $K_{av}=135,3$ ;
- 81 подучасток с  $K_{av}=70,78$ ;
- 82 подучасток с  $K_{av}=339,7$ ;
- 83 подучасток с  $K_{av}=70,78$ .

Анализ линейного графика коэффициентов безопасности позволил выявить следующие опасные места:

- в прямом направлении: 35, 84, 85, 86, 87 и 95 с  $K_{без}=0,52$ ;
- в обратном направлении: 94, 67, 66, 65, 64, 36, 20, 19, 15, 14, 13 с  $K_{без}=0,52$ .

На основе анализа статистических данных о ДТП, линейного графика коэффициентов аварийности и результатов натурных наблюдений в реальных условиях дорожного движения нами предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха (табл. 2).

При существующем уровне организации движения скоростной режим ограничивают, как правило, установкой соответствующих дорожных знаков. При введении ограничения скорости на каком-либо участке автомобильной дороги необходимо учитывать существующий уровень скорости движения на подходах к нему, принимая во внимание то, что резкий перепад скоростей движения обязательно создает потенциальную опасность ДТП.

Известно, что предельно допустимым значением снижения скорости на участке автомобильной дороги следует считать 25-30 % относительно скорости движения на предыдущем участке [4]. Например, на 13 км автомобильной дороги разрешенная скорость движения автотранспортных средств равна 110 км/ч. Определим предельно допустимое значение снижения скорости движения на данном участке:

$$(0,25 \dots 0,30) \cdot 110 = 27,5 \dots 33 \text{ км/ч};$$

$$110 - (27,5 \dots 33) = 77 \dots 82,5 \text{ км/ч}.$$

Следовательно, в качестве рекомендуемого предела ограничения скорости движения на данном подучастке автомобильной дороги может быть принято значение, равное 80 км/ч.

Нами затем дополнительно рассматриваются подучастки участка автомобильной дороги, на которых значение итогового коэффициента аварийности превышает допустимую величину  $K_{um} > 40$  [3].

Таблица 2

*Комплекс мероприятий по совершенствованию условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха*

Наименование	Основные причины ДТП	Существующие недостатки в организации движения	Предлагаемые мероприятия
3 км	Выезд на встречную полосу, нарушение ПДД пешеходом, превышение скорости, управление ТС в состоянии алкогольного опьянения	Отсутствие дорожной разметки 1.1, пешеходных дорожек	Установка дорожных знаков 5.12 «Место остановки автобуса и (или) троллейбуса», 1.24 «Перегон скота», 7.2.1 «Зона действия», нанесение дорожной разметки 1.1
9 км	Превышение скорости, выезд на встречную полосу движения	Отсутствие дорожной разметки 1.1	Нанесение дорожной разметки 1.1
13 км	Превышение скорости, выезд на встречную полосу движения, нарушение правил обгона, несоблюдение дистанции	Отсутствие дорожной разметки 1.1	Нанесение дорожной разметки 1.1, установка дорожного знака 3.24 «Ограничение максимальной скорости»

Весьма ответственным вопросом совершенствования условий движения на автомобильной дороги является обеспечение видимости в продольном профиле, которая вызыва-

на малыми радиусами выпуклых вертикальных кривых. Одной из основных причин опрокидывания транспортных средств является то, что более скоростные легковые автомобили при попытке обгона медленно движущихся грузовых автомобилей выезжают на полосу встречного движения в верхней части подъема. Нами для исключения подобных случаев на отдельных подучастках автомобильной дороги предлагаются следующие мероприятия (рис. 5):

- нанесение дорожной разметки 1.1 «Разделение транспортных потоков противоположных направлений»;
- установка дорожных знаков 1.11.1 (1.11.2) «Опасный поворот направо (налево)»;
- устройство дополнительной полосы движения шириной 3,75 на подъеме дороги с установкой дорожных знаков [3, 4, 7].

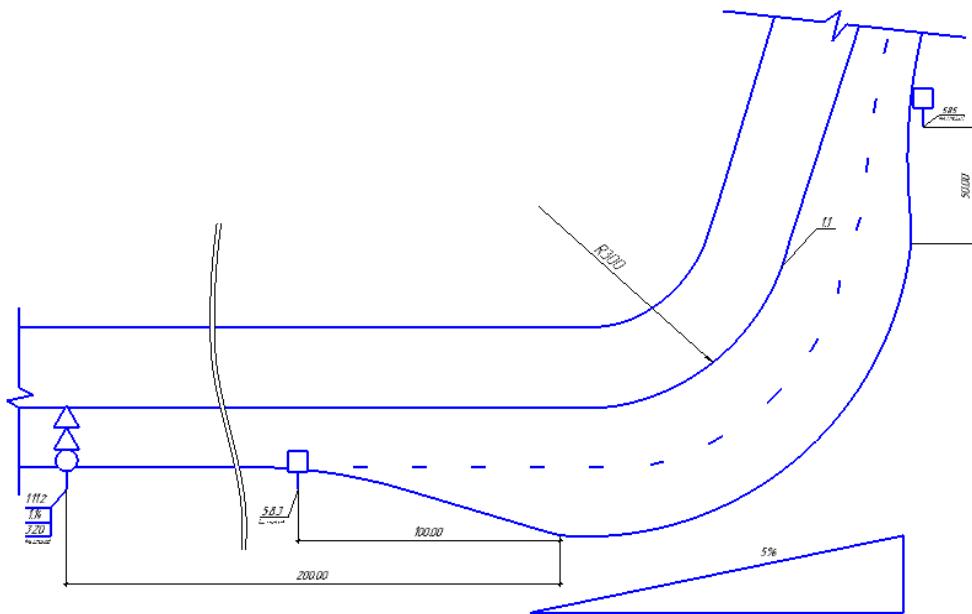


Рисунок 5 - Предлагаемый вариант уширения проезжей части

В предлагаемом варианте начало дополнительной полосы должно располагаться за 100 м до начала подъема и ее окончание не менее чем на 50 м в зависимости от интенсивности движения. Дополнительно предлагается установка следующих дорожных знаков 1.14 «Крутой подъем», 3.20 «Обгон запрещен», 5.8.3 «Начало полосы» и 5.8.5 «Конец полосы».

На 22 подучастке вдоль участка автомобильной дороги проходит река Глубочанка, при этом на мосту отсутствуют ограждения. Поэтому необходимо установить дорожные ограждения первой группы (барьерного или парапетного типов), которые предназначены для предотвращения вынужденных съездов транспортных средств с проезжей части мостов, земляного полотна дороги, наездов на массивные предметы и сооружения, расположенные в полосе отвода дороги, столкновений со встречными транспортными средствами. Высоту дорожных ограждений следует назначать от 0,75 до 0,8 м [3, 7].

В направлении движения к городу Шемонаихе на 28-30 км необходимо обустроить место для остановки транспортных средств [3, 4, 7]. Для этого необходимо выполнить

уширение проезжей части с установкой информационно-указательного дорожного знака 5.15 «Место стоянки».

Внедрение комплекса предлагаемых организационных и планировочных мероприятий по совершенствованию условий движения будет способствовать обеспечению должного уровня безопасности движения транспортных средств на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха.

Снижение рисков в процессе дорожного движения, обеспечение безопасности и доступности дорожного движения, комфорта и сервиса для его участников направлено на формирование современной транспортной инфраструктуры Республики Казахстан, ее надежной интеграции в международную транспортную систему и реализации ее транзитного потенциала.

#### Список литературы

1. Государственная программа развития и интеграции инфраструктуры транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года / Утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 13 января 2013 года № 725.
2. Бекмагамбетов М.М. Проблемы развития автомобильного и городского транспорта Республики Казахстан. – Алматы: Изд-во «Print-S», 2009. – 520 с.
3. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 290 с.
4. СП РК 3.03-101-2013 Автомобильные дороги. – Астана, 2015. – 139 с.
5. Волошин Г.Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий/ Г.Я. Волошин, В.П. Мартынов, А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
6. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
7. СТ РК 1412-2017 Технические средства организации дорожного движения: Правила применения. – Астана, 2017. – 126 с.

Получено 1.02.2019

---

МРНТИ 53.03.03

**Т.Ж. Жукебаева, А.Е. Куанышев**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

#### ТЕРМОДИНАМИКА РЕАКЦИЙ КОНВЕРТИРОВАНИЯ ШТЕЙНА

*В статье рассматривается анализ термодинамических параметров процесса конвертирования, в том числе изменение различных показателей в ходе и в результате данного процесса. Эти данные могут быть полезны для проведения конвертирования штейна в медеплавильном производстве.*

*Мақалада конвертерлеу үрдісінің термодинамикалық параметрлерін саралтау қарастырылады, соңдай-ақ атальмыш үрдіс кезінде және соның нәтижесінде әртүрлі көрсеткіштердің өзгерістері де қарастырылады. Бұл мәліметтер мыс балқыту өндірісінде штейнді конвертерлеуге пайдасын тигізуі мүмкін.*

*The article deals with the analysis of the converting process's thermodynamic parameters, including the change of various indicators in the course and as a process's result. These data can be useful for converting matte into copper smelting production.*

**Ключевые слова:** медь, штейн, конвертирование, окисление, сульфид, дутье, кислород, фурмы, флюс, шлак, черновая медь.

На заводах цветной металлургии при переработке сложных по составу материалов во многих случаях получают полиметаллические штейны, которые, помимо меди, содержат один или несколько других цветных металлов, например свинец, цинк, никель, кобальт и т. д. По химическому составу различают следующие виды полиметаллических штейнов: медно-свинцовые, медно-цинковые, медно-свинцово-цинковые, медно-никелевые, никелево-кобальтовые и т. д. В работе рассмотрено конвертирование полиметаллических штейнов первых трех видов; конвертирование медно-никелевых и никелево-кобальтовых штейнов, являющихся полупродуктами никель-кобальтового производства. Химический состав полиметаллических штейнов, получаемых в основных процессах медных и свинцовых заводов, приведен в табл. 1, из которой следует, что содержание меди и свинца в штейнах изменяется в широких пределах. Концентрация цинка в них редко превышает 9–10 %, содержание серы изменяется от 19 до 26 %. Постоянным спутником штейнов является магнетит, содержание которого изменяется в широких пределах (от 1–2 до 8–10 %).

Таблица 1  
*Химический состав полиметаллических штейнов, %*

Способ получения штейна	Cu	Pb	Zn	Fe	S
Шахтная плавка медеплавильного завода	35–40	5–8	6–8	18–25	23–24
Отражательная плавка медеплавильного завода	15–30	До 1	4–8	35–45	24–26
Шахтная плавка свинцового завода	10–20	12–30	6–9	20–27	22–24
Сократительная шахтная плавка свинцового завода	15–35	8–15	7–9	25–35	20–22
Электроплавка свинцового агломерата	8–20	10–30	5–7	25–40	19–22

В штейнах концентрируются также благородные металлы в том случае, если плавка не идет на черновой свинец. В случае плавки на черновой свинец большая часть золота и серебра извлекается в металл, но некоторая часть благородных металлов переходит в штейн.

При поступлении кислорода дутья в штейновую ванну конвертера в области фурм происходит окисление присутствующих в штейне сульфидов металлов до окислов с выделением газообразного сернистого ангидрида. При выходе из фурмы дутье образует газовый факел с высокой окислительной способностью, в котором диспергированы частицы конвертерной массы. В этом случае, как отмечает Л.М. Шалыгин, окислительные процессы фактически идут в условиях местного избытка кислорода, что обуславливает специфический характер их протекания, окисление сульфидов металлов штейна протекает на внешней границе дутьевого факела и внутри его. Внутри факела в условиях местного избытка кислорода может происходить глубокое окисление штейна.

В.Я. Зайцев, А.В. Ванюков и др. показали, что в конвертере разобщения зон окисления и шлакообразования не происходит. В районе фурм при наборе штейна всегда имеется необходимое количество  $\text{SiO}_2$ , поступившее в виде эмульгированного конвертерного шлака. Наличие в фурменной зоне значительного количества  $\text{SiO}_2$  исключает возможность образования в зоне факела в качестве самостоятельной твердой фазы магнетита до тех пор, пока содержание железа в штейне не упадет ниже 10 % [1].

В начальной стадии взаимодействия газообразного кислорода со штейновым расплавом образуется гомогенная окисно-сульфидная фаза. Взаимная растворимость окисной и сульфидной фаз уменьшается при повышении концентрации меди в штейне и  $\text{SiO}_2$  в шлаке. По мере насыщения окисно-сульфидной массы окислами металлов и изменения со-

става штейна происходит ее расслоение на бедную и богатую окислами железа фазы, а затем растворение в силикатном шлаке богатой железистой фазы как в области фурм, так и у поверхности расплава.

Образующиеся окислы железа и цветных металлов взаимодействуют с  $\text{SiO}_2$  и сульфидами штейна и переходят в шлак или штейн (металл). В общем виде реакции, протекающие в конвертере, могут быть представлены следующими основными уравнениями:



Последовательность окисления сульфидов в расплаве зависит от их концентратата и физико-химических свойств этих сульфидов и образующихся окислов. При одинаковой концентрации в расплаве сульфидов и одинаковой растворимости в нем образующихся окислов предпочтительнее окисляется тот сульфид, который при данной температуре обладает наибольшим давлением диссоциации и при окислении которого образуется наиболее прочный окисел.

О предпочтительном окислении того или иного сульфида при одинаковых исходных условиях можно судить из сравнения величин убыли энергии Гиббса ( $\Delta G_t^0$ ) реакций окисления этих сульфидов. Величины  $\Delta G_t^0$  реакций окисления сульфидов, по данным М.А. Абдеева, приведены в табл. 2 [2], из которой видно, что при температуре выше 1100 °C в порядке уменьшения величин  $\Delta G_t^0$  реакций окисления сульфиды располагаются в следующий ряд:  $\text{FeS}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Последовательность окисления сульфидов, соответствующая приведенному ряду, может быть справедливой лишь для чистых веществ. В реальных условиях конвертирования полиметаллических штейнов порядок окисления сульфидов в расплавах существенно зависит от скорости окисления сульфидов и от их концентрации в расплаве. Кроме того, следует учитывать, что образующиеся при этом окислы металлов могут вступать в реакции обменного взаимодействия с исходными сульфидами, что также может изменить порядок окисления сульфидов.

Таблица 2  
Величины  $\Delta G_t^0$  реакций окисления сульфидов, Дж/моль

Температура, °C	$\text{FeS} + 1,5\text{O}_2 = \text{FeO} + \text{SO}_2$	$\text{ZnS} + 1,5\text{O}_2 = \text{ZnO} + \text{SO}_2$	$\text{PbS} + 1,5\text{O}_2 = \text{PbO} + \text{SO}_2$	$\text{Cu}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{O} + \text{SO}_2$
1000	-361 636	-369 945	-322 193	-254 416
1100	-354 050	-357 996	-313 787	-243 551
1200	-346 473	-346 046	-305 382	-232 685
1300	-338 891	-334 097	-296 976	-221 819

В связи с тем, что для штейнов характерна высокая концентрация  $\text{FeS}$ , представляют интерес данные о совместном окислении сульфидов цветных металлов и железа. Очевидно, процесс окисления  $\text{FeS}$  продолжается до тех пор, пока величина  $\Delta G_t^0$  данной реакции не сравняется (и дальше будет меньше) с величиной  $\Delta G_t^0$  реакции окисления другого сульфида, например  $\text{ZnS}$  или  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Расчетные данные о совместном окислении сульфидов полиметаллических штейнов были получены М.А. Абдеевым путем термодинамического сопоставления (при равных величинах  $\Delta G_t^0$ ) реакций:



с учетом концентрации веществ.

Результаты расчетов показывают (табл. 3), что при температурах конвертирования сульфид цинка может окисляться приблизительно при одинаковой концентрации с FeS, концентрация сульфида свинца должна быть в 25–30 раз выше концентрации FeS. Полусернистая медь должна окисляться после почти полного удаления сульфида железа и других сульфидов штейнового расплава. Одновременное присутствие в штейнах нескольких сульфидов может изменять соотношения, приведенные в табл. 3 [3].

Таблица 3  
Отношение  $[MeS]:[FeS]$  в штейновом расплаве при совместном окислении, % (мол.)

Температура, °C	ZnS : FeS	PbS : FeS	Cu <sub>2</sub> S : FeS
1000	0,47:1	40,6:1	$2,5 \cdot 10^4:1$
1100	0,70:1	33,5:1	$1,6 \cdot 10^4:1$
1200	1,04:1	28,4:1	$1,1 \cdot 10^4:1$
1300	1,48:1	24,0:1	$7,8 \cdot 10^3:1$

Предельная концентрация FeS в расплаве, при которой происходит одновременное окисление другого сульфида, достаточно точно может быть установлена только опытным путем. Так, равновесная концентрация FeS в расплаве с Cu<sub>2</sub>S при их совместном окислении по термодинамическим расчетам приблизительно в 101 раз меньше концентрации Cu<sub>2</sub>S. Практически же заметное окисление Cu<sub>2</sub>S в конвертере уже наблюдается при уменьшении содержания FeS в расплаве до 1 % и несколько ниже. Все же в первом периоде конвертирования окисление Cu<sub>2</sub>S в присутствии FeS в расплаве не может получить достаточного развития, так как образующаяся Cu<sub>2</sub>O будет взаимодействовать с имеющимися в расплаве сульфидами.

В отличие от Cu<sub>2</sub>O, закись железа при температурах конвертирования не вступает во взаимодействие с FeS, так как равновесие реакции



при парциальном давлении SO<sub>2</sub> в газовой фазе конвертера резко смешено влево (табл. 4).

Как отмечалось, в полиметаллических штейнах присутствует до 9–10 % цинка в форме ZnS. Поведение ZnS при конвертировании штейнов аналогично поведению FeS с той разницей, что некоторое количество цинка (обычно около 15–20 % от количества цинка, присутствующего в штейне) возгоняется; большая часть цинка, как и железа, при конвертировании переходит в шлак. ZnS может окисляться при приблизительно одинаковой концентрации с FeS в расплаве (табл. 3). Действительно, в процессе конвертирования штейнов заметное окисление ZnS наблюдается вскоре после начала продувки штейна. Возгонка цинка в процессе конвертирования объясняется отчасти некоторой летучестью ZnS при температурах процесса и протеканием побочных реакций, которые сопровождаются появлением легко испаряющегося металлического цинка [4].

Из табл. 4 следует, что реакция



при температурах конвертирования не может играть значительной роли в возгонке цинка. По данным Л.И. Окунева, удаление цинка в газы при конвертировании медных штейнов по этой реакции при 1150 °C составляет 3 % от исходного цинка в штейне. Термодинамические расчеты показывают, что близкие значения равновесного давления пара цинка могут получаться при взаимодействии ZnO с другими сульфидами штейна, идущем по реакциям:



Таблица 4

*Величина  $\Delta G_t^o$ , Дж/моль  $SO_2$ , и  $P_{SO_2}$  реакций взаимодействия между сульфидами и окислами*

Темп ера- тур, °C	FeS+2FeO= =3Fe+SO <sub>2</sub>		ZnS+2ZnO= =3Zn+SO <sub>2</sub>		PbS+2PbO= =3Pb+SO <sub>2</sub>		Cu <sub>2</sub> S+2Cu <sub>2</sub> O= =6Cu+SO <sub>2</sub>		Cu <sub>2</sub> S+2PbO= =2(Cu+Pb)+SO <sub>2</sub>	
	$\Delta G_t^o$	$P_{SO_2} \cdot 10^3$ , H/m <sup>2</sup>	$\Delta G_t^o$	$P_{SO_2} \cdot 10^3$ , H/m <sup>2</sup>	$\Delta G_t^o$	$P_{SO_2} \cdot 10^3$ , H/m <sup>2</sup>	$\Delta G_t^o$	$P_{SO_2} \cdot 10^3$ , H/m <sup>2</sup>	$\Delta G_t^o$	$P_{SO_2} \cdot 10^3$ , H/m <sup>2</sup>
1000	175 623	$6,5 \cdot 10^{-3}$	264 174	$1,4 \cdot 10^{-11}$	-7 611	2,04	-17 309	5,13	34 334	0,04
1100	166 988	$4,5 \cdot 10^{-7}$	216 518	$5,7 \cdot 10^{-9}$	-23 380	7,76	-25 983	9,77	22 196	0,14
1200	158 352	$2,4 \cdot 10^{-6}$	168 862	$1,0 \cdot 10^{-6}$	-39 150	24,55	-34 648	16,98	10 811	0,42
1300	149 710	$1,1 \cdot 10^{-5}$	121 206	$9,5 \cdot 10^{-5}$	-54 919	66,07	-43 313	27,54	-950	1,07

В конце первого и начале второго периодов процесса имеет место взаимодействие металлической меди с сульфидом цинка:



По термодинамическим расчетам равновесное давление паров цинка для этой реакции при температуре 1223 °C достигает 126 кН/м<sup>2</sup>. Интенсивное протекание этой реакции выше 1000 °C было экспериментально подтверждено В.И. Смирновым с сотрудниками.

Сульфид свинца при температурах конвертирования обладает заметной летучестью. Давление пара чистого PbS с температурой увеличивается следующим образом:

Температура, °C	975	1005	1108	1160	1221
$p_{PbS}$ , H/m <sup>2</sup>	1,33	2,66	13,33	20,66	53,32

Давление пара PbS над штейновым расплавом значительно ниже и зависит от его концентрации в штейне. Так, уменьшение содержания PbS в штейне от 17,10 до 8,64 % приводит к снижению давления пара PbS при 1200 °C от 5,22 до 1,5 кН/м<sup>2</sup>.

Значительная часть PbS полиметаллического штейна окисляется при конвертировании после окисления большей части сульфидов железа и цинка. Одна часть окиси свинца взаимодействует с  $SiO_2$  кварцевого флюса и шлакуется, другая часть окиси взаимодействует с сульфидом по реакции



При этом образуется металлический свинец, который переходит в белый магнит и затем в черновую медь, а также частично испаряется или окисляется и ошлаковывается двуокисью кремния. Взаимодействие PbO с PbS имеет место уже при относительно невысоких температурах, а при температурах конвертирования протекает очень интенсивно. Равновесное давление  $SO_2$ , развиваемое по этой реакции, при 1100 и 1200 °C достигает соответственно  $7,76 \cdot 10^5$  и  $24,55 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> (табл. 4).

Окись свинца также вступает во взаимодействие с  $Cu_2S$  по реакции



при этом происходит обогащение расплава в конвертере одновременно медью и свинцом. При дальнейшей продувке свинец окисляется, и концентрация его в сульфидном расплаве снижается. Однако при конвертировании полиметаллических штейнов получить чистый белый магнит не удается. Продуктом первой стадии конвертирования этих штейнов обычно является обогащенный медью расплав, содержащий значительные количества свинца и железа. В связи с этим во второй стадии конвертирования полиметаллических штейнов богатые шлаки всегда получаются в большем количестве, чем при продувке медных штейнов. Шлаки обычно используют в качестве оборотных продуктов в первой стадии конвертирования.

Изучение изменения состава массы при конвертировании полиметаллических штейнов

(см. рис.) подтверждает отмеченную на основании термодинамического анализа последовательность протекания суммарных реакций с образованием устойчивых для данных условий конденсированных продуктов. Из рисунка следует, что в первом периоде процесса происходит резкое снижение концентраций железа и цинка в штейновой фазе. Расплав обогащается медью, некоторое снижение концентрации свинца объясняется испарением его сульфида.

Во втором периоде конвертирования полиметаллических штейнов образуется металлическая фаза, обогащенная свинцом. Резкое снижение концентрации свинца в этой фазе (см. рис.) обусловлено испарением металлического свинца и его окислением. Во втором периоде процесса удаляется около 20–30 % свинца от общего содержания в исходном штейне. Значительная часть свинца (до 10 % от общего содержания в штейне) остается в черновой меди.

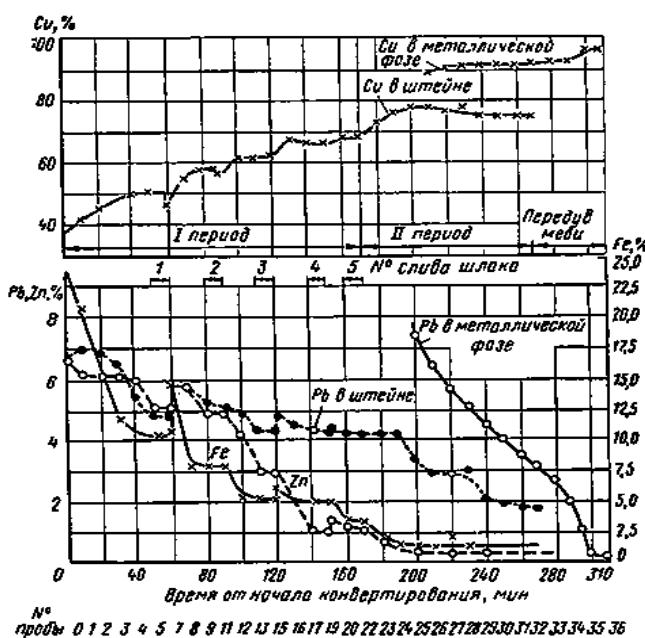


Рисунок – Изменение состава массы при конвертировании полиметаллического штейна

Можно увеличить окисление и отгонку свинца из черновой меди, но при условии окисления и ошлакования значительного количества меди.

При конвертировании полиметаллических штейнов с добавкой кварцевого флюса и продувкой черновой меди около 50 % свинца переходит в газовую фазу, 35–40 % — в шлаки первого периода, 10 % — в шлаки второго периода и 0,5–0,6 % — в черновую медь. Цинк в количестве 85–90 % переходит в шлаки и только 10–15 % от общего количества в штейне испаряется и переходит в газы.

Так как конвертерный процесс является периодическим, из вышеперечисленных операций можно сделать вывод, что в первом периоде идет окисление железа и цветных металлов, а также образуется медный сульфид. Во втором периоде окислы железа и цветных металлов взаимодействуют с  $\text{SiO}_2$  и сульфидами штейна и переходят в шлак или металл. В конечном счете можно увидеть, что образовалась черновая медь, из которой удалены сера и оксиды.

## Список литературы

1. Ванюков А.В. Теория пирометаллургических процессов / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев. – М.: Металлургия, 1973. – 504 с.
2. Ванюков А.В. Шлаки и штейны цветной металлургии / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев. – М.: Металлургия, 1969. – 406 с.
3. Лоскутов Ф.М. Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов / Ф.М. Лоскутов, А.А. Цейдлер. – М.: Металлургиздат, 1963. – 591 с.
4. Худяков И.Ф. Металлургия меди, никеля и кобальта / И.Ф. Худяков, И.И. Тихонов, В.И. Деев и др. – М.: Металлургия, 1977. – 293 с.

Получено 1.02.2019

---

МРНТИ 70.25.17

**Ж.К. Идришева, Г.К. Даумова, М.К. Жаманбаева**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**СОРБЦИЯ ИОНОВ ХРОМА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ  
МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ**

*Полученные результаты в ходе экспериментальных исследований показали, что механоактивированные цеолиты Тайжузгенского месторождения являются перспективным сорбционным материалом для извлечения ионов хрома из сточных вод. Механоактивация цеолитов разной дисперсности позволяет значительно повысить увеличение удельной поверхности и сорбционной способности более 99 %.*

*Эксперименттік зерттеулерден алынған нәтиже бойынша Тайжузген көн орнының механикалық белсендірілген цеолиттері қаба супардан хром иондарын тазалау үшін келешегі бар сорбциялық материал екенін көрсетеді. Әртүрлі дисперсті механикалық белсендірілген цеолиттер меншікті беттік қабатты айтарлықтай мәлшерде және сорбциялық қабілетті 99 % аса арттырады.*

*The results obtained in the course of experimental studies have shown that mechanically activated zeolites of the Tayzhuzgenskoye field are a promising sorption material for the extraction of chromium ions from wastewater. The mechanical activation of zeolites of different dispersion can make it possible to significantly increase the specific surface and sorption capacity of more than 99 %.*

**Ключевые слова:** ионы хрома, цеолиты, механоактивация, сорбция, Т:Ж (твердое:жидкое).

Сорбционное извлечение ионов тяжелых металлов из технологических растворов и хромсодержащих сточных вод является на сегодняшний день одной из актуальных проблем в машиностроительных, металлобалабатывающих и металлургических предприятиях. Одной из наиболее серьёзных проблем, ограничивающих эффективность извлечения металлов, является неполная очистка сточных вод при использовании реагентной очистки [1, 2]. Перспективным решением этой проблемы является разработка и внедрение сорбционных материалов, практическое использование которых позволит добиться эффективного извлечения ионов хрома из сточных вод.

Ранее учеными были проведены теоретические и экспериментальные исследования по очистке сточных вод с применением цеолитов [3, 4]. Нами были разработаны новые механоактивированные цеолиты для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, в частности от ионов хрома.

Природный цеолит Тайжузгенского месторождения Восточного Казахстана измельчали в щековой дробилке и пропускали через сито. После этого полученные

механоактивированные сорбенты разделяли по дисперсности и сушили в сушильном шкафу при 105-110 °С в течение 3 часов.

Для очистки сточных вод использовали механоактивированные цеолиты дисперсностью 0,05, 0,1 и 0,5 мм. Исследования проводили с использованием сорбентов на модельных растворах, идентичных сточным водам гальванического производства на примере АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» в статическом режиме.

При проведении экспериментальных исследований навеску механоактивированного сорбента варьировали по времени контакта с сорбентом с раствором (0,5, 1, 2 часа). Во всех экспериментах навеску механоактивированного цеолита брали при постоянной Т:Ж=1:20.

После перемешивания раствор оставляли на отстаивание в течение 10-15 минут. Отфильтровывали через фильтр «синяя лента» и в фильтрате определяли остаточное содержание ионов хрома в растворах. Исходные концентрации хрома в сточной воде составляли 0,780, 3,750, 9,375 мг/дм<sup>3</sup>. По результатам экспериментальных данных рассчитывали степень извлечения ионов хрома ( $\alpha$ , %) в модельном растворе.

Результаты исследований по очистке модельных растворов от ионов хрома механоактивированными цеолитами Тайжузгенского месторождения при начальной концентрации 0,78 мг/дм<sup>3</sup> представлены на рис. 1.

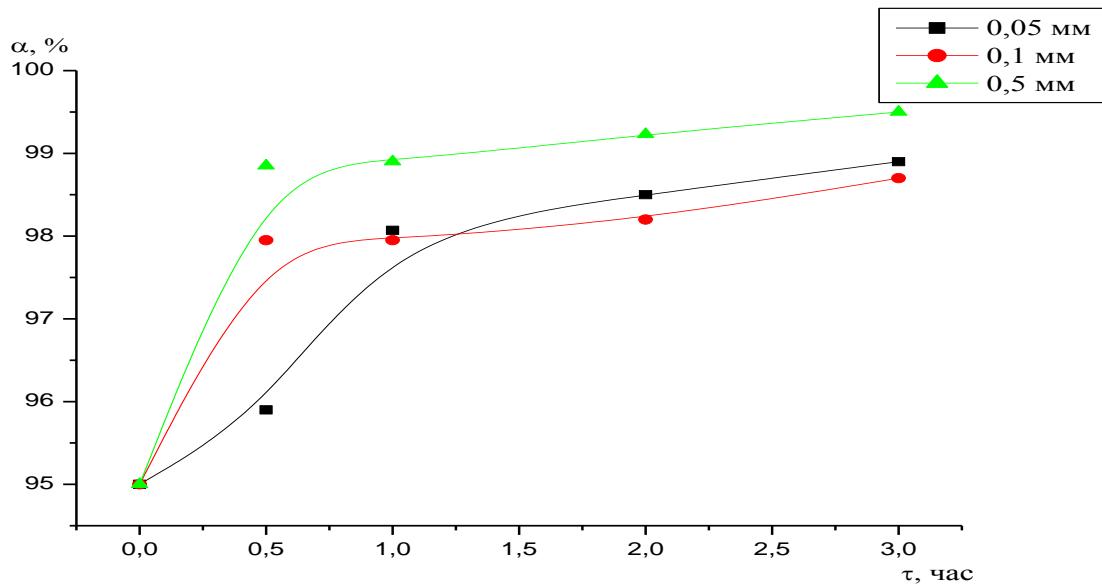


Рисунок 1 - Сорбция ионов хрома механоактивированными цеолитами при начальной концентрации  $C_0 = 0,78 \text{ мг/дм}^3$

По результатам сорбции можно сделать вывод, что максимальные извлечения ионов хрома отмечены при дисперсности 0,5 мм, при этом степень очистки при времени контактирования 0,5, 1, 2 и 3 часа составляет 98,85, 98,9, 99,25 и 99,5 % соответственно.

На рис. 2 представлены результаты очистки модельных растворов от ионов хрома механоактивированными цеолитами Тайжузгенского месторождения при начальной концентрации 3,750 мг/дм<sup>3</sup>.

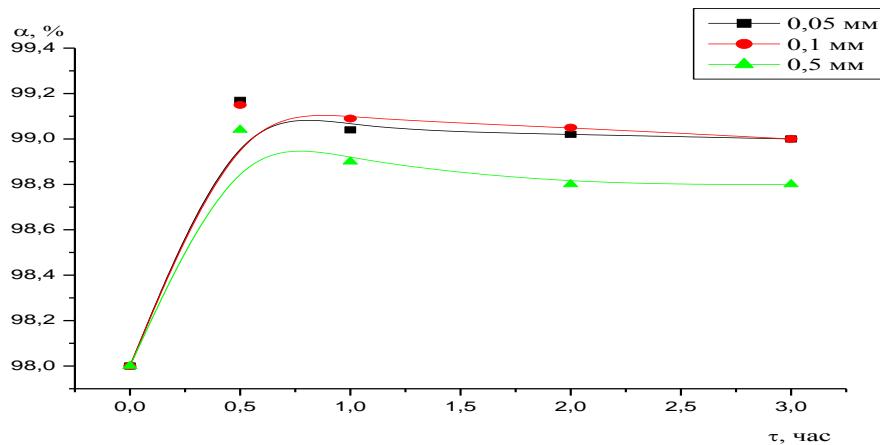


Рисунок 2 - Сорбция ионов хрома механоактивированными цеолитами при начальной концентрации  $C_0 = 3,75 \text{ мг/дм}^3$

Степень извлечения ионов  $\text{Cr}^{3+}$  при начальной концентрации  $3,75 \text{ мг/дм}^3$  достигает максимального значения 99,04 % при 0,5 часов с дисперсностью 0,5 мм. При времени обработки 0,5 часов при дисперсности сорбента 0,05 и 0,1 мм степени извлечения составляют 99,17 и 99,15 %.

Результаты очистки сточных вод от ионов хрома при начальной концентрации  $9,375 \text{ мг/дм}^3$  приведены на рис. 3.

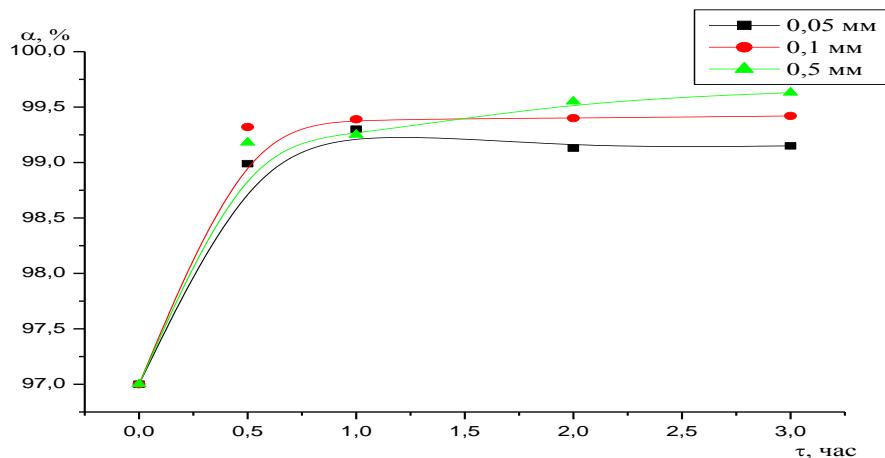


Рисунок 3 - Сорбция ионов хрома механоактивированными цеолитами при начальной концентрации  $C_0 = 9,375 \text{ мг/дм}^3$

При концентрации ионов хрома  $9,375 \text{ мг/дм}^3$  в течение 3 часов с дисперсностью 0,1 и 0,5 мм достигается максимальная степень извлечения 99,42 и 99,63 %.

Также были исследованы структурные особенности природных и разработанных нами механоактивированных цеолитов (рис. 4, 5), выполненные с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6390LV в лаборатории инженерного профиля «Иргетас» ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

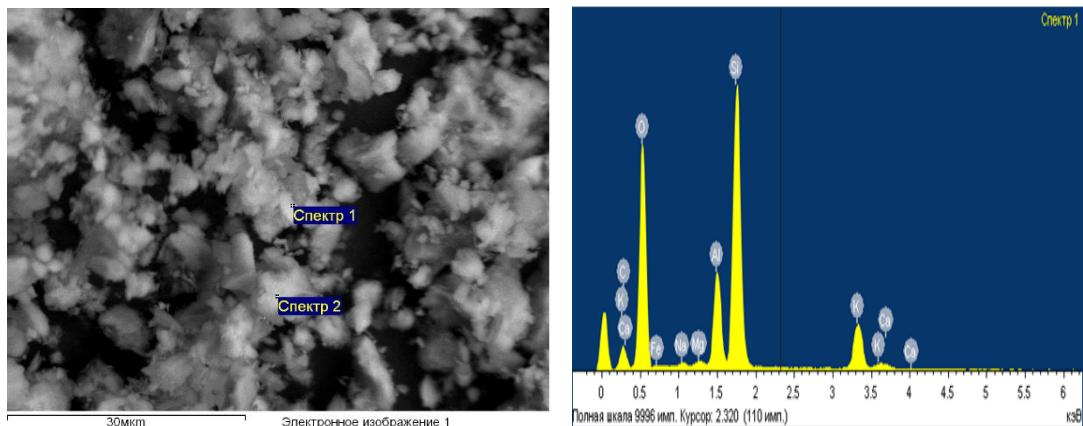


Рисунок 4 – Электронно-микроскопический снимок и спектральный состав природного цеолита Тайжузгенского месторождения

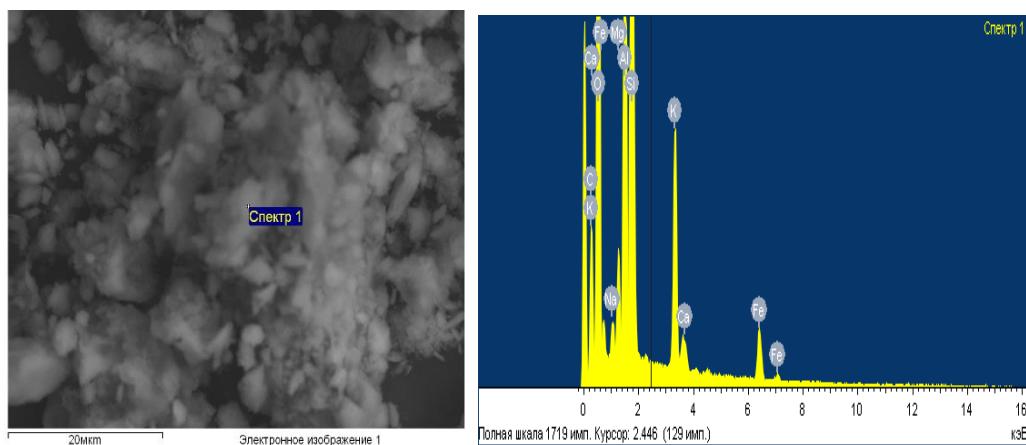


Рисунок 5 – Электронно-микроскопический снимок и спектральный состав механоактивированного цеолита с дисперсностью 0,5 мм

По результатам электронно-микроскопических исследований установлено, что структура поверхности природного цеолита однородная, достаточно плотная. Механоактивированный цеолит отличается губчатой сплошной микроструктурой, где частицы сорбента имеют неправильную, произвольную форму разного размера.

В ходе экспериментальных исследований также установлено, что очистка от ионов хрома с использованием механоактивированных цеолитов происходит во всех вышеуказанных условиях, и это зависит от начальной концентрации ионов хрома и дисперсности сорбента. Широкое применение цеолитов обусловлено возможностью целенаправленно изготавливать различные их модификации для решения поставленной задачи, исходя из требований по очистке сточных вод.

Таким образом, для очистки сточных вод от ионов хрома рекомендуется в качестве сорбционного материала использовать механоактивированные цеолиты Таганского месторождения, которые обеспечивают степень его извлечения в зависимости от дисперсности цеолита и времени его контакта с водой до 99 %.

## Список литературы

1. Гребенюк В.Д. Состояние и перспективы развития методов очистки сточных вод гальванических производств / В.Д. Гребенюк, Т.Т. Соболевская, А.Г. Махно // Химия и технология воды. - 1989. - Т. 11. - № 5. - С. 407-421
2. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств. - М.: Стройиздат, 1983. - 104 с.
3. Оспанова Г.Ш. Сорбция ионов благородных металлов на клиноптилолите / Г.Ш. Оспанова, М.М. Буркитбаев // Цветные металлы. - М. - 2000. - № 11-12. - С. 68-70.
4. Balintova M., Demcak S., Singovszka E., Pagacova B. Study of inorganic pollution sorption from acidic solutions by natural sorbents //Chemical Engineering Transactions, 2016, 53, 55-60 р.

Получено 01.02.2019

---

МРНТИ 53.01.37

**А.А. Исанова, О.О. Масленников, Ж.С. Оналбаева**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ**

Данная статья нацелена на разработку технологии получения равномерного стандартного образца (СО) драгоценного металла с примесями на базе Казахстанского монетного двора (КМД). В результате исследований показано, что неравномерные скорости кристаллизации сплава обуславливают различное состояние легирующего элемента. Использование СО (статуса ГСО) важно для проведения внутреннего статистического контроля с помощью карты Шухарта и оперативного контроля.

Бұл мақала Қазақстандық теңге сарайы (КТС) базасында қоспалармен қымбат металдың біркелкі стандартты үлгісін (СҮ) алу технологиясын өзірлеуге бағытталған. Зерттеу нәтижесінде қорытпаның біркелкі емес кристалдану жылдамдығы легирленген элементтің басқа қуйін тұдырады. СҮ-ні (МСҮ мәртебесін) пайдалану Шухарт картасы мен жедел бақылау арқылы ішкі статистикалық бақылау жүргізу үшін маңызды.

*This article is aimed at developing a technology for obtaining a uniform Reference Material of a precious metal with impurities on the basis of the Kazakhstan Mint (KM). As a result of the research, it was shown that the nonuniform crystallization rates of the alloy cause a different state of the alloying element. The use of Certified Reference Material (CRM status) is important for carrying out of internal statistical control using the Shewhart maps and operational control.*

**Ключевые слова:** государственный стандартный образец, градуировка, калибровка, литье благородных металлов.

В состав металлургической отрасли драгоценных металлов Республики Казахстан входят большое количество предприятий, занимающихся добычей, извлечением, переработкой и производством драгоценных металлов. Во всех предприятиях существуют лаборатории, основной задачей которых является определение достоверного химического состава продуктов их производства.

Важнейшим шагом в определении химического состава сплавов и металлов является достоверность результатов измерений. Исследования металлов проводятся компетентными и опытными специалистами, они используют только аттестованные методы аналитического исследования согласно государственным стандартам и ТУ, аттестованные смеси, стандартные образцы и т.д. Анализ химического состава металлов и сплавов проводится качественным и количественным методами для определения элементного состава метал-

ла. Определение химического состава является средством контроля химического состава металлов и сплавов. Отклонения химического состава определяемого вещества на десятую или даже сотую долю процента некоторых элементов может оказаться на свойствах сплавов и нанести урон экономике страны. Проверка химического состава металла – необходимая процедура гарантии качества. Анализ состава металла дает возможность определить: марку металла и сплава, элементы, которые входят в состав анализируемого металла, вес, число составных частей и элементов в металле и сплаве, точность состава сплава.

Обеспечение стандартных свойств веществ и материалов, из которых изготавливается то или иное изделие, является основой для выпуска продукции высокого качества. Существующий уровень развития средств измерений химического состава и свойств веществ и материалов не обеспечивает требуемой достоверности измерений, если используются традиционные способы поверки. Это определяется тем, что о составе и технических свойствах судят по результатам измерения некоторых физических величин, характеризующих их вторичные свойства, а связь состава и свойств веществ и материалов с непосредственно измеряемыми величинами часто зависит от конкретных условий измерений. Возникающие при этом методические погрешности измерения не устраняются повышением точности средств измерений, и необходим переход к воспроизведению измеряемых свойств с помощью специальных средств измерения - стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов. Стандартный образец (СО) - это средство измерений в виде вещества (материала), состав или свойство которого установлены при аттестации. СО предназначены для обеспечения единства и требуемой точности измерений [1].

Для установления содержаний массовой доли элементов в СО (аттестации СО) проводятся межлабораторные эксперименты с привлечением ведущих научно-исследовательских институтов и заводских аналитических лабораторий, обладавших большим опытом в исследованиях химического состава сплавов на различной основе. Длительность цикла от момента начала разработки комплекта СО категории ГСО или ОСО до получения сертификата (свидетельства) составляла от 1,5 до 2 лет. В начале 90-х гг. XX в. разработка и производство СО в РФ и странах СНГ были практически свернуты (рис. 1) [2], а ряд технологий и технологической оснастки для производства СО утрачен, только отдельные организации продолжили выпуск ГСО [3].

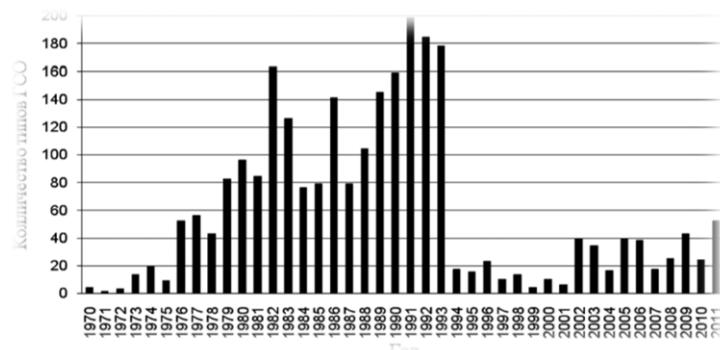


Рисунок 1 - Динамика утверждения типов ГСО для металлургии в период с 1970 по 2011 г. [3]

Достоверность химического состава продукции, полуфабрикатов драгоценных металлов имеет особую важность при возникновении спорных ситуаций между производителями, поставщиками и потребителями данной продукции. Недостоверная информация о

содержании примесей в полуфабрикатах драгоценных металлов может вызывать трудности при дальнейшем извлечении ценного компонента, обработке металла или производстве готовой продукции.

В Республике Казахстан отсутствует технология производства СО, который имеет статус ГСО или МСО, в связи с этим разработка отечественной технологии производства СО является актуальной задачей. Наличие такой технологии позволит исключить зависимость отечественных производителей от иностранных поставщиков.

Важными требованиями в производстве стандартного образца являются однородность (постоянство воспроизводимых образцом значений физической величины во всех экземплярах образца или его частях) и стабильность (постоянство воспроизводимых образцом значений физической величины в течение срока действия образца).

На практике стремятся получить однородную мелкозернистую структуру сплава, образование которой сопровождается одновременным возникновением множества кристаллов и их быстрым ростом. Условиями для получения таких сплавов является небольшой перегрев расплава (около 100 градусов выше точки ликвидуса сплава) и быстрое охлаждение. Из [4] показано, что твердый сплав, получаемый после быстрого охлаждения из жидкого состояния, редко имеет термодинамически равновесную структуру при любой температуре. Однако если быстроохлажденный сплав отжигать в течение достаточно длительного времени при высокой температуре, то в результате прохождения диффузии, а также возможных других структурных превращений, сплав постепенно приблизится к истинно равновесному состоянию при данной температуре [5].

При проведении лабораторных исследований на базе РГП КМД НБ РК влияния скорости охлаждения на физические свойства сплава СрМ 92,5 были получены 2 слитка с различными скоростями охлаждения. Плавка проводилась в графитовом тигле в шахтной печи сопротивления при температуре  $1000 \pm 20$  °С. Часть расплава сливалась в стальную изложницу. Оставшаяся часть расплава охлаждалась вместе с тиглем на воздухе.

Анализ полученных результатов показал, что размер выделений  $\beta$ -фазы существенно зависит от скорости охлаждения: при высокой скорости охлаждения выделения  $\beta$ -фазы более дисперсные по сравнению с размерами областей, образовавшихся при медленном охлаждении (рис. 2).

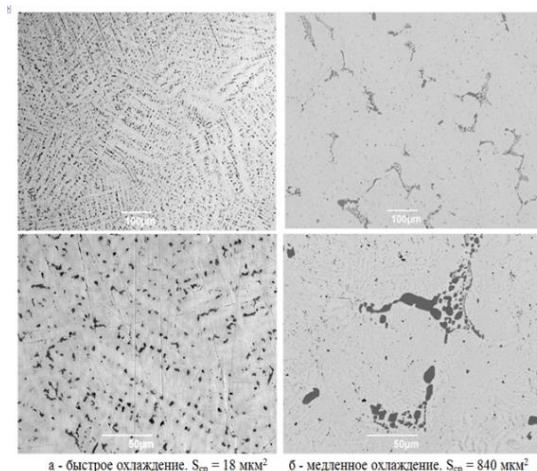


Рисунок 2 - Распределение богатой медью  $\beta$ -фазы в зависимости от скорости охлаждения сплава СрМ 92,5

Полученные результаты показывают, что после пластической деформации прокаткой высокодисперсные выделения  $\beta$ -фазы (быстрое охлаждение) в структуре проката сохраняют, в основном, глобулярную форму размером порядка 10 мкм. Крупные выделения  $\beta$ -фазы (медленное охлаждение) «вытягиваются» вдоль направления преимущественного течения металла до размеров более 100 мкм (рис. 3 а, б).

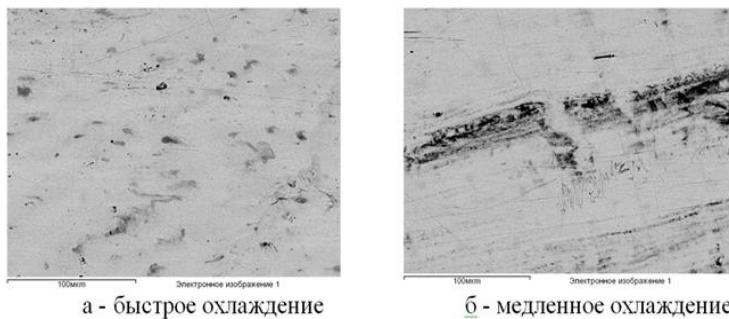


Рисунок 3 - Электронное изображение распределения меди (темные области на светлом фоне) в структуре после прокатки слитка

Исследования показали, что неравномерные скорости кристаллизации сплава обуславливают различное состояние легирующего элемента – меди. Различные условия кристаллизации влияют на морфологию выделения вторичной  $\beta$ -фазы [6]. Для получения сплава с равномерной однородностью необходимо проводить плавку в индукционной печи. Для получения необходимых свойств проводят термообработку (отжиг, прокатка вальцами и т.д.). Растворимость кислорода в серебре значительна. На воздухе при атмосферном давлении в одном объеме серебра при температуре несколько выше точки плавления может растворяться около 20 объемов кислорода. При переходе из жидкого состояния в твердое растворимость кислорода в сплаве быстро уменьшается, и при большой скорости охлаждения происходит неполное выделение газов, что приводит к образованию пор в слитке. При пластической деформации газовые раковины и поры вытягиваются, уменьшаются в объеме, а при рекристаллизационном отжиге вследствие расширения газа и увеличения давления в них на заготовках появляются вздутия поверхностного слоя («дутое серебро»).

#### Список литературы

1. Схиртладзе А. Метрология, стандартизация и сертификация / А. Схиртладзе, Я. Радкевич, Б. Лактионов. – Изд-во МГГУ, 2003. – С. 187-188.
2. Козьмин В.А. Государственные стандартные образцы сталей, сплавов и чугунов с аттестованными содержаниями микропримесей. Проблемы и успехи / В.А. Козьмин, С.Ф. Фёдорова, М.Ю. Щукина // Стандартные образцы. - 2008. - № 2. - С. 44–51.
3. Семенко Н.Г. Стандартные образцы в системе обеспечения единства измерений / Н.Г. Семенко, В.И. Панева, В.М. Лахов. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 287 с.
4. Юм-Розери В. Введение в физическое материаловедение. – С. 127.
5. Реутова Г.А. Исследование физико-химической природы распределения элементов сплава СрМ 92,5 в структуре поверхности плавильно-литейного тигля / Г.А. Реутова, Ф.С. Туганбаев, Б.В. Сырнев. - Алматы, 2013. - С. 168-176.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 05.13.18, 28.17.19

**А.Л. Красавин, Д.Л. Алонцева, Е.Т. Жанузаков, С.Ж. Рахметуллина**Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ  
РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ  
БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ**

Разработана математическая модель для распределения температуры в двухслойных поглотителях при нагреве движущимся источником тепла, численными методами решено уравнение теплопроводности с нелинейными коэффициентами.

Қозғалмалы жылу көзімен жылытқанда екі қабатты жұтқыштарда температура таралуының математикалық үлгісі жасалды, сандық әдістермен сызықты емес коэффициентті жылу өткізгіштік тәндеуі шешілді.

*A mathematical model has been developed for the distribution of temperature in two-layer absorbers when heated by a moving source and the heat equation with nonlinear coefficients has been solved by numerical methods.*

**Ключевые слова:** уравнение теплопроводности, двухслойные металлические поглотители тепла, компьютерное моделирование.

Получение покрытий для различных целей методами газотермического напыления в последнее время популярно во всем мире [1, 2]. Одним из основных методов газотермического нанесения покрытий является плазменное напыление. Метод микроплазменного напыления (МПН) характеризуется небольшим диаметром пятна распыления (1 ... 8 мм) и низкой (до 2 кВт) мощностью плазмы, что приводит к низкому потоку тепла в подложку [3-5]. Эти характеристики очень привлекательны для нанесения покрытий с высокой точностью, в частности для нанесения биосовместимых покрытий при изготовлении медицинских имплантатов. Однако обработка поверхностей сложной формы может быть затруднена для реализации технологии термического напыления и требует автоматических манипуляций с источником плазмы и/или подложкой для соответствующей обработки поверхности [1, 2]. В настоящее время роботы-манипуляторы широко используются в промышленности, что позволяет автоматизировать плазменную обработку. Однако они используются только для крупномасштабного производства, потому что каждый переход на новый продукт требует сложных процедур калибровки для достижения соответствия модели, запрограммированной в работе ранее. Таким образом, проблема автоматической генерации кода программы-робота для модели, заданной с помощью САПР, находится в центре внимания исследователей и разработчиков робототехнических систем [6-8].

Основной предпосылкой для развития данного исследования явился анализ технических трудностей, возникающих при эксплуатации промышленного робота для нанесения покрытий методом МПН, и стремление расширить круг задач, решаемых с помощью эксплуатации промышленного робота. Авторами настоящей статьи была проведена работа в области применения автоматических плазменных методов нанесения биосовместимых или защитных покрытий, описанная в наших работах [9, 10] и защищенная сертификатами интеллектуальной собственности [11, 12]. Одной из основных задач роботизированной технологии микроплазменного напыления является выбор модифицирующего облучения микроплазменной струей для того, чтобы установить определенную скорость движения робота-манипулятора с источником плазмы вдоль обрабатываемой поверхности. Успешное нанесение биосовместимых покрытий с устойчивыми характеристиками на детали сложной формы (медицинские имплантаты) требует стабильного перемещения с за-

данной скоростью и плотностью мощности источника плазмы вдоль обрабатываемой плазмой поверхности. Чтобы выбрать желаемые режимы обработки поверхности микроплазмой, нам нужны предположения о температурных полях, которые образуются при облучении, поскольку именно температура определяет фазовые переходы в покрытиях.

Целью данного исследования являлась разработка математической модели распределения температурных полей в двухслойных поглотителях (покрытие/подложка) при модифицировании микроплазменным облучением покрытий из биосовместимых металлов (титана или тантала).

Мы рассмотрели проблему нагрева образца, представляющего собой металлическую пластину (подложку) с покрытием, движущимся осесимметричным слоем покрытия источника тепла. Выбор материалов и толщины слоев поглотителей основывался на ранее разработанной схеме структуры защитного порошкового покрытия, нанесенного плазменной струей на стальную подложку, описанную в работах [13, 14].

Задача нагрева пластины движущимся плоским источником тепла сводится к решению краевой задачи для дифференциального уравнения теплопроводности. Поскольку тепловые характеристики металлов, такие как теплопроводность и удельная теплоемкость, сильно зависят от температуры, а в процессах радиационной обработки покрытий разница температур между различными точками образца может превышать 1000 К, адекватной математической моделью тепловых процессов при радиационной обработке покрытий является нелинейное уравнение теплопроводности, учитывающее зависимость тепловых характеристик материала от температуры. Уравнение теплопроводности для однородной среды, тепловые характеристики которой зависят от температуры, в случае отсутствия источников тепла, распределенных в среде, имеет вид (1):

$$\operatorname{div}(k(T) \cdot \nabla T) = c(T) \cdot \rho(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial t}. \quad (1)$$

В уравнении (1)  $T(x, y, z, t)$  - нестационарное поле температур, измеряемых в абсолютной шкале (градусах Кельвина);  $k(T)$  - функция зависимости коэффициента теплопроводности вещества от температуры;  $c(T)$  - функция зависимости удельной теплоемкости вещества от температуры;  $\rho(T)$  - функция зависимости плотности вещества от температуры. В дальнейшем изложении мы будем пользоваться дифференциальным уравнением (4), в которое переходит уравнение (1) при преобразовании Кирхгофа (2) [15]:

$$\vartheta(x, y, z, t) = \int_{T_0}^{T(x, y, z, t)} k(\tau) d\tau. \quad (2)$$

Для удобства считаем значение параметра  $T_0$  равным температуре окружающей среды. Нетрудно показать, что

$$\operatorname{div}(k(T) \cdot \nabla T) = \Delta \vartheta. \quad (3)$$

С учетом этих тождеств дифференциальное уравнение теплопроводности (1) превращается в дифференциальное уравнение (4) для функции  $\vartheta$

$$\Delta \vartheta = Q(\vartheta) \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t}, \quad (4)$$

$$Q(\vartheta) = \frac{c(T(\vartheta)) \cdot \rho(T(\vartheta))}{k(T(\vartheta))}. \quad (5)$$

Введем понятие предельного стационарного состояния при нагреве тела подвижным источником тепла. Пусть оси  $X$  и  $Y$  декартовой системы координат лежат на поверхности однородного полубесконечного тела. Ось  $Z$  направлена в глубину тела. Предположим, что в начальный момент времени  $t = 0$  на поверхности образца начинает действовать плоский источник тепла, движущийся по поверхности с постоянной скоростью  $v$ , направленной по оси  $X$ . Предположим, что источник тепла имеет осевую симметрию, и в начальный момент времени ось  $Z$  декартовой системы координат совпадает с осью сим-

метрии источника. Пусть поверхностная плотность мощности источника описывается функцией  $P(r)$ , где  $r$  - расстояние до оси источника. В таком случае, нестационарное температурное поле  $T(x, y, z, t)$  в полубесконечном теле будет удовлетворять дифференциальному уравнению (1) и краевому условию (6) на поверхности образца (плоскость  $z = 0$ ), начальному условию (7) и условию (8):

$$-k(T) \cdot \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)_{z=0} = P \left( \sqrt{(x - v \cdot t)^2 + y^2 + z^2} \right), \quad (6)$$

$$T(x, y, z, 0) = T_0, \quad (7)$$

$$\forall x, y, t \lim_{z \rightarrow \infty} T(x, y, z, t) = T_0. \quad (8)$$

Перейдем в подвижную декартову систему координат, движущуюся со скоростью  $v$ , оси которой  $X^*, Y^*, Z^*$  параллельны осям  $X, Y, Z$  вышеописанной неподвижной системы координат. Координаты точки  $x^*, y^*, z^*$  в подвижной системе координат связаны с координатами  $x, y, z$  той же точки в неподвижной системе координат формулами  $x = x^* + v \cdot t, y = y^*, z = z^*$ . Пусть  $T^*$  функция, описывающая температурное поле в подвижной системе координат. Преобразуем уравнение (1) в уравнение (9) для функции  $T^*$ :

$$\frac{\partial}{\partial x^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial x^*} \right) + \frac{\partial}{\partial y^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \right) + \frac{\partial}{\partial z^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial z^*} \right) = c \cdot \rho \cdot \left( \frac{\partial T^*}{\partial t} - v \cdot \frac{\partial T^*}{\partial x^*} \right). \quad (9)$$

Уравнение (9) можно рассматривать как частный случай уравнения Фурье-Остроградского для движущейся среды. Естественно предположить, что при стремлении времени движения источника к бесконечности в движущейся вместе с источником системе координат будет наблюдаться квазистационарное температурное поле, говоря иначе, мы можем положить в уравнении (9)  $\frac{\partial T^*}{\partial t^*} = 0$ . Такой режим мы будем называть предельным стационарным состоянием, описывающимся дифференциальному уравнением (10):

$$\frac{\partial}{\partial x^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial x^*} \right) + \frac{\partial}{\partial y^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial y^*} \right) + \frac{\partial}{\partial z^*} \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial z^*} \right) + v \cdot \left( \frac{c \cdot \rho}{k} \right) \cdot \left( k \cdot \frac{\partial T^*}{\partial x^*} \right) = 0. \quad (10)$$

Применяя к этому уравнению преобразование Кирхгофа, мы получим:

$$\Delta \vartheta + v \cdot Q(\vartheta) \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0. \quad (11)$$

Рассмотрим численный метод решения задачи нагрева полубесконечного пространства движущимся источником тепла. Прежде всего сформулируем краевую задачу для функции  $\vartheta(x, y, z)$ , представляющую собой преобразование Кирхгофа температурного поля  $T(x, y, z)$  в подвижной системе координат. Как было показано выше, функция  $\vartheta(x, y, z)$  должна удовлетворять дифференциальному уравнению (11) в области  $z \geq 0$ . При граничных условиях (12) и (13):

$$\left( \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right)_{z=0} = -P(x, y), \quad (12)$$

$$\lim_{z \rightarrow \infty} \vartheta(x, y, z) = \vartheta_0, \quad (13)$$

В условии (13) константа  $\vartheta_0$  – преобразование Кирхгофа температуры окружающей среды  $T_0$ . Для дальнейшего рассмотрения удобно воспользоваться инвариантной формой уравнения (11):

$$\Delta \vartheta + \nabla \cdot (F(\vartheta) \cdot \vec{v}) = 0, \quad (14)$$

где  $F(\vartheta)$  - первообразная функции  $Q(\vartheta)$ .

$$F(\vartheta) = \int_{\vartheta_0}^{\vartheta} Q(\vartheta) d\vartheta. \quad (15)$$

Чтобы показать эквивалентность уравнений (11) и (15), достаточно преобразовать выражение  $\nabla \cdot (F(\vartheta) \cdot \vec{v})$ . Будем искать скалярное поле  $\vartheta$  в виде суперпозиции полей  $\varphi$  и  $\eta$  вида (16):

$$\vartheta(x, y, z) = \varphi(x, y, z) + \eta(x, y, z), \quad (16)$$

где скалярное поле  $\varphi(x, y, z)$  удовлетворяет уравнению Лапласа  $\Delta\varphi = 0$  и краевому условию  $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)_{z=0} = P(x, y)$ . Это граничное условие формирует краевую задачу для уравнения Лапласа, численные методы решения которой хорошо разработаны. Таким образом, мы получаем следующую краевую задачу: найти функцию  $\eta(x, y, z)$ , определенную в полу-пространстве  $z \geq 0$  и удовлетворяющую в нем дифференциальному уравнению (17):

$$\Delta\eta = -\nabla \cdot (F(\varphi + \eta) \cdot \vec{v}), \quad (17)$$

и краевому условию (18) на границе области:

$$\left(\frac{\partial\eta}{\partial z}\right)_{z=0} = 0. \quad (18)$$

Ниже мы покажем, как приведенная выше краевая задача может быть сведена к интегральному уравнению для функции  $\eta(x, y, z)$ . Рассмотрим следующую краевую задачу для уравнения Пуассона.

Пусть функция  $f(x, y, z)$  удовлетворяет в области  $z \geq 0$  уравнению Пуассона  $\Delta f = \rho$ , где  $\rho(x, y, z)$  заданная функция, а на границе области краевому условию  $\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)_{z=0} = 0$ . Решением этой краевой задачи служит функция:

$$f(x, y, z) = \iiint G(x', y', z', x, y, z) \cdot \rho(x', y', z') \cdot dx' dy' dz', \quad (19)$$

где  $G(x', y', z', x, y, z)$  - функция Грина данной краевой задачи, определяемая формулами (20), (21):

$$G(x', y', z', x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \cdot \left( \frac{1}{r(x', y', z', x, y, z)} + \frac{1}{r(x', y', z', x, y, -z)} \right), \quad (20)$$

$$r(x', y', z', x, y, z) = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2}. \quad (21)$$

Таким образом, краевая задача для дифференциального уравнения (14) сводится к нелинейному интегральному уравнению

$$\eta(x, y, z) = -\iiint (\nabla \cdot (F(\eta + \varphi) \cdot \vec{v})) \cdot G(x', y', z', x, y, z) dx' dy' dz'. \quad (22)$$

В дальнейшем мы будем полагать, что существует прямоугольный параллелепипед  $\Omega$ , такой, что  $F(\eta(x, y, z) + \varphi(x, y, z)) = 0$  в любой точке  $A(x, y, z)$ , лежащей за пределами  $\Omega$ . Преобразуем правую часть уравнения (22), интегрируя по частям:

$$(\nabla \cdot (F(\eta + \varphi) \cdot \vec{v})) \cdot G = \nabla \cdot ((F(\eta + \varphi) \cdot G) \cdot \vec{v}) - F(\eta + \varphi) \cdot \langle \nabla G, \vec{v} \rangle. \quad (23)$$

Согласно теореме Гаусса – Остроградского

$$\iiint_{\Omega} \nabla \cdot ((F(\eta + \varphi) \cdot G) \cdot \vec{v}) dV = \iint_D F(\eta + \varphi) \cdot G \cdot (\vec{n}, \vec{v}) dS, \quad (24)$$

где  $\vec{n}$  - вектор нормали к поверхности границы  $D$  области  $\Omega$ . Так как

$$\iiint_{\Omega} \nabla \cdot ((F(\eta + \varphi) \cdot G) \cdot \vec{v}) dV = 0, \quad (25)$$

то с учетом (22) мы получаем

$$\eta(x, y, z) = \iiint_{\Omega} F(\eta + \varphi) \cdot \langle \nabla G, \vec{v} \rangle dx' dy' dz'. \quad (26)$$

Задачу нахождения решения нелинейного интегрального уравнения (26) можно интерпретировать как задачу нахождения неподвижной точки отображения  $f(x, y, z) \rightarrow Kf(x, y, z)$ , где действие нелинейного оператора  $K$  определяется выражением (27):

$$Kf(x, y, z) = \iiint_{\Omega} F(\eta(x', y', z') + \varphi(x', y', z')) \cdot \langle \nabla G, \vec{v} \rangle dV. \quad (27)$$

Мы выдвигаем гипотезу, о том, что отображение (27) является сжимающим отображением, т.е. мы предполагаем, что существует константа  $d < 1$ , такая, что  $\forall f_1, f_2 \in U$  выполняется неравенство:

$$\|Kf_1 - Kf_2\| < d \cdot \|f_1 - f_2\|. \quad (28)$$

При этом мы обозначаем символом  $U$  метрическое пространство интегрируемых с квадратом функций, определенных в области  $\Omega$ , со стандартной метрикой:

$$\|f\| = \iiint_{\Omega} f^2 dx dy dz. \quad (29)$$

Как известно, для сжимающего оператора  $K$  итерационный процесс, определяемый уравнениями вида (30)

$$f_k = Kf_{k-1}, \quad (30)$$

сходится к неподвижной точке оператора  $K$  при любом начальном приближении  $f_0$ .

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Разработана математическая модель распределения температурных полей в двухслойных поглотителях при модифицирующем микроплазменном облучении металлических покрытий, а также разработан численный метод расчета температурных полей при нагреве системы покрытие/подложка движущимся источником тепла. При решении нелинейного уравнения теплопроводности численными методами применялось преобразование Кирхгофа. На основании расчетов температурных полей были рекомендованы определенные скорости движения робота-манипулятора и плотности мощности источника плазмы, то есть режимы обработки поверхности микроплазмой, чтобы обеспечить желаемое распределение температуры в системы покрытие/подложка. Были получены покрытия из биосовместимых материалов, нанесенных микроплазмой в соответствии с рекомендуемыми режимами на титановые имплантаты. Таким образом, показана прикладная ценность разработанной математической модели и численных методов решения задач роботизированного микроплазменного напыления биосовместимых покрытий на медицинские имплантаты.

Исследование проведено при финансовой поддержке Комитета науки МОиН РК в рамках программно-целевого финансирования по научно-технической подпрограмме 0006/ПЦФ-17 «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине».

#### Список литературы

1. Tucker R.C., Jr., editor. Introduction to Coating Design and Processing // Thermal Spray Technology. – 2013. - vol. 5A. - pp. 76-88.
2. VardelleA., MoreauCh., NickolasJ., ThemelisA. Perspective on Plasma SprayTechnology // Plasma Process. – vol. 35. - 2015. - p. 491 - 509.
3. LugscheiderE., BobzinK., ZhaoL., ZwickJ. Special Issue: Thick Coatings for Thermal, Environmental and Wear Protection // Advanced Engineering Materials. - Vol 8.- Issue 7. - 2006. - pp. 635 - 639.
4. BorisovYu., SviridovA., LugscheiderE., FisherA. Investigation of the Microplasma Spraying Processes // The International Thermal Spray Conference. – Germany. – 2002. - p.335 -338.
5. AndreevA.V., LitovchenkoL.Y., KorotaevA.D., BorisovD.P. Thermal Stability of Ti-C-Ni-Cr and Ti-C-Ni-Cr-Al-Si Nanocomposite Coatings // 12th International Conference on Gas Discharge Plasmas and Their Applications. IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series 652. - 2015.
6. NelayevaE.I., ChelnokovYu.N. Solution to the Problems of Direct and Inverse Kinematics of the Robots-Manipulators Using Dual Matrices and Biquaternions on the Example of Stanford Robot Arm // Mechatronics, Automation, Control. – Vol. 16. - No. 7. – 2015. - pp. 456 - 463.
7. RodriguesM., KormannM., SchuhlerC., TomekP. Robot Trajectory Planning using OLP and Structured Light 3D Machine Vision // 9th International Symposium. – Greece. –ISVC. -2013. - Part II. - pp. 244 - 253.
8. Brosed F.J., SantolariaJ., Aguilar J.J., GuillomiaD. Laser triangulation sensor and six axes anthropomorphic robot manipulator modelling for the measurement of complex geometry products // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. -Vol.28. – 2012. - pp. 660 - 671.
9. Alontseva D., Krasavin A., Prokhorenko N., Kolesnikova T. Plasma – Assisted Automated Precision Deposition of Powder Coating Multifunctional Systems. - Acta Physica Polonica A. – 2017. - vol. 132.- No 2. - pp. 233-235.
10. Alontseva D., Ghasssemieh E., Russakova A., Krassavin A., Prokhorenko N Developing a New Resource and Energy Saving Technology of Precision Application of Powder Coating Multifunctional Systems//ActaPhysicaPolonica A, Vol. 134, No. 1, 2018. - P.374-378.

11. А.с. ИС 0010558 Расчеты температурных профилей в двухслойных поглотителях с постоянными теплофизическими коэффициентами при нагреве движущимся источником / А.Л. Красавин, Д.Л. Алонцева, Н.Ф. Денисова. - № 1151. - 2013.
12. А.с. ИС 009030 Конвертер для перевода чертежей DXF формата в AS язык робот-манипулятора KawasakiRS010L / Д.М. Нурукенов, А.Л. Красавин, Д.Л. Алонцева. - № 1490. - 2017.
13. AlontsevaD., GhasssemiehE. The Structure-Phase Compositions of Powder Ni – based Coatings after Modification by DC // Electron Microscopy and Analysis Group Conference IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series 644. - 2015.
14. AlontsevaD. The Chapter 3 "Structure and Mechanical Properties of Nanocrystalline Metallic Plasma-Detonation Coatings" in the book "Comprehensive Guide for Nanocoatings Technology" Ed.: Mahmood Aliofkhazraei. Nova Science Publishers, Inc., New York, USA. - 2015. - Vol.3. - P. 53-84.
15. Kim S. A simple direct estimation of temperature-dependent thermal conductivity with Kirchhoff transformation// International Communications in Heat and Mass Transfer. – Vol. 28. - Issue 4. – 2001. – pp. 537-544.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 55.57.43

**А.К. Курманов, Н.А. Камышева**

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, г. Костанай

#### К ВОПРОСУ ДИНАМИКИ УДАРНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

*В статье рассматриваются основные машины и механизмы, используемые для измельчения зерна гороха. Особое внимание уделено измельчителям ударного действия. Рассмотрены вопросы динамики ударного измельчения. Экспериментально определена кинетическая энергия удара, критическая скорость разрушения, а также произведен поисковый эксперимент по определению минимальной частоты вращения ротора ударно-центробежного измельчителя гороха.*

*Мақалада бұршақ дәнін ұнтақтау үшін қолданылатын негізгі машиналар мен механизмдер қарастырылады. Екпінді әсер ететін ұсатқыштарға ерекше көңіл бөлінген. Екпінді ұсақтау динамикасының мәселелері қарастырылды. Соққының кинетикалық энергиясы, қиравудың критикалық жылдамдығы эксперименталды түрде анықталды, соңдай-ақ бұршақты екпінді-ортадан тепкіш ұсақтағыш роторының ең аз айналу жүйелігін анықтау бойынша іздеу эксперименті жүргізілді.*

*The article discusses the main machines and mechanisms used for grinding peas. Particular attention is paid to impact grinders. The issues of impact grinding dynamics are considered. Kinetic energy an impact, the critical rate of breakage were experimentally determined as well as an experiment on definition minimal rotor speed of an impact-centrifugal crusher was conducted.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, дробилка, горох, кинетическая энергия, скорость удара, частота вращения.

В настоящее время недостаток белка в кормопроизводстве по различным оценкам составляет 25–30 % от общей потребности в нем. Из-за недостатка белка в рационе или его плохого качества нарушается нормальная жизнедеятельность организма животного.

Важнейшим источником растительного белка могут быть зернобобовые культуры, такие как горох, чечевица, соя, нут, люпин, чина и др. Они отличаются высоким содержанием протеина и низким содержанием жира.

Горох – это наиболее распространенная культура из группы зернобобовых. Включение гороха в рационы дойных коров (1-2 кг) приводит к повышению удоев и улучшению состава молока [1]. Скармливать горох следует в дробленом виде или при размоле разной крупности. По мнению А. Гринца, к.с.-х.н., заместителя генерального директора ТОО ПТК «Содружество», в Северном Казахстане горох является, пожалуй, самой урожайной

из зернобобовых культур [2]. Площади сева гороха в стране в прошлом году возросли на 64 % – до 96 тыс. га (рис. 1).

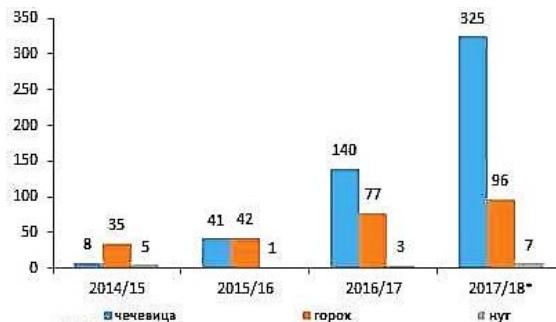


Рисунок 1 – Динамика производства бобовых в Республике Казахстан, тыс. тонн

Улучшить качество белка, разрушить крахмал до легкоусвояемых форм, обезвредить антипитательные вещества можно, используя различные способы его обработки, одной из которых является измельчение. При этом наибольшие эксплуатационные и энергетические затраты приходятся на дробление и измельчение и для большинства предприятий, использующих эти процессы, составляют более 50 % их экономического баланса. Таким образом, задача по снижению энергоемкости процессов измельчения становится все более актуальной.

В зависимости от физико-механических свойств и размеров кусков (крупности) измельчаемого материала выбирают тот или иной способ механического воздействия [3] (см. табл.).

*Способы механического воздействия на измельчаемый материал в зависимости от его физико-механических свойств*

Вид материала	Способы разрушения				
	Сжатие	Удар	Истирание	Отраженный удар	Срез и резание
Твердый раскалывающийся	П	П	-	П	-
Твердый хрупкий	П	П	-	П	-
Твердый вязкий	П	П	-	-	-
Средней твердости	П	П	-	П	УП
Упругий мягкий	-	-	П	-	П
Волокнистый	УП	-	П	П	П
Чувствительный к теплоте	-	УП	-	УП	П
Влажно-пластичный	УП	-	П		П
Мягкий хрупкий	П	П	П	П	П
Мягкий вязкий	П	П	П-	-	П

Примечание - П-пригодный; УП-условно-пригодный; - - непригодный

Зная физико-механические свойства гороха и опираясь на исследования, проводимые в этой области, можно утверждать, что наиболее оптимальной конструкцией будет обла-

дать измельчитель, имеющий в своей основе способ разрушения - удар.

Классификацию дробилок ударного действия, сгруппированных по следующим наиболее общим признакам, предлагает Малаев М.Д. [4]:

- по способу разгона измельчаемого материала на газоструйные, центробежные и инерционные;
- по способу преимущественного нагружения на стесненно ударные, истирающие и отражательные;
- по типу рабочих органов на барабанные, роторные, молотковые и дисковые.

В эту классификацию не вошли устаревшие и редко применяющиеся в производстве измельчители.

В своей работе [5] Н. Сергеев указал значения микротвердости различных точек семядолей гороха, доказав, что зерно гороха - это твердый хрупкий материал, для которого подходит такие виды разрушения, как сжатие, удар и отраженный удар.

Преимущества дробления хрупких материалов свободным ударом отмечались исследователями и ранее, однако широкое применение машин с принудительным разгоном материала сдерживается отсутствием освоенных технических решений и трудностью обеспечения требуемого гранулометрического состава готового продукта.

В связи с этим возникла необходимость в разработке методики расчета ударно-центробежного измельчителя и создание на его основе рациональной конструкции, отвечающей зоотехническим и технологическим требованиям современного кормопроизводства. Учитывая актуальность данного вопроса, была поставлена цель: снизить удельную энергоемкость измельчения конструкции путем обоснования основных конструкционных и режимных параметров ударно-центробежного измельчителя.

Известно, что при ударе материал распадается на части в результате действия динамической нагрузки. Много научных работ посвящено исследованию вопросов динамики ударного измельчения. Однако до сих пор точки зрения разнообразны. Сен-Венан и ряд других ученых сводили теорию удара к колебаниям. Г. Герц [6] распространил статическую теорию сжатия упругих тел при некоторых ограничениях на теорию соударения упругих тел.

Рассмотрим формулу силы столкновения тел по теории Г. Герца:

$$\frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot \frac{d^2 a}{dt^2} = -\rho. \quad (1)$$

Длительность соударения двух шаров  $\Pi$  выражается следующей формулой:

$$\Pi = 2,9432 \left[ \frac{2\pi (1-\sigma)^4}{8(1-2\sigma)^2} \right]^{1/5} \cdot \frac{r}{\vartheta_{y.b.}^{5/6} \cdot \vartheta^{1/5}}, \quad (2)$$

где  $\vartheta_{y.b.}$  - скорость распространения упругих волн;  $\sigma$  - коэффициент Пуассона;  $\vartheta$  - скорость сближения шаров;  $r$  - радиус шаров.

Н.А. Кильчевский обратил внимание на то, что теория Герца учитывает лишь местные деформации, а продольные и поперечные колебания не учитываются. Поэтому он вводит новую формулу для определения времени соударения двух шаров:

$$\Pi = 2,997 \cdot \frac{m^{\frac{b}{5}} \cdot k^{\frac{3}{5}}}{\vartheta^{\frac{1}{5}}}, \quad (3)$$

где  $m$  - масса шара;  $\vartheta$  - скорость соударения;  $k$  - коэффициент пропорциональности.

В.В. Багреев [7] исследовал возможность применения теории Герца за пределами

упругой деформации:

$$\delta = \frac{E_0}{R_0^3} = \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \right) \frac{\vartheta_0^2}{2}, \quad (4)$$

где  $E_0$  – часть кинетической энергии прямого центрального удара двух поступательно движущихся тел, связанная с деформированием тел в месте контакта;  $\vartheta_0$  - относительная скорость тел.

После выведения параметра  $\delta$  формула для определения максимальной силы удара имеет вид:

$$\frac{P_{max}}{R_0^2} = 1,95 \frac{\delta \vartheta^2}{(\vartheta_1 + \vartheta_2)^{0,4}}. \quad (5)$$

Продолжительность удара в этом случае рассчитывается как:

$$\Pi_0 \sqrt{\frac{R_0}{F_0}} = 2,67 \frac{(\vartheta_1 + \vartheta_2)^{0,4}}{\delta^{0,1}}. \quad (6)$$

где  $\vartheta_1 = (1 - \mu_i)/E_i$ .

Напряженное состояние материала рассчитывается как

$$\sigma_{cp} = 0,481 \frac{\delta \vartheta^{0,2}}{(\vartheta_1 + \vartheta_2)^{0,8}}. \quad (7)$$

В соответствии с методами классической механики удара по методике, описанной Богословым Д.Н. [8], можно экспериментально определить кинетическую энергию удара и скорость, при которой начинается разрушение зерна.

Рассмотрим схему, изображенную на рис. 2.

В соответствии с приведенной схемой потенциальная энергия определяется по формуле:

$$T_0 = m_1 g (H - t), \quad (8)$$

где  $t$  - толщина зерна;  $g$  - ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $m_1$  - масса груза;  $H$  - высота падения груза.

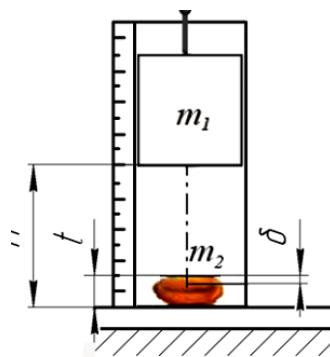


Рисунок 2 - Схема испытания прочности зерна при ударе

Кинетическая энергия движения груза массой  $m$  определяется по формуле

$$T_0 = \frac{m_1 \vartheta_2^2}{2}, \quad (9)$$

где  $T_0$  - величина кинетической энергии, при которой остаточная деформация  $\delta$  будет равна или близка к нулю;  $\vartheta_2^2$  – скорость зерновки до удара (критическая скорость, при ко-

торой начинается измельчение зерна).

Приравняем обе части:

$$m_1 g (H - t) = \frac{m_1 \vartheta_2^2}{2}. \quad (10)$$

Тогда критическая скорость, при которой начинается измельчение зерна, будет определяться по формуле

$$\vartheta_{kp} = \sqrt{\frac{2m_1 g (H - t)}{m_2}}. \quad (11)$$

Скорость удара в зависимости от степени измельчения определяется [9]:

$$\vartheta_{ud} = \vartheta_{kp} \frac{(1 + 2 \cdot a_3) \cdot j - 1}{a_3 \cdot j}, \quad (12)$$

где  $j$  - заданная степень измельчения;  $a_3$  - опытный коэффициент (в опытах  $a_3=0,303$ );  $\vartheta_{kp}$  - критическая скорость, при которой начинается измельчение зерна (критическая скорость, при которой начинается измельчение гороха сорта Алтайский усатый, определено экспериментально).

Известно, что максимальная окружная скорость частицы при достижении его кожуха равна скорости лопатки, т.е.

$$\vartheta_{ud} = \omega R = \frac{2\pi R n}{60}, \quad (13)$$

где  $R$  - наружный диаметр ротора, м;  $n$  - число оборотов лопатки, мин<sup>-1</sup>.

Приравняем формулы 12 и 13:

$$\frac{2\pi R n}{60} = \vartheta_{kp} \frac{(1 + 2 \cdot a_3) \cdot j - 1}{a_3 \cdot j}. \quad (14)$$

Отсюда число оборотов лопаток:

$$n = \frac{60 \cdot \vartheta_{kp} (1 + 2 \cdot a_3) \cdot j - 1}{2\pi R a_3 \cdot j}. \quad (15)$$

Таким образом, число оборотов лопаток измельчителя должно быть не менее рассчитанного числа  $n$ .

На основании полученных результатов исследований нами была определена кинетическая энергия разрушения зерна гороха, получена зависимость остаточной деформации зерна гороха от числа ударов при разной кинетической энергии, приложенной к зерну гороха сорта «Алтайский усатый» (рис. 3).

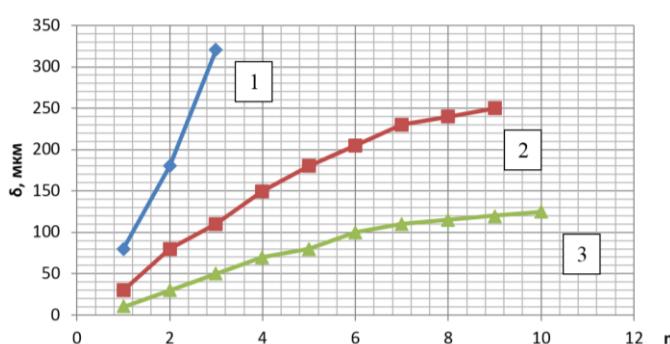


Рисунок 3 – Зависимость остаточной деформации от числа ударов (фиксация зерна бороздкой вверх): 1 –  $T_0 = 165 \cdot 10^{-4}$  Нм; 2 –  $T_0 = 132 \cdot 10^{-4}$  Нм; 3 –  $T_0 = 55 \cdot 10^{-4}$  Нм

По графику видно, что во всех случаях при кинетической энергии  $T_0 = 165 \cdot 10^{-4}$  Нм разрушение происходило после 2-3 ударов. При кинетической энергии  $T_0 = 132 \cdot 10^{-4}$  Нм (рис. 3, *кривая 2*) наблюдались также разрушения при меньшей величине деформации, но после большего количества ударов, порядка 6-7.

В дробилке ударного типа принимаем, что разрушение должно происходить за 2-3 удара, таким образом, исходным значением кинетической энергии для определения минимальной скорости разрушения зерна гороха сорта «Алтайский усатый», скорости удара дробилки и минимальной частоты оборотов диска с лопатками и других основных параметров дробилки, которые явились основой для установления минимальной частоты вращения вала дробилки, принимаем  $T_0 = 165 \cdot 10^{-4}$  Нм.

Среднее значение частоты оборотов лопаток дробилки составило 944 об/мин (расчет приведен ниже). После проведения эксперимента по частной методике мы определили критическую скорость разрушения зерна, необходимую линейную скорость и частоту оборотов диска.

По формулам, приведенным ранее, получаем среднюю критическую скорость разрушения, равную 13,9 м/с, среднюю скорость удара рабочего органа дробилки (при заданной степени измельчения =1,31), равную 36,6 м/с. Отсюда минимальное число оборотов лопаток, при котором произойдет разрушение зерна, составит  $944 \text{ мин}^{-1}$ .

Дальнейшие исследования направлены на детальное изучение зависимости свойств ударного органа дробилки от полученных параметров.

#### Список литературы

1. Логинов С.В. Зависимость молочной продуктивности коров от качества кормов // Молоч. и мяс. скотоводство. – М. - 2002. - № 7. - С. 24-25.
2. Гринец А. Производство гороха в Северном Казахстане [Электрон. ресурс]. - 2018. - <https://agrosektor.kz/agricultural-technologies/proizvodstvo-goroha-v-severnom-kazahstane.html> (28.10.2018).
3. Коваленко В.П. Механизация технологических процессов в животноводстве / В.П. Коваленко, И.М. Петренко. - Краснодар, Агропромполиграфист, 2003. - 432 с.
4. Малаев М.Д. Обоснование двухстадийного измельчения зерна // Механизация производственных процессов в животноводстве. – Науч. тр. ЧИМЭСХ. -1981. - Вып. 161. - С. 34-37.
5. Сергеев Н.С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна: Автореф. дис... докт. техн. наук / Н.С. Сергеев - Челябинск: Челябинский гос. агротехнический ун-т, 2008. - 19 с.
6. Горячkin В.П. Собрание сочинений в трёх томах. – М.: Колос, 1968. – Т. I. – 508 с
7. Багреев В.В. Определение максимального значения силы при ударе по системе с одной степенью свободы при учете местных деформаций // Вопросы прикладной механики // Тр. МИИТ. – 1964. - Вып. 193. – С. 71-82.
8. Богомолов А.В. Определение прочности зерна пшеницы при ударе и выбор кинематического режима работы нории / А.В. Богомолов, В.А. Белостоцкий, И.М. Лукьянов // Харьковский вестник – Харьков. - 2015. – Вып. 1(4). – С. 20-24.
9. Чирков С.Е. Повышение эффективности измельчения зерна при производстве комбикормов: Экспресс-информация // Комбикормовая промышленность. – М. – 1979. - Вып.5. - С. 1-10..
10. Золотарев С.В. Ударно-центробежные измельчители фуражного зерна (основы теории и расчета). – Барнаул: ГИПП «Алтай», 2001. – 200 с.
11. Шагдыров И.Б. Обоснование параметров многоступенчатой дробилки фуражного зерна: дисс. ... канд. техн. наук. - Челябинск, 1988. - 220 с.
12. Оспанов А.А. Технология измельчения пищевых материалов: Учеб. пособие / А.А. Оспанов, А.К. Тимурбекова. – Алматы: ТОО "Нур-Принт", 2011. – 118 с.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 55.39.01

**Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов**

ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург, Россия

**А.М. Балгынова, А. Мерекекызы**

Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, г. Актобе

**С.П. Василевская, Р.Н. Касимов**

ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет", г. Оренбург, Россия

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

*В настоящее время во многих районах осуществляется добыча высокопарафинистых нефейтей, при этом подразумевается сложная работа по организации рациональной эксплуатации скважин, сбор, подготовка и транспорт сырья. При остановке процесса перекачки в нефти образуются парафиновые структуры, прочность которых зависит от содержания парафиновых фракций, времени покоя нефти, условий образования парафиновых структур и других факторов. При транспорте высокопарафинистых нефейтей происходит интенсивная парафинизация трубопроводов, снижение их пропускной способности, что значительно усложняет эксплуатацию и ведет к росту трудовых и материальных затрат. Поэтому предварительное отделение парафина от сырой нефти - актуальнейшая задача при выборе методов транспортировки нефтепродуктов.*

*Қазіргі уақытта көптеген аудандарда жоғары парафинді мұнай өндіру жүзеге асырылуда, бұл ретте ұңғымаларды ұтымды пайдалануды үйімдестіру, шикізатты жинау, дайындау және тасымалдау бойынша күрделі жұмыстар жүргізледі. Айдау процесі тоқтаған кезде беріктігі парафинді фракциялардың құрамына, мұнайдың тыныштық уақытына, парафинді құрылымдардың пайда болу жағдайларына және басқа да факторларға байланысты мұнайдада парафинді құрылымдар пайда болады. Жоғары парафинді мұнай тасымалдау кезінде құбырлардың қарқынды парапинизациясы, олардың өткізу қабілетінің төмендеуі жүреді, бұл пайдалануды едәуір қынадатады және еңбек және материалдық шығындардың өсуіне алып келеді. Соңықтан парафинді шикі мұнайдан алдын ала бөлу мұнай өнімдерін тасымалдау әдістерін таңдау кезінде өзекті мәселе болып табылады.*

*At present, in many areas high-paraffin oils are being produced, this implies the complex work of organizing the rational exploitation of wells, the collection, preparation and transportation of raw materials. When stopping the pumping process in oil, paraffin structures are formed, the strength of which depends on the content of paraffin fractions, oil rest time, conditions for the formation of paraffin structures and other factors. When transporting high-paraffinic oils, intensive waxing of pipelines occurs, their capacity decreases, which greatly complicates the operation and leads to an increase in labor and material costs. Therefore, the preliminary separation of paraffin from crude oil is the most urgent task when choosing methods of transporting petroleum products.*

**Ключевые слова:** депарафинизация, высокопарафинистая нефть, парафин, углеводороды, гач, петролатум.

В период с 2006 по 2018 гг. производство нефтяного парафина в РФ сократилось на 13,2 % с 223,9 тыс. т в 2006 г. до 206,6 тыс. т в 2018 году. В 2018 году по сравнению с 2017 г. темп роста производства нефтяного парафина составил 0,05 %. В 2018 г. относительно 2016 г. наблюдалось сокращение производства нефтяного парафина на 14,4 %, с 224 тыс. т до 206 тыс. т. В 2015 году по сравнению с предыдущим годом наблюдался рост производства нефтяного парафина на 2,5 % [1, 2].

Сокращение производства связано:

- с недостаточным изучением темы депарафинизации;
- с недостаточным инвестированием проектов по депарафинизации нефти и производству парафина;

- недостаточно изученный рынок сбыта товарного продукта.

Товарный продукт по ГОСТ 23683-89 - парафин марки Т-1 (Т-2) до 110000 т/мес. и па-

рафин марки П-2 до 30000 т/мес.

В процессе разработки месторождение углеводородного сырья вступает в фазу «старения», характеризующуюся увеличением относительной доли высокомолекулярных углеводородов, наибольшую проблему из которых представляют парафины, их концентрация доходит до 25 % и выше. При таких концентрациях приходится сталкиваться с двумя главными проблемами: 1) сложность транспортировки (нефть при температуре около 35 °С затвердевает (подогрев до 60 °С, применяемый для перевода в пригодное для транспортировки состояние, весьма затратный процесс); 2) цена такой нефти падает до двух раз по сравнению с кондиционной [1, 2].

Добыча высокопарафинистой нефти подразумевает сложную работу по организации рациональной эксплуатации скважин, сбор, подготовку и транспорт сырья. При остановке процесса перекачки в нефти образуются парафиновые структуры, прочность которых зависит от содержания парафиновых фракций, времени покоя нефти, условий образования парафиновых структур и других факторов. При транспорте высокопарафинистых нефтей происходит интенсивная парафинизация трубопроводов, снижение их пропускной способности, что значительно усложняет эксплуатацию и ведет к росту трудовых и материальных затрат [1, 2].

Нефти с высоким содержанием твердых углеводородов (парафинистые нефти) характеризуются повышенными температурами застывания и вязкостью и требуют больших расходов энергии для перемещения по трубопроводным сетям и осуществления специальных мер для предупреждения накопления асфальтово-смоло-парафиновых отложений (АСПО) в различных элементах нефтепромыслового оборудования.

Наиболее серьезные проблемы возникают при работе в зимнее время с высокопарафинистыми нефтями, содержащими твердые углеводороды в количествах, превышающих допускаемые действующими стандартами (более 6,0 мас. % в нефти, поставляемой на экспорт, согласно ГОСТ 51858), и требующих для своей перекачки подогрева до температур выше точки застывания.

Одним из основных требований к нефтепродуктам является их подвижность при низких температурах. Потеря подвижности топлив и масел объясняется способностью твердых углеводородов (парафинов и церезинов) при понижении температуры кристаллизоваться из растворов нефтяных фракций, образуя структурированную систему, связывающую жидкую фазу. Для получения нефтяных масел с низкой температурой застывания в технологию их производства включен процесс депарафинизации, цель которого - удаление твердых углеводородов.

Твердые углеводороды, нежелательные в маслах и топливах, являются ценным сырьем для производства парафинов, церезинов и продуктов на их основе, находящих широкое применение.

Процесс депарафинизации является наиболее сложным, трудоемким и дорогостоящим в производстве нефтяных масел. Его эффективность и экономичность зависят, в частности, от скорости фильтрования суспензий; последняя в конечном итоге определяется структурой кристаллов твердых углеводородов, образующихся в процессе охлаждения сырья с растворителем, так как от их размеров зависят полнота и скорость отделения твердой фазы от жидкой.

Депарафинизация нефтепродуктов может осуществляться несколькими методами: кристаллизацией твердых углеводородов при охлаждении растворов сырья в избирательных растворителях, комплексообразованием с карбамидом, катализитическим превращением твердых углеводородов в низкозастывающие продукты; адсорбционным разделением сырья на высоко- и низкозастывающие компоненты; биологическим воздействием.

Наиболее широкое промышленное применение получили методы депарафинизации с использованием избирательных растворителей.

В настоящее время наиболее распространен процесс депарафинизации с использованием полярных растворителей – низкомолекулярных кетонов, в частности метилэтилкетона и ацетона, иногда применяют метилизобутилкетон или сжиженный пропан.

У большинства методов имеются свои недостатки: а именно: пониженная скорость фильтрования суспензии твердых углеводородов в растворе масла, малый индекс вязкости получаемого депарафинированного масла, высокая температура застывания, повышенное содержание масла в гаче или петролатуме. А качество депарафинированного масла как раз оценивают по данным параметрам: индексу вязкости, температуре застывания гача или петролатума – по температуре плавления и содержанию в них масла [1, 2].

Твердые углеводороды используют в медицине, пищевой, электротехнической, буровой, резиновой промышленностях, для производства пластичных смазок и других целей. Твердый парафин из нефтяного гача с содержанием масла 0,8–1 % является ценным сырьем для различных отраслей промышленности, таких как мебельное, текстильное, полиграфическое и лакокрасочное производства. Как химическое сырье парафины используют для получения высших жирных кислот и спиртов, моющих и поверхностно-активных веществ, присадок к смазочным маслам, тары, упаковке, свечей [1, 2].

В настоящее время востребованность переработки высокопарафинистых нефтей имеет актуальное значение, анализ ситуации в Республике Казахстан показал, что процент добычи высокопарафинистых нефтей приближается к 85 % [1, 2].

#### Список литературы

1. Состояние нефтегазодобычи в Казахстане и перспективы развития сотрудничества с Россией [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.ecovestnik.ru/index.php/doklady/947-sostoyanie-neftegazodobychi-v-kazakhstane-i-perspektivy-razvitiya-sotrudnichestva-s-rossieij>.
2. Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.nipiep.com>.

Получено 1.02.2019

---

МРНТИ 55.53.13

**Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов**

ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург, Россия

**А.М. Балынова, А. Мерекекызы**

Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова, г. Актобе

**С.П. Василевская, Р.Н. Касимов**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия

#### УТИЛИЗАЦИЯ ОБЕЗВОЖЕННОГО НЕФТЕШЛАМА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*В последние годы вопрос о возможности использования техногенных отходов стоит достаточно остро. Занимая огромные площади, они несут существенную экологическую нагрузку на окружающую среду. Это особенно заметно в промышленно развитых регионах. Многие из отходов нашли свое применение в различных отраслях промышленности, главным образом в строительной индустрии. К ним можно отнести шлаки горнообогатительных комбинатов, отработанные цеолиты газо-*

перерабатывающих заводов, ил водоумягчения ТЭЦ, различные отходы нефтедобычи и нефтепереработки. Оренбургским государственным университетом и научно-исследовательским и проектным институтом экологических проблем была исследована возможность применения данного вида отхода в технологии сероасфальтобетонов.

Соңғы жылдары техногендік қалдықтарды пайдалану мүмкіндігі туралы мәселе өте өткір түр. Үлкен алаңдарды ала отырып, олар қоршаган ортага елеулі экологиялық жүктеме алып келеді. Бұл әсіресе өнеркәсіп дамыған аймақтарда байқалады. Қөптеген қалдықтар өнеркәсілтің түрлі салаларында, негізінен құрылым индустриясында өз қолданылуын тапты. Оларға тау-кен байту комбинаттарының шламдарын, газ өндірек зауыттарының цеолиттерін, ЖЭО су тарту тұнбасын, мұнай өндіру мен мұнай өндірдің әртүрлі қалдықтарын жатқызуға болады. Орынбор мемлекеттік университеті мен экологиялық мәселелердің ғылыми-зерттеу және жобалау институты осы қалдық түрін күйріттіасфальттыбетондар технологиясында қолдану мүмкіндігін зерттеді.

*In recent years, the question of the possibility of using industrial waste is quite acute. Occupying huge areas, they carry a significant environmental burden on the environment. This is especially noticeable in industrialized regions. Many of the wastes have found their application in various industries, mainly in the construction industry. These include slags from ore-dressing plants, spent zeolites from gas processing plants, sludge from thermal power plants, and various waste products from oil production and refining. The Orenburg State University and the Scientific Research and Design Institute for Environmental Problems investigated the possibility of using this type of waste in the technology of sulfur-asphalt concrete.*

**Ключевые слова:** сероасфальтобетон, нефтешлам, сернобитумные вяжущие, кек, золошлаковая смесь.

В последние годы вопрос о возможности использования техногенных отходов стоит достаточно остро. Занимая огромные площади, они несут существенную экологическую нагрузку на окружающую среду. Это особенно заметно в промышленно развитых регионах. Многие из отходов нашли свое применение в различных отраслях промышленности, главным образом в строительной индустрии. Отходы теплоэнергетического комплекса – золошлаковые смеси и золы сухого отбора – успешно применяются в производстве стеновых изделий, вяжущих. Металлургические шлаки нашли свое применение в производстве различных смешанных вяжущих. Однако, несмотря на это, огромное количество побочных продуктов производств пока еще не нашли своего применения или перерабатываются в очень незначительных количествах. К ним можно отнести шлаки горнообогатительных комбинатов, отработанные цеолиты газоперерабатывающих заводов, ил водоумягчения ТЭЦ, различные отходы нефтедобычи и нефтепереработки.

При добыче и подготовке нефти неизбежно образуются нефтесодержащие отходы – шламы. До недавнего времени они попросту сжигались или же складировались в специальных земляных картах, амбара. За время их эксплуатации на очистных сооружениях среднего НГДУ скапливается до 200 тыс. т нефтешлама. Ежегодно к нему "приплюсовывается" порядка 5 тыс. т донного осадка и 60 тыс. т стойких трудноподготавливаемых эмульсий – так называемого плавающего нефтешлама.

Внедренная на одной из НГДУ ЗАО "Самаранефть" линия по переработке нефтесодержащих шламов мощностью 70 тыс. т в год практически решает проблему их дальнейшего накопления. Однако о незаконченности процесса переработки шламов говорит накопление их обезвоженного до влажности 40-45 % остатка, так называемого нефтяного кека. Складируемый на открытых площадках, он, естественно высыпываясь, размывается осадками и разносится ветром, что незамедлительно оказывается на экологической обстановке близлежащих территорий. Оренбургским государственным университетом и научно-исследовательским и проектным институтом экологических проблем была исследована возможность применения данного вида отхода в технологии сероасфальтобетонов.

Как часть сернобитумного вяжущего использовалась техническая сера Оренбургского газоперерабатывающего (ОГПЗ) завода. Её успешно применяют в химической промышленности для производства кислот, в резинотехнической и шинной промышленности. Однако

недостаточное потребление и переработка серы приводит к значительным накоплениям ее на картах ОГПЗ.

Одной из предпосылок возможности использования ее в технологии асфальтобетонов является близость рабочих температур изготовления горячего асфальтобетона и температур перехода кристаллической серы в вязко-текущее состояние. Выпуск сероасфальтобетона возможен на действующих АБЗ с незначительной их модернизацией. Технология включает в себя расплавление серы, смешение ее с модифицирующими добавками и битумом. После приготовление сернобитумной мастики осуществляется ее перемешивание с заполнителями и наполнителем. Возможен ввод наполнителя непосредственно в мастику.

Предпосылкой использования нефтяного кека в технологии сероасфальтобетонов явилось следующее. Замена части битума серой в асфальтовом вяжущем определяет его физико-механические и реологические свойства. Жидкая сера содержит три аллотропных модификации, количественное содержание которых зависит от условий нагрева и охлаждения расплава и наличия в нем различных модифицирующих добавок (пластифицирующие, стабилизирующие, воздухововлекающие, повышающие огнестойкость, биостойкость). В технологии серосодержащих материалов основная роль отводится стабилизирующему, механизм действия которых заключается в присоединении добавок к цепям полимерной модификации серы и насыщении ее валентных связей. Полимерная сера обладает большей, по сравнению с другими аллотропными модификациями, эластичностью, прочностью, стойкостью к органическим растворителям, лучшей адгезией к заполнителям, малыми внутренними напряжениями [1, 2].

Стабилизирующими добавками служат органические и неорганические материалы, вводимые в состав расплава серы от 0,1 до 5 %. Однако практически все добавки являются достаточно дорогостоящими и труднодоступными. Стабилизирующий эффект при приготовлении вяжущего, на наш взгляд, может оказывать присутствие в расплаве серы нефтяного кека.

Органическая часть кека представлена карбенами, карбоидами, маслами, смолами. Присутствие парафина незначительно. Отмытая в спиртобензольной смеси минеральная составляющая - это в основном оксид кальция и кремния. Содержание  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  находится в пределах 8 %. Модификация серы происходит за счет присоединения химически активных групп как органической части кека, так и самого битума к свободным связям полимерной модификации серы и стабилизации ее в этом состоянии.

В связи с отсутствием нормативно технической документации на сероасфальтобетоны авторами на основе ГОСТ 9128 были разработаны и утверждены ТУ 5718-001-02069024-2002. Смеси сероасфальтобетонные дорожные и сероасфальтобетон [1, 2].

Проектируемый состав сероасфальтобетона: плотный, тип Б, марки II, применительно для II-III климатический зон. Проектируемая сероасфальтобетонная смесь: щебеночная, горячая, мелкозернистая (крупность заполнителя не более 10 мм).

К нормируемым физико-механическим свойствам относятся: предел прочности при сжатии при температуре 50, 20 и 0 °C, водостойкость, водостойкость при длительном водонасыщении, водонасыщение.

Сырьевые материалы при подборе состава и исследовании свойств сероасфальтобетона: крупный заполнитель – Крутогоринский щебень фракцией 5-10 мм, мелкий заполнитель – природный песок Самородовского месторождения и отсев дробления Крутогоринского щебня, наполнитель – отсев золошлаковой смеси Оренбургской ТЭЦ, молотый Аккермановский известняк, в качестве вяжущих веществ – техническая сера Оренбургского газоперерабатывающего завода и нефтяной битум БНД 130/200. Сырьевые материалы

были проверены на соответствие требованиям нормативных документов [1, 2].

Одним из важных факторов, обеспечивающих требуемое качество сероасфальтобетонов, является зерновой состав его минеральной части. Последний должен придать оптимальную плотность, а при необходимости – повышенную шероховатость. Когда имеются соответствующие материалы (главным образом, крупный и средний песок или отсевы дробления), минеральную часть сероасфальтобетона рекомендуется подбирать по принципу непрерывной гранулометрии, что и было сделано в наших исследованиях.

Подбор состава производился в несколько этапов методом математического планирования. Использовались двухфакторные насыщенные планы эксперимента. На первом этапе был определен интервал варьирования серы в сернобитумном вяжущем без кека. После оценки графической зависимости прочности сероасфальтобетона от содержания серы был сделан вывод, что ввод серы более 40 % приводит к инверсии структуры сернобитумного вяжущего и, как следствие, увеличение его хрупкости. Для дальнейших определений состава были выбраны интервалы варьирования: серы 25-40 %, кека 30-70 %. Отформованные серии сероасфальтобетона были испытаны согласно ГОСТ 12801. Испытания показали, что при вводе в состав мастики серы и кека прочность образцов возрастает на 15 %, водостойкость в некоторых сериях увеличивается с 0,86 до 0,92. Однако водонасыщение сероасфальтобетона и асфальтобетона контрольной серии не удовлетворяет требованиям технических условий [1, 2].

Для уменьшения водонасыщения сероасфальтобетона на следующем этапе были снижены интервалы варьирования серы и кека в вяжущем, введен в качестве наполнителя тонкомолотый известняк и увеличено содержание мастики в бетоне. Так как были изменены интервалы варьирования, то был произведен расчет плотности сернобитумной мастики с кеком согласно точкам нового плана эксперимента. Рассчитанный состав минеральной части сероасфальтобетона: щебень 46,74 %, отсев дробления 39 %, песок речной 6,27 %, молотый известняк 6,96 %. Принятое количество битума в контрольных образцах асфальтобетона – 5,5 % [1, 2].

Некоторые серии сероасфальтобетона, отформованные согласно новому плану, имели допустимые нормами значения водонасыщения, водостойкости. Это сделало возможным получить уравнения регрессии и построить изолинии водонасыщения, водостойкости и прочности сероасфальтобетона для определения его оптимального состава.

Завершающей стадией исследований было изготовление образцов оптимального состава и испытание их на физико-механические свойства, которые представлены в таблице.

*Характеристики разработанного состава сероасфальтобетона [1, 2]*

Наименование показателя	Нормативное значение	Значение для разработанного состава
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °C, МПа, не менее	2,5	3,96
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °C, МПа, не менее	4,2	6,6
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °C, МПа, не более	12,0	11,1
Водостойкость, не менее	0,85	0,91
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,8	0,83
Водонасыщение, процент по объему	1,5 - 4	3,4

По представленным данным можно сделать вывод, что, используя в качестве добавки к сернобитумному вяжущему нефтяной кек, возможен выпуск проектного состава серо-асфальтобетона. Запуск такой технологии требует капитальных вложений на изготовление и модернизацию технологического оборудования. К такому оборудованию прежде всего относится линия подготовки кека, смесительное оборудование, дополнительные системы аспирации и газоочистки. Для сокращения капитальных затрат производство серо-асфальтобетонной смеси желательно территориально привязать к действующему асфальтобетонному заводу и линии по обезвоживанию шлама. В этом случае потребность в инвестициях будет невелика. При правильной организации труда, соблюдении технологического процесса и правил техники безопасности производство сероасфальтобетона с применением в качестве добавки нефтяного кека решает проблему накопления этого отхода на территориях нефтедобывающих установок и дает возможность получения более дешевого и долговечного по сравнению с традиционным асфальтобетоном материала.

#### Список литературы

1. Горбик Г.О. Модифицированный сероасфальтобетон / Г.О. Горбик, В.Н. Рубцова, Е.В. Левин // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2004. - № 7. - С. 43-47.
2. Горбик Г.О. Утилизация обезвоженного нефтешлама в дорожных покрытиях / Г.О. Горбик, В.Н. Рубцова, Е.В. Левин // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биологии». - Оренбург, 2003. - С. 405-409.

Получено 1.02.2019

УДК 622.411.332 (574.31)

**Ж.Г. Левицкий, А.Д. Нургалиева, Н.Н. Акимбекова, Г.С. Саттарова,  
М.Ж. Кakenова**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

#### УПРАВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЯГИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*По результатам исследований установлено, что величина изменения естественной тяги зависит от температурных параметров поступающей и исходящей струй. Влияние же атмосферного давления на величину депрессии естественной тяги несущественное.*

*Зерттеу нәтижелері бойынша табиги тартымның өзгеру шамасы келіп түсетең және шығатын ағынның температуралық параметрлеріне байланысты екені анықталды. Атмосфералық қысымның табиги тартымның депрессиясының келеміне әсері маңызды емес.*

*According to the research results was discovered that the magnitude of the change in natural thrust depends on the temperature parameters of the incoming and outgoing stream. The effect of atmospheric pressure to the depression magnitude of natural thrust is insignificant.*

**Ключевые слова:** естественная тяга, вентилятор местного проветривания, отрицательная температура.

Перемещение воздушных потоков, обусловленное природными факторами, в условиях экстремального изменения температурных параметров атмосферного воздуха, как правило, приводит к негативным последствиям в организации проветривания подземных выработок на рудниках, имеющих выходы через штоллии в бортах карьеров. В зависимости от способа вентиляции действие естественной тяги может быть различным. Например, в зимний период при отрицательных температурах и всасывающем способе проветривания

естественная тяга будет увеличивать количество поступающего воздуха в рудник, что в конечном итоге приводит к переохлаждению и обмерзанию выработок и к возможному разрушению гидравлических систем.

При нагнетательном способе подачи воздуха естественная тяга будет препятствовать работе главных вентиляторов, уменьшая количество поступающего воздуха в систему подземных выработок. В летний период при высоких положительных температурах воздуха, поступающего в рудник, картина обратная.

В зимний период на пути поступления холодного воздуха предусматривается установка калориферов. Наряду с положительным эффектом, когда воздух с отрицательной температурой прогревается до требуемых по правилам безопасности норм, наблюдается отрицательный эффект. Любое повышение температуры исходящего из рудника потока воздуха автоматически усиливает действие естественной тяги. Увеличивается поступление холодных воздушных масс в систему подземных выработок. Это необходимо учитывать при выборе калориферов, а в условиях очень низких экстремальных температурных изменений наружного воздуха предусматривать частичное или полное блокирование естественной тяги с целью уменьшения отрицательных последствий [1].

Предупреждение или ограничение негативного влияния естественной тяги может быть обеспечено устройством воздушных завес или установкой и работой вентилятора местного проветривания (ВМП). Последний вариант предпочтительнее, поскольку полное или частичное ограничение действия естественной тяги в экстремальных условиях может осуществляться на основе встречного взаимодействия потока воздуха в выработке с потоком вытекающей из вентилятора воздушной струи.

Величина депрессии естественной тяги  $h_e$  определяется как разность сопоставимых весов столбов воздуха в поступающей и исходящей струях. Особенности проветривания рудников, отрабатывающих месторождения в приконтурных зонах карьеров, приводят к тому, что проявление естественной тяги в основном зависит от атмосферного воздушного столба, условно проведенного от уровня воздухоподающей штольни до уровня воздухоиздевающего вентиляционного канала. Отсюда следует, что величина и направление действия естественной тяги зависит от температуры наружного воздуха. На рис. 1 представлена принципиальная схема организации проветривания рудника по всасывающему способу подачи воздуха в подземные выработки.

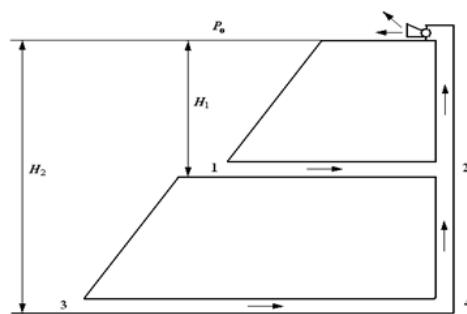


Рисунок 1 – Принципиальная схема к оценке влияния естественной тяги

Действие естественной тяги для рассматриваемого варианта будет проявляться как на первом, так и на втором горизонтах. Однако ее влияние в силу разности высотных отметок будет различным. Так, например, для горизонта 1-2 депрессия естественной тяги определяется как разность давлений в точках 1 и 2, т.е.  $h_e = P_1 - P_2$ . Соответственно, для

горизонта 3-4 будем иметь  $h_e = P_3 - P_4$ .

Для расчета депрессии естественной тяги, основанной на разности равновеликих по высоте весов столбов воздуха в поступающей и исходящей струях, воспользуемся формулой (1), в основу вывода которой положен изохорический процесс [2]:

$$h_e = g (\rho_n - \rho_u) H, \quad (1)$$

где  $h_e$  – депрессия естественной тяги, Па;  $g$  – земное ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $\rho_n$  и  $\rho_u$  – плотность воздуха в поступающей и исходящей струях, кг /м<sup>3</sup>;  $H$  – высота сопоставимых столбов воздуха с поступающими и исходящими струями, м.

Для блокирования или уменьшения отрицательного влияния естественной тяги в экстремальных условиях зимнего периода предлагается использовать ВМП, устанавливаемые в штолле без перемычки и работающие по принципу встречного взаимодействия вентиляционных потоков (рис. 2).

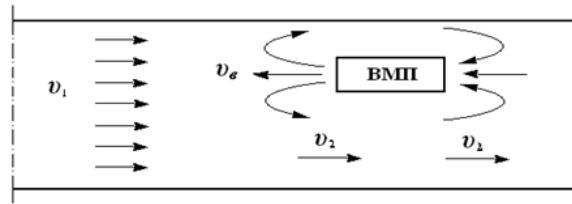


Рисунок 2 – Расчетная схема к оценке влияния ВМП на ограничение естественной тяги

Величина динамического давления, развиваемого ВМП при встречном взаимодействии потоков воздуха, определяется зависимостью вида (2):

$$h_e = \lambda \frac{\rho}{2} \left[ \pm 2v_e^2 \frac{S_e}{S} - (1,06 - 94\alpha)(v_1^2 - v_2^2) \right], \quad (2)$$

где  $h_e$  – депрессия, создаваемая в выработке активным потоком воздуха на входе и выходе из вентилятора (знак «+» следует брать при спутном взаимодействии потоков воздуха, знак «-» для встречных потоков), Па;  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий влияние всасывающего отверстия вентилятора. При спутном взаимодействии потоков воздуха  $\lambda = 1,2$ ; при встречном –  $\lambda = 1$ ;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $v_e$  – средняя скорость потока воздуха на выходе из вентилятора, м/с;  $S_e$  – сечение входного или выходного отверстия вентилятора, м<sup>2</sup>;  $S$  – сечение выработки в месте установки вентилятора, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления, Па·с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;  $v_1$  – средняя скорость потока воздуха в выработке до вентилятора, м/с;  $v_2$  – средняя скорость потока воздуха на участке с вентилятором, м/с.

Т.к. скорость потока на выходе из вентилятора  $v_e \gg v_1$  и  $v_e \gg v_2$ , то формулу (2) можно упростить и к дальнейшему анализу принять, что

$$h_e = \rho_n \frac{S_e}{S} v_e^2. \quad (3)$$

Имея в виду, что  $S_e = \frac{\pi d_e^2}{4}$ , после подстановки формула (3) примет вид:

$$h_e = 0,785 \rho_n \frac{d_e^2}{S} v_e^2, \quad (4)$$

где  $d_e$  - диаметр выходного сечения вентилятора, м.

Средняя по высоте плотность воздуха для каждого столба находится из выражения:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \dots + \rho_n}{N}, \quad (5)$$

где  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$  – плотность воздуха в соответствующих точках замера,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $N$  – число точек замера.

В каждой точке плотность воздуха вычисляется по формуле:

$$\rho_i = 0,00347 \frac{P_i}{273 + t_i}, \quad (6)$$

где  $P_i$  – атмосферное давление в  $i$ -й точке, Па;  $t_i$  – температура воздуха в  $i$ -й точке,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для нейтрализации отрицательного влияния естественной тяги или управления ее величиной необходимо, чтобы величина динамического давления, создаваемого ВМП, соответствовала величине естественной тяги, т.е.:

$$h_b - h_e = 0. \quad (7)$$

Для условий изохорического процесса уравнение энергетического баланса (7) с учетом (1) и (4) примет вид:

$$0,785 n \rho_n \frac{d_e^2}{S} v_e^2 = g (\rho_n - \rho_u) H, \quad (8)$$

где  $n$  – количество одновременно задействованных вентиляторов по уменьшению влияния естественной тяги.

Из (8) находим необходимую скорость воздушного потока на выходе из вентилятора при заданном его диаметре:

$$v_e = \sqrt{\frac{g (\rho_n - \rho_u) H S}{0,785 n \rho_n d_e^2}}. \quad (9)$$

Соответственно, при заданной скорости требуемый диаметр выходного отверстия находится по формуле:

$$d_e = \sqrt{\frac{g (\rho_n - \rho_u) H S}{0,785 n \rho_n v_e^2}}. \quad (10)$$

Последние определяются, если расчетная скорость на выходе из вентилятора превышает возможности принятого к установке ВМП. В этом случае для достижения положительного эффекта следует устанавливать на параллельную работу несколько вентиляторов. При фиксированных значениях диаметра выходного сечения вентилятора  $d_e$  и скорости воздушного потока  $v_e$  требуемое число вентиляторов  $n$  может быть найдено из условия (8):

$$n = \frac{g (\rho_n - \rho_u) H S}{0,785 \rho_n d_e^2 v_e^2}. \quad (11)$$

При наличии исходных данных определение необходимых параметров для выбора вентилятора можно осуществлять по любым из приведенных выше зависимостей. При этом следует иметь в виду, что наиболее эффективным средством уменьшения негативного воздействия естественной тяги на вентиляционную сеть является скорость истечения потока воздуха на выходе из вентилятора при встречном взаимодействии с основным потоком воздуха, поступающим в рудник.

Оценивая результаты расчетов на основе полученных зависимостей, следует отметить, что с увеличением температуры исходящей струи увеличивается депрессия естественной тяги. Как показал анализ, величина изменения естественной тяги зависит от температурных параметров поступающей и исходящей струй. Например, для горизонта при перепаде

высоты в 50 м и изменении температуры наружного атмосферного воздуха в диапазоне от -25 до  $-45^{\circ}\text{C}$  и исходящей из рудника струи в диапазоне от 5 до  $10^{\circ}\text{C}$  естественная тяга изменяется от 74 до 145 Па. Что касается атмосферного давления, то влияние его на величину депрессии естественной тяги несущественное.

В экстремальных условиях рост депрессии естественной тяги при всасывающем способе проветривания будет способствовать дополнительному притоку низкотемпературного воздуха в систему подземных выработок, что может оказаться негативно на организацию ведения технологического процесса. Для этих условий предлагается с целью блокирования или уменьшения негативного влияния естественной тяги на проветривание рудника устанавливать в местах поступления холодных воздушных масс малогабаритные вентиляторы, работающие по схеме встречного взаимодействия струй.

## Список литературы

1. Левицкий Ж.Г. Управление вентиляционными потоками / Ж.Г. Левицкий, А.Д. Нургалиева. – Караганда: КарагТУ, 2017. – 176 с.
2. Левицкий Ж.Г. Шахтные вентиляционные сети. - Караганда: КарагТУ, 2012. – 209 с.

Получено 1.02.2019

УДК 629.331

А.Х. Машекенова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

## ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ АВТОМОБИЛЕЙ

Данная статья посвящена вопросам экспертной оценки системы управления производственной надежностью автомобилей. Для экспертного ранжирования используется метод анонимного анкетирования. Результаты оценок компетентности экспертов показали, что наибольшую значимость для надежности автомобилей имеют сборка автомобилей, менеджмент, анализ и непрерывное улучшение стандартов менеджмента качества.

Бұл мақала автомобилдердің өндірістік сенімділігін басқару жүйесінің сараптамалық бағалау мәселелеріне арналған. Сараптамалық бағалау үшін анонимді сауалнама әдісі қолданылады. Сарапшылардың біліктілік бағалауларының нәтижелері, автомобилдердің сенімділігі үшін ең маңыздысы автомобилді құрастыру, менеджмент, менеджмент сапасының стандарттарын үздіксіз жақсарту мен талдау болып табылатының көрсетті.

The present article describes the issues about expert evaluation of control system of automobiles industrial reliability. The method of anonymous questioning is used for expert ranging. The greatest key performance indicators of automobiles reliability is the automobiles assembling, management, analysis and permanent improvement of management quality standards. This fact was revealed from expert's competence estimation.

**Ключевые слова:** автомобиль, менеджмент, надежность, процесс, система управления, экспертная оценка

Известно, что одним из важнейших эксплуатационных показателей качества автомобиля является его надежность. При этом уровень качества автомобиля должен закладываться на этапах проектирования и производства и поддерживаться в процессе эксплуатации, т.е. на всех этапах жизненного цикла.

На любой стадии надежность автомобиля обеспечивается комплексом мероприятий и оформляется планом. Планы работ по обеспечению надежности могут иметь различную форму и степень детализации. При составлении планов обычно необходимо охватить в основном этапы, которые проходит автомобиль: подготовку исходных данных и формирование технического предложения, проектирование и создание опытных образцов, производство, организацию подконтрольной эксплуатации; анализ и оценку данных в интересах обеспечения надежности; испытания на надежность. Кроме того, обязательно должны учитываться обратные связи. Один из многих возможных вариантов для стадии проектирования в упрощенном виде представлен на рисунке.

Наиболее часто предприятия самостоятельно разрабатывают схемы комплексного обеспечения надежности изделия применительно к своим условиям. При этом, как правило, могут быть реализованы детализированные и разветвленные схемы, поскольку обеспечение надежности предполагает обеспечение качества продукции, которое реализуется структурными подразделениями предприятия [1].

Эксплуатационное качество в целом и надежности в частности зависит от множества системно взаимосвязанных факторов. Известная системная модель, а именно «автомобиль-водитель-дорога-среда» [1], в современных условиях не учитывает дополнительных требований к автомобилю, его конкурентоспособности в сравнении с множеством типов и марок подобной продукции, которая представлена на рынке. В этой связи возникает необходимость более расширенного применения и реализации на практике системного подхода.

Во-первых, широкое внедрение стандарта качества коренным образом меняет структурные представления о системе и предлагает рассматривать систему как совокупность бизнес-процессов, т.е. в динамике.

Во-вторых, в настоящее время во многих сферах довольно продуктивно эксплуатируется методология горизонтальной и вертикальной интеграции. Горизонтальная интеграция предполагает развитие бизнес-процессов в сторону однородных технологий. Вертикальная интеграция предусматривает появление в системе новых до этого несвойственных ей бизнес-процессов. В данном случае одним из вариантов вертикальной интеграции может рассматриваться процесс обучения водителей на производимых заводом марках автомобилей, что реально повысит эффективность рекламной деятельности предприятия, и создание сети станций технического обслуживания собственной продукции, что уже широко практикуется во всем мире. Качественное обучение водителей в специально созданных заводом привлекательных условиях на новой технике непременно в дальнейшем позволит повысить эксплуатационную надежность производимых и реализуемых типов автомобилей [2].

Одним из первых этапов проектирования и внедрения системы менеджмента качества является разработка структурно-функциональной модели бизнес-процессов предприятия в IDEF-методологии [3]. Выявление, ранжирование по степени важности совокупности бизнес-процессов рекомендуется осуществлять на основе метода экспертных оценок [4].

Экспертное ранжирование в предлагаемом варианте основано на использовании метода анонимного анкетирования. Данный метод предполагает анкетирование экспертов с целью бальной оценки конкурирующих вариантов и анкетирование на предмет взаимной оценки компетентности экспертов. Поэтому после того, как будет сформирована группа управления экспертизой и выбран персональный состав группы экспертов, для анонимного опроса экспертов должны быть подготовлены две соответствующие анкеты. В первой анкете описывается то, что подлежит ранжированию, т.е. бизнес-процессы исследуемого предприятия. Во второй анкете предлагается формат взаимной оценки компетентности каждого эксперта.



## Рисунок - Вариант качественной модели обеспечения надежности изделия на стадии проектирования

Вектор горизонтальной интеграции производства автомобилей содержит десять основных бизнес-процессов: исследование рынка (маркетинг), заключение контракта (договора), подготовка производства, закупки, сборка автомобилей, испытания и контроль, хранение и сбыт, управление устройствами мониторинга и измерений, управление персоналом, менеджмент, анализ и непрерывное улучшение СМК.

Экспертам предлагалось определить значимость каждого из процессов в порядке убывания. Далее процессы именовались вариантами:

- *B1* – «Исследование рынка (маркетинг)»;
- *B2* – «Заключение контракта (договора)»;

- *B3* – «Подготовка производства»;
- *B4* – «Закупки»;
- *B5* – «Сборка автомобилей»;
- *B6* – «Испытания и контроль»;
- *B7* – «Хранение и сбыт»;
- *B8* – «Управление устройствами мониторинга и измерений»;
- *B9* – «Управление персоналом»;
- *B10* – «Менеджмент, анализ и непрерывное улучшение СМК».

Результаты анкетирования внесены в табл. 1.

Таблица 1  
*Результаты анкетирования*

Номер эксперта	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>B4</i>	<i>B5</i>	<i>B6</i>	<i>B7</i>	<i>B8</i>	<i>B9</i>	<i>B10</i>
Эксперт 1	60	43	75	20	100	80	10	35	55	90
Эксперт 2	70	30	10	87	80	45	55	65	15	96
Эксперт 3	20	65	80	43	50	23	60	45	15	30
Эксперт 4	50	20	60	25	95	70	15	40	85	80
Эксперт 5	17	34	28	70	30	10	85	74	69	21
Эксперт 6	15	60	70	30	100	55	20	76	65	90

Результаты взаимооценки компетентности экспертов по десятибалльной шкале также сведены в отдельную таблицу.

На первом этапе обработки результатов экспертизы осуществляется перевод абсолютных балльных оценок в ранговые оценки. При этом максимальному баллу в строке присваивается первый ранг, второму по величине баллу присваивается второй ранг и так далее.

Далее осуществляется проверка на совпадение мнений экспертов. Для этой цели используется ранговый коэффициент корреляции Спирмена, который вычисляет степень связи между ранговыми оценками двух экспертов. Необходимо вычислить коэффициент корреляции Спирмена между всеми экспертами, участвующими в анкетировании:

$$\rho_{1,2}, \rho_{1,3}, \rho_{1,4}, \rho_{1,5}, \rho_{1,6}, \rho_{2,3}, \rho_{2,4}, \rho_{2,5}, \rho_{2,6}, \rho_{3,4}, \rho_{3,5}, \rho_{3,6}, \rho_{4,5}, \rho_{4,6}, \rho_{5,6}.$$

Коэффициент корреляции лежит в пределах от -1 до 1. Если  $\rho=1$ , то связь полная, функциональная. Если  $\rho=0$ , то связь полностью отсутствует.

Если  $\rho$  от -0,1 до -1, то мнения экспертов противоположны.

Например, коэффициент корреляции между первым и вторым экспертом будет:

$$\rho_{1,2} = 1 - \frac{6 * [(5-4)^2 + (7-8)^2 + (4-10)^2 + (9-2)^2 + (1-3)^2 + (3-7)^2 + (10-6)^2 + (8-5)^2 + (6-9)^2 + (2-1)^2]}{10^3 - 10} \approx 0,1;$$

Вычислив все пары коэффициентов корреляции, их необходимо свести в единую корреляционную матрицу, которая имеет следующий вид (табл. 2).

Таблица 2  
*Корреляционная матрица*

Номер эксперта	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Эксперт 1	1	0,1	-0,2	0,8	-0,8	0,6
Эксперт 2	0,1	1	-0,3	0,08	-0,03	0,1
Эксперт 3	-0,2	-0,3	1	-0,4	0,3	0,2
Эксперт 4	0,8	0,08	-0,4	1	-0,5	0,6
Эксперт 5	-0,8	-0,03	0,3	-0,5	1	-0,04
Эксперт 6	0,6	0,1	0,2	0,6	-0,04	1

Эта матрица симметрична относительно главной диагонали. Результаты корреляционного анализа показывают вполне удовлетворительное совпадение мнений экспертов.

Используя результаты второй анкеты, вычисляются коэффициенты компетентности экспертов, которые находят по формуле

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^m K_i * X_i}{\sum_i^m K_i} , \quad (1)$$

где:  $K_i$  – коэффициент компетентности эксперта;  $X_i$  – сумма оценок эксперта;  $m$  – количество экспертов.

Так, коэффициент компетентности первого эксперта:

$$K_1 = \frac{100 + 50 + 80 + 90 + 99 + 10}{6} = 71,5 .$$

Результаты оценок коэффициентов компетентности приведены в табл. 3.

Таблица 3  
*Взаимная оценка компетентности экспертов*

Номер эксперта	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Эксперт 1	100	43	58	85	99	25
Эксперт 2	50	100	65	10	45	55
Эксперт 3	80	90	100	40	60	90
Эксперт 4	90	85	95	100	20	40
Эксперт 5	99	70	60	55	100	90
Эксперт 6	10	40	90	22	45	100
$K_i$	71,5	71,33	78	52	61,5	66,67

Далее, используя формулу (1), находят коллективную оценку в баллах каждого из вариантов с учетом компетентности экспертов. Затем каждому варианту присваивается соответствующий ему ранг. В данной задаче вариант под номером 5 имеет самый высокий бал, следовательно, он получает ранг 1, десятый вариант получает ранг 2, восьмой вариант получает ранг 3 и так далее.

Для реализации проектов внедрения системы менеджмента качества в современных условиях производства считается необходимым исследование динамики производства на базе структурно-функционального моделирования. Разработка структурно-функциональных моделей наиболее эффективно решается на базе IDEF-методологии, которая рассматривает деловую деятельность как систему бизнес-процессов, декомпозированную до необходимого системного уровня [5].

В современных условиях поиска вариантов снижения себестоимости продукции становится экономически обоснованным проект производства доступных по цене моделей автомобилей с полномасштабным циклом производства на территории Республики Казахстан.

#### Список литературы

1. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
2. O' Connor P.D.T., Kleyn A. (2012) Practical Reliability Engineering. – Chichester, Wiley, 2012. – 512 р. – ISBN: 978-0470979815
3. Вендрев А.М. Проектирование программного обеспечения. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.
4. Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. – М.: Знание, 2005. – 164 с.
5. Бекенов Т.Н. Система управления качеством бизнес-процессов производства и эксплуатации сложных технических систем / Т.Н. Бекенов, В.А. Корнев, А.Х. Машекенова. – Усть-Каменогорск: Изд-во «Шығыс аппарат», 2010. – 204 с.

Получено 1.02.2019

---

УДК 621.785.5

**А.В. Московец**

ООО «НИП ТЕХНОЛОГИЯ», г. Оренбург, Россия

**Р.Ф. Сагитов**

ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург, Россия

**А.М. Балгынова, А. Мерекекызы**

Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова, г. Актобе

**С.П. Василевская, Е.В. Волошин**

ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет", г. Оренбург, Россия

#### ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМА МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА

*В статье рассматривается технология получения газа, бензиновой и дизельной фракции, тяжелого газойля из нефтешлама методом низкотемпературного пиролиза. Представлены физико-химические свойства бензиновой фракции, тяжелого газойля, основные показатели дизельной фракции, полученной с установки УППН-1,6-2,5-У1.*

*Мақалада газды, бензинді және дизельді фракцияларды, ауыр газойльды мұнай шламдарынан тәмен температуралы пиролиз әдісімен алу технологиясы қарастырылған. УППН-1,6-2,5-У1 қондырығысы арқылы алынған бензин фракциясының, ауыр газойльдың физикалық-химиялық қасиеттері және дизельді фракцияның негізгі көрсеткіштері көлтірілген.*

*The article is devoted to topical issues of obtaining from oil sludge and oil-contaminated soils formed at the enterprises of oil refining and oil production of gas, gasoline and diesel fraction, heavy gas oil, etc. The article deals with the technology of producing gas, gasoline and diesel fractions, heavy gas oil from oil*

*sludge by low-temperature pyrolysis. The physical and chemical properties of the gasoline fraction, heavy gas oil, the main indicators of the diesel fraction obtained from the installation of UPPN -1,6-2,5-U1 are presented.*

**Ключевые слова:** нефтешлам, пиролиз, термопара, топливо, емкость, зола пиролиза.

В ООО «НИП Технология» с 2009 года организован сбор, доставка и переработка большинства нефтешламов и нефтезагрязненных грунтов, образующихся на предприятиях нефтепереработки и нефедобычи Оренбургской области. Схема переработки нефтешлама методом низкотемпературного пиролиза представлена на рисунке.

Нефтешлам загружается в пиролизную камеру передвижной установки переработки нефтешлама УППН -1,6-2,5-У1(1), где нагревается с помощью горелки на жидкое топливо. Нефтешлам при помощи шнека перемешивается и продвигается в пиролизной камере, постепенно нагреваясь до 580 °C, температура контролируется автоматически с помощью термопары с выводом результатов на пульт. Циклическое вращение шнека также производится в автоматическом режиме. Процесс пиролиза продолжается в зависимости от состава нефтешлама до 5-6 часов. Выгрузка золы пиролиза в накопительную емкость осуществляется через нижний шибер.

С верха камеры пиролиза жидкие и газообразные продукты пиролиза поступают в котел утилизатор, куда подается техническая вода, которая превращается в острый водяной пар с температурой 280-300 °C. Охлажденные продукты пиролиза с температурой 350 °C поступают в ректификационную колонну (3). Верхний продукт колонны через теплообменник (4) направляется в сепаратор (5), где из него выделяют газы C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> и бензиновая фракция; часть бензиновой фракции (Фр.НК-185 °C) возвращается в (3) как орошение, а балансовая часть выводится с установки. В боковой отпарной колонне (6) выделяется дизельная фракция (фр.185-350 °C). Для отпарки легких углеводородов вниз колонны (3) и (6) подается водяной пар. Нижний продукт ректификационной колонны - тяжелый газойль (фр.350-450 °C).

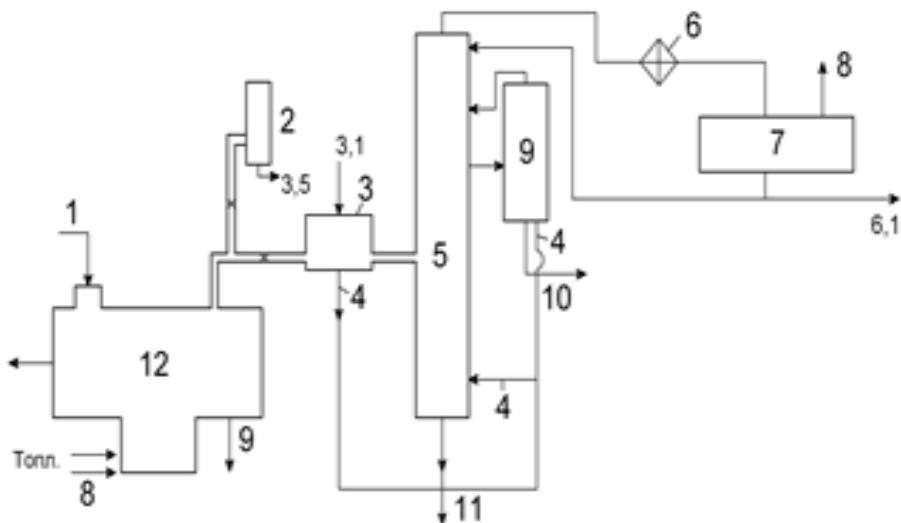


Рисунок - Схема переработки нефтешлама методом низкотемпературного пиролиза

Материальный баланс УППН -1,6-2,5-У1 представлен в табл. 1.

Таблица 1

*Материальный баланс УППН -1,6-2,5-У1*

Сырьё и продукты	% от массы на сырьё	Производительность за одну загрузку, кг
Взято:		
1) Нефешлама	100,0	800
Получено:		
1. Газы	3,6	28,8
2. Бензиновая фракция	13,7	109,6
3. Дизельная фракция	21,0	168,0
4. Тяжелый газоиль	16	128,0
5. Зола пиролиза	45	360,0
6. Потери	0,7	5,6
Итого:	100	800

Потерянные на установке газы С<sub>1</sub>-С<sub>4</sub> отводятся через патрубок в камеру сгорания (2) и сжигаются, увеличивая тепловую энергию в топочной камере.

Бензиновая фракция представляет собой прозрачную жидкость с резким запахом из-за наличия в ней большого количества непредельных углеводородов (табл. 2):

Таблица 2  
*Физико-химические свойства бензиновой фракции установки УППН-1,6-2,5-У1*

№ п/п	Показатели	Норма на А-80 по ГОСТ 51866-202	Результаты испытаний
1	Октановое число по исследовательскому методу	80,0	82,4
2	Плотность при температуре 15 °С, кг/куб.м	720-775	745
3	Концентрация фактических смол, мг/100мл	Не более 5	4,7
4	Устойчивость к окислению, мин	Не менее 360	330
5	Содержание общей серы, мг/кг	10-500	180
6	Объемная доля углеводородов; % от масс.: Олеиновых Ароматических	Не более 18 Не более 42	32,4 37,2
7	Внешний вид (визуальная проверка)	Прозрачный и чистый	Прозрачный и чистый

Как видно из табл. 2, по основным показателям бензиновая фракция соответствует нормам к А-80 без какой-либо дополнительной переработки. Более низкая устойчивость к окислению обусловлена повышенной концентрацией непредельных углеводородов. При хранении данной фракции более 2 месяцев из-за полимеризации непредельных углеводородов внешний вид становится желтым. Таким образом, полученная на установке УППН -1,6-2,5-У1 бензиновая фракция пригодна для использования в качестве компонента автобензинов марок А-80 и А-92.

В табл. 3 представлены основные характеристики дизельной фракции, которая составляет основную долю жидких углеводородов установки.

**Таблица 3**  
**Основные показатели дизельной фракции установки УППН-1,6-2,5-У1**

№ п/п	Показатели	Норма по вид 1 ГОСТ Р 52368 сорт F	Результаты ис- пытаний
1	Цетановое число	Не менее 51,0	44,6
2	Дизельный индекс	Не менее 46,0	41,2
3	Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	820-845	843
4	Содержание общей серы, мг/кг	350	250
5	Содержание воды, мг/кг	Не более 200	145
6	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	Выше 55	61
7	Фракционный состав, перегоняется 95 % при температуре, °С	Не выше 360	343
8	Смазывающая способность, мкм	Не более 460	440

Требуемые нормы к основным показателям котельного топлива и результаты исследования тяжелого газоilyя, полученного в процессе низкотемпературного пиролиза, представлены в табл. 4, из которой видно, что дизельная фракция имеет низкие цетановое число и дизельный индекс, а по остальным показателям соответствует дизельному топливу (вид 1, сорт F) и вполне может быть использована в качестве компонента топлив для дизельных двигателей. В случае необходимости на установке УППН-1,6-2,5-У1 возможно потребление на жидкостной горелке дизельной фракции, полученной на данной установки. Кроме того, электроэнергия, потребность которой на одну загрузку составляет всего 13 кВт, возможно вырабатывать в полевых условиях на передвижной электроподстанции, работающей на полученной бензиновой фракции.

**Таблица 4**  
**Физико-химические характеристики тяжелого газоilyя установки УППН-1,6-2,5-У1**

№ п/п	Основные показатели качества	Котельное топливо М-100 ГОСТ 10585-99	Результаты испытаний
1	Вязкость при 80 °С Условная, град. ВУ Кинематическая, сСт	Не более 16,0 Не более 118,0	10,2 92,4
2	Зольность, % масс	Не более 0,14	0,09
3	Содержание общей серы, % масс	Не более 2,0	1,25
4	Массовая доля мех. примесей, % масс	Не более 1,0	0,07
5	Массовая доля воды, %	Не более 1,0	0,08
6	Температура вспышки в открытом тигле, °С	Не ниже 110	104
7	Теплота сгорания (низшая) кДж/кг	Не ниже 40530	40300

Как видно из табл. 4, основные показатели качества тяжелого газоilyя, полученного после переработки нефтешлама, соответствуют котельному топливу марки М-100.

В настоящее время в ООО НИП «Технология» находятся на эксплуатации 3 малогабаритные установки УППН-1,6-2,5-У1, и годовая производительность по бензиновой, дизельной фракциям и котельному топливу достигает 355, 544, 415 тонн соответственно; при этом количество пиролизной золы достигает 1166 тонн.

Зола, полученная после процесса пиролиза, отгружается в асфальтобетонный завод и

используется для строительства автомобильных дорог. Бензиновая фракция используется как компонент автобензина А-80, а в перспективе будет доставляться на небольшой нефтеперерабатывающий завод, где будет смешиваться с бензином каталитического крекинга для совместной переработки на установке гидроочистки с целью получения гидрооблагорожденного высококтанового компонента автобензина.

Дизельная фракция частично обеспечивает потребность пиролизной печи, а в перспективе также будет сдаваться на переработку на НПЗ в качестве сырья установки гидроочистки дизельного топлива. Тяжелый газойль используется в качестве котельного топлива. Лабораторные исследования показали, что он в смеси с вакуумным газойлем установки АВТ может быть направлен на установку каталитического крекинга с целью получения дополнительного количества светлых нефтепродуктов.

#### Список литературы

1. Московец А.В. Использование трудноутилизируемых отходов нефтехимической промышленности в производстве экологически безопасных строительных материалов: Дис... канд. техн. наук / А.В. Московец. - Уфа, 2016.
2. Янковой Д.С. Новая технология утилизации нефтешламов / Д.С. Янковой, К.В. Ладыгин, С.И. Стромпель и др. // Современные технологии и оборудование. - 2014. - № 9. - С. 47-51.

Получено 1.02.2019

---

УДК 53.043, 67.02

**А.А. Мякинин, С.В. Плотников, Р.Н. Кимосов, С.А. Жанысов**  
East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev, Oskemen

#### SUPERCONDUCTING WIRE DEDICATED YTTRIUM FOR MAGNETIC RESONANT TOMOGRAPHY

*В статье рассмотрено явление сверхпроводимости и представлены результаты исследования характеристик сверхпроводящего провода для МРТ (магнитно-резонансная томография), разработанного ВКГТУ им. Д. Серикбаяева совместно с УМЗ (Ульбинский металлургический завод) в рамках программно-целевого финансирования МОН РК.*

*Мақалада аса өткізгіштік құбылысы талқыланып және ШҚМТУ-да өзірлекен МРБ (магнитті-резонансты бейнелеу) үшін өткізгіш сымның сипаттамалары зерттеліп, нәтижелері ұсынылды. Д. Серікбаяев атындағы ШҚМТУ-да ҚР ҚФМ-ның және УМЗ (Улбі меттапургиялық зауытымен) бірлесе отырып бағдарламалық-мақсаттық қаржыландыруы шенберінде зерттеулер жасалды.*

*The article discusses the phenomenon of superconductivity and presents the results of the study of the characteristics of the superconducting wire for MRI (magnetic resonance imaging), developed by EKSTU. named after D. Serikbayev together with the Ulba Metallurgical Plant (Ulba Metallurgical Plant) in the framework of program-targeted financing of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.*

**Keywords:** superconductor, niobium, titanium, structure, conductivity, alloy, melting, homogeneity.

At present, the manufacture of superconducting materials is carried out in various ways. For example, thermal evaporation in vacuum, cathode, plasma-chemical and ion sputtering, thermal decomposition of organometallic compounds, etc. are widely used.

The scope of each of the above methods is determined by the characteristics of the superconductor, the properties of the substrate material and the results achieved. Each has its own advantages and at the same time certain limitations.

Thermal evaporation in vacuum can produce films of most superconducting elements, two-

and multi-component compounds, and alloys on substrates of various materials. However, this method requires expensive high-vacuum equipment. Another disadvantage of the method is the impossibility of obtaining uniform coating thickness on details of complex configuration.

Films of most compounds with the A-15 structure with high values of the critical temperature  $T_c$  and good adhesion to substrates of various materials are deposited by cathode sputtering. On the other hand, it also requires complex equipment, has a low film growth rate, difficulty in selecting the appropriate target [1].

In this regard, it is of interest to search for new technological methods, free from the above disadvantages, quite simple to manage, allowing to purposefully change the structure, composition and other characteristics of the superconducting material. One of these methods is to obtain a superconductor from a titanium-niobium alloy. Along with the simplicity of controlling the composition and structure of the obtained cathode sediments, it has great advantages compared with other methods.

The possibility of forming uniform homogeneous structures on a large and non-flat surface (both external and internal); relatively low cost of materials, equipment and electricity costs; cleaning of undesirable impurities contained in the raw materials, combined with the process of melting.

The purpose of this work is to develop a technology for producing a superconducting wire for MRI.

In connection with this goal, the following tasks were set.

1. development of technology for producing homogeneous blanks of niobium-titanium alloy for the manufacture of superconductors;

2. design development and technology of manufacturing superconducting wires;

*Development of parameters for smelting niobium-titanium alloy ingots, modifying the alloy with yttrium, determining the required number of remelts.* In the process of smelting experimental ingots, the arc current strength was varied, while the remaining parameters did not change predominantly. The values of the variable parameter (current) are given in table 1. A typical melting diagram is shown in Figure 1.

Table 1  
Values of arc current during smelting of experimental ingots

Conditional number of the ingot	Arc current, A, during remelting		
	the first	the second	the third
1	1600	2170	2500
2	2100	2850	2500
3			3000

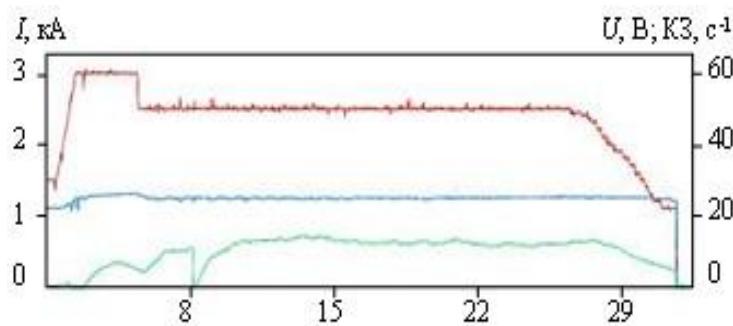


Figure 1 - Typical ingot smelting diagram (ingot 2, third remelting): — current strength, kA; — voltage, V; — drip closure (short circuit), s - 1

After smelting, the ingots were cut into blanks to study the structure and chemical composition, as well as determine the nature, size and density of casting defects (depth of the shrinkage shell, the nature of diffuse porosity, etc.).

Micrographs for metallographic studies were made by the standard method. The surface of the macrosection prepared by grinding (up to the 7th grade of the degree of roughness). The macro and microstructure of the samples were investigated according to PI1.2.785–2009 “Metallographic analysis of titanium alloys”, respectively, on AltamiMet microscopes ( $\times 6$ , from  $\times 300$  to  $\times 600$ ) using a digital image receiver [2].

The macrostructure was investigated by the method of “blue” etching in accordance with STP1-595-5-318-96. The preparation of macrosections according to the blue etching technique is a multistage process consisting of the operations of degreasing, surface activation, anodizing, development, and hot washing.

This method allows you to select foreign, dramatically different in chemical composition of inclusions, non-melts and other defects in ingots and semi-finished products. The structure of the titanium alloy at the same time takes on a gray color of various shades, and the inclusions are painted in blue, intense blue or purple.

The chemical composition was determined by the atomic emission method (in accordance with Interstate Standard 19863.1-19863.16), the distribution of the main alloying elements over the ingot cross section was studied by X-ray fluorescence spectral analysis. For this study, samples (9 pieces from each ingot; size  $30 \times 30$  mm,  $h = 10-20$  mm) were cut out in the same order from the upper, middle, and bottom sections of the three zones (edge, intermediate, middle) of the ingot. Using the method of mass spectrometric analysis on a CPB-1 spectrometer using a laser sampling unit (MI1.2.054–2013) \* with a higher resolution (10 zones along the ingot radius), we studied the distribution of rare-earth metals in samples made of titanium alloys.

Many technologies for producing superconducting wires include assembly operations, hot extrusion, cold deformation, and repeated cold deformation cycles with annealing. The technology of manufacturing superconducting wires is largely determined by the requirements for these wires on the size of the cross section, the length, the magnitude of the critical current, and the loss of magnetic reversal. As a result of technological operations associated with repeated cycles of cold deformation and annealing, the critical current density in the wire increases [3,4,5]. Thus, for a wire with a cross section of  $2.5 \times 3.5$  mm, manufactured under industrial conditions, the critical current density in a field of 5 T was  $0.68 \times 105$  A / cm<sup>2</sup>, table 2.

- Were obtained experimental data on the number of veins, which amounted to - 24 pieces.
- Fill coefficient Cu / Nb-Ti - 6.5 ( $\pm 10\%$ ), short-circuit in the joint venture - 13.3%
- Diameter of a single core - 0.089 mm (89 microns)

Table 2  
*Critical current field*

Critical current in the fields (Ik at 4.2 K, A, no less)			
2T	3T	4T	5T
750	590	490	400

Based on the obtained data, measurement procedures have been developed and tests have been carried out at the NC and IT of Joint Stock Company Ulba Metallurgical Plant by determining the twist pitch and the fill factor Cu / Nb-Ti, the results are shown in Table 3.

Twist pitch - the distance between two points, corresponding to one complete turn of the twist element, measured in the direction of the longitudinal axis of the wire.

The prepared sample is placed in a chemical tube filled with concentrated nitric acid, and the surface layer of copper is removed until a bare beam of superconducting cores appears, preventing the copper from dissolving inside the beam. Measurements are made according to the scheme shown in Figure 2.

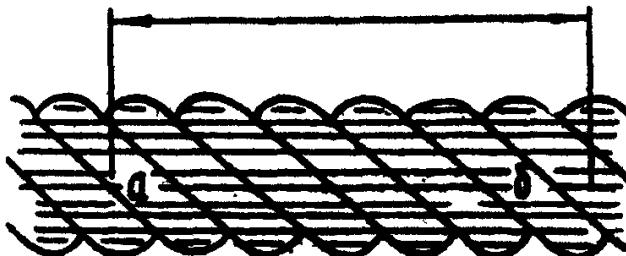


Figure 2 - Scheme of twist pitch

The sample for the test is conventionally divided by length into three parts. In the middle third, a mark is put on the surface of any strand (point a), from which as many strands as there are in the wire section are counted along the central axis of the wire, and a second mark is applied to the next strand (point b). The distance between the marks (points a and b) (in mm) is taken as the twisting step of the wire.

Table 3  
*Twist pitch and fill factor Cu / Nb-Ti*

Parameter	Number of strands, pcs	Cu / Nb- filling factor, Ti, %	Twist pitch, mm
Estimated	24	6,5±10	25±5
Actual	24	6,7	27

The main features of superconducting wires are as follows:

- high current density (tens and hundreds of times higher than the permissible current densities in electrical copper and aluminum);
- zero resistance on direct current - the possibility of long-term operation in the "frozen flow" mode;
- low energy loss in changing fields and alternating current;
- nonlinear current-voltage characteristic. However, these advantages have to be paid for by the need for cooling to cryogenic temperatures: Low-temperature superconductors below <20K, High-temperature superconductors 30-78 K. It is the need for deep cooling and the associated capital and energy costs that were the main obstacles to the widespread industrial introduction of low-temperature superconducting technologies in the power industry, electrical engineering and other areas. The only exception is the use of superconducting magnets for medical magnetic resonance tomographs. Here, the superconducting technology allowed to solve problems inaccessible to other methods of medical diagnostics.

We have developed a schematic diagram of the design of a superconducting wire, which is shown in Figure 3.

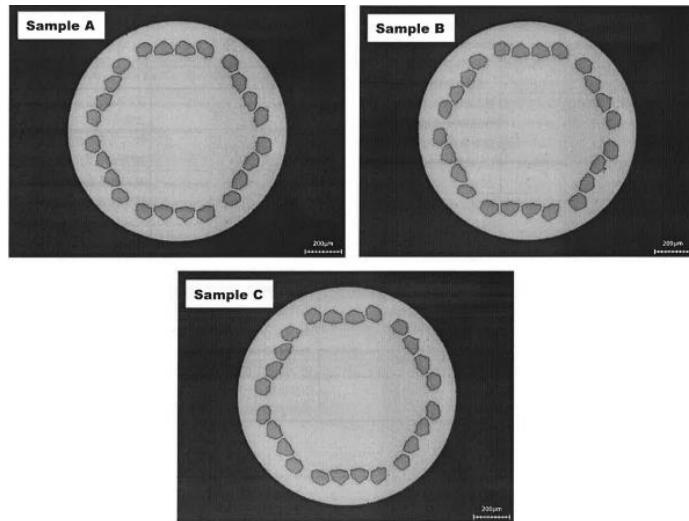


Figure 3 - superconducting wire design

Figure 2 shows a sectional view of a superconducting wire. The shape of the thread is not perfect enough, but the sizes of the pieces are almost the same. This indicates the absence of elongation in the longitudinal directions.

Depending on the characteristics of the application, these wires should meet the requirements set by their parameters. Moreover, the specific combination of these requirements is valid both for Low-temperature superconductors and for High-temperature superconductors of raw materials and predetermines a huge variety of wire designs. However, at present, the technology of high-temperature superconductors of wires makes it possible to obtain raw materials only in the form of tapes with a width much larger than thickness. This imposes special requirements on devices, current-carrying elements and cables based on high-temperature superconductors.

Currently, in the EKSTU named after D. Serikbayev, within the program-targeted financing, the design and technology of manufacturing the superconducting wire have been developed. A sample of this wire was investigated by The Furukawa Electric Co., Ltd (Japan, Tokyo) and showed a good result. The characteristics of the obtained wire are presented in table 4.

Table 4  
*Current critical values for superconducting wire*

T	$I_c$ , A
$I_c(2T)$	750
$I_c(3T)$	790
$I_c(4T)$	490
$I_c(5T)$	400

The Furukawa Electric Co., Ltd (Japan, Tokyo) concluded that the sample of the superconducting wire meets the requirements for the production of tomographs.

#### Bibliography

1. Schneider T.R. Energy application of superconductivity // Annu. Rev. Energy and Electron. – 1991. – V. 16. – P. 533-555.
2. Schmusser P. Superconducting magnets for particle accelerations // Repts. Progr. Phys. –1991. –

V. 54, №5. – Р. 683-730.

3. Денисов А.Г. Основные направления развития радиоэлектроники СВЧ на основе сверхпроводимости // Электронная промышленность. – 1992. - №2. – С. 2-7.
4. Bednorz J.G., Muller K.A. Possible high  $T_c$  superconductivity in the Ba-La-Cu-O system // Z. Phys. B. – 1986. – V. 64. – P. 189-193.
5. Mikhailov B.P. High-temperature superconductors investigation, designs, and applications // Russ. J. Inorganic Materials. – 2004. – V. 49, Suppl. 1. – P. S57-S85.

Получено 1.02.2019

MFTAA 53.31.15

**Г.И. Сұлтамұрат, Б.М. Боранбаева, Е. Қебеген**

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

**АГЛОМЕРАЦИЯЛЫҚ ШИХТАНЫ ДАЙЫНДАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ  
ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТЫ ЖЕТІЛДІРУ МӘСЕЛЕСІ**

*Настоящая работа является аналитическим обзором части зарубежной и стран СНГ информации по наиболее важным научно-техническим достижениям в области агломерации за последние десять лет. В обзоре дается краткая характеристика состояния и тенденций шести направлений развития техники и технологии агломерации.*

*Бұл жұмыс соғыс он жылдағы шетелдік және ТМД елдеріндегі агломерация саласындағы неғұрлым маңызды ғылыми-техникалық жетістіктері бойынша аналитикалық шолу болып табылады. Шолуда агломерация техникасы мен технологиясының алты даму бағытының даму тенденциялары мен жай-күйінің қысқаша сипаттамасы беріледі.*

*The article is the analytical review of a part of foreign and the CIS countries information on the most important scientific and technical achievements in the field of agglomeration for the last ten years. In the review it is given short characteristics of state and tendencies of development of six directions of technology development and agglomeration technology.*

**Түйінді сөздер:** түйіршіктегіш-барабан, араластырығыш-барабан, жұмыс режимі, толтыру дәрежесі, паллеттерге шихтаны тиуеу.

*Жымдастыруға агломерациялық шихталарды дайындауда арналған құрал-жабдықты жетілдіру. Шихтаны араластыру және түйіршіктеу үрдісін жүзеге асыру үшін негізінен құрылғысы бойынша қарапайым, эксплуатациялануы арзан және жеткілікті дәрежеде жоғары өнімділікке ие болатын айналмалы барабандарды қолданады [29]. Алайда шихтага тәменгі механикалық (энергетикалық) әсері салдарынан барабандық типті аппараттар көбінесе араластырудың жеткілікті сапасын қамтамасыз етпейді, түйіршіктелген шихтаның берік түйіршіктерін алуға кепілдік бермейді [12]. Жымдастыру ауданы аз, 75 м<sup>2</sup> болатын агломашиналары бар негізінен фабрикаларда эксплуатацияланатын диаметрі 2,5-2,8 м, ұзындығы 5,6 м болып келетін біріктірілген агрегаттар – түйіршіктеуіш-агрегаттардағы шихта түйіршіктеліп үлгермейді де, барабаннан борпылдақ, ұшырықты, қосыған масса түрінде шығады, ол машинада шөгудің жоғары болуына әкеп соғады да, осыдан қабаттың газ өткізгіштігі тәмендейді, сондықтан дайын шихта қарқынды жымдастыру және сапалы агломерат өндірісінің талаптарына сәйкес келмейді.*

*«АрселорМиттал Теміртау» АҚ-ның технологиялық сұлбасымен шихтаны араластыру мен кесектеу үрдістерін бөлек жүзеге асыруды көздейді, бұл сәйкес операция үшін жұмыс режимін өзгертуге мүмкіншілік береді. Осыдан агломерациялық шихтаның әрбір құрамы үшін араластыру, ылғалдандыру және кесектеудің тиімді шарттарын табудың маңыздылығы туындаиды.*

*Барабан араластырылғыштардың жұмыс режимдері және параметрлері.* Отандық тәжірибеде барабанды араластырылғыштардың көп жағдайда, айналу жиілігі жетімсіз, яғни  $4\text{-}9 \text{ мин}^{-1}$  (негіздің үлкен дәрежеде діріл туындау қаупі салдарынан), сондықтан да осы үрдіс үшін араластыру теориясында тиімді ретінде ұсынылатын шихта қозғалысының су ағынды режиміне қол жеткізілмейді [28].

И.В. Мищенко, В. Кочура, Я.Ю. Асламова тағы басқалар «Совершенствование технологий и оборудования агломерационного производства» жұмысында Ю.А. Фролов [28] және В.П. Пузанова [24] зерттеулеріне талдаулар жүргізілген, онда концентраттың шихтаны араластыру үшін тиімді болып қайта илемдеу және су ағынды режимдердің үйлесімі саналады. Тіпті шихтаны кесектеу үшін әдетте ұсынылатын қайта илемдеу режимі оңтайлы болуы да мүмкін, себебі барабан қабыргасында қозғалатын шихтаның араласатын қабаттарында сусындалы және көтерілетін облыстың шекаралық тұсында қарқынды масса алмасуы жүреді. Атап айтқанда, Челябинск металлургиялық комбинаты № 2 жаңа аглофабрикада жүзеге асырылған жұмыстар мен ұсыныстар негізіндегі модернизациялауда [28] келесі элементтер бар. Ішінен резенделі астармен қапталған диаметрі 3,8 м және ұзындығы 15,9 м еңкіш бұрышы  $1^\circ$ , айналу жиілігі  $7 \text{ мин}^{-1}$  еki барабанды араластырылған ауданы  $138 \text{ м}^2$  және сұйту –  $102 \text{ м}^2$  төрт ұзартылған агломашинада дайындалған шихтаның 5,6 млн т агломератты қамтамасыз етеді. Әрбір барабаннан кейінгі шихтаның оңтайлы шығыны 800 т/с құрайды (мүмкін болатын шығын 1300 т/с дейін болғанда). Шихтамен араластырылған барабанның толтырылу дәрежесі 18-20 % дейін жетеді, келу уақыты - 3 мин және артық.

Шихта компоненттерінің 3-4 % кезінде жақсы жүретінін ескере отырып, араласатын шихтаның тиімді ылғалдылыққа дейін қосымша ағымдық ылғалданыруы түйіршіктеуіш-барабандарға дейін руда материалдарының ертерек кезеңдерінде ұсақ бөлшектерден түйіршіктеу бөлшектерінің кальптастасуын қамтамасыз ету мақсатында барабандардың центрлік бөліктерінде жүргізіледі.

Араластырылған шихтаның бір тектілік дәрежесі  $K_0$  белгілі коэффициентін темір, көміртегі, кремний оксидтері, кальций т.с.с. мөлшерінің өзгерісін бағалау бойынша 80-95 % арттыруға кол жеткізілді. Барабанды араластырылғыштар үшін мұндай көрсеткішті жоғары, ал түйіршіктегіш-барабандарда іс жүзінде өзгермейді деп санау керек.

*Барабан түйіршіктердің жұмыс режимі және параметрлері.* Айналмалы барабанда материалдардың түйіршіктелу көрсеткіштеріне барабанның диаметрі, ұзындығы, еңкіш бұрышы, айналу жиілігі және толу деңгейі әсер етеді. Стандартты барабанның конструкциясы мен жұмыс режимі шихтаны кесектеу және түйіршіктердің беріктендіру үрдістеріне қажетті талаптарды біріктіруге мүмкіншілік бермейді. Мысалы, барабанның еңкіш бұрышы мен айналу жиілігін арттыру оған келетін материалдың келу уақытының қыскаруымен жүреді; барабан ұзындығын ұлғайту оның толу деңгейі мен енкейтуге дейінгі сойкес бұрыштың ұлғайтылуымен негізделеді, яғни барабандағы материалдың келу уақытының салыстырмалы қыскаруы. Осындай барабандардың толу деңгейінің жоғарылауы мен екінші бөлігіне жету уақытының жоғарылауы үшін Ю.А. Фролов және оның қызметкерлерімен конусты үстемесі бар түйіршіктегіш-барабандар орнату ұсынылды [28]. Барабандарға конусты үстемелер орнату барабан жұмысының рационалды жағдайларын тұғызу мүмкіншілігін түбекейлі өзгертеді, себебі бөлек параметрлерді өзгерте отырып, басқаларын оңтайландыруға болады. Барабанның айналу жиілігін немесе еңкіш бұрышын ұлғайта отырып, оған шихтаның келу уақытын сақтауға, тіпті ұлғайтуға да болады. Заманауи жағдайларда үстемелердің конструктивтік өлшемдерінің, барабандардың толу дәрежесінің, барабандардағы шихтаның келу уақыты мен массасының есептеулері үшін өнеркәсіптік жағдайларға бейімделген модельдік

зерттеулерді пайдалануға болады. Қазіргі кезде мұндай амал Челябинск меткомбинаты, «АрселорМиттал Теміртау» АҚ және Новолипецк металлургия комбинаты аглофабрикаларында техникалық ұсыныстар бойынша жүзеге асырылған [28].

2015 жылдың сәуірінде «АрселорМиттал Теміртау» АҚ-да қайта конструкциялау жүргізу кезінде АглоМ-6 түйіршіктегіш-барабанға және 2015 жылдың желтоқсатында АглоМ-7 барабанға конус тәрізді үстеме орнатылған.

Есептеулер нәтижелерін талдай отырып, келесідей тұжырымдар жасауға болады: есептеу моделі сенімді бейімделген – өлшемдердің деректерін аппроксимациялау дұрыстығы  $R^2 = 0,914$  құрайды; барабанның шығыстық көлдененең кимасы 78 % конусты үстемені орнату кезінде барабандағы шихтаның келу уақыты 1,40-1,55 есе өседі; түйіршіктегіш-барабанға конусты үстеме орнату ондағы шихтаның ұзындығы бойынша таралуын ынғайлы етеді.

Модель мен эксперименттік деректердің нәтижелерінің үйлесімділігін және түйіршіктегіш-барабанның ұзындығы бойынша шихтаның берілген (тиімді) таралуына қол жеткізуіді айта кету керек. Үстемесі бар барабанға шихтаның келу уақыты 0,8 минутқа немесе 27,5 % артты, 1,4 мм және +5 мм кластар бойынша шихта гранулометрлік құрамының жақсаруына қол жеткізілді.

*Жымдастыруға агломерациялық шихтаны дайындау үшін технология мен режимдерді жетілдіру мәселесі.* Өндіріс кызметкерлерінің негізгі бағыттары темір рудалы шихтаны жымдастыруға дайындау кезінде сусымалы материалдардың араластырылуы мен кесектелу үрдісінің тиімділігін арттыруға бағытталған. Мәселенің күрделілігі аглофабрикалардың шихталық жағдайларының әртүрлілігімен [5, 23], ТМД елдері мен алыс шетелдерде агломерациялық фабрикаларда қолданылатын араластыру және кесектеу құрал-жабдықтарының алуан түрлі конструктивтік және режимдік параметрлерін негіздейтін агломерациялық машиналардың сипаттамаларымен байланысты.

Жұмыстың оңтайлы режимдерін таңдау кезінде пайдаланалатын негізгі ережелер барабанды араластырыштардың геометриялық өлшемдерінен тәуелді және шарлы ұсатқыштар теориясына базаланды [3, 11, 15, 16, 18]. Араластыру шарттары үшін айналу жылдамдығы шихтаны түйіршіктеу жағдайлары үшін қажетті жылдамдықтан жоғары болуы тиіс. Салыстырмалы жылдамдық, яғни накты жылдамдық пен араластыру режимі үшін критикалық<sup>1</sup> айналу жылдамдығының катынасы араластыру режимі үшін 30-35 %, ал түйіршіктеу шарттары үшін – 20-25 % құрайды.

Шихтаны араластыру және кесектеуге арналған құрылғылар мен тәсілдерді жетілдіру бойынша көптеген ұсыныстар [1, 3, 4, 13, 14, 15, 16-18] жұмыстарында жарық көрген.

Бірқатар авторлардың модельдерде режимдік сипаттамаларды талдау кезінде [16] анықтауыш параметр ретінде барабанды аппаратта шихтаның келу ұзактығы таңдалып алынған. Кесектеу сапасы нашар болған жағдайда кесектеу ұзактығын барабандарды 15, тіпті 20 м дейін ұзарту жолымен 5 минут және одан артық уақытқа созу тіptен тиімсіз, себебі кесектеудің сапасын шамалы арттыру кезінде өндіріске меншікті энергия шығындары өсіп кетеді [14].

Диаметрі 3,2×12,5 м барабанды кесектегіштердің жұмыс режимдерінің зерттеулер нәтижелерімен кесектелген шихтаның гранулометрлік құрамы өзгеріссіз қалатын кесектеу жолының тиімді ұзындығы немесе барабанның айналу жылдамдығы және белгілі толу дәрежесі кезінде барабандагы шихта жеткізуінің оңтайлы ұзактығы бар

<sup>1</sup> Критикалық жылдамдық, бұл кезде шарлар тіпті ең жоғарғы нүктеде де қабырғалардан ажырамайды.

екендігі дәлелденген.

Кесектеу үрдісіне кесектегіш-барабанның толу дәрежесі едәүір ықпал етеді, оның 5,5 %-дан (өнімділік 175 т/сағ) 16 % дейін (өнімділік 330 т/сағ) ұлғауымен кесектеу параметрлері нашарлайды. Бұл фактордың әсері Батыс Сібір металлургия комбинаты (БСМК) аглофабрикасы жағдайларында жақсы игерілген, онда бір агломашина үшін шихтаның кесектелуі екі кесектегіш-барабанда жүргізіледі.

Кесектегіш айналымдары санының артуымен ондағы шихтаның келу уақыты қыскарады, алайда кесектеу дәрежесі мен шихта қабаты арқылы ауаның сұзгілену жылдамдығы артады, әсіресе 4,6 айн./мин асатын кесектегіштің айналу жылдамдығы кезінде, бұл кесектегіштердің жоғары айналу жылдамдығында мақсатқа сай екендігін көрсетеді (қабатаралық қабаттарда діріл тудырмайтын).

Сөйтіп, әрбір фабрикада конъюнктуралық жағдайларға, сонымен қатар технологиялық нұсқаулықтардың бұзылуымен (шикізаттық материалдардың орталануы, отын мен флюстың дайындалуы, компоненттер мен санын мөлшерлеу және суды беру жағдайлары) байланысты туындастырылған шихта жағдайларының өзгеруі жи орын алатын болғандықтан, бірінші кезекте өндірістің технологиялық шарттарын ыңғайлы ету қажет: бастапқы шихта құрамы (кесектелетін және кесектейтін компоненттер қатынасы), ылғалданылу режимі, отынмен байланыстырылған қоспалар мөлшерінің шығыны, содан кейін ғана конструктивтік және эксплуатациондық параметрлерді: барабан диаметрі мен ұзындығының қатынасы еңкіш бұрышын, айналу жылдамдығын анықтау керек. Барабанды агрегаттардың конструктивтік ерекшеліктерімен кесектеу тиімділігіне кері әсерін төмендету мақсатында бастапқы шихтаның мүмкін болатын физикалық, физикалық-химиялық қасиеттері ескерілуі тиіс.

Әлемде шихтаны араластыруға арналған аппараттардың ішінде «Айрих» фирмасымен (Германия) шығарылатын және Батыс Еуропа елдерінде және Жапонияда агломерацияда пайдаланылатын қарқынды араластырылғыштар деп аталатын аппараттар үздік ретінде танылған. Бұл араластырылғыштар аглошихта компоненттерін жақсы араластырып қана қоймай, сонымен қатар ондағы ылғалды біркелкі таратады және бөлшектердің беттік қасиеттерін белсенді етеді, концентраттан микротүршіктегіш-барабандарда одан әрі өндеу кезінде шихтаның түйіршіктеу орталығының қызметін атқаратын басқа да ұсақ материалдар қалыптастырады. ТМД елдерінің тәжірибесінде материалдарға қойылатын белгілі талаптарға байланысты пайдаланылмайды. Технологияны талдау нәтижесі VIII Халықаралық тау-кен металлургиялық Конгресте (Астана қ., мамыр 2017 ж.) және «Meining Week-2017» көрмесіндегі (Карағанды қ., маусым 2017) келісім болды, онда ағымдағы жылы «Айрих» компаниясы «АрселорМиттал Теміртау» АҚ құрал-жабдықтың (араластырылғыштар мен түйіршіктегіштер) алғаш қолданылуы қарастырылды.

Соңғы кезде шихта дайындаудың әртүрлі төсілдеріне жұқалап ұсатылған концентраттардың жымдасу – түйіршіктеу, алдын ала брикеттеу, сөл тығыздау, ұсақ отын мен флюсті қайта илемдеу үрдістеріне баса көңіл аударуда. Агломерациялық үрдістің қарқынды жүруі мақсатында одан әрі жетілдіру, агломерат сапасын арттыру және отынның меншікті шығынын төмендетуге агломерацияға түскен концентратты алдын ала кесектеу жолымен қол жеткізіледі [18, 21].

*Агломашина паллеттеріне шихтаны тиесу.* Жымдастыруға агломерациялық шихтаны дайындаудың соңғы технологиялық операциясы болып агломашинаның колосник торына оны енгізу саналады. Мұқият араластырылған және ылғалданырып кесектелген шихта арнайы коректендіргіштердің көмегімен агломерациялық таспаға салынады. Коректендіргіш конструкциясының жетілдірілуі агломашинаның өнімділігі мен дайын

агломерат сапасының артуына өз әсерін тигізеді. Қоректендіргіш жымдастырылатын қабат биіктігі тұрақты болуы үшін таспага жеткілікті мөлшерде шихта беруі тиіс. Таспага тиелген шихта қоректендіргіштің өзінде де, таспага тиуе сәтінде де тығыздылмауы тиіс.

Барабан қоректендіргіштерін көп жылдық эксплуатациялау бұл машиналарды кез келген жұмыс жағдайларында іс жүзінде сенімді ұзақ жұмыс жасайды. Алайда барабанның сәтті жұмыс істеуі қоректендіргіштің үстінде шихта бункеріне материалдың тек біркелкі түсірілгенде ғана болуы мүмкін. Жымдастыруға шихтаның ең тиянақты дайындалуының өзі агломашинадағы қабаттың тиімсіз қалыптасуы кезінде нәтижесіз болып шығуы мүмкін. Шихтаны тиуе операциясына аралық бункерде (тиуе воронкасында) шихта қабатының қалыптасуы, қабаттың биіктігі мен ені бойынша шихтаның сусындалы массасы, отын мен гранулометрлік құрамының таралуын оңтайландырумен агломашинаның колосник торына шихта мен агломераттан төсемді салу жатады [27].

Қоректендіргіштерге қосымша талаптар нақты өндіріс технологиясының тапсырмаларымен анықталады [20, 22]. Бұл талаптар практикада қаншалықты орындалуы әрекеттегі қоректендіргіштер конструкцияларын анықтайды. Сөйтіп, ұсынылған технологиялық ұсыныстар [27], шихтадағы отын мөлшерін 4,4 тең 4,0 % төмендетеді, борттық аймақтарда тығыздау мен қабаттың максималды газ өткізгіштігін қамтамасыз ететін тиегіш лоток конструкциясы ұсынылды [20], бұл агломерат сапасы мен кондициялық фракция бойынша агломерациялық машинаның өнімділігін арттыруға алып келді.

*Агломерация жолымен шикізатты дайындауды технологиялық үрдістерін диагностикалау жүйелерінің модельдері және алгоритмдері.* Агломерациялау технологиясына, әсіресе соңғы он жылдықта баса назар аударуда, оны жарияланымдар санының артуынан, әсіресе шетелдік басылымдардан шығатын мақалалардың көптігінен аңғаруға болады [2, 6, 7, 9, 10, 25, 26, 27, 30, 31], олар технологиялық үрдістерді басқарудың автоматтандыру жүйелерін (ТҮБАЖ) қолданады. Агломерат өндірісінің үрдісі ауытқыған әсерлері жағдайларында өтеді: жымдастырылатын шихта компоненттерінің химия-минералогиялық және дәнекшелік құрамының, шихтаны мөлшерлеу, араластыру және кесектеу (ылғалдандыру) жағдайларының өзгеруі, сонымен қатар агломерациялық машинаға шихтаны салу. Шихта компоненттерінің сынақтан өткізу нәтижелерінің келуі аралығындағы дискреттілік кезеңінің маңыздылығы сонша, алынған ақпараттар агломерациялау үрдісінің барысын түзету үшін көбінесе пайдаланылмайды, ал көп бөлігінде қызметкерлердің білімі мен тәжірибесі негізге алынады. Сынақтан өткізу аралықтарындағы кешігу уақытының рециклі агломерат өндірісінің барлық бөлімшелерінің ұтымды жұмысына қол жеткізуге мүмкіншілік бермейді.

Заманауи әдебиеттерде агломерация үрдісін басқарудың көптеген оперативтік жүйелері ұсынылған, оның құрамында жымдастыру үрдісін аяқтаудың бақылау нұктелерінің нәтижелері бойынша агломашинаның жылдамдығын басқару, қайту циклдерін басқару, агломераттың сапалық сипаттамаларын бақылау және құрал-жабдықтың жай-күйін бақылау мен сараптық жүйе (үрдіс бұзушылықтарын диагностикалаудың кішірек жүйелері) пайдаланылады [26, 30, 31]. Kawasaki Steel Сорғ корпорациясында әзірленген жүйеге келесідей кішірек жүйелер енеді: материалдарды беру, шихтаның химиялық құрамы мен үрдістің энергия тұтынуын басқару. Оперативтік басқарудың осы жүйесін қолдану кокс ұсағының шығынын төмендетеді, басқаруды тұрақты етеді.

ТҮБАЖ құрамында сараптық жүйенің (Yawata Nippon Steel) қолданылуы қатты отын шығыны мен аглошихтага флюс шығынын елеулі төмендетеді. «Кобэ сталь» жапондық

компания технологиялық үрдістер мен жарамды агломерат шығысы арасындағы байланысты сараптауға мүмкіншілік беретін агломераттың жымдасу үрдісінің басқару жүйесін әзірледі. Жұмыста нақты уақыт режимінде деректерді жинастыру мен талдауға мүмкіншілік беретін қытай ғалымдарымен әзірленген шешімдерді қабылдау қолдаудың интеллектуалдық жүйесі сипатталады [27]. Жүйе агломераттың химиялық құрамына бақылауды, агломерациялық үрдістің жай-күйін бақылауды, сонымен қатар шихта қабатының газ өткізгіштігін бағалау негізінде жымдасу үрдісінің жай-күйін болжауды орындауды.

[19] жұмыста Б.Б. Зобнин және А.В. Малыгиннің басшылығымен ресейлік ғалымдармен әзірленген сәйкес сапалы агломерат алу мақсатында шихта құрамын дер кезінде реттеуге болатын шихта компоненттерінің нақты шамала-ры бойынша агломераттың химиялық құрамын болжауға мүмкіншілік беретін «Северсталь» ҚАҚ жағдайларында қолданылатын бағдарламалық өнім сипатталған. Зерттеушілер А.И. Важинский және С.Ф. Жуков микропроцессорлық техника базасында шешім қабылдауды қолдау жүйесін және материалдық, негіздік және жылу балансы тенденцияларын көрсеткіштердің математикалық модельді пайдаланумен SCADA-жүйесін ұсынды. Жүйе бастапқы аглошихта компоненттерінің құрамы туралы деректер негізінде химиялық құрам болжамын беруге мүмкіншілік береді, сонымен қатар оған құрал-жабдықтың техникалық күйін болжаудың кішірек жүйесі кіреді [8].

[25] жұмыста ұсынылған онтайландыру үрдісі агломераттың сапалық көрсеткіштерінің тербелісін төмендетуге мүмкіншілік берді: негіздік бойынша 5,08 есе, темір бойынша 4 есе және темірдің монооксиді бойынша 3,90 есе. Бұдан бөлек, модельдеу нәтижесінде алынған шығындармен қатты отын компоненттерінің шығыны бойынша нақты деректерді салыстыру қатты отын шығынын 3,57 % төмендетуге мүмкіншілік берді. Диагностикалық алгоритмдер мен модельдер енгізу нысандың қажетсіз күйге келу уақытын орта есеппен 2,5 есе қысқартты. Болжамдау «Магнитогорск металлургия комбинаты» ААҚ жағдайларында жүргізілді. Сейтіп, бұл жұмыстардың құндылығы мен маңыздылығы бақылау дұрыстырының артуы, химиялық құрамың тұрақтауына, қатты отын шығынын азайту және агломерат сапасының жақсаруына бағытталған шихта компоненттерінің шығынын реттеу бойынша ұсыныстар берумен агломераттың негізгі сапалық көрсеткіштерін болжау.

Қорытынды, аналитикалық шолуда агломерация техникасы мен технологиясының алты даму бағытының даму тенденциялары мен жай-күйінің қысқаша сипаттамасы берілді: жымдастыру үшін агломерациялық шихтаны дайындауға арналған құрал-жабдықты жетілдіру; барабанды араластырғыштар мен барабанды кесектегіштердің жұмыс режимдері мен параметрлері; жымдастыруға агломерациялық шихтаны дайындау үшін режимдер мен технологияны жетілдіру; агломашиналар паллеттеріне шихтаны тиесу; агломерациялау жолымен шикізат дайындаудың технологиялық үрдістерін диагностикалау жүйесінің алгоритмдері және модельдері.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. А.с. 564002 (СССР).
2. Кобелев В.А. Агломерационный флюс, шихта и способ его производства. Пат. 2465350 Россия, МПКС22В 1/14 (2006.01)/«ЕВРАЗ НМК»-N 2010118897/02; Опубл. 27.10.12.
3. Болтенко Ю.Н. Выбор типа окомкователя в соответствии со свойствами шихты // Бюл. ин-та "Черметинформация". – 1975. – № 16. – С. 28.
4. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации. – М.: Металлургия, 1977.
5. Вишневецкий М.Л. Анализ работы барабанных окомкователей и пути повышения эффективности окомкования // Обогащение руд. Н-т реф. бюл. ин-та "Механобр". – 1979. – № 4. – С.

36-39.

6. Егорова Е.Г. Анализ процесса подготовки агломерата из руд цветных и чёрных металлов как объекта автоматической диагностики // Цветные металлы. – 2013. - № 11.
7. Егорова Е.Г. Анализ процесса подготовки агломерата из руд цветных и чёрных металлов как объекта автоматической диагностики. – М.: ИД «Руда и Металлы», 2013. - С. 87-91.
8. Ендияров С.В. Диагностика процессов подготовки и производства агломерата. Методы и модели искусственного интеллекта. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 323 с.
9. Ендияров С.В. Модели и алгоритмы системы диагностики процесса агломерации железных руд // Череповец, гос. ун-т. - Череповец, 2012. – 24 с.
10. Жуков С.Ф. Автоматизация процессов управления и диагностирования электротехнических комплексов металлургического производства. – Киев, 2010.
11. Исаенко Г.Е. Пути повышения металлургических свойств агломерата ОАО НЛМК // Сборник научных трудов. - Ч. 1. – Липецк, 2012. – С. 101-114.
12. Каменов А.Д. Комплексное моделирование агломерации и окомкования руд. – М.: Металлургия, 1978.
13. Кобелев В.А. Об оптимальной влажности агломерационной шихты и ее переокомковании // Черметинформация. – 2015. – № 11.
14. Коморников Г.И. Анализ работы барабанных окомкователей при окомковании тонкозернистых шихт // Сталь. – 1977. – № 8. – С. 685-688; 2а, 2-10.
15. Коротич В.И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
16. Коршиков Г.В. Закономерности формирования структуры и текстуры агломерационной шихты при окомковании // Сталь. – 1975. – № 7. – С. 580.
17. Коршиков Г.В. Физическая модель процесса окомкования и кинетика грануляции шихты в цилиндрическом барабане // Изв. вузов. ЧМ. – 1977. – № 7. – С. 26-30.
18. Кравец Ю.С. Оптимизация процессов смещивания и окомкования агломерационных шихт // Ин-т "Черметинформация". – М., 1981. - Сер. "Подготовка сырых материалов к металлургическому переделу". - Вып. 2.
19. Куценко В.Ф. Агломерация предварительно гранулированного железорудного концентрата // Обогащение руд. Н-т реф. бюл. ин-та "Механобр". – 1977. – № 2. – С. 29-32.
20. Малыгин А.В. Система управления качеством агломерата // Сталь. – 2005. – № 1.
21. Овчинникова И.А. Управление технологическими параметрами агломерационного оборудования. // Теория и практ. металлургии. – 2012. – № 4. – С. 9-13.
22. Пат. 54-71005 (Япония).
23. Пожув В.І. Об оптимизації розподілення твердого топлива по висоті шихти на спекальні лентах агломашин // Теорія і практ. металургії. – 2012. – № 4. – С. 88-91.
24. Попов Г.Н. Критерии оценки качества окомкованной шихты // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1977. – № 1. – С. 22-29.
25. Пузанов В.П. Введение в технологию металлургического структурообразование. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 501 с.
26. Рябчиков М.Ю. Моделирование комплексного влияния производственных факторов на механическую прочность металлургического агломерата // Металлург. – 2013. – № 4. – С. 40-47.
27. Сурин А.А. Разработка АСУТП стабилизации химического состава агломерата. – Екатеринбург, 2005. – 165с.
28. Фролов Ю.А. Агломерация. Технология. Теплотехника. Управление. Экология. – Екатеринбург: 2016. – 672 с.
29. Фролов Ю.А. Научно-техническое обоснование модернизации агломерационной фабрики ОАО ЧМК с охлаждением спека на агломерационных машинах // Бюллетень Черметинформации. – 2010. – № 1. - С. 9–11.
30. Шубин И.Н. Технологические машины и оборудование. Сыпучие материалы и их свойства. - Изд-во ТГГУ, 2005. – 76 с.
31. Haidong W. Design and development of expert system for controlling sintering process . // Trans. NonferrousMet. Soc. China, China. – 1999. – Issue 3, V. 9. – P.651-654.

Қабылданды 1.02.2019

УДК 538.95

**А. Тұрлыбекұлы, С.В. Плотников**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ БИОМИМЕТИЧЕСКИХ СТРУКТУР И НАНЕСЕНИЕ НА НИХ АПАТИТ-КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В данной работе описаны технологические решения получения подложки, осаждения покрытий гидротермальным методом и микроплазменным напылением. Описано получение опытных образцов с трабекулярной, биомиметической архитектурой методом селективного лазерного плавления из стали 316L и медицинского сплава Ti6Al4V. Нанесено композитное покрытие гидроксиапатита и оксида цинка методом гидротермального осаждения и микроплазменного напыления.

Бұл мақалада субстрат аудың технологиялық шешімдері, гидротермиялық әдіспен жабудың және микроплазмалардың бүркүл сипатталған. Трабекулярлы биомиметикалық архитектурасы бар прототиптің үлгілері 316L болаттан және медициншық қорытпасы Ti6Al4V селективті лазердің балқытымын сипатталады. Гидроксиапатит пен мырыш оксидінің гидротермальды тұндыру және микроплазмаға тұндыру арқылы композитті жабу қолданылды.

*This paper describes the technological solutions for obtaining the substrate, deposition of coatings by the hydrothermal method and microplasma spraying. Prototype specimens with trabecular biomimetic architecture are described by selective laser melting from steel 316L and medical alloy Ti6Al4V. A composite coating of hydroxapatite and zinc oxide was applied by hydrothermal deposition and microplasma deposition.*

**Ключевые слова:** биомиметические металлические материалы, композитные покрытия, микроплазменное напыление, гидротермальное осаждение, электрохимическое осаждение, композитные материалы.

Металлические имплантаты по своей природе являются биоинертными, что сокращает продолжительность их использования в организме человека. Одним из важных свойств имплантата является способность к остеointеграции. Помимо остеointеграции, необходимыми свойствами являются биосовместимость, коррозионная стойкость. Современное направление в медицинском материаловедении - приданье новым продуктам остеокондуктивных и антибактериальных свойств [1–5].

Приданье пористости металлическим изделиям приводит к снижению плотности с небольшим влиянием на механические свойства. Покрытие фосфатом кальция на металлических имплантатах обеспечивает необходимую пористость для врастания кости, в то время как нижний металлический субстрат несет нагрузку с полным переносом веса вскоре после операции. Основным требованием для разработки гидроксиапатитовых (ГА) покрытий на металлических имплантатах является производство стехиометрического порошкового материала (то есть отношение Ca/P около 1,67) с предпочтительными химическими и фазовыми свойствами, близким сродством к костной ткани и легкостью отложения на неправильных формах [6]. Высококристаллические покрытия гидроксиапатита (ГА) показывают низкие скорости растворения *in vitro* с меньшей резорбцией и более прямым контактом с костью *in vivo*. Аморфный ГА претерпевает быстрое растворение в физиологической среде. Следовательно, ГА с низкой кристалличностью быстро становится слабой и может способствовать воспалительным реакциям. Следовательно, желательно иметь высокую степень кристалличности в покрытиях ГА, хотя допускается присутствие небольшого количества аморфного ГА [7].

Изготовление наноструктурных композитных биоматериалов основано на том факте, что биологическая кость состоит из апатитовых наночастиц, заключенных в коллагеновую (полимерную) матрицу. Более того, в работах [8–11] сообщалось, что уменьшение

размера частиц ZnO приводит к увеличению растворимости биоматериала в воде, поэтому антимикробная активность материала также возрастает.

Целью данной работы является разработка методик и технологий по созданию имплантата, обладающего биомиметической композицией.

Известно, что размер пор, форма, а также морфология поверхности имеет прямое влияние на остеокондуктивные и остеоиндуктивные свойства изделия [12–15]. Тем самым задачами данной работы являются:

1. Получение опытных образцов с трабекулярной, биомиметической архитектурой методом селективного лазерного плавления из стали 316L и медицинского сплава Ti6Al4V.
2. Нанесение композитного покрытия гидрокисалатита и оксида цинка методом гидротермального осаждения.

Разрешение текстуры составляет >40 мкм. Размер пор составляет не менее 300 мкм, что соответствует оптимальному росту костной ткани. Квазиупругий градиент пористых биомиметических структур составляет от 3,2 до 6,4 ГПа для сплава Ti6Al4V.

На рис. 1 схематически показаны этапы процесса создания опытного образца с пористой структурой, полученного методом сканирования трабекулярной структуры кости. В соответствии со схемой первым этапом является получение образца кости интересующей нас анатомической области (верхняя часть бедренной кости).

Исходный образец кости разрезается на пластиинки толщиной до 0,2 мм, после чего каждая пластиинка сканируется оптическим 3Д-сканером высокого разрешения.

На рис. 2 изображена 3Д-модель, полученная сканированием трабекулярной структуры кости в соответствии с технологией настоящего метода. Процесс сканирования костных материалов проводился на оптическом 3D-сканере Smarttech3D Universe (Польша), обработка полученных облаков точек проводилась на программном обеспечении Geomagic Design X.

После моделирования имплантата для его изготовления из данных 3Д-модели используется метод аддитивного производства. Методы аддитивного производства известны и включают в себя создание объектов из данных 3Д-модели путем соединения материалов друг с другом поэтапно.

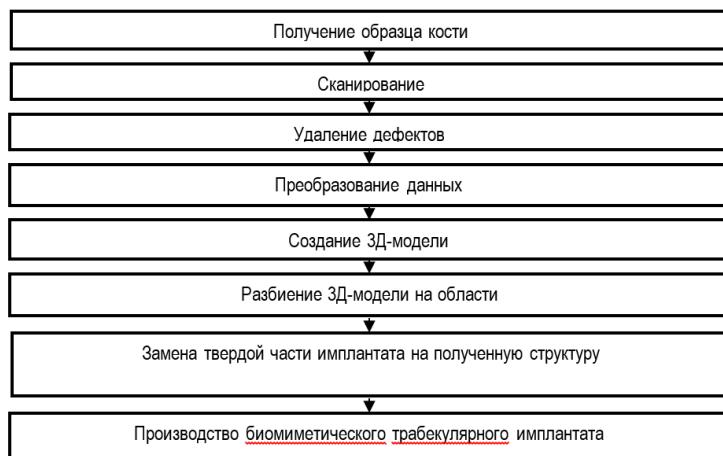


Рисунок 1- Процесс производства имплантата с пористой структурой, полученный сканированием трабекулярной структуры кости

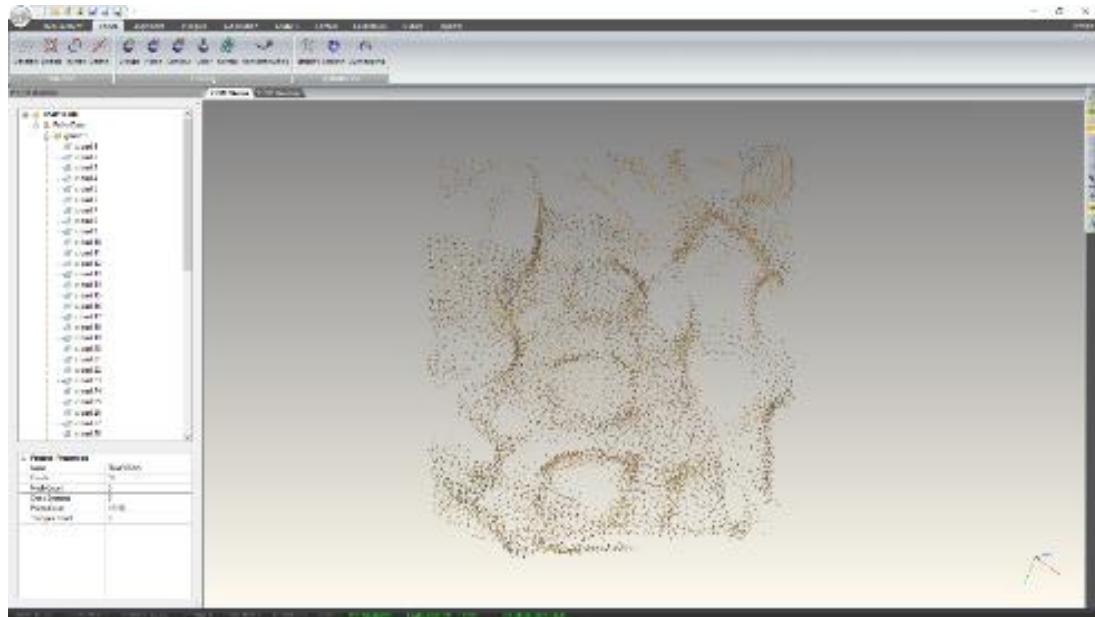


Рисунок 2 - Процесс удаления дефектов в полученном сканировании образца кости

Процесс производства изделия проводится в машине селективного лазерного плавления. Исходным материалом выбирается сертифицированный медицинский порошковый материал для аддитивного производства с химическим составом Ti6Al4V. Более подробно технология селективного лазерного спекания представлена в работе [16].

Пластины размером  $12 \times 10 \times 2$  мм с порами, размер которых не превышал  $\leq 800$  мкм, была получена методом селективного лазерного плавления порошка стали 316L.

Нанесения покрытий проводилось при 2-х различных режимах:

5 В, 90 °C, 12 ммоль/л (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O), 20 ммоль/л CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2 часа, 400 °C, 1 час.

10 В, 90 °C, 6 ммоль/л (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O), 10 ммоль/л CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 2 часа, 400 °C, 1 час.

Процесс нанесения покрытий проводили следующим образом: подложка была прикреплена к медному электроду и погружена в раствор, содержащий CaCl<sub>2</sub> (чистота 99 %) и NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (чистота 99 %) с молярным отношением Ca/P = 1,67 и концентрациями 10 ммоль/л и 6 ммоль/л соответственно. Раствор нагревали с помощью химического реактора с терморубашкой. Температура хладагента составляла 90 °C, температура раствора составляла 86,4 °C. Время осаждения составляло 1 час при pH 6,5. Для поддержания равномерного распределения температуры по всей массе исходного раствора использовали однородное перемешивание. Субстраты были предварительно очищены, в том числе: 15 минут ультразвуковой обработки в ацетоне, 96 % этанола и тройной промывки в дистиллированной воде. Легирование Zn проводилось электрохимическим методом при напряжении 5 В и 10 В, расстояние между электродами составляло 12 см. После нанесения покрытия образец отжигали в муфельной печи при 400 °C в течение 1 часа.

Термометр был использован для контроля температуры во время процесса. Внедрение ионов цинка осуществляли с помощью блока питания (LT ECOS, 7972, Италия), применяя потенциал электрода 5-10 В при температуре 85 °C, стабилизированной термостатической водяной баней (LR-2.ST, IKA, Германия) в течение 2 часов, во время процесса осаждения непрерывное перемешивание осуществляли магнитной мешалкой. Установка гидротермального осаждения показана на схематической диаграмме на рис. 3.

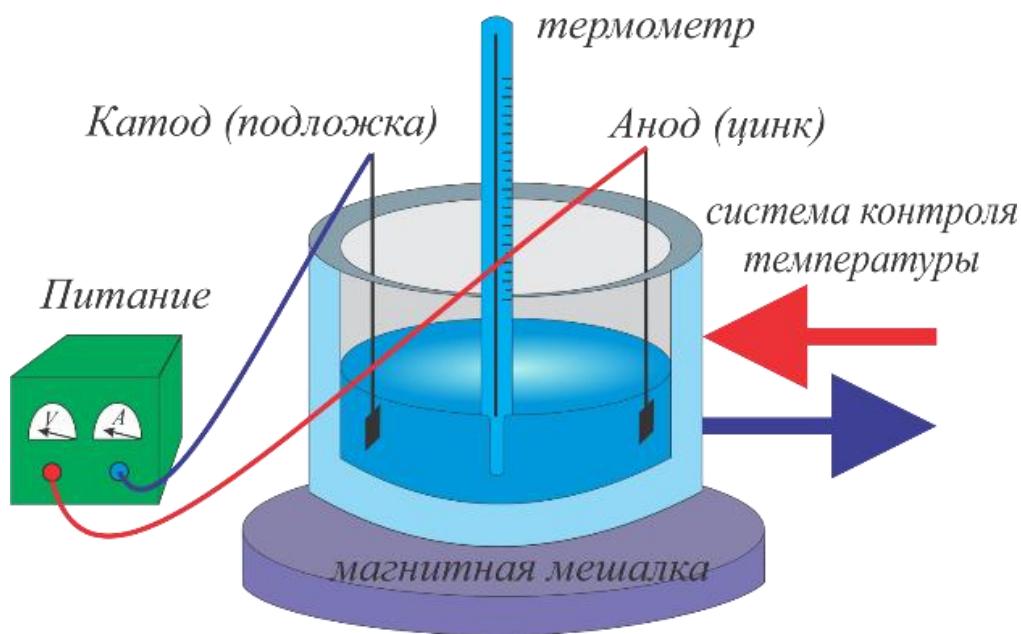


Рисунок 3 - Схематичное изображение установки для осаждения покрытий гидротермальным методом

После осаждения образцы были извлечены из электролитической ванны, промыты десионизированной водой и оставлены для сушки на 24 часа на чистой скамье. Образцы с нанесенным покрытием затем спекали при 400 °C в течение 1 часа в электрической печи, затем постепенно охлаждали до комнатной температуры внутри печи.

Исследование микроструктуры образца при поперечном разрезе показало слабые адгезионные свойства покрытия, что является недостатком использованного метода осаждения покрытий (рис. 4). Красным указана область отслоения покрытия после проб подготовительных работ.

Исследование элементного состава покрытия проводилось с помощью ЭДС на РЭМ, где выбирались минимум 3 точки для анализа. Спектральные линии разделены и идентифицируемы (рис. 4). В табл. 1 представлены результаты ЭДС анализа на РЭМ при режиме осаждения: 5 В, 90 °C, 12 ммоль/л (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O), 20 ммоль/л CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 1 час 15 мин 400 °C. Весовое соотношение Ca/P составило 1,77, что соответствует кальцийдефицитному ГА. Присутствие Zn в составе покрытия не обнаружено, что свидетельствует о его крайне низкой концентрации >0,01 вес. %. Одним из важнейших параметров при осаждении покрытий гидротермальным методом является определение состава раствора. Таким образом, было принято решение провести осаждение при уменьшении концентрации в 2 раза. Уменьшение толщины покрытия должно повысить адгезионные свойства покрытия. Также был увеличен потенциал на электродах до 10 В.

На рис. 5, а представлены область исследования и спектр ЭДС образца № 2. Спектральные линии разделены и идентифицируемы (рис. 4). Подробная информация о концентрации элементов в точках анализа приведена в табл. 2. Соотношение Ca/P на 18 % меньше стехиометрического 2,16 для ГА. Также присутствуют обильные включения других элементов в состав покрытия, что объясняется прониканием электронного луча насквозь покрытия. Концентрация Zn достигает порядка 1,5-2 вес. %.

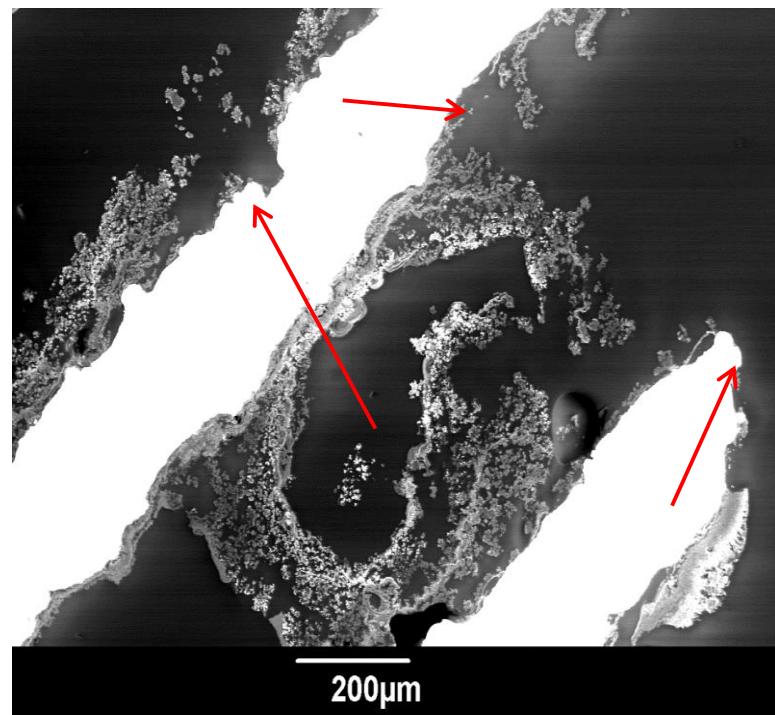


Рисунок 4 – Микроструктура образца № 1 в поперечном разрезе. Режим осаждения: 5 В, 90 °С, 12 моль/л (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>•12H<sub>2</sub>O), 20 моль/л CaCl<sub>2</sub>•2H<sub>2</sub>O, 1 час 15 мин 400 °С

Таблица 1  
Элементный состав покрытия (5 В) и пористой подложки, в вес.%

Спектр	O	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Итог	Ca/P
Спектр 1	28,23	12,94	22,94	7,48		23,39	4,43	100,0	1,77
Спектр 2	31,26	13,55	23,95	6,56		20,76	3,92	100,0	1,77
Спектр 3	5,03	1,16	1,14	17,05	1,40	61,56	12,66	100,0	-
Макс.	31,26	13,55	23,95	17,05	1,40	61,56	12,66		
Мин.	5,03	1,16	1,14	6,56	1,40	20,76	3,92		

Таблица 2  
Элементный состав покрытия (10 В) и пористой подложки, в вес.%

Спектр	O	Si	P	S	Cl	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Zn	Итог	Ca/P
Спектр 1	46,42		14,6 0	0,4 4		25,14	2,6 2		8,0 4	1,3 7	1,3 6	100,0	1,72
Спектр 2	45,86		14,1 8	0,3 8	0,4 2	24,35	3,0 4		9,3 6	1,3 3	1,0 7	100,0	1,72
Спектр 3	40,59		11,5 9			21,31	4,9 8		16, 66	2,7 9	2,0 8	100,0	1,83
Спектр 4	9,57	0,50	1,57	0,5 1		2,69	14, 79	1,3 5	56, 77	12, 26		100,0	-
Макс.	46,42	0,50	14,6 0	0,5 1	0,4 2	25,14	14, 79	1,3 5	56, 77	12, 26	2,0 8		
Мин.	9,57	0,50	1,57	0,3 8	0,4 2	2,69	2,6 2	1,3 5	8,0 4	1,3 3	1,0 7		

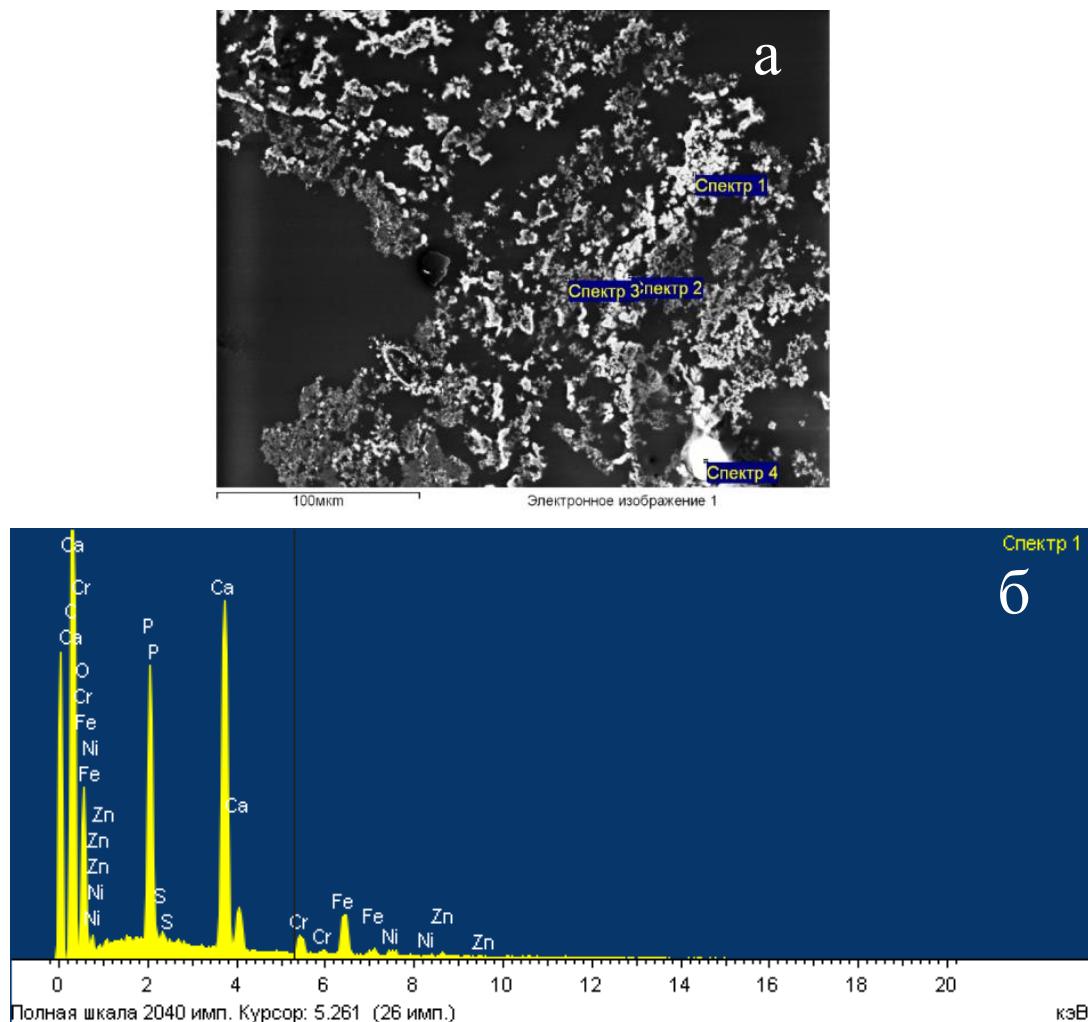


Рисунок 5 - Микроструктура печатного образца AISI 316L с ГА-покрытием, доппированым Zn 10 В, 90 °C, 6 ммоль/л (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O), 10 ммоль/л CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 1 час 15 мин 400 °C: а - область исследования с указанием точек анализа; б – ЭДС-спектр для точки исследования 1

В заключение можно сделать следующие выводы.

Были проведены серии экспериментов по нанесению покрытий методами гидротермального осаждения. Подложкой служили металлические пористые структуры различных сплавов (316L, Ti6Al4V ELI), полученные методом селективного лазерного плавления. Выбор данных сплавов в качестве подложек обусловлен широким применением данных материалов в медицине.

Определен режим осаждения покрытия гидротермальным методом, при котором удовлетворяется соотношение Ca/P, а также концентрация цинка.

Впервые исследованы кальцийфосфатные покрытия, нанесенные на пористые материалы, полученные методом СЛП. Обнаружено, что нанесение покрытий на пористые структуры имеет ряд особенностей. Для гидротермального метода это относительно высокая адгезия по сравнению с плоскими образцами.

Впервые был получен и исследован новый тип материалов для использования в меди-

цине. Эта работа является одной из первых работ, направленных на получение новых типов ортопедических имплантатов с искусственной трабекулярной структурой, подобной кортикальной кости. Соотношение Ca/P полученного покрытия соответствует обычно принятым параметрам. Структура ГА характеризуется высокой степенью кристалличности.

#### Список литературы

1. Bhowmick A. et al. Development of porous and antimicrobial CTS-PEG-HAP-ZnO nanocomposites for bone tissue engineering // RSC Adv. 2015. Vol. 5, № 120. P. 99385–99393.
2. Kanhed S. et al. Microporous Hydroxyapatite Ceramic Composites as Tissue Engineering Scaffolds: An Experimental and Computational Study // Adv. Eng. Mater. 2018. Vol. 20, № 7. P. 1701062.
3. Saxena V., Hasan A., Pandey L.M. Effect of Zn/ZnO integration with hydroxyapatite: a review // Mater. Technol. Taylor & Francis, 2018. Vol. 33, № 2. P. 79–92.
4. Ito A. et al. Zinc-containing tricalcium phosphate and related materials for promoting bone formation // Curr. Appl. Phys. 2005. Vol. 5, № 5. P. 402–406.
5. Pogrebniak A.D. et al. Surface properties, technology of fabrication and prospects of application of medical implants from porous titanium obtained by powder metallurgy // 2016 International Conference on Nanomaterials: Application & Properties (NAP). IEEE, 2016. P. 02NABM08-1-02NABM08-3.
6. Eliaz N. et al. Electrochemical and electrophoretic deposition of hydroxyapatite for orthopaedic applications // Surf. Eng. 2005. Vol. 21, № 3. P. 238–242.
7. CHOUDHURY P., AGRAWAL D.C. Hydroxyapatite (HA) coatings for biomaterials // Nanomedicine. 2012. P. 84–127.
8. Emami-Karvani Z., Chehrazi P. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle on Gram-positive and Gram-negative bacteria // African J. Microbiol. Res. 2011. Vol. 5, № 12. P. 1368–1373.
9. Wahab R. et al. Antibacterial activity of ZnO nanoparticles prepared via non-hydrolytic solution route // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2010. Vol. 87, № 5. P. 1917–1925.
10. Raghupathi K.R., Koodali R.T., Manna A.C. Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanism of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles // Langmuir. 2011. Vol. 27, № 7. P. 4020–4028.
11. Gunalan S., Sivaraj R., Rajendran V. Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens // Prog. Nat. Sci. Mater. Int. 2012. Vol. 22, № 6. P. 693–700.
12. Hannink G., Arts J.J.C. Bioreducibility, porosity and mechanical strength of bone substitutes: What is optimal for bone regeneration? // Injury. Elsevier Ltd, 2011. Vol. 42. P. S22–S25.
13. Bobbert F.S.L., Zadpoor A.A. Effects of bone substitute architecture and surface properties on cell response, angiogenesis, and structure of new bone. Royal Society of Chemistry, 2017. Vol. 5, № 31.
14. Bobbert F.S.L. et al. Acta Biomaterialia Additively manufactured metallic porous biomaterials based on minimal surfaces: A unique combination of topological, mechanical, and mass transport properties // Acta Biomater. Acta Materialia Inc., 2017. Vol. 53. P. 572–584.
15. Sabree I., Gough J.E., Derby B. Mechanical properties of porous ceramic scaffolds: Influence of internal dimensions. 2015. Vol. 41. P. 8425–8432.
16. Touri M. et al. Materials Science & Engineering C 3D – printed biphasic calcium phosphate scaffolds coated with an oxygen generating system for enhancing engineered tissue survival // Mater. Sci. Eng. C. Elsevier, 2018. Vol. 84, № May 2017. P. 236–242.
17. Wang L. et al. Design and optimization of coating structure for the thermal barrier coatings fabricated by atmospheric plasma spraying via finite element method // J. Asian Ceram. Soc. Taibah University, 2014. Vol. 2, № 2. P. 102–116.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 55.19.13

**К.Т. Шеров**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**Р. Габдысалык**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОНУСНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНУСНЫХ ФРЕЗ**

*В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований процесса фрезерования конусной поверхности с использованием конусных фрез, которые показали возможность их применения для обработки отверстий с криволинейными поверхностями полукорпуса крупной шиберной задвижки.*

*Бұл мақалада екі конустық фрезаларды қолдана отырып, конустық бетті фрезерлеу процесін тәжірибелік зерттеу нәтижелері көлтірілген. Конустық бетті фрезерлеу процесін тәжірибелік зерттеу нәтижелері конустық фрезаларды ірі шиберлік ысырмалардың жартылай корпус торабының қысықсызықты бетке ие тесігін өңдеу үшін қолдануға болатындығын көрсетті.*

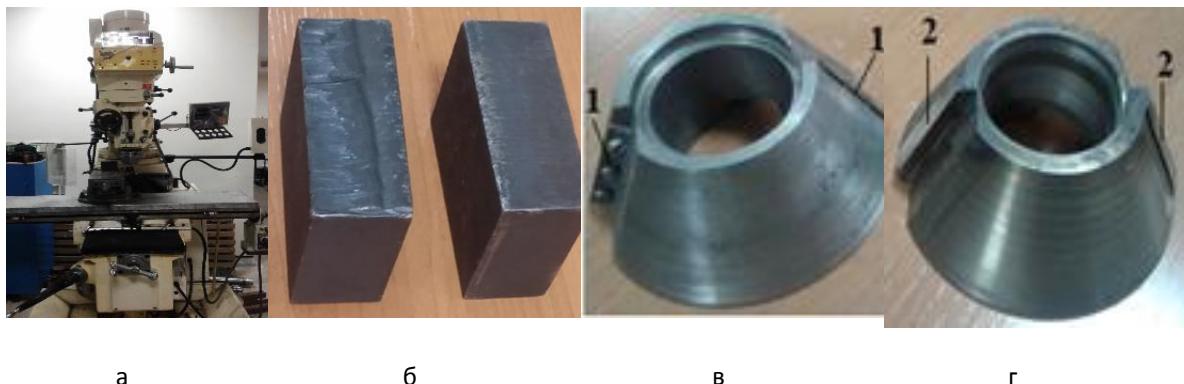
*This article presents the results of experimental studies of the process of milling a tapered surface using tapered cutters. The results of experimental studies of the process of milling a conical surface, using conical cutters showed the possibility of their use for machining holes with curved surfaces of the semi-hull of a large gate valve.*

**Ключевые слова:** конусная фреза трения, шиберная задвижка, фрезерование отверстия, наплавка, сливная стружка, многопроходная сварка.

В работе [1] были исследованы конструкция и классификация трубопроводов, трубопроводной и запорной арматуры, а также различные конструкции задвижек. Выполнено исследование производства трубопроводной арматуры в условиях заводов РК, в частности Усть-Каменогорского арматурного завода, которое показало, что самой сложной и трудоемкой в изготовлении среди трубопроводной арматуры является конструкция крупных шиберных задвижек. Выявлено, что существуют проблемы обеспечения качества и точности при изготовлении крупной шиберной задвижки, связанные с механической обработкой свариваемых кромок переменного сечения профиля отверстий в цилиндрическом корпусе соединений «патрубка-корпус» и со сборкой узлов «седло-шибер» и «корпус» [2-4]. А также исследование технологии изготовления штампосварных соединений крупной шиберной задвижки показало [1], что существенным фактором возникновения дефектов в сварных швах является невозможность обеспечения равномерного зазора по диаметру патрубка из-за низкой точности и качества обработки отверстий с криволинейными поверхностями, а также человеческий фактор, который диктует необходимость использования робототехнических комплексов [5], позволяющих применять многопроходную сварку «MIG-MAG» [6, 7]. Исследование, направленное на решение вышеуказанных проблем, является актуальной задачей.

Исследование проводилось экспериментальными и теоретическими методами. В теоретических исследованиях применены основные положения таких наук, как теория резания материалов, технология машиностроения, проектирование режущих инструментов, технология металлов, технология сварки и теоретические основы наплавки. Экспериментальные исследования проводились с использованием технологического оборудования кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Караган-

динского государственного технического университета. Шероховатость и твердость обработанных поверхностей измерялись с помощью электронных приборов. Для обработки использовались заготовки из материала сталь 20 с размерами 120x80x40 мм. На рис. 1 показан вертикально-фрезерный станок JTM-1050 VSE JET, специальные конусные фрезы и заготовки для обработки.



а

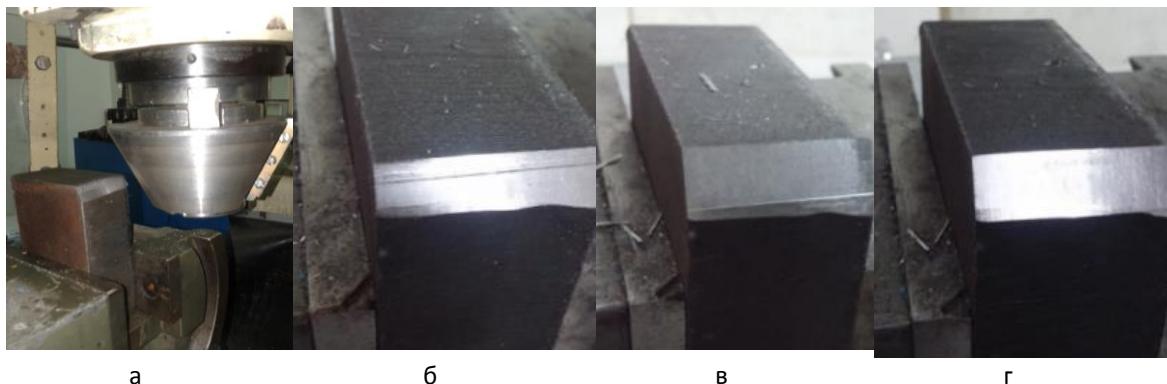
б

в

г

Рисунок 1 - Вертикально-фрезерный станок JTM-1050 VSE JET, специальные конусные фрезы и заготовки для обработки: а – вертикально-фрезерный станок JTM-1050 VSE JET; б – заготовки для обработки; в – конусная фреза, оснащенная твердосплавными пластинками 8230 PRAMET; г – конусная фреза трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G; 1 – твердосплавные пластины; 2 – наплавка

На рис. 2 показан процесс фрезерования конусной поверхности с использованием конусной фрезы, оснащенной твердосплавными пластинками, и обработанные поверхности заготовок при различных режимах резания. Фрезерование конусной поверхности осуществлялось следующими режимами резания:  $n_{шп}=400\div2000$  об/мин;  $S_{ct} = 20\div100$  мм/мин;  $t = 1\div1,5$  мм.



а

б

в

г

Рисунок 2 - Процесс фрезерования конусной поверхности и обработанные поверхности заготовок при различных режимах резания: а – процесс фрезерования; б -  $n_{шп}=1200$  об/мин,  $S_{ct} = 80$  мм/мин,  $t = 1,5$  мм; в -  $n_{шп}=1600$  об/мин,  $S_{ct} = 50$  мм/мин,  $t = 1,5$  мм; г -  $n_{шп}=2000$  об/мин,  $S_{ct} = 50$  мм/мин,  $t = 1,5$  мм

На рис. 3 показаны графики зависимости показателей качества от режимов резания.

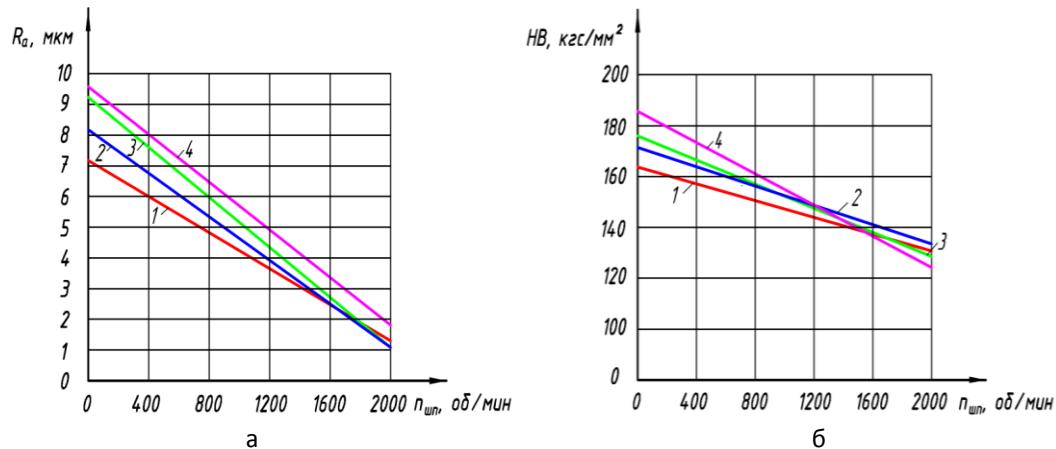


Рисунок 3 - Графики зависимости показателей качества от режимов резания: 1 -  $S_{ct} = 20$  мм/мин; 2 -  $S_{ct} = 50$  мм/мин; 3 -  $S_{ct} = 80$  мм/мин; 4 -  $S_{ct} = 100$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм

На рис. 4 показаны стружки, полученные при различных режимах резания.

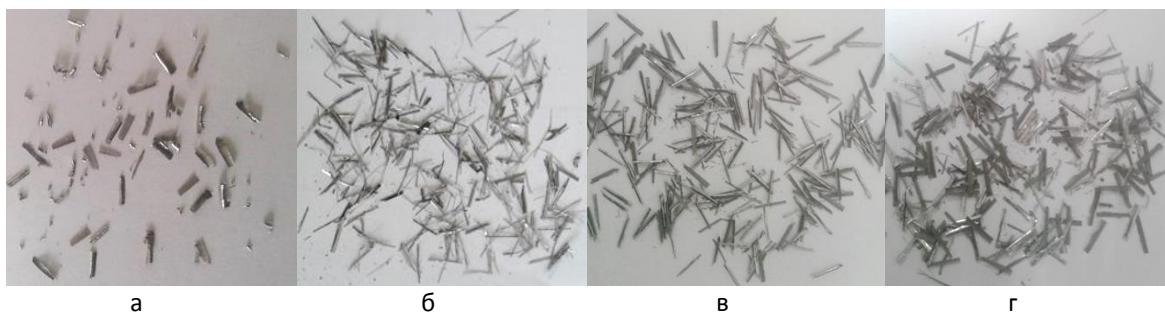


Рисунок 4 - Стружки, полученные при различных режимах резания: а -  $n_{шп}=800$  об/мин,  $S_{ct}=100$  мм/мин,  $t=1,5$  мм; б -  $n_{шп}=1200$  об/мин,  $S_{ct}=80$  мм/мин,  $t=1,5$  мм; в -  $n_{шп}=2000$  об/мин,  $S_{ct}=50$  мм/мин,  $t=1,5$  мм; г -  $n_{шп}=1600$  об/мин,  $S_{ct}=20$  мм/мин,  $t=1,5$  мм

Результаты экспериментальных исследований показали, что при обработке конусной фрезой, оснащенной твердосплавными пластинками, можно обеспечить шероховатость обработанной поверхности  $R_a = 1,25$  мкм (рис. 3, а, прямая 2). Высокое качество обработанной поверхности было достигнуто при обработке режимами резания:  $n_{шп}=2000$  об/мин;  $S_{ct} = 50$  мм/мин (рис. 3, а, прямая 2, рис. 2, г). При этих режимах резания также обеспечивается необходимая твердость обработанной поверхности  $HB > 130$  (рис. 3, б, прямая 2). Было установлено, что увеличение скорости резания положительно влияет на показатели качества обработанной поверхности, а увеличение подачи наоборот снижает (рис. 3 а, б). При обработке на различных режимах резания были получены сливные стружки различного размера (рис. 4). Увеличение скорости резания благоприятно сказы-

вается при дроблении стружки. При увеличении подачи  $S_{cm} = 80 \div 100$  мм/мин наблюдалось увеличение стружки по толщине (рис. 4, а).

На рис. 5 показан процесс фрезерования конусной поверхности с использованием конусной фрезы трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G, а также обработанные поверхности заготовок при различных режимах резания.

Фрезерование конусной поверхности осуществлялось следующими режимами резания:  $n_{шп} = 500 \div 2500$  об/мин;  $S_{cm} = 20 \div 100$  мм/мин;  $t = 1 \div 1,5$  мм.

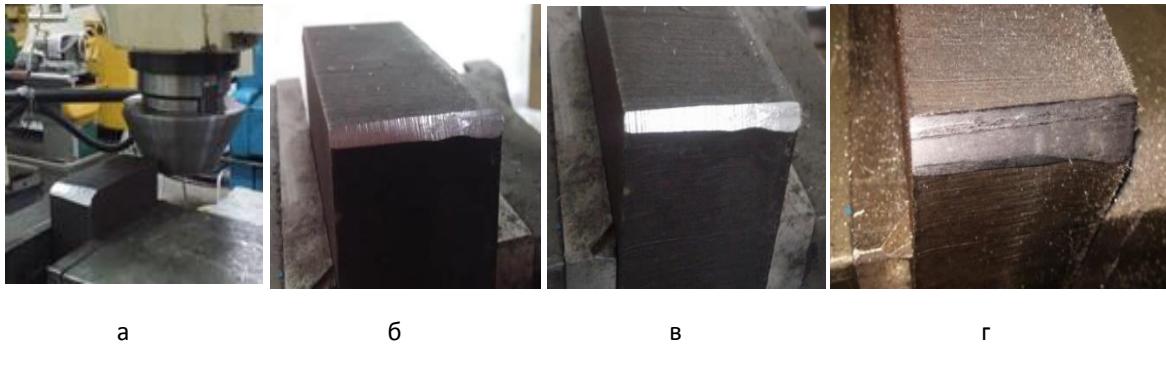


Рисунок 5 - Процесс фрезерования конусной поверхности и обработанные поверхности заготовок при различных режимах резания: а – процесс фрезерования; б -  $n_{шп} = 1500$  об/мин,  $S_{ct} = 80$  мм/мин,  $t = 1$  мм; в -  $n_{шп} = 2500$  об/мин,  $S_{ct} = 40$  мм/мин,  $t = 1$  мм; г -  $n_{шп} = 2000$  об/мин,  $S_{ct} = 60$  мм/мин,  $t = 1$  мм

На рис. 6 показаны графики зависимости показателей качества от режимов резания.

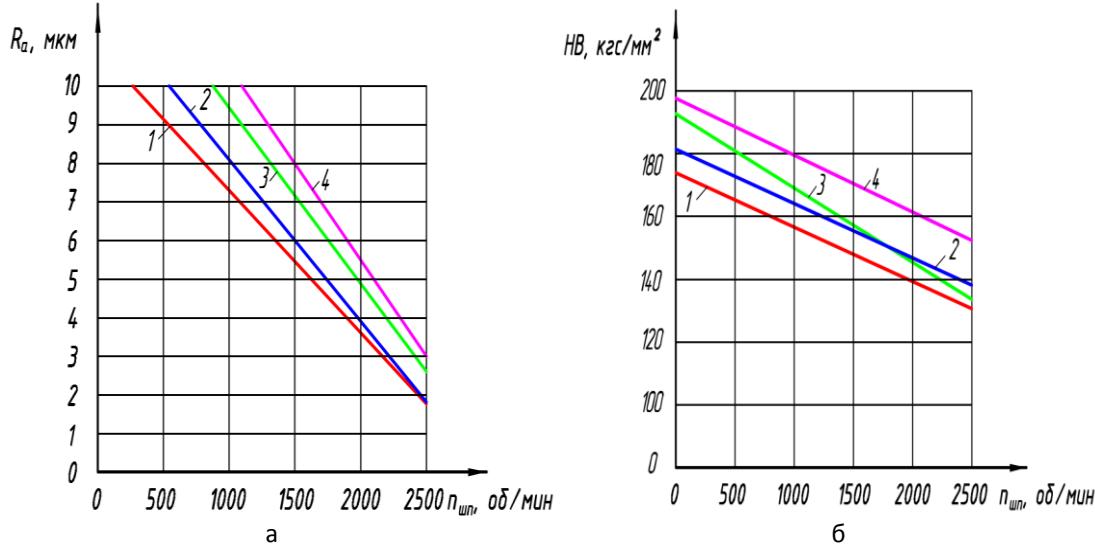


Рисунок 6 - Графики зависимости показателей качества от режимов резания: 1 -  $S_{ct} = 20$  мм/мин; 2 -  $S_{ct} = 40$  мм/мин; 3 -  $S_{ct} = 60$  мм/мин; 4 -  $S_{ct} = 80$  мм/мин;  $t = 1$  мм

На рис. 7 показаны стружки, полученные при различных режимах резания.



а

б

в

г

Рисунок 7 - Стружки, полученные при различных режимах резания: а -  $n_{шп} = 1000$  об/мин,  $S_{ct} = 20$  мм/мин,  $t = 1$  мм; б -  $n_{шп} = 1500$  об/мин,  $S_{ct} = 40$  мм/мин,  $t = 1$  мм; в -  $n_{шп} = 2000$  об/мин,  $S_{ct} = 60$  мм/мин,  $t = 1$  мм; г -  $n_{шп} = 2500$  об/мин,  $S_{ct} = 60$  мм/мин,  $t = 1$  мм

Результаты экспериментальных исследований процесса фрезерования конусной фрезой трения с наплавкой показали, что с увеличением скорости резания и уменьшением подачи все показатели качества обработанной поверхности улучшаются. Однако чрезмерное уменьшение подачи отрицательно влияет на производительность обработки.

В результате выполненных экспериментальных исследований были установлены оптимальные режимы резания:  $n_{шп} = 2500$  об/мин;  $S_{ct} = 40$  мм/мин. При обработке на этих режимах была достигнута шероховатость обработанной поверхности  $R_a = 1,75$  мкм (рис. 6, а, прямая 2), а также обеспечивается необходимая твердость обработанной поверхности  $HB > 130$  (рис. 6, б, прямая 2). Обработанная поверхность заготовки показана на рис. 5, в.

При фрезеровании на различных режимах резания образовались сливные стружки различного размера (рис. 7). При наименьших значениях подачи  $S_{ct} < 40$  мм/мин образовались стружки маленького размера (рис. 7 а, б). С увеличением подачи  $S_{ct} > 40$  мм/мин наблюдалось увеличение размеров стружки (рис. 7 в, г).

Результаты экспериментальных исследований процесса фрезерования конусной поверхности с использованием конусной фрезы, оснащенной твердосплавными пластинками, и конусной фрезой трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G, показали возможность их применения для обработки отверстий с криволинейными поверхностями полукорпуса крупной шиберной задвижки. При обработке обеими фрезами были достигнуты высокие результаты показателей качества обработанной поверхности, которые позволяют обеспечить равномерный зазор по диаметру патрубка и применять многопроходную сварку «MIG-MAG» с использованием робототехнического комплекса по заданной программе с учетом получения коренного валика с обратным формированием методом STT.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Результаты исследования производства трубопроводной арматуры в условиях заводов РК, в частности Усть-Каменогорского арматурного завода, показали, что существуют проблемы обеспечения качества и точности при изготовлении крупных шиберных задвижек. Выявлено, что низкие качество и точность обработки отверстия полукорпуса с криволинейными поверхностями приводят к сложности обеспечения равномерного зазора по диаметру патрубка задвижки.

2. Для решения данной проблемы были разработаны и изготовлены специальные конусные фрезы - конусная фреза, оснащенная твердосплавными пластинками, и конусная фреза трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G.

3. При обработке обеими фрезами были достигнуты высокие результаты показателей качества обработанной поверхности  $R_a=1,25\div1,75$  мкм. Установлено, что увеличение скорости резания положительно влияет на показатели качества, а увеличение подачи наоборот.

4. Выявлены оптимальные режимы резания: для конусной фрезы, оснащенной твердосплавными пластинками,  $n_{un}=2000$  об/мин;  $S_{cm} = 50$  мм/мин; для конусной фрезы трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G  $n_{un}=2500$  об/мин;  $S_{cm} = 40$  мм/мин.

5. При обработке обеими фрезами образовывалась сливная стружка и осуществлялось качественное дробление стружки, а также увеличение подачи приводило к увеличению размеров стружки.

6. Результаты экспериментальных исследований процесса фрезерования конусной поверхности с использованием конусной фрезы, оснащенной твердосплавными пластинками, и конусной фрезой трения с наплавкой из наплавочного материала STOODY M7-G, показали возможность их применения для обработки отверстий с криволинейными поверхностями полукорпуса крупной шиберной задвижки.

#### Список литературы

1. Шеров К.Т. Анализ и исследование проблемы изготовления крупных задвижек для магистральных трубопроводов / К.Т.Шеров, Р. Габдысалык // Тр. Ун-та. – Караганда: Изд-во КарагТУ, 2018. - № 1(70). - С. 13-17.
2. Габдысалык Р. Повышение износстойкости сопрягаемых поверхностей узла «седло-шибер» крупных шиберных задвижек / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров, Ю.И. Лопухов // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. - Алматы: Изд-во КазАТК, 2018. - № 1(104). - С. 67-76.
3. Габдысалык Р. Проблемы обработки и сборки узла «корпус» крупных шиберных задвижек / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10). – Ч. 5. – Караганда: Изд-во КарагТУ, 2018. – С. 92-94.
4. Габдысалык Р. Исследование и совершенствование технологии изготовления штампосварной конструкции крупных шиберных задвижек / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров, А.В. Маздубай и др. // Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Изд-во ПГУ, 2018. – № 3. - С. 7 1-81.
5. Габдысалык Р. Вопросы роботизации сварки узлов крупных шиберных задвижек штампосварной конструкции / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров // Матер. междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности». – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – С. 94.
6. Gabdyssalyk R., Lopukhov Y.I., Dudkin M.V. Study of the structure and properties of the metal of 10Cr17Ni8Si5Mn2Ti grade during cladding in a protective atmosphere / News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev. Series of Geology and technical sciences №2 (428) – P.95-103.
7. Габдысалык Р. Повышение эрозионных свойств дисперсионно-твердеющей стали в условиях наплавки MAG для теплоэнергетической арматуры / Р. Габдысалык, Ю.И. Лопухов // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2015. - № 2 - С. 63-69.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 29.19.22

**В.М. Юров, С.А. Гученко, В.Ч. Лауринас, О.Н. Завацкая**

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда

## К ВОПРОСУ О КРИТИЧЕСКОМ РАДИУСЕ НАНОСТРУКТУР

*Приповерхностный слой наноструктуры состоит из двух слоев  $d(I)$  и  $d(II)$ . Первый критический размер  $d(I)$  отвечает процессам релаксации или реконструкции поверхностного слоя. Второй критический размер  $d(II)$  отвечает за размерную зависимость физических свойств.*

*Наноқұрылымның беткі қабаты  $d(I)$  және  $d(II)$  екі қабаттан тұрады.  $d(I)$  бірінші критикалық өлшем беткі қабаттың релаксация немесе реконструкция процестеріне сәйкес келеді.  $d(II)$  екінші критикалық өлшем физикалық қасиеттердің өлшемдік тәуелділігіне жауап береді.*

*The surface layer of the nanostructure consists of two layers  $d(I)$  and  $d(II)$ . The first critical size  $d(I)$  corresponds to the processes of relaxation or reconstruction of the surface layer. The second critical size  $d(II)$  is responsible for the size dependence of physical properties.*

**Ключевые слова:** наноструктура, критический размер, поверхность.

Экспериментальные и теоретические исследования малых частиц позволяют утверждать, что размер частиц является активной переменной, определяющей вместе с другими термодинамическими переменными состояние системы [1]. У наноструктур, начиная с определенного размера, появляется так называемый размерный эффект, то есть зависимость свойств наноструктур от размера наночастиц. Размерный эффект Г. Глейтер определил как совпадение размера блока микроструктуры и некоторого критического размера, характеризующего явление (длина свободного пробега электронов, размер магнитных доменов и др.) [2].

Экспериментальные данные [3] и результаты моделирования методом молекулярной динамики [4] подтверждают существование критического размера  $d$  нанообъекта, при котором энталпия плавления становится равной нулю. Например, энталпия плавления наночастиц олова, имеющих средний размер  $r = 3,2$  нм, равна нулю (критический радиус равен  $d = 1,6$  нм) [5].

Если выполняется соотношение  $r \leq d$ , тогда жидкость переходит в аморфное состояние (в стекло) при любой скорости охлаждения. Поэтому авторы работы [5] пришли к заключению, что  $d$  является наименьшим возможным размером кристаллической наночастицы. В этой же работе приводится оценка величины  $d$  (табл. 1).

Таблица 1  
Критический размер нанообъекта [5]

Металл	Au	Cu	Bi	Pb	Na	Sn
$d$ , нм	2,55	2,26	3,26	3,10	3,38	2,98

Для размерной зависимости некоторого физического свойства твердого тела  $A(r)$  нами получены соотношения [6, 7]:

$$A(r) = A_0 \cdot \begin{cases} 1 - \frac{d}{r}, & r >> d \\ 1 - \frac{d}{d+r}, & r \leq d. \end{cases} \quad (1)$$

Параметр  $d$  связан с поверхностным натяжением  $\sigma$  формулой:

$$d = \frac{2\sigma v}{RT}. \quad (2)$$

Здесь  $\sigma$  – поверхностное натяжение массивного образца;  $v$  – объем одного моля;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – температура.

В координатах  $A/A_0 \sim 1/r$  экспериментальная кривая спрямляется в соответствии с (1), давая значение  $d$  в соответствии с (2). Эта ситуация представлена на рисунке и в работе [8].

Слой толщиной  $h=d$  назовем слоем (I), а слой при  $h \approx 10d$  – слоем (II) атомарно-гладкого кристалла. При  $h \approx 10d$  начинает проявляться размерная зависимость физических свойств материала, и такая структура называется наноструктурой. При  $h=d$  в поверхностном слое происходит фазовый переход. Он сопровождается резкими изменениями физических свойств, например прямой эффект Холла-Петча меняется на обратный [9].

Согласно современным представлениям [10], под поверхностной фазой понимают сверхтонкую пленку, находящуюся в равновесном состоянии с кристаллической основой, свойства, структура и состав которой отличны от объемных свойств. В 80-х годах прошлого столетия появилась рентгеновская оптика, которая позволяет исследовать тонкие приповерхностные слои различных веществ в геометрии скользящих рентгеновских лучей [11, 12].

Экспериментальное значение для атомарно гладких поверхностей кристаллов золота, полученное в геометрии скользящих рентгеновских лучей, равно 2,4 нм. Это практически совпадает с табл. 2. и близко к табл. 1

Значения параметра  $d$  для некоторых металлов приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Толщина поверхностного слоя (I) некоторых металлов

Me	$d$ , nm										
Li	0,7	Sr	5,8	Sn	1,4	Cd	1,3	Fe	2,2	Gd	5,3
Na	1,5	Ba	6,2	Pb	1,8	Hg	0,6	Co	2,0	Tb	5,3
K	2,6	Al	1,5	Se	1,3	Cr	2,7	Ni	1,9	Dy	5,3
Rb	2,9	Ga	0,6	Te	2,5	Mo	4,6	Ce	3,8	Ho	5,5
Cs	3,6	In	1,1	Cu	1,6	W	5,8	Pr	4,2	Er	5,5
Be	1,3	Tl	1,9	Ag	2,2	Mn	2,0	Nd	4,5	Tm	5,2
Mg	2,2	Si	3,4	Au	2,3	Tc	3,6	Sm	4,4	Yb	4,6
Ca	4,9	Ge	2,8	Zn	1,1	Re	4,6	Eu	5,8	Lu	5,7

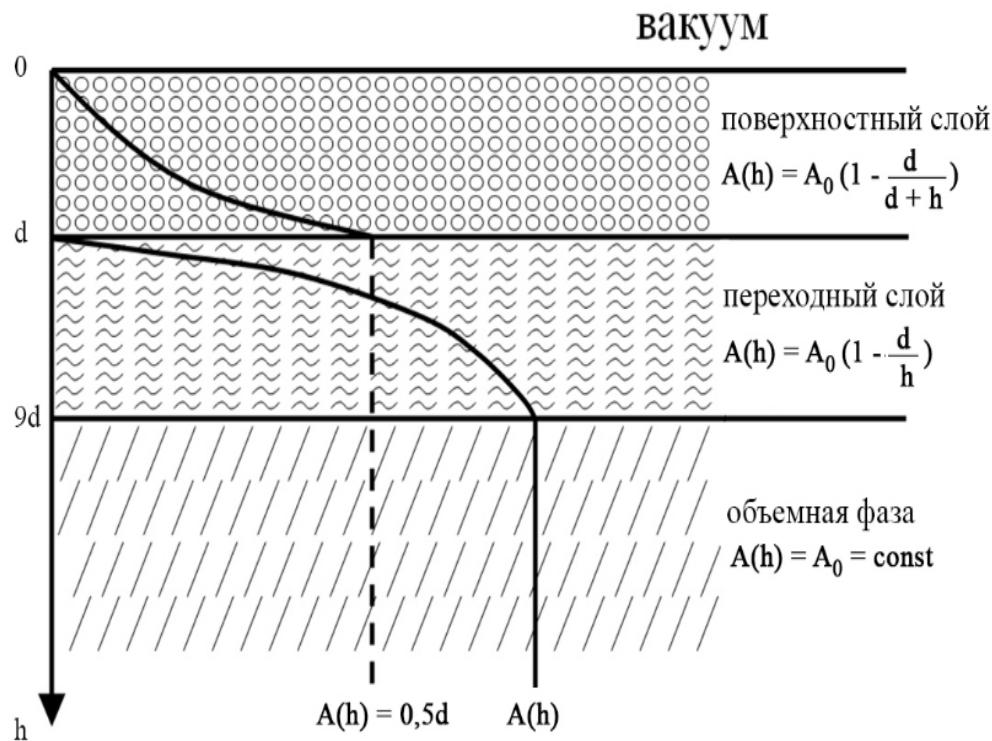


Рисунок - Схематическое изображение поверхностного слоя

Из рис. 1 следует, что поверхностный слой металла распадается на два критических размера:  $d(I) = d$  и  $d(II) \approx 10d$ . Первый размер отвечает процессам релаксации и реконструкции поверхности [13]. Второй размер отвечает за размерную зависимость физических свойств. Длина свободного пробега электрона в золоте составляет  $\lambda \approx 22$  нм [14], т.е. равно  $d(II) \approx 10d$  (табл. 1). Это соответствует предположению Г. Глейтера [2].

Параметр решетки золота  $a = 0,4$  нм. Значит, слой  $d(I)$  содержит около 3 монослоев атомов золота и  $d(II)$  – около 60 монослоев золота.

В заключении данной статьи приведем эмпирические закономерности, которые можно использовать не только для металлов, но и для наноструктур различных соединений. Для оценки поверхностного натяжения можно использовать соотношение:

$$\sigma = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot T_m, \quad (3)$$

где  $T_m$  – температура плавления.

Толщину поверхностного слоя можно оценить по формуле:

$$d = 0,17 \cdot \upsilon, \quad (4)$$

где  $\upsilon$  – атомный объем материала.

Удивительно, но важнейший параметр наноструктуры – критический радиус – определяется одним параметром – атомным объемом элемента или его соединения.

## Список литературы

1. Гусев А.И. Эффекты нанокристаллического состояния в компактных металлах и соединениях. – УФН. – 1998. - Т. 168. - № 1. – С. 55 – 83.
2. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure. // Acta Mater., 2000, v 48. - P. 1-29.
3. Lai S.L., Guo J.Y., Petrova V., Ramanath G., Allen L.H. Size-dependent melting properties of small tin particles: nanocalorimetric measurements // Physical Review Letters. – 1996. – V. 77. – № 1. – P. 99-102.
4. Гафнер Л.В. Моделирование процессов структурообразования нанокластеров меди в рамках потенциала сильной связи / Л.В. Гафнер, С.Л. Редель, Ю.Я. Гафнер // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2009. – Т. 135. – Вып. 5. – С. 899-916.
5. Zhang Z., Zhao M., Jiang Q. Glass transition thermodynamics of organic nanoparticles // Physica B: Condensed Matter. – 2001. – V. 293. – I. 3-4. – P. 232-236.
6. Пат. РК №23223 Способ измерения поверхностного натяжения люминофоров / В.М. Юров. - Опубл. 27.11.2010, Бюл. № 11.
7. Юров В.М. Размерные эффекты и поверхностное натяжение чистых металлов / В.М. Юров, В.Ч. Лауринас, С.А. Гученко и др. // Успехи современного естествознания. – 2012. - № 7. – С. 88-93.
8. Юров В.М. Толщина поверхностного слоя чистых металлов / В.М. Юров, В.Ч. Лауринас, С.А. Гученко и др. // Современные проблемы науки и образования. Электронный журнал. – 2012. - № 5. - Режим доступа: <http://science-education.ru/105-6930/>.
9. Юров В.М. Некоторые вопросы физики прочности металлических наноструктур / В.М. Юров, В.Ч. Лауринас, С.А. Гученко // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. - Тверь: Твер. гос. ун-т. – 2013. - Вып. 5. - С. 408-412.
10. Оура К. Введение в физику поверхности / К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин и др. – М.: Наука, 2006. – 490 с.
11. Андреев А.В. Рентгеновская оптика поверхности // Успехи физических наук. – 1985. – Т. 145. – Вып. 1. – С. 113-136.
12. Guo J. X-Rays in nanoscience: Spectroscopy, spectromicroscopy, and scattering techniques. – Wiley: VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010. – 263 p.
13. Aghemen Oh. E., Iyayi S.E., Avwir G.O. Surface relaxation and surface energy of face –centered Cubic metals // J. Appl. Sci. Environ. Mgt., 2006, Vol. 10 (1). – P. 37 – 42.
14. Ливанов Д.В. Физика металлов. – М.: МИСиС, 2006. – 279 с.

Получено 1.02.2019

---

---



МНРТИ 87.53.13

**А.Б. Сатимбекова, А.А. Бекаурова, А.К. Диканбаева, А.П. Ауешов,  
Н.У. Умирзахов**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, г. Шымкент

**Ж.К. Идришева**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*В статье рассматриваются проблемы переработки асбестосодержащих отходов производства хризотил-асбеста АО «Кустанайские минералы». Приведены результаты термодинамического расчета взаимодействий основных компонентов асбестового отхода: серпентинита, форстерита, тальк-хлорита, брусита и оксида магния с минеральными кислотами азотной, соляной, серной в интервале температур 273-283 К.*

*Мақалада "Қостанай минералдары" АҚ хризотил-асбест өндірісінің құрамында асбесті бар қалдықтарды өңдеу мәселелері қарастырылады. Асбест қалдықтарының негізгі компоненттері: серпентинит, форстерит, тальк-хлорит, брусит және магний тотықтарының минералды қышқылдар – азот, тұз және күкірт қышқылдарымен 273-283 К температура аралығында өзара әрекеттесуінің термодинамикалық есептеу нәтижелері көлтірілген.*

*The article deals with the problems of processing asbestos-containing waste production of chrysotile asbestos JSC "Kustanay minerals". The results of thermodynamic calculation of the interactions of the main components of asbestos waste: serpentine, forsterite, talc chlorite, brucite and magnesium oxide with mineral acids – nitrogen, salt, sulfur in the temperature range of 273-283 K.*

**Ключевые слова:** асбестовый отход, серпентинит, форстерит, тальк-хлорит, брусит, оксид магния.

Комбинат АО «Кустанайские минералы» расположен на севере Казахстана (г. Житикара, Кустанайская область). Комбинат разрабатывает Житикаринское месторождение, занимающая пятое место в мире по запасам хризотил-асбеста. Основные производственные мощности комбината были построены и пущены в эксплуатацию в период с 1965 по 1974 гг. Первоначальные запасы месторождения составляли 1074 млн т. Добыча хризотил-асбеста сопровождается не только изъятием и нарушением земельных ресурсов, но и образованием в большом количестве отходов: отвалов, некондиционных руд, вскрышных пород, хвостохранилищ и т.д., в результате консерваций которых огромные территории оказываются выведенными из оборота. Происходит изменение их структуры, социальной и экономической значимости как важнейших компонентов природных систем, возникновение экологических проблем, связанных с рациональным использованием природных ресурсов. По современным классификациям большинство отходов горного и обогатительного производства оцениваются как техногенные месторождения, которые могут быть представлены как отходами добычи, так и обогащениями смешанного типа [1, 2]. При этом техногенные месторождения выступают как активный вторичный источник загрязнения, причиняя значительный экологический ущерб природной среде в уже существующих промышленных зонах с тяжелой экологической ситуацией. Это определяет необходимость комплексного подхода к

изучению техногенных месторождений, их переработки с последующим получением различных материалов, химических соединений и т.д. с рыночной ценностью [3].

Одним из крупных техногенных месторождений оксида магния в Казахстане в настоящее время является территория отходов и отвалов (полигоны и хранилища) горно-обогатительного комбината Житикаринского месторождения. В АО «Кустанайские минералы» ежегодно добывается свыше 200 тыс. тонн хризотил-асбеста. Среднее содержание асбеста в добываемой руде составляет от 4,82 до 5,74 %. Остальное направляется в отвалы, полигоны и хранилища. В настоящее время ими накоплено около 500-600 млн тонн, и ежегодно они пополняются миллионами тонн за счет производственной деятельности комбината.

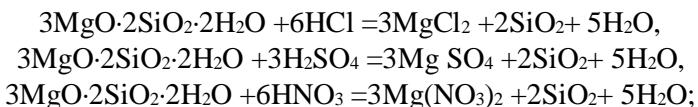
Значимость проблемы переработки данного техногенного месторождения обуславливается не только экологической ситуацией территории захоронений отходов, но и коммерческой ценностью полезных компонентов отходов, особенно ценнейшего металла магния и его соединений, которые могут быть получены при их обработке. Содержание магния в этих отходах достигает 20-25 %, что вполне оправдывает современные тенденции в этом вопросе – появление все большего количества работ по комплексному освоению сырья, связанному не только с природным сырьем, но и с повторной переработкой заскладированных масс. В связи с этим целью данной работы является разработка метода улучшения экологической обстановки территорий захоронений и складирования отходов горно-обогатительного комбината Житикаринского месторождения путем комплексного использования минерального сырья производства хризотил-асбеста с одновременной утилизацией отходов переводом их в категорию материалов с рыночными ценностями, в частности солей магния.

В основу методики исследований включены подходы, которые предусматривают проведение комплекса термодинамических, физико-химических, лабораторно-экспериментальных и аналитических исследований. В данной работе проведено термодинамическое изучение взаимодействия основных компонентов пылевидных отходов производства хризотил-асбеста АО «Кустанайские минералы» с минеральными кислотами соляной, азотной и серной. Термодинамическая оценка проведена по программе «Астра» в диапазоне температур 273-383 К по уравнениям реакций разложения серпентинита, форстерита, талько-хлорита, брусита и оксида магния минеральными кислотами.

Отходы хризотил-асбеста АО «Кустанайские минералы» которые имеют усредненный химический состав, %:  $\text{gO} = 40,15$ ,  $\text{SiO}_2 = 35,20$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 6,80$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,72$ ,  $\text{CaO} = 0,63$ ; находятся в виде минералов, %: серпентина – 60, талька – 18, брусита – 4, оксида магния – 4, магнетита – 6-7. Прежде чем подвергать отходы действиям минеральных кислот, была проведена термодинамическая оценка возможности разложения основных компонентов по программе «Астра» в диапазоне температур 273-383 К по уравнениям реакций разложения серпентинита, форстерита, талько-хлорита, брусита и оксида магния минеральными кислотами.

Результаты термодинамических расчетов по соответствующим реакциям разложения основных минеральных компонентов ХАО кислотами представлены на рис. 1-5:

*a) серпентинита*



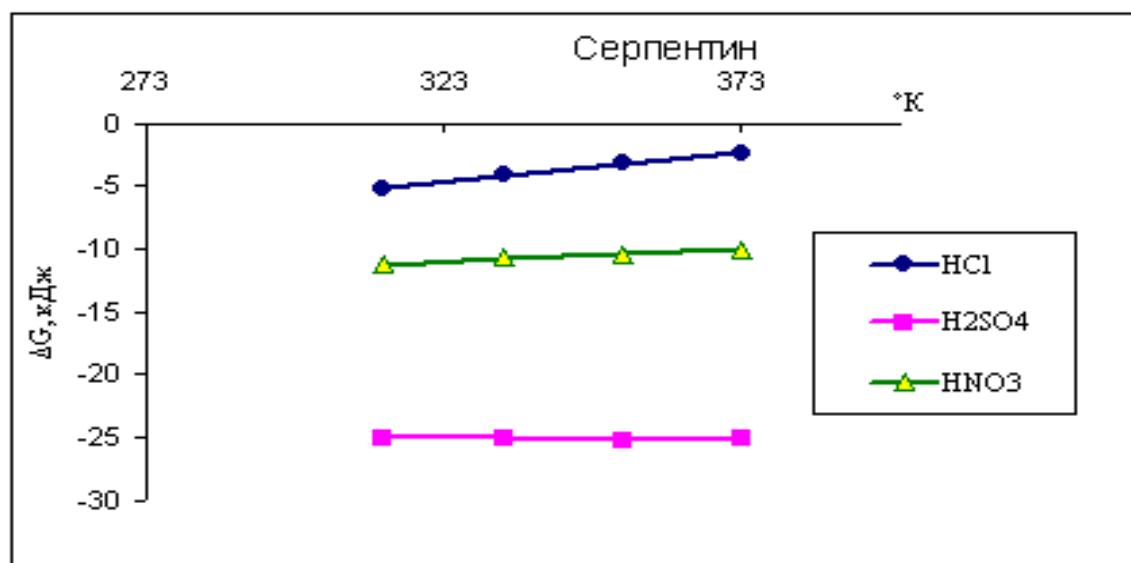


Рисунок 1 – Стандартная энергия Гиббса ( $\Delta G_0$ , кДж) реакции разложения серпентинита минеральными кислотами

б) форстерита

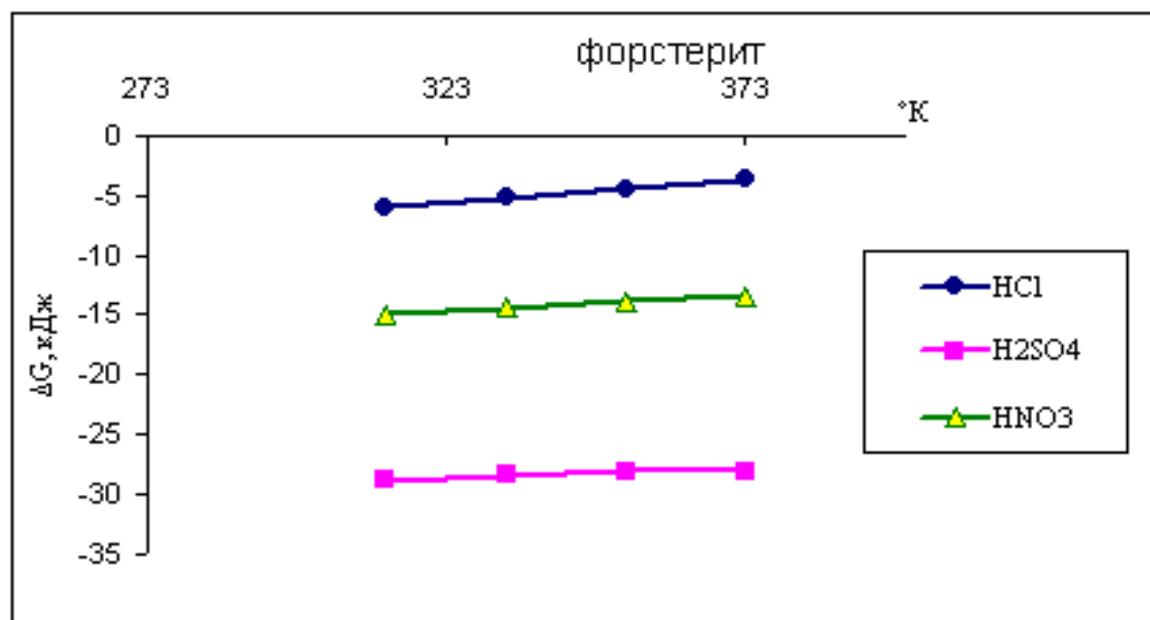
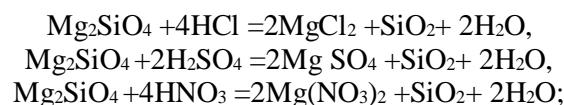


Рисунок 2 – Стандартная энергия Гиббса ( $\Delta G_0$ , кДж) реакции разложения форстерита минеральными кислотами

## 6) талько-хлорита

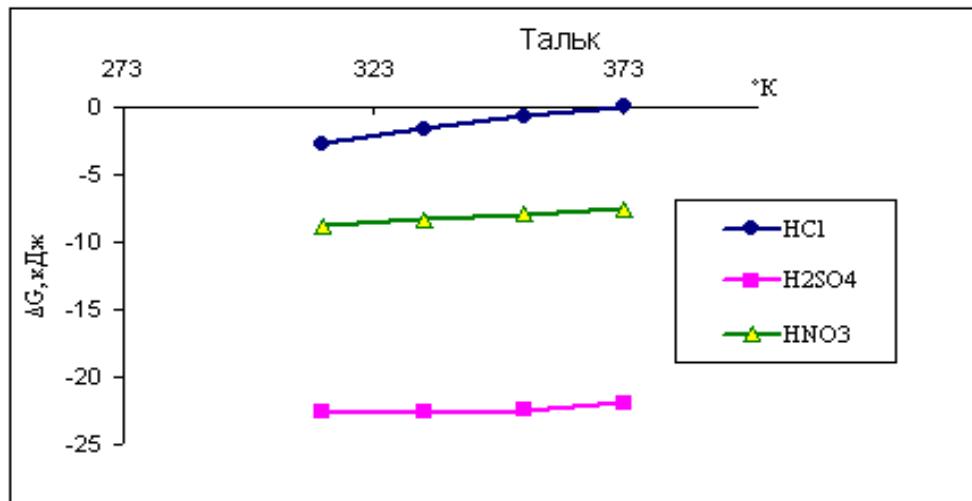
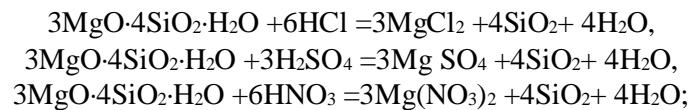


Рисунок 3 – Стандартная энергия Гиббса ( $\Delta G_0$ , кДж) реакции разложения талько-хлорита минеральными кислотами

## 7) брусита

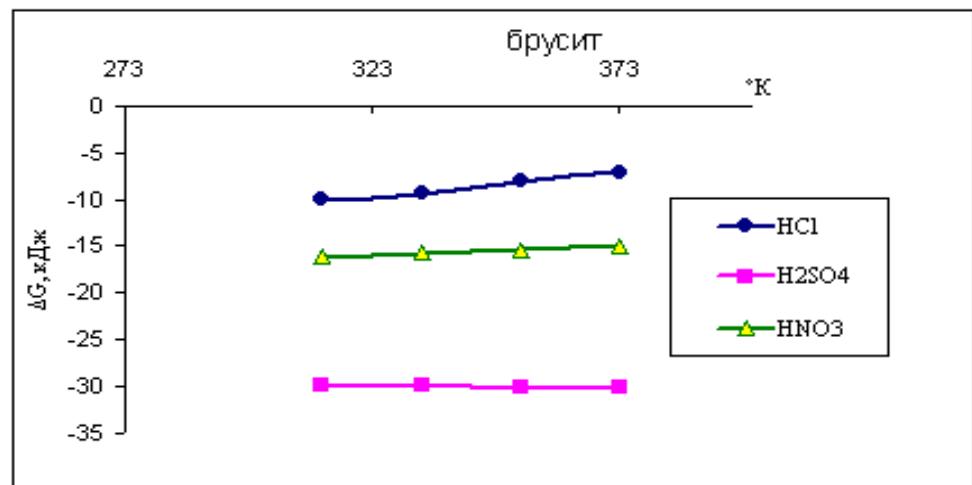
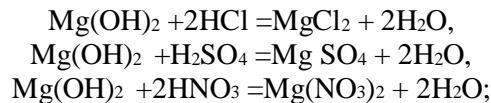


Рисунок 4 – Стандартная энергия Гиббса ( $\Delta G_0$ , кДж) реакции разложения брусита минеральными кислотами

e) оксида магния

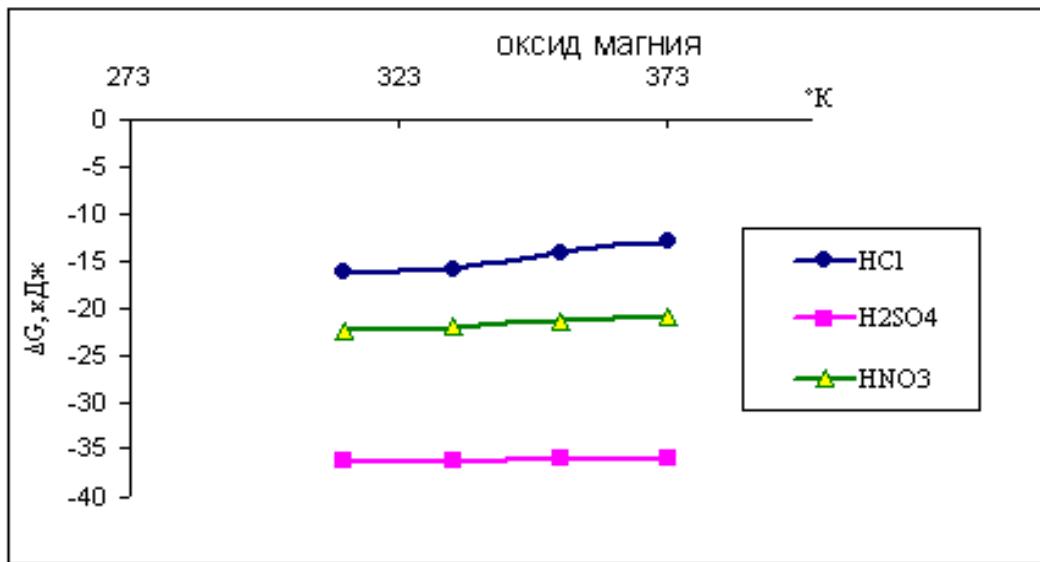
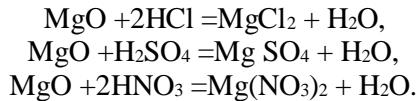


Рисунок 5 – Стандартная энергия Гиббса ( $\Delta G_0$ , кДж) реакции разложения оксида магния минеральными кислотами

По термодинамическим расчетам  $\Delta G = f(T)$  по рис. 1-5 все реакции разложения основных компонентов ХАО соляной, серной и азотной кислотами при рассматриваемом диапазоне температур (273-383 К) имеют отрицательную свободную энергию Гиббса, что свидетельствуют о реальной возможности таких превращений. По термодинамическим данным кислотное выщелачивание наиболее благоприятно идет с серной кислотой, затем с соляной кислотой, на третьем месте – азотная кислота. Из выщелачиваемых компонентов наиболее легко должен растворяться оксид магния, затем брусит, серпентин должен растворяться третьим, последним талько-хлорид.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Термодинамический расчет  $\Delta G = f(T)$  взаимодействия основных компонентов талько-хлорита, брусита, оксида магния с минеральными кислотами соляной, серной, азотной показывает, что активность разложения кислотами располагается в ряду: оксид магния > брусит > форстерит > талько-хлорид.

#### Список литературы

1. Яковлев В.Л. Техногенные месторождения России / В.Л. Яковлев, П.П. Бастан // Горный журнал. – Изв. вузов. – 1996. – № 10. – С. 146-157.
2. Трубецкой К.Н. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия / К.Н. Трубецкой, В.Н. Уманец, М.Б. Никитин // Горный журнал. – 1989. – № 2. – С. 6-9.
3. Макаров А.Б. Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2006. – 206 с.

Получено 1.02.2019



ГРНТИ 81.93.29

**Н.Ү. Қарғабайева, А.Б. Киікбай, Б.К. Султанова, Ю.К. Шакирова**  
Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*В статье рассматриваются проблемы необходимости создания эффективной технологии разработки элементов информационной системы. В качестве решения предлагается новая технология, основанная на метаontологиях модели «объект – событие», использовании универсальной модели данных, языка модели данных, специального программного инструментария разработчика базы данных. Раскрываются принципиальные отличительные особенности предлагаемой технологии и методы ее реализации.*

*Бұл мақалада ақпараттық жүйенің элементтерін әзірлеу үшін тиімді технологияларды құру қажеттілігінің мәселеісі қарастыралады. Бұл мәселеңің шешімі ретінде «объект-оқиға» метаонтология улғісіне негізделген және деректердің әмбебап улғісін, деректер улғісінің тілін, деректер қорын құрастырушының арнайы бағдарламалық құрапдарының қолданытын жаңа технология ұсынылады. Ұсынылған технологияның ерекше мүмкіндіктері, артықшылтықтары жене оны жүзеге асыру әдістері көрсетіледі.*

*The given article consider the problem of need to establish effective technology of development of elements of informational system. The solution offers new technology, based on the metaontologies of the model "event-object", use of universal data model, data model language, special program software of developer of data bases. The fundamental features of proposed technology and methods of its realization are revealing. The use of proposed method allows developing and improving the conceptual structure of data bases of the subject area under consideration without the change of physical structure of data base schemes.*

**Ключевые слова:** информационная система, база данных, универсальная модель данных, методы проектирования.

Методы разработки широко распространенных баз данных возникли из процесса создания сложных информационных технологий. Они должны были учитывать потребности большой группы или команды, а не только запрос одного пользователя. Такая интегрированная база данных предназначена для решения многих проблем. Кроме того, каждый из отчетов использует только данные, которые пересекаются с его частями и обычно частями, которые используются в других отчетах. Одной из наиболее важных проблем при разработке базы данных является предоставление необходимых параметров использования. Они включают объем внешней памяти и время, необходимое для выполнения различных операций. Кроме того, известны другие требования [1]. Например, информация не должна быть потеряна при неисправностях оборудования или ошибках пользователя.

Существует два основных способа разработки системы баз данных: уменьшение и увеличение. Простейшим способом работы начинается с более низких атрибутов. Атрибуты взаимосвязаны из-за их соединений, которые указывают связь между типом и значением [2, 3].

Наиболее желательной стратегией разработки сложных баз данных является использование компактного подхода. Этот подход начинается с создания модели данных с высокими значениями уровня и контактами. Целью исследования является поиск технологии проектирования базы данных с возможностью реагировать не только на сегодняшнее требование пользователя, но и для получения необходимой информации завтра.

Для решения этой проблемы были использованы методы сравнения, анализа и синтеза.

Процесс создания современных информационных систем требует создания базы данных и программного обеспечения. Кроме того, как база данных, так и информационная система должны работать в конкретной среде. Например, среда с топологией сети применяется к архитектуре с аппаратной конфигурацией [4]. Или вам нужно создать специальную среду для конкретной информационной системы. Кроме того, система считается успешной, если во время работы она выполняет следующие требования [5]: адаптация к требуемым функциональным и изменяющимся условиям функционирования; требуемая пропускная способность; время, необходимое для реакции системы; непрерывная работа системы; простота использования и системная поддержка; необходимая безопасность. Поэтому при разработке базы данных для информационной системы и соответствующей дополнительной работы важно сначала рассмотреть гибкость системы, которая будет реализована [6, 7]. Кроме того, система должна не только отвечать на запросы, отправленные сегодня, но также иметь возможность видеть информацию, которую вы хотите увидеть завтра. Во-вторых, необходимо обеспечить требуемую полосу пропускания и время реакции системы. В-третьих, необходимо поддерживать целостность функциональной среды информационной системы и защиту ее работы, простоту обслуживания.

Широко применяются современные методы использования информационных систем и баз данных [8, 9]: каскадная модель, поэтапная модель с промежуточным управлением, спиральная модель, эволюционная модель развития. Каждый из них имеет ряд преимуществ и недостатков. Однако независимо от того, какой метод дизайна выбран, это должно быть сделано хотя бы один раз.

При разработке этого метода использовалась классическая технология проектирования баз данных «способ реализации и образ жизни и ее философия». В частности, основная модель семантических данных основана на «объекте» и основных шагах для дальнейшего уточнения на основе особенностей и возможностей универсальной модели данных [10].

В результате анализа информационных технологий, классических методов проектирования и баз данных, требований к корпоративным информационным системам, а также модели данных, используемых в различных предметных областях, была разработана следующая методология. Она не зависит от конкретных программных решений, платформ, но ее реализация сегодня связана с определенными системами и платформами.

Этап 1. Изучение предметной области и ее ключевых элементов (сбор данных). Естественный язык характеризуется характером и ограничениями предметной области.

Этап 2. Анализ собранных данных по предметной области и их местоположению. Наиболее важные элементы предметной области, относящиеся к одной метаонтологии семантической модели «Объект-событие», уточняются и документируются.

Этап 3. Концептуальное описание предметной области создается с использованием модели данных «Объект-событие».

Этап 4. Логическая модель предметной области создается с использованием универсальной модели данных.

Этап 5. Модель предметной области формулируется с использованием языка модели данных. На этом этапе область модели создается с использованием модели данных, построенной в предыдущих двух фазах.

Этап 6. Модель модели данных задается моделью данных. Этот этап также может быть выполнен при разработке базы данных.

Этап 7. Загрузка базы данных с точной моделью данных. Загрузка конкретной модели данных базы данных с моделью данных осуществляется либо по специальному программному обеспечению дизайнера, либо через прикладное программное обеспечение, разработанное самим клиентом или конкретным пользователем для его или ее запроса.

Этап 8. Увидеть загруженные данные.

Этап 9. Тестирование модели базы данных. Модель данных может быть протестирована с использованием специального программного обеспечения, а также с помощью пользовательского программного обеспечения.

Предлагаемый метод улучшает и развивает концептуальную структуру базы данных предметной области физической структуры базы данных. Эта база данных реализуется разработчиком с использованием специальных программных приложений, разработанных для конкретного пользователя или по его запросу.

Для универсальной модели данных характерна некоторая двойственность. Благодаря этому ее можно рассматривать как инструмент для новых моделей и инфолатеральных и зубных моделей во всех предметных областях. Таким образом, концептуальное описание логических отношений между элементами облегчит упрощение модели завышенных данных в компьютерной среде без учета физического компонента.

На основе использования базы данных универсальных моделей предложенный метод разработки базы данных информационных систем позволяет:

- 1) быстрое развитие базы данных, которая соответствует функциональным требованиям заказчика для любой предметной области;
- 2) создание всеобъемлющего документа, описывающего данные разных уровней данных, которые понятны и для разных профильных и квалификационных специалистов;
- 3) предлагаемый метод улучшает и развивает концептуальную структуру постоянно меняющейся базы данных физической структуры базы данных предметной области.

Использование этого метода повышает функциональность вновь созданной базы данных и снижает стоимость обслуживания, а также улучшает качество и количество характеристик, минимизирует риск для клиента и его этапов обслуживания.

#### Список литературы

1. Хаф Л. Проектирование информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа:// [www.infosystem.ru](http://www.infosystem.ru).
2. Райордан Р. Основы реляционных баз данных / Пер. с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2001. – С. 38-40.
3. Зиндер Е.З. Проектирование баз данных: новые требования, новые подходы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.citforum.ru](http://www.citforum.ru).
4. Есин В.И. Семантическая модель данных «объект-событие» // Вісник Харківського національного університету. – Харків: Харківський нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. - 2010. – № 925. – С. 65-73.
5. Харрингтон Д.Л. Проектирование реляционных баз данных. – М.: Лори, 2006. – 230 с.
6. Хоменко А.Д. Базы данных / А.Д. Хоменко, В.М. Цыганков, М.Г. Мальцев. – СПб.: Корона, 2002. – 672 с.
7. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гарев, С.В. Васютин и др. – М.: Нолидж, 2000. – 351 с.
8. Ахтырченко К.В. Методы и технологии реинжиниринга ИС / К.В. Ахтырченко, Т.П. Сорокаша // Тр. Ин-та системн. програм. РАН; Под ред. В.П. Иванникова. – М.: ИСП РАН, 2003. – Т. 4. – С. 141-162.
9. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. – М.: ДМК-Пресс, 2003. – 288 с.
10. Барсегян А.А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко и др.. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

Получено 1.02.2019

МРНТИ 49.38.49

**Ю.К. Шакирова, Н.К. Савченко, Г.Б. Абильдаева, Е.Г. Клюева**  
Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

### РАЗРАБОТКА КОРПОРАТИВНОГО МЕДИА-ПОРТАЛА

*В данной статье рассматриваются понятия корпоративных медиа-порталов, цели и задачи, стоящие перед ними. Рассматривается практическая необходимость разработки корпоративных медиа-порталов. Приведены требования и этапы их разработки. Рассмотрены основные требования, предъявляемые к интернет-ресурсам нового поколения.*

*Бұл мақалада корпоративтік медиа-порталдар тұжырымдамалары, оның мақсаттары мен міндеттері қарастырылады. Корпоративтік медиа-порталдардарды бағдарламалауда практикалық қажеттіліктілігі де қарастырылған. Корпоративтік медиа-порталдарды бағдарламалаудың қадамдары мен талаптары көрсетілген. Заманауи желі-ресурстарына қойылатын барлық негізгі талаптар қарастырылған.*

*This article discusses the concepts of corporate media portals, goals and objectives facing them. The practical need to develop corporate media portals is considered. The authors present the requirements and stages of development of corporate media portals, the main requirements for Internet resources of a new generation.*

**Ключевые слова:** корпоративный медиа-портал, сайт, web-ресурс, интернет.

С каждым днем программное обеспечение играет в жизни людей все более заметную роль, давая нам возможность получать информацию, принимать решения «в режиме реального времени» и вообще вести более продуктивную и интересную жизнь.

Сегодня практически у любой организации есть свой собственный сайт в интернете. Практическая необходимость, возможность повысить рост продаж и найти новые пути развития - эти и многие другие причины движут многочисленными компаниями при разработке собственного представительства в сети.

Корпоративный медиа-портал – наиболее популярный и часто встречающийся тип web-ресурса в интернете, который обеспечивает ряд возможностей: рост имиджа компании, расширение клиентуры и географии рынка сбыта, обеспечение прямых продаж [1]. Кроме того, наличие такого web-ресурса позволяет осуществлять активную публикацию материалов о товарах, услугах, проводить виртуальные рекламные кампании, PR-акции и многое другое. Если у компании уже есть свой offline-бизнес, то с помощью корпоративных интернет-систем она создает новые каналы для взаимодействия с внешним миром.

О том, что такое корпоративный медиа-портал, существует множество мнений, о чем свидетельствует обилие определений данного понятия. Однако наиболее распространенным понятием является следующее: корпоративный медиа-портал – это электронное представительство бизнеса (организация, компания, фирма и т.д.) в сети интернет.

Корпоративный сайт компании – не просто ее визитная карточка, «лицо», но и мощный маркетинговый инструмент, с помощью которого компания взаимодействует со своей аудиторией: клиентами, поставщиками, спонсорами, инвесторами, представителями масс-медиа и другими заинтересованными в работе компании лицами.

Современный корпоративный медиа-портал может быть реализован как в интернете, так и в интранет-среде (внутрикорпоративной сети, построенной по принципам интернета). При этом внутрикорпоративный сайт дополняется необходимым числом бизнес-приложений, с помощью которых он может обеспечивать: механизм централизованного хранения информации, средства коллективной работы (почта, контакты, расписания), планирование, разработку, редактирование, утверждение и публикацию материалов, а также многое другое (рис. 1).



Рисунок 1 – Корпоративный медиа-портал

Интернет сегодня является весьма надёжной и прибыльной рекламной площадкой, и не удивительно, что всё больше и больше компаний спешат иметь на вооружении качественный корпоративный сайт. Но в условиях постоянно растущей конкуренции растут и требования к веб-сайту. Корпоративный проект обязан любыми приемлемыми способами выделяться из тысячи ему подобных. Он должен легко находиться через поисковую машину, обладать ярким эксклюзивным дизайном, предоставлять всю необходимую информацию о товарах и услугах, иметь продуманную и доступную навигацию.

Аудиторию любого корпоративного сайта условно можно разделить на 3 основных категории [2]:

1. *Постоянные посетители* уже знают, что это за компания, что она производит или продает, в каком городе она находится и какие у нее номера телефонов. Это, как правило, клиенты или партнеры компании, которые могут заходить на сайт только ради чтения новостной ленты (быть в курсе событий компании), участия в опросах или маркетингово-рекламных акциях, обсуждениях актуальных вопросов на форуме и т.д.
2. *Новые посетители*. Эта категория посетителей попадает на корпоративный сайт впервые: по ссылке через поисковую систему или по адресу, указанному в визитке или рекламном объявлении в газете и пр. Они еще не знакомы с профилем фирмы, видом ее деятельности, поэтому для них будут актуальны разделы информационного характера (информация о фирме, история ее развития, успехи и достижения).
3. *Вынужденные посетители*. Этот тип посетителей формируется по конкретной необходимости. Вы воспользуетесь поисковыми системами, каталогами интернет-ресурсов и прочими электронными средствами и найдете ссылку на корпоративный сайт упомянутого завода, на котором отыщите искомые контактные данные. Другой пример. Вам поручили составить перечень наиболее успешных модельных

агентств. Вы пройдете по сайтам этих агентств, соберете нужную информацию, занесете себе в компьютер и, скорее всего, никогда больше не зайдете ни на один из увиденных корпоративных сайтов модельных агентств. Вы - вынужденный посетитель.

Корпоративный сайт (за редким исключением) создается не для компании, а для клиентов, поэтому он должен в первую очередь быть ориентирован на пользователя. У корпоративных медиа-порталов различные цели и задачи. Важно понимать, что сайт является лицом организации и подразумевает официальное представление фирмы в интернете. Во многом благодаря его работе пользователи хотят работать с конкретной компанией.

Главная цель корпоративного медиа-портала – довести информацию о фирме, её деятельности, производимых товарах или предоставляемых услугах до ведома как можно большего количества людей, в которых заинтересована компания как в будущих потребителях или партнерах. Корпоративные сайты сегодня – это и простые ресурсы, позволяющие решать маркетинговые задачи, которые фирма ставит перед собой, и сложные системы, взаимодействующие с внутренними системами компании: базами данных, системами расчета управления клиентами и др.

Разработка корпоративного медиа-портала – это не просто создание красивой привлекательной картинки и написание программного кода. Этот процесс представляет собой комплексное мероприятие, которое включает в себя индивидуальный оригинальный дизайн в рамках фирменного стиля компании, удобную систему управления, а также оптимизацию интернет страниц под дальнейшую раскрутку web-сайта.

Прежде чем начать разработку корпоративного медиа-порталов, нужно с помощью маркетинговых исследований определить и сформулировать цели и задачи. В частности, для чего он необходим, кто является потенциальными посетителями, каким образом они станут использовать данный интернет-ресурс, какого рода информация их интересует и что они будут искать, заходя на этот сайт. После этого обычно вырисовывается концепция будущей странички. Разрабатывая и создавая корпоративный сайт любой компании, стоит рассматривать его как важное и мощное средство ведения бизнеса, эффективный метод борьбы за потенциальную аудиторию и налаживания обратной связи с ней. Ведь кроме информирования потенциальных и текущих клиентов фирмы, корпоративный сайт дает им возможность почувствовать себя частью системы, что достигается с помощью регистрации пользователей на интернет-ресурсе и наделения их определенными правами доступа на нем (разнообразные форумы и системы общений).

После того как концепция сайта утверждена, следуют этапы проектирования, то есть определяется структура странички, создания и верстки дизайна, написания программной части, составления грамотного контента, заполнения сайта информацией и собственно размещение его в сети интернет, то есть хостинг. Каждый из этих этапов обязательно должен быть протестирован, чтобы выявить и предупредить возникновение возможных проблем с восприятием новой интернет-странички ее потенциальными посетителями. После этого желательно зарегистрировать сайт в основных поисковых системах (рис. 2).

Характеристика портала складывается из главных элементов: эргономика сайта, дизайн, его программное обеспечение, программа развития и наполнение, навигация. Хочется обратить внимание на то, что особенности дизайна – это не только эстетика, но и функциональные возможности информационного портала.

Цветовое оформление желательно ограничить со стилем компании и безусловным знанием особенностей и интересов целевой аудитории. Восприятие дизайна людьми является очень важным моментом. Основной секрет в том, что восприятие человека к электронному носителю информации и, например, к бумажному, различается.



Рисунок 2 – Составляющие корпоративного медиа-портала

Нужно отметить, что дизайн корпоративного сайта является целой наукой. Если бизнес находится только в начальной стадии, то необходимо заказать дизайн в одном стиле, принятом в организации. В этот стиль входит и бумажная рекламная компания, и возможные презентации.

С помощью корпоративного сайта компания будет общаться с потенциальными клиентами в сети. В связи с этим нужно очень внимательно отнестись к его наполнению. Сформировать его надо так, как будто компания разговаривает с клиентом. То есть лаконично отражать суть и немного добавлять эмоций.

У каждой претендующей на успех компании должна быть программа развития. Если корпоративный медиа-портал постоянно не развивается, то его пользователи со временем теряют к нему интерес, и вследствие этого перестают на него заходить. Данная ситуация выливается в то, что количество клиентов снижается.

Профессионально сделанная программа развития безусловно поможет объективно оценить возможные направления в развитии для сайта компании и его перспективы. Так же такая программа поможет понять, точно ли соответствует корпоративный сайт всем поставленным целям, смогли ли они реализоваться, и какие меры нужно предпринять, чтобы ресурс действительно эффективно работал на компанию. Обычно корпоративный медиа-портал содержит от шести до десяти разделов, где собрана вся необходимая клиентам и партнерам информация (рис. 3).



Рисунок 3 – Процесс внутрикорпоративных коммуникаций

Например, если ваша фирма занимается продажей оборудования, то интернет-ресурс обязательно должен содержать сведения о самой компании, продукции, которую она производит, прайс-листы, контакты (где, с кем и по какому телефону можно обсудить возникшие вопросы), а также очень желательно навигационную карту, чтобы клиенту было легче найти фирму.

В целом можно выделить следующие основные цели и задачи корпоративного медиа-портала:

1. *Предоставление информации.* Своевременное и регулярное предоставление актуальной и достоверной информации - это одна из важнейших задач любого корпоративного сайта. Это повышает авторитет в глазах посетителя, дает понять, что сайт живет и развивается, наконец, подводит человека к мысли о том, что компания успешно работает и преуспевает. Другая сторона вопроса - точные статистические данные.
2. *Создание и стимулирование имиджа.* Создание положительного благоприятного имиджа компании - другая, не менее важная задача корпоративного медиа-портала. Это прежде всего отсутствие визуальных раздражителей, достоверность информации, внимание к посетителям и пр. Вторым фактором, влияющим на поддержание образа компании, является корпоративный стиль. Сперва простое правило: не каждый сайт не каждой организации можно назвать корпоративным. Чтобы получить этот статус, необходимо удовлетворять следующим требованиям к структуре корпоративного стиля:
  - имя компании (как вариант: полное имя плюс аббревиатура);
  - логотип;
  - фирменные цвета (фирменная цветовая гамма);
  - фирменные модули (бланки, документация, визитки, листовки, брошюры, плакаты, постеры, рекламные проспекты и пр.);
  - фирменный слоган (девиз);
  - фирменный шрифт.
3. *Поддержка клиентов.* Своевременная и квалифицированная поддержка клиентов на корпоративном сайте - залог успеха и формирования положительного имиджа компании. Помощь в получении необходимой информации, ответы на наиболее частые вопросы, консультации и обсуждения в режиме онлайн, простейшая форма обратной связи с посетителем - все это укрепляет позиции компаний и создает позитивное отношение к корпоративному сайту.
4. *Продвижение товаров и услуг.* Корпоративный сайт – отличный инструмент для расширения рынков сбыта компаний, продвижения товаров и услуг, поиска новых

деловых партнеров, поставщиков, покупателей. Предоставляя своим клиентам и заказчикам удобный, всегда актуальный сервис - веб-сайт, - компания заботится об удобстве своих клиентов, и это также способствует расширению бизнеса. Как пример, через сайт можно предоставить потребителям, территориально отдаленным от фирмы-производителя, прайс-листы на продукцию, облегчив тем самым поиск необходимой информации.

5. *Промоушин, PR-компании.* Кроме того, что корпоративный сайт активно способствует формированию позитивного имиджа компании и укреплению доверия к ней как к солидному партнеру, он может быть очень эффективным инструментом для достижения целей PR отделения компании. Так, посетителей сайта можно привлекать к участию в конкурсах, розыгрышах призов и т.д., способствуя повышению узнаваемости бренда. С каждым годом роль сайта в промоактивности компании становится все больше.
6. *Сбор и анализ информации.* Корпоративный медиа-портал компании может быть использован для сбора и анализа информации о посетителях сайта и дальнейшего экспорта полученной информации в корпоративную CRM-систему. Корпоративная информационная система путем сохранения информации о клиентах, истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов, в свою очередь, будет способствовать повышению уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшению обслуживания клиентов.

Таким образом, корпоративный медиа-портал, выступающий связующим звеном между клиентом и компанией - важное условие для эффективной работы и динамичного развития любого бизнеса.

На основе вышеизложенного можно сделать выводы, что сегодня наличие корпоративного медиа-портала - это один из обязательных аспектов ведения успешного и эффективного бизнеса для любой компании. Активное использование интернет-технологий позволит сделать работу компании более эффективной.

Таким образом, интернет на сегодня является одним из наиболее прогрессивных, перспективных и интересных направлений, работа в котором позволит компании освоить новый рынок, наладить более плотное сотрудничество со своими партнерами, расширить область своей деятельности, эффективно использовать потенциал и ресурсы компании. Однако сегодня недостаточно просто иметь интернет-представительство.

Современный корпоративный медиа-портал должен соответствовать высоким требованиям. Стильный дизайн, продуманная структура, широкие функциональные возможности, качественное информационное наполнение, различные интерактивные сервисы — основные требования, предъявляемые к интернет-ресурсам нового поколения, и это именно то, на что делается акцент при разработке корпоративного сайта.

#### Список литературы

1. Быкадорова А.С. Корпоративная пресса: заметки к определению термина. - RELGA. – 2010. – № 7 (205). – С. 100.
2. Кузьменкова А.А. Понятие «корпоративные медиа» в современном социально-гуманитарном знании // Вестн. БГУ. – 2015. – Сер. 4. - № 3. – С. 64–67.

Получено 1.02.2019

**ҚҰТТЫҚТАЙМЫЗ!  
ПОЗДРАВЛЯЕМ!**



**60** *жас  
лет*

❀

**ДУДКИН**  
**МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ**  
доктор технических наук,  
профессор



Доктор технических наук, профессор. Родился 12 января 1959 г. в с. Карагатал Зайсанского района Восточно-Казахстанской области.

В 1975 г. окончил СШ им. М. Горького с. Карагатал Зайсанского района ВКО.

В 1978 г. успешно окончил Московский автомобильный техникум по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей».

В 1985 г. успешно окончил Московский автомобильно-дорожный институт по специальности «Строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины и оборудование».

С 1987 по 1990 гг. обучался в аспирантуре Московского автомобильно-дорожного института по специальности «Строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины и оборудование».

В 2002 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук в объединенном докторантуре при Евразийском национальном институте им. А.Н. Гумилева.

В 2004 г. Дудкину М.В. присвоено ученое звание доцента.

В 2006 г. за успешное выполнение научных проектов он награжден нагрудным знаком МОН РК «Қазақстан Республикасының ғылымиң дамытуға сінірген еңбеки үшін».

В 2010 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» в докторантуре при КазАТК им. М. Тынышпаева.

В 2011 г. решением президиума Комитета по контролю в сфере образования и науки (ККСОН) МОН РК присвоено ученое звание профессора по специальности «Транспортное, горное и строительное машиностроение». В 2013 г. за внедрение инновационных методов преподавания награжден нагрудным знаком МОН РК «Ы. Алтынсарин».

В 2014 г. за успехи в работе награжден нагрудным знаком МОН РК «Білім беру ісінің құрметті қызыметкери».

По итогам республиканских конкурсов МОН РК 2006 и 2010 гг. является дважды обладателем государственного гранта «Лучший преподаватель вуза».

❀

**ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР! ЖЕЛАЕМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ,  
ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ УСПЕХОВ И ИСПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАМЫСЛОВ.**

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫҚТЫ ДЕНСАУЛЫҚ, ТАУСЫЛМАС БАҚЫТ,  
ТВОРЧЕСТВОЛЫҚ ТАБЫС, БАРЛЫҚ ТУПҚЫ ОЙЛАРЫҢЫЗДЫҢ  
ОРЫНДАЛУЫН ТІЛЕЙМІЗ!**

## МАЗМУНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ФЫЛЫМДАР ЖӘНЕ  
ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ФЫЛЫМДАР

**Дүйнікова Е.В., Крязева Т.В., Кенжесін Б.М.** Көктасжал кен орнындағы кендердің минералдық құрамы және олардың пайда болу шарттары 3

**Жакупов А.А., Изенбаев Б.Ж., Кенжебай Р.Н., Аманбаева А.М., Өтөл Ү.А.** Баламалы энергетиканы дамытудың бүгіні мен болашағы 8

**Жакупов А.А.** Бальнеологиялық ресурстардың теориялық негіздері 14

**Кузьмина О.Н., Дьячков Б.А., Мизерная М.А., Владимиров А.Г., Амралинова Б.Б.** Үлкен Алтайдың Зайсан сутурлы аймагының алтын кен орындары мен кен білінүлдерінің басты типтері 19

**Лутай С.С., Воробьев А.Л., Аубакирова З.А., Жаирбаева Г.А., Лутай А.О.** Фитостимуляторларды қалемшелер сабағының тамырлануына қолдану 27

**Лысакова Т.Н., Нұкжанова А.М.** Биоиндикация – Солтүстік Казақстан облысының қатты тұрмыстық қалдықтар үйінділерінің аумағындағы топырақты зерттеу өдісі ретінде 33

**Мун Д.Т.** Жібек жолының қазақстандық бөлігіндегі елді мекендер сөүлетіндегі дәстүрлі материалдар 37

**Озгелдинова Ж.О., Алагуджасаева М.А., Оспан Г.Т., Мукаев Ж.Т.** Антропогендік әсер ету жағдайындағы Сарысу өзені бассейнінің геожүйелер динамикасының болжанатын үрдістері 44

**Саденова М.А., Жакупова Г.Б., Леваневский И.О., Федорчук Ю.М.** Жаңа композициялық материалдарды синтездеу мақсатымен техногенді фторқұрамадас шикізаттың қасиеттерін зерттеу 50

**Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Дикаibaева А.К., Ауешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисева Ж.К.** Механикалық-термо белсендірілген серпентиниттің күрілымдық өзгерістерін зерттеу 57

ТЕХНИКАЛЫҚ ФЫЛЫМДАР  
ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛА

**Абдрашит А.М., Келаманов Б.С., Ерекеева Г.С., Жұмагалиев Е.Ү.** Ферросиликоалюминий өндірісінің шаң қалдықтарынан жасалған кесектерінің электрофизикалық қасиеттерін зерттеу 60

## СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ  
И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Дүйнікова Е.В., Крязева Т.В., Кенжесін Б.М.** Минеральный состав руд и условия их образования на месторождении Коктасжал 3

**Жакупов А.А., Изенбаев Б.Ж., Кенжебай Р.Н., Аманбаева А.М., Өтөл Ү.А.** Настоящее и будущее развития альтернативной энергетики 8

**Жакупов А.А.** Теоретические основы бальнеологических ресурсов 14

**Кузьмина О.Н., Дьячков Б.А., Мизерная М.А., Владимиров А.Г., Амралинова Б.Б.** Главные типы золоторудных месторождений и рудопроявлений Зайсанской сутурной зоны большого Алтая 19

**Лутай С.С., Воробьев А.Л., Аубакирова З.А., Жаирбаева Г.А., Лутай А.О.** Применение фитостимуляторов для укоренения стеблевых черенков 27

**Лысакова Т.Н., Нұкжанова А.М.** Биоиндикация как метод исследования почв на территории свалок твердых бытовых отходов Северо-Казахстанской области 33

**Мун Д.Т.** Традиционные материалы в архитектуре населенных мест казахстанского участка Шелкового пути 37

**Озгелдинова Ж.О., Алагуджасаева М.А., Оспан Г.Т., Мукаев Ж.Т.** Прогнозируемые тенденции динамики геосистем бассейна реки Сарысу в условиях антропогенных воздействий 44

**Саденова М.А., Жакупова Г.Б., Леваневский И.О., Федорчук Ю.М.** Исследование свойств техногенного фторсодержащего сырья с целью синтеза новых композиционных материалов 50

**Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Дикаibaева А.К., Ауешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисева Ж.К.** Изучение структурных изменений механо-термоактивированного серпентинита 57

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ  
И ТЕХНОЛОГИИ

**Абдрашит А.М., Келаманов Б.С., Ерекеева Г.С., Жұмагалиев Е.Ү.** Исследование электрофизических свойств брикетов из дисперсной пыли газоочисток производства ферросиликоалюминия 60

<b>Абикенова Ш.К., Айткенова Г.Т.</b> Тау-кен кәсіпорны жұмысшыларының еңбегін реттеудің түрлі тәсілдерін салыстырмалы талдау	63	<b>Абикенова Ш.К., Айткенова Г.Т.</b> Сравнительный анализ различных подходов в регулировании труда работников горнорудного предприятия	63
<b>Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуанган Н.</b> Геологиялық бұзылыстар аймағындағы көмір пласттарының өздігінен қорыту қауіптілігін алдын алу шаралары	68	<b>Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуанган Н.</b> Мероприятия по предотвращению выбросоопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений	68
<b>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</b> Қөмір отынының жану процесін интеллектуалды басқару үшін өнеркәсіптік қазандық агрегатындағы жалын өрісін 3D-температуралық анықтау әдістерін әзірлеу	75	<b>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</b> Разработка методов определения 3D-температурного поля пламени в промышленном котлоагрегате для интеллектуального управления процессом горения угольного топлива	75
<b>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Шадрин Г.К., Кадыролдина А.Т., Қусайын-Мурат Ә.Т.</b> Беттерді үш өлшемді сканерлеу үшін өнеркәсіптік робот-манипуляторды басқару жүйесін әзірлеу	81	<b>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Шадрин Г.К., Кадыролдина А.Т., Қусайын-Мурат Ә.Т.</b> Разработка системы управления промышленным роботом-манипулятором для трехмерного сканирования поверхностей	81
<b>Бестереков У., Ермеков С.Р.</b> Сулы-тұзды қанықкан ерітінді күрмадастары құрамының сандық температуралық өзгерістері	88	<b>Бестереков У., Ермеков С.Р.</b> Количественные температурные изменения состава водно-соленосыщенных растворов	88
<b>Давыдов А.А., Макенов А.А., Токтарбеков Ш.Т.</b> Өскемен-Шемонаиха автомобиль жол теліміндегі жүріс шарттарын жетілдіру	92	<b>Давыдов А.А., Макенов А.А., Токтарбеков Ш.Т.</b> Совершенствование условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха	92
<b>Жукебаева Т.Ж., Куанышев А.Е.</b> Штейнді конвертерлеу реакцияларының термодинамикасы	100	<b>Жукебаева Т.Ж., Куанышев А.Е.</b> Термодинамика реакций конвертирования штейна	100
<b>Идришева Ж.К., Даумова Г.К., Жаманбаева М.К.</b> Механикалық белсендірілген цеолиттерді қолдана отырып, сарқынды сулардан хром иондарын сорбциялау	106	<b>Идришева Ж.К., Даумова Г.К., Жаманбаева М.К.</b> Сорбция ионов хрома из сточных вод с применением механоактивированных цеолитов	106
<b>Исанова А.А., Масленников О.О., Оналбаева Ж.С.</b> Асыл металдар мен олардың қорытпаларының стандартты үлгісін ендіру технологиясын зерттеу	110	<b>Исанова А.А., Масленников О.О., Оналбаева Ж.С.</b> Исследование технологии производства стандартного образца драгоценных металлов и их сплавов	110
<b>Красавин А.Л., Алонцева Д.Л., Жапузаков Е.Т., Рахметуллина С.Ж.</b> Биоүйлесімді жабынды микроплазмалық буркудің роботтандырылған технологиясын құрастыру үшін температуралық өрістерді математикалық жобалау	114	<b>Красавин А.Л., Алонцева Д.Л., Жапузаков Е.Т., Рахметуллина С.Ж.</b> Математическое моделирование температурных полей для разработки роботизированной технологии микроплазменного напыления биосовместимых покрытий	114
<b>Курманов А.К., Камышева Н.А.</b> Екпінді ұсақтау динамикасының мәселеесі	119	<b>Курманов А.К., Камышева Н.А.</b> К вопросу динамики ударного измельчения	119
<b>Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н.</b> Мұнай өнімдерін депарафиндеудін технологиялық аспектілері	125	<b>Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н.</b> Технологические аспекты депарафинизации нефтепродуктов	125
<b>Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н.</b> Жол құрылышында сусызданған мұнай шламын кәдеге жарату	127	<b>Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н.</b> Утилизация обезвоженного нефтешлама в дорожном строительстве	127

<i>Левицкий Ж.Г., Нургалиева А.Д., Акимбекова Н.Н., Саттарова Г.С., Какенова М.Ж.</i> Экстремалды көрі температура кезінде табиғи тартқыш әсерін басқару	131	<i>Левицкий Ж.Г., Нургалиева А.Д., Акимбекова Н.Н., Саттарова Г.С., Какенова М.Ж.</i> Управление влиянием естественной тяги при экстремальных отрицательных температурах	131
<i>Машекенова А.Х.</i> Автомобилдердің өндірістік сенімділігін басқару жүйесінің процестерін сараптамалық бағалау	135	<i>Машекенова А.Х.</i> Экспертная оценка процессов системы управления производственной надежностью автомобилей	135
<i>Московец А.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Волошин Е.В.</i> Төмен температуралы пиролиз әдісімен мұнай шламдарын кайта өндеу	140	<i>Московец А.В., Сагитов Р.Ф., Балғынова А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Волошин Е.В.</i> Переработка нефтешлама методом низкотемпературного пиролиза	140
<i>Мякинин А.А., Плотников С.В., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А.</i> Магнитті-резонансстық томографияға арналған иттірік косылған аса өткізгіш сым	144	<i>Мякинин А.А., Плотников С.В., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А.</i> Сверхпроводящий провод с добавлением иттрия для магнитно-резонансной томографии	144
<i>Сұлтамурат Г.И., Боранбаева Б.М., Кобеген Е.</i> Агломерациялық шихтаны дайындау технологиясы және құралжабдықты жетілдіру мәселе	149	<i>Сұлтамурат Г.И., Боранбаева Б.М., Кобеген Е.</i> Технология изготовления агломерационной шихты и проблемы совершенствования оборудования	149
<i>Тұрлыбекұлы А., Плотников С.В.</i> Металл биомиметикалық құрылымдарды алу және оларға апатит-композиттік жабындар жабу	156	<i>Тұрлыбекұлы А., Плотников С.В.</i> Получение металлических биомиметических структур и нанесение на них апатит-композитных покрытий	156
<i>Шеров К.Т., Габдысалық Р.</i> Арнайы конустық фрезерлерді пайдалана отырып, конустық бетті фрезерлеу процесін эксперименттік зерттеу	163	<i>Шеров К.Т., Габдысалық Р.</i> Экспериментальное исследование процесса фрезерования конусной поверхности с использованием специальных конусных фрез	163
<i>Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н.</i> Наноқұрылымдарың критикалық радиусы туралы мәселе	169	<i>Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н.</i> К вопросу о критическом радиусеnanoструктур	169

---

## ЭКОЛОГИЯ

---

<i>Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Ди-канбаева А.К., Ауешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисеева Ж.К.</i> Хризотил-асбест өндірісінің калдықтарын өндеу коршаған ортандық экологиялық қауіпсіздігінің факторы ретінде	173
--	-----

---

## МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

---

<i>Қарғабайева Н.Ү., Қиікбай А.Б., Султанаева Б.К., Шакирова Ю.К.</i> Ақпараттық жүйелер үшін деректер қорын күрудың заманауи әдістері	178
<i>Шакирова Ю.К., Савченко Н.К., Абидлаева Г.Б., Клюева Е.Г.</i> Корпоративтік медиа-порталды өзірлеу	181

---

## МЕРЕЙТОЙ ИЕЛЕРІ

---

187

---

## ЭКОЛОГИЯ

---

<i>Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Ди-канбаева А.К., Ауешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисеева Ж.К.</i> Переработка производства хризотил-асбеста как фактор экологической безопасности окружающей среды	173
---	-----

---

## МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

---

<i>Қарғабайева Н.Ү., Қиікбай А.Б., Султанаева Б.К., Шакирова Ю.К.</i> Современные методы разработки баз данных для информационных систем	178
<i>Шакирова Ю.К., Савченко Н.К., Абидлаева Г.Б., Клюева Е.Г.</i> Разработка корпоративного медиа-портала	181

---

## НАШИ ЮБИЛЯРЫ

---

187

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік  
техникалық университетінің ХАБАРШЫСЫ**

Фылыми журнал  
1998 жылы шыға бастады.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,  
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж қуәлігі берілген.

**ВЕСТНИК Восточно-Казахстанского государственного  
технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал  
Издаётся с 1998 г.

Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия  
Республики Казахстан. Свидетельство № 145-ж от 27 февраля 1998 г.

Редакторы - Редактор  
С.Е. Волкова, Г.Т. Жантасова

Корректоры - Корректоры  
С.Е. Волкова

Руководитель издательства О.Н. Николаенко

Материаларды компьютерде төрген  
және беттеген

Набор, вёрстка,  
изготовление оригинал-макета  
С.Е. Волкова

Басуга март 2019 қол қойылды.  
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.  
Көлемі: 18,26 есептік баспа табағы, 20,44 шартты баспа табағы  
Таралымы 350 дана. № 470-2019 тапсырыс.  
Бағасы келісім бойынша.

Подписано в печать март 2019.  
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.  
Объем: 18,26 уч.-изд. л., 20,44 усл. печ. л.  
Тираж 350 экз. Заказ № 470-2019.  
Цена договорная.

Шығыс Қазақстан мемлекеттік  
техникалық университеті  
070004, Өскемен қаласы, Протозанов көшесі, 69

Восточно-Казахстанский государственный  
технический университет  
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69

