



Д. Серікбаев
атындағы
Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического
университета
имени
Д. Серикбаева

3

Регистрационный № 145-ж

№ 3 (77), сентябрь, 2017

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

Ғылыми 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

ректор, 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. Кульсеитов, 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.

ISSN 1561- 4212

© Восточно-Казахстанский
государственный технический
университет им. Д. Серикбаева,
2017



УДК 628: 032

А.К. Адрышев, Н.В. Серая, Г.К. Даумова, А.А. ХайруллинаВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОМ КОМПЛЕКСНОМ СОРБЕНТЕ**

Получен новый наноструктурированный комплексный сорбент (НСКС) на основе бентонитовой глины Таганского месторождения и отходов производства минеральной ваты, обладающий высокой сорбционной активностью по отношению к ионам тяжелых металлов (ТМ) в многокомпонентных растворах. Установлены кинетические характеристики процесса сорбции ионов хрома (VI), свинца (II) и цинка (II) на полученном сорбенте. Рекомендовано использование синтезированного сорбента для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий.

Көп компонентті ерітінділердегі ауыр металдар иондарына жоғары сорбциялық белсенділікке ие Таған кен орнының бентонит саз балшықтары мен минералды талшықтар өндірісі қалдықтарының негізінде жаңа наноқұрылымды комплексті сорбент (НҚКС) алынды. Алынған сорбентте хром(VI), қорғасын (II) және мырыш (II) иондарының сорбциялық үрдісінің кинетикалық сипаттамалары анықталған. Машинажасау және металл өңдеу кәсіпорындарының ағынды лас суларынан ауыр металл иондарын тазалау үшін синтезделген сорбентті қолдану ұсынылған.

A new nanostructured complex sorbent (NSCS) based on the bentonite clay of the Tagansk deposit and mineral wool production wastes has been obtained. It possesses high sorption activity with respect to heavy metal ions (HM) in multicomponent solutions. The kinetic characteristics of the sorption of chromium ions (VI), lead (II), and zinc (II) by the obtained sorbent are determined. It is recommended to use a synthesized sorbent for extraction of heavy metal ions from the wastewater of machine building and metal-working enterprises.

Ключевые слова: наноструктурированный комплексный сорбент (НСКС), бентонитовая глина, отходы производства минеральной ваты, сорбция, тяжелые металлы.

Для очистки сточных вод машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий обычно применяется реагентная технология, при которой ионы тяжелых металлов (ТМ) переводятся в нерастворимые гидроксиды с помощью щелочных реагентов. Однако эта технология имеет ряд недостатков: большой расход дорогих реагентов, не полное осаждение гидроксидов ТМ в связи с изменением их концентрации и pH стоков, проскок ионов ТМ за пределы очистных сооружений в составе очищенных сточных вод. При этом концентрация ионов ТМ может во много раз превышать нормы ПДК, что обуславливает необходимость доочистки обработанной воды другими методами. Поэтому проблема создания работоспособных неорганических сорбционных материалов, обладающих достаточной механической прочностью, устойчивостью, приемлемой кинетикой ионообменных процессов является актуальной.

В настоящее время вызывает интерес синтез сорбентов с высокой сорбционной емкостью, которые одинаково эффективно сорбируют различные катионы из многокомпонентных смесей. Перспективными материалами в этом отношении являются природные сорбенты, проявляющие селективность по отношению к ионам d-элементов [1, 2, 3].

Нами предложен новый способ получения наноструктурированного комплексного сорбента (НСКС) на основе бентонитовой глины и отходов производства минеральной

ваты. Данный сорбент может быть использован для очистки промышленных сточных вод от ионов ТМ при их совместном присутствии.

Синтез НСКС в виде пасты проводили следующим образом: бентонитовую глину, предварительно измельченную на щековой дробилке до размеров частиц 1-5 мм, и техногенный отход высушивали до постоянной массы при температуре 100 °С, затем загружали в помольные камеры вибрационной мельницы с мелющими телами. Полученную смесь перемешивали с дистиллированной водой до получения равномерной, пластичной, однородной формуемой массы-пасты с соотношением компонентов бентонит:отходы производства минеральной ваты = 2:1. Время измельчения – 15 мин [3, 4].

Важным фактором, определяющим условия изучения и практического использования сорбентов, является скорость установления сорбционно-десорбционного равновесия в изучаемой системе. Для описания характера процесса сорбции НСКС были исследованы кинетические зависимости сорбции ионов ТМ.

Для нахождения оптимальных параметров сорбции, а также установления сорбционных свойств было изучено влияние массы НСКС на сорбцию ионов хрома (VI). Определение содержания хрома (VI) в модельных растворах до и после очистки проводили фотометрическим методом по стандартной методике [5]. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние массы НСКС на сорбцию ионов хрома (VI) при $\tau = 30$ мин, $C = 0,5$ мг/дм³

Масса сорбента, г	1	1,25	1,43
$C_0(\text{Cr}^{+6})$, мг/дм ³	0,534499	0,522653	0,522653
$C(\text{Cr}^{+6})$, мг/дм ³	0,003230	0,002510	0,002025
α , %	99,40	99,52	99,61

Установлено, что увеличение массы НСКС существенного влияния на процесс сорбции не оказывает, поэтому для определения кинетики сорбции ионов хрома (VI) исследуемым сорбентом была выбрана оптимальная масса сорбента 1 г при соотношении Т:Ж=1:100. Кинетические зависимости сорбции ионов Cr (VI) (рис. 1) из модельных растворов с концентрацией 0,5, 1 и 1,5 мг/дм³ были получены при времени сорбции 0,5-6 ч. Сорбцию (А, мг/г) ионов хрома (VI) рассчитывали по следующей формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m}, \quad (2)$$

где C_0 - исходная концентрация, мг/дм³; C - равновесная (остаточная) концентрация, мг/дм³; m - масса навески сорбента, г; V - объем раствора, дм³.

Из рис. 1 видно, что для всех изученных систем величины сорбции достигают постоянных значений практически за 30 мин.

На первом участке ступенчатой кинетической кривой сорбция ионов хрома (VI) продолжается в течение первых 30 минут после начала контактирования фаз. На втором участке в течение последующих 0,5-1,5 часов величина сорбции незначительно возрастает. Полная сорбция ионов хрома (VI) происходит после 3-часового взаимодействия, наступает сорбционное равновесие. Дальнейшее увеличение времени контактирования нецелесообразно. Ступенчатый характер кинетических кривых сорбции является следствием того, что адсорбция ионов хрома (VI) происходит на микропористом НСКС. На первом этапе сорбции существенную роль играет массоперенос на границе раздела фаз и взаимодействие ионов хрома (VI) с поверхностью сорбента, на втором этапе – внутренняя

диффузия ионов хрома (VI) в доступные по размерам поры сорбента, позволяющая ионам хрома (VI) вновь сорбироваться на внешней поверхности сорбента.

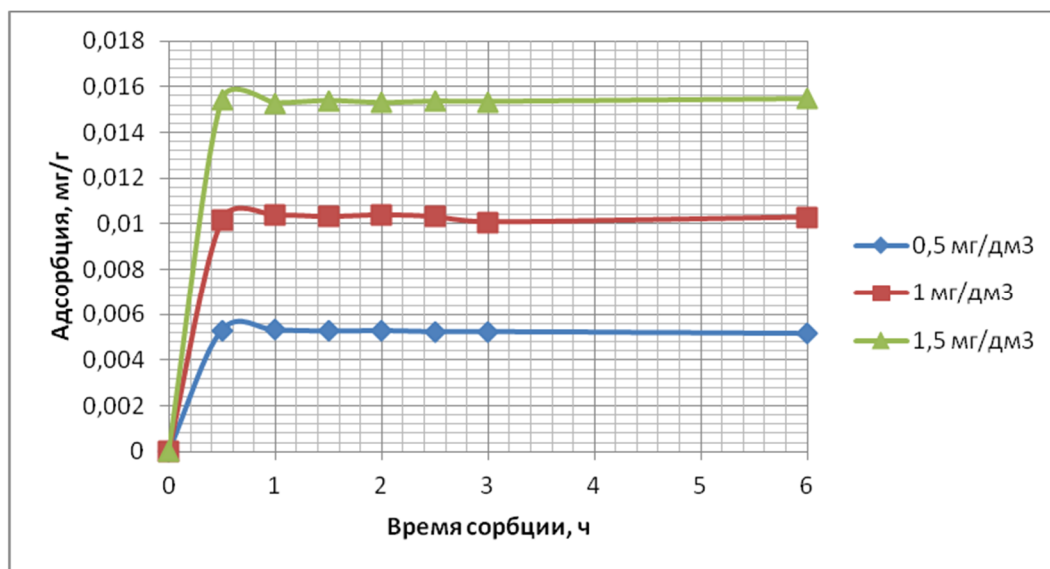


Рисунок 1 – Кинетические кривые сорбции ионов хрома (VI) НСКС

Полученные результаты исследований показали высокую адсорбционную способность НСКС на основе бентонитовой глины и отходов производства базальтового волокна по отношению к ионам хрома (VI). Изучение кинетики сорбции показало, что во всех случаях выделяется начальный участок относительно быстрой сорбции катионов Cr (VI) с последующим постепенным замедлением процесса. Так, равновесная величина сорбции на НСКС во всех опытах достигает в среднем 96-99% от ее предельного значения в течение ~ 0,5 ч.

Оптимальные параметры сорбции устанавливали при изучении влияния массы НСКС на сорбцию ионов свинца (II) из модельных растворов (табл. 2).

Таблица 2

Влияние массы НСКС на сорбцию ионов свинца (II) при $\tau = 30$ мин, $C = 0,5$ мг/дм³

Масса сорбента, г	1	1,25	1,43
$C_0(\text{Pb}^{+2})$, мг/дм³	0,4952		
$C(\text{Pb}^{+2})$, мг/дм³	0,0633	0,0545	0,0568
α , %	87,22	88,99	88,53

Анализ полученных данных позволил установить, что с увеличением массы НСКС степень очистки повышается незначительно, следовательно, использование перерасхода сорбента нерентабельно.

Для изучения кинетики сорбции ионов свинца (II) исследовали водные растворы свинца (II) с концентрацией 0,5, 1 и 5 мг/дм³ при Т:Ж=1:100. В результате проведенных исследований было установлено, что наибольшая эффективность к сорбции исследуемых ионов свинца (II) проявляется на первом этапе взаимодействия сорбента с раствором (рис. 2). Вероятно, это происходит за счёт интенсивного заполнения пор бентонита ионами свинца.

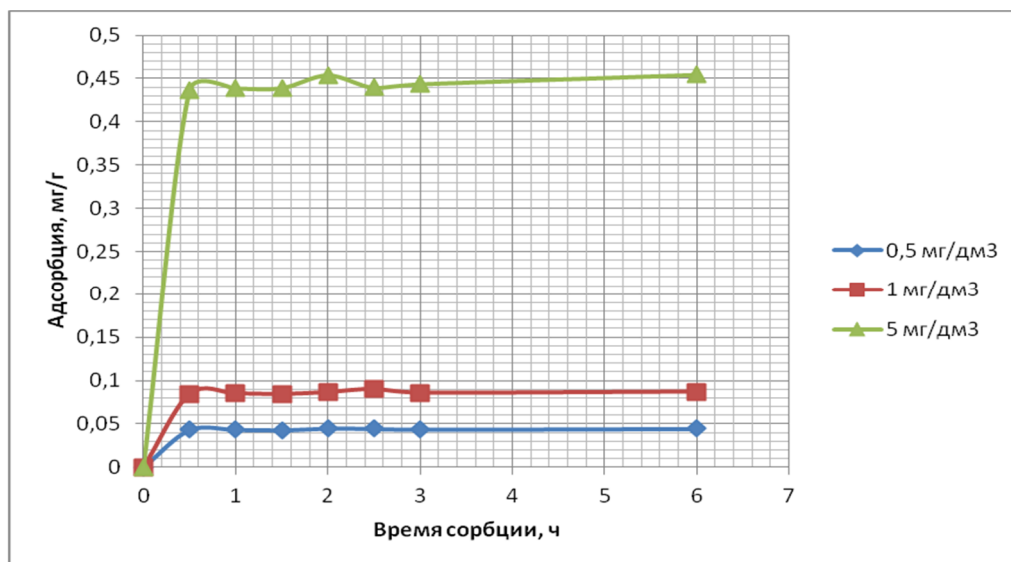


Рисунок 2 – Кинетические кривые сорбции ионов свинца (II) на НСКС

На первом участке ступенчатой кинетической кривой при концентрации $0,5 \text{ мг/дм}^3$ сорбция ионов свинца (II) продолжается в течение первых 30 минут после начала контактирования фаз. На втором участке в течение последующих 0,5-2 часов величина сорбции незначительно возрастает. Максимальная сорбция ионов свинца (II) происходит после 2-часового взаимодействия. Дальнейшее увеличение времени перемешивания приводит к незначительному падению сорбции ионов и является нецелесообразным.

Кинетическая кривая, полученная при концентрации 1 мг/дм^3 , свидетельствует о сорбции ионов свинца (II) также в течение первых 30 минут, в течение последующих 0,5-2,5 часов величина сорбции незначительно возрастает и максимального значения достигает после 2,5-часового взаимодействия. При концентрации 5 мг/дм^3 ионы свинца (II) сорбируются НСКС в первые минуты контактирования до 30 минут, затем наступает период от 0,5 до 2 часов незначительного увеличения сорбции, максимальная сорбция (93%) наступает после 6-часового перемешивания.

Таким образом, ступенчатый характер кинетических кривых сорбции подтверждает, что адсорбция ионов свинца (II) происходит на микропористом НСКС. Изучение кинетики сорбции показало, что во всех случаях выделяется начальный участок относительно быстрой сорбции катионов Pb^{2+} с последующим постепенным замедлением процесса. Так, равновесная величина сорбции на наноструктурированном комплексном сорбенте во всех опытах достигает в среднем 87-91% от ее предельного значения в течение $\sim 2 \text{ ч}$.

Оптимальные параметры сорбции были установлены при изучении влияния массы НСКС на сорбцию ионов цинка (II) из модельных растворов (табл. 3).

Таблица 3
Влияние массы НСКС на сорбцию ионов цинка (II) при $\tau = 30 \text{ мин}$, $C = 0,5 \text{ мг/дм}^3$

Масса сорбента, г	1	1,25	1,43
$C_0(\text{Zn}^{+2})$, мг/дм ³	0,4952		
$C(\text{Zn}^{+2})$, мг/дм ³	0,1609	0,1223	0,1429
α , %	67,51	75,30	71,14

Анализ полученных данных позволил установить, что с увеличением массы наноструктурированного сорбента степень очистки повышается с 67,51% до 75,3%. Кинетика сорбции ионов цинка (II) была изучена в водных растворах цинка (II) с концентрацией 0,5, 1 и 5 мг/дм³ при соотношении Т:Ж=1:100 для сохранения одинаковых условий эксперимента для всех изучаемых металлов.

Изучение зависимостей степени сорбции ионов цинка (II) на НСКС от времени при различных исходных концентрациях цинка (рис. 3) показало, что наибольшая эффективность к сорбции исследуемых ионов цинка (II) сохраняется так же, как и у ионов хрома (VI) и свинца (II), и проявляется в первые 30 минут взаимодействия сорбента с раствором вследствие интенсивного заполнения пор бентонита ионами цинка.

На первом участке ступенчатой кинетической кривой при низкой концентрации (0,5 мг/дм³) сорбция ионов цинка (II) продолжается в течение первых 30 минут после начала взаимодействия. На втором участке в течение последующих 0,5-2 часов величина сорбции незначительно возрастает. Максимальная сорбция ионов цинка (II) происходит после 6-часового взаимодействия.

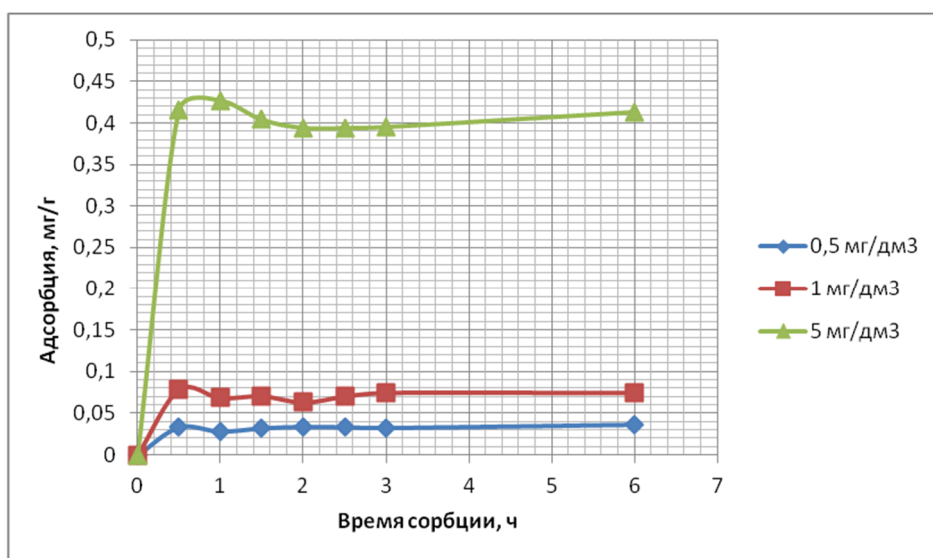


Рисунок 3 – Кинетические кривые сорбции ионов цинка (II) на НСКС

Кинетическая кривая, полученная при концентрации 1 мг/дм³, свидетельствует о достижении максимальной сорбции ионов цинка (II) к 30 минутам, последующее время перемешивания приводит к незначительному падению величины сорбции и становится нецелесообразным. При концентрации 5 мг/дм³ ионы цинка (II) сорбируются НСКС в первые 30 минут, максимальное значение сорбции отмечается после 1 часа, затем после 1,5-часового контактирования отмечается период относительного падения сорбции.

Кинетические кривые сорбции ионов цинка на НСКС свидетельствуют о ступенчатом характере сорбции: на первом участке сорбция ионов цинка (II) продолжается в течение первых 30 минут после начала контактирования фаз. На втором участке в области низких концентраций в течение последующего контактирования величина сорбции незначительно возрастает, максимальная сорбция ионов цинка (II) наступает после 6-часового взаимодействия. В области высоких концентраций максимальная сорбция ионов цинка (II) отмечается в течение первых 0,5-1 часа, дальнейшее перемешивание приводит к падению сорбции вследствие протекающих обратных процессов десорбции.

Таким образом, полученный новый НСКС обладает высокой сорбционной активностью по отношению к ионам хрома (VI), свинца (II) и цинка (II), при этом элементы по избирательности сорбции можно расположить в виде ряда $\text{Cr} > \text{Pb} > \text{Zn}$, что может быть связано с такими свойствами, как радиус и энтальпия гидратации ионов. Установлено, что НСКС отличается высокими кинетическими характеристиками; для достижения количественной сорбции ионов хрома (VI), свинца (II) и цинка (II) при температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ достаточно 30 минут.

Выполненный цикл исследований позволяет рекомендовать синтезированный НСКС на основе бентонитовой глины и отходов производства минеральной ваты для извлечения и концентрирования ионов тяжелых металлов из многокомпонентных растворов сточных вод машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий.

Список литературы

1. Bhattacharyya, K.G. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review / K.G. Bhattacharyya, S.S. Gupta // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2008. - № 140. - P. 114-131
2. Guixia Zhao, Xilin Wu, Xiaoli Tan, Xiangke Wang. Sorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions: A Review // *The Open Colloid Science Journal*. – 2011. – № 4. – P. 19–31.
3. Адрышев А.К. Экологические аспекты использования комплексных сорбентов в очистке сточных вод / А.К. Адрышев, Н.В. Серая, А.А. Хайруллина и др. // *Вестник КазНУ им. Аль-Фараби*, Алматы. – № 3 (45). – 2015. – С. 54-60.
4. Иннов. пат. РК № 29595. Способ получения фильтровально-сорбционного материала (19) KZ (13) A4(11) / Г.К. Даумова, А.К. Адрышев, А.А. Хайруллина, Ю.В. Лопухов; Опубл. 16.03.2015, бюл. № 3. – 4 с.
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31956-2012. Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома. – М.: Стандартинформ, 2014. – 42 с.

Получено 16.08.2017

УДК 622.831

Д.Е. Акбанбетова, Н. Хуанган, Ж.Б. Рашид

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Рассмотрен вопрос устойчивости массива кровли горных пород при подземной разработке рудных залежей камерной или камерно-столбовой системами. Последующая отработка оставленных запасов путем выемки целиков из открытого выработанного пространства требует достоверной оценки состояния массива кровли для выбора способа управления его обрушением. Приведены методы оценки устойчивости. Показана целесообразность решения задачи устойчивости численными методами и анализ результатов их использования в условиях рудников Казахстана. С помощью специализированного пакета программ исследовано напряженное состояние кровли.

Камералық немесе камералы-бағаналы жүйе арқылы кен жатысын жерасты қазып алу кезінде тау-кен жыныстарының төбе сілемінің тұрақтылығы қарастырылған. Ашық игерілген кеңістіктен кентіректерді қазып алу арқылы қалдырылған қорларды кейіннен өту төбе құлатудың басқару тәсілін таңдау арқылы сілемнің күйін айқын бағалауды талап етеді. Орнықтылықты бағалаудың әдістері көрсетілген. Сандық әдіспен тұрақтылықты есептеу шешімінің мақсатқа сәйкестігі және олардың нәтижелерінің талдауын Қазақстан кеніштері жағдайында қолдану көрсетілген. Арнайы бағдарлама пакетінің көмегімен төбенің кернеулі күйі зерттелген.

The paper describes the question about roof massif stability of rocks by underground mining of ore deposits in accordance with chamber or chamber-and-pillar systems. The subsequent working of the left resources by dredging of pillars from the open developed space, demands an adequate assessment of roof massif condition, to choose method for controlling of its caving. The methods of roof stability assessment are provided. In addition, the paper deals with the feasibility of the task solution of stability by numerical methods and the results analysis of their use in Kazakhstan mines conditions. The stressed condition of roof was solved by means of specialized program package.

Ключевые слова: устойчивость кровли, камерно-столбовая система, напряжение, междукамерный целик, моделирование, деформация.

Устойчивость состояния горного массива над пройденными выработками, выработанными пространствами определяется как способность сохранять свое функциональное назначение в ходе выполнения технологических процессов. На подземных рудниках при использовании технологии разработки с поэтажным обрушением устойчивое состояние массива над отработанными камерами или блоками является основным требованием (условием) безопасного ведения горных работ, исключающим неконтролируемое обрушение в зонах нахождения персонала. Особенно остро встает эта проблема при обеспечении безопасности в технологии разработки рудных тел камерно-столбовой системой с оставлением в панелях междукамерных и между панелями барьерных целиков.

Состояние горного массива, в том числе и кровли, обуславливается как его природными физико-механическими свойствами, так и воздействием внешних факторов: давление налегающей толщи пород, разгрузка в определенных зонах в результате технологического вмешательства, тектонические нарушения различного характера.

Обнаружение пустот в массиве и их линейных размеров, оценка на этой основе состояния устойчивости массива над отработанными пространствами является сложной задачей и может быть в некоторой степени решена тремя способами:

- инструментальными наблюдениями или измерениями прямых или косвенных признаков образования пустот и трещин (установка реперов для отслеживания сдвижения массива, зондирование через скважины, пробуренные в предполагаемых зонах, геофизические методы, основанные на определении разности электрических сопротивлений сред и т.д.);

- аналитическими методами, основанными на получении и решении замкнутой системы дифференциальных уравнений частных производных, описывающих связи внешних воздействий с реакцией массива – напряжения, деформации, сдвижения;

- численными методами имитационного моделирования, основанными на численном решении дифференциальных уравнений в частных производных, когда невозможно получить замкнутое аналитическое решение.

Численные методы позволяют моделировать реакцию массива на изменение воздействия нагрузок, оценивать его устойчивое состояние, исходя из известных критериев, и в определенной степени решать актуальную задачу исследования устойчивости массива.

Ясно, что наиболее точные оценки показателей состояния массива кровли можно получить инструментальными методами – измерениями трещиноватости, смещений и деформаций. Однако выполнить это не всегда возможно, не говоря уже об экономических затратах на инструментальные методы. Разработка теоретических методов в механике горных пород, численных методов решения дифференциальных уравнений, в том числе и в частных производных, специализированных пакетов прикладных программ на ПЭВМ позволили в определенной степени решать такие задачи.

Практикой повторной отработки потерь руды камерно-столбовой системой показано, что основой прогноза поведения массива при отработке барьерных целиков (произойдет или нет обрушение прочных пород основной кровли) являются расчётные методы.

Одним из методов является расчёт предельных сил, удерживающих в равновесии породы кровли [1], по нижеприведенной формуле 1:

$$P_{y0} = (p \cdot m \cdot c + 2 \cdot (\sigma_1 \cdot a + \sigma_2 \cdot b) \cdot m \cdot \operatorname{tg} \varphi) / S, \quad (1)$$

где c – сцепление пород кровли, т/м²; φ – угол внутреннего трения, градусы; m – мощность пород кровли, м; a, b – размеры зоны обрушения в плане, м; p – периметр зоны обрушения, м; S – площадь выработанного пространства, м²; σ_1, σ_2 – горизонтальные компоненты природного поля напряжений, т/м².

Такой расчетный метод, предоставляющий одну величину – удерживающую силу, не показывает распределения напряжений и деформаций (смещений) в самом массиве кровли и в удерживающих опорных элементах. Для более полного исследования состояния всех элементов системы «кровля – опоры» необходимо знать напряжения и деформации в элементах.

Задачи определения напряженного состояния элемента горного массива частично могут быть решены с использованием языка, приемов и терминологии метода конечных элементов (МКЭ). Обычно решается плоская задача, в которой параметры напряженного состояния вычисляются в каком-либо, предположительно наиболее опасном, сечении [2].

Напряжения под воздействием внешних сил связаны с деформациями и физико-механическими свойствами среды следующими соотношениями:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (\varepsilon_x + \nu \cdot \varepsilon_y + 0 \cdot \gamma_{xy}), \quad (2)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (\nu \cdot \varepsilon_x + \varepsilon_y + 0 \cdot \gamma_{xy}), \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot (0 \cdot \varepsilon_x + 0 \cdot \varepsilon_y + \frac{1-\nu}{2} \gamma_{xy}), \quad (4)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad (6)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}, \quad (7)$$

где σ_x и σ_y – нормальные напряжения в направлении осей координат ОХ и ОУ соответственно, Мпа; γ_{xy} – касательное напряжение в плоскости ХОУ, Мпа; $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ – относительные деформации массива по осям ОХ и ОУ соответственно.

Как правило, применение при этом упругой модели среды есть первое приближение к механическому состоянию реальной среды, которое дает достаточные по точности результаты для анализа влияния различных факторов и принятия инженерных решений [3].

С применением МКЭ и использованием специализированного научного пакета программ MATLAB (матричная лаборатория) решалась задача определения безопасных размеров кровли при отработке камерным способом залежи на руднике «Западный Каражал» [4].

Рассматривается плоско-напряженное состояние массива под действием веса вышележащих пород γH в вертикальной плоскости по оси Y и объемной силы веса Q исследуемой части массива кровли, которая рассматривается как плита с однородными физико-механическими свойствами, имеющая конечные размеры. Нижняя часть массива над отработанным пространством принимается свободной, то есть не подвержена действию внешних сил. Напряжения, деформации и перемещения действуют преимущественно по направлению оси Y (перпендикулярно плоскости массива кровли) и незначительно по направлению оси X (вдоль линии пролета отработанного пространства). Принимается,

что напряжения и деформации в полуограниченной плоскости массива пород по направлению оси Z (перпендикулярно плоскости XOY) отсутствуют. Размеры массива по осям X и Y конечны и определяются условиями моделирования.

Численное решение дифференциального уравнения частных производных с граничными условиями выполнялось методом конечных элементов с использованием программ *Partial Differential Equation Toolbox* (специализированный пакет решения дифференциальных уравнений в частных производных) интегрированной среды MATLAB, который применяется для решения задач расчета напряженно-деформированного состояния различных упругих и упруго-пластичных сплошных сред.

При решении задач геомеханики с целью определения устойчивости, возможности превышения пределов прочности под действием нагрузок и обрушения в отработанное пространство массив горных пород рассматривается как упругая (упруго-пластичная) среда в форме плиты с известными физико-механическими свойствами.

Исходными данными при численном моделировании приняты:

- длина пролета между опорами массива пород кровли, L , м;
- мощность пород исследуемой части кровли, H , м;
- модуль упругости (модуль Юнга) пород, E , МПа;
- коэффициент Пуассона (коэффициент поперечных деформаций), ν ;
- предел прочности на растяжение, $\sigma_{рст}$, МПа;
- предел прочности на одноосное сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа;
- объемная плотность, ρ , г/см³.

Физико-механические свойства пород определялись лабораторными испытаниями образцов горных пород, специально отобранных геологической службой шахты «Западный Каражал» и обработанных испытательным центром ТОО «Центргеоланалит». По результатам испытаний вмещающие породы характеризуются как «крепкие» и «очень крепкие» со следующими усредненными прочностными и деформационными параметрами [4]:

- коэффициент крепости от 14,3 до 18,2;
- предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ от 103,8 до 152,9 МПа;
- предел прочности на растяжение $\sigma_{рст}$ от 10,6 до 14,2 МПа;
- объемная плотность ρ от 2,72 до 4,36 г/см³;
- модули упругости: Юнга E от $8,845 \cdot 10^4$ до $12,868 \cdot 10^4$ МПа;
- сдвига G от $3,615 \cdot 10^4$ до $6,55 \cdot 10^4$ МПа;
- объемного сжатия K от $4,812 \cdot 10^4$ до $7,612 \cdot 10^4$ МПа;
- коэффициент Пуассона ν от 0,18 до 0,20;
- коэффициент анизотропии от 1,04 до 1,06.

Численным моделированием определяются следующие параметры, характеризующие напряженно-деформированное состояние массива пород кровли под действием налегающей толщи пород висячего бока:

- смещения (сдвигения) в вертикальном и горизонтальном направлениях, м;
- относительные деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях;
- напряжения в вертикальном и горизонтальном направлениях (сжимающие со знаком «-» и растягивающие со знаком «+»), МПа;
- главные напряжения (сжимающие со знаком «-» и растягивающие со знаком «+»), МПа и главные относительные деформации без определения направлений площадок, по которым действуют главные напряжения.

Расчетная схема кровли, опирающейся на межблочные целики, приведена на рис. 1.

Моделируется геомеханическое состояние устойчивости слоя породного массива в

кровле отработанного пространства после выемки камер, междуканальных целиков в пределах одного блока или в пределах ряда смежных блоков после выемки межблочных целиков.



Рисунок 1 - Условный вертикальный разрез для моделирования

Оценка возможности разрушения и последующего обрушения массива пород кровли над отработанным пространством выполнялась по критерию, основанному на механизме отрыва, обусловленному деформациями удлинения, т.е. преимущественным действием главных нормальных растягивающих напряжений. Согласно этому критерию теории прочности разрушение пород происходит при выполнении следующего соотношения:

$$\sigma_{\text{глв.раст}} \geq [\sigma_{\text{раст}}], \text{ МПа}, \quad (8)$$

где $\sigma_{\text{глв.раст}}$ – главные растягивающие напряжения в определенной точке или области массива, МПа; $[\sigma_{\text{раст}}]$ – предел прочности породы на растяжение в условиях лабораторных испытаний, МПа.

По результатам лабораторных испытаний образцов пород пределы прочности на растяжение составляют от 10,6 до 14,2 МПа. Принимая среднее значение 12,35 МПа по 4 образцам, можно прогнозировать возможное разрушение пород под действием главных растягивающих напряжений только в районах опор кровли в пределах 20-30 метров. На рис. 2 в качестве примера показаны распределения первых главных растягивающих напряжений в трех слоях массива кровли шириной 300 м.

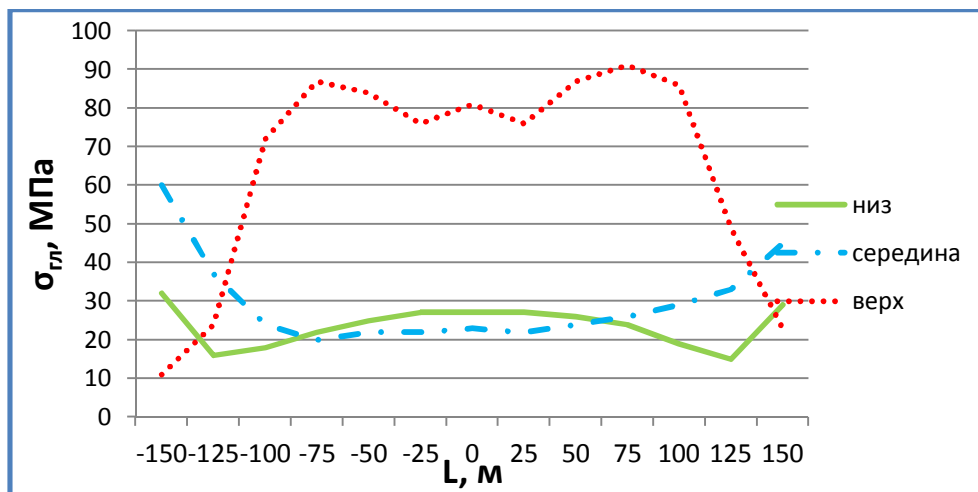


Рисунок 2 - Графики изменения первых главных напряжений в массиве кровли уравнений численным методом

При решении задачи средствами указанного пакета подобные графики могут быть построены для напряжений, перемещений, деформаций как самой кровли, так и опорных элементов. Анализ такой подробной информации дает возможность достаточно уверенно оценить устойчивость пород и принять обоснованное решение по способам безопасного управления кровлей.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Численные методы решения задач позволяют реализовать аналитические зависимости между нагрузками, напряжениями и деформациями для оценки состояния устойчивости горных конструкций при подземной отработке рудных залежей.

2. Для решения задач устойчивости горного массива при подземной разработке необходимо использовать методы, позволяющие получить возможно более полное распределение напряжений и деформаций в исследуемых элементах массива.

3. Многообразие результатов решения методом конечных элементов и использование специализированных пакетов программ дает возможность более детально исследовать напряженное состояние кровли и принять обоснованные меры для предупреждения неуправляемого обрушения.

Список литературы

1. Слесарев В.Д. Механика горных пород. - Углетехиздат, 1948.
2. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 1987. – 221 с.
3. Ходжаев Р.Р. ANSYS бағдарламасын қолдана отырып тау-кен қазбасының айналасындағы сілемнің геомеханикалық жағдайын зерттеу / Р.Р. Ходжаев, Т.К. Исабек, В.Ф. Демин и др. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2014. - № 4. – С. 36-39.
4. Ходжаев Р.Р. Численное моделирование геомеханического состояния массива кровли выработок в условиях шахты «Западный Каражал» / Р.Р. Ходжаев, Р.И. Габайдуллин, Е.Н. Усачев // Актуальные проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера: III Междунар. науч.-практ. конф. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2013. – С. 175-178.

Получено 16.08.2017

УДК 553

Б.Б. Амралинова, Б.А. Дьячков

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

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НИКЕЛЕНОСНОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

В статье приведены теоретические позиции новой глобальной тектоники, рассматриваются геологические условия формирования, особенности вещественного состава и критерии прогнозирования месторождений никеленосных кор выветривания Восточного Казахстана. Приводится характеристика геологического строения и вещественного состава никеленосности руд Белогорского и Горностаевского типовых месторождений.

Мақалада жаңа глобалды тектониканың теориялық позициясы келтірілген, Шығыс Қазақстан кеніштерінің никельді мору қыртысының болжау критерийлері, заттық құрамының ерекшеліктері, қалыптасуының геологиялық жағдайлары қарастырылады. Белогор және Горностай типтік кенорындарының никельді кендерінің заттық құрамы мен геологиялық құрылымына сипаттама берілген.

We present geological characteristics, mineralogical composition and criteria for prospecting of deposits associated with nickel-bearing crust of weathering in Eastern Kazakhstan using modern concepts of

global tectonics. We describe geological and mineralogical characteristics of nickel-bearing ores for the two type deposits of Belogorsk and Gornostayev.

Геотектоническая позиция. На современном уровне геологических исследований с теоретических позиций мобилизма особое значение придается палеогеодинамическим реконструкциям области сочленения литосферных плит с континентальным или океаническим типом строения земной коры. В Восточном Казахстане примером является геологическая структура Большого Алтая, сформированная в герцинский цикл тектогенеза в процессе глобального взаимодействия Казахстанского и Сибирского континентальных массивов, разделявшихся в девоне - раннем карбоне Иртыш-Зайсанским палеобассейном [1]. Непосредственно сдвигание и сочленение указанных субконтинентов произошло в стадии коллизии (C_1 - C_3) Казахской и Горноалтайской континентальных окраин с образованием крупной тектонической зоны сжатия или Зайсанской сутурной зоны [2].

В современном виде эта структура представлена Чарской и Западно-Калбинской тектоническими зонами, ограниченными глубинными разломами. На северо-востоке по Теректинско-Улунгурскому глубинному разлому она граничит с Калба-Нарымским террейном, а на юге-западе от Жарма-Саурского террейна отделяется Байгузин-Булакским разломом. В ее осевой части прослеживается Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс дугообразной формы, фиксирующий зону мантийного глубинного разлома (надвига) или сутурный тектонический шов. Формирование офиолитового пояса происходило в следующей последовательности.

В докембрийский цикл в условиях океанического рифтогенеза отторженцы древних палеоконтинентов, очевидно, были разбиты разломами, залечены гипербазитами и базальт-толеитовыми вулканитами. Поэтому первичные ультрабазиты Чарского комплекса достаточно древние и относятся к гипербазитовой формации условно-докембрийского возраста [1]. Имеются также данные абсолютного возраста о более молодом ордовикском возрасте офиолитов [3]. Первичное оруденение (Cr, Ni, Co, Cu) представлено мелкими месторождениями и рудопроявлениями (Андреевское, Суук-Булак и др.). Они фиксируются будинированными блоками и линзами хромитов (размером до $8 \times 4 \times 5$ м) и вкрапленными рудами, развитыми в серпентинитовом меланже. На рудных объектах преобладают низкосортные руды ($Cr_2O_3 < 40\%$), которые еще слабо изучены.

Каледонские образования (спилит-диабазовые, кремнисто-яшмовые, известняки и др.) фиксируются в виде фрагментов, блоков и покровных пластин в протрузивном серпентинитовом меланже. В связи с перекрытостью каледонского этажа герцинскими структурами, рудные объекты здесь пока неизвестны.

Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс формируется в герцинский цикл в коллизионной геодинамической обстановке и представляет собой сложный ансамбль олисто Stromовых блоков, пластин и чешуй. Это крупная тектоническая структура сложной конфигурации прослеживается в длину более чем на 1000 км от Кулундинской впадины (на северо-западе) до оз. Зайсан (на юго-востоке) и далее продолжается в Китай.

Оруденение коллизионной стадии (C_1 - C_3) характеризуется золото-лиственитовой формацией, представленной мелкими месторождениями и рудопроявлениями золотокиноварной минерализации [4]. Пространственно они контролируются разрывными нарушениями и фиксируются в зонах брекчирования серпентинитов порфиритов, превращенных в листвениты и метасоматические кварциты (бирбириты). На ряде объектов золото-ртутное оруденение проявлено в метасоматически измененных известняках аркалыкской свиты (C_{1V2-3}) и кварц-карбонатных жилах. По формационной принадлежности известные объекты (Кызыл-Чар, Веро-Чар и др.) относятся к золото-ртутной и кварц-

карбонатной формации. Рудообразующей представляется гипербазитовая формация (PR), подверженная метаморфогенно-гидротермальным преобразованиям в стадию герцинской коллизии с наложением оруденения на листвениты, бирбириты, кварциты и порфириты. К рудным минералам относятся киноварь, пирит, гематит, антимонит, золото, нерудные – кварц и карбонат.

В позднегерцинскую постколлизийную стадию (P_1-T_1), в связи со сбросо-сдвиговыми формациями, активно проявленными в структурах Центральной Азии (А.Г. Владимиров и др., 2008), произошло смещение Чарско-Горностаевского офиолитового пояса по Знаменскому субширотному глубинному разлому с амплитудой 25-30 км (левый сдвиг) и разделение его на две ветви – Горностаевскую (меридиональную) и Чарскую (северо-западную).

Раннекиммерийский этап характеризуется проявлением плюмтектоники в виде вспышки локального щелочного магматизма (трахибазальт-трахириолитовая вулканоплутоническая ассоциация, семейтауский комплекс T_1), а в позднекиммерийское время в условиях континентального рифтогенеза образовались месторождения кор выветривания различных типов Ni-Co, Ti-Zr, Au (Белогорское, Горностаевское, Караоткель, Жанан и др.) [5, 6, 4].

Главные структуры мезозоя. В Восточно-Казахстанском регионе значительная часть территории с поверхности или под маломощным чехлом рыхлых отложений занята образованиями кор выветривания мезозойского и кайнозойского циклов гипергенеза, которые получили наибольшее развитие в Присемипалатинском Прииртышье и Зайсанской впадине. Палеозойские коры выветривания размыты и практически не сохранились. Анализ обширного геологического материала показывает, что Зайсанский и Семипалатинский прогибы сформировались на границе Казахской и Сибирской литосферных плит, на флангах Зайсанской сутурной зоны и являются краевыми частями крупных седиментных бассейнов – Джунгарского (на юго-востоке) и Западно-Сибирского (на северо-западе). На современной поверхности они разделяются сводовой перемычкой палеозойского возраста.

Главные структуры мезозоя и кайнозоя Центральной Азии связаны с деструкцией единого Евразийского континента, охватившей киммерийский (мезозойский) и кайнозойский (позднеальпийский неотектонический) циклы. Развитие внутриконтинентального рифтогенеза происходило в перикратонный тафрогенный этап (T-J, 100 Мл) при горизонтальном расползании верхней коры по Е.Е. Милановскому (1983 г.). В этот период произошло заложение рифтоподобных впадин (Зайсанской, Алакольской, Илийской и других) по юго-восточной периферии Казахского щита.

В Семипалатинском прогибе на подстилающих образованиях палеозоя образовались преимущественно молассовые лимнические угленосные формации (T_1-J) с общей мощностью осадков до 900-1100 м. Зайсанский прогиб, ограниченный северо-западными, широтными и северо-восточными разломами, характеризуется накоплением молассовых лимнических отложений T_1-J_2 с общей мощностью 1770-2260 м. В незначительном объеме проявлены вулканоплутонические образования (аналоги семейтауского комплекса) и траппы андезитовых порфиритов.

Синеклизный этап (K-E₂, 106 Мл) на всей территории ознаменовался ослаблением рифтогенеза, перерывами в осадконакоплении, формированием региональных поверхностей выравнивания и месторождений остаточных кор выветривания: золота (Суздальское, Жанан, Кемпир и др.), никеля и кобальта (Горностаевское, Белогорское и др.), титана и циркония (Караоткель, Сатпаевское, Жулдыз).

Типовые месторождения. Чарская ветвь офиолитового пояса объединяет линзовидные и дайкообразные тела серпентинизированных гипербазитов, лиственитов, бирбиритов и габбриодов с площадью отдельных массивов до первых км². Наиболее крупный раздув гипербазитов отмечается в полосе ст. Шар-пос. Перятинка и контролируется Белогорским

широтным разломом. Именно здесь образовались наиболее значительные в регионе никель-кобальтовые коры выветривания.

Изучение кор выветривания нонтронитового профиля началось после установления в 1959 г. никеленосности ультрабазитов Чарско-Горностаевского пояса. Большой вклад в эти исследования внесли Е.Г. Новиков, А.Г. Гокоев, И.К. Синдин, А.Я. Ипатов, Н.В. Суспицын и другие геологи. По данным указанных авторов, среди гипербазитов выделяются дуниты, пироксениты, гарцбургиты и лерцолиты чарского комплекса, которые в результате метаморфизма превращены в серпентинитовые породы (талек-карбонат-серпентинитовые и хризотил-антигоритовые). Лиственитизированные их разности обогащены Ni (0,24%), Co (0,072%), характеризуются повышенными содержаниями Cr, Cu, Zn, Mn, As. Учетные запасы никеля и кобальта определены на Белогорском и Горностаевском месторождениях.

На основе выполненных исследований с использованием электронной микроскопии получена новая информация о составе и характере распределения химических элементов и уточнена геохимическая специализация различных типов кор выветривания Белогорского месторождения, что может иметь прогнозно-поисковое значение. Выявленные повышенные значения золота, серебра и сурьмы свидетельствуют о потенциальной золотеносности изучаемых никеленосных кор выветривания и повышают перспективность месторождения с возможной отработкой здесь комплексных руд (Ni, Co, Au) [7]. По результатам геологоразведочных работ Н.В. Суспицыным подсчитаны запасы месторождения, которые определяются как средние. Нами предполагается увеличение ресурсов за счет доизучения закрытой части территории и скрытых тел серпентинитовых гипербазитов, выделяемых по геолого-геофизическим данным.

Горностаевское месторождение силикатных кобальт-никелевых руд расположено на северо-западном фланге Чарско-Горностаевского офиолитового пояса в пределах его Горностаевской ветви. Последняя, по геолого-геофизическим данным, прослеживается в северо-западном и меридиональном направлении более чем на 200 км (при ширине 1-1,5 км), при этом глубина распространения гипербазитов достигает 1,7-2 км.

Большая часть массивов представлена серпентинизированными ультрабазитами и серпентинитами, среди которых выделяются антигоритовые, хризотил-антигоритовые, серпентинит-хризотил-антигоритовые и другие разности (Н.В. Суспицын, 1965 г.; Ю.П. Попович, 1968 г.). На месторождении по вещественному составу преобладают апогарцбургитовые серпентиниты, в которых характерны элементы-примеси – Cr, Pb, Zn, Ti, Sc. Это месторождение рекой Иртыш разделяется на две части – Правобережную и Левобережную.

В Правобережной части зона продуктивной коры выветривания прослежена на 8 км (К.С. Ахетов и др., 1968 г.). Площадная кора выветривания здесь развита на контакте серпентинитов и известняков аркалыкской свиты (средняя мощность 10-15 м). Верхняя зона охр фиксируется только отдельными фрагментарными выходами. Основные запасы никеля и кобальта сосредоточены в нонтронитовой зоне, которая развита по редкой сети (200-400×1600 м) до глубины 150 м. Всего выделено 4 рудных тела длиной 500-2200 м, мощностью 5-17, прослеженные по падению на 100-300 м. Среднее содержание Ni - от 0,52 до 0,80%, Co - от 0,04 до 0,48%.

Левобережная часть наиболее изучена и перспективна на выявление промышленного оруденения. В результате проведенных поисковых и поисково-оценочных работ Горностаевской ГРП (при участии Алтайской геофизической экспедиции) в 1960-1968 гг. здесь в зоне выщелоченных серпентинитов выделены рудные тела пластообразной формы. Размеры от нескольких сот метров до первых километров при мощности до 15 метров. Содержание Ni - 0,7-2,3%, Co - 0,05-0,37%. Общие запасы никеля Горностаевского месторождения

могут быть увеличены за счет доразведки его Правобережной части, поиска новых объектов на закрытой территории по благоприятным геолого-геофизическим признакам.

Технологические исследования руд проводились на Павлодарском тракторном заводе и в институте «ГИПРОНИКЕЛЬ», результаты работ положительные. Основная масса никеля и кобальта связана с нонтронитом, гидроокислами железа и марганцевыми образованиями, а наиболее рациональной схемой переработки силикатных кобальт-никелевых руд является электроплавка на ферроникель (с извлечением Ni более 90%, Co-35%). Рациональные методы переработки никелевых руд приводятся в работах [8, 9].

Таким образом, на основании обобщения и анализа материалов прошлых лет и новых результатов уточнены особенности геологического строения и металлогении никеленосных структур Восточного Казахстана. Критерии прогнозирования месторождений никеленосных кор выветривания в региональном плане определяются их пространственной приуроченностью к коллизионной зоне столкновения литосферных плит, что сопровождалось активизацией системы корово-мантийных разломов, развитием надвигово-меланжевых структур и формированием Чарско-Горностаевского офиолитового пояса с первичными рудами Cr, Ni, Co, Cu, связанными с мантийными источниками [10]. В результате герцинской коллизии протрузии гипербазитов подверглись будинированию и гидротермально-метасоматическим изменениям (серпентинизации, лиственитизации и окварцеванию), по которым в киммерийский цикл в условиях континентального рифтогенеза образовались Co-Ni коры выветривания. Определена рудоконтролирующая роль Белогорского широтного разлома в формировании и размещении Чарской группы Ni-Co и золото-ртутных месторождений. По данным электронной микроскопии намечена минералогеохимическая специализация различных типов кор выветривания с повышенной золотосодержимостью, что имеет прогнозно-поисковое значение. Следует отметить работы зарубежных ученых по фракционированию изотопов никеля в никеленосных корах выветривания. По их данным было установлено, что изотопы никеля фиксируют изменения на разных этапах биогеохимического цикла выветривания. Дальнейшее изучение с использованием силикатных кобальт-никелевых руд месторождений и рудопроявлений в Казахстане приведет к лучшему пониманию процессов, ведущих к накоплению никеля в промышленных концентрациях.

Известные месторождения и рудопроявления силикатных кобальт-никелевых руд (Горностаевское, Белогорское, Северное, Букорское и др.) изучены в основном на небольшую глубину. В связи с тем, что в ближайшие годы предполагается строительство завода по переработке никеленосных руд в корах выветривания, важнейшая задача заключается в оценке перспективных площадей и участков под чехлом рыхлых отложений, выделяемых по геолого-геофизическим данным. В целях укрепления минерально-сырьевой базы изучаемого региона (на Ni, Co, Au, Hg и другие элементы) целесообразно продолжить проведение научно-исследовательских и прогнозно-поисковых работ в Чарско-Горностаевском поясе на современном научно-техническом уровне, с широким применением геофизических и геохимических методов и постановкой глубинного геологического картирования.

Список литературы

1. Большой Алтай (геология и металлогения). – Алматы: Ғылым, 1998. – Кн. 1-2.
2. Dyachkov B.A., Mizernaya M.A., Mayorova N.P. et al. Geotectonic position and metallogeny of the Great Altai structures in the system of the Central – Asian Mobile Belt // *New-Frontiers in Tectonic Research. General Problems, Sedimentary Basins and Island Arcs. Tech.*, 2011. – Croatia. – P. 73-92.

3. Ермолов П.В. Актуальные проблемы изотопной геологии и металлогении Казахстана. – Караганда: Издательско-полиграфический центр Казахстанско-Российского ун-та, 2013. – 206 с.
4. Дьячков Б.А. Типы золоторудных месторождений Восточного Казахстана / Б.А. Дьячков, О.Н. Кузьмина, Н.А. Зимановская и др. – Усть-Каменогорск: ВКГУ, 2015. – 204 с.
5. Киселев А.Л. Золотоносные коры выветривания Казахстана. – Алматы, 2000. – 113 с.
6. Мысник А.М. Типы кор выветривания Восточного Казахстана: возрастные рубежи формирования, типы, полезные ископаемые / А.М. Мысник, О.И. Бочкова, М.М. Кравченко // Геология и охрана недр. – 2003. – № 4. – С. 30-37.
7. Marsh, E.E. and Anderson, E.D., 2011. Ni-Co laterite deposits: U.S. Geological Survey Open-File Report 2011-1259, 9 p.
8. Резниченко А.В. Перспективы переработки окисленных никелевых руд Казахстана / А.В. Резниченко, Н.В. Сизикова, А.Ю. Назаренко и др. / Научные исследования в горно-металлургическом производстве: Сб. науч. тр. - Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2012. – С. 72-74.
9. Quast, K., Connor, J. N., Skinner, W., Robinson, D.J., Addai-Mensah, J., 2015. Preconcentration strategies in the processing of nickel laterite ores. Part 1: Literature review. Minerals Engineering 79, 261-268.
10. Safonova I.Y., Santosh M., 2014. Accretionary complexes in Asia-Pacific region: tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes. Gondwana Research 25, 126-158.
11. Коробейников А.Ф. Научные основы прогнозно-минералогических и поисковых исследований на благороднометалльное оруденение // Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. – Т. 318. – № 1. – С. 14-22.

Получено 18.09.2017

УДК 504.054 (574)

Ш.Ж. Арынова

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Б.Х. Шаймарданова

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

Л.П. Рихванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Н.П. Корогод, Г.Е. Асылбекова

Павлодарский государственный педагогический институт, г. Павлодар

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ГОРОДА ПО НАКОПЛЕНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В работе исследован химический состав солевых отложений из природных пресных вод, листьев тополя черного и волос человека с помощью инструментального нейтронно-активационного метода за период 2005-2016 гг. Изученные 28 химических элементов распределены по территории г. Павлодара неоднородно. Геохимически специфичным элементом для всех объектов исследования является цинк. Выявлена положительная корреляционная связь элементного состава солевых отложений из природных пресных вод и волос человека.

Жұмыста 2005-2016 жылдар кезеңінде табиғи тұщы судың тұзды шөгінділерінің химиялық құрамы қаратерек жапырағы мен адам шашын аспаптық нейтронды-активтендіру әдісімен зерттелді. Зерттелген 28 химиялық элемент Павлодар қаласының аумағына әртүрлі таралды. Зерттеудің барлық объектілері үшін геохимиялық ерекше элемент мырыш болып табылады. Табиғи тұщы судың тұзды шөгінділері және адам шашының негізгі құрамының арасында корреляциялық байланыс байқалады.

In this study, the chemical composition of solvents from solids in the spring water, the topsoil of the black and white hair with instrumental neutron-activation method for the period 2005-2016. The studied

28 chemical elements are distributed throughout the city of Pavlodar heterogeneously. A geochemically specific element for all objects of research is zinc. A positive correlation was found between the elemental composition of salt deposits from natural fresh water and human hair.

Ключевые слова: г. Павлодар, солевые отложения из природных пресных вод, волосы, листья, химический состав.

Постановка проблемы. Промышленные предприятия, в зависимости от их мощности и характера производства, могут влиять на изменение геохимических особенностей территорий, как на локальном уровне, так и в региональном и глобальном масштабах [1]. В результате производственной деятельности человека в окружающей среде появляются отдельные регионы, характеризующиеся избыточным содержанием химических элементов, таким образом формируются техногенные геохимические провинции [2, 3]. Изучение геосистем, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию, выявляет существенный прирост содержания металлов в различных средах, причем на первое место выступают элементы с низкими кларками [4]. Возникает резкая их неоднородность, когда на достаточно небольших площадях сменяют друг друга техногенные микропровинции [5]. Антропогенная трансформация природной среды, в т.ч. ее химическое загрязнение, неизбежно ведет к деформации этих обменных процессов, прежде всего за счет избирательного накопления химических элементов отдельными компонентами экосистем и изменения их продуктивности [6]. Поступление высоких концентраций химических веществ в окружающую среду отражается на элементном составе питьевой воды, растительности и биосубстратах человека [7, 8]. Известно, что индикаторной средой при оценке качества вод, используемых для питьевого водоснабжения, является накипь [9-11].

Г. Павлодар представляет собой конгломерат разнопрофильных производств, которые влияют на его эколого-геохимическое состояние. Главными отраслями производства являются машиностроение и металлообработка (алюминиевый и электролизный заводы), химическая промышленность (нефтехимический завод), крупное производство стройматериалов (кирпичный завод) [12].

В работе проведена комплексная оценка экологической ситуации на территории г. Павлодара на основе сравнительного изучения химического состава солевых отложений из природных пресных вод, листьев тополя и волос человека.

Материалы и методы исследований. Территория г. Павлодара была разделена на 6 условных участков (1 - северо-западный, 2 - северо-восточный, 3 - западный, 4 - восточный, 5 - юго-западный, 6 - юго-восточный). Определенные нами точки пробоотбора (всего 183 пробы) создавали площадную сеть наблюдения (рис. 1).

Пробоотбор листьев тополя черного (*Populus nigra* L. – 55 проб) проводили по стандартной методике. При помощи ножа срезали 10-15 листьев с разной стороны дерева, укладывали в полиэтиленовую пленку и прикладывали этикетку (дата, место сбора, вид дерева). Солевые отложения из природных пресных вод (28 проб) отбирали согласно патенту № 2298212 «Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды» [13]. Накипь отобрана постукиванием ножа по стенке эмалированных чайников, которая впоследствии была высушена при комнатной температуре и истерта до состояния порошка. Отбор проб волос (100 проб) осуществляли согласно стандартной методике, рекомендованной МАГАТЭ. Отобранные волосы с 5 точек головы отмывали с помощью дистиллированной воды и ацетона. Химический состав листьев, накипи и волос был определен инструментальным нейтронно-активационным методом (ИНАА) с облучением тепловыми нейтронами. Облучение проводили на Томском исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геоэкологии и геохимии Национального исследовательского Томского политехнического

университета (аналитик - с.н.с. А.Ф. Судыко). Перед определением химического состава листья были озолены в муфельной печи, волосы измельчены при помощи ножниц из нержавеющей стали, накипь истерта в агатовой ступке, каждый из объектов исследования упакован в алюминиевую фольгу по 100 мг.

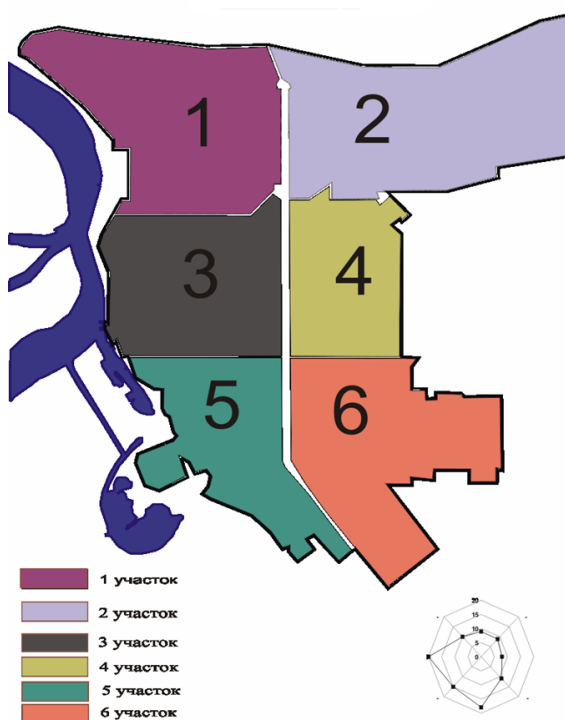


Рисунок 1 - Схема расположения участков на территории г. Павлодара

Использование метода ИНАА позволило определить 28 химических элементов, а именно натрий, кальций, железо, скандий, хром, цинк, кобальт, рубидий, стронций, серебро, золото, сурьму, бром, барий, лантан, неодимий, церий, лютеций, гафний, цезий, самарий, европий, тербий, иттербий, тантал, мышьяк, торий, уран. Для обработки аналитической информации использовали следующие прикладные программы: MSWord, MSExcel, Statistica 10.0.

Результаты исследований и обсуждение. Характер распределения химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод, в листьях и волосах на изученной территории имеет достаточно неоднородный характер. Изученные химические элементы дифференцируются, что указывает на наличие аномальных значений. На основе коэффициента концентрации (КК) химических элементов в изучаемых объектах были построены геохимические ряды (см. табл.). КК определяли отношением фактического содержания определяемого элемента в объектах окружающей среды к региональному фоновому значению. КК рассчитывали по формуле: $КК = C_i / C_{\text{ф}}$. Для солевых отложений из природных пресных вод КК рассчитывали относительно среднего содержания химических элементов в накипи воды озера Байкал [14]. Для листьев тополя черного и волос населения г. Павлодара КК рассчитывался относительно кларка ноосферы по Глазовским (1982 г.). Характер накопления химических элементов в исследованных средах отражен в трех выделенных нами группах со значением КК от 1 до 5, от 5 до 10 и выше 10 (см. табл.).

Геохимическая специфика состава накипи, листьев и волос по г. Павлодару

Объект	1-5	5-10	>10
Участки г. Павлодара			
1 участок (северо-запад)			
Накипь	Sb _{2,8} Ba _{2,6} La _{1,9} Sr _{1,6} Sc _{1,5}	Ag _{7,04}	Zn _{21,1} U _{15,4}
Листья	Ba _{6,3} Sb _{2,8} Cr ₁	Ca _{8,3}	Au ₄₆ Zn ₂₄ Sr ₂₁
Волосы	Zn _{4,1} Se _{2,4} Hg _{2,4}	-	Rb _{69,8}
2 участок (северо-восточный)			
Накипь	Ba _{2,6} La _{1,6} Sr _{1,5} Co _{1,2} Ta _{1,1}	Ag _{5,7}	Zn _{30,5} U _{12,7}
Листья	Sb _{3,2} Cr _{1,4}	Ca _{8,5} Ba _{6,3}	Au ₅₆ Sr ₂₅ Zn ₂₁
Волосы	Se _{2,9} Hg _{1,6}	Zn _{6,0}	Rb _{62,9}
3 участок (западный)			
Накипь	Ag _{4,9} Sr _{2,1} Sc _{1,6} Sm _{1,4} Tb _{1,3} Lu _{1,1} Ba _{1,1}	U _{6,4}	Zn _{24,1} Ta _{8,2}
Листья	Sb _{3,2} Cr _{2,6}	Ba _{5,3}	Au ₆₀ Zn ₂₅ Sr ₁₆ Ca _{9,3}
Волосы	Zn _{4,2} Se _{2,8} Hg _{2,8}	-	Rb _{71,4}
4 участок (восточный)			
Накипь	U _{4,9} Co _{3,8} Tb _{3,7} Sm _{3,6} La _{2,02} Ce _{1,8} Hf _{1,7} Lu _{1,2} Th _{1,2} Ba _{1,2}	Sb ₁₀ Sc _{6,7} Ag _{6,02}	Zn _{138,2} Ta _{36,6} Fe _{18,3}
Листья	Sb ₃ Cr ₂	Ca _{8,7} Ba ₆	Au ₅₄ Zn ₂₃ Sr ₂₁
Волосы	Zn _{4,9} Se _{3,1} Hg _{1,1}	-	Rb _{60,6}
5 участок (юго-западный)			
Накипь	Sc _{3,4} Fe _{2,5} Ta _{2,3} Ba _{1,1} La _{1,1}	U _{5,6}	Zn _{314,02} Ag _{22,4}
Листья	Sb _{4,2} Cr _{2,5}	Ca ₁₀ Ba _{6,7}	Au ₆₄ Sr ₃₁ Zn ₂₈
Волосы	Zn _{3,7} Hg _{2,6} Se _{2,4}	-	Rb _{74,1}
6 участок (юго-восточный)			
Накипь	Ba _{2,7} La _{2,2} Sr _{2,1} Co _{1,5} Nd _{1,5}	Ag ₆	Zn _{47,5} U _{14,9}
Листья	Sb _{3,1} Cr _{1,8}	Ca _{9,9} Ba _{6,4}	Au ₇₆ Zn ₂₇ Sr ₂₆
Волосы	Zn _{3,5} Se _{2,9} Hg _{1,2}	-	Rb _{60,0}

Нами обнаружено, что геохимически специфичным элементом для всех изученных природных сред (солевых отложений из природных пресных вод, листьев тополя черного и волос), имеющим КК больше 1, является цинк. При сравнении содержания цинка в трех исследованных средах наибольшее накопление его установлено в накипи питьевой природной воды (КК 21,1-314,0). В листьях тополя черного (КК 21,0-28,0) и в волосах человека (КК 3,5-6,0) уровень концентрации цинка ниже, но также превышает фоновые значения.

Определен район, отличающийся наибольшим количеством химических элементов (16) в накипи, листьях тополя и волосах человека – восточный участок. Район с наименьшим содержанием химических элементов в трех изученных средах (14) – северо-западный. Наибольшее количество аномально встречающихся элементов из трех исследованных сред приходится на солевые отложения в питьевых водах, т.е. на начальном этапе в пищевой цепи на территории городской экосистемы.

Примечательным является то, что для накипи установлен высокий КК - серебра (5,7-7,04), а для листьев тополя – золота (46,0-76,0). В восточном участке в содержании накипи отмечается наибольшее количество редкоземельных элементов (лантан, церий, самарий, тербий), что может быть обусловлено расположением в относительной близости к кирпичному заводу.

Следует обратить внимание на высокий показатель КК урана в накипи и небольшое его количество в волосах людей, проживающих на территории г. Павлодара, где отсут-

ствуют предприятия ядерного цикла. Однако по данным специалистов АО «Волковгеология», территория города входит в условно выделенную зону Ертис-Кулундинская, которая потенциально радиоэкологически опасна по данным изучения донных отложений и водных источников [15].

В целом наблюдается специфика значительного накопления элементов в определенных природных средах. Например, только в накипи отмечены редкоземельные элементы (лантан, церий, самарий, тербий) и уран, в листьях – кальций и золото (КК 46,0-60,0), в волосах – рубидий (КК 60,6-74,1).

Пространственное распределение химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод позволяет выделить экологически неблагоприятные районы на городской территории. По количеству аномально встречающихся химических элементов, содержащихся в солевых отложениях из природных пресных вод, выявлено: на первом месте - восточный участок, на втором – северо-западный, на третьем – юго-восточный. Количество химических элементов, содержащихся в листьях тополя черного и волосах человека, по участкам г. Павлодара существенных различий не имеет.

Исследования по изучению взаимосвязи элементного состава организма человека и компонентов окружающей среды показывают, что химический состав волос (Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Br, Ag, Sb, La, Ce, Sm, Yb, Lu, Th, U, Hf, Au, Ba, Cs, Tb) коррелирует с таковым в солевых отложениях из природных пресных вод ($r_{0,05} = 0,95$) (рис. 2).

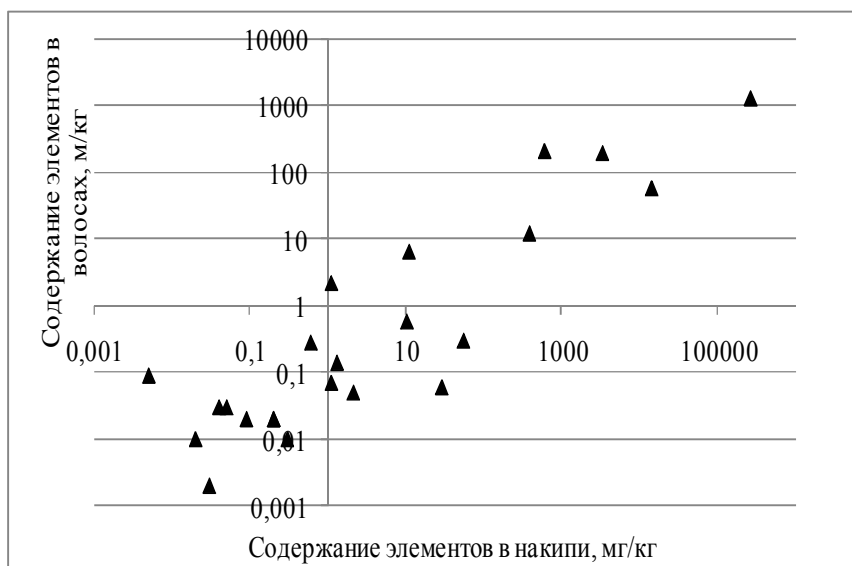


Рисунок 2 - Взаимосвязь содержания химических элементов в накипи из природных пресных вод и волосах человека

Проведенный корреляционный анализ указывает на значение качественного питьевого водоснабжения в целом на организм человека.

В заключение можно сказать следующее. Повышенная концентрация химических элементов (цинк, рубидий, тантал, золото, стронций, кальций, уран, железо, серебро, барий) в природных средах экосистемы г. Павлодара свидетельствует об устойчивой техногенной нагрузке и неблагоприятной экологической ситуации. Наибольшее накопление химических элементов (цинк, рубидий, стронций и др.) установлено в восточной и северо-

западных частях города, что, по-видимому, связано с близостью к промышленным зонам алюминиевого и химического заводов.

Список литературы

1. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России). – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 230 с.
2. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Наука, 1985. – С. 7-20.
3. Саэт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Олигер Т.А. Применение эколого-геохимического картографирования в области гигиены окружающей среды / Т.А. Олигер, В.С. Юрьев, А.И. Олигер // Гигиена и санитария. – 1994. – № 1. – С. 23-25.
5. Ермохин Ю.И. Комплексная оценка поступления и действия ТМ в системе «почва – растения – животное» / Ю.И. Ермохин, А.В. Синдирева, Н.К. Трубина и др. // Доклады III Междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, 2004. – С. 44-49.
6. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. – Екатеринбург: Изд. Голицынский, 2006. – 280 с.
7. Асылбекова Г.Е. Показатели состояния городской растительности в оценке качества экосистемы г. Павлодара / Г.Е. Асылбекова, Б.Х. Шаймарданова, Н.П. Корогод и др. // V Междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (15, 18 окт. 2008 г.): доклады. – Семей, 2008. – С. 161-167.
8. Шаймарданова Б.Х. Особенности накопления тяжелых металлов в волосах у детей / Б.Х. Шаймарданова, Н.П. Корогод, А.Б. Бигалиев и др. // Вестник Новосибирского гос. ун-та. – Сер.: Биология, клиническая медицина. – 2010. – Т. 8. – Вып. 2. – С. 105-109.
9. Soktoev B. R. Geochemical features of limescale as an indicator of drinking water quality and factor of influence on public health / B. R. Soktoev, L. P. Rikhvanov, N. V. Baranovskaya, S. Z. Arynova // MedGeo2015: Book of Abstracts of the 6th International Conference on Medical Geology. – Aveiro: UA Editora, 2015. – P. 108.
10. Язиков Е.Г. Использование солевых образований (накипи) для целей геохимического районирования территорий / Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Матер. Междунар. науч. конф., посвящ. столетию со дня рождения акад. К.И. Лукашева. – Минск, 2007. – С. 252-254.
11. Робертус Ю.В. Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики Алтай / Ю.В. Робертус, Л.П. Рихванов, Б.Р. Соктоев // Известия Томского политехнического ун-та. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 190-195.
12. Охрана окружающей среды в Павлодарской области. Статистический сборник / Под ред. Д.Ш. Султановой. – Павлодар: Мега-Принт, 2014. – 76 с.
13. Патент РФ № 2298212. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды; заявл. 04.07.2005; опубл. 27.04.2007; Бюл. № 12. – 6 с.
14. Соктоев Б.Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.09. – Томск, 2015. – 22 с.
15. Отчет по мероприятию «Изучение радиационной обстановки на территории Республики Казахстан» в рамках бюджетной программы 011 «Обеспечение радиационной безопасности» (результаты работ за период 2004-2008 гг.): в 16 т. – Алматы, 2008. – Том XV: Павлодарская область. – 75 с.

Получено 21.09.2017

УДК 911.2:556.51

К.М. Джаналеева, А.А. Жангужина

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

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ

Организация хозяйственно-производственной деятельности в бассейне реки Есиль требует наличия схемы ландшафтной структуры территории на уровне ландшафтов и урочищ. В данной статье авторами изучена природно-ландшафтная дифференциация территории бассейна р. Есиль, выполненная на уровне ландшафтов. Одним из важнейших направлений ландшафтно-экологических исследований в физической географии является выявление пространственно-временной организации геосистем, позволяющей картографически отобразить дифференциацию и динамику геосистем. Ландшафтное картографирование бассейна реки является одной из фундаментальных задач, решаемых на основе исследований и обобщения физико-географической информации о природной дифференциации разных иерархических уровней, выявления разнообразия и структурно-динамических свойств геосистем, представляющих организацию географического пространства. Образование и функционирование речного водосборного бассейна обусловлено взаимодействием эндогенных и экзогенных факторов. Территориально любой бассейн развивается в границах, обусловленных рядом факторов (свойствами геологического фундамента, в котором образуются русловые трещины, соседством других бассейнов, тектоническими условиями и т.п.). Бассейн представляет собой интегральную природно-хозяйственную геосистему, так как он является ареной взаимодействия природы и общества, где взаимосвязаны природные, экономические и социально-демографические процессы, поэтому при решении задач территориального планирования рационально использовать принципы геосистемно-бассейновой концепции.

Бассейновый подход к изучению геоэкологической ситуации региона в настоящее время считается наиболее оправданным и комплексным, так как по бассейновым системам от верхних ее звеньев к нижним идет миграция стока воды, взвешенных наносов, химических элементов, в т.ч. загрязнителей. Анализ теоретических концепций ландшафтоведения последних 20-30 лет позволяет утверждать о состоявшемся геосистемно-бассейновом подходе к изучению ландшафтов бассейнов рек. Данный подход в изучении геосистем отражает как современное состояние природной среды и ее динамику, так и процессы эволюции во времени. По К.М. Джаналеевой геосистема - природно-антропогенное образование, выявляемое с учетом взаимодействия доминирующих природных компонентов и факторов биогенного и техногенного преобразования окружающей среды [1].

Таким образом, в современных условиях геосистемно-бассейновый подход выполняет незаменимую и все возрастающую роль при изучении и предотвращении антропогенного загрязнения окружающей среды.

При выявлении и картировании ландшафтов бассейна использовались материалы А.Г. Исаченко [2], В.Б. Сочавы [3], Н.А. Солнцева [4], В.А. Николаева [5], Г.В. Гельдыевой [6], И.А. Волкова [7], К.М. Джаналеевой [8]. Ландшафтные исследования на территории бассейна р. Есиль основаны на результатах анализа тематических карт, статистических данных, информационного аналитического материала, специальной литературы, космических снимков Landsat 5 TM, данных полевых исследований (2016-2017 гг.), топографических карт масштабов 1: 500 000, в ходе которых было обследовано 15 ключевых участков, выполнены описания типичных урочищ, закономерную совокупность которых образуют ландшафты. Обобщение и пространственный анализ данных были проведены с

помощью геоинформационной системы ArcGIS 10.1, что позволило детализировать схему природно-ландшафтной дифференциации бассейна р. Есиль до уровня ландшафтов. Комплекс работ направлен на изучение современного состояния природных комплексов данной территории в северной части Казахстана и на определение закономерностей структурной организации ландшафтов Есильской геосистемы.

Нами в пределах бассейна реки Есиль выделены 142 вида ландшафтов, которые в результате индивидуализации, а затем структурно-генетической классификации упорядочены в иерархическую систематику. В легенде выделены следующие классификационные категории: типы (лесостепной, степной, полупустынный), подтипы (типичная лесостепь, южная колючая степь, северная умеренно-засушливая степь, средняя засушливая степь, южная сухостепная, северная полупустынная), роды (аккумулятивные и денудационные) и особая группа интразональных ландшафтов.

Выполненная нами среднемасштабная (1:1000 000) ландшафтная карта бассейна реки Есиль построена по структурному принципу индивидуализации ландшафтов и отражает генетическое происхождение, классификационную иерархию. Основной ее задачей стала демонстрация пространственно-временных закономерностей, действующих в геосистемах. В основу классификации геосистем и создания легенды ландшафтной основы положен системно-иерархический региональный подход к выявлению соподчинения ландшафтных таксонов (рис. 1).

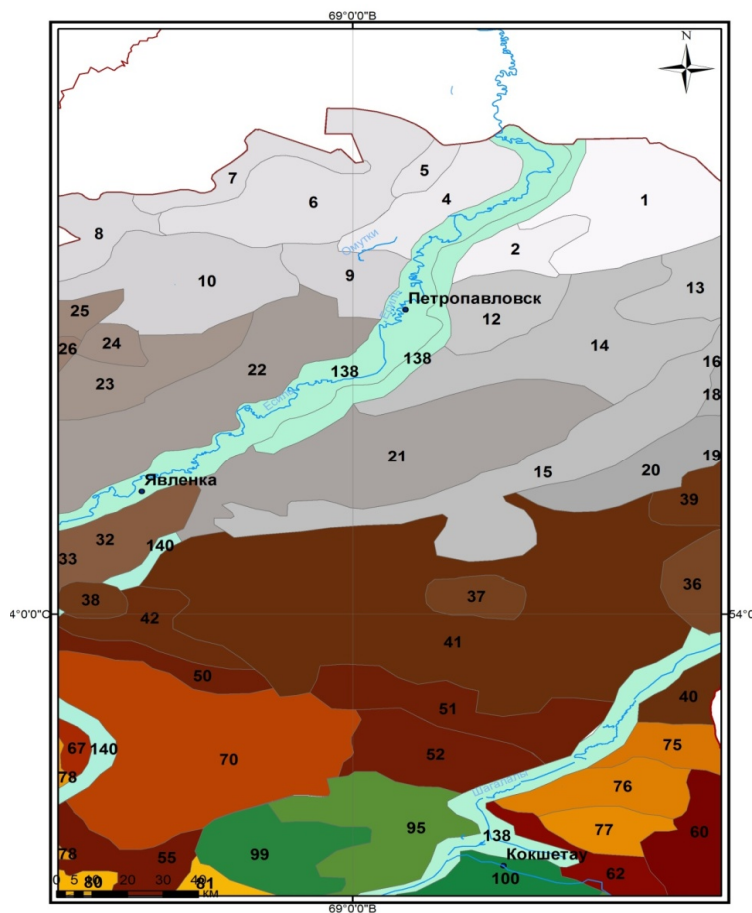


Рисунок 1 - Фрагмент ландшафтной карты бассейна реки Есиль

Фрагмент легенды ландшафтной карты бассейна реки Есиль:

- тип: лесостепь;
- подтип: типичная лесостепь;
- род: озерно-аллювиальные.

Слабоволнистая равнина с многочисленными саями и мелкими западинами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-узколистно-ковыльной растительностью (*Stipa pennata* L., *Stipa Stenophylla*) с фрагментами березово-осиновых колок (*Betula verrucosa*, *Populus tremula*) и осоки (*Carex pediformis*) на черноземах обыкновенных солонцеватых суглинистых с солодами и солончаками.

Слабоволнистая, местами плоская равнина с мелкими отдельными понижениями и саями, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с березово-осиновыми остепенными лесами (*Betula verrucosa*, *Populus tremula*) с участием вейника ланцетного (*Calamagrostis lanceolata*), мятлика узколистного (*Poa angustifolia*), коротконожки перистой (*Brachypodium pinnatum*) на серых лесных осолоделых суглинистых почвах.

Полого-слабонаклонно-волнистая равнина с отдельными замкнутыми понижениями и оврагами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-узколистно-красноковыльной растительностью (*Stipa pennata* L., *Stipa Stenophylla*) с участием пырея ползучего (*Elytrigia repens*), вейника наземного (*Calamagrostis epigejos*), костяники каменистой (*Rubus saxatilis*) на лугово-черноземных солонцеватых почвах в комплексе с лугово-степными солонцами в сочетании с солодами.

Слабонаклонно-волнистая равнина с блюдцеобразными западинами и крупными котловинами озер, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-узколистно-красноковыльной растительностью с участием вейника наземного (*Calamagrostis epigejos*), полевицы (*Agrostis alba*) на черноземах выщелоченных суглинистых.

Полого-слабоволнистая равнина, изрезанная оврагами и саями, сложенная среднечетвертичными отложениями, с пырейно-кострово-острецовой растительностью (*Agropyron repens*, *Bromus inermis*, *Agropyrum ramosum*) с участием вейника наземного (*Calamagrostis epigejos*) на черноземах обыкновенных солонцеватых.

Наклонно-полого-слабоволнистая равнина с крупными многочисленными котловинами озер, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-ковыльно-вейниковой растительностью (*Stipa pennata* L., *Calamagrostis epigejos*) с фрагментами березовых колок (*Betula pendula*, *Betula pubescens*) на черноземах карбонатных и лугово-черноземных карбонатных почвах с солонцами в сочетании с солодами.

Полого-слабонаклонная равнина с многочисленными котловинами озер и мокрыми западинами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-ковыльно-типчаковой (*Stipa pennata* L., *Festuca valesiaca*) растительностью с участием вейника наземного (*Calamagrostis epigejos*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*) на черноземах обыкновенных карбонатных с пятнами солодей.

Слабопологоволнистая равнина с крупными котловинами озер и руслами временных водотоков с оврагами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с перисто-ковыльно-типчаковой растительностью (*Stipa pennata* L., *Festuca valesiaca*) с участием полевицы (*Agrostis alba*), солонечника (*Galatella linoisyris*) и фрагментами осино-березовых колок на черноземах южных карбонатных с солонцами и фрагментами солодей.

Слабоволнисто-пологонаклонная равнина с крупными котловинами озер и сетью временных водотоков, сложенная среднечетвертичными отложениями, с ковыльно-морковнико-типчаковой растительностью (*Stipa rubens*, *peucedanum morisonii*, *Festuca valesiaca*) с фрагментами люцерны серповидной (*Medicago falcata*), полыни шелковистой (*Artemisia sericea*) на черноземах обыкновенных суглинистых среднемоощных с солонцами.

Волнисто-пологая равнина с крупными блюдцеобразными западинами и гривами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с морковнико-красноковыльной, морковниково-типчаковой растительностью (*Stipa rubens*, *Peucedanum morisonii*, *Festuca valesiaca*) с участием грудницы полевой (*Linosyris villosa*) и белой полыни (*Artemisia absinthium*) с фрагментами березово-осиновых колок (*Betula verrucosa*, *Populus tremula*) на черноземах обыкновенных солонцеватых суглинистых в сочетании с солодами.

Слабонаклонная равнина с крупными котловинами озер и многочисленными сухими руслами, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с пырейно-кострово-острецовой растительностью (*Agropyron repens*, *Bromus inermis*, *Agropyrum ramosum*) с участием грудницы полевой (*Linosyris villosa*), мятлика узколистного (*Poa angustifolia*) на луговых солонцеватых суглинистых и глинистых почвах.

Слабоволнисто-наклонная равнина с многочисленными микропонижениями и руслами временных водотоков, сложенная среднечетвертичными отложениями, с красноковыльно-типчаково-морковниковой растительностью (*Stipa rubens*, *Peucedanum morisonii*, *Festuca valesiaca*) с участием тонконога сизого (*Koeleria glauca*), Тимофеевки луговой (*Phleum phleoides*) с фрагментами березово-осиновых колок на черноземах солонцеватых суглинистых и лугово-черноземных почвах с пятнами солодей.

- подтип: южная колючая степь;

- род: озерно-аллювиальные.

Полого-слабонаклонная равнина с бессточными понижениями и сухими руслами временных водотоков, сложенная нижнечетвертичными отложениями, с морковнико-красноковыльно-типчаковой растительностью (*Stipa rubens*, *Peucedanum morisonii*, *Festuca valesiaca*) с участием тимфеевки луговой (*Phleum phleoides*), таволги обыкновенной (*Filipendula vulgaris*) и березово-осиновыми колками (*Betula verrucosa*, *Populus tremula*) на черноземах обыкновенных солонцеватых и лугово-черноземных почвах с пятнами солодей.

Обширная территория бассейна реки Есиль, на которой производились исследования, по характеру поверхности неоднородна. Она включает в себя юго-западные окраины Западно-Сибирской равнины и северо-восточную часть Казахского мелкосопочника, включающую возвышенность Кокшетау, Атбасарскую наклонную равнину. Формирование и функционирование бассейна реки Есиль происходило под влиянием внешних и внутренних факторов и испытало весьма длительный и сложный этап геологического развития. В географическом размещении ландшафтов на территории бассейна реки Есиль наблюдается определенная закономерность. В соответствии с увеличением количества солнечного тепла и одновременным уменьшением атмосферного увлажнения по мере продвижения с севера на юг, в крае происходит смена лесостепных ландшафтов степными, сухостепными и полупустынными. Ландшафты одной зоны, обладая рядом общих черт в отношении климатических условий, типов почв и растительности, в то же время заметно разнятся между собой по устройству поверхности, геологическому строению, грунтам, подземным водам и местным особенностям климата. В регионе отчетливо обособляются степные и лесостепные ландшафты низменных древнеозерных и аллювиальных равнин юга Западной Сибири, умеренно-засушливые, засушливые, сухие степи и полупустыни Казахского мелкосопочника. Указанные типы ландшафтов отличаются друг от друга не только по рельефу и геологии, но и в биоклиматическом отношении.

Лесостепная зона бассейна реки Есиль включает значительные территории южной окраины Западно-Сибирской равнины, северную часть возвышенности Кокшетау. Выделяют три основные особенности строения рельефа ландшафтов лесостепной зоны: 1) весьма малые уклоны и слабое расчленение поверхности; 2) почти полное отсутствие современной местной сети долин; 3) постепенное уменьшение абсолютных высотных отме-

ток по мере удаления от возвышенности Кокшетау. По рельефу юго-западная окраина Западно-Сибирской равнины представляет обширную плоскую, недренированную аккумулятивно-денудационную поверхность, имеющую общий уклон в северо-восточном направлении. Абсолютные высоты поверхности, достигающие 200 м на юге и юго-западе, постепенно снижаются на севере и северо-востоке до 160-130 м. Своеобразной чертой рельефа является широкое распространение замкнутых котловин и блюдцеобразных западин, повсеместно встречающихся на бессточных водораздельных пространствах. Большинство котловин сосредоточено на участках гривно-ложбинного рельефа, в пределах которого параллельно расположенные гривы имеют вид сравнительно узких гряд до 10 км длиной, выдерживающих северо-восточное или юго-восточное направление. Ширина их составляет 300-800 м при высоте от 3-10 до 15-20 м. Ложбины, разделяющие гривы, отличаются сравнительно плоским дном с цепочками озерных котловин. Лесостепные ландшафты проникают далеко на юг по возвышенности Кокшетау, что связано с местным увеличением количества осадков за счет большой высоты и расчлененности местности. Затрудненность стока приводит местами к застаиванию поверхностных вод, формированию болот, озер и заболоченных территорий, что приводит к засолению почв в районах близкого залегания морских соленосных глин, к возникновению участков фильтрации поверхностных вод, к формированию солонцов, комплексности и мозаичности природно-территориальных комплексов [7].

Данная зона характеризуется суровой холодной зимой и жарким засушливым летом, большими годовыми и суточными амплитудами температуры воздуха. Суммарная радиация – 100-110 ккал/см², радиационный баланс равен 28-30 ккал/см². Ландшафты лесостепной зоны функционируют в условиях снижения скорости течения воды в руслах рек, что вызвано уменьшением уклона местности. Ландшафтам данной зоны характерны временно-пересыхающие водотоки, кроме самой реки Есиль и крупных притоков Аккан-бурлык и Иман-бурлык. Постоянный сток определяет стабильный зональный характер геосистем. Средний коэффициент увлажнения составляет 0,6-0,8. Для геосистем данной зоны характерны эрозионные процессы.

Развитие геосистем происходит в условиях умеренно-засушливого увлажнения, где обеспеченность влагой и мощность почвенных горизонтов определяют их лесостепной облик. Они характеризуются наличием небольших осиново-березовых и березовых лесов и колок. Пространства между колками, в прошлом занятые злаково-разнотравными луговыми степями на обыкновенных черноземах и лугово-черноземных почвах и богаторазнотравно-красноковыльными степями на черноземах обыкновенных (в колочной лесостепи), в настоящее время почти полностью распаханы. Пахотнопригодные земли занимают 50-60% от общей площади лесостепи и являются одними из лучших в регионе. Пашни располагаются на междуречных равнинах с лугово-черноземными почвами и с черноземами обыкновенными, большей частью солонцеватыми, местами в комплексе с солонцами. Наличие лесных массивов и многочисленных колок, озерных котловин и лиманов, заболоченных и закустаренных западин, обуславливает довольно большую раздробленность пахотных земель. Нередко пашни разбросаны небольшими участками сложной конфигурации среди лесов и кормовых угодий. Растительный покров лесостепной зоны представлен мезофильными и мезоксерофильными видами.

Северо-степные ландшафты характеризуются равнинным рельефом древнеозерного и озерно-аллювиального происхождения или рельефом волнистых, холмистых, холмистогрядовых, увалистых цокольных и пластовых равнин. Более 50% территории степной зоны Казахского мелкосопочника распаханно. Казахский мелкосопочник приурочен к Казахскому эпигерцинскому щиту и характеризуется возвышенно-равнинно-горносопочным

рельефом. Поверхность мелкосопочника характеризуется ярусным строением, хотя ярусы различного геологического возраста. Повышенные формы рельефа сложены преимущественно палеозойскими и допалеозойскими породами. Внешний облик мелкопочного рельефа тесно связан с его структурными и литологическими особенностями. Увалисто-холмистые и холмистые формы с выходами скалистых пород на вершинах и склонах характерны для сопок, сложенных эффузивными породами. Рельеф Казахского мелкосопочника сформировался в результате длительной, начавшейся еще в мезозое континентальной денудации, протекавшей в чередовании влажных и засушливых периодов. В настоящее время местность лишь в областях гранитных интрузий сохранила характер гор высотой до 1050 м и округлых холмогорий высотой 400-650 м. В районах, сложенных метаморфическими и палеозойскими осадочными породами, рельеф представляет собой типичный мелкосопочник с абсолютными высотами 160-400 м [8].

В целом, поверхность возвышенности Кокшетау имеет вид достаточно определенно отграниченного от окружающих равнин свода с пологими склонами. Центральная часть, в пределах которой преобладает высоты более 400 м, расположена южнее города Кокшетау. Отсюда наблюдается постепенное понижение местности во всех направлениях. Наиболее ясно выражены северные и северо-восточные склоны; основание их расположено на 130-140 м. Западные и южные склоны подчеркиваются долиной р. Есиль, дно которой имеет отметки 100-200 м, однако сразу же за долиной располагаются значительные высоты, доходящие на западе до 200-250 м, на юге до 300-350 м. Наименее ясно возвышенность ограничена с юго-востока, где вдоль северо-восточной окраины Тениз-коргалджинской впадины проходит приподнятая полоса местности с высотами более 400 м, соединяющая Кокшетауский мелкосопочник с Центрально-Казахстанским. В районах распространения осадочных пород преобладают грядовые формы рельефа. Внешний вид и происхождение их различны. Севернее и северо-восточнее Зерендинского массива кристаллических пород на интенсивно дислоцированных и глубоко метаморфизованных допалеозойских и нижнепалеозойских отложениях преобладают вытянутые формы рельефа, простирающие которых совпадает с простираем пластов. Наряду с этим распространены гряды и цепи холмов, приуроченные к выходам жильных (особенно часто к кварцевым жилам) пород, прорезающих осадочные толщи в различных направлениях. В верхних частях склонов и на вершинах здесь часто можно видеть коренные выходы или элювиальные россыпи молочно-белого кварца. Следует отметить, что в пределах грядового, холмистого и пологоволнистого рельефа, развитого на древних скальных породах, последнее, в основном, выходят на поверхность менее ровных участков, они почти всюду прикрыты чехлом рыхлых элювиальных, элювиально-делювиальных, озерных и аллювиальных осадков. Важнейшим элементом возвышенности Кокшетау являются древние и современные речные долины. Эрозионно-аккумулятивные процессы сыграли существенную роль и в формировании современного рельефа возвышенности Кокшетау. Хорошо сортированные косослоистые гравийно-галечные и песчано-гравийные отложения аллювиального типа мы встречали в различных частях Кокшетауского мелкосопочника. Значительная ширина долин некоторых рек, стекающих с Кокшетауской возвышенности (например, р. Шагlinka), указывает на то, что современные водотоки протекают по долинам, выработанным более мощными потоками.

Современная речная сеть в центральной части Кокшетауской возвышенности имеет ясно выраженный радиальный характер. Водораздельная точка, откуда расходятся долины, расположена на центральной наиболее возвышенной части мелкосопочника - в районе п. Айдабул и Лосевка. Все речные бассейны северного и северо-восточного склонов возвышенности бессточны. Здесь наблюдается слабо развитая система долин и балок,

слепо оканчивающихся в замкнутых понижениях, окаймляющих основание склонов возвышенности. Даже наиболее крупные долины рек Камысакты и Шаглинки впадают в котловины бессточных озер (Тарангул и Шаглы-Тенгиз). Кроме эрозионных ложбин, в расчленении междуречий весьма существенную роль играют здесь мелкие бессточные понижения (блюдца и западины). Западные, юго-восточные и особенно южные склоны возвышенности, напротив, расчленены густой неразветвленной сетью долин, входящих в водосборный бассейн Есиль [8].

Южные сухостепные ландшафты занимают территорию, приуроченную к зоне формирования стока реки Есиль и верхнего течения до водораздела реки Колутон и занимают южную часть Казахского мелкосопочника. Доминирующие геосистемы однотипны и представлены увалисто-холмистыми равнинами с типчаково-ковыльными степями на темно-каштановых почвах, развивающимися на абсолютных высотах 300-400 м. Незначительная высотная поясность с засушливыми разнотравно-ковыльными степями на южных карбонатных черноземах характерна для горного массива Нияз, сложенного кембрийскими, ордовикскими породами, прорванными гранитами. На покровных суглинках развиты суффозионные западины.

Основными факторами, определяющими характер развития геосистем, являются здесь степень увлажнения почвы и глубина ее промерзания к началу снеготаяния. Кроме этого, важную роль играют запасы воды в снеге перед началом его таяния и характер распределения снежного покрова по поверхности водосборов. Бессточные понижения и озера перехватывают весенний сток временных водотоков. До основного русла реки Есиль доходит лишь 40% весеннего стока. Ландшафты формируются в условиях большой атмосферной сухости при средней сумме годовых осадков около 200-250 мм. На темно-каштановых и каштановых почвах господствуют дерновиннозлаковые степи с малым участием засушливого разнотравья. В этой зоне лучшими в земледельческом отношении являются ландшафты равнин (пластовых и цокольных) с покровом карбонатных суглинков и темно-каштановыми карбонатными почвами (левобережье реки Есиль). Значительно ниже процент пахотнопригодных земель на участках с комплексами темно-каштановых солонцеватых почв и солонцов. Наиболее характерны комплексно-солонцовые ландшафты на террасах реки Есиль и холмистых цокольных равнинах к северо-востоку от Астаны. На мелкосопочных массивах развиты ландшафты каменистых ковыльных и овсецовых степей с кустарниками караганы и таволги. Щебнистые темно-каштановые и каштановые почвы недостаточно сформированы, отличаются малой мощностью профиля и значительной смываемостью. Пахотнопригодных земель в мелкосопочных ландшафтах очень мало. В основном мелкосопочные степи используются как весенне-летние пастбища.

Степная зона также характеризуется холодной зимой и жарким засушливым летом, большими годовыми и суточными амплитудами температуры воздуха. Суммарная радиация – 110-120 ккал/см², радиационный баланс равен 30-35 ккал/см². Средний коэффициент увлажнения составляет 0,6-0,8. Для геосистем данной зоны характерны эрозионно-аккумулятивные процессы. Развитие геосистем происходит в условиях недостаточного увлажнения, где обеспеченность влагой и мощность почвенных горизонтов определяют их степной облик. Сухость климата, сильно расчлененный рельеф, разнообразие литологического состава почвообразующих пород обусловили чрезвычайную неоднородность почвенного покрова зоны. Зональными являются черноземы обыкновенные южные, темно-каштановые почвы, которые формируются под ковыльно-типчаково-полынной и красноковыльно-морковниково-типчаковой растительностью. Почвы при суглинистом механическом составе в основном карбонатно-солонцеватые. Одной из характерных его черт является комплексность. Почти повсеместно на террасах речных долин, равнинных

междуречьях, в межсопочных понижениях темно-каштановые почвы встречаются в комплексе с солонцами и солончаками. Ландшафты степной зоны приурочены к руслу реки Есиль в нижнем и среднем течении и функционируют в условиях засушливости климата. Средний коэффициент увлажнения составляет 0,4-0,6. В умеренно-засушливой и засушливой степи пашни расположены преимущественно на землях с суглинистыми обыкновенными и южными черноземами, местами солонцеватыми в комплексе с солонцами, а в сухой степи - на землях с темно-каштановыми и каштановыми почвами, супесчаными, суглинистыми карбонатными и суглинистыми солонцеватыми в комплексе с солонцами. Менее распаханы земли на сильно заозеренных волнистых и гривистых равнинах, в местностях с гривисто-ложбинным рельефом, на сильно расчлененных склонах речных долин, на землях с большим распространением солонцов и солончаков, на холмисто-увалистых равнинах Казахского мелкосопочника.

Лучшими в хозяйственном отношении являются ландшафты плоских и слабоволнистых междуречных равнин (распаханность 80-90%), где на покровных карбонатных суглинках развиваются черноземы обыкновенные среднегумусные (северная подзона) и черноземы южные малогумусные (южная подзона). Эти земли лучшего и хорошего качества не нуждаются в мелиорациях и дают высокие урожаи. Там же, где близко к поверхности залегают засоленные подземные воды или грунты, распространены черноземы солонцеватые в комплексе с солонцами, участие которых может достигать 30-50% от общей площади. При этом резко снижается агропроизводственная ценность земель и степень их пригодности для земледелия.

Полупустынная зона находится в пределах южных приподнятых территорий Казахского мелкосопочника, где годовая сумма осадков сокращается до 125-200 мм. Неполивное земледелие здесь крайне затруднено. Рельеф характеризуется чередованием мелкосопочных массивов с возвышенными равнинами и древними руслами стока. В основном это холмистые и мелкосопочно-увалистые равнины, перекрытые тонким плащом элювиально-делювиальных отложений, а в межсопочных понижениях аллювием. Сложены они суглинками, супесями, гравийно-галечниками, сланцами и гнейсами. Относительные превышения между сопками и смежными долинами составляют от нескольких до 30-60 метров. Для самой долины реки Есиль в пределах данной зоны характерен возвышенный холмисто-увалисто-волнистый рельеф. Особенности климата зоны характеризуются увеличением тепловых ресурсов и засушливости с севера на юг. В этом направлении годовой радиационный баланс увеличивается с 35 до 40 ккал/см², а суммарная солнечная радиация – от 120 до 130 ккал/см². Сухость климата, дробно расчлененный рельеф, разнообразие литологического состава почвообразующих пород обусловили чрезвычайную неоднородность почвенного покрова зоны. Зональными являются светло-каштановые почвы, которые формируются под полынно-ковылково-типчаковой, полынно-ковылково-тырсиковой растительностью. Почти повсюду, особенно при суглинистом механическом составе, они карбонатно-солонцеватые. Одной из характерных его черт является комплексность. Почти повсеместно на террасах речных долин, равнинных междуречьях, в межсопочных понижениях светло-каштановые почвы встречаются в комплексе с солонцами. Изреженность биоты объясняется особенностями литогенной основы, представленной эффузивно-осадочными породами, песчаниками, которые часто выходят на дневную поверхность. Ландшафты полупустынной зоны приурочены к руслу реки Есиль в среднем течении и функционируют в условиях минимального увлажнения. Средний коэффициент увлажнения составляет 0,25. Вместе с тем полупустыня располагает хорошими пастбищами, особенно для мелкого рогатого скота. В большинстве случаев для них характерна высокая комплексность почв и растительного покрова, выражающаяся в мо-

заичном чередовании мелких пятен степной полынно-злаковой растительности на светло-каштановых почвах и пустынной солянково-полынной растительности на солонцах и солончаках. До 50% их используют под пашни и выборочные степные сенокосы.

Ландшафты речных долин и озерных впадин составляют особую группу. Им свойственно относительно повышенное грунтовое, натежное или паводковое увлажнение. На поймах реки Есиль, а также в лиманах сформировались разнотравно-злаковые луга. Вместе с луговыми почвами немало луговых солонцов и солончаков. Луговые ландшафты являются ценнейшими сенокосными угодьями региона. Их продуктивность достигает 20-30 ц/га. Кроме того пойменные земли частично используются под огородные и бахчевые культуры [9].

В отличие от пойм и лиманов, на низких надпойменных террасах долин и озерных впадин господствуют солонцово-лугово-степные и солончаково-солонцовые ландшафты с пустынно-степной и пустынной растительностью. При неглубоком залегании грунтовых вод и слабом дренаже их почвы и грунты сильно засолены.

Таким образом, Есильская геосистема является одним из крупных природных комплексов, имеющим большое значение в народном хозяйстве Республики Казахстан. Региональные особенности природной среды обуславливают здесь процессы формирования и развития геосистем низшего порядка, то есть локального уровня. Современные процессы саморегуляции геосистем зависят от степени интенсивности влияния многих антропогенных факторов, среди которых главным является сельскохозяйственное производство. Почвенный покров Есильской геосистемы принимает огромное количество твердых частиц, являющихся продуктом интенсивной почвенной эрозии. Ускоренная эрозия приводит к деградации земельных ресурсов: сокращаются запасы гумуса, ухудшаются водно-физические свойства почв, снижается их плодородие. Важным фактором деградации геосистем стали процессы опустынивания, развившихся впоследствии чрезмерного выпаса скота, обезлесивания, интенсивной откачки подземных вод. Природные комплексы развиваются под влиянием двух взаимообусловленных ведущих факторов дифференциации - литогенной основы и стока.

Специфическими особенностями ландшафтов бассейна реки Есиль являются: 1) холмистый и грядовой рельеф, который ярко выражен в строении рельефа при движении с север на юг и развит на древних осадочных и изверженных породах, который чередуется со сравнительно плоскими участками приуроченных к древним и современным долинам, озерным котловинам или понижениям, где распространены элювиальные, делювиальные, пролювиальные и иные рыхлые отложения; 2) широкая распространенность лессовидных отложений (суглинков и супесей); 3) широкое распространение древних кор выветривания (кварцы, каолинизированные породы, каолины и т.д.), облекающие коренные породы; 4) мощные скопления речного супесчаного, песчано-галечного аллювия в долинах рек бассейна реки Есиль.

Список литературы

1. Джаналеева К.М. Теоретические и методологические проблемы географии. - Астана, 2008. - 226 с.
2. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. для вузов. - М.: Высшая школа, 1991. - 366 с.
3. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте: Избранные тр. - М.: Изд-во МГУ, 2001. - 383 с.
4. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. - Новосибирск: Наука, 1978. - 318 с.
5. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. - М., Изд-во Московского ун-та, 1978. - 62 с.
6. Гельдыева Г.В. Ландшафты Казахстана / Г.В. Гельдыева, Л.К. Веселова. - Алма-Ата: Гылым, 1992. - 176 с.

7. Волков И.А. Ишимская степь: Рельеф и покровные лессовидные отложения / Акад. наук СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т геологии и геофизики. - Новосибирск, 1965. - 75 с.
8. Джаналеева Г.М. Физическая география Республики Казахстан. - Астана: ЕНУ им. Гумилева, Аркас, 2010. - 592 с.
9. Природное районирование Северного Казахстана: Кустанайская, Северо-Казахстанская, Кокчетавская, Акмолинская и Павлодарская область. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. - 468 с.

Получено 16.08.2017

УДК 553.041

Б.А. Дьячков, С.С. Айтбаева, Б.Б. Амралинова, Т.А. Ойцева

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

А.Е. Бисатова

ООО «Геологоразведочная компания «Топаз», г. Усть-Каменогорск

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И РУДОНОСНОСТИ ПЛАГИОГРАНИТОВ КУНУШСКОГО КОМПЛЕКСА (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

В статье рассматриваются особенности формирования вещественного состава и рудоносность плагиогранитов кунушского комплекса, сформированного в коллизионной геодинамической обстановке развития геологических структур Восточного Казахстана. По петрологическим и минералогическим данным подчеркивается золоторудная специализация плагиогранитов, а также связь с ними наложенного типа редкометалльного оруденения.

Мақалада Шығыс Қазақстанның геологиялық құрылымдарының коллизиялық геодинамикалық дамуы жағдайында қалыптасқан Кунуш кешенінің плагиограниттерінің заттық құрамының қалыптасу кенділігінің ерекшеліктері және кенділігі қарастырылады. Петрологиялық және минералогия-геохимиялық деректер бойынша плагиограниттердің алтын және сирек металды кенділікпен байланысы көрсетіледі.

The patterns of the formation of the material composition and ore-bearing of Kunushsky complex plagiogranites, formed in the collision geodynamic situation of the development of the geological structures of East Kazakhstan are considered in the article. The gold ore specialization of plagiogranites and relation of imposed type of rare metal mineralization with them are emphasized by petrological and mineralogical-geochemical data.

В настоящее время изучение рудоносности плагиогранитов кунушского комплекса и связанного с ними оруденения привлекает интерес многих исследователей. Кунушский комплекс (С₃) объединяет гипабиссальные малые интрузии плагиогранитов, гранодиоритов и дайки порфирового облика, сформированные в герцинский цикл в коллизионной геодинамической обстановке в процессе сдвижения и стыковки Казахской и Сибирской литосферных плит, образуя приразломные интрузивно-дайки пояса северо-западного направления. Магматические очаги зарождались в нижних частях земной коры и, возможно, в верхней мантии [1, 2].

Петрографические особенности. Гранодиорит-плагиогранитовая формация объединяет в основном два петрографических типа пород: плагиогранитовый и гранодиоритовый.

Плагиогранитовый петрографический тип, представляющий породы плагиогранодиоритовой ветви дифференциации, является наиболее рудоносным. Типоморфным минералом в плагиогранитах является альбит, нормативное значение которого 42,9% при среднем количественно-минеральном содержании плагиоклаза 50-62,2%. Породы комплекса характеризуются выдержанным количественно-минеральным составом (табл. 1),

отвечающим в основном среднезернистым биотитовым плагиогранитам и мелко-среднезернистым роговообманково-биотитовым гранодиоритам. Плагиограниты отличаются светло-серой окраской и равномерно-зернистой структурой, состоят в основном из зонального плагиоклаза (андезина-альбита), кварца и биотита, по типу кристаллизации соответствуют эвтектоидной фации гранитоидов. Гранодиориты отличаются большим содержанием роговой обманки. В гранодиоритах Раздольненского массива обнаружен реликтовый пироксен [3]. В гранодиоритах слюды по составу близки к нормальному биотиту, отличаются несколько повышенной железистостью и глиноземистостью.

Таблица 1

Количественно-минеральный состав пород кунушского комплекса, об. %

Породы	Число подс-в	Пл (№)	Кш	Кв	Би	Рог. обм	Му	Акцес-е
Плагиограниты	70	61,3 (35-8)	1,5	31	6,5	-	0,1	0,6
Плагиогранит-порфиры	24	58,3	3,3	29,5	7,7	-	0,2	1
Гранодиориты	25	40,7 (42-15)	19,6	21,4	14,1	3,4	-	0,8

Средний нормативный состав пород по американской классификации показан в табл. 2, где видно, что плагиограниты характеризуются преобладанием в нормативном составе альбита (42,9%) и кварца (31,6%), второстепенное значение имеют анортит (10,3%) и гиперстен (6,1%) [3].

Таблица 2

Нормативный состав пород кунушского комплекса, %

№ породы	Орт	Аб	Ан	Ап	Мг	Ил	Ги	Фл	Ко	Кв	Прочие	Сумма
1	6,2	42,9	10,3	0,3	0,1	0,5	6,1	-	1,4	31,6	0,4	99,8
2	7,8	39,7	9,0	0,1	0,5	0,4	2,3	-	2,3	36,6	-	98,7

Примечание - 1 – плагиограниты, 2 – плагиогранит-порфиры.

Ведущими минералами плагиогранитов являются альбит и кварц при подчиненном значении ортоклаза и темноцветных, а в плагиогранит-порфирах больше кварца и меньше темноцветных. Гранодиориты отличаются от плагиогранитов повышенной фемичностью минералов и большим содержанием ортоклаза (15,82%). Составы даек гранодиорит-порфиров и кварцевых порфиров весьма близкие; гранодиорит-порфиры отличаются лишь большим содержанием ортоклаза (за счет вкраплений калишпата), апатита и темноцветных и меньшим кварца.

Петрохимическая характеристика. В кунушском комплексе по петрохимическим особенностям четко выделяются два типа пород. Плагиогранитовый тип пород обладает высокой продуктивностью на золотое оруденение. Главной спецификой плагиогранитов является пересыщенность кремнекислотой и натриевая щелочность (при повышенной основности и пониженной общей щелочности), отражающей происхождение их из базальтоидной магмы. По этим признакам они сближаются с гранитоидами андезитового ряда, также сопровождающимися золотым оруденением. Как видно из табл. 3 и 4, в плагиогранитах кунушского комплекса Na_2O резко преобладает над K_2O (в 4,7 раза). Кроме того, в составе плагиоклаза альбитовая составляющая преобладает над анортитом (табл. 3), а в метасоматически измененных плагиогранитах (табл. 4) определено молекулярное количество ромбического пироксена (гиперстена) [3].

Гранодиоритовый тип отличается от предыдущего бедностью щелочами (при незначительном преобладании Na над K), пониженным содержанием кремнезема, известково-щелочной агапайностью, высокой основностью и пониженной глиноземистостью биотита, что свидетельствует о неблагоприятности для концентрации оруденения.

Химический состав в целом отражает нормальный ход дифференциации магмы, так как от ранних к поздним производным комплекса повышалась кремнекислотность и щелочность пород при уменьшении железомagneзиальных компонентов и CaO. По типу щелочности выделены три группы пород: 1) натриевая (плагиограниты и плагиогранит-порфиры) с соотношением $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 4$; 2) калиево-натриевая (гранодиориты, гранит-порфиры и кварцевые порфиры) при $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1-1,5$; 3) натриево-калиевая (гранодиорит-порфиры при $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1-1,5$).

Плагиогранодиориты ($a:c = 3-3,5$, $Q = +29-30$) выделены как промежуточная разность между гранодиоритами и плагиогранитами, отражающая сближенность последних не только по возрасту, но и по вещественному составу. По величине коэффициента агапайности гранодиориты и гранодиорит-порфиры близки к щелочноземельной серии $K_a = 0,55-0,56$, а плагиограниты, гранит-порфиры, кварцевые порфиры – к плюмазитовой серии $K_a = 0,66-0,71$). На диаграмме $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ относятся к низкокалиевой известково-щелочной серии (рис. 1).

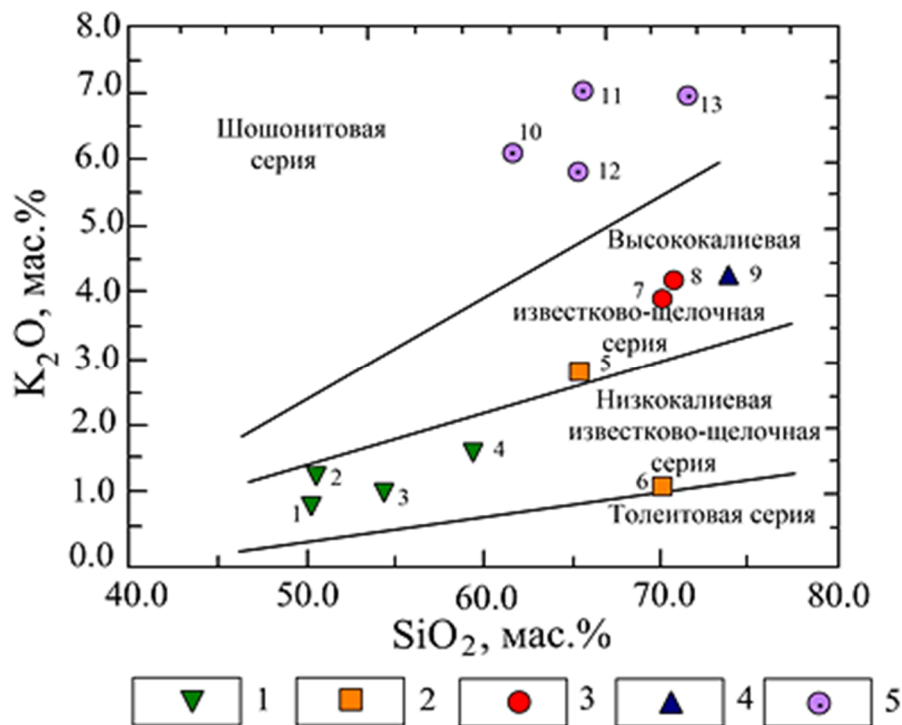


Рисунок 1 - Диаграмма $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ интрузивных пород Калбинского региона по Piccerillo&Taylor: 1 – 5 – интрузивные комплексы (1 – карабирюкский C_{2-3} ; 2 – куношский C_3 ; 3 – калбинский P_1 ; 4 – монастырский P_2 и 5 – буранский P_2)

Таблица 3

Химический состав плагиогранитов кунушского комплекса (мас. %) и числовые характеристики по А.Н. Заварицкому

№ п.п.	Окислы № проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅	F	CO ₂	Ппл	Сухая
1	6655	6972	0,22	16,95	0,10	1,65	0,04	2,09	2,59	4,90	1,00	н/о	0,05	0,024	н/о	0,22	99,53
2	5404	7090	0,28	16,04	0,27	1,79	0,01	0,96	2,26	5,44	1,00	0,26	0,08	0,048	0,16	0,22	99,51
3	5401	7122	0,28	15,98	<0,2	1,90	<0,01	1,13	2,71	5,82	0,76	0,23	0,07	0,032	0,11	0,23	100,33
4	5410	7106	0,22	15,98	н/о	1,65	<0,01	0,96	2,03	5,44	1,05	0,23	0,05	0,048	0,11	0,61	99,28
5	4193	7108	0,28	16,13	0,27	2,08	0,02	0,40	2,48	5,87	0,96	0,11	0,09	0,072	н/о	0,37	100,14
6	5417-5	7218	0,28	16,39	<0,2	1,36	<0,01	0,96	2,14	4,95	1,29	0,22	0,08	0,072	0,11	0,54	99,39
7	6407	7094	0,33	15,98	<0,2	2,15	0,01	0,96	1,24	4,79	2,20	0,05	0,04	0,040	0,16	0,44	99,12
8	4205	7054	0,22	14,80	0,51	1,43	0,02	1,45	3,16	5,44	0,86	0,22	0,05	0,064	0,33	0,70	99,40
9	6455	7082	0,28	15,71	0,38	2,30	0,025	0,99	3,43	4,74	0,86	-	0,04	0,04	-	0,56	100,13
10	Среднее (9)	7093	0,27	15,88	0,23	1,81	0,01	1,10	2,27	5,26	1,11	0,15	0,06	0,05	0,12	0,43	99,68

Таблица 4

Средний состав метасоматически измененных плагиогранитов кунушского комплекса

Окислы	Весовые содержания, в %	Молек-е кол-во	Or	Ab	An	Ap	Pl	Mt	Hu	C	Q
SiO ₂	68,84	1145	102	444	58				33		508
TiO ₂	0,28	4					4				
Al ₂ O ₃	16,31	160	7	74	29			4		40	
Fe ₂ O ₃	0,65	4									
FeO	1,50	21					4	4	13		
MnO	0,02	0									
MgO	0,80	20							20		
CaO	1,88	32			29	3					
Na ₂ O	4,64	74		74							
K ₂ O	1,61	17	17								
H ₂ O	0,23	22									
P ₂ O ₅	0,10	1				1					
F	0,06	-									
CO ₂	0,11	-									
Ппл	2,81	-									
Сумма	99,84		8,9	38,80	7,60	0,26	0,52	0,52	4,33	2,62	33,31

Примечание - По работе Б.А. Дьякова, Н.П. Майорова и др. (1994).

SAL/FEM=17,03
Q/F=0,60
K₂O+Na₂O/CaO=3,13
K₂O/Na₂O=0,33
Сильол: 1;4;2;4

По результатам первичных изотопных отношений Rb/Sr, выполненных в аналитическом центре ИГН СО РАН, плагиограниты кунушского комплекса резко обогащены Sr по сравнению с гранитами калбинского и лейкогранитами монастырского комплексов, что подчеркивает коромантийный источник их образования (рис. 2).

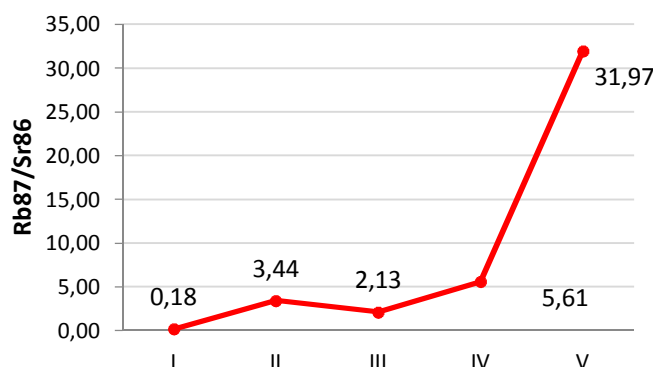


Рисунок 2 - Диаграмма рубидий-стронциевого отношения в гранитоидах Калбы (среднее значение): I – плагиограниты кунушского комплекса; II – граниты I фазы калбинского комплекса; III – граниты с/з равномерно-зернистые биотитовые II фазы калбинского комплекса; IV – граниты мусковитизированные II фазы калбинского комплекса; V – лейкограниты монастырского комплекса

Минералогическая характеристика. На растровом электронном микроскопе в плагиогранитах были обнаружены микровключения циркона, апатита с примесью платины (13,84 вес. %), галенита, содержащего серебро (6,3 вес.%), и тонкодисперсного ильменита (рис. 3-5). Полученные результаты дополнительно подтверждают наличие акцессорной вкрапленности благородных элементов в неизмененных разностях плагиогранитов кунушского комплекса.

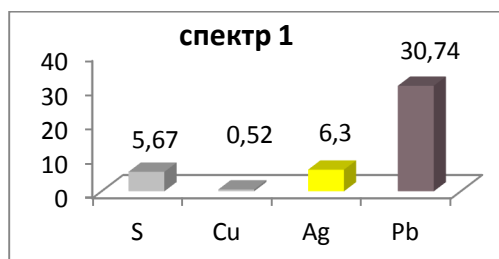
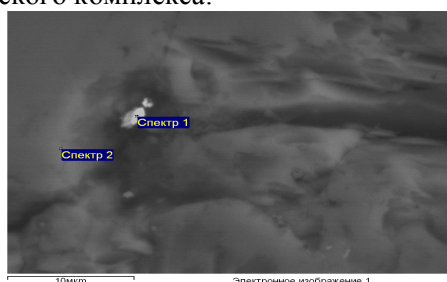


Рисунок 3 – Микровключение галенита с примесью серебра в образце плагиогранита кунушского комплекса. Месторождение Точка

Геохимическая характеристика. Генетическая связь золотого оруденения с гранодиорит-плагиогранитовой формацией доказывается специализацией пород (особенно плагиогранитового типа) на Au (до 120 мг/т), а также Ag (до 16-26 кларков), обогащенностью метасоматически измененных гранитоидов и даек элементами-спутниками золота – Ag (20 кларков), As и Bi (>1000 кларков), которые концентрируются в золотоносных кварцевых жилах, повышенной концентрацией Au в пиритах из даек и кварцевых прожилок (до 12-50 мг/т). В рудных образованиях концентрируются Au, Ag, As, Cu, Mo, Ni и др. К главным рудным элементам относятся Au, Ag, поэтому геохимический тип для плагиогранит-гранодиоритовой формации определяется как золоторудный.

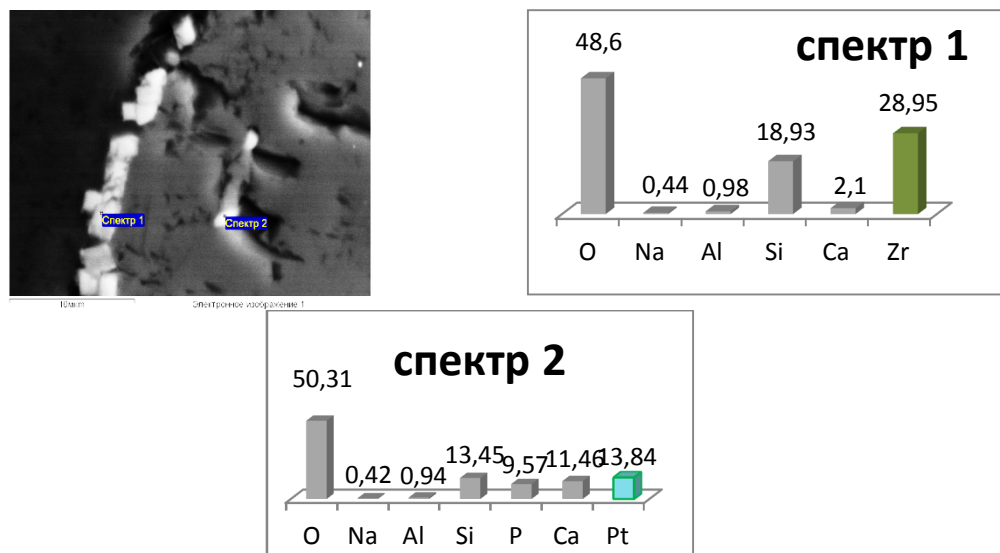


Рисунок 4 - РЭМ-изображение включений циркона (спектр 1) и апатита, содержащего платину (спектр 2), в плагиогранитах кунушского комплекса

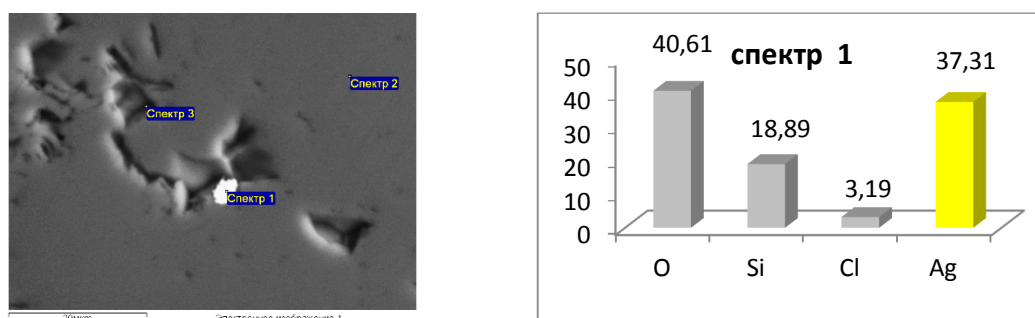


Рисунок 5- Микровключения кераргирита в грезенезированном кварце. Месторождение Точка

Геохимические особенности пород: 1) специализация отдельных разновидностей на Cu, Ni, V, Sc (1,5-4,7 кларка); 2) пониженное содержание (в 1,5-4 раза относительно калбинских гранитов) F, Sn, Be, Ta, Li и др. в неизмененных гранитоидах, биотитах и акцессорных минералах; 3) повышенная золотоносность пород кунушского комплекса относительно калбинских гранитов с концентрацией золота в измененных плагиогранитах и дайках, развитых в пределах золоторудных полей. Геохимически плагиограниты также обогащены халькофильными элементами (Cu, Pb, Zn) и характеризуются весовыми значениями благородных и сопутствующих элементов (г/т): Au (0,28), Ag (1,76), Sb (2,98), Pt (0,03). По сравнению с гранитами I фазы калбинского комплекса, в них меньше содержание Nb, суммы редких щелочей (Li, Rb, Cs) при близких значениях Ta, Be, Sn.

По изотопно-геохимическим данным плагиогранитоиды кунушского комплекса относятся к ϵ_{Nd} -типу ($\epsilon_{Nd}(0) = +3,8$; $\epsilon_{Nd}(T) = +6,7$), а по петрогеохимическим - к высокоглинеземистым плагиогранитам. Необходимым условием генерации плагиогранитоидов такого типа служит высокое давление (больше или равное 10-120 кбар) и равновесие расплава с гранатосодержащим реститом. Температурный режим формирования был высоким и варьировал от 805 до 910 °C [4].

Рудоносность. Гранодиорит-плагиогранитовая формация специализирована на золотое оруденение и сопровождается собственно золоторудными месторождениями, характерными для Западно-Калбинской зоны. [5]. В Калба-Нарымской зоне малые интрузии и дайки кунушского комплекса являются благоприятной вмещающей средой для концентрации наложенного редкометалльного оруденения (Ta, Nb, Sn, W) в контактах с калбинскими гранитами. [5, 1].

С породами рассматриваемого комплекса генетически связано золотое оруденение, образующее промышленные типы месторождений – суздальское, кулуджунское, бакырчикское и др. Основные доказательства следующие: 1) пространственная сближенность магматических образований и золоторудных кварцевых жил, прожилков лестничного типа и минерализованных золото-сульфидных зон (Жерек, Кедей, Кулуджун, Бакырчик, Лайлы и др.); 2) близкие геолого-структурные условия формирования интрузивных и рудных тел (разрывные нарушения, надвиговые структуры, флексурообразные изгибы складчатости, благоприятные литолого-стратиграфические горизонты и др.); 3) минералогическое родство золоторудных кварцевых жил и минерализованных зон с метасоматически измененными гранитоидами (пирит, арсенопирит, сидерит-анкерит, шеелит и золото; 4) геохимически одинаковая ассоциация сопутствующих элементов (Ag, As, Sb, Bi, Cu, Pb, Zn и др.); 5) относительно повышенное содержание золота по результатам нейтронно-активационного метода в породах кунушского комплекса (2,8-3,3 мг/т) по сравнению с калбинскими гранитами (1,8 мг/т) и дайками миролюбовского комплекса (1,9 мг/т).

В Калба-Нарымской зоне подобные пояса кунушского комплекса срезаются и метаморфизуются гранитами калбинского комплекса (месторождение Ново-Сарыозек, рис. 6), а в ряде случаев испытывают контактово-метасоматические преобразования (графитизация, грейзенизация, окварцевание и др.) с концентрацией рудного вещества (Ta, Nb, Sn, W и др., месторождение Чердож) [6].

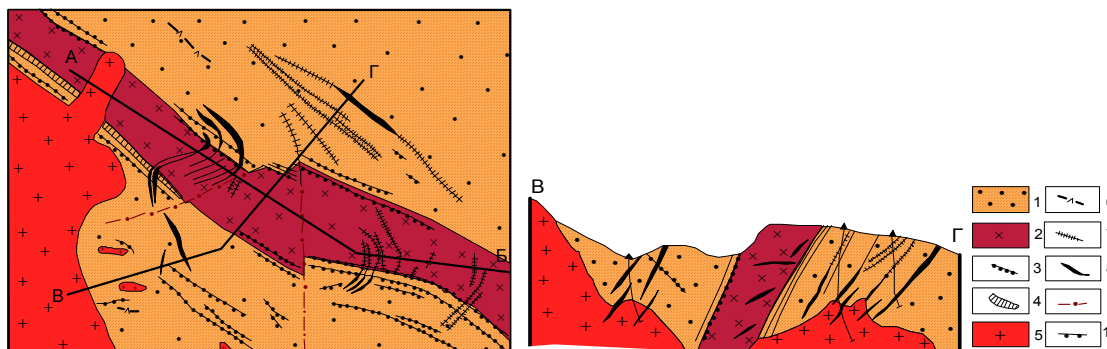


Рисунок 6 – Месторождение Ново-Сарыозек (с использованием материалов А.Г. Алексеева, Е.В. Григорьевой): 1 – сланцы такырской свиты; 2 – плагиогранодиориты; 3 – гранит-порфиры; 4 – кварцевые порфиры кунушского комплекса; 5-8 – калбинский комплекс (5 – граниты II; 6 – шерл-микроклиновые; 7 – микроклин-альбитовые и 8 – альбит-сподуменовые пегматиты); 9 – разрывы; 10 – рекомендуемые скважины

В рудоотложение вовлекались редкие элементы (Ta, Nb, Sn, W и др.), привносимые флюидными потоками калбинских интрузий, при возможной встречной миграции элементов из вмещающих пород такырской свиты и плагиогранитов кунушского комплекса (Ca, Mg, Na, C, B и др.). Последние здесь выступают в роли трещинных структурно-литологи-

ческих ловушек с непроницаемыми оболочками или геохимических барьеров для концентрации редкометалльного оруденения.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

По результатам электронной микроскопии и других анализов выявлены специфические особенности вещественного состава плагиогранитов (натровая щелочность, повышенное содержание Sr, золота и сопутствующих элементов – Fe, Mn, As, Sb и др.), что резко отличает их от гранитов калбинского комплекса. По радиологическим определениям плагиограниты имеют более ранний возраст (по U/Pb методу – 306,7 и Ar/Tr – 299 Мл), что отличает их от калбинских гранитов пермского времени. [3, 2]. Впервые в золото-сульфидных минерализованных зонах по результатам растровой электронной микроскопии обнаружены редко встречающиеся минералы редких земель: Ni, Ir, Sn, W и др.

В Калба-Нарымской зоне подчеркивается роль плагиогранитов кунушского комплекса в качестве благоприятной роли вмещающих пород (структурно-литологической среды и геохимического барьера) для формирования наложенного редкометалльно-пегматитового (Ta, Nb, Li, Be, Sn) и грейзеново-кварцево-жильного (Sn, W) оруденения под контактово-метасоматическом воздействии гранитоидов калбинского комплекса (P₁). Примерами являются месторождения Точка, Медведка, Ново-Сарыозек, Чердоjak и др. Впервые в пегматитах установлена попутная золотоблагородная минерализация (свободное золото, самородное серебро, кераргеритсереброносные монацит и галенит, платиноносный фторапатит). Выявление в рудах хромшпинелидов и фосфороносного никелевого минерала отражает смешанный источник рудоносных флюидов, вероятно, коромантийного происхождения. По особенностям формирования и вещественному составу плагиограниты близки к эффузивным адакитам [4].

Полученные результаты вносят определенный научный вклад в вопросы рудообразования золоторудных и редкометалльных месторождений и в целом имеют прикладное значение.

Список литературы

1. Дьячков Б.А. О соотношении кунушского комплекса Калбы и редкометалльного оруденения // Проблемы магматической геологии Зайсанской складчатой области. - Алма-Ата: Наука, 1981. - С. 165-171.
2. Куйбида М.Л. U-Pb изотопный возраст, состав и источники плагиогранитов Калбинского хребта (Восточный Казахстан) / М.Л. Куйбида, Н.Н. Крук, А.Г. Владимиров и др. // Докл. РАН, 2009. - Т. 424. - № 1. - С. 84-88.
3. Дьячков Б.А. Гранитоидные и рудные формации Калба-Нарымского пояса / Б.А. Дьячков, Н.П. Майорова, Г.Н. Щерба и др. - Алматы: Ғылым, 1994. - 208 с.
4. Гусев А.И. Адакитовые гранитоиды Калбы и их металлогения / А.И. Гусев, Н.И. Гусев // Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии // Материалы междунар. конф. - Усть-Каменогорск, 2010. - С. 29-130.
5. Большой Алтай (геология и металлогения). - Алматы: Ғылым, 1998. - Кн.1: Геологическое строение. - 304 с.
6. Бисатова А.Е. Геологическое строение олово-вольфрамового месторождения Чердоjak Нарымского рудного района (Восточный Казахстан) / А.Е. Бисатова, Г.Е. Садвакасова, С.С. Айтбаева и др. // Материалы III Междунар. науч. конф. «Корреляция алтаид и уралид». - Новосибирск, Россия: ИГиМ им. В.С. Соболева СО РАН. - 2016. - С. 26-27.

Получено 26.09.2017

ӨОЖ 05.00.00

А.М. Қожанова, Д.Ж. Жетыбаева, Н.А. Азиналиев

Казахский национальный университет им. эль-Фараби, Алматы қ.

**ЖҮЙЕЛІ ДИНАМИКА НЕГІЗІНДЕ МҰНАЙ ӨНДІРУ КОМПАНИЯСЫНЫҢ
ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ БОЛЖАМЫ МЕН ТАЛДАУЫ**

Разведка и добыча нефти и газа является наиболее важным и ключевым сегментом во всей деловой цепочке нефтяной промышленности. Поэтому нефтяные компании всегда уделяли большое внимание принятию научных и разумных решений об инвестиционном масштабе и структуре в секторе добычи, чтобы они могли минимизировать бизнес-риски и получать высокие прибыли. Согласно теориям и методам динамики систем, основанных на фактических результатах практики нефтяной компании в Казахстане, в этой статье построена модель динамики системы для анализа и прогнозирования масштабов и структуры инвестиций в добывающих отраслях для нефтяной компании. Эта прикладная практика была сопоставлена с фактическими данными и показала, что модель системной динамики, представленная в этой статье, является полезным инструментом для анализа и прогнозирования масштабов инвестиций и структуры нефтяных компаний в инвестиционных решениях.

Мұнай мен газды барлау және өндіру бүкіл мұнай өнеркәсібінің басты және ең маңызды тармағы болып табылады. Сондықтан да мұнай компаниялары әрдайым бизнес-тәуекелдерді азайтып, жоғары пайдаға жете алу жолында өндіріс секторындағы инвестициялық ауқымы мен құрылымы туралы ғылыми және оң шешімдерін қабылдауға басты назар аударды. Қазақстандағы мұнай-газ компаниясы тәжірибесінің нақты нәтижелеріне негізделген жүйе динамикасының теориясы мен әдістеріне сәйкес, осы мақалада мұнай-газ компанияларына арналған өндіру салаларындағы инвестицияның ауқымы мен құрылымын талдап, болжамдау үшін жүйе динамикасының моделі құрылған. Бұл қолданбалы тәжірибе нақты мәліметтерге сүйенді және де осы мақалада көрсетілген жүйелік динамика моделінің мұнай компанияларының инвестициялық шешімдердегі инвестиция мен құрылымының ауқымын талдап, болжауға арналған пайдалы құрал болып табылатынын көрсетті.

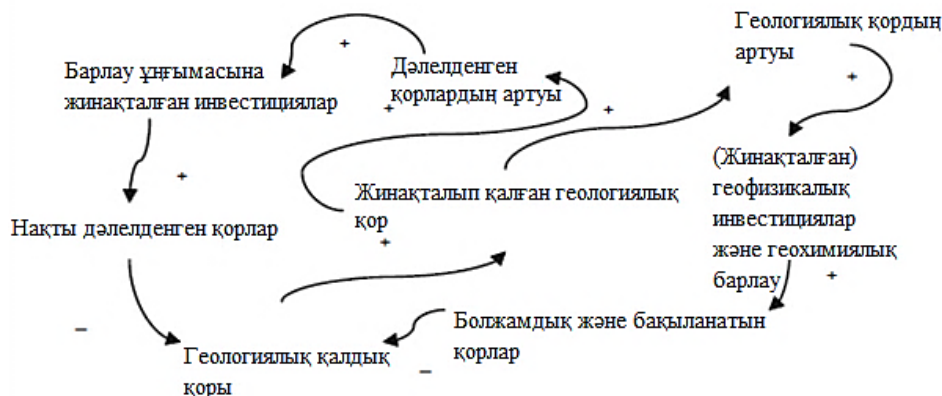
Oil and gas exploration and production is the most important and key segment in the whole business chain of the petroleum industry. Therefore, oil companies always put much emphasis on making scientific and reasonable decisions about investment scale and structure in the upstream sector, so that they can minimise business risks and obtain high returns. According to the system dynamics theories and methods and based on the actual results from an oil company's practice in Kazakhstan, a system dynamics model is built in this paper for analyzing and forecasting the upstream investment scale and structure for an oil company. This model was used to analyze the investment effect of a large oil company in Kazakhstan, and the results showed that the total upstream investment scale will decline slowly in a short period and the investment proportion of different parts should be adjusted if some influencing factors are taken into account. This application practice was compared with the actual data and indicated that the system dynamics model presented in this paper is a useful tool for analyzing and forecasting of upstream investment scale and structure of oil companies in their investment decisions.

Кілттік сөздер: мұнай компаниясы, инвестиция, талдау және жорамалдау, жүйе динамикасы.

Бұрын мұнай бағасы қымбат болғандықтан, барлық мұнай компаниялары өз инвестициясын көбінесе мұнай өндіруге бөлген, соның арқасында мұнай мен газды игеру мен барлауда инвестициялық қуатын арттырған. Осылайша мұнай компаниялары мұнай мен газды игеруде, талдауға және болжауға көп көңіл бөлген, содан кейін өзгерту жағдайлары керек болғанда керекті шаралар қабылдауға мүмкіндігі болған. Көптеген әдістер талдау түрінде қолжетімді болады, мысалға регрессиялық талдау, экометриялық әдістер. System Dinamics күрделі жүйелерде таңдалынады, өйткені бұл әдіс арнайы күрделі көп параметрлік, сызықтық және динамикалық жүйені зерттеу үшін арналған. Мақалада жүйелі динамика әдісі бойынша имитациялық моделі көрсетілген. Бұл әдіс инвестициялар мен өндірістік сектордағы қысқарту құрылымын болжау үшін ұсынылған. Зерттегеннен кейін ірі мұнай компаниясы үшін тау-кен секторы құрылымындағы

инвестицияның ауқымын модельдеуге және талдау үшін пайдаланылатын болды, және кейбір ұсыныстар модельдеу есептеулері негізінде жасалды [1].

Мұнай компаниясының өндіруші компанияға күрделі қаржы жұмсауы, ең бастысы, мұнай мен газды зерттеп, өңдеуге шоғырланады. Осылайша бұл мақалада зерттеу мен өндірудегі инвестиция жүйесін зерттеу және өңдеу ішкі жүйелеріне бөлінеді. Әрине, басқа да зерттеу және өндіру инвестициялары бар, бірақ біз оларды өз зерттеулерімізде ескермедік. Біз ішкі жүйелердегі кері байланыстың түрлі факторлары мен механизмдері арасындағы өзара қарым-қатынасты әрі қарай зерттедік. 1-суретте зерттеу инвестициялық ішкі жүйесінің факторлары арасындағы қысқаша мысалы көрсетілген.



1-сурет - Ішкі жүйедегі зерттеу бойынша факторлардың арасындағы шығындар диаграммасы

1-суретте екі кері байланыс көрсетілген, оның бірі геофизикалық және геохимиялық зерттеудегі инвестиция себептілігінің кері байланысы болып табылады, ал басқасы – зерттеу ұғымдарындағы инвестиция. Себептілігі бар бірінші кері байланыс компанияның болжанатын қорлары мен бақыланатын қорларды техникалық инновация мен жаңа жабдықты ендіру көмегімен қоса алатынын көрсетеді. Қалған геологиялық қорларда уақыт өте азаяды, ал одан соң жинақталған қалған геологиялық қорлар азаяды. Қалған геологиялық қорлар уақыт өте төмендейді, содан кейін қайтадан көбейген геологиялық қорлар да азаяды. Осылайша, компания геофизикалық және геохимиялық зерттеудегі инвестицияларын қысқартады, тағы да қосымша қорларды көбейту үшін іздеу-зерттеу скважиналарында инвестицияны көбейтеді.

Екінші себепті кері байланыс циклынан компания дәлелденген қорларды көбейту мақсатында зерттеуге (шолынған скважиналарының бұрғылауын қамтиды) көп инвестицияны сала алатынын көруге болады. Дәлелденген қорлардың жоғарылауы барысында қалған геологиялық қорлар азаяды. Қорлардың азайып, пайдалану күрделілігі артуына байланысты көбейтіліп дәлелденген қорлар қайтадан азаяды. Мұнай жаңа кен орындарын өңдеу периодында мұнай компаниясы зерттеу скважиналарындағы инвестиция ауқымын қысқартады да, пайдалану скважиналарына жоғары және тұрақты өндірісті алу үшін көбірек инвестиция салатын болады.

Факторлардың ара-қатынасы негізінде екі ағын графы жүйелі динамика құрастырылды, олар инвестиция ауқымы мен жоғарылайтын ағымның құрылымын көрсетеді (2 және 3-суреттер). Бүкіл модель күтілімдегі мұнай мен газдың шығуында басталады, яғни олар кіріс айнымалы ретінде қарастырылады. Аралық шығыс айнымалылар қалған болжамды алынатын қорларды, қайтадан жоспарланған көбейте алынатын резервті, күтілімдегі

қалған геологиялық қорларды, жоспарланған жаңа қосымша геологиялық қорларды, нақты жаңа қосымша геологиялық қорларды және де қалған дәлелденген қорларды қамтиды. Соңғы шығыс айнымалылар моделі өндіру бизнесіндегі жалпы құн, жалпы пайда, жылдық жалпы инвестиция, жыл сайынғы мұнай мен газды зерттеудегі тікелей инвестиция, мұнай мен газды өндеудегі жыл сайынғы тікелей инвестициялар, ұңғымаларды өндеудегі жыл сайынғы инвестициялар, зерттеу ұңғымаларының жыл сайынғы инвестициялары, геофизикалық және геохимиялық зерттеулердегі жыл сайынғы инвестициялар болып табылады [2].

Мұнай мен газдың өндірістік қуаты 2-ші және 3-ші суретте көрсетілген. Барлық жалпы сомаға тиесілі. Кейбір басқа айнымалылар келесі түрде түсіндіріледі:

1) күтілімдегі мұнай және газдың шығуы. Күтілімдегі мұнай және газдың шығуы кейбір геологтардың, су қорының инженерлері мен оларға тиесілі технологиялардың болжамы қазіргі уақыттағы мұнай кен орнының шарттарымен байланысты болуы қажет;

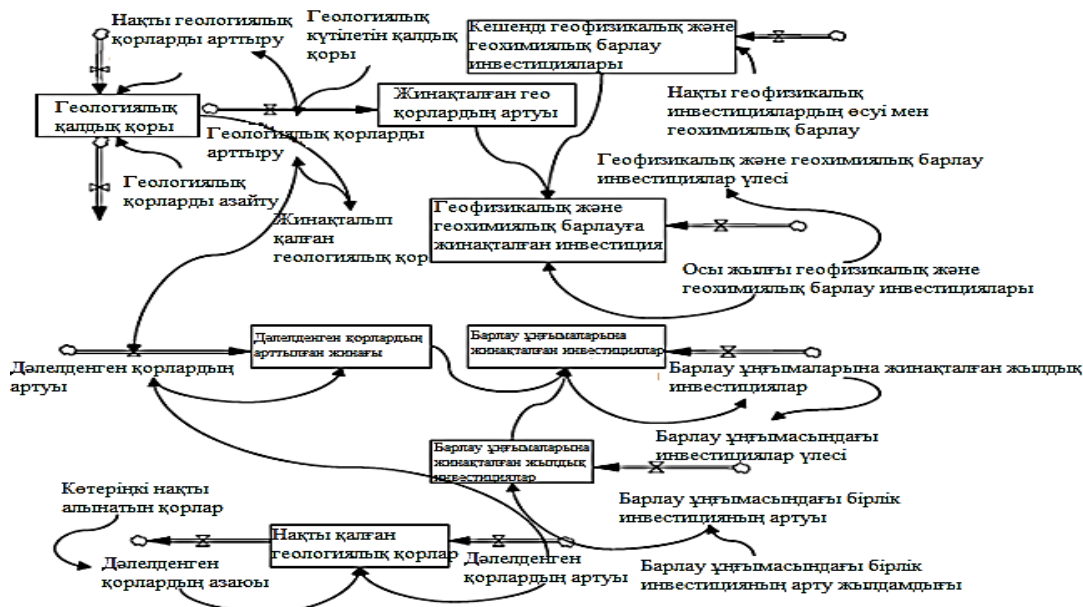
2) күтілімдегі өндірістік қуаты (C_E). Күтілімдегі өндірістік қуат қажетті қуатқа мұнай мен газдың күтілімді шығуына байланысты;

3) жоспарланған өндірістік қуаттың арттырылуы. Жоспарланған ұлғайтылған өндіріс қуаттылығы (CI_P) жыл басындағы нақты өндіріс қуаттылығы (C_0) мен жылдағы өндіріс көлемінің азаюы (C_d) арасындағы айырмашылыққа сәйкес өндірістің жоспарланған жаңадан ұлғаюын білдіреді. CI_P -ті келесі түрде анықтауға болады:

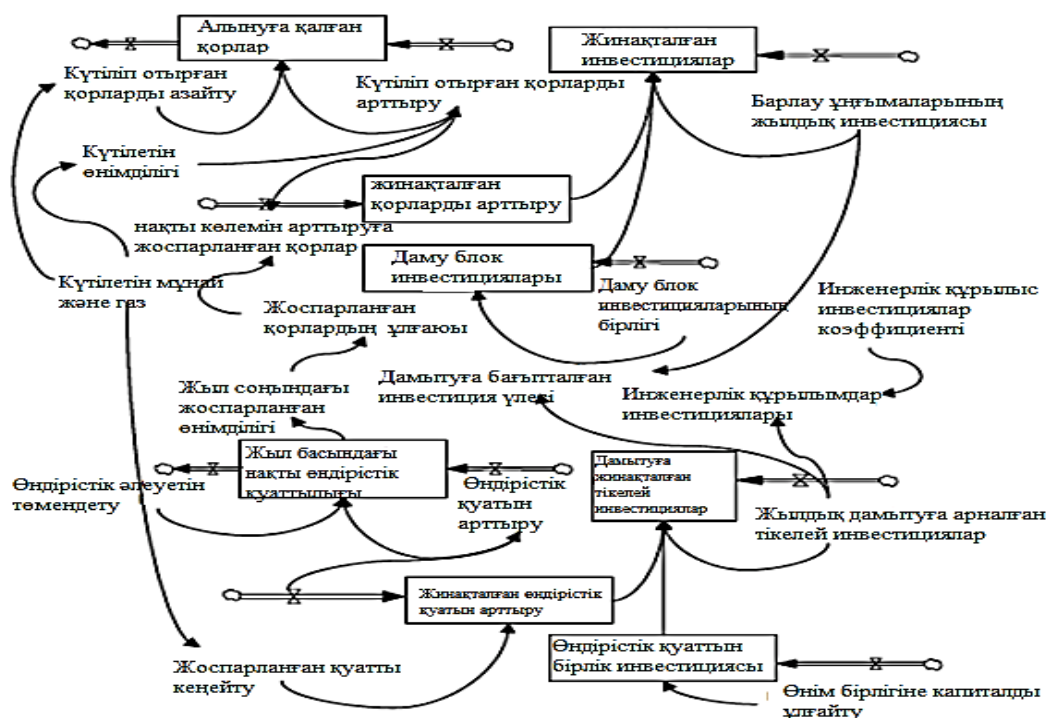
$$CI_P = \begin{cases} C_E - (C_0 - C_d), & (C_0 - C_d < C_E); \\ 0 & \end{cases}$$

4) жоспарланып отырған жылдың соңындағы өндірістік қуаты. Жыл соңына жоспарланған өндіріс қуаттылығы жыл басындағы нақты өндіріс қуаттылығы және жоспарланған ұлғайған өндіріс қуаттылығы қосындысын көрсетеді;

5) жоспарланып отырған өтелетін қордың ұлғаюы. Жоспарланған ұлғайған өтелетін резерв алынатын қорды өткен жыл соңында талап етілген жоспарланған өндіріс қуаттылығын қанағаттандыру үшін жоспарланған ұлғаюды көрсетеді.



2-сурет - Мұнайгазды барлауға арналған жүйелі динамика-ішкі жүйесінің график ағыны



3-Сурет - Мұнайгаз дамуының жүйелі динамика-ішкі жүйесінің график ағыны

Жоғарыда сипатталған жүйелі динамика моделі (1, 2 және 3-суреттер) мен айнымалылар қатынасын талдау негізіндегі имитациялық модель өндіріс компаниялары мұнай компанияларындағы инвестицияны талдауға арналған *VENSIM* программалық қамтамасыздандыруды пайдалану арқылы құрылған болатын. Модель мұнай компаниялары үшін инвестициялар ауқымы мен құрылымын талдау үшін пайдаланылуы мүмкін екендігін көрсетеміз. Мұнай компаниялары зерттеу мен өндірістегі инвестиция ауқымы мен құрылымының мұнайға, шығынға және техникалық прогреске әсер етуінен көбіне түзетулер енгізеді. Бұл мақалада зерттеу мен өндеудегі мұнайға, күтілімдегі мұнай мен газ қорларына деген халықаралық бағалары, сондай-ақ мұнай мен газдың болжалды кірісі олардың өндіру инвестициясына әсерін білу үшін негізгі фактор ретінде қарастырылады [3].

Қорыта келе мұнай компанияларындағы капиталды инвестицияларының сипатын талдау негізінде бұл құжатта жүйелі динамика қағидалары мен әдістері көмегімен және де *VENSIM* программалық қамтама көмегімен имитациялық модель құрылады. Құжатта сипатталған модель көмегімен ірі мұнай компаниясының өндіріс секторындағы инвестициялардың ауқымы мен құрылымы талданып, болжанған болатын.

Нәтижелер мұнай өндіру компаниясындағы инвестициялар, мұнайға деген халықаралық бағаға, мұнай мен газдың күтілімдегі қорларына, сондай-ақ мұнай мен газ болжалды кірістілігіне айтарлықтай тәуелді екендігін көрсетеді. Мұнай мен газ бағасының өсуі және мұнай мен газдың күтілімдегі қорлары шарттарында мұнай компаниясы мұнай мен газ өндірісін жеткілікті техникалық қолдауға ие бола отырып тездетуі мүмкін. Осы барлық модельдеу және ұсыныстар нәтижелері мұнай компаниясының жетекшілері мен эксперттерімен талқыландырылған болатын және де жоғары бағаға ие болды. Бұл зерттеу ұсынылған жүйелі динамика моделі зерттеу және өндіру инвестицияларының ауқымы мен құрылымын талдау, болжау кезінде пайдалы құрал болып табылады, осы арқылы мұнай компаниялары өздерінің инвестициялық шешімдерінің ұтымдылығын жақсарты алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Акопов А.С. Системно-динамический подход в управлении инвестиционной деятельностью нефтяной компании. - М.: ЦЭМИ РАН, 2006. - с. 153-188.
2. Акопов А.С. Проблемы управления субъектом ТЭК в современных условиях: Монография. - М.: ЦЭМИ РАН, 2004. - 246 с.
3. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. - Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1959.

Получено 16.08.2017

УДК 628.1

В.П. Колпакова, С.Б. Анапьянова

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

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПО ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ РЕКИ ЕРТИС
В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Приведены данные качества воды по водным объектам реки Ертис в Восточно-Казахстанской области. Выполнен анализ данных по тяжелым металлам (медь, марганец, цинк) в динамике 2015-2017 гг.

Мақалада Шығыс Қазақстан облысындағы Ертіс өзенінің су объектілері бойынша су сапасының мәліметтері келтірілген. Ауыр металдар бойынша (мыс, марганец, мырыш) 2015-2017 жылдар аралығындағы мәліметтерге талдау жасалды.

The data of water quality on water bodies of the Ertis river are given, the data of heavy metals (copper, manganese, zink) are analysed.

Ключевые слова: качество воды водных объектов, охрана окружающей среды, предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ.

К мероприятиям по решению вопросов ограничения антропогенного воздействия на водные объекты, охраны водных объектов в бассейне реки Ертис в Восточно-Казахстанской области (ВКО) относится реконструкция всего комплекса природно-охранных мероприятий для всех поверхностных водных источников независимо от категории их использования, с учетом их вклада в межгосударственное использование поверхностных ресурсов. Река Ертис (Иртыш) с притоками выделена территориально в Иртышский водохозяйственный бассейн.

По результатам работ, выполняемых специализированными подразделениями РГП «Казгидромет» по проведению экологического мониторинга за состоянием окружающей среды на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы, наблюдения за загрязнением поверхностных вод на территории ВКО проводились на 9-ти водных объектах (реки Кара Ертис, Ертис, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Оба, Буктырма) [1].

Качество воды водных объектов оценивается следующим образом: вода «умеренного уровня загрязнения» - реки Кара Ертис, Ертис, Оба; вода «высокого уровня загрязнения» - реки Буктырма, Тихая, Ульби, Красноярка, Глубочанка; вода «чрезвычайно высокого уровня загрязнения» - река Брекса [1].

В табл. 1 представлены качественные показатели воды рек ВКО за 2017 год (январь, февраль, март).

Таблица 1

Качественные показатели состава рек ВКО за 2017г.

№	Наименование водного объекта	Медь (Cu), мг/дм³ (ПДК для рыб - 0,001)				Марганец (Mn), мг/дм³ (ПДК для рыб - 0,01)				Цинк (Zn), мг/дм³ (ПДК для рыб - 0,01)			
		январь	февраль	март	среднее	январь	февраль	март	среднее	январь	февраль	март	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	р. Кара Ертіс	<u>0.0034</u> 3,4	<u>0.0017</u> 1,7	<u>0.0029</u> 2,9	<u>0.0027</u> 2,67	<u>0.018</u> 1,8	-	-	<u>0.0006</u> 0,6	-	-	-	-
2	р. Ертіс	<u>0.0027</u> 2,7	<u>0.0023</u> 2,3	<u>0.0028</u> 2,8	<u>0.0026</u> 2,6	-	-	-	-	-	<u>0.018</u> 1,8	<u>0.015</u> 1,5	<u>0.011</u> 1,1
3	р. Буктырма	<u>0.0023</u> 2,3	<u>0.0038</u> 3,8	<u>0.0026</u> 2,6	<u>0.0029</u> 2,9	<u>0.015</u> 1,5	-	<u>0.012</u> 1,2	<u>0.009</u> 0,9	-	-	<u>0.012</u> 1,2	<u>0.004</u> 0,4
4	р. Брекса	<u>0.0065</u> 6,5	<u>0.0085</u> 8,5	<u>0.0117</u> 11,7	<u>0.0089</u> 8,9	<u>0.086</u> 8,6	<u>0.102</u> 10,2	<u>0.059</u> 5,9	<u>0.082</u> 8,23	<u>0.101</u> 10,1	<u>0.360</u> 36,0	<u>0.067</u> 6,7	<u>0.176</u> 17,6
5	р. Тихая	<u>0.0071</u> 7,1	<u>0.0078</u> 7,8	<u>0.0087</u> 8,7	<u>0.0079</u> 7,87	<u>0.099</u> 9,9	<u>0.119</u> 11,9	<u>0.082</u> 8,2	<u>0.1</u> 10	<u>0.110</u> 11,0	<u>0.177</u> 17,7	<u>0.074</u> 7,4	<u>0.120</u> 12,03
6	р. Ульби	<u>0.0046</u> 4,6	<u>0.0045</u> 4,5	<u>0.0045</u> 4,5	<u>0.0045</u> 4,53	<u>0.063</u> 6,3	<u>0.075</u> 7,5	<u>0.116</u> 11,6	<u>0.085</u> 8,47	<u>0.130</u> 13,0	<u>0.125</u> 12,5	<u>0.220</u> 22,0	<u>0.158</u> 15,83
7	р. Глубочанка	<u>0.0077</u> 7,7	<u>0.0094</u> 9,4	<u>0.0059</u> 5,9	<u>0.0077</u> 7,67	<u>0.087</u> 8,7	<u>0.224</u> 22,4	<u>0.092</u> 9,2	<u>0.134</u> 13,43	<u>0.217</u> 21,7	<u>0.192</u> 19,2	<u>0.250</u> 25,0	<u>0.219</u> 21,97
8	р. Красноярка	<u>0.0063</u> 6,3	<u>0.0055</u> 5,5	<u>0.0041</u> 4,1	<u>0.0053</u> 5,37	<u>0.072</u> 7,2	<u>0.061</u> 6,1	<u>0.055</u> 5,5	<u>0.063</u> 6,27	<u>0.175</u> 17,5	<u>0.156</u> 15,6	<u>0.103</u> 10,3	<u>0.145</u> 14,47
9	р. Оба	<u>0.0019</u> 1,9	<u>0.0033</u> 3,3	<u>0.0028</u> 2,8	<u>0.0027</u> 2,67	<u>0.039</u> 3,9	<u>0.015</u> 1,5	<u>0.014</u> 1,4	<u>0.023</u> 2,27	<u>0.011</u> 1,1	-	-	<u>0.004</u> 0,37

Примечание: в числителе - фактические данные, в знаменателе - кратность превышения содержания загрязняющих веществ по сравнению с предельно-допустимой концентрацией (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов.

По данным средних значений табл. 1 построены диаграммы 1, 2.

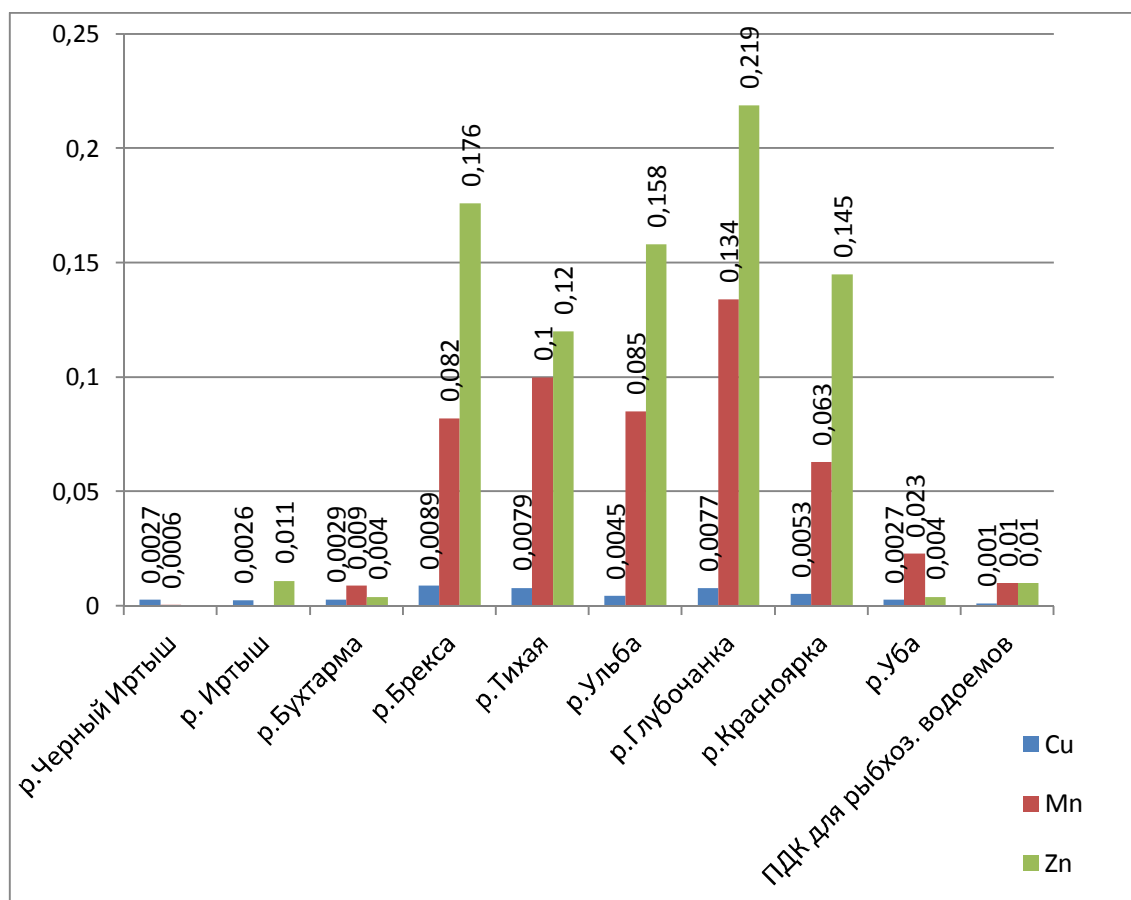


Диаграмма 1 – Фактические средние данные за 2017 г. (январь, февраль, март) по качеству воды рек в сравнении с ПДК для рыбохозяйственных водоемов

Такое качество вод малых рек Восточно-Казахстанской области объясняется тем, что в горной местности, откуда они берут свое начало, расположены крупные предприятия горно-рудной промышленности. Особенно значительный уровень загрязнений зафиксирован по веществам из группы тяжелых металлов: медь, цинк, марганец. По показателям, таким как цветность, запах, вкус, влияние сбросов на состояние воды в поверхностных водных источниках не обнаружено.

Анализ проведенных данных показывает, что наиболее загрязненными по содержанию цинка являются такие реки как Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка.

Данные на диаграмме 2 показывают, что кратность превышения содержания загрязняющих веществ вод рек за 2017 г. (январь, февраль, март) по сравнению с ПДК для рыбохозяйственных водоемов колеблется: по меди от 5 до 9 раз, по марганцу от 6,3 до 13,5 раз, по цинку от 12 до 22 раз. Динамика по содержанию тяжелых металлов в течение трех последних лет в этих реках остается на одном уровне. Такое количество тяжелых металлов (медь, марганец, цинк), поступающих систематически в реки, оказывают сильное негативное воздействие.

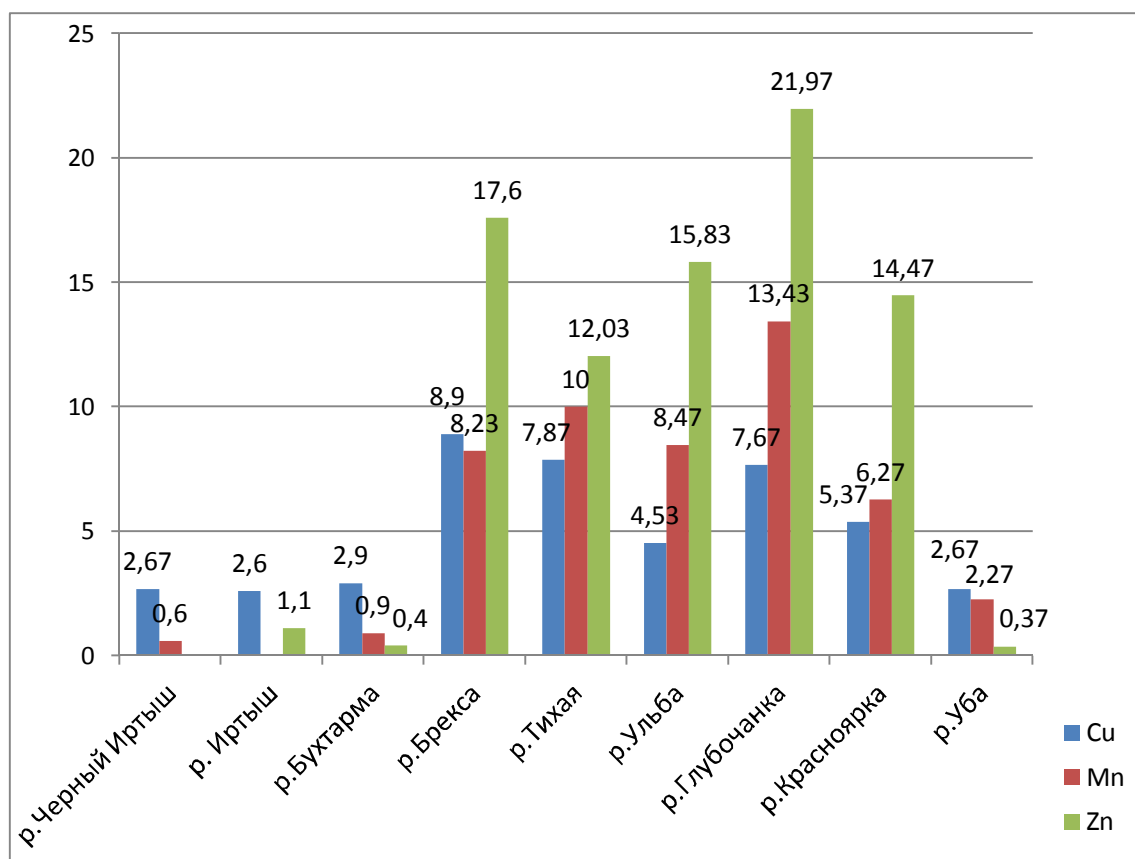


Диаграмма 2 - Кратность превышения содержания загрязняющих веществ вод рек за 2017 г. (январь, февраль, март) по сравнению с ПДК для рыбохозяйственных водоемов

В табл. 2 приведены средние годовые значения по рекам за 2015 и 2016 гг. по кратности превышения содержания загрязняющих веществ, превышающих ПДК.

Таблица 2

Кратность превышения содержания загрязняющих веществ (среднегодовые) за 2015 и 2016 гг.

№	Наименование рек	Cu		Mn		Zn	
		2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
1	р. Брекса	9,2	9,7	6,5	6,4	29,1	29,1
2	р. Тихая	8,2	7,6	6,9	7,6	24,7	48,5
3	р. Ульба	4,9	5,2	4,6	4,9	11,8	20,3
4	р. Глубочанка	4,9	5,5	5,8	5,5	11,9	15,5
5	р. Красноярка	5,2	5,6	5,9	5,5	23,5	17,4

Необходимым условием сохранения естественного природного санитарно-технического и эпидемиологического состояния природных водных источников является контроль государственными и местными соответствующими органами всех водоохранных зон каждого конкретного промышленного предприятия, а также мест возможных несанкционированных сбросов жидких и газообразных отходов от всех видов источников [1].

В рамках национальных программ «Ақбұлақ», «Жасыл Даму» за последние годы в городах и поселках области реализован ряд проектов по строительству и реконструкции объектов водоотведения, что способствует возможности сохранения стабильного экологического состояния всего региона.

Для решения задачи охраны окружающей среды – воздушного и водного бассейнов – от загрязнения большое значение имеет реализация следующих мероприятий:

- разработка и внедрение в промышленность методов очистки производственных стоков, основанных на различных физико-химических процессах;

- герметизация технологического оборудования, а также внедрение методов низкотемпературного каталитического окисления с применением легко регенерируемых, доступных и дешевых катализаторов;

- создание аппаратурно-технологических схем с максимальной механизацией и автоматизацией процессов, а также расширение производственных возможностей по проблемам сброса и удаления сточных вод;

- организация бессточных, малоотходных и безотходных производств с утилизацией твердых, жидких и газообразных промышленных отходов.

Условия спуска в природные водные источники сточных вод с примесью вредных веществ регламентируются соответствующими санитарными нормами предельно допустимых концентраций вредных веществ в поверхностных водах. При сбросе промышленных стоков в природные водные источники необходимо учитывать возможное снижение концентрации загрязнений вследствие процессов самоочищения, проходящих при биохимическом окислении, нейтрализации кислых и щелочных стоков, образовании малорастворимых продуктов, испарение летучих веществ, а также назначение природных водных источников, общее санитарное состояние района и другие условия.

Степень чистоты спускаемых сточных вод должна быть такой, чтобы они не могли оказывать отрицательного воздействия для бытового и промышленного водоснабжения, а также на разведение рыб.

Все вышеперечисленные факторы и параметры могут привести к гидрологическим угрозам, выраженным в виде временных изменений климата, что требует необходимости применения водозатратных технологий, дополнительных материальных вложений в развитие средств водорегулирования и водораспределения. Непосредственные последствия вышеприведенных гидрологических угроз выражаются в уменьшении объемов стока, изменении его режимов, ухудшении качества воды и переформировании русел рек и берегов природных водных источников. К негативным последствиям гидрологических угроз можно отнести невыполнение и срыв программ социального, экономического и технического развития региона. Кроме этого, возможно образование новых очагов развития экологической нестабильности и снижения уровня экологической безопасности населения, в том числе в той его части, которая получает воду из подземных источников, входящих в тот же бассейн, что и поверхностные воды [2].

Список литературы

1. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК. – Режим доступа: <http://energo.gov.kz/index.php?id=9782>.
2. Абишев И.А. Водные ресурсы Казахстана и их использование / И.А. Абишев, А.Р. Медеу, И.М. Мальковский и др. // Водное хозяйство Казахстана. - Алматы, 2016.

Получено 16.08.2017

УДК 631/635 (075.32)

С.С. Лутай, Г.А. Жаирбаева, А.Л. Воробьев, М.С. ДаниловВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**А.О. Лутай**Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск**ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОРЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ЕЛИ СИБИРСКОЙ**

В статье приведена возможность применения фиторегуляторов роста природного происхождения для повышения всхожести семян на примере ели сибирской. Использование стимуляторов роста повышает всхожесть семян на 90-98% выхода стандартного посадочного материала с единицы площади.

Мақалада Сібір шыршасы тұқымдарының өнгіштігін жоғарылату үшін табиғи текті өсетін фитореттеуіштерін қолдану мүмкіндігі келтірілген. Өсуді ынталандырғышты қолдану, аудан бірлігіне отырғызылғын материал тұқымдарының өнгіштігін 90-98% арттырады.

In the article the possibility of application of growth regulators of natural origin to enhance seed germination by the example of siberian spruce. The use of growth stimulants, increases the germination of seeds in 90-98% yield of standard planting material per unit area

Растительный организм – это не просто масса клеток, беспорядочно растущих и размножающихся, а также это растения, которые в морфологическом и в функциональном смысле являются высокоорганизованными формами.

Проращивание семян, характеризующихся тем или иным типом экзогенного покоя, происходит в естественных условиях большей частью неодновременно и нередко растягивается на несколько лет, образуя так называемые мертвые посевы [1]. Стимуляторы роста природного происхождения из экологически чистых элементов применяются для выведения семян, клубней, луковиц из состояния покоя и повышают процент грунтовой всхожести. Выведение семян из состояния покоя с использованием стимуляторов роста возможно только при малых концентрациях и определенным составом фитогормонов роста [2].

Современный уровень биотехнологий позволяет получить высокоэффективные, физиологически активные и экологически безопасные препараты, которые могут успешно использоваться в лесном хозяйстве при выращивании растений различных видов. Применение физиологически активных веществ-регуляторов роста в лесном хозяйстве является сравнительно новой и перспективной областью. В настоящее время в качестве регуляторов роста применяется большое количество различных химических соединений, и синтез их с каждым годом пополняется новыми препаратами. Достигнутые в последние годы успехи в области теории и практики использования регуляторов роста позволяют считать их как самостоятельное и перспективное направление в области сельского хозяйства [3].

Стимуляторы роста обеспечивают устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды и болезням, стимулируют образование корней, рост побегов, репродуктивных органов и фитомассы. Для повышения посевных качеств семян, выхода высококачественного посадочного материала в питомниках особое значение имеют стимуляторы роста природного происхождения, которые широко применяются в сельском хозяйстве, декоративном садоводстве и пока мало в лесном хозяйстве. Экономические выгоды от использования стимуляторов роста и фитогормонов многократно превышают затраты на их приобретение [4].

В настоящее время имеется высокий спрос на посадочный материал древесно-кустарниковых пород, в том числе и хвойных, потребности в котором можно обеспечить, при-

меняя приемы искусственной репродукции. Основным способ размножения хвойных пород деревьев – семенной, но при проращивании семян наблюдается низкая всхожесть, зимостойкость сеянцев и их выживаемость.

В лесном хозяйстве основное внимание уделяется выращиванию посадочного материала хвойных пород деревьев. Всхожесть семян хвойных в питомниках часто не превышает 30-60%, причем этот процесс существенно растянут во времени, что затрудняет получение необходимого количества высококачественных сеянцев.

Исходя из актуальности проблемы, проведены исследования, направленные на изучение влияния биологически активных добавок на всхожесть семян ели сибирской [5]. В качестве исходного материала для получения ростостимулирующих препаратов использовали проростки картофеля, надземные и подземные части лопуха большого. Объектом исследования служили семена ели сибирской [6].

К фитостимуляторам или фитогормонам относятся природные и синтетические органические соединения, которые влияют на жизненные процессы растений, не оказывая в используемых концентрациях токсического действия, и не являются источником питания. Фитостимуляторы могут усиливать или ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции, определяемой генотипом и наследственностью. С их помощью компенсируются недостатки сортов и гибридов, а также снимается неблагоприятное воздействие окружающей среды, что позволяет максимально реализовать потенциал продуктивности растений [7, 8].

В настоящее время в сельском хозяйстве нашли широкое применение вещества биогенного происхождения или биопрепараты. В эту группу относят препараты, полученные на основе гуминовых кислот, стероидных гликозидов, продуктов метаболизма грибов-эндифитов и др. Помимо росторегулирующей активности фиторегуляторы активно влияют на метаболизм в тканях растений, в которых синтезируются внутриклеточные соединения [9].

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 [10].

Фиторегулятор из проростков картофеля. Согласно патентов KZ (13) A4 (11) 26005 и KZ (13) A4 (11) 26006 «Способы получения фиторегуляторов продуктивности растений» данный препарат приготовили следующим образом: использовали проростки картофеля, которые 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 проросткам 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 темно-сероватого цвета (фиторегулятор). В целях предупреждения порчи фиторегулятора использовали 0,5% концентрацию формалина, необходимую для консервации препарата [11, 12]. Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата (табл. 1).

Фиторегулятор из надземных частей лопуха большого. На основании патентов фиторегулятор, полученный из надземных частей лопуха большого, приготовили по следующей технологии. Сбор надземных частей лопуха большого производили в Восточно-Казахстанской области в с. Верх-Уба. 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 добав-

ляли 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 (стимулятор роста). В целях предупреждения порчи фиторегулятора использовали 0,5% концентрацию формалина, необходимую для консервации препарата. Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата по вышеописанной методике.

Таблица 1

Концентрация фиторегулятора в рабочих разведениях

№ п/п	Наименование препаратов	Концентрация фиторегулятора, %				
		1	0,1	0,01	0,001	0,0001
1	Фиторегулятор, (мл)	1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
2	Дистиллированная вода, (мл)	99	9	9	9	9
3	Формалин, (мл)	0,5	0,05	0,005	0,0005	0,00005

Фиторегулятор из подземных частей лопуха большого. Как свидетельствуют патенты, стимулятор, полученный из подземных частей лопуха большого, приготовили по следующей технологии. Сбор подземных частей лопуха большого производили в Восточно-Казахстанской области в с. Верх-Уба. 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 (фиторегулятор). В целях предупреждения порчи фиторегулятора использовали 0,5% концентрацию формалина, необходимую для консервации препарата [13, 14]. Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата по методике, описанной выше.

Изучение влияния фиторегуляторов на динамику всхожести семян проводили по следующим вариантам.

Опыт 1. Определение активности фиторегулятора из проростков картофеля.

Схемой опыта были предусмотрены следующие варианты:

Вариант 1. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в 1% растворе фиторегулятора с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 2. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в 0,1% растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 3. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в 0,01% растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 4. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в 0,001% растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 5. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в 0,0001% растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 6. Контроль. 200 семян ели сибирской на сутки замачивали в дистиллированной воде с последующим высаживанием семян в грунт.

Опыт 2. Изучение активности фиторегулятора, содержащего экстракты надземных частей лопуха большого.

Схемой опыта были предусмотрены варианты, описанные выше.

Опыт 3. Изучение активности фиторегулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого.

Схемой опыта были предусмотрены варианты, описанные выше.

Проростки картофеля в среднем содержат около 76% воды и до 36% сухих веществ, в том числе около 17,5% крахмала, 0,5% сахаров (сахарофруктоза и сахароза), 2% белков, около 1% минеральных солей, микроэлементы (калий – 426 мг %, кальций – 8 мг %, магний – 17 мг %).

Надземные части лопуха большого содержат флавоноиды (сырье – 1,4%, сок – 0,7%, экстракт – 2,4%), дубильные вещества (сырье – 8,4%, сок – 15,1%, экстракт – 23,8%), полисахариды (сырье – 6,01%, сок – 0,26%, экстракт – 22,7%).

Корни содержат углеводы (инулин – 19,8%, арктозу), протеин (12,3%), алифатические альдегиды, органические кислоты, эфирное бардановое масло (до 0,17%).

Влияние фиторегулятора из проростков картофеля на всхожесть семян ели сибирской в зависимости от его концентрации и времени проращивания представлены в табл. 2, из которой видно, что обработка семян фиторегулятором из проростков картофеля различных концентраций оказала положительное влияние на период посевной всхожести семян ели сибирской.

Таблица 2

Влияние различных концентраций фиторегулятора на посевную всхожесть семян ели сибирской

№ п/п	Концентрация, %	Время появления всходов, сутки													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Итого
1	1	-	-	-	-	-	-	17	23	36	58	52	2	-	188
2	0,1	-	-	-	-	-	-	38	40	40	39	33	5	-	195
3	0,01	-	-	-	-	-	-	60	53	75	10	-	-	-	198
4	0,001	-	-	-	-	-	-	13	23	35	62	56	3	-	192
5	0,0001	-	-	-	-	-	-	27	37	38	42	40	4	-	188
6	контроль	-	-	-	-	-	-	5	23	30	60	43	10	5	176

При обработке семян 0,01% раствором фиторегулятора наибольшее количество первых ростков (60) появилось на 7 сутки после посадки, а весь период появления всходов занял 10 суток. Число проросших семян равно 198. Данная концентрация является самой продуктивной для всхожести семян ели сибирской в этом опыте. В контроле период появления проростков растянулся до 12 дней, а количество всходов наблюдали в 176 случаях.

Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01% концентрации равен 98%, а в контроле – 88%.

При обработке семян фиторегулятором, содержащим экстракты надземных частей лопуха большого в различных концентрациях увеличилась всхожесть семян ели сибирской по сравнению с контрольными растениями (табл. 3). Из данных табл. 3 видно, что при обработке семян 0,01% раствором фиторегулятора наибольшее количество первых ростков (56) появилось на 7 сутки после посадки, а все время появления всходов заняло 10 суток. Число проросших семян равно 196. Данная концентрация является самой эффективной для активации всхожести семян ели сибирской. В контроле период появления проростков растянулся до 13 дней, а количество всходов выявили в 176 случаях.

Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01% концентрации равен 97%, а в контроле – 88%.

Таблица 3

Влияние различных концентраций фиторегулятора, содержащего экстракты надземных частей лопуха большого, на всхожесть семян ели сибирской

№ п/п	Концентрация, %	Время появления всходов, сутки													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Итого
1	1	-	-	-	-	-	-	16	26	34	58	50	3	-	187
2	0,1	-	-	-	-	-	-	37	39	35	45	33	4	-	193
3	0,01	-	-	-	-	-	-	56	44	86	10	-	-	-	196
4	0,001	-	-	-	-	-	-	36	40	36	46	31	2	-	191
5	0,0001	-	-	-	-	-	-	34	38	39	40	35	2	-	188
6	контроль	-	-	-	-	-	-	5	22	32	60	44	13	-	176

Действие различных концентраций фиторегулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого, на всхожесть семян ели сибирской представлены в табл. 4., из которой видно, что обработка семян фиторегулятором, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого различных концентраций, оказала положительное влияние на период посевной всхожести семян ели сибирской.

Таблица 4

Влияние различных концентраций фиторегулятора, содержащего экстракты подземных частей лопуха большого, на всхожесть семян ели сибирской

№ п/п	Концентрация, %	Время появления всходов, сутки													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Итого
1	1	-	-	-	-	-	-	18	26	35	55	52	4	-	190
2	0,1	-	-	-	-	-	-	33	44	41	36	38	3	-	195
3	0,01	-	-	-	-	-	-	62	61	75	-	-	-	-	198
4	0,001	-	-	-	-	-	-	13	23	35	58	57	6	-	192
5	0,0001	-	-	-	-	-	-	23	37	37	43	45	5	-	190
6	контроль	-	-	-	-	-	-	5	19	34	57	44	17	-	176

При обработке семян 0,01% раствором фиторегулятора наибольшее количество первых ростков (62) появилось на 7 сутки после посадки, а весь период появления всходов занял 9 суток. Число проросших семян равно 198. Данная концентрация является самой продуктивной для всхожести семян ели сибирской в этом опыте. В контроле период появления проростков растянулся до 12 дней, а количество всходов наблюдали в 176 случаях. Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01% концентрации равен 98%, а в контроле – 88%.

В результате проведенных опытов нами были разработаны, подобраны составы и определены оптимальные концентрации фиторегуляторов роста природного происхождения для выращивания ели сибирской. В опытах с фиторегуляторами из проростков картофеля, экстрактов из наземных и подземных частей лопуха большого самой продуктивной является концентрация 0,01% активнорастущего вещества.

Фиторегуляторы влияют на рост растений и деревьев, которые в свою очередь оказывают положительное действие на нашу экологию, восстановление лесных ресурсов и озеленение населенных мест.

Можно рекомендовать сеять семена ели сибирской, обработанные фиторегуляторами с концентрацией 0,01 % активноедействующего вещества.

Список литературы

1. Николаева М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
2. Коф Ж.М. Регуляторы роста природного типа и отдельные фазы онтогенеза / Ж.М. Коф, Т.А. Борисова, Х.А. Асоченкова // Итоги науки и техники, 1998. – 150 с.
3. Вакуленко В.В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. - 2004. - № 1. - С. 24-26.
4. Никольский М.А. Роль регуляторов роста растений в повышении эффективности производства привитых виноградных саженцев / М.А. Никольский, М.И. Панкин // Плодоводство и виноградарство Юга России. - 2013. - № 24(06). – С. 3-6.
5. Хамитов Р.С. Влияние стимуляторов на рост сеянцев кедр сибирского // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – [издание, индексируемое web of science, scopus]. 2013 - Вып. № 5 (43). – С. 7-9.
6. Калиева Л.Е. Фитогормоны - ингибиторы роста и развития / Л.Е. Калиева, С.С. Лутай // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы и технологии в современном мире», Уфа, 29-30 нояб. 2013. – С. 116-118.
7. Лутай С.С. Прогрессивная технология получения фиторегулятора растений на основе проростков картофеля / С.С. Лутай, А.О. Лутай, Л.Е. Калиева и др. // Материалы Междунар. молодежной науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию механико-технологического факультета ЮГЗУ, Курск, 25-26 сент. 2014. - 2014. – Т. I. – С. 348-353.
8. Лутай С.С. Инновационная биотехнология получения ростостимулирующего препарата на основе хвои ели сибирской / С.С. Лутай, Б.К. Алипина, М.А. Асылхан // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Менеджмент качества: поиск и решения», Павлодар, 01 нояб. 2013. – С. 372-379.
9. Лутай С.С. Применение современных методик повышения всхожести семян ели / С.С. Лутай, К.Б. Алипина // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Менеджмент качества: поиск и решения», Павлодар, 01 нояб. 2013. – С. 379-386.
10. Асылхан М.А. Ауксины – гормоны роста и развития растений / М.А. Асылхан, С.С. Лутай // Материалы XIII Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2013. – С 13-14.
11. Иннов. пат. KZ (13) A4 (11) 26005.
12. Иннов. пат. KZ (13) A4 (11) 26006.
13. Калиева Л.Е. Использование подземных частей лопуха большого для производства стимулятора роста / Л.Е. Калиева, С.С. Лутай // Материалы XIV Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2014. – С. 65-66.
14. Асылхан М.А. Повышение всхожести семян ели сибирской под действием стимулятора роста природного происхождения / М.А. Асылхан, С.С. Лутай // Материалы XIV Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2014. – С 19-20.
15. Лутай С.С. Development of modern ways of increase of germination, dynamics of growth and progress of landscape gardening cultures / С.С. Лутай, К.Б. Алипина, Л.Е. Калиева и др. // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Зеленая экономика – будущее человечества», Усть-Каменогорск, 24, 25 мая. - 2014. – Ч. III. – С. 105-119.

Получено 16.08.2017

УДК 911.2:572 (282.255.474)

Ж.О. Озгелдинова, К.М. Джаналеева

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

Ж.Т. Мукаев

Государственный университет им. Шакарима, г. Семей

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОСИСТЕМ БАСЕЙНА РЕКИ САРЫСУ**

В работе представлены результаты анализа современной территориальной структуры природопользования геосистем бассейна реки Сарысу. Рассмотрены методические вопросы и результаты классификации антропогенной деятельности. Выполнена карта современной территориальной структуры природопользования бассейна реки Сарысу в масштабе 1:500 000. Приведен фрагмент карты геосистем.

Сарысу өзені алабының геожүйелеріндегі табиғатты пайдаланудағы аумақтық құрылымының талдау нәтижелері келтірілген. Антропогендік әрекетті жіктеу нәтижелері мен әдістемелік мәселелері қарастырылған. 1:500 000 масштабындағы Сарысу өзені алабының қазіргі аумақтық табиғатты пайдалану құрылымының картасы жасалған. Геожүйелер картасының фрагменті келтірілген.

This work presents the analysis results of the current territorial structure of nature management of Sarysu Basin geosystems. The methodological issues and the results of the human activities classification are considered. The modern map of the territorial structure of nature management of Sarysu Basin is made on a scale of 1: 500 000. There is a fragment of geosystems map.

Формирование антропогенной трансформации геосистем обусловлено развитием территории, особенностью исторического хозяйственного освоения и уровнем современного природопользования. К началу XX в. значительные площади естественных геосистем исследуемого бассейна преобразованы производственной деятельностью человека.

В нашей работе для анализа современного природопользования операционной единицей исследования выступает ландшафт. За основу взята ранее выполненная нами средне-масштабная (1:500 000) ландшафтная карта бассейна реки Сарысу (рис. 1, табл. 1), 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).

По результатам ретроспективного анализа современного природопользования нами составлена карта территориальной структуры природопользования бассейна реки Сарысу (рис. 2). Согласно классификации антропогенной деятельности С.П. Горшкова [1], территория бассейна реки Сарысу испытывает следующие виды антропогенной деятельности (табл. 2):

Добыча полезных ископаемых. Хозяйственное освоение региона в первую очередь связано с разработкой полезных ископаемых и их последующей переработкой, которые позволяют развивать в районе не только металлургическую и топливную, но также химическую и строительную индустрию. Большая часть полезных ископаемых региона связана с палеозойскими интрузиями и эффузивами. В пределах бассейна создана минерально-сырьевая база по добыче железомарганцевых (Атасуйская группа – Каражал, Ушкатын, Большой Кытай – геосистемы 1, 7, 12), молибденово-вольфрамовых (Шалгия, Верхне-Кайракты, Коктенколь – геосистемы 7, 16, 57), медных (Жезказган – геосистема 49) и др. руд.



Figure 1 - Landscape map of the Sarysu Basin (fragment)

Table 1

Keywords to fragment of Sarysu Basin's landscape map (№ by map figure 1)

№	The name of landscapes
I	Plain landscapes
I	Semidesertic
1	Denudation plains
7	Увалисто-грядовая равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузионно-осадочными породами, с сублессингиановопольнно-типчаковой и кыргызско-ковыльной растительностью на светло-каштановых малоразвитых и неполноразвитых (ксероморфных) щебнистых почвах.
9	Увалисто-волнистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузионно-осадочными породами, с полынно-ковылковой растительностью на светло-каштановых малоразвитых почвах.
11	Холмистая равнина с гривами, чередующимися с руслами временных водотоков, сложенная гранитами, доломитами, песчаниками, с сублессингиановопольнно-тырсовой растительностью на светло-каштановых малоразвитых почвах.
12	Холмисто-увалистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная суглинками, гравийно-галечниками, с однолетне-солянковой, местами сарсазановой, в комплексе грудницево-типчаковой растительностью на светло-каштановых нормальных почвах с солонцами.
14	Холмисто-волнистая цокольная равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузивно-осадочными породами, с тонковато-полынно-тырсовой растительностью на светло-каштановых нормальных почвах с солонцами.
15	Всхолмленная равнина с грядами, сложенная эффузионно-осадочными породами, с кустарниково-петрофитно-разнотравной и кустарниково-дерновинно-злаковой растительностью на светло-каштановых малоразвитых почвах.
17	Слабохолмистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная суглинками, глинами, песками, с однолетне-солянковой, местами грудницево-типчаковой, нитрозовопольнно-типчаковой растительностью и лугами на бурых пустынных малоразвитых щебнистых почвах.
19	Пологоволнистая равнина с фрагментами каолиновой коры выветривания, сложенная сланцами, гнейсами, эффузивами, с кустарниково-петрофитно-разнотравной и кустарниково-дерновинно-злаковой растительностью на светло-каштановых солонцеватых почвах с участием солонцов.

2	Aggraded plains 26 – Озерно-аллювиальная плоская равнина, сложенная гравийно-галечниками, супесями, с сублессингиановопольнно-тырсовой растительностью на светло-каштановых почвах с солонцами. 27 – Diluvial-proluvial slightly inclined plain with riverbeds temporary streams which formed by volcanic-sedimentary rocks with artemesia-stipa flora on light-brown normal soils.
II	Desert
6	Southern Desert
2	Aggraded plains 54 – Эоловая бугристо-грядовая равнина с увалами, сложенная гнейсами, сланцами, песчаниками, с однолетнесолянковой, местами грудницево-типчаковой, нитрозовопольнно-типчаковой растительностью и лугами на бурых пустынных почвах с солонцами.
	Горные ландшафты
I	Semidesertic
1	Горы тектонически-денудационные 55 – Низкогорье островное, грядовое, сложенное гнейсами, сланцами, песчаниками, с овсянищевой, кустарниково-сублессингиановопольнно-дерновинно-злаковой и петрофитно-разнотравной растительностью на светло-каштановых малоразвитых и неполноразвитых (ксероморфных) щебнистых почвах.

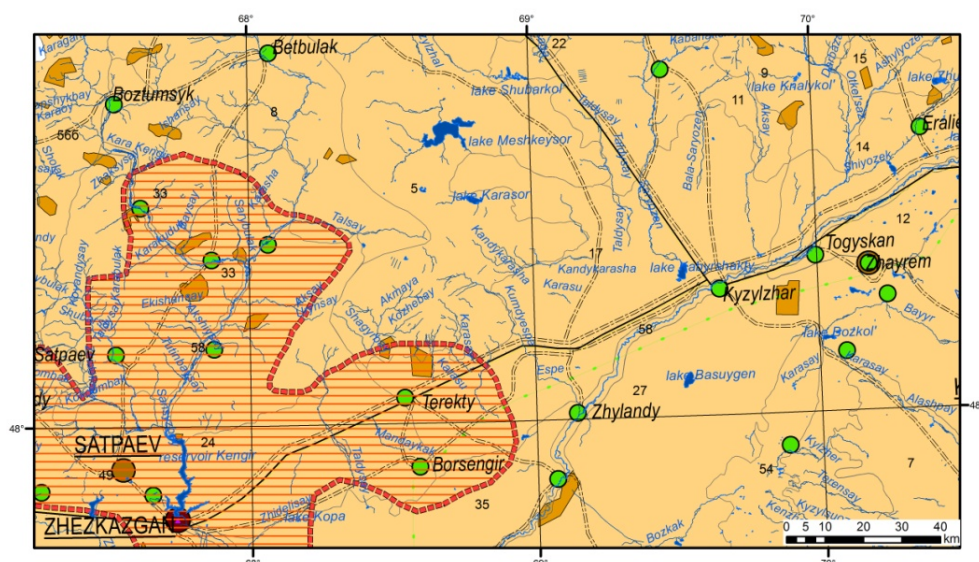


Рисунок 2 - Карта современной территориальной структуры природопользования бассейна реки Сарысу (фрагмент)

В районе нижнего течения бассейна в Сузакском районе Южно-Казахстанской области разрабатывается крупное урановое месторождение Казахстана Инкай (геосистема 38).

Имеются месторождения каменного угля Шубарколь (геосистема 22), площадь которого 70 км². Угли не спекаются, являются высококачественным энергетическим топливом. По состоянию на 2015 г. на месторождении 1,419 миллиарда тонн измеренных и разведанных запасов угля приходятся на действующие разрезы Центральный и Западный. Открытым способом ведётся добыча угля на угольном разрезе Жалын (геосистема 17). Общая площадь месторождения составляет 2,5 км². Уголь, добываемый на разрезе, обладает низкой зольностью и низким содержанием серы, средней обогащаемостью и высокой теплотворностью.

Значительные объемы изъятых из недр пород при подземных горных работах приводят к неустойчивому состоянию вышележащих толщ, к прогибанию поверхности участков земли, проявлению трещин в земной коре. Особенно это проявляется в поселке Жезказган в 9 км на юга-запад от г. Сатпаев (геосистема 49), в других районах отмечаются обязанные этим процессам провалы грунта, деформации многих зданий, часть из которых разрушилась.

Таблица 2

Современная территориальная структура природопользования бассейна реки Сарысу (сокращенный фрагмент базы данных ландшафтов № 27, 57 из 58)

№ геосистемы по карте (рис. 1)		Основной вид современной антропогенной деятельности (классификация согласно С.П. Горшкову 1)		Преобладающие физико-географические процессы
27	Увалисто-грядовая равнина, сложенная эффузионно-осадочными породами, с типчаковой и кыргызско-ковыльной растительностью на светло-каштановых малоразвитых и неполноразвитых (ксероморфных) щебнистых почвах	Урбано-промышленная: предприятия промышленности - металлообработки, пищевой промышленности, транспорт	Г. Каражал, промышленность представлена горнодобывающими предприятиями: ТОО «Оркен» (дочерняя компания АО «АрселорМиттал Темиртау») - добыча железомарганцевой руды Каражалского месторождения Атасуйского рудного района (шахта «Западный Каражал»); АО «Жайремский ГОК» (ТОО «Казцинк»); Каражалская ТЭЦ.	Комплексная денудация, плоскостной смыв, линейная эрозия
57	Увалисто-холмистая равнина, сложенная эффузивно-осадочными породами, с кальцефитно-разнотравно-полынно-тырсовой растительностью на бурых мало-развитых щебнистых почвах	Добыча полезных ископаемых	Верхнекайрактинское месторождение вольфрамовых руд расположено в Шетском районе. Оно приурочено к Успенской зоне разлома, имеющей северо-восточное простирание. Площадь месторождения сложена смятыми в складки песчаниками и сланцами силура.	Дефляция, плоскостной смыв, линейная эрозия

В целом в генезисе геосистем, сформированных вследствие горнодобывающей деятельности, образуются несколько потоков минерального и биогенного вещества: наземный, где преобладают минеральная (оползни, осыпи, эрозия, дефляция) и биогенная (поселение животных) миграции, воздушный (занос семян растений и др.) и техногенный, связанный с рекультивацией.

Урбано-промышленное. В населенных пунктах сосредоточены основные промышленные объекты, значительная часть автотранспорта, а в результате застройки территории геосистемы подвергаются коренной трансформации. Основной отраслью, определяющей рыночную специализацию в пределах территории бассейна реки Сарысу, является металлургический комплекс. Промышленные предприятия сконцентрированы в

городах Жезказган, Сатпаев и Каражал (геосистемы 7, 49). Цветная металлургия представлена Жезказганским промышленным узлом, охватывающим все стадии технологических процессов, от добычи и обогащения сырья до получения готовой продукции в виде цветных металлов и их сплавов, и включающим в себя горно-металлургический комбинат, медеплавильный завод, обогатительные фабрики, литейно-механический завод, шахты, основная продукция которых катодная медь, серебро аффинированное, золото аффинированное, цинковый концентрат, свинцовая пыль, серная кислота, соли редких металлов. Таковыми предприятиями региона являются ПО «Жезказганцветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс» и РГП «Жезказганредмет». С июля 1997 года на базе АО «Жезказганцветмет» создано ОАО «Корпорация Казахмыс», организованное Южно-Корейской фирмой «Самсунг», которое входит в десятку ведущих международных компаний мира.

Черная металлургия региона представлена горно-обогатительным комбинатом АО «Жайремский ГОК», который является основным производителем и экспортером марганцевых и баритовых концентратов в Республике Казахстан. В месторождениях, находящихся в зоне ГОК, сосредоточено около 50% запасов свинца, 30% цинка и 70% барита от всего объема запасов по республике. Основные потребители продукции: «Миттал стил Темиртау», «Аксуский завод ферросплавов» и нефтеперерабатывающие (барит) предприятия Казахстана.

Основную металлургическую промышленность городов бассейна дополняют предприятия легкой и пищевой промышленности, работающие как на местном, так и на привозном сырье, и производящие продукцию для удовлетворения, главным образом, местных нужд. Энергетическую основу всей промышленности в Жезказганской городской агломерации составляет мощная тепловая электростанция, также в городе созданы предприятия строительной промышленности, работают трикотажная и швейная фабрики, мясокомбинат. Увеличиваются объемы производства и переработки сельхозпродукции.

Населенные пункты бассейна содержат в себе более разнообразные факторы антропогенного воздействия. Строительство зданий и сооружений связано с большими земляными работами. Значительная часть таких селитебных систем покрыта асфальтобетоном, в них сформированы антропогенные фитосистемы. Увеличение численности населения на территории, а соответственно, площади и количества селитебных участков, способствовало трансформации естественных ландшафтов. В таких системах полностью трансформированы почва, гидрология, флора и фауна, в атмосфере большое количество загрязняющих веществ и твердых частиц. По содержанию вредных веществ в почве, воде и воздухе в таких геосистемах наблюдаются существенные превышения.

Эксплуатация рудников привела к образованию своеобразного горно-нарушенного рельефа: открытые горные выработки (канавы, карьеры, ямы, выемки), подземные сооружения (штольни, шахты и др.), отвалы горных пород. Результатом этого является вынос тяжелых металлов поверхностными водами из отвалов и загрязнение ими почвенных горизонтов, накопление отходов заводского производства. Некоторые изменения рельефа обусловлены хвостохранилищами обогатительных фабрик. Образование хвостохранилищ сопровождается повышением уровня грунтовых вод, загрязнением их тяжелыми металлами, подтоплением застроенных площадей.

Сельскохозяйственное. Природные условия территории бассейна для развития сельского хозяйства, особенно земледелия, менее благоприятны. Территория бассейна реки Сарысу размещается в пределах двух природно-сельскохозяйственных зон, которые в основном и определяют специализацию сельскохозяйственного производства в этом районе:

– полупустынная животноводческо-земледельческая с развитым мясо-молочным скотоводством;

– пустынная животноводческая (овцеводческая) с земледелием подсобного значения.

Быстрый рост сельскохозяйственного производства, особенно в связи с освоением целинных и залежных земель, способствовал развитию производственных сил. Удельный вес сельского хозяйства в производстве территории бассейна сравнительно невысок. В сельском хозяйстве главная роль принадлежит пастбищному животноводству. Земледелие развито преимущественно в северных районах.

Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 83,94% (в том числе пашня 1,18%, сенокосы 0,45%, пастбища 81,66%) от общего земельного фонда. Таким образом, доминирующее положение в составе сельхозугодий занимают пастбища, на втором месте стоит пашня и на третьем – естественные сенокосы. В пределах бассейна поймы развита слабо и особого практического значения не имеет [2].

Воздействие сельскохозяйственных факторов повлияло на ускорение процессов эрозии и дефляции. Усилению эрозии способствовала (геосистемы 19, 26) распашка. Уничтожение естественной растительности и формирование полевых ландшафтов, особенно в засушливых районах, способствовало усилению дефляции. В связи с этими процессами повышается антропогенное содержание пыли в атмосфере. Основные районы земель, подверженных дефляции, распространены в северной части бассейна. Сильные изменения в почвах произошли под действием ирригации. Устойчивые пути выпаса и перегона скота нарушают склоновые процессы, активизируя осыпи и обвалы, создавая тропинчатость и сползание покрова, перевыпас отражается даже на плоских выровненных водоразделах.

Коммуникационно-транспортная (вне города). Значительные изменения в структуре геосистемы связаны с сооружением автомобильных и железных дорог, строительством трубопроводов и линий электропередач (ЛЭП). При этом возникают характерные линейно-ленточные искусственные формы транспортно-промышленного рельефа.

Территория бассейна реки Сарысу занимает транзитно-промежуточное расположение по отношению к более крупным грузам и пассажирообразующим центрам, магистралям и потокам, т.е. имеет транзитно-экономико-географическое положение между экономическими районами Казахстана. Транспортный комплекс включает в себя автомобильный, железнодорожный, авиационный и трубопроводный транспорт. По территории региона проходит автомобильная трасса республиканского значения Кокшетау-Кызылорда, также регион имеет выход к трансказахстанскому железнодорожному коридору.

Запуск в эксплуатацию нефтепровода Атасу-Алашанькоу стал одним из важнейших событий 2006 года. Общая длина нефтепровода Атасу (Казахстан) - Алашанькоу (Китай) 962,2 км, диаметром 813 мм. Пропускная способность нефтепровода составляет 20 млн т/год. По нефтепроводу Кумколь-Атасу-Алашанькоу в Китай транспортируется нефть месторождения Кумколь Кызылординской области Казахстана.

Регион располагается на стратегическом маршруте республиканского и международного значения, общая протяженность железных дорог открытых в 2014 г. Жезказган-Бейнеу и Аркалык-Шубарколь составляет более 1200 км. Ввод магистрали Жезказган-Бейнеу обеспечивает формирование кратчайшего железнодорожного направления из Центрального Казахстана в порт Актау до границы с Туркменистаном и в страны Персидского залива. Железнодорожная линия Аркалык-Шубарколь обеспечивает выход из центра Казахстана в Россию и далее в западноевропейские страны.

Строительство любой дороги сразу изменяет в худшую сторону существующую экологическую обстановку вследствие сооружения крупных выемок и насыпей. Появление

этих объектов нарушает условия местного стока, на склонах усиливаются эрозионные процессы, создается угроза разрушения прилегающих земель, нарушаются естественные пути передвижения диких животных и пр. Кроме прямого негативного воздействия на природную среду, связанного со строительством дорог, транспорт оказывает еще целый ряд непрямых отрицательных воздействий. Прежде всего, это выбросы вредных веществ в атмосферу и связанное с этим загрязнение почвы придорожной зоны (в первую очередь тяжелыми металлами и углеводородами), шумовое загрязнение, непосредственное занятие (изъятие) территории транспортными сооружениями и влияние линейных сооружений транспортной сети на природные объекты, загрязнение среды при потере транспортируемых грузов и, наконец, аварийные ситуации.

Анализируя транспортные геосистемы, можно выделить следующие виды воздействия: перенос, загрязнение грунта (почвы); преобразование рельефа (карьеры, выемки, котловины); загрязнение и нарушение дренажа поверхностных и грунтовых вод (антропогенные озера, пруды, заболачивание); изъятие земель; воздействие на растительный мир (вырубка леса и сведение травянистой растительности); воздействие на животный мир (уничтожение мест жительства животных, разрушение путей их миграции); загрязнение атмосферы; шумовое воздействие и вибрация; химическое загрязнение; электромагнитное воздействие.

Водохозяйственная. Развитие отраслей экономики в бассейне и рациональное использование природных ресурсов территории находится в прямой зависимости от имеющихся в бассейне водных ресурсов. Основными водопотребителями в бассейне являются: промышленность, коммунально-бытовое хозяйство, представленное сельскохозяйственным водопотреблением, обводнением пастбищ и орошаемым земледелием.

Анализ существующего использования водных ресурсов и их потребления за последние 10 лет указывает на значительное сокращение водопотребления как питьевого, так и технического. Это обусловлено довольно значительным сокращением численности населения, резким спадом промышленного и сельскохозяйственного производства, остановкой и ликвидацией предприятий. Одной из основных причин резкого уменьшения забора воды является сокращения использования площадей регулярного и лиманного орошения.

Оценка водных ресурсов Сарысу затруднена в связи со слабой гидрологической изученностью рек бассейна и ввиду происходящих изменений в стоке в связи с климатическими тенденциями и влиянием хозяйственной деятельности на сток. Согласно исследованиям Р.И. Гальперина, М.М. Молдахметова [3], Ж.Д. Достай [4] и И.М. Мальковского [5], основные потери вод бассейна реки Сарысу связаны с климатическими изменениями и хозяйственной деятельностью человека.

В настоящее время фактически общепризнано изменение климата в сторону его потепления, что связывают с увеличением концентрации в атмосфере парниковых газов. Потепление на земном шаре происходит неравномерно: если в высоких широтах оно существенно, то в низких изменения обычно незначительны. Следовательно, при потеплении уменьшаются меридиональные температурные контрасты, ослабляется циркуляция атмосферы. В итоге, внутриконтинентальные районы оказываются менее доступны влагоносным воздушным массам, сформированным над океаном, увлажненность этих районов снижается, а следовательно и речной сток.

Другой источник уменьшения речного стока – хозяйственная деятельность. Суммарные безвозвратные потери реки Сарысу обусловлены влиянием малых искусственных водоемов, поскольку крупных водохранилищ здесь нет, а площади распаханых земель невелики. Пруды и малые водохранилища сооружаются здесь для орошения сельскохозяйственных полей, обводнения пастбищ, водоснабжения. Они дают возможность удержи-

вать талый сток и использовать его в меженный период. В итоге влияние прудов и водохранилищ на сток рек проявляется по-разному. Годовой и весенний сток понижается, что связано с заполнением емкостей водоемов, дополнительным испарением и хозяйственным использованием воды. При этом в зоне недостаточного увлажнения пруды не производят глубокого регулирования стока. Происходит лишь снижение весеннего стока на объем их наполнения без соответствующего увеличения стока и межень. В результате водохранилища и пруды существенно срезают волну половодья в маловодные годы.

На притоках реки Сарысу имеются 11 водохранилищ с суммарной полезной емкостью 472 млн м³ и несколько небольших прудов с емкостью менее одного млн м³ каждое.

Таким образом, оба эти фактора – климатический и антропогенный – на рассматриваемой территории «работают» в сторону уменьшения водных ресурсов. По мере увеличения обеспеченности стока усиливается влияние хозяйственной деятельности на годовой сток, а влияние климатических факторов становится второстепенным. Но если верна теория потепления климата в связи с увеличением концентрации CO₂ в атмосфере, вызванном хозяйственной деятельностью, то следует ожидать дальнейшего сокращения стока.

В результате создания антропогенных водных объектов произошли изменения в структуре геосистем. Прежде всего, это засоление грунтов и подтопление территорий. Значительными последствиями антропогенного воздействия является подтопления территории. Происходит подъем грунтовых вод и нарушение естественного стока поверхностных вод. Также возникает структурное ухудшение почв, изменение ее физических и химических свойств. *Загрязненные водоемы* формируются в основном за счет стоков городов (до 90%), а также стоков сельскохозяйственных угодий и промышленных объектов. В реке Каракенгир ниже по течению городов Жезказган и Сатпаев наблюдается многократное превышение ПДК по многим загрязняющим веществам и сильное биогенное загрязнение.

Военное. Влияние данного вида осуществляется как в ходе войн, так и в мирное время (учения, повседневное функционирование войск, производство или уничтожение оружия, техники и боеприпасов и т.д.). 14% территорий бассейна занимает созданный в 1956 г. первый и единственный в Евразии полигон для разработки и испытаний противоракетного оружия – Сары-Шаган. На территории полигона испытаны все советские противоракетные системы, предназначенные для построения стратегической противоракетной обороны от межконтинентальных баллистических ракет. Значительны выбросы в атмосферу, обусловленные неизбежными пожарами, а также выбросами пыли, газов, ядовитых химических веществ при разрушении хранилищ промышленных предприятий. Влияние на биоту обусловлено разнообразными факторами, к примеру, прямое уничтожение растительности в результате пожаров. Военная деятельность приводит к ухудшению условий обитания растений и животных.

Все разнообразие использования оружия и подготовка его использования различается в соответствии с типом поражающих элементов. К основным факторам воздействия военного воздействия относятся: пробивные элементы (пули, снаряды); ударная волна; термальное воздействие; химическое воздействие; микробиологическое воздействие; радиоактивные вещества; ядерное (ударная волна, тепловое излучение, ионизирующая радиация, радиоактивное загрязнение); сооружение объектов военного назначения; использование технических средств.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что ключевыми факторами антропогенной модификации геосистем являются промышленная и сельскохозяйственная деятельность человека: добыча полезных ископаемых, гидростроительство, земледелие, выпас скота, военная, а также расширение селитебных территорий и транспортное строительство.

Анализ современной территориальной структуры природопользования геосистем бассейна реки Сарысу не является конечным результатом наших исследований. Сведения, полученные при анализе структуры природопользования, будут интерпретированы с позиций прикладной географии для разработки оптимальной структуры природопользования с учетом показателей степени антропогенной нагрузки на геосистемы, устойчивости геосистем к антропогенным воздействиям и прогнозируемых тенденций динамики геосистем в условиях антропогенных воздействий.

Список литературы

1. Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. – М.: Недра, 1982. – 286 с.
2. Использование водных ресурсов, водные и водохозяйственные мероприятия // В кн.: Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сарысу с притоками / Комитет по водным ресурсам РК. – Алматы, 2006. – Т. III, кн. 3. – 125 с.
3. Гальперин Р.И. Материалы по гидрографии Казахстана / Р.И. Гальперин, М.М. Молдахметов. – Алматы, 2003. – 83 с.
4. 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.
5. Территориальное перераспределение водных ресурсов Казахстана: возможность и целесообразность // В кн.: Меjbассейновые и трансграничные переброски речного стока: состояние и перспективы / под науч. ред. И.М. Мальковского. – Алматы, 2011. – 414 с.

Получено 16.08.2017

по страницам



АВТОМОБИЛЬ НА ТРЯПКАХ

Тонну старого тряпья, например изношенной или вышедшей из моды одежды, можно посредством процесса, разработанного в Японии, превратить в 700 литров горючего для автомобиля. Хлопчатобумажные, льняные и другие ткани на основе растительных волокон состоят главным образом из целлюлозы. А молекула целлюлозы представляет собой цепочку из множества молекул сахара – глюкозы. Глюкоза сбраживается в этиловый спирт, который заливается в бак автомобиля. Фирма разместила в 2100 торговых центрах Японии ящики для сбора ненужной одежды. На острове Кюсю заработал завод, за год усваивающий 2000 тонн тряпок. Сейчас японцы работают над методом переработки в горючее и отходов из синтетических тканей.

«Наука и жизнь» № 10, 2017



УДК 621. 785. 54

Д.Л. Алонцева, Н.В. Прохоренкова, А.В. Русакова, А.Л. Красавин, А.Т. Кадыролдина
Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

Ю.С. Борисов, С.Г. Войнарович, А.Н. Кислица
Институт электросварки им. Е.О. Патона, г. Киев

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье описывается оборудование и технология микроплазменного нанесения биосовместимых покрытий из порошковых и проволоочных материалов на медицинские имплантаты и инструменты. Авторы обсуждают перспективы внедрения технологии для производства медицинских изделий.

Бұл мақалада медициналық имплантаттарға және құрылғыларға арналған ұнтақты және сымды материалдардан биоүйлесімді жабындарды микроплазмалы жағу технологиялары мен қондырғылары сипатталады. Авторлар медициналық өнімдер өндіру үшін технологияны енеізу болашағын талқылауда.

This paper describes the equipment and technology of microplasma spraying from powder and wire materials for applying biocompatible coatings for medical implants and instruments. The authors observe the challenges and prospects of the implementation of the technology for manufacturing of medical products.

Ключевые слова: медицинские имплантаты, микроплазменные методы напыления покрытий, промышленный робот, биосовместимые покрытия, микротвердость.

В настоящее время способы газотермического напыления покрытий различного назначения активно развиваются во всем мире [1-3]. Как отмечается в работе [1], правильно нанесенные газотермические покрытия имеют множество применений и ряд преимуществ перед покрытиями, полученными конкурирующими методами, а именно позволяют наносить в виде покрытий широкий диапазон материалов, в том числе металлы, сплавы, керамику, пластмассы и композитные структуры, состоящие из металлов, керамики и пластмасс, а также обеспечивают широкий диапазон толщин покрытий: от десятков микрон до нескольких миллиметров. Газотермические покрытия эффективно повышают износостойкость и коррозионную стойкость поверхности, а также ее устойчивость к окислению и коррозии при высоких температурах. В то же время оборудование для термического напыления относительно дешево по сравнению с конкурирующими процессами нанесения покрытий и в ряде случаев может быть сделано в мобильном варианте. Процесс обработки поверхности удешевляется за счет высоких скоростей осаждения материала покрытия на подложку (нормальная практика - от 2 до 7 кг/ч). Весьма существенно, что термическое напыление является относительно «холодным» процессом, и подложки обычно не нагреваются выше 65 °С, что обеспечивает их минимальную термическую деградацию [1, 2].

Как отмечается рядом исследователей и обобщенно показано в работах [1-3], основными недостатками покрытий, полученных газотермическими методами, является их повышенная пористость и не всегда хорошая адгезия с подложкой. Пористость иногда мо-

жет быть полезной, как в случаях с удержанием масла на поверхностях подшипников, для химически активных структур, таких, как батареи, для обеспечения надежной фиксации ортопедических имплантатов в кости за счет прорастания в поры костной ткани и т. д., однако в этих случаях она должна быть контролируемой.

Проблемой для внедрения технологий газотермического напыления является обработка поверхностей сложных конфигураций. Для сложных геометрий требуются автоматизированные манипуляции с горелкой и/или подложкой с роботизированным управлением для надлежащей обработки поверхности [1]. Для получения оптимальных покрытий методами термического напыления требуется проводить несколько последовательных технологических процессов [1-3]. Например, для обеспечения надлежащего сцепления покрытия важно, чтобы подложка была предварительно подготовлена, например, увеличена ее шероховатость посредством пескоструйной обработки или каким-либо другим способом. Ряд покрытий требуют дополнительной термообработки или их уплотнения после нанесения.

Обобщая результаты, представленные в работах [1-3], можно сказать, что технологии газотермического напыления включают подбор и использование оборудования (плазмотроны, источники питания, манипуляторы и т. д.), материалов (порошки, проволока или прутки), а также техническое и технологическое ноу-хау (опыт). Только тогда, когда все эти ключевые компоненты технологии используются правильно, можно получить хорошее покрытие с контролируемой структурой и хорошей адгезией.

Одним из основных методов газотермического нанесения покрытий является плазменное напыление. Наиболее часто для этой цели используются плазмотроны, генерирующие турбулентную плазменную струю с электрической мощностью до 200 кВт и диаметром пятна напыляемого материала 15...30 мм. Применение таких плазмотронов для напыления деталей малых размеров или тонкостенных деталей может привести к их перегреву и короблению ввиду высокой тепловой мощности плазменной струи. Кроме того, в случае напыления малоразмерных деталей или локальных участков поверхности (5... 10 мм и менее) возникают большие потери напыляемого материала и требуются дополнительные операции по маскированию участков, не подлежащих напылению. Эти обстоятельства привели к разработке ИЭС им. Е.О. Патона нового способа газотермического нанесения покрытий – микроплазменного напыления (МПН) [4]. Среди различных существующих процессов плазменного напыления метод МПН, в частности, характеризуется малым диаметром пятна напыления (1 ... 8 мм) и малой (до 2 кВт) мощностью плазмы, что обеспечивает низкое поступление тепла в подложку [1-4]. Эти характеристики очень привлекательны для нанесения покрытий на мелкие детали с высокой точностью, в частности для нанесения биосовместимых покрытий при изготовлении медицинских имплантатов. Очевидно, что данные технологии должны обеспечивать стабильное качество покрытий в связи с высокими требованиями, предъявляемыми к продукции медицинского назначения.

Целью данной работы была разработка технологии роботизированного микроплазменного нанесения биосовместимых покрытий на медицинские имплантаты и инструменты.

В течение нескольких лет в ИЭС им. Е.О. Патона был выполнен комплекс конструкторских и технологических работ, в результате которых был разработан ряд установок микроплазменного напыления (МПН-001, МПН-002, МПН-003). Установка МПН последнего поколения МПН-004 включает источник питания с блоком водяного охлаждения, блок управления, микроплазмотрон с выносным, поворотным охлаждаемым анодом (на конструкцию микроплазмотрона получен патент [4]), а также взаимозаменяемый ме-

ханизм для подачи проволоки и порошковый дозатор МПД-004. Особенностью процесса МПН является низкая потребляемая мощность (мощность микроплазмотрона МП-004 достигает 2,5 кВт) и возможность нанесения покрытий при ламинарном режиме истечения струи с использованием в качестве плазмообразующего газа чистого аргона. В связи с этим, а также с конструкцией микроплазмотрона, процесс МПН обладает следующими отличительными характеристиками:

- поскольку угол раскрытия ламинарной плазменной струи составляет всего $2...6^\circ$ (вместо $10...18^\circ$ для турбулентных плазменных струй) и диаметр сопла невелик ($1...2$ мм и менее), то возможно уменьшить размер пятна напыления до $1...8$ мм;
- низкая тепловая мощность микроплазменной струи позволяет уменьшить нагрев основы, что обеспечивает возможность нанесения покрытий на изделия малых размеров и изделия с тонкими стенками без излишнего локального перегрева и коробления;
- использование микроплазмотрона с выносным анодом позволяет осуществлять подачу напыляемого материала непосредственно в дуговой разряд, самую высокотемпературную область плазменной струи, что позволяет наносить такие тугоплавкие материалы, как Al_2O_3 , ZrO_2 , W;
- применение струи защитного газа аргона позволяет снизить степень окисления напыляемого материала;
- ламинарная плазменная струя имеет низкий уровень звука ($30...50$ дБ), что позволяет использовать оборудование для МПН без специальной шумоизолирующей камеры;
- оборудование обладает высокой мобильностью ввиду наличия собственной системы охлаждения. Для работы установки необходимо наличие 1 баллона сжатого аргона и сети переменного тока 220 В (380 В), 50 Гц.

В качестве исходных материалов для напыления могут использоваться как порошки, так и проволоки.

В рамках развития современных технологий Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом (ВКГТУ) им. Д. Серикбаева был подготовлен опытный лабораторно-промышленный комплекс плазменной обработки материалов на основе промышленного робота. Промышленный робот Kawasaki RS-010LA (Kawasaki Robotics, Япония) представляет собой устройство, состоящее из подвижных частей с шестью степенями свободы для перемещения по заранее заданному профилю, управляется посредством программируемого контроллера E40F-A001. На руке робота смонтирован микроплазмотрон МП-004 производства ИЭС им. Е.О. Патона, Украина для нанесения порошковых или проволоочных покрытий. Монтаж комплекса произведен ТОО «Innotech», Казахстан. Характеристики робота-манипулятора Kawasaki RS-010LA: количество степеней подвижности - 6; точность позиционирования - 0,06 мм; максимальная линейная скорость - 13100 мм/сек; зона досягаемости - 1925 мм; грузоподъемность - 10 кг.

Материалом исследования служили исходные материалы для получения покрытий: порошки, проволоки и полученные из них методом МПН покрытия, а также подложки (в большинстве случаев использовали подложки из стали 3, обработанные пескоструйным методом). Диапазон используемых материалов был достаточно широким, чтобы обеспечить отработку технологических процессов для разных материалов.

Для анализа структуры и состава формируемых методом МПН покрытий были использованы методы электронной просвечивающей и сканирующей микроскопии с элементным анализом, рентгеноструктурный фазовый анализ и оптическая микроскопия. Исследовалась микротвердость покрытий и подложек.

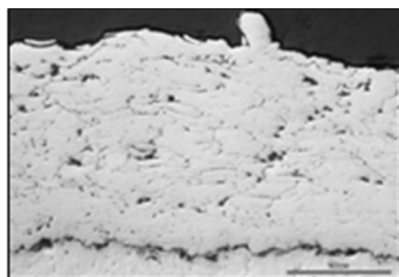
Накопленный в ИЭС им. Е.О. Патона и в ВКГТУ им. Д. Серикбаева опыт МПН различных материалов [4-10] свидетельствует о возможности наносить таким методом ши-

рокий круг покрытий из металлов (Co, Ni, Ti, W, Mo и т.д.), Ti-, Co-, Ni-сплавов, оксидов (Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2), карбидов (WC , Cr_3C_2), биокерамики (гидроксиапатит, трикальций-фосфат). Свойства некоторых МПНприведены в табл. 1 и 2. Микроструктуры некоторых покрытий, полученных методом микроплазменного напыления из порошка (а-г) и из проволоки (д, е), показаны на рис. 1. Установлено, что коэффициент использования напыляемого материала при МПН составляет 0,6...0,9.

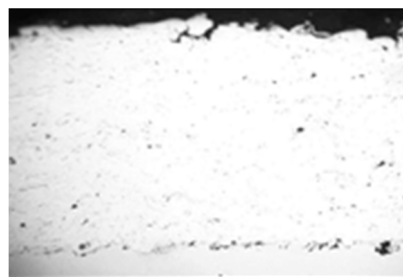
Таблица 1

Микротвердость и содержание кислорода микроплазменных покрытий из проволоки диаметром 0,3 мм

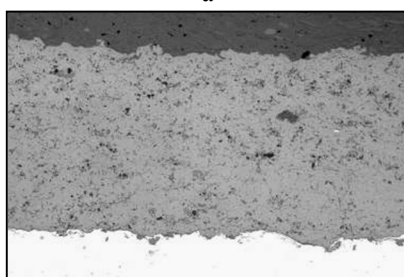
Напыляемый материал	Микротвердость, $\text{HV}_{0,05}$, МПа	Содержание кислорода, %
Inconel 82	303...370	2,9...5,8
W	1880...2060	3,3...13,8
NiCr ($\text{Ni}_{80}\text{Cr}_{20}$)	309... 361	3,1... 15,1
Ti	320...550	0,88...2,8



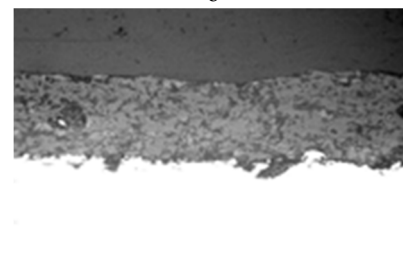
а



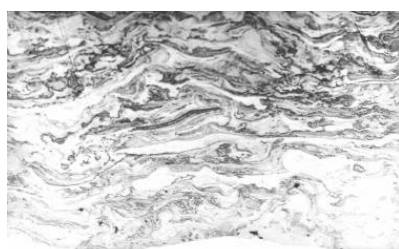
б



в



г



д



е

Рисунок 1 - Микроструктуры покрытий, полученных методом микроплазменного напыления:
А - Мо; б - Inconel 718; в - $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$; г - гидроксиапатит; д - медь; е - нихром ($\text{Ni}_{80}\text{Cr}_{20}$)

Таблица 2

Микротвердость микроплазменных покрытий из порошка

Напыляемый материал	Микротвердость, HV _{0,05} , МПа
NiCrBSi(Castolin 18972)	9500...12500
WC-12Co	11450...14500
Inconel 718	2170...2830
Cr ₃ C ₂ +Ni ₈₀ Cr ₂₀	10300±1480

В ИЭС им. Е.О. Патона разработана технология нанесения биосовместимых покрытий на эндопротезы тазобедренного сустава (рис. 2,а,б), внедренная в производстве таких эндопротезов на АО «МОТОР СИЧ» (Киев, Украина), а также технологии нанесения биосовместимых покрытий на имплантаты для межтелового спондилодеза (рис. 2,в) и стоматологические имплантаты (рис. 2,г) [5, 6].



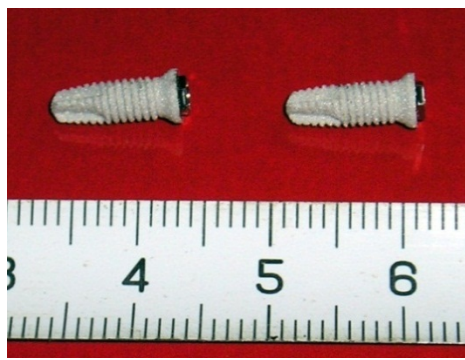
а



б



в



г

Рисунок 2 - Примеры изделий с биосовместимым покрытием, нанесенным микроплазменным методом в ИЭС им. Е.О. Патона: а, б - компоненты эндопротеза тазобедренного сустава; в - имплантат для межтелового спондилодеза; г - стоматологические имплантаты

В ВКГТУ им. Д. Серикбаева были получены опытные образцы покрытий из порошков гидроксиапатита, а также проволоки и порошков сплавов на основе титана, кобальта и никеля с использованием роботизированного комплекса микроплазменной установки. Чтобы решить проблему обеспечения желаемой траектории источника плазмы, было разработано программное обеспечение [7], которое преобразует чертежи, сделанные в Auto-

CAD и Compass, в команды для контроллера робота. Получен успешный опыт нанесения покрытий из порошков и/или проволок биосовместимых материалов с использованием данного комплекса, результаты опубликованы в работах [8-10].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Разработано оборудование и технология микроплазменного напыления для нанесения биосовместимых покрытий на медицинские имплантаты и инструменты. В качестве материалов для нанесения покрытий могут быть использованы как проволоки, так и порошки биосовместимых материалов. Использование метода микроплазменного напыления в данном случае может обеспечить нужную и контролируемую пористость данных покрытий. Для успешного нанесения биосовместимых покрытий со стабильными характеристиками на детали сложной формы, какими являются имплантаты и медицинские инструменты, необходимо обеспечить равномерное перемещение плазматрона по сложной траектории вдоль напыляемой поверхности изделия. Для этой цели становится необходимым оснащение установки для напыления роботом-манипулятором и соответствующим программным обеспечением, как это было сделано в ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Таким образом, использование данного роботизированного комплекса и разработанной нами технологии микроплазменного прецизионного нанесения покрытий позволяет наносить биосовместимые покрытия с контролируемой пористостью на медицинские имплантаты и инструменты, изготовленные из медицинских титановых сплавов производства казахстанского предприятия АО «УК ТМК», мирового лидера по производству титана.

Благодарность: исследование проведено при финансовой поддержке Комитета науки МОиН РК в рамках программно-целевого финансирования по научно-технической программе «Целевая научно-техническая программа Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева, ориентированная на разработку новых видов продукции для производства на ведущих промышленных предприятиях Восточно-Казахстанской области» на 2017-2019 годы, по подпрограмме 0006/ПЦФ-17 «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине».

Список литературы

1. Introduction to Coating Design and Processing / R.C. Tucker, Jr., editor// ASM Handbook, Volume 5A, Thermal Spray Technology, 2013. - P.76-88.
2. Vardelle A., Moreau Ch., Nickolas J., Themelis A. Perspective on Plasma Spray Technology Plasma Process, 2015. - P. 491–509.
3. Lugscheider E, Bobzin K., Zhao L. and Zwick J. Assessment of the Microplasma Spraying Process for Coating Application Advanced Engineering // Materials Special Issue: Thick Coatings for Thermal, Environmental and Wear Protection, Volume 8, Issue 7.- 2006, P. 635–639.
4. Пат. UA23K10/00. Плазмотрон для напылення покриттів / Ю.С. Борисов, С.Г. Войнарович, О.О. Фомакін, К.А. Ющенко (Україна (UA)); № 2002076032; Заявл.19.07.2002р.; Опубл. 16.06.2003. - Бюл. № 6.
5. Влияние параметров микроплазменного напыления на структуру, фазовый состав и текстуру покрытий из гидроксиапатита // Автоматическая сварка. – 2008. – № 4. – С.15 – 20.
6. Ющенко К.А. Двухслойное биокерметное покрытие титан-гидроксиапатит / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, С.Г. Войнарович и др. // Автоматическая сварка. – 2011. – № 12. – С. 46–49.
7. Нурекинов Д.М., Красавин А.Л., Алонцева Д.Л. Свидетельство ИС 009030 о государственной регистрации на объект авторского права под названием «Конвертер для перевода чертежей DXF-формата в AS-язык робота-манипулятора Kawasaki RS010L» (программа для ЭВМ), запись в реестре № 1490 от 21 июня 2017 г.
8. Алонцева Д.Л. Автоматизированное прецизионное нанесение multifункциональных порошковых покрытий и модификация поверхности микроплазмой / Д.Л. Алонцева, А.В. Русакова, А.Л. Красавин и др. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2017. - Т. 14. - № 1. - С. 88-949.

9. Borisov Yu., Voinarovych S., Kislitsa A., Alontseva D., Kolesnikova T., N. Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Development of a Technology of Micro Plasma Spraying of Biocompatible Coatings for Manufacturing of Medical Implants //10th International Conference New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation NEET 2017, Zakopane, Poland, June 27 – 30, 2017. – P.28.
10. Alontseva D., Krasavin A., Prokhorenkova N., Kolesnikova T. Plasma – Assisted Automated Precision Deposition of Powder Coating Multifunctional Systems // Acta Physica Polonica A, 2017 (in press).

Получено 31.08.2017

УДК 669.22

З.М. Ахметвалиева, Н.А. Куленова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск (Республика Казахстан)

Я. Такасаки

Университет Акита, г. Акита (Япония)

Е.Л. Фокина

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

К.Л. Мудаширу

Даремский университет, г. Дарем (Великобритания)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТХОДАМИ В КАЗАХСТАНЕ

Истощение мировых запасов минерального сырья и обострение экологической ситуации постепенно привело к проблеме поиска альтернативных источников сырья для получения металлов. Отходы электронной промышленности по своему составу являются привлекательным источником цветных, редких и благородных металлов. В Казахстане на сегодня только зарождаются предпосылки методов эффективной и комплексной переработки электронных отходов. В данной статье приводятся результаты комплексных исследований электронных отходов, в частности печатных плат и автомобильных микросхем.

Минералдық шикізаттың әлемдік қорларының таусылуы және экологиялық жағдайлардың шиеленісуі біртіндеп металдарды алудың балама көздерін іздеу проблемаларына әкелді. Электрондық өнеркәсіптің қалдықтары өздерінің құрамы бойынша түсті, сирек және асыл металдардың қолайлы шикізат көзі болып келеді. Бүгінгі таңда Қазақстанда электрондық қалдықтарды тиімді және кешенді өңдеудің алғышарттары енді ғана туындай бастады. Берілген мақалада электрондық қалдықтарды, соның ішінде баспасөз платалары және автомобиль микросхемаларын кешенді өңдеудің нәтижелері келтірілген.

The depletion of world reserves of mineral raw materials and the aggravation of the ecological situation gradually led to the problem of searching for alternative sources of raw materials for the production of metals. Wastes of the electronics industry are an attractive source of non-ferrous, rare and noble metals in its composition. Today, in Kazakhstan, only prerequisites for effective and comprehensive processing of electronic waste are emerging. This article presents the results of a comprehensive study of electronic waste, in particular, printed circuit boards and automotive circuits.

Ключевые слова: электронные отходы, утилизация отходов, печатные платы, Базельская конвенция, термический анализ.

Отходы электронной промышленности включают широкий спектр вышедших из срока эксплуатации электронных и электротехнических изделий - компьютерная периферия, аудио- и стереооборудование, видеокамеры, телевизоры, принтеры, сканеры, различные

телефонные устройства и гаджеты. Они содержат десятки токсичных компонентов, включая следующие тяжелые металлы: свинец, кадмий, ртуть, мышьяк и др., а также вредные химические вещества (полихлорированные бифенилы (ПХБ) и бромированные антипирены (BFR) [1]. В последнее время отходы электронной промышленности рассматриваются в качестве вторичных ресурсов для получения цветных металлов с попутным извлечением благородных металлов, таких как золото, серебро, палладий и т.д. [2, 3].

Основным компонентом всех электронных устройств являются печатные платы (ПП), а их составляющие могут быть условно разделены на металлические фракции (МФ) и неметаллические фракции (НМФ). Неметаллические фракции в основном представляют собой полимеры, стекла, волокна и другие добавки, всего около 70% (вес). По традиционной технологии переработки НМФ отправляются в отвалы после процесса отделения от металлических фракций, образуя таким образом вторичный загрязнитель. Обработанные неметаллические фракции содержат тяжелые металлы и опасные вещества, которые интегрируются в процессе переработки и впоследствии загрязняют окружающую среду после транспортировки их в отвалы. Металлические фракции составляют медь ~ 16%, припой ~ 4%, железо ~ 3%, свинец ~ 2%, никель ~ 2%, серебро ~ 0,05%, золото ~ 0,03%, палладий ~ 0,01%, другие (сурьма, висмут и т.д.) < 0,01% [4]. В 1 тонне печатных плат насчитывается около 20% меди и 250 г золота [2].

В рамках собственных исследований был проведен ICP-OES анализ химического состава печатных плат различных электронных изделий (автомобильные микросхемы, компьютерные печатные платы и т.д.), который обнаружил содержание меди ~ 33 %, железа ~ 5,5 %, цинка ~ 2 %, свинца ~ 2 %, серебра ~ 0,14 % и др (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав объекта исследований (ICP-OES анализ)

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Ag	0,14	Al	5,50	As	0,04	B	0,73
Ba	0,96	Ca	3,98	Co	0,01	Cr	0,02
Cu	32,87	Fe	5,49	Ga	0,01	K	0,54
Li	0,17	Mg	0,11	Mn	0,13	Na	0,35
Ni	0,69	P	0,84	Pb	2,05	Rb	0,12

После присоединения Казахстана к Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением перед страной встала новая задача внедрения способов рециркуляции или утилизации металлсодержащих отходов [4]. Учитывая уровень высокой токсичности вредных веществ, особенно при горении или бесконтрольной переработке, Базельская конвенция отнесла электронные отходы в группу опасных и разработала рамки для контроля за трансграничной перевозкой [5]. Для Казахстана сложились типичные трудности, через которые уже прошли развитые страны, такие как организация сбора, сортировка и переработка на заводах с целью извлечения металлов и полезных компонентов или утилизация без нанесения ущерба окружающей среде.

В данной работе приводятся результаты комплексных исследований образца печатных плат различных электронных изделий.

С целью изучения изменения свойств материалов под воздействием температуры был проведен синхронный термический анализ, включающий дифференциально-сканирующую калориметрию (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА/ТГ-анализ). Предварительный анализ исходной пробы показал, что на кривой ДСК наблюдается значительный экзотермический эффект в интервале температур 400-450 °С (рис. 1). Этот эффект предположительно связан с выделением большого количества тепла за счет выгорания органических компонентов.

Результаты ТГА показали образование небольшого пика в области температур 450-500 °С, который с учетом химического состава (~33% Cu) свидетельствует об окислении монооксида меди (рис. 2). Монооксид меди, как и металлическая медь, входит в состав печатных плат в связи с обязательной металлизацией при их производстве.

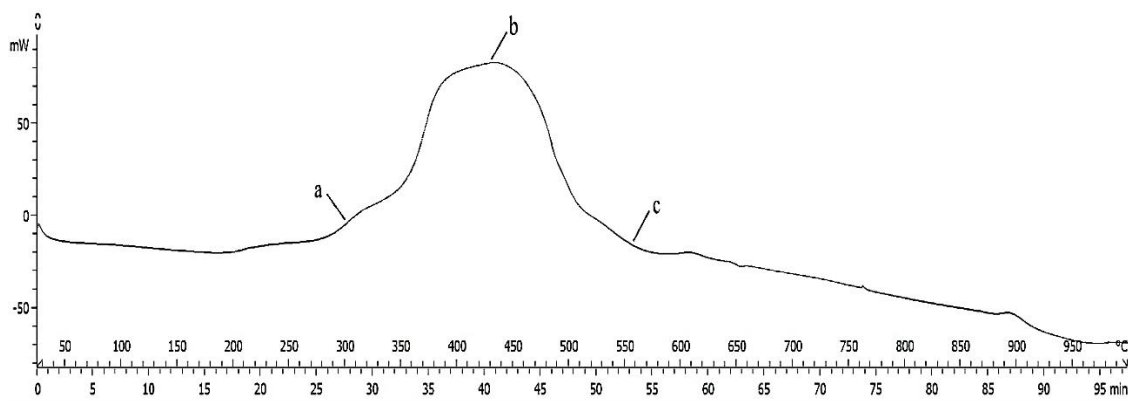


Рисунок 1 – Результаты ДСК исходной пробы объекта исследований
(a – начало экзоэффекта; b - пик эффекта; c – окончание эффекта)

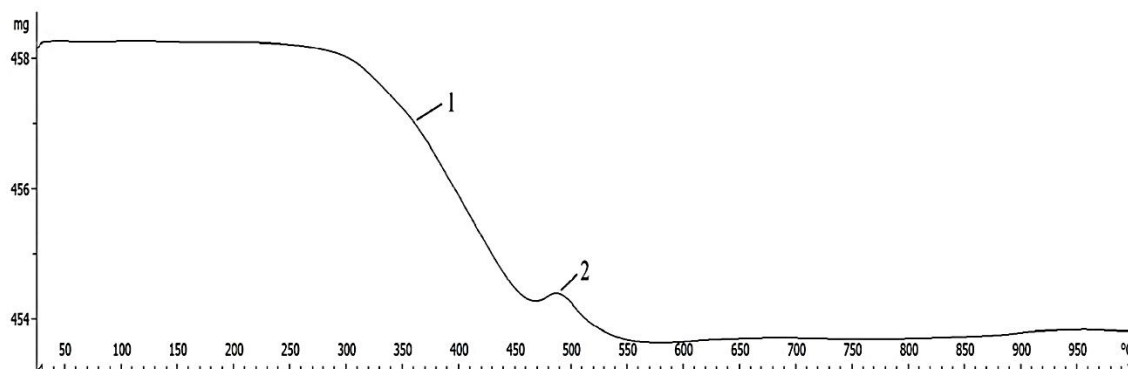


Рисунок 2 – Результаты ТГА исходной пробы объекта исследований
(1 – потери массы, процесс выгорания органики; 2 – пик фазового перехода, окисление Cu_2O)

Поскольку термический анализ такого типа материала ранее не был исследован и не был описан в научной литературе, была разработана специальная методика термического анализа образца отходов электронной промышленности на примере данного объекта исследований.

Для устранения экзотермического эффекта, наблюдаемого при ДСК исходной пробы, был подготовлен новый объект исследования путем предварительного удаления органической фазы методом прокаливания в муфельной печи при 450 °С. Время выдержки в печи было определено по скорости окисления органического компонента в исходной пробе (рис. 1) и составило приблизительно 1 час.

Комплексный термический анализ объекта исследований после прокаливания показал четыре ступени изменения массы на кривой ТГА (рис. 3). Первой ступени отвечает увеличение массы на 0,19%. Предположительно этот переход связан с остаточным окислением органической фазы. На второй ступени в интервале температур 380-400 °С наблюдаются потери массы в количестве 0,84%. Оба эффекта, окисление и последующее разложение (первая и вторая ступени на кривой ТГА), авторы относят к одному процессу разложения оставшейся органической фазы.

На третьей ступени наблюдается увеличение массы на 0,55% (0,22 мг) в интервале температур 600-700 °С, то есть протекает реакция окисления.

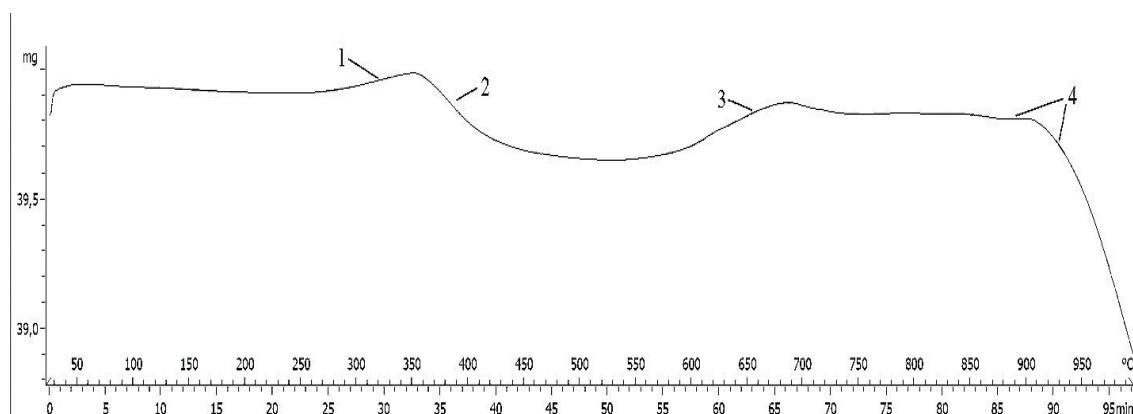


Рисунок 3 – Результаты ТГА объекта исследований после прокаливания при 450 °С (1 – первая ступень, увеличение массы 0,19% (0,077 мг); 2 – вторая ступень, потери массы 0,84% (-0,34 мг); 3 – третья ступень, увеличение массы на 0,55% (0,22 мг); 4 – четвертая ступень, потери массы 2,47 % (-0,99 мг)

Методом рентгенофазового анализа (РФА) проведены полуколичественные оценки содержания отдельных фаз в сложной многофазной смеси (табл. 2). На основании результатов анализа можно предположить, что третья ступень отвечает процессу окисления оксида двухвалентного железа по реакции:

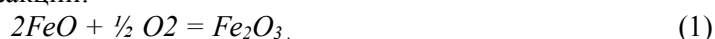


Таблица 2

Данные РФА объекта исследований после прокаливания при 450 °С

№	Название	Химическая формула	Содержание, % (полуколичественный анализ)
1	Медь	Cu	2
2	Оксид меди	CuO	45
3	Кварц	Si O ₂	21
4	Вюстит	Fe O	6
5	Титан	Ti	14
6	Серебро, кальций	Ag ₈ Ca ₃	12

По уравнению химической реакции (1) рассчитано, что увеличению массы в количестве 0,22 мг соответствует 1,98 мг оксида железа. По данным РФА количество оксида железа определено как 6%, тогда как по результатам комплексного термического анализа составляет 10%. Таким образом, метод комплексного термического анализа уточняет значение количества оксида железа.

При всем при этом на кривой ТГ-анализа исходной пробы переход изменения массы не наблюдается (рис. 2). Авторы объясняют это тем, что выгорание органических компонентов в пробе без предварительного прокаливания создает восстановительную среду и препятствует окислению оксида железа.

На четвертой ступени наблюдаются потери массы в количестве 2,47% (-0,99 мг) в интервале температур 880-1000 °С, что гипотетически отвечает реакции диссоциации оксида меди II (CuO) с потерями кислорода и обратный переход в оксид меди I (Cu₂O).

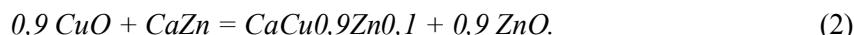
Полуколичественный анализ РФА показывает, что содержание оксида меди снизилось от 45% до 36% (сравнение с данными табл. 2), также медь обнаружена в фазе CaCu_{0,9}Zn_{0,1} (табл. 3).

Таблица 3

Данные РФА объекта исследований после прокаливания при 800 °С

№	Название	Химическая формула	Содержание, % (полуколичественный анализ)
1	Титан	Ti	15
2	Никель	Ni	5
3	Серебро, алюминий, кальций	Ag _{2,2} Al _{2,8} Ca	12
4	Медь, титан, никель	(Cu Ti) Ni ₂	3
5	Кальций, медь, цинк	Ca Cu 0,9 Zn 0,1	9
6	Оксид германия	Ge O ₂	14
7	Золото, цинк	Au _{3,25} Zn _{0,75}	6
8	Оксид меди	CuO	36

Следует отметить, что при производстве печатных плат применяются кальций-цинковые стабилизаторы для полимерного материала. Температура плавления Ca-Zn составляет 439 °С [6]. Следовательно, в результате термической обработки при 800 °С медь вытесняет часть цинка из соединения Ca-Zn, стабилизатор плавится, и в расплаве протекает реакция обмена:



Реакция обмена (2) не сопровождается потерями массы. Снижение массы (-0,99 мг) может быть связано с реакцией диссоциации оксида железа по реакции (3) и последующего горения углерода при температуре выше 900 °С:



Разработанная методика проведения термического анализа позволяет изучить поведение как органических, так и металлических компонентов отходов электронной промышленности под воздействием температуры, и соответственно, предвидеть их поведение при пирометаллургической переработке, а также дать рекомендации для разработки технологических процессов.

При переработке отходов электронной промышленности методами пирометаллургии предварительная обработка сырья чаще всего не требуется. Например, комплексное электронное оборудование (мобильные телефоны, MP3-плееры) может быть переработано

непосредственно в процессе плавки [7]. Однако для гидрометаллургических маршрутов предварительная обработка требуется, чтобы отделить металлические фракции от неметаллических, поскольку это позволяет повысить эффективность дальнейшей переработки.

В заключение можно сказать следующее. В данной статье собран материал, посвященный проблеме переработки отходов электронной промышленности в Республике Казахстан, а также представлены данные комплексных исследований образца отходов электронной промышленности. Использование отходов электронной промышленности в качестве дополнительного источника сырья в металлургии позволит решить ряд экологических проблем, связанных с захоронением отходов, загрязнением почв и водоемов, нарушением баланса природных экосистем. В то же время совместная переработка металлосодержащих отходов и природного сырья может способствовать повышению качества готовой продукции в связи с дополнительным источником металлической фазы в исходном сырье. Результаты термического анализа подтверждено, что органические компоненты электронных отходов при температурах 400-450 °С возгораются с большим выбросом тепла, следовательно при пирометаллургической переработке это приводит к автогенности процессов.

Список литературы

1. Mahesh, C. Vats. Status of e-waste in India - a review / C. Vats. Mahesh, K. Singh Santosh // Международный журнал Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2014. - №10. – Vol. 3. – С.16917-16931.
2. Yazici, E.Y. Extraction of Metals from Waste Printed Circuit Boards (WPCBs) in H_2SO_4 - $CuSO_4$ - $NaCl$ Solutions / E.Y. Yazici, H. Deveci // Hydrometallurgy. – 2013. -№1/39. – С.30-38.
3. Veit, H.M. Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy / H.M. Veit, A.M. Bernardes, J.Z. Ferreira, J.A. Tenório, C. de Fraga Malfatti // Журнал Hazardous Materials. – 2006. - №137. – С.1704–1709.
4. О присоединении Республики Казахстан к Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением: Закон Республики Казахстан от 10 февраля 2003 г. № 389 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tengrinews.kz/zakon/parlament_respubliki_kazahstan/mejdunapodnyie_otnosheniya_respubliki_kazahstan/id-Z030000389/.
5. Доклад Базельской конвенции: Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением [Электронный ресурс]. – 1992. – Режим доступа: <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-e.pdf>.
6. Лихтенбергер Ф. Инновативные продукты компании ИКА для стабилизации ПВХ: Тезисы доклада: Interplastica, Москва, 26.01.2010. – М. - 2010.
7. Anindya, A. Minor elements distribution during the smelting of WEEE with copper scrap: Тезисы дисс. PhD, Университет RMIT: Март 2012 / Alicia Anindya. - Мельбурн, Австралия, 2012.
8. Abdul, K., Metal extraction processes for electronic waste and existing industrial routes: a review and Australian perspective / K. Abdul, A.R. Muhammad, G. Brooks, S. Masood // Resources. – 2014. - №3. – С.152-179.

Получено 16.08.2017

УДК 628.17

С.В. Галкин, Г.К. МамырбековаВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ДЛЯ ТЭЦ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Тепловые электростанции являются крупными потребителями воды, поэтому вопросы рационального использования водных ресурсов весьма актуальны. В статье рассмотрены факторы рационального выбора систем охлаждения оборотного водоснабжения ТЭС применительно к условиям Восточного Казахстана и обоснована целесообразность использования вентиляторных градирен испарительного типа.

Жылу электр стансылары ірі су тұтынушылардың бірі болып табылады, сондықтан су ресурстарын тиімді қолдану мәселелері өте маңызды. Мақалада Шығыс Қазақстан жағдайына қатысты, ЖЭС салқындатушы айналмалы сумен қамту жүйесін таңдауда тиімді факторлар қарастырылып, желдеткішті буландырғыш градирендер түрін қолдану тиімділігі негізделген.

Thermal power plants are the largest consumers of water, that is why issues of water management is quite relevant. The article describes the rational choice of water reuse cooling systems of thermal power plants in the conditions of East Kazakhstan and justifies the expediency of using evaporative mechanical draft tower.

Учитывая, что тепловые электростанции (ТЭС) являются крупными потребителями воды, вопросы рационального использования водных ресурсов на предприятиях теплоэнергетики весьма актуальны. При этом важны не только экологические аспекты производственной деятельности, но и вопросы экономической целесообразности капитальных затрат и эксплуатационных расходов для систем водоснабжения тепловых электростанций [1]. В Казахстане насчитывается 32 ТЭС, пять из которых находятся в Восточно-Казахстанской области: Риддер ТЭЦ, Семипалатинская ТЭЦ-1, Семипалатинская ТЭЦ-2, Согринская ТЭЦ и Усть-Каменогорская ТЭЦ [2]. В данной статье предлагается рассмотреть рациональные принципы проектирования охлаждающих систем тепловых электростанций Восточно-Казахстанской области.

Водоснабжение охлаждающих систем ТЭС может быть: прямоточным, оборотным и смешанным. Прямоточная система применяется при наличии в непосредственной близости мощного источника водоснабжения, способного обеспечить станцию необходимым количеством воды в течение всего года. При этом поступающая на ТЭС охлаждающая вода однократно проходит через охлаждающие устройства и возвращается в источник уже с более высокой температурой. При прямоточном водоснабжении отработавшая теплая вода сбрасывается в реку, водохранилище, озеро или море на таком расстоянии от водоприемного сооружения, чтобы исключить возможность попадания в него теплой воды. При низких температурах речной воды в маловодные периоды года водоснабжение электростанций из реки может быть осуществлено по системе с подмешиванием к речной воде отработавшей на электростанции теплой воды. При применении системы прямоточного водоснабжения не требуется больших капиталовложений на строительство, обеспечиваются низкие и устойчивые температуры охлаждающей воды.

Однако расходы воды, достаточные для прямоточного водоснабжения мощной электростанции, могут быть получены только из больших рек, на которых размещение тепловых электростанций по совокупности технико-экономических показателей (топливоснабжение, выдача электроэнергии) оправдывается лишь в редких случаях. Кроме того, в целях снижения антропогенного воздействия на водоемы и водотоки, целесообразно использование оборотного водоснабжения.

Оборотное водоснабжение - замкнутая система, позволяющая повторно использовать сточные воды, прошедшие необходимый процесс регенерации. Концепция оборотного водоснабжения предприятия полностью исключает сброс сточных вод в водоемы и водотоки или городскую канализацию. Оборотное водоснабжение позволяет решить экологические и экономические задачи, существенно (на 85÷95%) снизив водопотребление промышленного предприятия. При оборотной системе охлаждающая вода на ТЭС используется многократно благодаря отдаче тепла окружающей среде [3]. Охлаждение воды при этом осуществляется в прудах-охладителях, градирнях или брызгальных бассейнах.

Существуют системы смешанного водоснабжения электростанции, когда параллельно с прямотоком в маловодные периоды включаются в работу охладители оборотной системы.

При оборотном водоснабжении промышленного объекта охлаждающее устройство должно обеспечить охлаждение циркуляционной воды до температур, отвечающих оптимальным технико-экономическим показателям работы объекта. Понижение температуры воды в охладителях происходит за счет передачи ее тепла воздуху. По способу передачи тепла охладители, применяемые в системах оборотного водоснабжения, разделяются на два вида: испарительные, поверхностные (радиаторные).

В испарительных охладителях охлаждение воды происходит в значительной степени за счет ее испарения при непосредственном контакте с воздухом (испарение 1% воды снижает ее температуру на 6 °С). В радиаторных охладителях охлаждаемая вода не имеет непосредственного контакта с воздухом. Вода проходит внутри трубок радиаторов, через стенки которых происходит передача ее тепла воздуху. Так как теплоемкость и влагоемкость воздуха относительно невелики, для охлаждения воды требуется интенсивный воздухообмен. Например, для понижения температуры воды с 40 до 30 °С при температуре воздуха 25 °С на 1 м³ охлаждаемой воды к испарительному охладителю должно быть подведено около 1000 м³ воздуха, а к радиаторному охладителю, в котором воздух только нагревается, но не увлажняется, около 5000 м³ воздуха.

Испарительные охладители по способу подвода к ним воздуха разделяются на открытые, башенные и вентиляторные.

Радиаторные охладители, которые называют также «сухими градирнями», по способу подвода к ним воздуха могут быть башенными или вентиляторными. Обустройство радиаторных охладителей наиболее дорогостоящее, поэтому их использование целесообразно только в районах, имеющих дефицит воды, необходимой для подпитки системы оборотного водоснабжения.

Для охлаждения циркуляционной воды до достаточно низких температур требуется большая площадь контакта ее с воздухом - порядка 30 м² на 1 м³/ч охлаждаемой воды. Соответственно этой рекомендации следует принимать площадь зеркала воды водохранилищ-охладителей. В градирнях необходимая площадь контакта создается путем распределения воды над оросительными устройствами, по которым она стекает под действием силы тяжести в виде тонких пленок или капель, разбивающихся при попадании на рейки на мельчайшие брызги. В брызгальных бассейнах для создания необходимой площади контакта с воздухом вода разбрызгивается специальными соплами на мельчайшие капли, суммарная поверхность которых должна быть достаточной для испарительного охлаждения [4].

Системы водоснабжения охладительных систем тепловых электростанций весьма разнообразны. При выборе конкретного технического решения по данному вопросу следует исходить из климатических условий региона и имеющихся природных источников воды.

Рассмотрим функционирование охладительной системы тепловой электростанции более подробно на примере АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» (УК ТЭЦ). Данная ТЭЦ

является основным источником теплоснабжения города Усть-Каменогорска, покрывая до 80% тепловой потребности жилищно-коммунального сектора. На АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» постоянно ведется работа по внедрению технологий, дружественных окружающей среде, на основе принципов рационального природопользования. В 2012 году на ТЭЦ было введено в эксплуатацию обратное водоснабжение охладительной системы. Принцип работы системы охлаждения состоит в следующем: в обратной схеме техническая вода циркулирует по системе, забирает тепло в конденсаторах, охлаждается в градирне и насосами вновь подается в конденсаторы. При этом обеспечивается охлаждение воды до требуемой температуры.

В системе технического водоснабжения АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» в качестве охладителя воды принята шестисекционная вентиляторная градирня испарительного типа. Градирня оборудована отсасывающими осевыми вентиляторами. Эффективность охлаждения воды может регулироваться изменением подачи воздуха вентиляторами. При отрицательных температурах наружного воздуха требуемое охлаждение воды может обеспечиваться без принудительной подачи воздуха. Изменение подачи воздуха вентиляторами осуществляется изменением частоты вращения рабочего колеса вентиляторной установки посредством частотного преобразователя и изменением количества работающих вентиляторов.

Расчетный суммарный номинальный расход воды в 6-секционной градирне составляет 24 000 м³/час, (4 000 м³/час на одну секцию). Каждая секция оснащена вентиляторной установкой мощностью 200 кВт. Технические характеристики градирни АО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ» представлены в таблице.

Технические характеристики градирни УК ТЭЦ

Параметры	Значение
Число секций в градирне, шт	6
Размеры одной секции, м	16x12
Площадь орошения (суммарная), м ²	1152
Высота градирни, м	10,75
Суммарная рабочая производительность, м ³ /ч	24000
Расчетная температура воды на входе в градирню, °С	40,0
Расчетная температура воды на выходе из градирни, °С	28,0
Температурный перепад, °С	12,0
Тепловая нагрузка общая, Мкал/ч	288000
Потери при испарении, % от суммарного расхода воды	1,2-1,5
Потери с уносом, % суммарного расхода воды	0,001

Техническая вода, поступающая в градирню через водораспределительное устройство и разбрызгивающие сопла, попадает на ороситель в виде мелких капель, после чего в чашу градирни. На поверхностях элементов оросителя происходит многократное дробление капель воды. Тяга в градирне создается вентиляторами. При отключенном вентиляторе разность удельных весов между наружным, более холодным, и подогретым в градирне воздухом создает тягу и обеспечивает непрерывное поступление внутрь градирни наружного воздуха.

Поступающий в градирню воздух движется навстречу движению воды. Охлаждение воды в градирне происходит в результате совместного действия двух основных процессов: теплоотдачи соприкосновения воды с воздухом и поверхностного испарения с капель

воды. Теплоотдача соприкосновением воды с воздухом осуществляется благодаря наличию разности температур воды и воздуха. Испарение является результатом наличия разности парциальных давлений пара у поверхности капель и в основной массе проходящего воздуха. При положительных температурах атмосферного воздуха (летом) преобладающая роль в охлаждении воды в градирне приходится на долю испарения (до 90%), а меньшая часть - на теплообмен с окружающим воздухом (10%). При отрицательных температурах (в зимнее время) до 60% - на долю теплоотдачи соприкосновением.

Представленная система оборотного водоснабжения на УК ТЭЦ обеспечивает сокращение сброса технической (теплой) воды в реку Ульба на 48%. Это позволяет снизить антропогенное воздействие на водоем, приближая его температурный фон к естественному значению. Кроме того, система оборотного водоснабжения позволила увеличить выработку электроэнергии на 145 млн кВт·ч в год. Затраты на реализацию данного проекта составили 2,5 млрд тенге.

Рассмотрим факторы рационального проектирования водоснабжения ТЭС применительно к условиям Восточного Казахстана. Прямоточное водоснабжение охлаждающих систем тепловой электростанции оправдано при размещении ТЭС непосредственно у достаточно крупного источника воды. В этом случае капитальные и эксплуатационные затраты на систему водоснабжения будут минимальны, а тепловое загрязнение будет незначительным ввиду большой теплоемкости водоисточника. Но в связи с тем, что в непосредственной близости от ТЭЦ в Восточно-Казахстанской области нет достаточно мощных источников воды, то данный вариант нецелесообразен.

Таким образом, приходим к решению о необходимости оборотного водоснабжения, при котором стоит выбор между испарительным и радиаторным охлаждением.

Капитальные и эксплуатационные затраты на радиаторные системы охлаждения значительно превышают аналогичные статьи финансовых расходов на испарительные системы. В связи с этим, их использование оправдано лишь в регионах с недостатком водных ресурсов, когда потери воды с испарением недопустимы. Восточный Казахстан располагает достаточным количеством водных ресурсов для восполнения испарившейся воды при ее непосредственном контакте с воздухом. Поэтому для ТЭЦ Восточно-Казахстанской области более предпочтительным являются системы охлаждения испарительного типа.

Испарительные системы охлаждения с прудами-охладителями (водохранилищами) характеризуются приемлемыми капитальными затратами и очень низкими эксплуатационными затратами относительно прочих видов систем. Однако, при этом необходимы большие площади свободных земельных участков и соответствующие геологические условия вблизи ТЭЦ. В отношении ТЭЦ Восточного Казахстана нет возможности обустройства прудов-охладителей, так как они находятся в городской черте.

Брызгательные бассейны и открытые градирни не получили широкого распространения в теплоэнергетике ввиду снижения их эффективности в период штиля и повышенных потерь воды в ветреную погоду с брызгоуносом.

Башенные градирни в сравнении с вентиляторными имеют более крупные габариты (в несколько раз), что требует более значительных капитальных затрат. Однако их эксплуатация обходится дешевле, так как нет необходимости в работе вентиляторов. Поэтому башенные градирни целесообразны при относительно равномерной теплообменной нагрузке в течение года, что не характерно для ТЭЦ Восточного Казахстана. Это обусловлено двумя факторами. Во-первых: в холодный период года ТЭЦ имеют возможность значительную часть избыточной тепловой энергии направить на нужды отопления зданий. Во-вторых: для Восточного Казахстана характерен резко континентальный кли-

мат со значительным перепадом температур атмосферного воздуха в теплый и холодный периоды года. В связи с данными факторами для ТЭЦ в теплый период года имеется потребность в значительной интенсификации теплообменного процесса на градирне, которая достигается дополнительной тягой вентилятора. При достаточно низких температурах воздуха в холодный период вентиляторы градирни выключаются.

Таким образом, из представленных материалов следует вывод, что для ТЭЦ Восточного Казахстана целесообразно использование оборотных систем охлаждения с вентиляторными градирнями испарительного типа.

Список литературы

1. Энциклопедия современной техники. Строительство / Под ред. В.А. Кучеренко. - М.: Советская энциклопедия, 1964.
2. Дукенбаев К. Энергетика Казахстана. Условия и механизмы ее устойчивого развития. - Алматы: Атамұра, 2002.
3. Zroichikov N.A., Prokhorov V.B., Tupov V.B., Arkhipov A.M., Fomenko M.V. Possible Ways of Reducing the Effect of Thermal Power Facilities on the Environment // Thermal Engineering, 2015, Vol. 62, No. 2, pp. 146–153.
4. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: Учеб. пособие. - М.: НИЦ Инфра-М, 2015.

Получено 16.08.2017

УДК 624.074

Г.М. Гасий

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПОЛОГИХ СТРУКТУРНО-ВАНТОВЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК

Изложены ключевые особенности проектирования пологих оболочек, выполненных из новых и оригинальных структурно-вантовых сталежелезобетонных конструкций. Рассмотрены проблемные аспекты, связанные с образованием формы и геометрии оболочки.

Жаңа және түпнұсқалық керме-құрылымды темірқұрышбетонды конструкциялардан жасалған жазық қабықшаларды жобалаудың негізгі ерекшеліктері баяндалған. Қабықшаның пішіні мен геометриясының түзілуіне қатысты мәселелері қарастырылған.

The key features of the design of shallow shells made of new and original steel and concrete composite cable space frames are outlined. The problematic aspects associated with the formation of the shape and geometry of the shell are considered.

Ключевые слова: модуль, ванта, оболочка, сжатие, болт, узел.

Структурно-вантовые сталежелезобетонные конструкции - это новый тип несущих систем, которые за счет своей универсальности и оригинальности конструктивного решения имеют широкою область применения [1]. Используются в качестве как вертикальных, так и горизонтальных конструкций с разнообразной геометрией и формами. Отличительной чертой таких конструкций является то, что они выполняют одновременно две функции: ограждающую и несущую. Структурно-вантовые сталежелезобетонные конструкции - это двупоясные пространственные системы, состоящие из модульных элементов. Более детально автор не останавливается на конструктивных особенностях исследуемых систем,

поскольку уже существует множество работ, которые объясняют и демонстрируют преимущества сталежелезобетонных структурно-вантовых конструкций [2, 3]. В данной работе акцент делается на проблеме проектирования структурно-вантовых сталежелезобетонных пологих оболочек и конструкций, близких к ним по форме. Важность решения этого вопроса обуславливается тем, что такие конструкции включают в свою структуру гибкие элементы, которые по своей физической природе не могут воспринимать усилия сжатия.

Обзор последних исследований показал, что структурно-вантовые сталежелезобетонные конструкции хорошо исследованы экспериментально и численно при помощи разных расчетных программных комплексов. Также обоснована их технико-экономическая эффективность по сравнению с классическими решениями [4]. Однако нет обобщенных понятий, которые бы характеризовали работу таких конструкций под нагрузкой, что является очень важным, поскольку информация о характере распределения внутренних усилий в их элементах позволит безошибочно принять нужную геометрию формы и тем самым обеспечить нормальную и надежную эксплуатацию покрытия.

Выделение нерешенной части общей проблемы. Из обзора последних исследований установлено, что пространственные сталежелезобетонные структурно-вантовые конструкции являются новым перспективным видом строительных конструкций, которые имеют большое разнообразие конструктивных решений, среди которых и оболочки, но их применение ограничено отсутствием четких понятий работы под нагрузкой.

Постановка задачи исследования. Установить основные проблемные аспекты, связанные с пространственной работой сталежелезобетонных структурно-вантовых пологих оболочек и близких к ним по форме конструкций.

Основной материал и результаты. Как известно, на технико-экономические показатели той или иной конструкции влияют не только физико-механические свойства использованных для их изготовления материалов, но и геометрические параметры. Свидетельством этому есть множество работ, суть которых заключалась в поиске новых способов экономии материалов, и, как следствие, уменьшении затрат труда за счет изменения геометрических форм проектируемых конструкций, включающих оболочки [5]. Эффективное проектирование формы конструкции и поиск соответствующих путей оптимизации ее геометрических параметров в большинстве случаев могут дать значительный эффект и улучшить ее прочностные характеристики вследствие уменьшения изгибающего момента.

В том, что проектирование формы новых несущих систем - это сложная и трудоемкая задача, решение которой требует глубоких знаний в области архитектуры, строительных конструкций и строительной механики, нет сомнений. Поэтому анализ известных способов проектирования форм несущих систем является целесообразным. К моменту появления мощной вычислительной техники для поиска эффективных форм пространственных конструкций использовались упрощенные методы, которые были основаны на предыдущем опыте строительства реальных объектов, а также на экспериментах с физическими моделями [6]. Принцип поиска формы с применением физических моделей заключался в получении инверсии формы путем подвешивания гибких элементов, например, цепи, ткани или проволоки, которые под действием грузов или собственного веса образовывали дугу или ломаную линию, которая очерчивала форму будущей конструкции. К примеру, именно такую методику применил Джованни Полени для оценки надежности покрытия собора Святого Петра в г. Риме, а также другие известные архитекторы и инженеры в своих работах. Но, наверно, самым примечательным примером такого метода была работа Антони Гауди при проектировании сооружения, которое сейчас известно на весь мир как собор Саграда Фамилия в г. Барселоне. Масштабируемая физическая модель Гауди позволила получить конструкцию, элементы которой работают только на сжатие [7].

Несмотря на такие выдающиеся примеры использования физических моделей, такой метод имеет и недостатки: невозможность учета изменения толщины элементов и горизонтальной нагрузки. Кроме того, довольно сложно определить значение напряжений и деформаций в реальных элементах конструкции.

Со временем развитие и внедрение компьютерной техники коренным образом изменило весь подход к проектированию форм пространственных конструкций и способствовало новой волне их развития. С помощью компьютерных программ можно анализировать очень сложные пространственные структуры с большой точностью и меньшим количеством времени. Благодаря этому за последнее время развитие пространственных и большепролетных конструкций вышло на совершенно другой уровень. Следует заметить, что кроме развития компьютерной техники, есть и другие существенные факторы, повлиявшие на быстрое развитие такого рода несущих систем. Во-первых, это современное оборудование и большие возможности для производства эффективных конструкций. Во-вторых, это потребность в больших крытых площадях, которая постоянно была актуальной и приобретала особую остроту при проектировании сооружений для проведения спортивных соревнований, выставок и тому подобное.

На примере реальных объектов было показано, как применение компьютеров позволяет значительно расширить возможности методов оптимизации при проектировании бетонных оболочек. Результаты подтверждают, что значительное улучшение пространственной работы может быть достигнуто даже с небольшими геометрическими изменениями [8].

Однако и в эпоху персональных компьютеров часто встречаются работы, посвященные разработке упрощенных методов формообразования. Подход, который описан в [9], позволяет быстро определить желаемую форму здания или другого сооружения и легко спроектировать ее без необходимости проведения сложных математических расчетов. Эта работа освещает процесс проектирования конструкций, включая выбор материалов, поиска приемлемой конфигурации, определения внутренних усилий и размеров конструктивных элементов, а также разработки соответствующих узловых соединений и принятия метода возведения. А в работе [10] приведены основополагающие принципы проектирования форм строительных конструкций с учетом окружающей среды. Итогом работы являются указания и положения для проектирования несущих систем, критерии принятия их конструктивных решений и форм. В работе также приведены обобщенные рекомендации и обоснования целесообразности применения типа несущей системы в зависимости от пролета и вида материала. Итогом исследования, приведенного в работе, является утверждение, что сводчатые системы дают возможность возводить не только ортогональные или прямолинейные в плане, но и криволинейные большепролетные и пространственные покрытия. К таким конструкциям относятся и оболочки, к тому же установлено, что как альтернативу традиционному железобетону для такого типа конструкций эффективно применять сталежелезобетон [11].

Несмотря на существующие преимущества, применение цилиндрических оболочек несколько ограничивается их склонностью к потере устойчивости вследствие появления в процессе монтажа или эксплуатации небольших отклонений от исходной геометрии [12]. Опираясь на результаты инженерных и исторических изысканий, установлено, что поведение несущей системы связано с влиянием остаточных напряжений изгиба на жесткость и устойчивость таких конструкций [13].

Оболочки относят к активным по форме несущим системам, в основе сечения которых лежит несущая арка (рис. 1) [14].

Несущие системы, активные по форме, воспринимают и передают нагрузки благодаря нормальным усилиям, то есть элементы таких конструкций являются сжатыми. Следует

отметить, что проектирование оболочек (арок) тесно связано с проектированием таких конструкций, как вантовые, поскольку обратная ванта формирует несущую арку, которая воспринимает только усилия сжатия той же величины, что и усилия растяжения в несущей ванте.

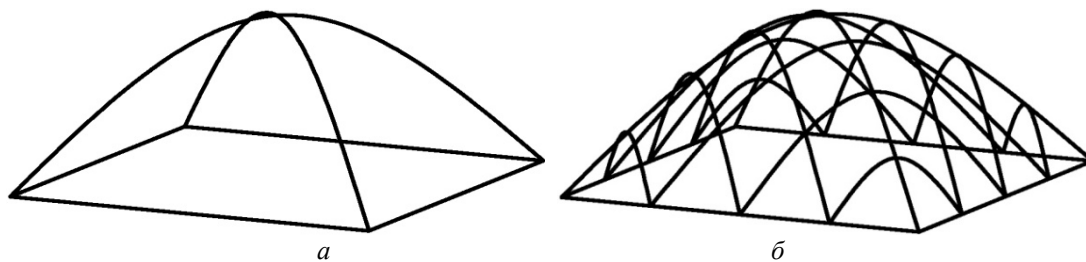


Рисунок 1 – Образования оболочек из двух (а) и многих (б) плоских арок

Недостаток несущей арки состоит в том, что такие системы являются распорными и характеризуются разными способами их восприятия. Горизонтальный распор опорной арки сплошного сечения обратно пропорционален ее высоте (рис. 2) [14].

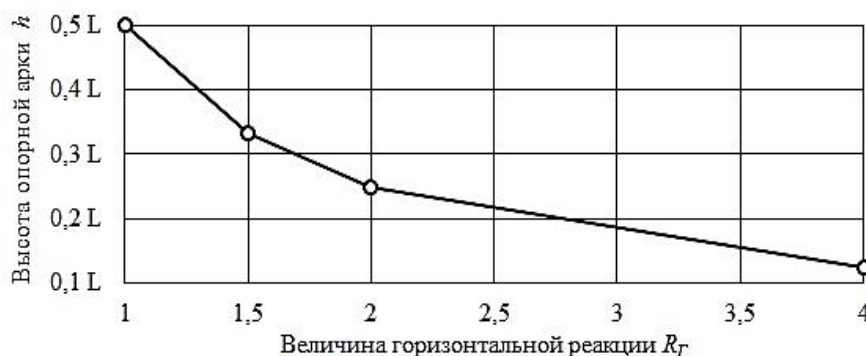


Рисунок 2 – Влияние высоты арки на величину горизонтальной реакции

Для уменьшения распора нужно выбрать подходящую высоту арки. Однако следует отметить, что в структурно-вантовых сталежелезобетонных арочных конструкциях и пологих оболочках распор значительно меньше, о чем свидетельствует результаты проведенной автором серии экспериментов [15–19]. К примеру, при пролете изогнутой (арочной) структурно-вантовой сталежелезобетонной плиты чуть больше 6 м с высотой подъема 0,7 м при действии внешней эксплуатационной нагрузки, которая превышала собственный вес конструкции больше чем в 6 раз и составляла 70% от разрушающей, горизонтальные перемещения опорных узлов не превышали 7 мм, а учитывая тот факт, что конструкция была сборной, есть возможность утверждать то, что определенная часть этих перемещений вызвана податливостью болтовых узлов.

Кроме возникновения горизонтального распора в опорных арочных системах, существует возможность возникновения неоднозначной эпюры внутренних усилий, что влечет за собой изменения характера распределения усилий в элементах конструкции. Возникновение изгиба в таких конструкциях объясняется опусканием или подъемом формы дуги, которое неизбежно возникает вследствие любого отклонения средней линии дуги от линии давления. Причиной возникновения изгиба в арках может быть также действие дополнительных сил, температурных воздействий, неравномерной осадки фундаментов и т.д.

Учитывая особенности работы несущих арок, с целью избавиться от их недостатков и проблемных аспектов были выполнены численные исследования, суть которых заключалась в определении диапазона возможных пролетов конструкции и высоты ее подъема при разных граничных условиях (рис. 3).

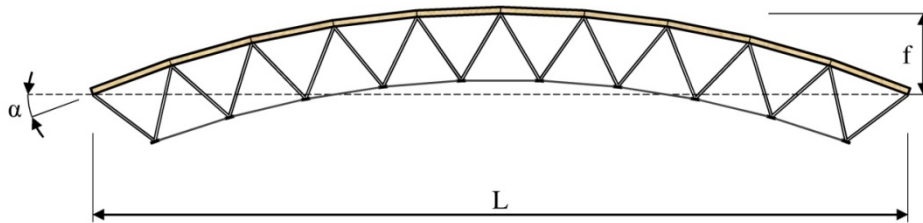


Рисунок 3 – Исследуемые параметры, влияющие на распределение внутренних усилий

Вследствие проведенных численных исследований установлено, что при шарнирно-неподвижных опорах с обеих сторон и пролете до 42 м высота подъема может находиться в пределах 1,4...2,1 м, а при граничных условиях, когда с одной с одной стороны находится шарнирно-подвижная опора, высота подъема может достигать 16,5 м [20].

На основании вышеизложенного можно сделать выводы. Проанализировав результаты проведенных ранее теоретических и экспериментальных исследований сталежелезобетонных структурно-вантовых конструкций, установлена их эффективность и технико-экономическая целесообразность использования в качестве покрытий большепролетных зданий и сооружений. В связи с этим была решена проблема, которая заключалась в отсутствии понятий проектирования пологих структурно-вантовых сталежелезобетонных оболочек и конструкций, близких к ним по форме. Путем анализа особенностей работы несущих арок под действием внешней нагрузки установлены особенности формообразования новых сталежелезобетонных структурно-вантовых пологих оболочек.

Список литературы

1. Стороженко Л.І. Просторові сталеалізобетонні структурно-вантові покриття: Монографія / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій, С.А. Гапченко. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. – 218 с.
2. Гасій Г.М. Эффективные конструктивные решения для пространственных сталежелезобетонных несущих элементов / Г.М. Гасій, О.С. Заболотский // ҚазБСҚА ХАБАРШЫСЫ. – Алматы: ҚазБСҚА, 2016. – № 3. – С. 94–103.
3. Gasii G.M. Types of steel and concrete composite cable space frames // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2016. – №6 (66). – P. 158–165.
4. Gasii G.M. Comparative characteristics of the spatial grid-cable steel-concrete composite slab // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Теорія і практика будівництва. – 2016. – № 844. – С. 260–265.
5. Garlock M.E.M., Billington D.P. Félix Candela: engineer, builder, structural artist. – Yale University Press, 2008. – 208 p.
6. Ambrose J., Tripeny P. Simplified Engineering for Architects and Builders. – Wiley, 2010. – 736 p.
7. Larsen O.P., Tyas A. Conceptual structural design: bridging the gap between architects and engineers. – London: Thomas Telford Ltd, 2003. – 134 p.
8. Tomás A., Martí P. Shape and size optimisation of concrete shells // Engineering Structures. – 2010. – Vol. 32. – №6. – P. 1650–1658.
9. Allen E., Zalewski W. Form and Forces: Designing Efficient, Expressive Structures. – John Wiley and Sons, 2009. – 640 p.
10. McMullin P.W., Price J.S. Introduction to Structures. – London: Routledge, 2016. – 304 p.
11. Wong H. T. Behaviour and modelling of steel-concrete composite shell roofs. – Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2005. – 420 p.

12. Mekjavić I. Buckling analysis of concrete spherical shells // Technical Gazette. – 2011. – Vol. 18. – №4. – P. 633–639.
13. Lienhard J. Bending-active structures. – Stuttgart: University of Stuttgart, 2014. – 211 p.
14. Engel H. Structure Systems. – Ostfildern: Hatje Cantz, 2009. – 352 p.
15. Гасій Г.М. Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій покриттів будівель і споруд аеропортів // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції «ABIA-2017», Київ, 19–21 квітня 2017 р. – Київ: НАУ, 2017. – 23.13–23.15.
16. Стороженко Л.І. Експериментальне дослідження деформативності макету сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2016. – № 61. – С. 371–378.
17. Storozhenko L.I., Gasii G.M. Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – №6. – P. 40 – 42.
18. Стороженко Л.І. Експериментальне дослідження деформативності окремих несучих елементів сталезалізобетонного структурно-вантового покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – Вип. 82. – С. 219–225.
19. Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // 6-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», Харків, 19–21 квітня 2017 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 160–161.
20. Стороженко Л.І. Визначення геометричних параметрів сталезалізобетонних структурно-вантових елементів циліндричних покриттів / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2015. – Вип. 31. – С. 511–516.

Получено 16.08.2017

УДК 94(470.6)

O.K. Denissova, M.U. Rakhimberdinova, R. Kimossov, A.A. Myakinin, A. Tyrlybekuly
East-Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev, Oskemen

**STUDY OF THE USE AND CONSUMPTION OF TITANIUM PRODUCTS FOR THE OIL AND GAS SECTOR
OF KAZAKHSTAN, NEAR AND FAR ABROAD. TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT
OF THE USE OF TITANIUM FOR THE NEEDS OF THE INDUSTRY**

В данной статье представлен обзор рынка титановой продукции для нефтегазовой отрасли, номенклатура продукции изделий из титана, тенденции и перспективы развития мирового рынка изделий из титана, задействованных в нефте- и газодобыче.

Бұл мақалада мұнай-газ өнеркәсібінің титан нарығына шолу, титаннан жасалған өнімдердің спектрі, мұнай мен газ өндірісіне қатысты титан өнімдерінің әлемдік нарығының даму тенденциялары мен келешегі қарастырылған.

This article provides an overview of the titanium market for the oil and gas industry, the range of titanium products, trends and prospects for the development of the world market for titanium products involved in oil and gas production.

Keywords: *Titanium, oil and gas resources, offshore oil production, drilling equipment, corrosion resistance.*

Introduction. The titanium industry is a strategically important area in the economy of the world's leading countries and its development pays much attention at all levels. The share of

Kazakhstani titanium in the near future in the global segment is planned to increase from 11% to 20%, therefore, titanium ingots of its own production will allow manufacturing products that are competitive and in demand in the world market for the oil and gas industry in accordance with world standards.

A promising field of application of titanium alloys for oil and gas production is deep and super deep drilling. According to experts, in deep-sea oil production (up to 15-20 thousand meters) titanium and its alloys should become one of the main structural materials, since they have high corrosion resistance in sea water. At present, the main material used for the production of oil and gas products is high-alloy steel, which has suffered corrosion damage, leading to a reduction in its service life and an increased risk of leakage, and as a result, accidents, which poses a direct threat to economic, environmental and industrial safety.

Classification of titanium products for the oil and gas industry. Comparative analysis of materials used in the industry. The main consumer of the Kazakh titanium is foreign shipbuilding and aircraft building, however there is a tendency of increasing demand from enterprises of other industries.

The production of oil, gas, gas condensate has shifted towards the offshore shelf in recent years. Further forecasts for offshore production are quite optimistic: the use of titanium in this area will grow due to the planned relocation of the fishery to deeper sections of the shelf.

Marine application of titanium alloys is promising for the following products when developing oil and gas fields on the shelf:

- deep-water drilling and production risers (sea water-repellent column, sea riser), is a string of pipes, installed in a tensioned position to prevent its destruction as a result of loss of stability, serves to connect subsea wells to equipment located on the top structures of the platform;
- casing pipes - a pipe that serves to strengthen the walls and insulation of the wellbore;
- pumps and systems of outboard, drinking, drilling and associated water;
- pipelines of the circulating system of technological solutions;
- liquid separators - designed to separate petroleum gas from oil;
- heat exchange equipment is designed for cooling hot substances and heating liquids used in technological processes and oil cracking (metal thickness up to 0,7 mm);
- pressure vessels - hermetically sealed container (permanently installed or mobile) intended for conducting chemical, thermal and other technological processes, as well as for storage and transportation of oil and gas;
- high-strength flexible extensions for fixing the platform;
- lining of steel trestles in offshore oil fields;
- bends, flanges, tees, transitions for systems of outboard, ballast and formation water;
- filters, valve saddles, tanks, sedimentation tanks;
- pipeline fittings;
- fasteners, etc.

At present, the main material used for the production of oil and gas products is high-alloy steel, which is susceptible to corrosion damage. Thus, for steel with 5.5% nickel, intergranular corrosion is typical in a number of technological solutions and corrosion cracking in chloride solutions at 100 °C; Steel with 25% nickel is characterized by crevice corrosion, leading to depressurization of the flanges after 2 years of operation.

Titanium has a number of valuable physical and chemical, physical and mechanical

properties: high hardness and corrosion resistance, satisfactory processability during processing into products.

Table 1

Characteristics of resistance of titanium corrosion alloys in natural and polluted sea water in comparison with other alloys [1]

Type of corrosion	Copper alloys	Stainless steel 316 N	Stainless steel 6Mo - austenitic and duplex	Titanium alloys
General corrosion	Persistent/susceptible *	Persistent	Persistent	Persistent
Crevice Corrosion	Susceptible	Susceptible	Susceptible (>25 °C)	Persistent (90 °C)**
Pitting corrosion	Susceptible	Susceptible	Persistent	Completely not receptive
Corrosion under stress	Susceptible	Susceptible (>60 °C)	Persistent	Persistent (***)
Corrosion fatigue	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Persistent
Galvanic corrosion	Susceptible	Susceptible	Persistent	Completely not receptive
Microbial corrosion	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Completely not receptive
Corrosion of welds and heat affected zones	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Persistent
Erosion Corrosion	Susceptible	Persistent	Persistent	High durability
* Depending on the level of pollution and the chemical composition of sea water ** Titanium grades 7, 11, 16, 17, 18, 19, 20 and 21 exhibit resistance to temperatures of at least 200 ° C. *** Standard grade 5 titanium exhibits limited exposure, and grade 23 (ELI) titanium has the best KISCC values. (Titanium grades 7, 11, 16 and 17 are technically pure titanium with additives of palladium to improve corrosion resistance in conditions of reducing, acidic and chloride media).				

Evaluation of the prerequisites for the formation and development of the market for titanium products. According to the International Energy Agency, by 2030 the daily oil consumption will increase by more than 30%. In the future, the growth rate will slow down, but the dominant role of oil and gas in the global energy balance will continue.

More than 27 million barrels of oil per day were produced on the global shelf in 2015, and the share of offshore fields was 29% of the total world oil production (see Figure 1). Experts forecast that positive dynamics will continue, and the share of offshore fields in world oil production will continue to grow.

Currently, most of the world's oil shelf is extracted from relatively shallow depths, but there is a tendency to increase the number of deepwater projects. This is especially true for the leaders of deep-sea oil production: Brazil, USA, Angola and Norway (see Figure 3).

According to confirmed oil reserves, Kazakhstan is among the top 15 countries in the world. Kazakhstan has 3,3% of the world's hydrocarbon reserves. The total volume of hydrocarbon reserves in the republic is 11-12 billion tons. Approximately 70% of hydrocarbons are in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea. As of early 2016, there were 133 oil companies in Kazakhstan that had the right to use subsoil. In total, in the 2000- 2015 years. in the oil and gas industry companies invested 150.1 billion US dollars, including 18 billion dollars had to carry out geological exploration work. During this period, the volume of investment has increased almost 5

times. The largest investment activity is shown by such large companies as North Caspian Operating Company (18%), LLP «Tengizchevroil» (15%), JSC «Mangistaumunaigaz» (12%), JSC «CNPC-Aktobemunaigaz» (11%), JSC «OzenMunaiGas» (8%), JSC «Embamunaigaz» (4%), JSC «PetroKazakhstan Inc» (3%), JSC «Turgai-Petroleum» (3%), JSC «Karazhanbasmunai» (2,5%), Buzachi Operating Ltd (2%) [2, 3].

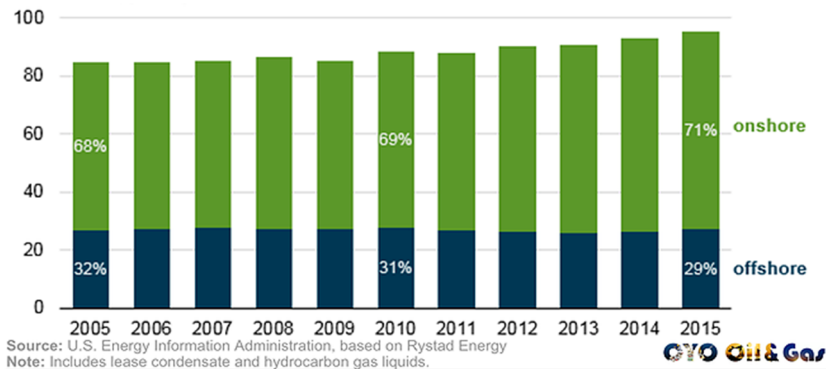


Figure 1 - Dynamics of world oil and gas production in the world for 2005-2015

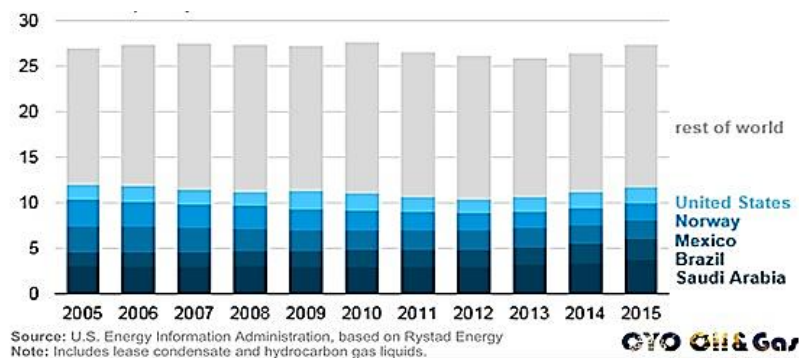


Figure 2 - Dynamics of world oil production at sea for 2005-2015

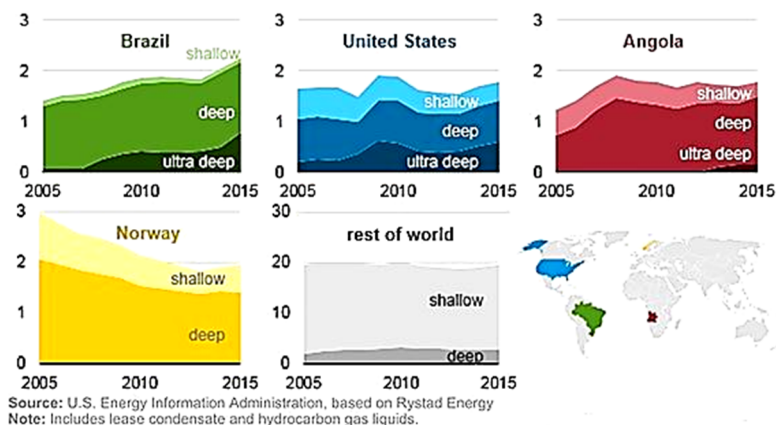


Figure 3 - Extraction of oil on the shelf, depending on the depth in the dynamics for 2005-2015

The oil and gas regions of the republic, where about 200 oil and condensate fields are located, occupy an area of about 62% of the territory of Kazakhstan. The 11 largest oil and gas fields in Kazakhstan are shown in Figure 4.

Analysts of the Rating Agency of the Regional Financial Center of Almaty forecast from 2017 to 2021 the positive dynamics of oil production on average at 102,6%. Starting in 2019, the growth dynamics will accelerate to 102,8% -102,9%. Production volumes in the baseline scenario for 2020 and 2021 will amount to 86.1 million tons and 88.5 million tons respectively. Such changes reflect the output of the industrial production of hydrocarbons at the Kashagan oil field (see Figure 5).

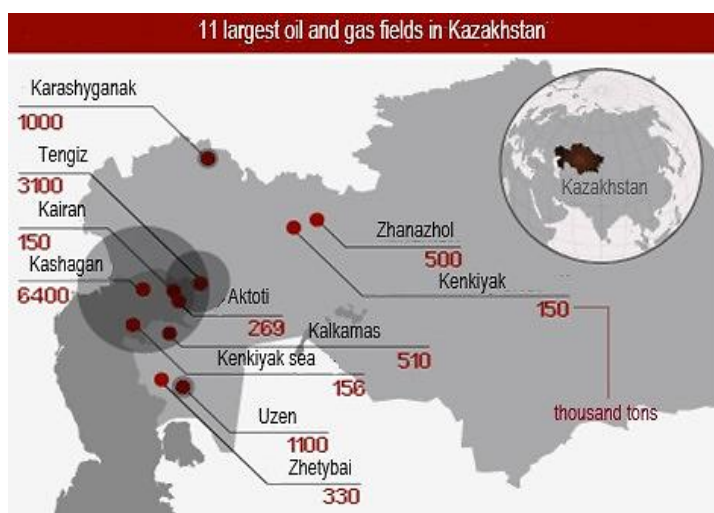


Figure 4 - The largest oil and gas fields in Kazakhstan

World market of titanium products for oil and gas sector. The world market of titanium products for the oil and gas sector is estimated differently by different companies. Sheets and plates of titanium are widely used in the manufacture of various equipment for the oil industry, as well as oil production.

The use of titanium in the oil and gas industry is growing, and last year about 6,000 tons of titanium products were sold for it, which is 5% more than in 2015.

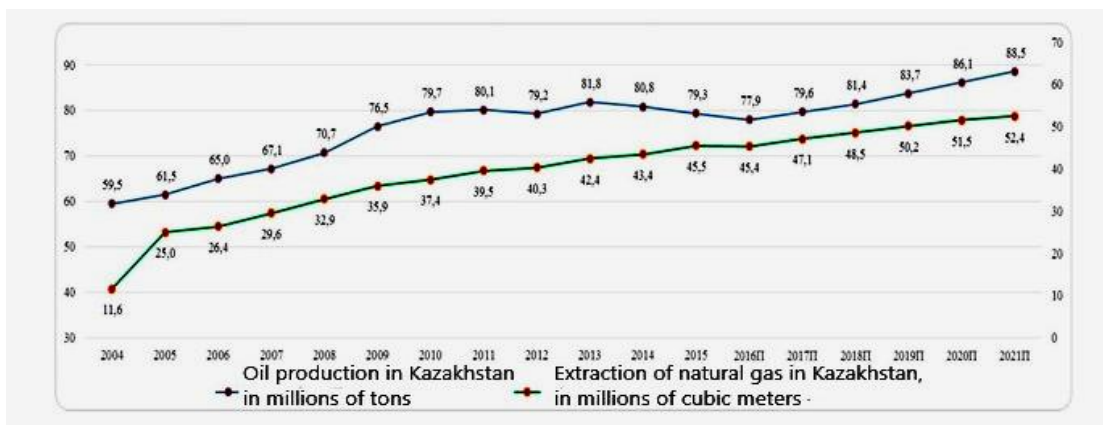


Figure 5 - Forecast of oil and natural gas production in the Republic of Kazakhstan for 2017-2021

The greatest experience in the use of titanium alloys in the offshore industry has been accumulated in Norway and the United Kingdom.

The main producers of titanium products in the world are represented in Figure 6.

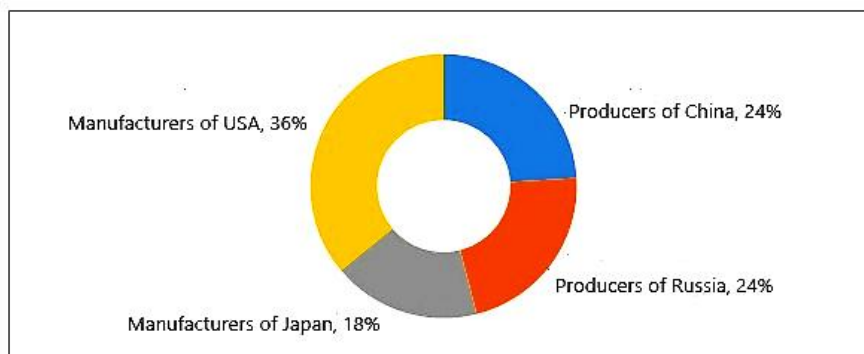


Figure 6 - World manufacturers of titanium products in 2016

About 40% of the market is occupied by three American companies (Timet, Allegheny Technologies and RTI), 22% - Russia, and the rest of the share is occupied by manufacturers from China and Japan, and China, which has significantly increased production in recent years, controls more than 20% of the market.

As more and more deepwater offshore oil production systems are created, the need for titanium alloys to manufacture underwater equipment and components has risen sharply. In this case, the value of titanium application increases for three main reasons:

- a number of elements of underwater equipment requires the use of alloys with high specific strength and low modulus of elasticity;

- the requirement to save weight of equipment on the platform. According to Shell Oil, reducing the weight of underwater equipment by 1 ton allows to reduce the weight of supporting equipment by 3 tons, which is equivalent to saving about 150 thousand dollars. Each extra pound of equipment on the deck of the platform or production vessel costs 6,5 dollars;

- titanium and its alloys are highly reliable, including high corrosion resistance in sea water and in working environments in oil production.

The largest companies producing titanium products for the oil and gas industry are presented in Table 2.

Thus, the market of products for the oil and gas industry can be considered oligopolistic (several large players that control the market) - and recently it has only been enlarged.

Demand for titanium products in the oil market. As part of the study of the demand for products for the oil and gas industry, plans to purchase goods, works and services for major oil-producing enterprises in 2016 (Kazmunaigas, which include companies such as KazakhOil-Aktyube, Mangistaumunaigaz, PetroKazakhstan, Tengizchevroil, etc.) are placed on corporate websites of organizations and are freely available. The largest specific weight, among which, is the following stop valves:

- Ball valves are used as a locking device on pipelines of various media. Table 3 presents the brands of crane balls most commonly used in oil fields;

- check valve is designed to prevent backflow of transported medium in process pipelines. Table 4 presents the types of check valves most commonly used in offshore fields.

Table 2

The largest companies producing titanium products for the oil and gas industry

Company name	Name of product	Sales markets
Corporation VSMPO-AVISMA Verkhaya Salda Metallurgical Production Association (VSMPO, Sverdlovsk Region, Verkhaya Salda) and AVISMA (Berezniki, Perm Territory) is the world's largest supplier of titanium products	Titanium products for drilling rigs: pipeline elements: pipes from DN150 to DN1000 with a wall thickness of 4 mm to 12 mm, bends, flanges, tees, transitions.	Great Britain, USA, China, Ukraine. Currently, this large vertically integrated structure accounts for about 30% of the aerospace sector and 25% of the industrial world titanium market and almost 90% in Russia
Joint Stock Company "Naman-ganmash" Namangan Machine-Building Plant Namangan Uzbekistan	Titanium damper, titanium ball valves, titanium reverse valves, titanium stop valves	CIS countries
Norway	Production of equipment for the oil and gas industry	It is used in projects around the world in the oil and gas industry, while extracting oil from offshore fields
United Kingdom		
ItalBest Valve s.r.l. (Italy)	Pipe shut-off valves (wedge gate valves, check valves, check valves, ball valves, butterfly valves, parallel valves, check valves and DBB (double acting stop and release valves))	On the Steel Head platform (Alaska shelf)
Kawasaki Heavy Industries (Japan)	Heat exchanging equipment	
ENCE GmbH (Switzerland)	Heat exchanging equipment	LLC "Intech GmbH" dealer of the company in the CIS space
The company Tranter (plants in Sweden, Germany, the United States, India and China)	Heat exchanging equipment	The service network covers Europe, North and South America, the Middle East, Asia and Australia.
Titanium Gr2 Gate Valve (China)	Shut-off valves	The service network covers Europe, North and South America, the Middle East, Asia and Australia.
Hilong (China)	Pipes with diameter from DN150 to DN1000 with wall thickness from 4 mm to 12 mm	
IRIVET (Moscow)	Riveting technology and fasteners	All regions of Russia

Table 3

Name of marks of the ball valve

Name	Diameter	Pressure, MPa	Weight, kg
TBV 63-025	25	6,3 (63)	3,25
TBV 63-032	32	6,3 (63)	4,16
TBV 63-040	40	6,3 (63)	5,2

Table 4

Designation of grades of check valves

Name	DN	PN	L	H	Weight, kg
TCV 100-040	40	10,0 (100)	270	195	20
TCV 100-050	50	10,0 (100)	300	203	25
TCV 100-080	80	10,0 (100)	380	215	53

Conclusion. The progress of modern technology depends to a large extent on the use of structural materials with higher values of operational properties. Such metallic materials include titanium and its alloys. Due to the high level of specific strength, corrosion resistance in most aggressive media (comparable to the corrosion resistance of a metal such as platinum) and a number of other unique properties, titanium alloys have found wide application in aerospace and aircraft engineering, shipbuilding, chemical engineering, and in the oil and gas industry.

The share of offshore fields in 2015 was 29% of the total world oil production. The exploitation of offshore fields is carried out in 50 countries around the world, but almost half of all production is concentrated in the five leading countries: Saudi Arabia, Brazil, Mexico, Norway and the USA.

In recent years, Kazakhstan has been developing offshore projects in the water area of the Caspian Sea. In Kazakhstan, oil reserves can grow to 76 billion tons. According to geologists, so much raw material is stored while in the undiscovered deposits located in salt domes at a depth of 5 to 12 kilometers. Another 1.5 billion tons is already explored, but hard-to-recover reserves. The extraction of "difficult" oil is planned to begin in 29 fields, where 57 million tons are planned to be extracted.

At the end of 2016, the average monthly number of operating oil and gas drilling rigs in the world was minimal over the past 17 years and amounted to 1,593 pieces, including 246 marines (15.4%). A year earlier, there were 2337, while in 2014 the world had the maximum number of drilling rigs since 1985 - 3578 pieces [3].

The share of Kazakhstan titanium in the global segment is planned to increase from 11% to 20%. Titanium ingots of our own production allow us to produce products that are competitive and in demand on the world market for the oil and gas industry in accordance with the requirements of the standards.

Bibliography

1. Шашкова Ю.Е. ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Применение титана и титановых сплавов для различных отраслей промышленности. Основные свойства и преимущества. - 03.2011.
2. Инвестиционный меморандум, составленный UBS Investment Bank и Казкомерц Секьюритиз для акционерного общества «КазТрансОйл», 23 окт. 2012 г.
3. Национальный энергетический доклад на 2015 год. ОЮЛ «Kazenergy».
4. Отчет от 10 мая 2016 года компании Baker Hughes.

Получено 31.08.2017

УДК 669.534.537.539

Д.К. Ескермесов, С.В. Плотников

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

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ (Ti-Zr-Cr-Nb)N, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ

Исследованные многокомпонентные нитридные покрытия (Ti-Zr-Cr-Nb)N в данной работе были получены с использованием хорошо развитого метода вакуумно-дугового осаждения. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что химический состав, микроструктура и физико-механические свойства покрытий тесно опираются на параметры осаждения (давление рабочего газа и потенциал смещения на подложке). Микроструктура и физико-

механические свойства (Ti-Zr-Cr-Nb)N покрытий были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (РЭМ) и рентгеноструктурного анализа (РСА). Толщина покрытий достигла 6,8 мкм, а значение твердости, обусловливающей напряжения, превышающие когезионную прочность покрытия, составило $H=43,7$ ГПа.

Берілген жұмыстағы зерттелген көпкомпонентті нитридті жабындар (Ti-Zr-Cr-Nb)N жақсы дамыған вакуумды-доғалы тұндыру әдісін қолдана отырып алынды. Тәжірибелік және теориялық зерттеулер жабындардың химиялық құрамы, микроқұрылымы мен физика-механикалық қасиеттері тұндыру параметрлеріне (жұмысшы газдың қысымы мен төсеуіштегі потенциалдың ығысуына) тығыз сүйенетінін көрсетеді. (Ti-Zr-Cr-Nb)N жабындарының микроқұрылым мен физика-механикалық қасиеттері рентгенқұрылымдық сараптама (РҚС) және сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) көмегімен зерттелді. Жабын қалыңдығы 6,8 мкм, жабынның когезионды беріктігін арттыратын, кернеуді білдіретін қаттылық мәні $H=43,7$ ГПа құрайды.

Investigated multicomponent coating nitride (Ti-Zr-Cr-Nb)N in this study were obtained using a well-developed technique of vacuum-arc deposition. Theoretical and experimental studies show that the chemical composition, microstructure and mechanical properties of coatings are based closely on deposition parameters (the working gas pressure and bias potential on the substrate). The microstructure and mechanical properties (Ti-Zr-Cr-Nb)N coatings were investigated using a scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction (XRD). The coating thickness reached 6.8 μm and their maximum of hardness was $H = 43,7$ GPa.

Ключевые слова: покрытия, вакуумно-дуговое осаждение, нитрид, твердость, износ, микроструктура.

Наиболее перспективным и развивающимся способом повышения работоспособности рабочих поверхностей изделий является формирование на инструментальных и конструкционных материалах износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитридов и карбидов тугоплавких элементов [1]. Однако в процессе исследования выяснилось, что они имеют ряд недостатков, ограничивающих перспективу их использования в промышленности. Они имеют низкую термостойкость [2]. При нагреве изделия, к примеру, с наиболее распространенным покрытием TiN выше 400-500 °C [3-5] на поверхности покрытия начинает расти хрупкий слой оксида титана с низкой адгезией, который быстро разрушает защитную стойкость покрытия, также недостаточными для современного уровня развития техники и технологии оказались механические и триботехнические свойства этих покрытий.

В последнее десятилетие широкое применение получили многоэлементные покрытия, полученные при помощи трех- (Ti-Nb-N, Ti-Cr-N, Zr-Ti-N [6-7]), четырех- (Zr-Ti-Si-N) [8, 9] или пятикомпонентных систем (Zr-Nb-Ti-Cr-N) [10, 11]. Структура и свойства, а также возможности термической стабилизации фазового состава таких легированных конденсатов пока изучены мало. Комплекс физических и механических свойств чистых металлов, таких как цирконий, ниобий, титан, молибден, хром, позволяет предположить целесообразность исследования вакуумно-плазменных конденсатов на основе системы Ti-Zr-Cr-Nb. Среди существующих технологий получения таких покрытий наиболее перспективными являются усовершенствованные вакуумные ионно-плазменные методы. Эти технологии оказывают влияние на формирование структуры и фазового состава покрытий. В процессе осаждения также возможно формирование аморфной структуры, уменьшение размера зерен, получение новых химических соединений, что позволяет значительно улучшить их физико-механические свойства. Поэтому актуальной задачей в настоящее время является применение методов ионно-плазменного осаждения к получению многокомпонентных покрытий на основе (Ti-Zr-Cr-Nb)N.

Цель данной работы – изучение особенности формирования ионно-плазменных покрытий при вакуумно-дуговом испарении многокомпонентной системы на основе Ti+Zr+Cr+Nb в реактивной азотной атмосфере и проведение анализа их физико-механических свойств.

Оборудование и методы исследования. В качестве метода получения покрытий системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N применяли метод вакуумно-дугового осаждения. Испаряемый материал представлял собой цельнолитый катод Ti+Zr+Cr+Nb состава (ат. %): Ti - 12,32; Zr - 27,99; Cr - 37,39; Nb - 22,30. Катод изготовлен методом электронно-лучевого плавления. Покрытия осаждались в установке «Булат-6» в среде молекулярного азота N_2 на полированную поверхность подложек из стали 36 марки А570. Распыление покрытий производилось при давлении рабочего газа 0,3-0,7 Па. Потенциал смещения изменялся от -100 до -200 В. Подложки нагревались до 450 °С перед осаждением. Расстояние между подложками и катодом составляло 250 мм. Толщина покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N составляет 6,2-6,8 мкм. Параметры осаждения покрытия (Ti-Zr-Cr-Nb)N приведены в табл. 1. Принципиальная схема модернизированной вакуумно-дуговой установки показана на рис. 1.

Таблица 1
Технологические параметры осаждения покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N

№ (серии)	Осажденный материал	Ток дуги I_d , А	Давление азота P_N , Па	Напряжение смещения $U_{см}$, В
1	(Ti-Zr-Cr-Nb)N	110	0,3	-100
2			0,7	-100
3			0,3	-200
4			0,7	-200

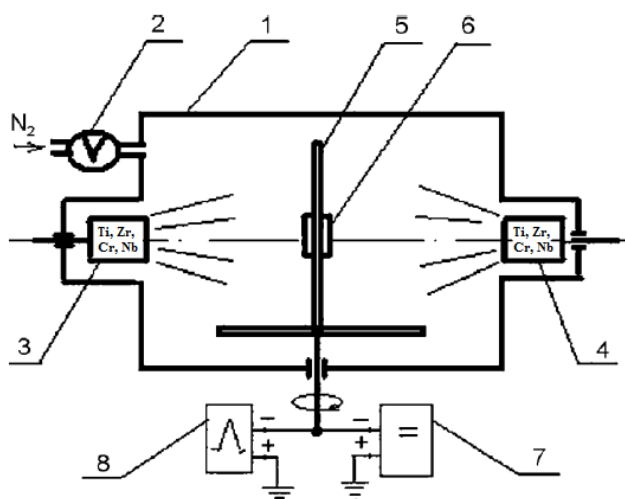


Рисунок 1 – Схема вакуумно-дуговой установки «Булат-6»:

1 - вакуумная камера; 2 - система автоматического управления давлением азота; 3, 4 - испарители Ti, Cr, Zr и Nb; 5 - держатель подложки; 6 - подложка (сталь А570); 7 - источник постоянного напряжения; 8 - высоковольтный импульсный генератор

Толщина покрытий, состояние границ между основой (подложкой) и покрытием и морфология поверхности изучались с помощью растрового электронно-сканирующего микроскопа «JSM-6390LV» (Япония) с ускоряющим напряжением 20-30 кВ. Элементный состав покрытий анализировался по спектрам характеристического рентгеновского излучения с помощью встроенного в микроскоп энергодисперсионного спектрометра рентгеновского излучения системы «INCA Energy OXFORD» (Великобритания).

Рентгеноструктурный анализ проводился путем анализа дифрактограмм исследуемых образцов, полученных на дифрактометре «Shimadzu XRD-7000S» (Япония). Дифракционные картины регистрировали с использованием $\text{CuK}_{\alpha 1/\alpha 2}$ излучения.

Для анализа морфологии поверхности и шероховатости, а также объем удаленного материала покрытия определяли по сечению дорожки износа на поверхности образца с помощью автоматизированного бесконтактного профилометра модели «Micro Measure 3D Station» (Франция).

Измерение микротвердости проводилось на автоматизированном твердометре модели «Durascan-20» (Швейцария) при нагрузке на индентор 0,05 Н, а нанотвердость и модуль упругости исследовались в динамическом режиме на нанотвердометре «NANO Hardness Tester» (Швейцария). Отпечатки были сделаны на расстоянии 1,0 мм друг от друга. Адгезионно-когезионная прочность, стойкость к царапанию и механизм разрушения покрытий исследовались на воздухе с помощью скретч-тестера «Micro-Scratch Tester» (Швейцария). Царапины были сделаны на покрытиях при непрерывном увеличении значений нагрузки сферического алмазного индентора Rockwell C с радиусом кривизны 100 $\mu\text{м}$ и регистрацией таких параметров, как акустическая эмиссия, коэффициент трения и глубина проникновения индентора. Фиксировали следующие основные критические нагрузки по изменению кривых зависимости коэффициента трения и акустической эмиссии от нагрузки скрайбирования – L_C .

Трибологические испытания проводились на воздухе по схеме «шарик-диск» на машине трения «PC-Operated High Temperature Tribometer» (Швейцария). В качестве контртела использовался шарик диаметром 3,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала - Al_2O_3 . Нагрузка составляла 5,0 Н, скорость скольжения - 2,5 см/с.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований элементного состава покрытий на основе (Ti-Zr-Cr-Nb)N в зависимости от физико-технологических параметров осаждения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты энергодисперсионного анализа покрытий на основе системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N

Номер серии	Элементный состав покрытий, ат. %			
	Ti	Zr	Cr	Nb
	Элементный состав катода до осаждения			
	12,32	27,99	37,39	22,30
1	13,47	27,87	14,89	43,77
2	12,07	23,55	14,82	49,56
3	25,73	18,54	36,95	18,78
4	28,15	20,74	31,27	19,84

Согласно результатам растровой электронной микроскопии, вакуумно-дуговая конденсация многокомпонентной системы имеет ряд особенностей в формировании морфологии поверхности. На рис. 2 представлено РЭМ-изображение одного из полученных покрытий системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N.

Основным отличием осаждения вакуумной дугой, в частности в режиме дуги катодного пятна, является производство расплавленных капель, которые могут быть включены в покрытие в виде микрочастиц. Как видно из рис. 2,а, покрытие (Ti-Zr-Cr-Nb)N содержит включения капельных фракций различных размеров (до 8 мкм в диаметре). В нашем случае микрокапли имеют форму эллипсоида, которая указывает, что капли летят почти параллельно плоскости подложки. Повышение температуры потока осаждения с использо-

ванием напряжения смещения ($U = -200$ В) значительно снижает концентрацию фракции капель на поверхности (рис. 2, б). Уменьшенное содержание капель может возникнуть в результате процессов плавления на поверхности покрытия.

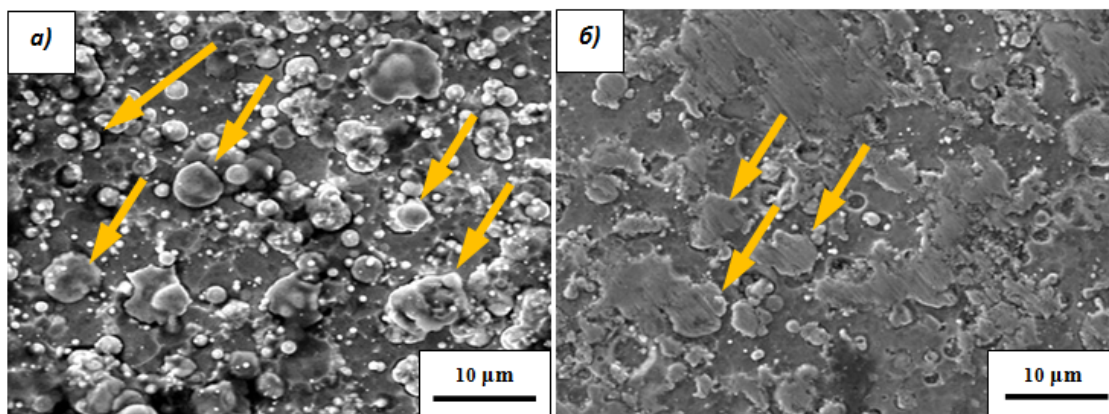


Рисунок 2 - РЭМ-изображение поверхности покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N:
а - ($P_N = 0,3$ Па, $U = -100$ В); б - ($P_N = 0,7$ Па, $U = -200$ В)

На рис. 3 приведены рентгенодифракционные спектры покрытий. С повышением значений потенциала смещения, подаваемого на подложку, происходит увеличение размеров кристаллитов (L) основной фазы TiN (табл. 3).

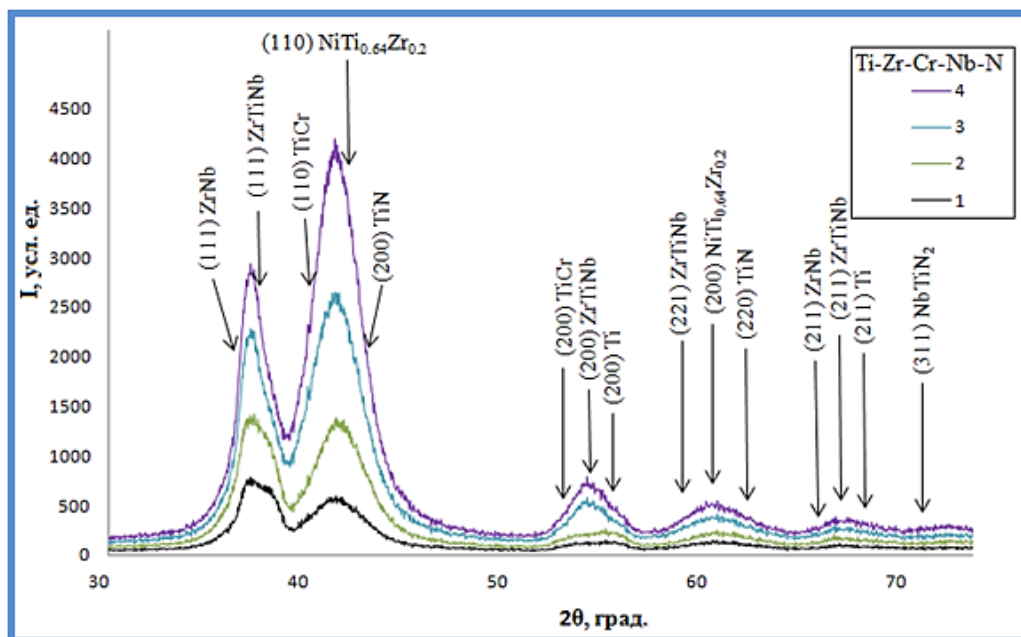


Рисунок 3 – Рентгенограммы покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N,
полученных при различных значениях P_N и U

Проведенный на основании данных табл. 3 анализ указывает на значительную зависимость состава покрытий от потенциала смещения, подаваемого на подложку, т. е. за счет

потенциала смещения увеличивается энергия падающих частиц, что приводит к более высокой радиационной составляющей при формировании структуры покрытий. Так, увеличение потенциала смещения до -200 В приводит к повышению содержания сильных нитридообразующих составляющих Ti, Nb, Cr и Zr, а также к повышению содержания азотных атомов.

Таблица 3

Размер кристаллитов (L) и период решетки (a) отдельной фазы TiN покрытий на основе системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N

Параметры	Номер образцов			
	1	2	3	4
L , нм	8,06	8,06	11,16	14,80
a , Å	4,2434	4,2391	4,1993	4,2218

Фазовый анализ нитридных покрытий (Zr-Ti-Cr-Nb) N указывает на наличие фаз TiN, NbTiN₂, ZrTiNb, ZrNb, TiCr и α -Ti. Включительно была обнаружена фаза NiTi_{0,64}Zr_{0,2}. Это связано с подложкой, так как в состав нее входит Ni. Скорее всего, при осаждении поверхность подложки нагревается до плавления Ni, и происходит соединение с осаждающимися элементами, т.е. Ti и Zr и образуют новую фазу.

Результаты обработки профилограмм свидетельствуют, что среднее значение шероховатости подложки составляет $R_a=0,089$ мкм, и она меняется после осаждения покрытия. На рис. 4 приведены АСМ-изображения топографии поверхности покрытия 4-х серий системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N.

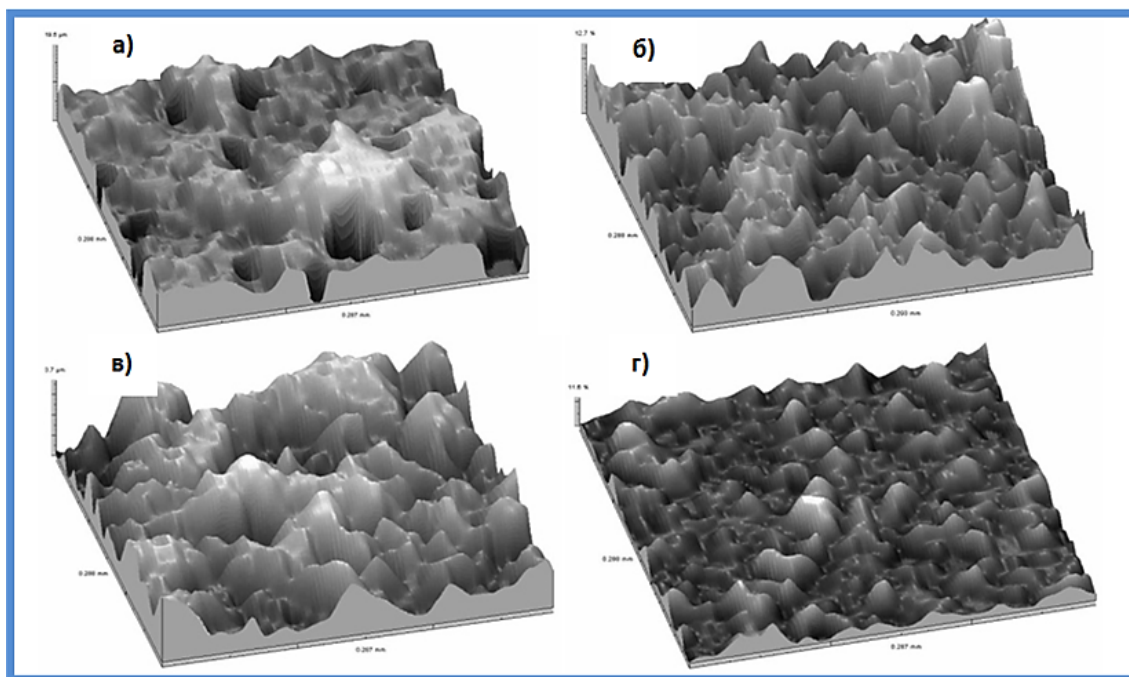
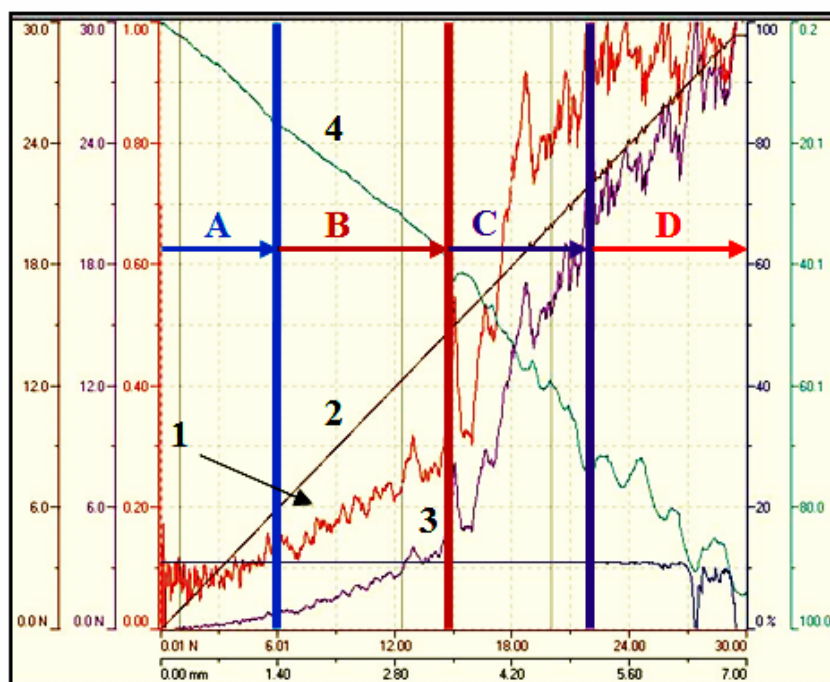


Рисунок 4 – АСМ трехмерное изображение поверхности покрытия:

а - (Ti-Zr-Cr-Nb)N $P_N=0,3$ Па, $U_b=-100$ В, $R_a=1,69$ мкм (Серия 1); б - $P_N=0,7$ Па, $U_b=-100$ В, $R_a=1,83$ мкм (Серия 2); в - $P_N=0,3$ Па, $U_b=-200$ В, $R_a=1,88$ мкм (Серия 3) и г - $P_N=0,7$ Па, $U_b=-200$ В, $R_a=1,55$ мкм (Серия 4)

Сравнение полученных данных показывает, что изменение шероховатости покрытия (Ti-Zr-Cr-Nb)N напрямую зависит от давления реакционного газа азота и потенциала смешения. При давлении $P_N=0,7$ Па поверхность покрытия получается более однородной, с явно выраженными капельными включениями мелких размеров. При давлении $P_N=0,3$ Па на поверхности покрытия образуются неп полностью расплавленные соединения элементов Ti, Zr, Cr, Nb с азотом.

Результаты исследования адгезионно-когезионной прочности и стойкости покрытий к царапанию приведены на рис. 5, 6. По изменению значений коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии при увеличении нагрузки скрайбирования (рис. 5) определялись характерные значения критической нагрузки L_C : L_{C1} - появление первой шевронной трещины на дне и диагональной трещины по краям царапины; L_{C2} - образование множества шевронных трещин на дне царапины и локальное отслаивание покрытия, образование шевронных трещин на дне царапины; L_{C3} - когезионно-адгезионное разрушение покрытия; L_{C4} - пластичное истирание покрытия. За критерий адгезионной прочности было принято значение критической нагрузки L_{C4} , при которой происходит истирание покрытия.



A – zone 1, L_{C1} ; B – zone 2, L_{C2} ; C – zone 3, L_{C3} ; D – zone 4, L_{C4}

Рисунок 5 – Результаты измерения механических характеристик от приложенной нагрузки при скрейб-тестировании покрытия (Ti-Zr-Cr-Nb)N, $P_N=0,7$ Па и $U_{см}=-100$ В: 1 – коэффициент трения (μ); 2 – нормальная нагрузка (F_N); 3 – акустическая эмиссия (A_E); 4 – глубина внедрения (P_h)

В соответствии с этими критериями процесс разрушения покрытия при царапании индентором можно условно разделить на четыре стадии. В диапазоне нагрузок от $F=0,01$ до $5,50$ Н происходит монотонное проникновение индентора в покрытие, при этом коэффициент трения незначительно возрастает, а сигнал акустической эмиссии сохраняется неизменным. При нагрузке $F=6,01$ Н индентор полностью погружается в покрытие, а скольжение алмазного индентора по покрытию происходит с коэффициентом трения

0,25. При увеличении нагрузки ($F = 12,01 - 30 \text{ Н}$) происходит выдавливание материала перед индентором в виде бугорков и увеличение глубины проникновения индентора.

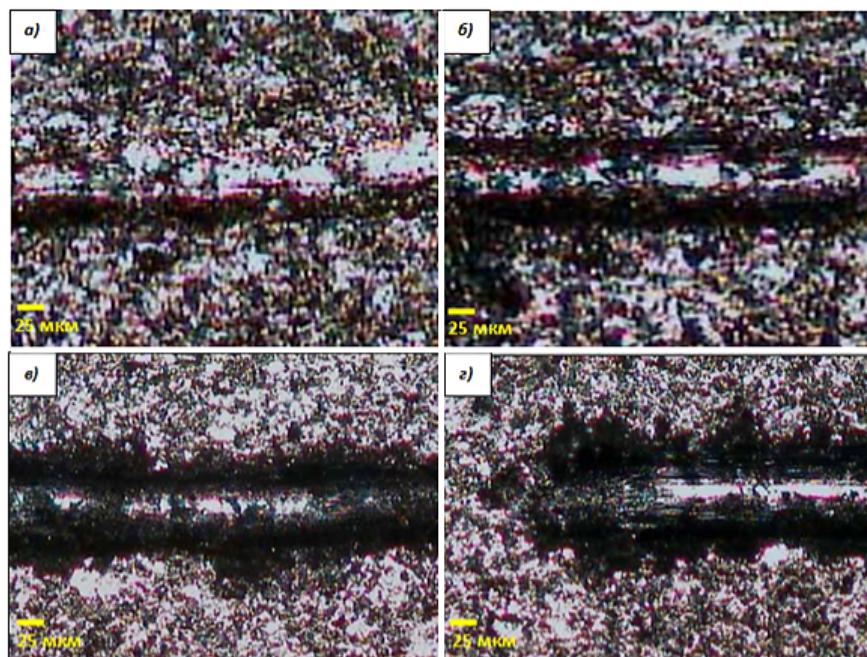


Рисунок 6 – Микрофотографии зоны контакта алмазного индентора с покрытием $(\text{Ti-Zr-Cr-Nb})\text{N}$, полученного при $P_N=0,7 \text{ Па}$ и $U_{\text{см}}=-100 \text{ В}$: а - зона 1; б - зона 2; в - зона 3; з - зона 4

Сравнительный анализ свидетельствует, что покрытия при царапании истираются, но не отслаиваются, т. е. разрушаются по когезионному механизму, связанному с пластической деформацией и образованием усталостных трещин в материале покрытия (рис. 6, 7).

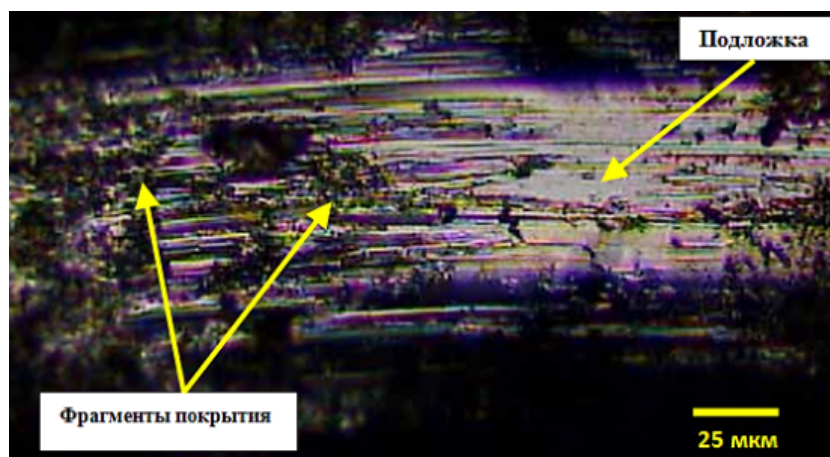


Рисунок 7 – Изображение сохранившихся фрагментов покрытия на дне царапины после воздействия алмазного индентора

Как известно, наиболее универсальным параметром, позволяющим достаточно экспрессно оценить механические свойства покрытия, является его микротвердость. Резуль-

таты таких измерений для покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N приведены в табл. 4. Как видно, максимальная твердость $HV=43,73$ ГПа достигается при давлении реакционного газа $P_N=0,7$ Па и потенциала смещения $U_{CM}=-200$ В.

Таблица 4

Результаты измерения твердости покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N

Номер образцов (серии)	Твердость, $HV_{0,1}$ ГПа
1	30,93
2	34,78
3	38,86
4	43,73

Таким образом, полученные экспериментальные и теоретические результаты исследований представляют собой новый шаг в решении задачи создания защитных покрытий на основе многокомпонентных систем (Ti-Zr-Cr-Nb)N, структурно-фазовые характеристики которых дают возможность повысить эксплуатационные качества разных изделий, работающих при высоких температурах, нагрузках и темпах износа. Твердость полученных покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N меняется в зависимости от условий осаждения: давления реакционного газа P_N и потенциала смещения U_{CM} .

В заключение можно сделать следующие выводы. Методом вакуумно-дугового осаждения цельнолитого катода в среде реакционного газа азота получены многокомпонентные покрытия системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N. Экспериментальные и теоретические исследования показывают, что покрытия, полученные при выбранных параметрах осаждения, имеют толщину покрытия 6,8 мкм. Наиболее высокую микротвердость 43,73 ГПа и стойкость к износу показали покрытия, полученные при максимальном давлении азота. Для этих покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N характерно образование нитридообразующей фазы TiN. Покрытия характеризуются хорошей адгезионной прочностью и при испытаниях разрушаются по когезионному механизму. По физико-механическим характеристикам полученные покрытия системы (Ti-Zr-Cr-Nb)N перспективны для использования.

Список литературы

1. Кавалейро А. Наноструктурные покрытия / А. Кавалейро, Д. Де Хоссона // М.: Техносфера, 2011. - С. 792.
2. Musil J. Hard and superhard nanocomposite coatings // Surf. Coat. Technol. - 2000. - Vol. 125. - P. 322-330.
3. Андриевский Р.А. Сверхтвердые наноструктурные материалы на основе тугоплавких соединений // Функциональные материалы. - 2007. - Т. 1. - № 4. - С. 129-133.
4. Азаренков Н.А. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: Учеб. пособие / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк и др. // ХНУ им. В.Н. Каразина. - Харьков, 2009. - С. 209.
5. Погребняк А.Д. Структура и свойства твердых и сверхтвердых нанокompозитных покрытий / А.Д. Погребняк, А.П. Шпак, Н.А. Азаренков и др. // УФН. - 2009. - Т. 179. - № 1. - С. 35-64.
6. Beresnev V. M., Sobol' O. V., Pogrebnyak A. D. et al. Thermal stability of the phase composition, structure, and stressed state of ion-plasma condensates in the Zr-Ti-Si-N system // Techn. Phys. - 2010. - 55, N 6. - P. 871-873.
7. Андреев А.А. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия / А.А. Андреев, В.П. Саблев, В.М. Шулаев и др. // Харьков: ННЦ «ХФТИ», 2005. - С. 236.
8. Береснев В.М. Микронанослойные покрытия, сформированные методом вакуумно-дугового осаждения с использованием ВЧ-разряда / В.М. Береснев, В.Т. Толлок, О.М. Швеи и др. // ФИП. - 2006. - Т. 4. - № 1-2. - С. 93-97.

9. Pogrebnjak A., Maksakova O., Kozak C., Koltunowicz T.N., Grankin S., Bondar O., Eskermesov D., Drozdenko A., Petrov S., Erdybaeva N. Physical and mechanical properties of nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings obtained by vacuum-arc deposition method // Przegląd elektrotechniczny. - 2016. -doi:10.15199/48.2016.08.49. – P. 180-183.
10. Beresnev V.M., Sobol O.V., Grankin S.S., Nemchenko U.S., Novikov V.Yu., Bondar O.V., Belovol K.O., Maksakova O.V., Eskermesov D.K. Physical and mechanical properties of (Ti-Zr-Nb)N coatings fabricated by vacuum-arc deposition // Inorganic Materials: Applied Research. -2016. - doi: 10.1134/S2075113316030047. - Vol. 7 No 3, -P. 388-394.
11. Plotnikov S.V., Pogrebnjak A.D., Yerokhina, L.N., Yeskermessov D.K. Study of nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings' physical-mechanical properties obtained by vacuum arc evaporation // RTEP2015 / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2015. - doi:10.1088/1757-899X/110/1/012031. - P. 1-6.
12. Maksakova O.V., Grankin S.S., Bondar O.V., Kravchenko Ya.O., Yeskermesov D.K., Prokopenko A.V., Erdybaeva N.K., Zhollybekov B. Nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings obtained by vacuum-arc deposition method: structure and properties // Journal of Nano- and Electronic Physics. - 2015. - Vol. 7 No 4, - P. 1-7.
13. Yeskermessov D.K., Plotnikov S.V., Yerdyaeva N.K. Structure and properties of multi component (Ti-Zr-Cr-Nb)N coatings obtained by vacuum-arc deposition // Tribologia. – 2016. – P. 205-218.

Получено 16.08.2017

УДК 669.44

В.П. Жуков, Н.Г. Агеев, В.А. Меньшиков

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Н.А. Куленова, Ж.С. Оналбаева, З.М. Ахметвалиева

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

**ВЛИЯНИЕ СВИНЦА И ЦИНКА НА ПОТЕРИ МЕДИ СО ШЛАКОМ ПРИ ПЛАВКЕ ВТОРИЧНОГО
МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ПОИСК ФЛЮСОВ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА**

В статье изложены статистически обработанные результаты промышленных плавов вторичного медь-цинк-свинцовсодержащего сырья и предложены рекомендации по снижению потерь меди со шлаком.

Мақалада құрамында мыс-мырыш-қорғасыны бар екіншілік шикізатты өнеркәсіптік балқытудың статистикалық өңделген нәтижелері келтірілген және мыстың қожбен жоғалымдарын төмендету бойынша ұсыныстар берілген.

The article contains statistically processed results of industrial smelting of secondary copper-zinc-lead-containing raw materials. Recommendations for reducing copper losses with slag during the smelting are given.

Ключевые слова: вторичное сырье, плавка, потери меди, флюсы, шлаки.

В связи с истощением запасов рудного сырья на предприятиях цветной металлургии России и Казахстана в шихту плавки все больше вовлекается сложное по составу вторичное медь-цинк-свинцовсодержащее сырье. Основным источником свинца и цинка в таких ломках и отходах могут быть поступающие на плавку разнообразные изделия из чистой латуни (60% Cu, 40% Zn), радиаторы (70% Cu, 15% Zn, 10% Pb), трубки (69% Cu, 28% Zn). Наиболее типичным вариантом является переработка смешанного лома, когда шихта плавки составляется из разнообразного вторичного сырья.

В качестве плавильного агрегата для исследования технологии переработки вторичных металлов был избран ТРОФ-конвертер, который конструктивно, благодаря вращению корпуса (колбы), позволяет обеспечить эффективное перемешивание шихты при плавке, а на стадии рафинирования осуществлять продувку расплава с помощью погружной фурмы. Данные факторы позволяют его отнести к категории металлургических процессов и аппаратов с повышенной долей конвективного теплообмена, для которых в какой-то мере могут быть характерны наиболее общие физико-химические и технологические закономерности.

Систематизация состава шихтовых материалов проведена относительно доли смешанного лома (д.с.л.) как наиболее сложного многокомпонентного вида сырья. В результате предварительного анализа материальных балансов плавки в интервале фактических значений д.с.л. (25-100%) получена зависимость (рис. 1) содержания меди в шихте, $[\text{Cu}]_{\text{ш}}$ от д.с.л., вовлекаемого в переработку.

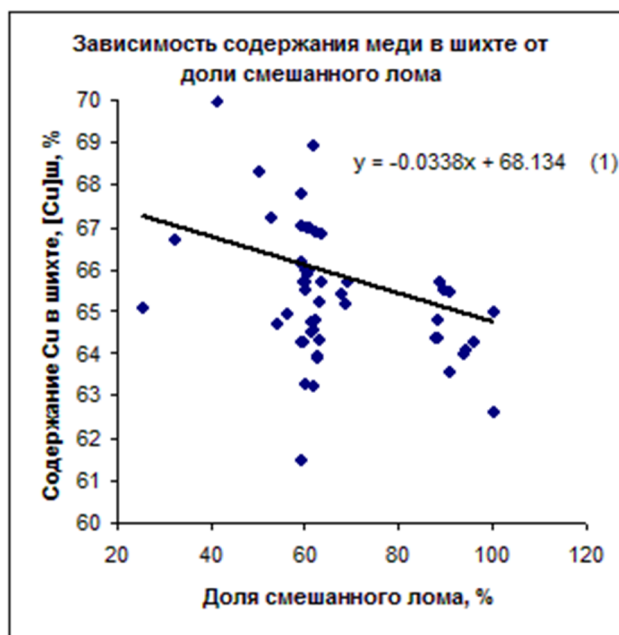


Рисунок 1

Из данных рис. 1. видно, что с увеличением д.с.л. общее содержание меди в шихте $[\text{Cu}]_{\text{ш}}$ снижается, что согласуется с более низкой концентрацией Cu в с.л. по сравнению с другими составляющими шихты. Для последующего анализа из общего массива величин осуществлена выборка данных, отвечающих наибольшему числу плавки (обширное поле точек на рис. 1), где изменение д.с.л. наблюдается в сравнительно узкой области 60-63%.

Построена зависимость $[\text{Cu}]_{\text{ш}}$ от д.с.л. (рис. 2.) и получено уравнение, решение которого при граничных условиях показывает, что при 70% д.с.л. содержание меди в шихте изменяется незначительно (~ на 1,5%). Поэтому можно полагать, что величина (Cu) в шлаке существенно не зависит от $[\text{Cu}]_{\text{ш}}$, о чем свидетельствует практически горизонтальная прямая (рис. 3). Данное обстоятельство позволяет в дальнейшем использовать величину (Cu) для объективной оценки влияния шлакообразующих компонентов (флюсов) на ход плавки вне зависимости от исходного содержания меди в шихте.

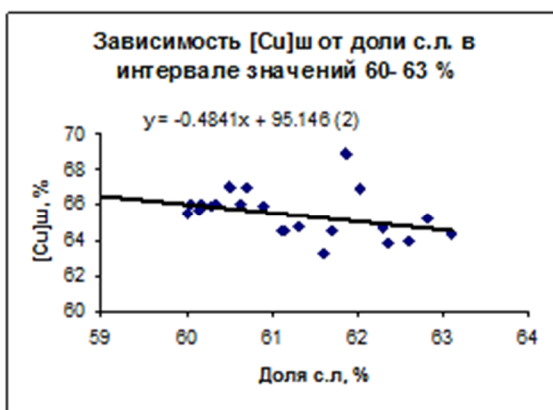


Рисунок 2



Рисунок 3

Оценку влияния свинца в шихте $[Pb]_{ш}$, $[Zn]_{ш}$ и вывод количественной зависимости $(Cu)_{шл}$ от величины $[Pb]_{ш}$, $[Zn]_{ш}$ проводили на основе материальных балансов различных плавок переменного состава шихтовых материалов. Результаты статистической обработки данных (рис. 4, 5) показывают, что с ростом содержания свинца и цинка в шихте увеличивается концентрация меди в шлаке. Для удобства количественной интерпретации в поле рисунков показаны эмпирические уравнения, связывающие выходную функцию содержания меди в шлаке (y) с концентрацией свинца и цинка в шихте (x).



Рисунок 4

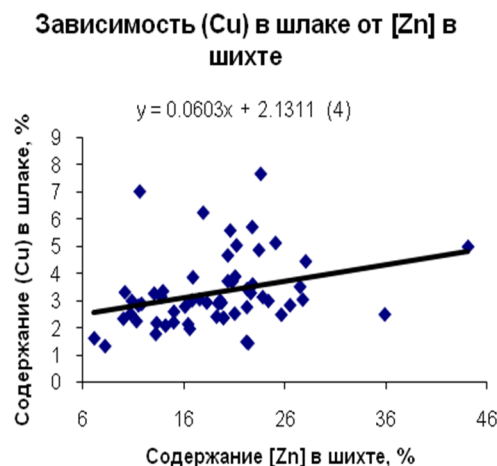


Рисунок 5

Дополнительно была проведена оценка влияния содержания (Pb) и (Zn) в шлаке на концентрацию в нем меди после расплавления шихты. Содержание меди в шлаке с ростом величины $(Pb)_{шл}$ (рис. 6) закономерно возрастает. Влияние (Zn) в шлаке на содержание в нем меди имеет более сложный характер (рис. 4) и зависит от концентрации цинка в шлаке. В интервале концентраций 23-24% Zn содержание меди в шлаке начинает заметно увеличиваться (рис. 7).

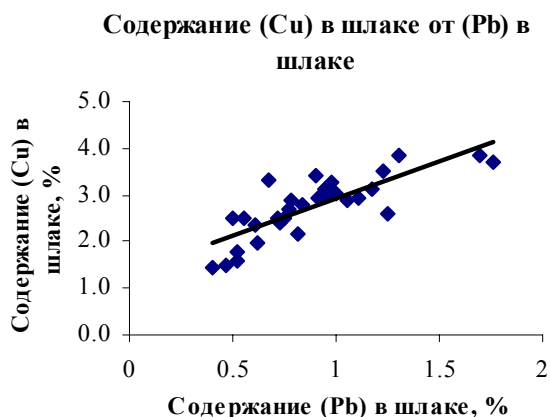


Рисунок 6

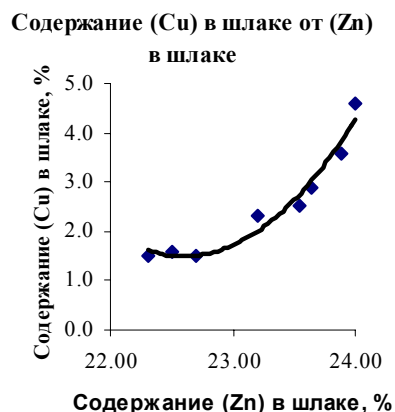


Рисунок 7

Отмеченная закономерность объясняется тем, что в системе $\text{ZnO-SiO}_2\text{-FeO(Fe}_3\text{O}_4)$ происходит образование насыщенных по ZnO (в форме виллемита, Zn_2SiO_4) растворов, и при дальнейшем увеличении концентрации цинка в шлаке может происходить гетерогенизация расплава. Образование твердых кристаллов соединений цинка приводит к резкому повышению вязкости шлака и увеличению доли механических потерь меди.

На процесс кристаллизации Zn_2SiO_4 влияют также количество и состав вводимых флюсов Fe , SiO_2 , CaO . В общем случае влияние шлакообразующих компонентов на содержание меди в шлаке определяется величиной модуля его кислотности M_k , рассчитываемого как отношение

$$M_k = \% \text{SiO}_2 / (\% \text{FeO} + \% \text{CaO} + \% \text{PbO} + \% \text{ZnO}). \quad (1)$$

Математическая обработка промышленных данных позволила получить для области значений $M_k=0,1-0,3$ следующее эмпирическое уравнение между содержанием меди в шлаке и модулем кислотности:

$$(Cu)_{\text{шл}} = 6,2 \exp(-4,0 M_k). \quad (2)$$

Как следует из уравнения (2) повышение кислотности приводит к уменьшению содержания меди в шлаке.

Для выбора флюсов обобщен опыт свинцовой плавки с получением высокоцинковистых шлаков, вторичной цветной металлургии по переработки бронзо-латунного сырья.

Исследуемые шлаки характеризуются более высоким содержанием цинка - 22,31-35,36% или 27,77-44,0% ZnO . Кроме того, в них содержится глинозем (4-11%). Суммарное содержание $\text{ZnO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ может достигать 26-47%. Высокое содержание оксида цинка предопределяет работу на основные шлаки с повышенной концентрацией закиси железа.

Результаты анализа шлаков и практика работы свинцовых заводов с высоким содержанием ZnO и Al_2O_3 показывают, что в случае повышения содержания оксида цинка рационально увеличивать концентрацию FeO и пропорционально снижать CaO и SiO_2 . Необходимые соотношения между шлакообразующими компонентами SiO_2 , FeO , CaO , в зависимости от содержания оксида цинка, можно подбирать по уравнениям:

$$(\text{Fe}) = 0,09(\text{Zn}) + 29,4, \quad (3)$$

$$(\text{SiO}_2) = -0,89(\text{Zn}) + 34,2, \quad (4)$$

$$(CaO) = -0,47(Zn) + 18,0. \quad (5)$$

Для практического удобства использования зависимости SiO_2 , Fe, CaO получены в пересчете на металлический цинк (Zn).

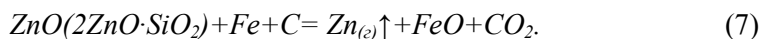
Результаты расчетов по уравнениям 3-5 показывают, что оптимальной концентрацией SiO_2 , Fe, CaO в области содержания цинка (22-35%) являются: 3-14,6% SiO_2 ; 31,4-32,5% Fe; 1,6-7,7% CaO. Величина модуля кислотности M_k составляет при этом 0,1-0,3. Последовательность расчетов оптимального состава вводимых флюсов при переработке полиметаллического вторичного сырья рекомендуется осуществлять в следующем порядке.

Имея предварительную информацию о содержании цинка в шихте, по ранее полученному уравнению

$$(Zn) = 0,34[Zn]_{ш} + 18,51 \quad (6)$$

определяем возможную концентрацию цинка в шлаке (Zn). В дальнейшем для минимизации содержания меди в шлаке необходимо рассчитать по формулам 1-3 оптимальное содержание SiO_2 , Fe, CaO. Количество вводимых флюсов рассчитывается исходя из концентрации флюсообразующих компонентов традиционными металлургическими расчетами. При этом необходимо выдерживать оптимальное соотношение между флюсами, соответствующее $M_k = 0,1-0,3$.

В результате выполненных исследований показано, что основным компонентом шихты, влияющим на содержание меди в шлаке, является цинк. Поэтому представляется целесообразным процесс плавки вторсырья осуществлять с максимальным переводом Zn в газовую фазу, чему способствует создание восстановительных условий. С этой целью в шихту необходимо вводить сухой древесный уголь, который наряду с Fe будет способствовать переводу цинка в возгоны по схеме:



Наличие углерода не приводит, в отличие от железа, к заметному увеличению массы шлака, а следовательно, и к дополнительным потерям с ним меди. Возгонка цинка начинается осуществляться по мере нагрева шихтовых материалов в твердом виде до их расплавления. Максимальное удаление цинка происходит после образования жидкой ванны. При создании условий, способствующих предварительному обесцинкованию за счет перевода части цинка в возгоны, представляется возможным получать низкоцинковистые шлаки и, соответственно, уменьшить потери с ним меди. Представляется целесообразным поиск различных видов и оптимального состава флюсов на стадии плавки (возгонки) и рафинирования, что может являться предметом отдельного исследования.

Полученные результаты могут представлять интерес для переработки вторичного медного и свинец-цинксодержащего сырья в плавильных агрегатах с повышенной долей конвективного тепломассообмена в жидкой ванне, например в печах Аусмелт, вертикальных конвертерах и пр.

Получено 31.08.2017

УДК 669. 712-201

А.З. Исагулов

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

А.Б. Ахметов, Г.Д. Кусаинова

Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, г. Караганда

А.А. Акимбекова

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАРБИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОТЛИВКАХ
ИЗ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ 110Г13Л**

В настоящее время широкое применение нашли литые стальные изделия из высокомарганцевой стали, работающие в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания. Это обусловлено уникальными свойствами высокомарганцевых аустенитных сталей типа 110Г13Л, а именно высоким сопротивлением поверхностей в деформированном состоянии абразивному износу в сочетании с высокой пластичностью и прочностью. Произведена термическая обработка опытных образцов литого металла соответствующей марки, также проведен металлографический анализ, который позволил доказать целесообразность процесса модифицирования стали комплексными сплавами. Выполненные экспериментальные и теоретические исследования позволили разработать новую технологию получения литых стальных изделий из высокомарганцевых сталей с высокой эксплуатационной стойкостью абразивному износу.

Қазіргі таңда абразивті және соғылмалы-абразивті жағдайында жұмыс істейтін жоғары марганецті болаттан құйылған дайындамалар кеңінен қолданыс тапты. Бұл 110Г13Л маркалы жоғары марганецті аустенитті болаттың бірегей қасиеттеріне байланысты, дәлдірек айтқанда оның деформация кезінде абразивті тозуына беттік қабатының жоғарғы кедергісі мен жоғарғы пластикалық және беріктік қасиеттерінің бар болуы. Жоғарыда айтылған маркалы болатқа сәйкес, одан құйылған тәжірибелі үлгілерге термиялық өңдеу және металлографиялық талдау жүргізілген, бұл болатты кешенді қорытпамен модификациялау үрдісінің маңыздылығын дәлелдеді. Жүргізілген тәжірибелік және теоретикалық зерттеулер болаттан құйылған дайындамалардың жұмыс барысында абразивті тозуға тұрақтылығына ие болған жоғары марганецті болаттан құймаларды алудың жаңа технологиясын әзірлеуге мүмкіндік берді.

At present a wide use was found by the cast steelworks from high-manganese steel, working in the conditions of abrasive and impact-abrasive wear. This is due to the unique properties of high-manganese austenitic steels of 110G13L, the high resistance of the surfaces in the deformed state abrasive wear in combination with high ductility and strength. Heat treatment of pre-production models of the cast metal, corresponding brand is produced, a metallography analysis that allowed to prove expediency of process of retrofitting became complex alloys is also conducted. The performed experimental and theoretical studies allowed to develop a new technology to produce cast steel products from high-manganese steels with a high operational stability abrasive wear.

Ключевые слова: высокомарганцевая сталь, абразивный износ, термическая обработка, модифицирование, карбидные включения.

Увеличение срока службы быстроизнашивающихся деталей машин – важнейшая проблема современного машиностроения. Особенно важно обеспечить достаточно длительные сроки службы таких деталей в горнорудной, металлургической и других отраслях. Длительность эксплуатации деталей машин и других изделий, их надежность и долговечность во многих случаях обеспечивается износостойкостью материалов, из которых они изготавливаются.

Одним из широко используемых износостойких материалов является высокомарганцевая аустенитная сталь марки 110Г13Л (Гадфильда), служащая для изготовления деталей, износ которых сопровождается ударами и большими давлениями. В частности эту сталь используют для получения литых зубьев ковшей экскаваторов, днищ ковшей, звеньев гусениц экскаваторов и т.д. Это обусловлено уникальными свойствами высокомарганцевых

сталей, а именно высоким сопротивлением поверхностей в деформированном состоянии абразивному износу в сочетании с высокой пластичностью и прочностью [1, 2].

В зависимости от условий работы деталей из стали 110Г13Л к ее химическому составу, механическим свойствам, а также к способам производства предъявляются различные требования. Существенное влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства также оказывает термическая обработка. Термическая обработка проводится с целью уменьшения (растворения) образовавшихся карбидов, выравнивания концентрации марганца и получения чисто аустенитной структуры, так как известно, что высокомарганцовистая сталь относится к сплавам, образующимся на основе γ -железа. Все вышеперечисленное вызывает необходимость совершенствования существующих и поиска новых научно-технических и технологических решений [2].

Поэтому подбор новых технологий выплавки, не требующих сложных технологических решений и специального оборудования при изготовлении и термическом упрочнении, на сегодняшний день представляет одну из актуальных задач современного материаловедения, что в свою очередь влечет за собой необходимость проведения поисковых работ в области оптимизации их легирующего комплекса и режимов термической обработки, позволяющих получить максимальное сочетание механических и эксплуатационных свойств [3].

В лабораторных условиях были исследованы оптимальные технологические параметры термообработки данной стали, легированной различными новыми лигатурами, содержащими кальций (ферросиликоалюминий с кальцием - ФАСК), бор. Произведена термообработка опытных образцов литого металла, соответствующего марке 110Г13Л. Термообработку опытных сталей проводили в электрической печи СНОЛ -1,6. 2,5.1/11-ИЗ [4, 5].

Образцы сталей 110Г13Л были нагреты в электрической печи до температуры 1050 °С с выдержкой в течение 20 минут. Скорость охлаждения этой стали выбрана на основании многочисленных исследований, касающихся изотермического распада марганцовистого аустенита и устойчивости фаз при различных температурах. Выбранный режим термической обработки опытных сталей приведен в табл. 1.

Химический состав образцов стали представлен в табл. 2.

Таблица 1

Режим термообработки опытных сталей

Марка стали	Режим термообработки
110Г13Л без модификатора	Закалка с 1050 °С в воде.
110Г13Л с ФАСК	
110Г13Л с ферробором	

Таблица 2

Химический состав сравнительного и опытных образцов стали 110Г13Л

Сталь 110Г13Л	Содержание элементов, %							
	С	Мn	Si	S	P	Al	Ca	B
Без модификатора	1,12	14,92	0,81	0,009	0,016	0,088	-	-
ФАСК	1,03	14,76	0,97	0,007	0,014	0,045	0,007	-
Ферробор	1,21	12,54	1,00	0,014	0,099	-	-	0,009

Для определения микроструктуры металла до и после термической обработки были подготовлены по 1 пробе из каждого образца стали по стандартной методике приготовления шлифов с применением автоматического шлифовально-полировального станка

«EcoMet 250/300». Травление осуществляли в 4%-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Металлографические исследования проводились на микроскопе «Olympus BX TRF 51» методами световой микроскопии при увеличении $\times 500$.

В результате исследования микроструктуры образцов литой стали 110Г13Л без модификатора и с применением модификаторов до термической обработки установлено:

- микроструктура сравнительного образца стали без модификатора состоит из аустенита и карбидов, выделившихся внутри и по границам зерен;
- микроструктура образца стали, модифицированного ФАСК, состоит из мелких выделений карбидов, расположенных в теле зерна и по границам зерен аустенита;
- микроструктура образца стали, модифицированного ферробором, состоит из аустенита и избыточного выделения включений неопределенного состава по границам зерен.

Результаты проведения термической обработки (заковки) без модификатора и с применением модификаторов высокомарганцевой стали после термической обработки показывают:

- микроструктура сравнительного образца стали без модификатора состоит из аустенита и карбидных включений, образующихся в теле зерна и по границам зерен (рис. 1);
- микроструктура образца стали, модифицированного ФАСК, состоит из зерен аустенита и единичных мелких выделений карбидов, расположенных в теле зерна (рис. 2);
- микроструктура образца стали, модифицированного ферробором, состоит из зерен аустенита, а также карбидных включений, образующих тонкую, местами грубую оторочку по границам зерен (рис. 3).

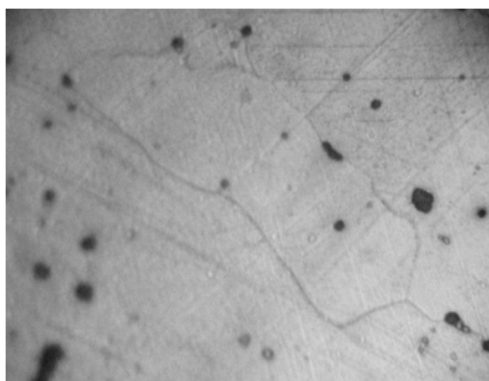


Рисунок 1 – Микроструктура стали 110Г13Л без модификаторов после термообработки, $\times 500$

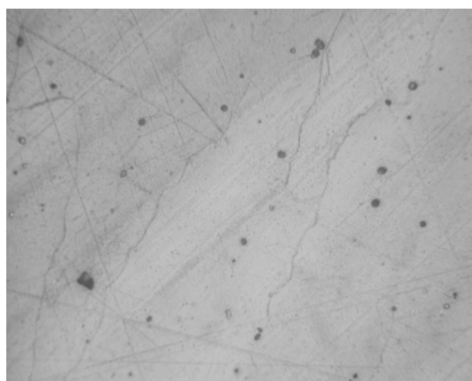


Рисунок 2 – Микроструктура стали 110Г13Л с ФАСК после термообработки, $\times 500$

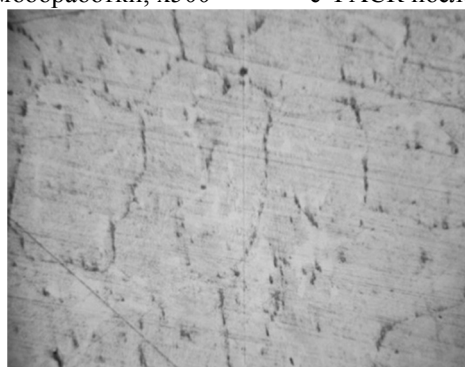


Рисунок 3 – Микроструктура стали 110Г13Л с ферробором после термообработки, $\times 500$

Таким образом, в лабораторных условиях определены оптимальные технологические параметры термообработки высокомарганцевой стали, модифицированной комплексными сплавами, в состав которых входят кальций, бор.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При проведении термообработки высокомарганцевой стали без модификаторов образуется аустенитная структура с избыточным количеством карбидов, расположенных преимущественно по границам зерен металла, что отрицательно влияет на механические и эксплуатационные свойства.

2. При проведении термообработки высокомарганцевой стали применением модифицирующих элементов, в частности ФАСК, образуется зернистая аустенитная структура с единичными мелкими выделенными карбидами, расположенными в теле зерна, тем самым улучшая ее механические и эксплуатационные свойства.

3. Обработка металла комплексными сплавами типа ферросиликоалюминия с кальцием (ФАСК) позволяет достигать более высокой степени рафинирования от оксидных неметаллических включений, более равномерного распределения в слитке оставшихся или вновь образовавшихся выделений.

Список литературы

1. Давыдов Н.Г. Высокомарганцевая сталь. - 2-е изд. - М.: Металлургия, 1979. - 176 с.
2. Мулявко Н.М. Анализ эксплуатационной стойкости отливок из стали 110Г13Л // Известия Челябинского научного центра, Челябинск. - 2001. - № 4 (13). - С. 28-30.
3. Шрамко М.С. Повышения износостойкости высокомарганцевой стали / М.С. Шрамко, В.П. Каргинов, А.В. Малый и др. // Литье и металлургия. - Минск, 2005. - № 2 (34) - С. 99-103.
4. Исагулов А.З. *The research of modification process of steel Hadfield integrated alloy ferroalumisilicocalcium (Al-Si-Ca)* / А.З. Исагулов, А.Б. Ахметов, Г.Д. Кусаинова и др. // Metallurgija, Хорватия, 2016. - № 55 (3). - С. 333-336.
5. Ахметов А.Б. Влияние модифицирования кальцием на структуру стали Гадфильда и морфологию образующихся в ней неметаллических включений / А.Б. Ахметов, Г.Д. Кусаинова, А.А. Кусжанова и др. // Электрометаллургия. - Москва, 2017. - № 3 - С. 8-12.

Получено 16.08.2017

ӘОЖ 66.017

Н. Қантай, А.М. Жилкашинова, Д. Байжан, Б.М. Мұратбеков

С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен қ.

ЗЕХНТЮ ҚОРЫТПА БЕТИН ГАЗБЕН АТҚЫЛАП МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТКЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Исследовано влияние различных ионов на свойства сплава после поверхностной бомбардировки различным временем обработки газом в вакууме. После обработки газом микротвердость и коэффициент износостойкости заметно повысился, а скорость коррозии уменьшился, то есть коррозионная стойкость возросла.

Қорытпаны газдармен вакуумда әртүрлі уақытпен атқылап өңдегеннен кейінгі иондардың беттік қасиетке әсері зерттелді. Газбен өңдеудің әсерінде микроқаттылығы, тозуға төзімділік коэффициенті артып және коррозияға ұшырау жылдамдығы азайды, яғни коррозияға тұрақтылығы жоғарылады.

The influence of various ions on the properties of the alloy after surface bombardment by different time of processing gas in a vacuum. After the processing gas, the microhardness and the coefficient of wear resistance is significantly increased, and the corrosion rate decreased, that is, the corrosion resistance increased.

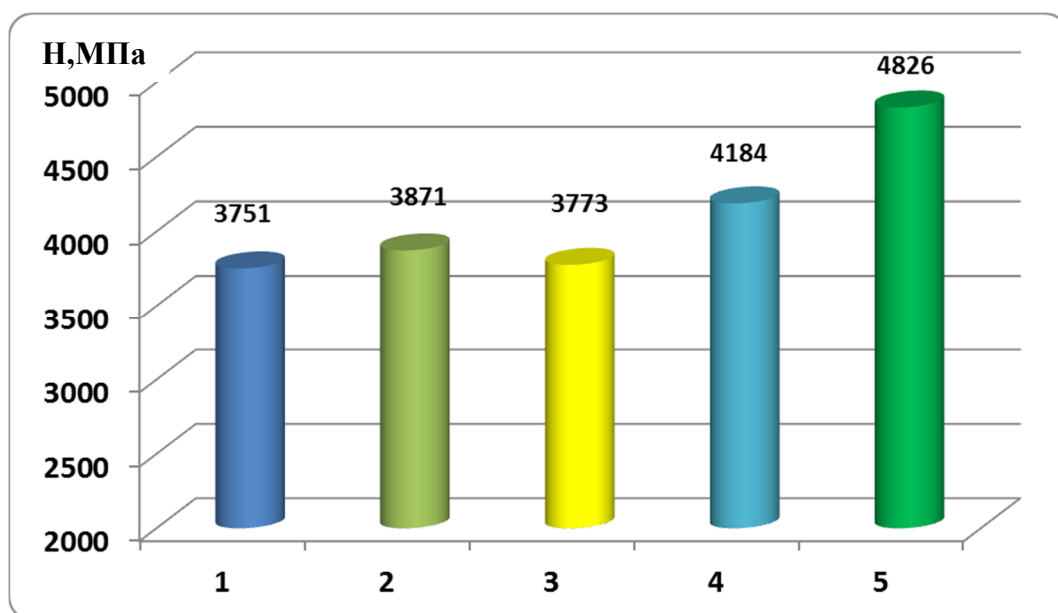
Материалтануда шекара ауысымдары арқылы материалдардың қасиеттерін беттік өндеудің көлемді әдістерімен, беттік өндеуге дейінгі кезеңдерінің дамуында өткен жүзжылдықтың 60-шы жылдарын атап көрсетуге болады [1]. Материалдарды өндеу саласында жаңа бағыт – беттік инженерия пайда болды [2]. Материалдардың беттік және бетаралық қабаттарын жақсартудың бірден-бір әдісі төмен қысымда плазмада доғалы разряд арқылы төмен температуралы азоттау болып саналады [3].

Қазіргі таңда тот баспайтын болаттарды азоттау - әмбебап физика-механикалық қасиеттерді: коррозияға тұрақтылықты, иілгіштікті, соққы тұтқырлықты жоғарылату үшін маңызды бағыттардың бірі. Азот аздаған мөлшерде болаттың құрамында болатыны белгілі, оның құрамда болуы балқыту әдісіне және химиялық құрамына байланысты. Сондықтан азотты аустенитті класты болатқа ендіру кезінде бірқатар құрылым-фазалық өзгерістер, нитридті легірлеуші элементтердің түзілуі (хром, титан және тағы да басқа), көрсетілген элементтермен азоттың жоғары әсерлесуі нәтижесінде пайда болады. Жаңа фазалардың түзілуі материалдардың қасиеттеріне әсер етіп, хром нитридінің түзілуі қаттылықтың жоғарылауына және тозуға төзімді болуына әкеледі [4, 5].

Жұмыста 36НХТЮ қорытпасының бетін вакуумда газдардың иондарымен атқылау арқылы беттік қасиетін жоғарылату мақсаты қойылды.

Зерттеу материалы ретінде дисперсионды-қатаятын 36НХТЮ қорытпасы алынды. (Негізі Fe - 43,61–48%, Ni - 35–37%, Cr - 11–13,5%, Ti - 2,7–3,2%, Al - 0,9–1,2%). Серпімді сезімтал элементтер (мембраналар, сильфондар, трубкалары, бұралған және тегіс серіппелер, агрессивті ортада және кең температуралық диапазонда жұмыс істейтін аспаптарды, автоматика бөліктерінде) штампылау және т.б. жерлерде қолданылады [6].

ВУП-5 әмбебап тозандау құралы, X Pert Pro-да рентген-фазалық талдау, ПМТ-3 құралы арқылы микроқаттылықты анықтау, НЕОФОТ-21 оптикалық микроскопында құрылымын анықтау, трибометрдің көмегімен тозуға тұрақтылығын және потенциостаттың көмегімен тот басуға тұрақтылығын анықтау әдістері қолданылды.

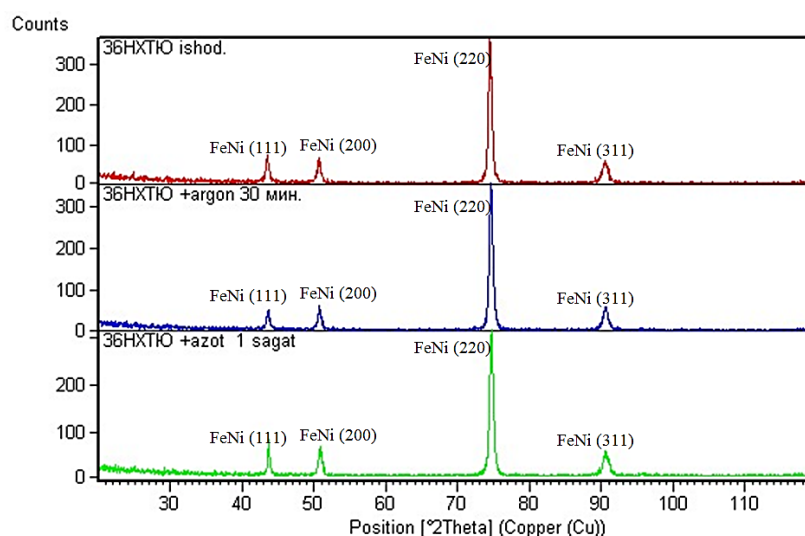


1-сурет - 36НХТЮ қорытпасының микроқаттылығының орташа мәні: 1 – бастапқы күйі;

2 – 36НХТЮ+аргонмен өндеу (30 мин); 3 – 36НХТЮ+аргонмен өндеу (1 сағат);

4 – 36НХТЮ+азоттау (30 мин); 5 – 36НХТЮ+ азоттау (1 сағат)

[7] Жұмыста қаттылықты жоғарылатуға дуплекс әдісімен азоттау және үлгі бетін TiN қаптау әдістері қолданылып, металдың беткі бөлігінің, бастапқымен салыстырғанда, азоттың иондарымен әсер етуден кейін қаттылығы айтарлықтай жоғарылады. Өңдеу ВУП-5 әмбебап тозаңдау құралының көмегімен жүзеге асырылды. Жоғарыдағы суретте 36НХТЮ қорытпаның бастапқы және аргонмен, азотпен әртүрлі уақытта өңдеуден кейінгі микроқаттылығының өзгерісі бейнеленген. Бастапқы күйінде микроқаттылығы 3751 МПа-ды көрсетті, аргонмен 30 минут және 1 сағат қорытпаның бетін өңдеуден кейін микроқаттылықта көп өзгеріс болмағаны байқалды, мұның себебі аргон бейтарап газ болғандықтан, қорытпа құрылымына әсер етпеді. Азотпен 30 минут және 1 сағат өңдеуден кейін микроқаттылығы жеке-жеке 4184 МПа және 4826 МПа-ды көрсетті, бастапқымен салыстырғанда 1075 МПа-ға артты. 36НХТЮ қорытпаны азоттау уақыты артқан сайын беткі құрылымына әсері артып, микроқаттылығы да жоғарылады, себебі үлгінің бетіне азоттың атомдары еніп, микроқаттылығы артты.

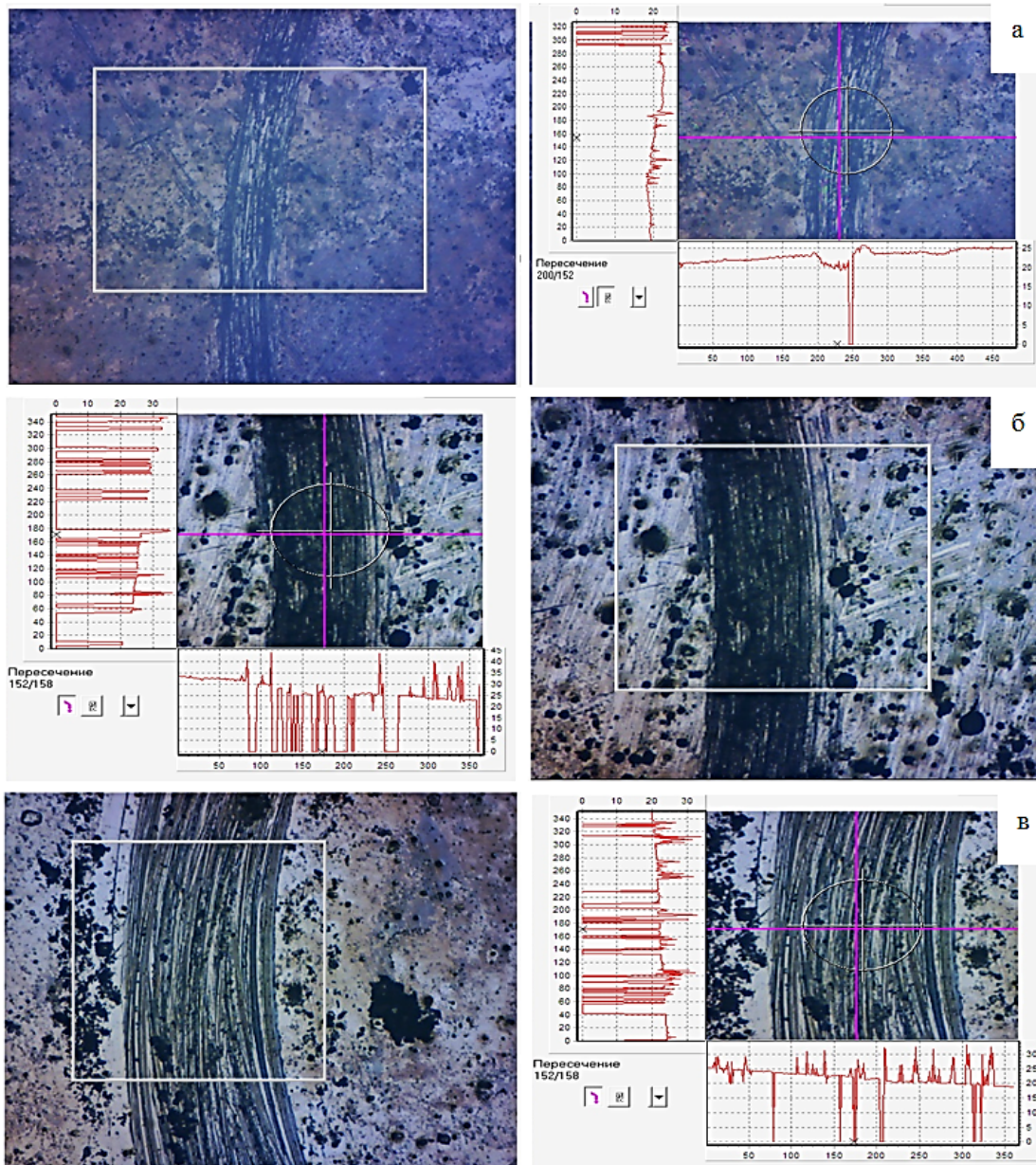


2-сурет – 36НХТЮ қорытпасының рентген-фазалық анализі: 1 - бастапқы күйі; 2 – 36НХТЮ+аргонмен өңдеу (30 мин); 3 – 36НХТЮ+ азоттау (1 сағат)

Жоғарыда 2-суретте бастапқы күйінде FeNi негізіндегі қабырғасы центрленген кубтық тордан тұратындығы, аргонның иондарымен атқылаудан кейін фазалық өзгеріс байқалмады, жоғарыдағы 1-суреттегі микроқаттылықтың өзгеріс графигінен де байқауға болады. Қорытпаның бастапқы күйі аргонмен атқылаудан кейінгі пиктерге ұқсас сияқты болғанымен, жазықтықаралық ара қашықтығы d -ның мәніне қарасақ, FeNi негізіндегі қабырғасы центрленген кубтық тордан немесе Fe_3N гексогональды тордың жазықтықаралық ара қашықтық мәніне де жуық екендігі анықталып, Fe_3N фазасы болуы немесе азоттың иондары беткі қабатқа еніп тығыздалып, топталып, микроқаттылықтың артуына әкелді деп болжанды.

S-фазаның қалыптасуы нәтижесінде аустениттік болат бетінің коррозияға төзімділігінің артуы анықталған [8-11]. Алынған нәтижелерді бекіту жүйелі құрылымдық зерттеулерді талап етпейді. 36НХТЮ қорытпаның микроқаттылығының артуына қарап (1-сурет) тозуға және коррозияға төзімділігін зерттеу көзделді, тозуға төзімділігін трибометрдің, коррозияға төзімділігін потенциостаттың көмегімен зерттедік. Зерттеу нәтижелері (3, 4,

5-суреттерде) бейнеленді. 3-суреттен үлгінің бастапқы күйі мен өндеуден кейінгі беткі қабатына $d=3$ мм шарикпен $\omega=250$ айналым жасап әсер етілді. Қорытпаның бетіндегі түскен іздің диаметрін ескере отырып, тозуға төзімділігі анықталды. Бастапқы күйінде тозуға төзімділік коэффициенті $0,0229079 \cdot 10^{12}$, 30 минут аргонмен өндеуден кейін $0,404413 \cdot 10^{12}$ және азотпен 1 сағат өндеуден кейін $6,68287 \cdot 10^{12}$ көрсетті. Тозуға төзімділік коэффициенті бастапқы күймен салыстырғанда аргонмен жарты сағат атқылаудан кейін 17,7 есеге, азотпен 1 сағат атқылаудан кейін 291,7 есеге артты.

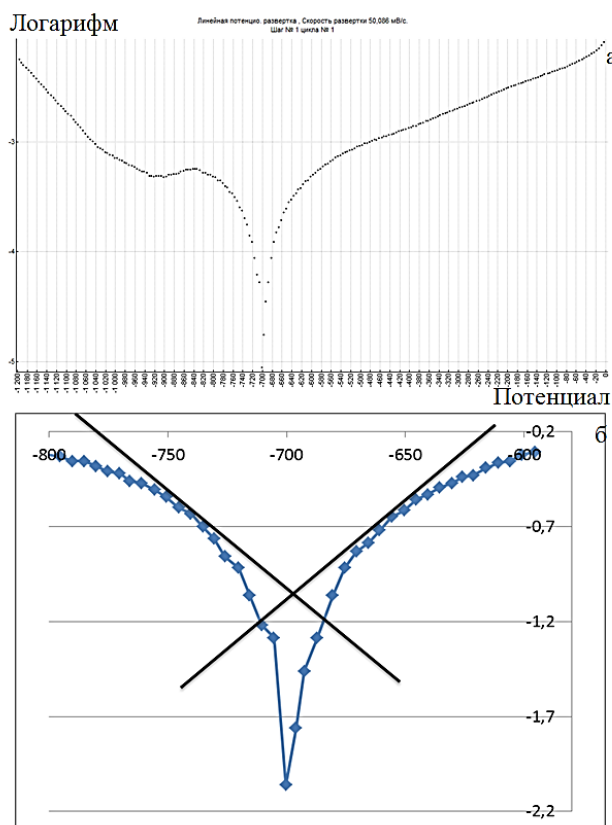


3-сурет – 36НХТЮ қорытпасын төзімділікке сынау: а – бастапқы күйі;
б – 36НХТЮ+аргонмен өндеу (30 мин.); в – 36НХТЮ+ азоттау (1 сағат)

Коррозияға тұрақтылыққа сынау нәтижелері

Үлгіні өңдеу	S, мм ²	E _{согг} , мВ	lg(i)	i _{согг} , А	i _{согг} , А/см ²	m, г *10 ²	L, см	R _{согг} , см/жыл
Бастапқы күйі	56,25	-700,37	-2,06	8,7·10 ⁻³	0,0177	3,32	0,75	0,029
36НХТЮ+аргон (30 минут)	52,5	-660,6	-5,06	8,7·10 ⁻⁶	1,66·10 ⁻⁷	0,00163	0,00039	0,00039
36НХТЮ+ азот (1 сағат)	49	-696,23	-5,06	8,7·10 ⁻⁶	1,77·10 ⁻⁷	0,00033	0,000085	0,000085

R_{согг} = коррозия жылдамдығы, см/жыл.; i_{согг} = ток тығыздығы, А/см²; E_{согг} = коррозия потенциалы, В; j_{согг} = ток күші, А; m = коррозиялық масса, г; Mr = металдың молекулярлық салмағы, г/моль; L = коррозиялық материал қалыңдығы

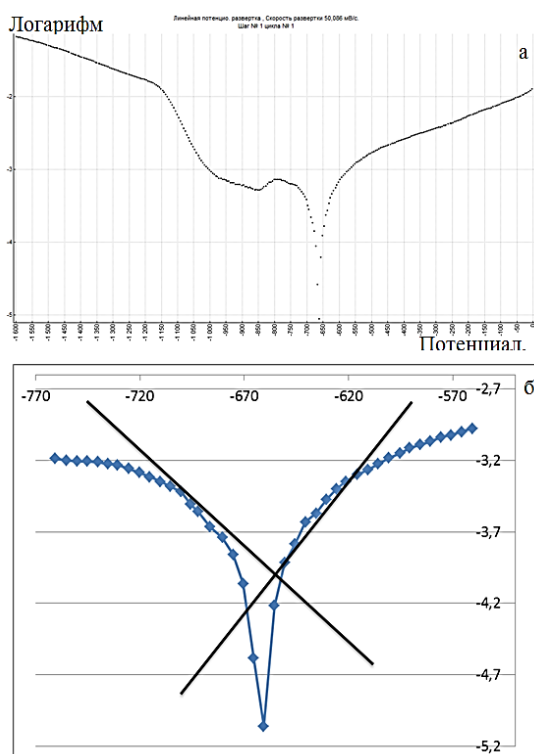


4-сурет – Бастапқы күйдегі 36НХТЮ қорытпаның коррозияға төзімділігінің графигі

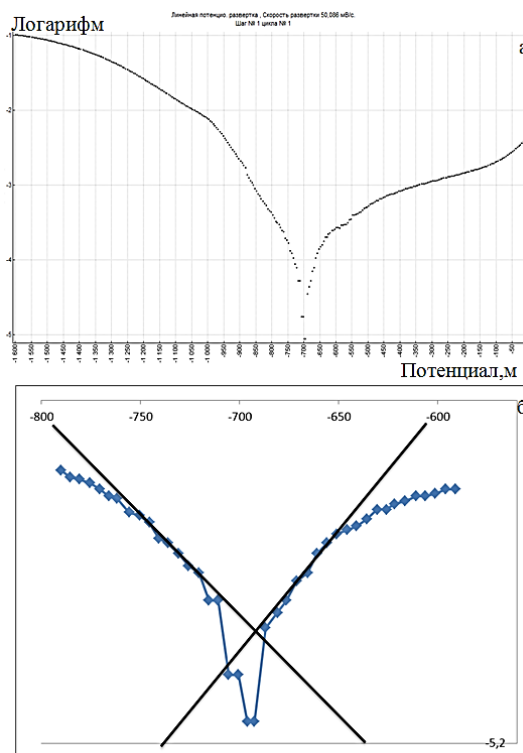
Коррозияға тексермес бұрын 36НХТЮ бастапқы, аргонмен (30 минут) және азотпен (1 сағат) өңделген қорытпаның өңделмеген екінші бетіне электр сымды пайкілеп алдық, келесі бетінің белгілі бір бөлігін қалдырып, қалған бөлігін лактадық, 1 тәулік лакты кептіріп, арнайы стақанға NaCl 33 г/л химиялық ертіндісіне батырып, ток берілді. Потенциостаттың көмегімен потенциал мен ток логарифмінің қисығы алынып, (4,а-сурет) Excel программасында жылдық коррозияға ұшырау жылдамдығы анықталды (4,б-сурет). Қорытпаның бастапқы күйі 0,75 см/жыл көрсетті.

5-суретте 36НХТЮ+аргонмен (30 минут) өңделген бөлігінің потенциал мен ток логарифміне байланысты тұрғызылған графигі мен есептеу нәтижесіне қарап, қорытпаның коррозияға ұшырау жылдамдығы 0,00039 см/жыл–ды көрсетті.

6-суретте 36НХТЮ+азотпен (1 сағат) өңделген бөлігінің потенциал мен ток логарифміне байланысты тұрғызылған қисығына және (6,б-сурет), есептеу нәтижесіне қарап қорытпаның коррозияға ұшырау жылдамдығы 0,000085 см/жыл болды. Алынған нәтижелерді бастапқы үлгінің нәтижесімен салыстырғанда коррозияға ұшырауы аргонмен 30 минут өңделген үлгіден 1923 есеге, азотпен 1 сағат өңделгені 8823 есеге аз ұшырағаны анықталды. Бұл (3-суретте) тозуға төзімділікті тексеру кезінде де анықталып дәлелденді.



5-сурет – 30 минут аргонмен өңделген 36НХТЮ қорытпаның коррозияға төзімділігінің графигі



6-сурет – 1 сағат азотпен өңделген 36НХТЮ қорытпаның коррозияға төзімділігінің графигі

Қорытынды. Қорытпаның бастапқы күйінде микроқаттылығы 3751 МПа-ды көрсетті, аргонмен 30 минут және 1 сағат қорытпаның бетін өңдеуден кейін микроқаттылықта көп өзгеріс болмаған себебі, аргон бейтарап газ болғандықтан, қорытпа құрылымына әсер етпеді. Азотпен 30 минут және 1 сағат өңдеуден кейін микроқаттылығы жеке-жеке 4184МПа және 4826МПа-ды көрсетті, бастапқымен салыстырғанда 1075МПа-ға артты.

Бастапқы күйінде тозуға төзімділік коэффициенті $0,0229079 \cdot 10^{12}$, 30 минут аргонмен өңдеуден кейін $0,404413 \cdot 10^{12}$ және азотпен 1 сағат өңдеуден кейін $6,68287 \cdot 10^{12}$ көрсетті. Бастапқы күйімен салыстырғанда аргонмен жарты сағат атқылаудан кейін 17,7 есеге, азотпен 1 сағат атқылаудан кейін 291,7 есеге артты.

Қорытпаны аргонмен (30 минут) өңдеуден кейін коррозияға ұшырау жылдамдығы 0,00039 см/жыл екені анықталды.

36НХТЮ азотпен (1 сағат) өңдеуден кейін қорытпаның коррозияға ұшырау жылдамдығы 0,000085 см/жыл екені анықталды. Бастапқымен салыстырғанда қорытпаның коррозияға ұшырауы аргонмен 30 минут өңделген үлгінікі 1923 есеге аз, азотпен 1 сағат өңделгені 8823 есеге аз екендігі анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Аксенов, И. И. Вакуумно-дуговые покрытия. Технология, материалы, структура, свойства / И.И. Аксенов, Д.С. Аксенов, А.А. Андреев и др. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2015. – 379 с.
2. Sobol', O. V. Nanostructural ordering in W-Ti-B condensates [Text] / O. V. Sobol' // Physics of the Solid State. – 2007. – Vol. 49, Issue 6. – P. 1161–1167.
3. Андреев, А.А. Вакуумно-дуговые покрытия / А.А. Андреев, Л.П. Саблев, С.Н. Григорьев. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 317 с.
4. Герасимов, С.А. Сопротивление изнашиванию газобарических азотированных слоев на стали 12Х18Н10Т / С.А. Герасимов, М.А. Гресс, В.Г. Лаптева и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2008. – Т. 2 (632). – С. 34–37.
5. Пастух И.М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. – Харьков: ННЦХФТИ, 2006. – 364 с.
6. Молотиллов Б.В. Справочник // Под ред. Б.В. Молотилова. - М.: Металлургия, 1983. - 284 с.
7. Gorokhovskiy, V. Ion treatment by low pressure arc plasma immersion surface engineering processes [Text] / V. Gorokhovskiy, P. D. B. Belluz // Surface and Coatings Technology. – 2013. – Vol. 215. – P. 431–439.
8. Fernandes, B.B. Mechanical properties of nitrogen-rich surface layers on SS 304 treated by plasma immersion ion implantation [Text] / B.B. Fernandes, S. Mändl, S.M. Oliveira, M. Ueda // Applied Surface Science. – 2014. –Vol. 310. – P. 278–283.
9. Wei, C. C. Analyses of Material Properties of Nitrided AISI M2 Steel Treated by Plasma Immersion Ion Implantation (PIII) Process [Text] / C. C. Wei // Advanced Science Letters. – 2012. – Vol. 12, Issue 1. – P. 148–154.
10. Köster, K. Material condition tailored to plasma nitriding process for ensuring corrosion and wear resistance of austenitic stainless steel [Text] / K. Köster, P. Kaestner, G. Bräuer, H. Hoche, T. Troßmann, M. Oechsner // Surface and Coatings Technology. – 2013. – Vol. 228. – P. 615–618.
11. Соболев О.В. Использование структурного подхода при оценке эффективности газового и ионного азотирования сталей / О.В. Соболев, А.А. Андреев, С.В. Шепель и др. // Физическая инженерия поверхности. – 2015. – Т. 13. - № 2. – С. 202–208.

Получено 16.08.2017

UDK 621.095

S.D. Kapayeva

Eastern Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

M.J. Bergander

Magnetic Development, Inc., Madison, CT, USA

A.Vakhguel't, S. I. Khairaliyev

Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

COMPLEX APPROACH TO CONDITION ASSESSMENT FOR BOILER

Большую проблему электростанций составляют незапланированные остановки котлов, дорогостоящий их ремонт. Разрыв труб приводит к аварийному отключению котлов, теплоэлектростанций. В данной статье описывается совместная международная работа специалистов по разработке быстрого и эффективного метода оценки состояния и прогнозирования остаточного ресурса котельных труб.

Қазандарының жоспарланбаған тоқтауы, қымбат жөндеу электрстансының үлкен мәселесі болып табылады. Құбырлардың жарылуы жылу электрстансының қазандығын тәтенше жағдайда өшіруіне әкеп соғады. Бұл мақалада қазандық құбырлардың қалдық ресурсының жағдайы мен оны болжауды бағалаудың жылдам және тиімді әдісін дамыту үшін халықаралық сарапшылардың бірлескен жұмысы сипатталады.

Boilers, the most troublesome components of electric power plants generate high costs in unscheduled shutdowns, repairs and power replacement. Every occurrence of ruptured tubes leads to emergency shutdown of the entire plant. This paper describes the joint international effort to develop faster and more efficient methods for condition assessment and remaining life prediction for boiler tubes.

One common procedure for measuring the water-wall thickness is to grind or sandblast the fire side of the water-wall to expose a bare metal and use ultrasonics (UT) to determine the wall thickness. Most often, this is done manually, every 15-20 cm of vertical height, to provide more-or-less a continuous "map" of wall thickness [1]. This approach usually provides highly reliable results but, due to laborious preparation process (sandblasting, need to erect scaffolding) the inspection is costly and takes long time. In addition, the conventional ultrasonic method requires a liquid couplant in order to transmit ultrasound wave into the metal and for that reason it is hard to automate [2]. One of the goals of this research was the improvement to existing methods of tube evaluation, therefore a feasibility of using EMAT (ElectroMagnetic Acoustic Transducer) was evaluated for specific conditions, i.e. operating parameters, type of fuel/coal, for Central Asian coal-fired electric plants. EMAT offers certain advantages over standard UT – no need for tube cleaning and couplant, therefore it brings a potential for significant cost reduction [3]. Additionally, EMAT allows to obtain continuous thickness measurement throughout entire tube length and further, to eliminate human labor and need for scaffolding by using robotic equipment, so more thickness data is obtained in a shorter time [4].

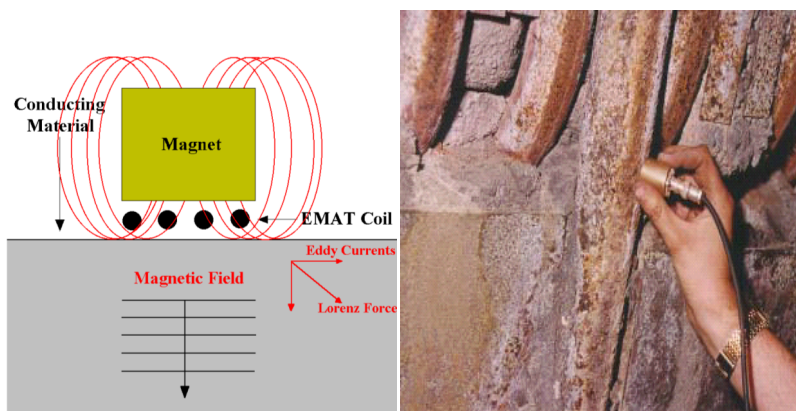


Figure 1- Principle of EMAT operation (*left*) and the manual EMAT thickness measurement performed on boiler tubes (*right*)

Technically, EMAT method relies on ultrasonic principle, however, while in standard UT system, ultrasonic wave is generated by a piezoelectric effect of a crystal transducer, EMAT generates such wave directly in tube material by electromagnetic method. Figure 1 shows the principle of operation and a typical field inspection with EMAT transducers.

The EMAT transducer has a strong permanent magnet, usually Neodymium-type and a spiral coil supplied with a current of high frequency (1-2MHz). The current in the coil induces eddy currents on the surface of tested tube and the magnet “pushes” those currents into the tube in the form of elastic wave with ultrasonic velocity, characteristic for a given metal. When the metal is

exposed to conditions commonly encountered in the fire box of coal-fired boilers (temperatures over 400-450 C), a tightly bonded scale having a large magnetostrictive (MS) coefficient is formed. Elastic waves generated via this MS require very little excitation power and can result in very accurate thickness measurements.

The important part of feasibility study for using EMAT in Central Asian coal-fired electric plants was determination whether external corrosion scale has adequate magnetostrictive properties to generate useful EMAT signal. This depends on boiler operating parameters, temperatures, pressures, type of coil, burning conditions that determine the chemical composition of corrosive scale. The high temperatures, over 400-450C in the boiler causes the reaction between steel tube material and steam and flue gas producing hard, adhering scale with high contents of iron oxides. The scale is first produced on tube external surface, directly exposed to the flame, where temperatures are highest. For the purpose of obtaining magnetostrictive coupling between EMAT transducer and the tube it is not, however critical where the scale is located as good indications were obtained with scale on either surface while testing from the outside. More important than location is the chemical composition of the scale, determining its magnetostrictive properties and its adherence to the parent metal. The scale thickness, even so emphasized in many previous publications was found not to be that important as authors were able to obtain good EMAT indications through scale ranging from less than few microns to 7mm thick. In majority of tube samples collected from Central Asian coal-fired plants by these authors, EMAT signals could be generated through the scale ranging from 0.02-3mm thick. In few cases, the scale was not formed uniformly throughout the fire box, and accurate thickness measurements could not be always obtained. Additionally, the MS coefficient that determines the strength of elastic wave signals can vary dramatically with location within the fire box that was visible by EMAT signal amplitude. In order to determine the chemical composition of the scale and to compare it to boilers in other regions of the world, the spectrometry was performed with further investigation by Scanning Electron Microscope (SEM). Figure 2 shows two microphotographs of external scale with various thicknesses, various degree of adherence to parent tube metal with their corresponding chemical composition.

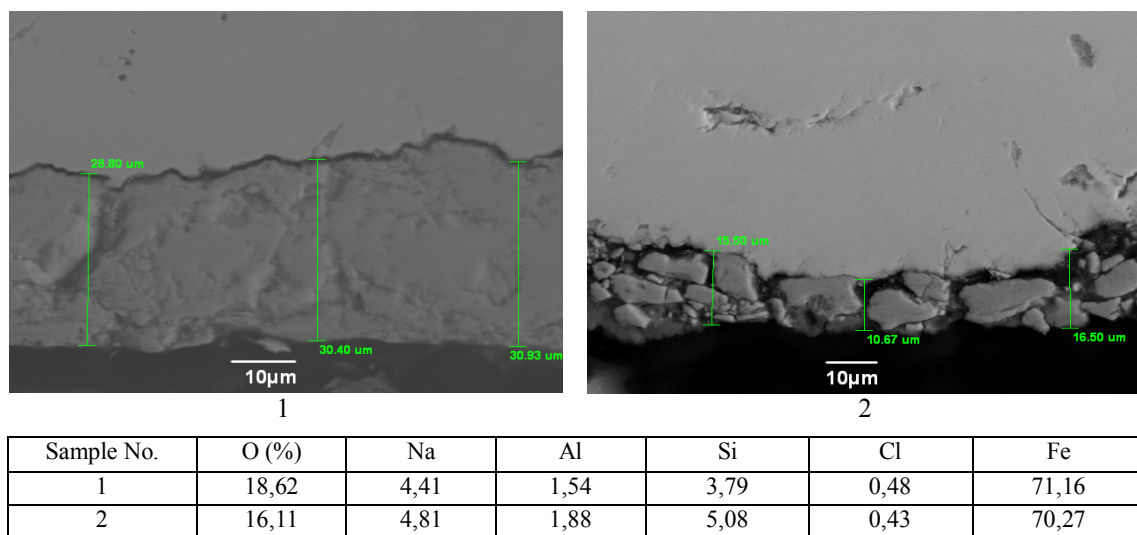


Figure 2 - Microphotographs of two (2) samples with external oxide scale of various thickness with their corresponding chemical analysis

A solid EMAT signal was obtained for the sample on the *left* while the sample on the *right* has produces only a sparse signal. This was most probably due to lack of adherence between the scale and parent metal in the *right* sample [5].

Based on the research to-date, the usefulness of EMAT in Central Asia coal-fired electric stations was well proven. First, it was determined that corrosion and erosion wall thinning is indeed one of the major damage mechanisms experienced in this region of the world where coal is a fuel of choice in over 60-70% of all generating units. Further, authors were able to obtain EMAT signals in a great majority of all visited plants even though operating conditions differed from plant to plant and there were great variations in scale thickness.

Two types of overheating failures in water-wall boiler tubes are usually occurring: a short-term and long-term overheating. This was initially discussed above but for plant personnel, it is most important to recognize the root causes of this damage and to able to prevent them. There are numerous past publications, handbooks and individual plant maintenance procedures that discuss this issue and in this paper we will concentrate on application of non-destructive test methods and their role in preventive maintenance and remaining life assessment (RLA). The main purpose will be to ascertain that failures will not occur between maintenance intervals and therefore, plant operating history, past metallurgical and NDT examinations and their results as well as fracture mechanics calculations have to be used to setup the proper inspection schedule, intervals between inspections and test procedures. The RLA is very often mixed with “life extension”. While the procedures described here may or may not extend the life of the boiler, but nevertheless, they should result in significant financial benefits, by increasing plant availability. For that reason, NDT and testing in general should be seen as a profit, and not as a cost.

A tube rupture caused by overheating may occur within few minutes or take several years. A long-term overheating can be usually detected in its early stage by several non-destructive and destructive test methods, while short-term overheating can be compared to sudden accidents that will be very hard to predict. On the other hand, the long-term overheating is a damage mechanism that can be detected and prevented. It is caused by a combination of long exposure to temperature that can be only slightly above the designed temperatures and stress well below the yield point. It is referred to as “creep damage” and characterizes by gradual degradation of metallurgical structure, cracks, bulges, swelling but no detectable changes in wall thickness. Creep has been researched for many years and broad literature base exists to assist plant engineers in its recognizing and preventing. The prevention should start at the designing stage to correctly select tube material to withstand the metal temperatures. Inside the boiler, the heat is transferred from burning fuel or hot gases by radiation or convection and the outside of tube is very hot – this heat is being transferred to water (in water-wall tubes) or steam (in reheater and superheater tubes) inside the tubes. The temperature gradient then exists from the outermost to innermost layer of the tube. From the standpoint of preventive maintenance, the most useful is the temperature at the middle of wall thickness, called “mid-wall metal temperature”. Mid-wall temperature is hard to determine and can only be estimated by a “rule of thumb”. For example, some authors recommend the following formula:

For water cooled tubes, such as in water-wall:

$$(\text{Mid-wall temperature}) = (\text{saturation temperature at drum operating pressure}) + 30 \text{ C} \quad (1)$$

For steam cooled tubes in reheaters and superheaters:

$$(\text{Mid-wall temperature}) = (\text{steam temperature inside of tube}) + (40-50) \text{ C} \quad (2)$$

Mid-wall temperatures in carbon steel boiler tubes are designed to be in a range of 370 C-420 C and its increase by 100C or even less may already start the process of creep deterioration. At the initial stage, creep can only be detected by destructive metallographic examination under the microscope. It starts with graphitization, i.e. changing iron carbide to graphite at high tem-

peratures. Graphite may be distributed in irregular way, forming cavities that in turn can initiate micro-cracks, most often oriented axially. The post-mortem analysis shows thick-lip (low ductility) burst with spheroidized microstructure and creep cavities in the immediate vicinity of a rupture.

Detecting overheating. The electric power industry has been looking for a reliable non-destructive test method to detect creep damage in its early stage. Research performed in last several years throughout the world pointed to internal oxide layer as an important marker of overheating condition. The degree to which creep condition had deteriorated metal structure can be then indirectly determined by measuring the thickness of internal oxide scale in boiler tubes. Indeed, even very basic calculation of heat transfer would be able to demonstrate that in order to keep the internal tube temperature at saturation temperature, the external tube surface has to be many degrees hotter since the oxide scale has thermal conductivity approx. 15 times less than steel. Thus the mid-wall tube temperature may reach levels high enough for creep damage to initiate. Some sources show so called “transition temperature” from non-creep affected regime to creep affected regime. Such temperature for plain carbon steel is 427 C while for 2,25%Cr-1% Mo (widely used in reheater and superheater section) is 510 C [6]. Therefore, it is easy to exceed that temperature, which is only slightly higher than normal operating temperature, especially for carbon steels.

The hard, brittle iron oxide, containing magnetite and hematite can be formed on the inside and outside surfaces of steel boiler tubing. The industry experience had confirmed the importance of periodic internal scale thickness measurements as a tool for evaluating the useful operating life of boiler tubing. In order to determine this thickness in nondestructive way, ultrasonic method proved to be most useful. Few ultrasonic testing companies had developed a transducer and embedded software for their instruments, which now enables an internal oxide thickness measurement to be made quickly and accurately. Investigations performed within this project, were done using the Olympus 38DL hand-held instrument with transducer M2017, operating on 20MHz frequency with a delay line. This system can measure internal oxide layers down to a minimum thickness of approximately 0,2 mm, but is also capable to measure the scale down to 0.1 mm with special transducer. Prior to measurements, the instrument has to be calibrated on scale with known thickness, such calibration reading is shown in Figure 3.

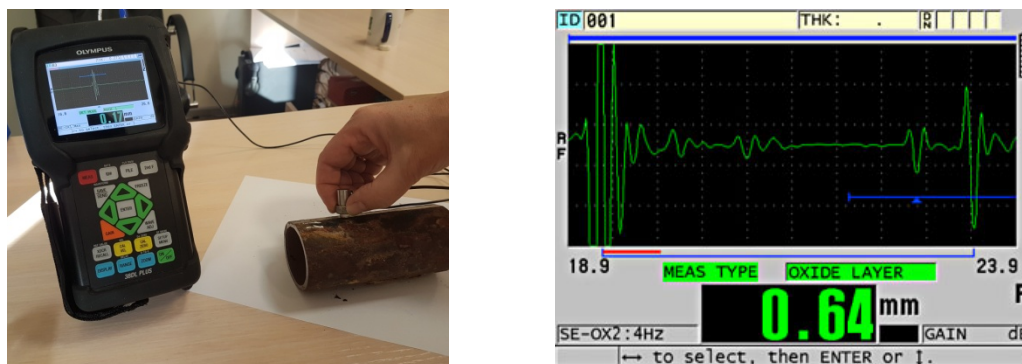


Figure 3 - Olympus 38DL instrument (*left*) and measurement of internal oxide of known thickness (0,64mm) (*right*)

The extensive studies were performed to confirm the applicability of this method for Central Asian electric plant boilers. First, a total of 17 tube samples from 6 plants throughout the country of Kazakhstan were collected - both carbon steel (steel 20) and 12X1MΦ, which is low alloy

steel with 0,9-1,2% Cr and 0,25-0,35% Mo. Steel20 design temperature is 400C while 12X1MΦ is intended for 450 C. All samples were then tested according to the following regime: 1) EMAT wall thickness test (this was done at the plant to determine if the external scale has any magnetostrictive properties), 2) chemical analysis (SEM) of external scale, 3) ultrasonic measurement of internal scale thickness, 4) chemical analysis (SEM) of internal scale and microscopic measurement of its thickness, 5) metallographic structure analysis of tube metal, for tube samples with and without internal scale.

Metallographic structure analysis. For each of two steels considered, cross sections were prepared at or close to mid-wall location and metallurgical structures were observed by optical microscope under 100X and 400X magnification. Figures 4 and 5 below show the comparison between samples with and without internal oxide together with appropriate discussions and explanations.

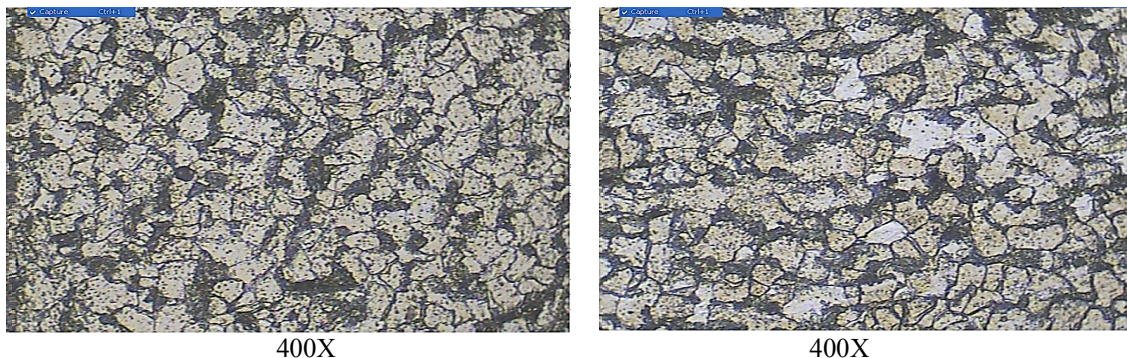


Figure 4 - Metallographical structures for Steel 20. Sample without presence of internal oxide (*left*) and with oxide scale approx. 130 micron thick (*right*)

Ferritic-pearlitic structure observed in both samples with occasional inclusions in ferrite grains. Sample on the *right* differs slightly by enlarged and elongated grains, indicating the initiation of structural degradation – classified between Stage A and B on Toft and Mardsen scale [7] (note that this scale was developed for Cr-Mo steels and not for low carbon steels).

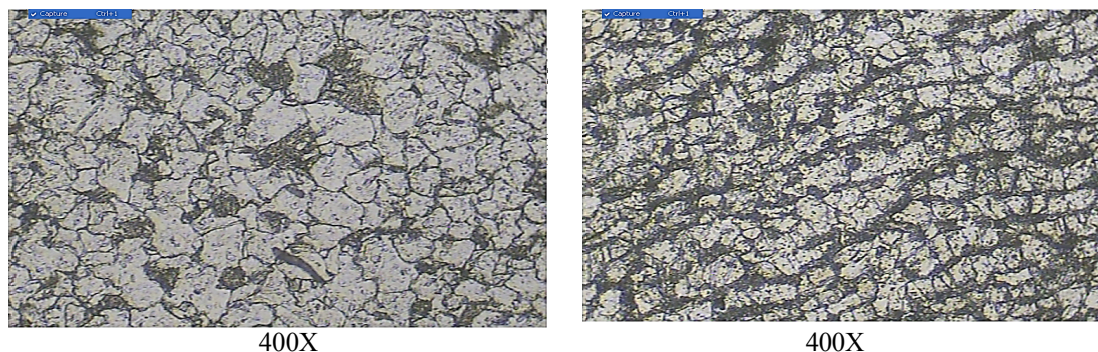


Figure 5- Metallographical structures for Steel 12X1MΦ (Cr-Mo). Sample without presence of internal oxide (*left*) and with oxide scale approx. 75 micron thick (*right*)

Ferritic-pearlitic structure observed in both samples. Sample on the left has uniform grains with well defined boundaries. Sample on the right has grains elongated with insoluble carbides “bundled” and precipitated on grain boundaries. This is indicative for definite creep initiation and this structure can be classified between stage B and C on Toft and Mardsen scale [7].

The above results have fully confirmed the previous statement that creep analysis has to be more conservative than previous recommendations based on available literature. This is especially true for Cr-Mo steel, which indicated definite creep initiation with only minor internal scale (75 microns), which according to previous research could be easily ignored.

Considering two separate NDT methods discussed here, it was concluded for Central Asia that (i) for accurate wall thickness measurement, EMAT technology can be successfully used since external scale had similar chemical composition, magnetostrictive properties and range of thickness as elsewhere in the world [8] and (ii) evaluation of the degree of creep damage can be made by correlating it to the thickness of internal oxide scale, measured by specialized ultrasonics, although, more conservative approach than in western countries should be taken. The question arises how to treat a combined effect of both overheating and wall thinning, which will determine the way NDT results are utilized. To-date, both results are treated separately, and consequently separate reject criteria exist for overheating and separate for wall thinning. For example, overheating has been historically evaluated by destructive methods, i.e. removing tube samples from the boiler and sending them to the lab. The candidates for removal are tubes with certain location especially prone to damage or tubes with swelling, bulges, microcracks, external erosion, identified by visual examination. Metal degradation is then determined by loss of tensile strength, change in hardness and finally by observing metallographic structure under optical microscope. Certain criteria were developed for measurable properties (strength, hardness) but evaluation of structural degradation is still somewhat subjective. Special classification methods exist, like Toft & Mardsen method [7] that classifies the condition by six (6) stages of spheroidization of carbides. Other methods were proposed as well, one of them, based on metallographic examination by replication classifies the damage progress by four stages: isolated cavities, oriented cavities, micro-crack, formation of macro-crack.

As far as wall thinning, reject criteria are simpler to determine because we are dealing with numbers instead of subjective pictures/photos of microstructure. The basic guidelines has been prescribed by ASME Boiler and Pressure Vessel Code and they require that tube with certain thinning expressed in percentage wall loss be removed/replaced. The maximum allowable wall loss for water-cooled tubes (water-wall, economizer) is 30% while for steam-cooled tubes (re-heaters, superheaters) is 15% [9].

Very limited information exists about effect of combined damage mechanisms on remaining life of boiler tubes. The most comprehensive study to-date has been done by EPRI [10] and it recommends that many factors, and not only NDT results be taken into consideration when evaluating boiler condition. It has to be recognized that two mechanisms of damage that were discussed in this paper are not the only types as boiler tubes may also suffer from hydrogen embrittlement, fatigue, corrosion fatigue, stress corrosion cracking, foreign object failure and many others. General EPRI method for calculating boiler remaining life [10] recommends first to estimate mean metal temperature to the present time, considering that it is not constant and is varying due to load variation, scale build-up and other factors. There are several approaches described in literature to figure such mean temperature: hardness-based approach, microstructure-based approach [7] and oxide scale approach [10]. While microstructure can be only evaluated on removed sample, i.e. by destructive method, the hardness and especially thickness of oxide scale are the parameters that can be measured in non-destructive way, i.e. without the need to remove tube sample from the boiler. Once the mean temperature is determined, the Larson-Miller parameter can be calculated [11], which in turn will provide a guidance as to the time to failure at a given stress level.

Summary and conclusions. The major objective of this work was to develop a reliable method for non-destructive evaluation of boiler tubes, which would be especially suited for Central

Asia coal-fired electric power plants. All this work had concluded that the major damage mechanisms were either wall thinning or overheating damage and a combination of both. Two ultrasonic test procedures were then recommended for early detection of both these damage types without necessity of removing tube from the boiler.

EMAT ultrasonic has been proven as an effective method for accurate wall thickness measurement in water-wall boiler tubes without prior cleaning. The method is also well-suited for automatic inspection with boiler-crawling robots. The chemical analysis had shown that the properties of external scale, specifically its composition and magnetostrictive characteristics are very similar in Central Asia to those experienced in western countries. In order to further improve EMAT and make it applicable in cases where lower magnetostriction and poor adhesion of scale to parent metal limits its application, new more powerful permanent magnets should be used for better transducer design. The prototype was designed and fabricated and will be tested shortly.

Indirect detection of long-term overheating condition and creep by ultrasonic measuring of internal oxide layer thickness was found to be fully applicable in Central Asia. A comparison between NDT results and metal structure examination had demonstrated that correlation exists between the scale presence and various degrees of creep degradation for carbon steel tubes. The formula was developed to estimate the temperature rise for various oxide scale thickness. This is an original work as all previous research was done on Cr-Mo steels. Future work is needed to obtain a full quantitative correlation for creep damage vs. internal oxide thickness for carbon steel. Our research had shown that more conservative approach needs to be taken for carbon steel than previously reported, as scale as thin as 0.15mm had already cause initiation of creep in tubes. Similarly, we found that 0,075mm thick scale in Cr-Mo steel also resulted in structural tube degradation. Existing recommendations for Cr-Mo steels suggest that scale thickness up to 0.3mm can be ignored.

Relatively small amount of research has been devoted in the past to combined effect of overheating and wall thinning in boiler tubes. Existing reject/removal criteria treat each of these damage mechanisms separately. Some recommendations for combined treatment were developed, mainly for Cr-Mo steels but they all considered the results of destructive examination. More work is needed to adopt NDT methods for remaining life assessment, both for carbon steel and Cr-Mo steels. These authors are continuing the research under the grants from Kazakhstan Ministry of Education and Science with the goal to develop the reliable method for the assessment of remaining life of a boiler under combined effect of wall thinning and overheating.

Bibliography

1. G.J. Nakoneczny, R.D. Murphy, "Application of EPRI/B&W Developed EMAT Systems for Assessing Boiler Tubes", ICOLM International Conference on Life Management and Life Extension of Power Plant, May 2000, Xi'an, P.R. China.
2. Alers G.A. et al., "ASNT Nondestructive Testing Handbook", Vol. 6, Ultrasonic Testing, Section 10: Other Ultrasonic Techniques, December (1990).
3. G. Ya. Bezlyud'ko, et al., "Portable Electromagnetic-Acoustic Thickness Meters (EMAT)", Russian J. of Nondestructive Testing, Vol. 40, No. 4, 004, pp. 239–245. Translated from Defektoskopiya, Vol. 40, No. 4, 2004, pp. 28–35.
4. Boonyaprasorn A., et al., "A Prototype of Inspection Robot for Water Wall Tubes in Boiler", Proc. Of 3rd Intern. Conf. on Applied Robotics for the Power Industry (CARPI), Foz do Iguassu, 2014.
5. Won-Bae Na, "A combination of PZT and EMAT transducers for interface inspection" J. Acoust. Soc. Am., Vol. 111, No. 5, Pt. 1, May 2002.
6. Viswanathan R., "Life Assessment Technology for Fossil Power Plants", Integrity of Engineering Components, Feb. 1995, Vol. 20, Issue 1, pp.301-329.
7. Toft L.H., Mardsen R.A., "The Structure and Properties of 1%Cr-0.5%Mo Steel After Service in CEGB Power Stations", Conf. of Structural Processes in Creep, JISI/JIM, London (1963), 275.

8. Boynard C., et al. "Influence of Superficial Scale in Signal Variation generated by EMAT on Boiler Tube Inspection", Proc. of ECNDT (2006) (1996), paper Tu. 3.8.2.
9. Paterson, I.M., Rettig T.W., "Remaining Life Estimation in Boiler Pressure Parts – 2.25Cr/1Mo Superheater and Reheater Tubes", EPRI, Project RP2253-5, Final Report, Palo Alto, CA 1987.
10. Bergander M., Pechacek R., "Advancements in EMAT Technology for Boiler Tube Inspection", Proc. of ASNT Fall Conference, Indianapolis, November 2000.
11. Bergander M., "EMAT Thickness Measurement for Tubes in Coal Fired Boilers", Applied Energy, 2003, Vol. 74, (3-4) pp.439-444.
12. Babcock&Wilcox Co., Power Generation Group, "Plant Service Bulletin 1994".
13. Bergander M., Levesque L., Hryn W., "EMAT Thickness Measurement for Tubes in Coal Fired Boilers", Proc. of ASNT Fall Conference, Columbus, October 2001.

Получено 16.08.2017

УДК. 669.1

К.К. Комбаев

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

Д.У. Смагулов, У.А. Мурзахметова, Е. Кожа, Г.Е. Ахметова

Казахский национальный исследовательский университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

УПРОЧНЕНИЕ МАРГАНЦОВИСТОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ

Разработана и внедрена в лабораторные исследования установка для электролитно-плазменной обработки металлов и сплавов. Приведено подробное описание устройства и работы установки. Проведены лабораторные испытания установки, определены оптимальные режимы ЭПО марганцевистой стали. Исследовано влияние электролитно-плазменной обработки (ЭПО) на структуру и свойства марганцевистой стали. Показана высокая эффективность работы опытной установки, она рекомендована для внедрения в производство.

Электролиттік-плазмалық қондырғы арқылы металдар мен қорытпаларға жобаланған тәжірибелік зерттеулер жүзеге асырылуда. Мұнда қондырғының жұмыс істеу механизмдері нақты көрсетілген. Қондырғыда зертханалық сынақтар жүргізілуде, ЭПӨ-мен металды өңдеу ең оңтайлы зерттеу әдістердің бірі болып табылады. Электролиттік-плазмалық өңдеу (ЭПӨ) болаттың құрылымы мен қасиетіне әсер етті. Сондықтан жоғары тиімділікке ие бұл әдісті өндіріске енгізуге ұсынуға болады.

An installation for electrolytic-plasma treatment of metals and alloys has been developed and introduced into laboratory studies. A detailed description of the device and operation of the installation is given. The laboratory tests of the installation were carried out, the optimal EPT regimes of manganese steel were determined. The effect of electrolyte-plasma treatment (EPT) on the structure and properties of manganese steel has been studied. The high efficiency of the pilot plant is shown and recommended for implementation in production.

Ключевые слова: марганцевистая сталь, трубы, нефтегазопровод, структура, свойства, электролитно-плазменная обработка.

Основной проблемой современного энергомашиностроения является внедрение в технологию упрочнения готовых изделий новых энергосберегающих и экономически обоснованных режимов и технологий. Одним из таких режимов является процесс нанесения износостойких, жаропрочных, стойких к агрессивным средам покрытий электролитно-плазменным методом.

Используя этот метод, можно заменить применяемые в настоящее время диффузионные процессы насыщения поверхности деталей, многоступенчатые стадии термической обработки и др., которые относятся к энерго- и трудозатратным процессам.

Электролитно-плазменные процессы отличаются от тепловых диффузионных процессов тем, что при их проведении значительно усиливаются и ускоряются физические и химические составляющие процесса диффузии и уменьшается время проведения обработки за счет плазменного электролиза [1].

В современных условиях упрочнение нефтегазовых труб из сталей марок 35Г2, 35Г2С, 37Г2С, 40Г, 45Г и др., повышение их эксплуатационных свойств и обеспечение гарантий качества труб нефтяного сортамента достигается использованием следующих способов, таких как разработка новых и совершенствование известных трубных марок сталей, внедрение участков внутреннего гладкостенного и наружного полиэтиленового покрытий, а также разработка термодиффузионных методов обработки поверхности.

Однако существенным недостатком всех вышеуказанных способов является их достаточно высокая стоимость и недолговечность полученных результатов. Тогда как в настоящее время большое значение приобретает задача сокращения объемов потребления электроэнергии и рационального использования дорогих и дефицитных легирующих элементов без снижения уровня технологических и механических характеристик конечной продукции.

В связи с этим одним из эффективных и перспективных путей решения проблемы упрочнения трубных сталей является применение способа электролитно-плазменной обработки.

Целью настоящей работы является изготовление и апробация лабораторной установки для электролитно-плазменной обработки (ЭПО) марганцовистой стали нефтегазового сортамента и исследование влияния ЭПО на структуру и свойства стали марок 35Г2 и 45Г.

Разработку используют для упрочнения материалов разного рода, в том числе для упрочнения и обеспечения коррозионной стойкости обсадных и насосно-компрессорных труб. В основе принципа действия установки лежит электролитно-плазменная технология нагрева поверхности изделия и закалки. Упрочнение производится путем периодического нагрева и охлаждения поверхности упрочняемого образца за счет электрического потенциала в слое плазмы, создаваемого между жидким электродом (электролитом) и поверхностью катода (образец).

В статье представлен вариант катодного нагрева в рабочей камере с проточным электролитом, где его охлаждение осуществляется непосредственно внутри камеры. Катодное диффузионное насыщение представляет собой один из вариантов электрохимико-термической обработки металлов и сплавов, осуществляемой в водных электролитах. Применяя оптимальный режим ЭПО, можно улучшить механические свойства поверхности сталей 35Г2 и 45Г, а также достичь повышения надежности и долговечности работы труб, изготовленных из этих сталей.

Для исследования структуры и свойств были изготовлены пластинчатые образцы размером 30х30х5 мм из стали 35Г2 и 45Г, химический состав которых приведен в таблице. Начальная структура образцов стали 35Г2 и 45Г феррито-перлитная. Далее образцы подвергались обработке ЭПО.

Химический состав марганцовистых сталей

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P	Cu
	%						не более %		
35Г2	0,31-0,37	1,2-1,6	0,6-0,9	до 0,30	до 0,3	0,30	0,04	0,04	до 0,30
45Г	0,37-0,45	0,7-1,0	0,17-0,37	до 0,30	до 0,3	0,30	0,035	0,035	до 0,30

Обычно для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств заготовки из вышеуказанных марок стали подвергают термической обработке: закалке при температуре 870°C и отпуску при 620°C . После такой обработки твердость исследуемого материала достигает 249...291HV [2].

Для повышения твердости и упрочнения поверхностного слоя необработанных термически образцов в работе была использована лабораторная установка для ЭПО лаборатории «Материаловедение и нанотехнологии» КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, которая позволяет провести непрерывную закалку в процессе ЭПО.

Устройство и принцип работы установки ЭПО. Установка ЭПО состоит из источника постоянного тока 1, пульта управления 2, механизма зажима и установки 3, конусного сопла 4 с вставленным анодом из нержавеющей стали, рабочей ванны 5, изготовленной из диэлектрического оргстекла, объемом 4 литра. Также использовался насос 6 с регулируемой подачей электролита, работающий в агрессивных средах, и диэлектрический резервуар 7 объемом 5 литров (рис. 1).

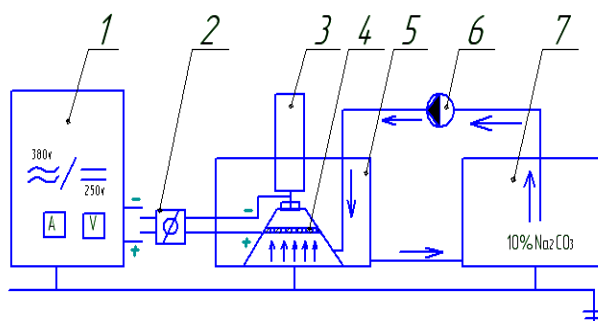


Рисунок 1 - Схема установки для ЭПО: 1 – источник питания;
2 – пульт управления; 3 – механизм зажима и установки заготовки; 4 – сопло для ЭПО;
5 – рабочая ванна; 6 – насос; 7 – резервуар для электролита

Электролит из резервуара 7 подается насосом 6 на сопло 4 конусной формы, в которое вставлен анод из нержавеющей стали. При циркуляции электролита обеспечивается охлаждение ванны до необходимой ($20 \pm 1^{\circ}\text{C}$) температуры. Использованный электролит из рабочей ванны подается обратно в резервуар.

Испытуемый образец (из марганцовистой стали) служит катодом. Он устанавливается на механизме зажима 3, который позволяет регулировать необходимую глубину погружения катода в электролит.

Результаты лабораторных испытаний установки. При лабораторных испытаниях в качестве рабочей среды был выбран электролит – 10% водный раствор кальцинированной соды Na_2CO_3 с известными значениями вязкости и удельного электрического сопротивления.

Методика проведения экспериментальных исследований [3] влияния ЭПО на изменения параметров качества стали в процессе его эксплуатации заключалась в следующем. Катод 2-образец погружается в электролит на глубину 4-6 мм. Анод, имеющий форму диска диаметром 50 мм, толщиной 2 мм, с просверленными отверстиями $\varnothing 4$ мм, изготовлен из нержавеющей стали. Плазма возникает между катодом и жидким электролитом.

При включении электрического потенциала происходит быстрый прогрев, а при отключении – быстрое охлаждение поверхностного слоя изделия выше температуры фазовых превращений. Последующие повторения цикла нагрева и охлаждения позволяют осуществить режим термоциклической обработки поверхности.

При включении постоянного напряжения между двумя электродами – катодом (упрочняемый образец) и анодом (электролит) возникает слой плазмы, генерируемой электрическими разрядами. В результате происходит интенсивный разогрев поверхностного слоя образца. Протекающий через плазменную оболочку электрический ток может обеспечить нагрев активного электрода от 100 °С вплоть до температуры плавления его материала. После отключения источника питания плазма гаснет, что обеспечивает доступ электролита к разогретому изделию и его быстрое охлаждение (закалка). Скорость закалки увеличивается также за счет отвода тепла в массивную подложку. Для устранения оплавления поверхности разработан импульсный режим нагрева. Поскольку продолжительность импульса с напряжением ограничена временем, перегрева поверхности при ЭПО не происходит.

Испытания установки позволили установить оптимальный режим ЭПО марганцовистой стали: напряжение $U=200$ В, сила тока $I=10$ А, время обработки 4 с, закалка 4 с, общее время 2 мин. Испытуемый образец (деталь) служит катодом. Он устанавливается на механизме зажима 3, который позволяет регулировать необходимую глубину погружения катода в электролит.

После ЭПО изменение фазово-структурного состояния поверхности сталей 35Г2 и 45Г изучали с использованием металлографического микроскопа МЕТ-1М, измерение микротвердости образцов осуществляли на приборе типа ПМТ-3М в лаборатории «Материаловедение и нанотехнологии» КазНУ им. К. Сатпаева (рис. 2, 3).

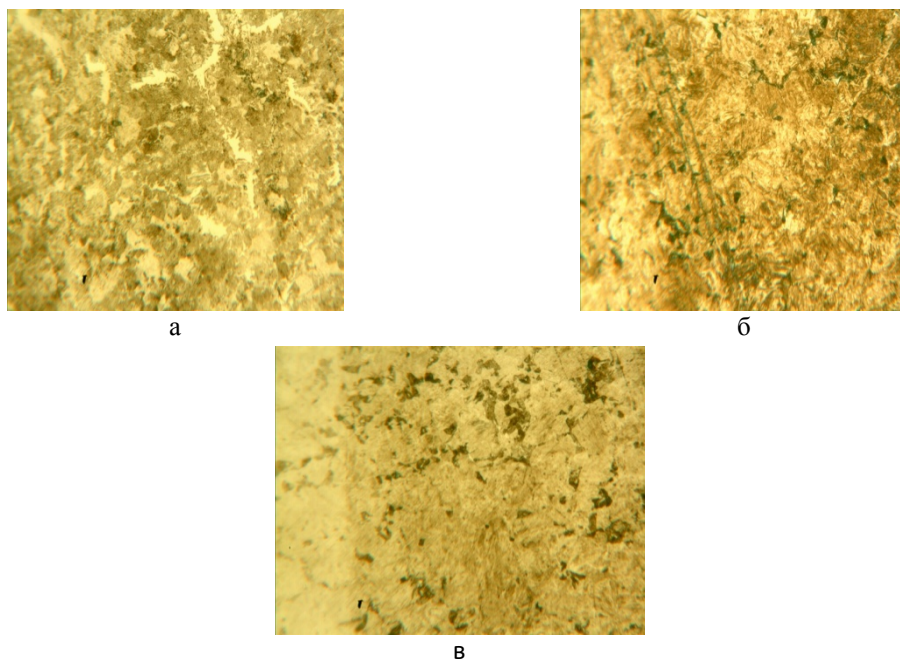


Рисунок 2 - Микроструктура стали 35Г2: а – исходная структура; б – после ЭПО; в – граница обработанных и необработанных поверхностей, $\times 500$

Полученные данные показывают, что в результате ЭПО происходит изменение морфологии и структуры поверхностных слоев сталей 35Г2 и 45Г. При изменении температуры быстрой закалки при ЭПО (время обработки 2 мин) глубина поверхностного упрочненного слоя возросла почти в 2 раза до 67 ± 4 мкм. Под упрочненным слоем находится структу-

ра в виде нижнего высокодисперсионного бейнита, за которой находится исходная структура. Такая структура гарантирует более лучший комплекс механических свойств, что было подтверждено испытаниями образца на износостойкость и твердость (рис. 4).

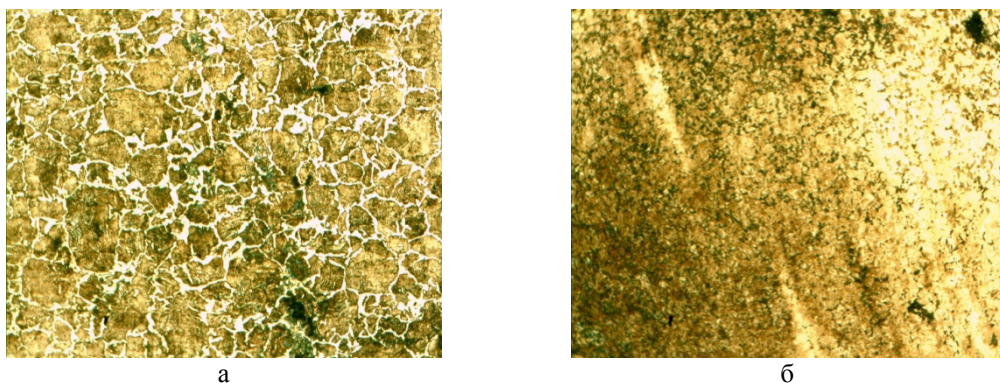


Рисунок 3 - Микроструктура стали 45Г: а – исходная ферритно-перлитная структура; б – структура после ЭПО

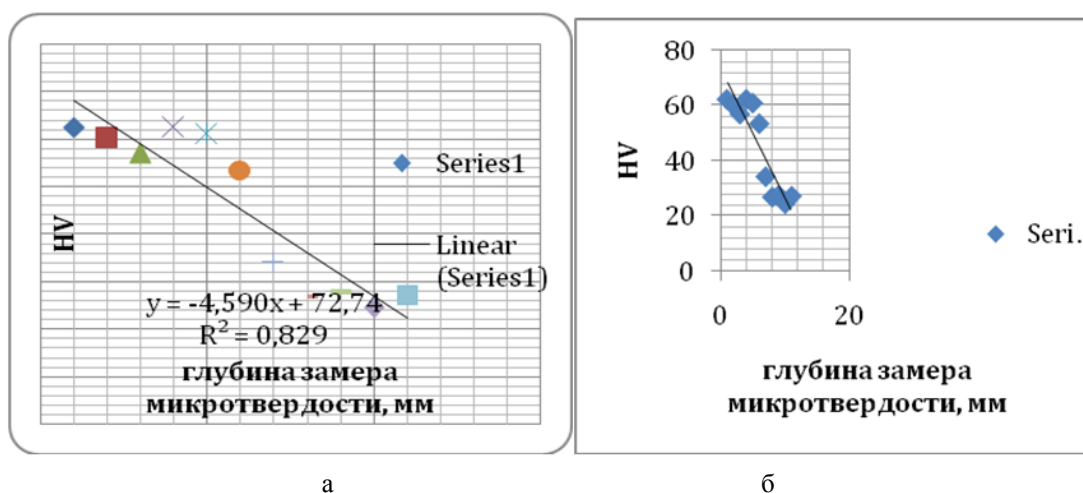


Рисунок 4 - Изменение микротвердости поверхностного слоя образца сталей 45Г и 35Г2 после ЭПО

Микротвердость образца стали 45Г, обработанного ЭПО, на поверхности имеет максимальное значение ($62,5 \text{ Н/м}^2$), стали 35Г2 – $67,8 \text{ Н/м}^2$, с удалением от поверхности вглубь образца твердость постепенно уменьшается до характерной начальной твердости образца с феррито-перлитной структурой.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о достаточно высокой эффективности применения установки и метода ЭПО для повышения поверхностной прочности материалов на примере обработки образцов из стальных труб нефтегазового сортамента.

Способ ЭПО является эффективным методом и позволяет упрочнять поверхностный слой практически любого изделия из металлов и сплавов. При этом сокращаются затраты на электроэнергию и длительность технологического процесса обработки, что позволяет сокращать общие затраты на производство готовой продукции.

На установке также можно проводить ЭПО сплавов на основе цветных металлов [4].

В заключение можно сказать следующее. Применена лабораторная установка для ЭПО марганцовистой стали нефтегазового сортамента. Приведено подробное описание устройства и работы установки. Проведены лабораторные испытания установки, определены оптимальные режимы ЭПО марганцовистой стали. Исследовано влияние ЭПО на структуру и свойства стали марок 35Г2 и 45Г. Выявлено, что ЭПО является дешевым аналогом химико-термической обработки. Структура стали меняется, измельчается, меняется морфология зерен. Повышается прочность обработанных поверхностных слоев. Улучшаются механические и технологические свойства стали. Показана высокая эффективность работы опытной установки: резко сокращаются затраты электроэнергии и длительность термической обработки.

Список литературы

1. Комбаев К.К. Повышение механических свойств и коррозионностойкости нержавеющей стали с помощью плазменной обработки / К.К. Комбаев, Ш.Р. Кылышканов // Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей: Сб. материалов Междунар. конф. - Иванов, 2013. - С. 126.
2. Ахметова Г.Е. Влияние электролитно-плазменной обработки на структуру и свойства трубной стали 40Г. Технология машиностроения и материаловедение / Г.Е. Ахметова, К. Еркин, Д.У. Смагулов и др. // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Новокузнецк: НИЦ МС, 2017. - № 1. - 153 с.
3. Кылышканов М.К. Методы поверхностного упрочнения деталей на основе электролитно-плазменной обработки / М.К. Кылышканов, К.К. Комбаев // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева: Усть-Каменогорск, 2008. - № 4. - С. 59-61.
4. Комбаев К.К. Влияние режимов электролитно-плазменной закалки на структуру и свойства стали бурового долота / К.К. Комбаев, М.К. Кылышканов // Тр. университета, КарГТУ. - Караганда, 2009. - № 2. - С. 16-18.
5. Кылышканов М.К. Методы поверхностного упрочнения чугуна на основе электролитно-плазменной обработки / М.К. Кылышканов, К.К. Комбаев // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева: Усть-Каменогорск, 2008. - № 3. - С. 46-49.
6. Кылышканов М.К. Инновационные направления обработки стали для ремонтных предприятий / М.К. Кылышканов, К.К. Комбаев // Роль университетов в создании инновационной экономики: Междунар. науч.-практ. конф.: Усть-Каменогорск, 2008. - Т. II. - С. 520-522.

Получено 16.08.2017

УДК 669.1

Zh. Konurbaeva, A. Zakimova, R. Kimossov, A. Myakinin, A. Tyrlybekuly
East-Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev, Oskemen

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF SUPERCONDUCTING MATERIALS

Проведен краткий обзор по развитию и исследованию явления сверхпроводимости, а также ее применимости. Проведен обзор интерметаллических соединений материалов, применяемых в сверхпроводниках.

Асқын өткізгіштік құбылысын зерттеуге, сондай-ақ оның қолданылуына қысқаша шолу жасалған. Асқын өткізгіштерде қолданылатын материалдардың интерметалдық қосылыстары қарастырылады.

This article gives a brief overview of the development and research of the phenomenon of superconductivity, as well as its applicability. A review of intermetallic compounds of materials used in superconductors is given.

Keywords: superconductivity, MRI, superconductor market, intermetallic compounds of materials, low-temperature superconductors

The phenomenon of superconductivity is one of the most studied areas of physics, a phenomenon that opens up serious prospects for engineering practice. The devices based on the phenomenon of superconductivity were widely used, and no modern electronics, medicine, or cosmonautics can do without them [1]. This made it possible to create unique research facilities, such as charged particle accelerators for ultrahigh energies, detectors for nuclear physics and elementary particle physics, devices for thermonuclear research with magnetic confinement of hot plasma, laboratory superconducting (JV) magnetic systems, devices special equipment, measuring instruments of record sensitivity and accuracy, as well as equipment that became the subject of direct commercial interest [2]. The latter relates to those spheres of activity in which the use of superconductors gives either a fundamentally new quality of the produced products, as in the case of, for example, magnetic resonance tomographs or high-gradient magnetic separators, or completely new equipment, such as for example, inductive storage devices electricity with an unlimited period of its storage.

Purpose and subject of research. The purpose of this work is to study the prospects for the development of scientific research in the field of superconducting materials, as well as to study the world market for the production and consumption of superconductors.

Superconductors are substances in which, as the temperature is lowered to a certain critical value T_c , the phenomenon of superconductivity is revealed - their electrical resistance completely disappears. In this case, superconductors behave as ideal diamagnets with an anomalously large magnetic susceptibility $1/4\mu_0$, which results in the ejecting of the magnetic field from the volume of superconductors (the Meissner effect). As the magnetic field strength increases to a certain critical value, the superconducting state is destroyed [3].

The basis of technical superconductor materials are two substances.

One of them is a deformable Nb-Ti alloy with the following parameters: critical temperature 9,6 K at zero magnetic field and current, critical magnetic field 12 T at 4,2 K, zero current and critical current density $3 \cdot 10^9 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$ at 4.2 K and in a magnetic field of 5 T.

The second superconductor, later developed by the industry, was the intermetallic compound Nb₃Sn, which somewhat extended the range of operating temperatures and magnetic fields for the SP devices [4]. The Nb₃Sn-based material had a critical temperature of 18,3 K at zero magnetic field and current, a critical magnetic field of about 22 T at 4,2 K and zero current, a critical current density higher than in materials based on the Nb-Ti alloy in particular, at 4,2 K in a field of 10 T the current density in it exceeded $10^9 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2}$.

Substances in the superconducting state possess specific magnetic properties. First of all, this manifests itself in the dependence of the critical temperature of superconductivity on the intensity of the external magnetic field. The critical temperature is maximal in the absence of an external magnetic field and decreases with increasing its intensity [5]. At a certain external field strength H_{km} , called critical $T_k = 0$. In other words, in fields equal to or greater than H_{km} , the superconducting state in matter does not arise at any temperatures. This behavior of superconductors is illustrated by the curve $H_k(T)$ (Fig. 1). Each point of this curve gives the value of the critical external field H_c at a given temperature $T < T_c$, which causes the loss of superconductivity. This curve is a phase transition curve: superconducting phase \rightarrow normal phase. In the absence of a magnetic field, this transition is a second-order phase transition [7]. In the presence of an external magnetic field, this is the first-order transition.

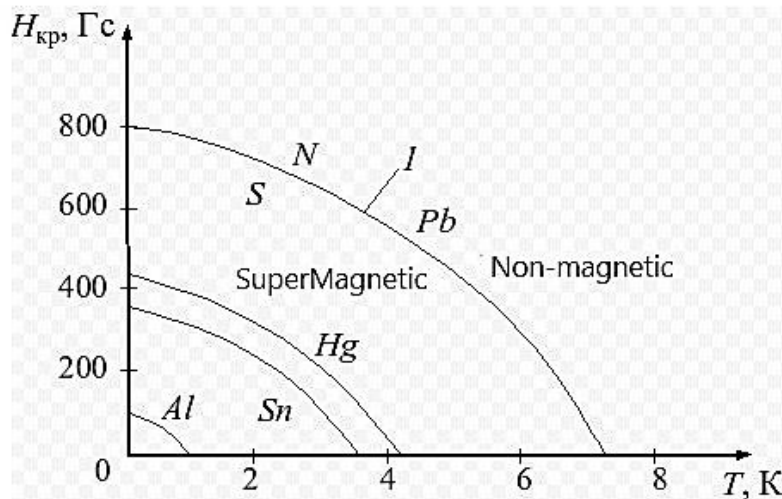


Figure 1 - Dependence of the critical field of a superconductor on temperature

The fundamental difference between type I and type II superconductors is the sign of the surface energy between the normal and superconducting phases. In superconductors of the second kind this energy is negative. Because of this, in such superconductors in fields less than critical, the appearance of normal (nonsuperconducting) regions, separated from superconducting regions by boundaries parallel to the external magnetic field, is possible [8]. The appearance of such normal regions (magnetic flux lines) can lead to a decrease in the free energy of the body if the boundary energy is negative. In superconductors of the first kind with positive boundary energy, the appearance of normal regions is energetically unprofitable; therefore, type I superconductors remain completely in the superconducting state in fields less than the critical field.

World market of superconductors: history and forecasts. During the present work, the research group studied the development of scientific research in the field of superconducting materials, studied the main manufacturers of superconductors in the world and in the region.

According to the European Connectus consortium, the world market of superconductors in 2007 amounted to about 4.0 billion euros. Both sales of superconductor materials themselves and final devices (or their components), whose work is based on the phenomenon of superconductivity, were taken into account. In addition, the cost of maintenance and warranty services, as well as orders for research, research and development and prototyping, were taken into account. Statistical analysis of the market for superconductors for 2004 and 2007 and forecasts for 2010 and 2013 are shown in Figure 2 [9].

Historically, superconducting technologies first began to be used in such branches as fundamental physical research and military technologies, and at the next stage the JV technologies began to master medicine. Most of the devices used are based on low-temperature superconductors. Currently, the market of industrial products is limited, mainly by superconducting magnets of various sizes and purposes: from small research devices to huge industrial installations. Now the most demanded for JV magnets, the scope of application is medical diagnostics (magnetic resonance imaging - MRI). As can be seen from Fig. 1, two areas - research equipment and MRIs occupy almost the entire world market of superconducting devices.

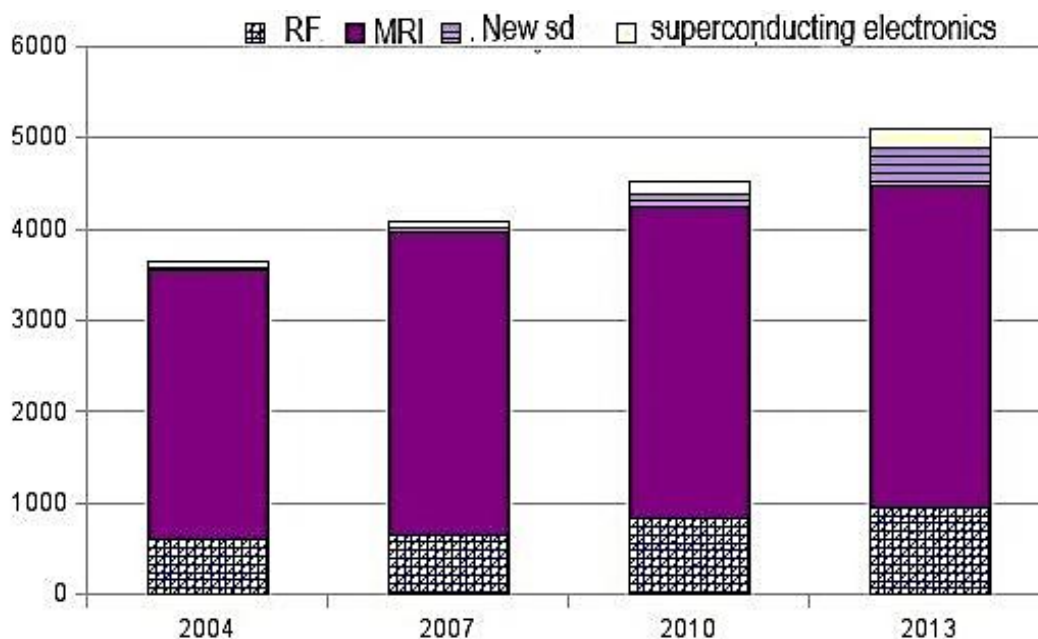


Figure 2 - World market of superconductor applications in 2004-2013, million euros

According to the consortium's forecasts, by 2019 the JV market will grow somewhat and amount to about 6,5 billion EUR. Despite the fact that the contribution of devices based on high-temperature superconductors (HTSC) will increase, devices based on low-temperature superconducting materials will continue to play a key role in the market (Fig. 3).

On the other hand, new fields are beginning to gradually join the above industries, which are expected to widely use superconducting materials and technologies. Such areas are the electric power industry, information technologies, new methods of processing materials in industry, transportation and new applications in medicine. In the diagram they are designated as "new SP-devices" and "SP-electronics". To increase commercial efficiency in these areas, further development of technologies will be required, which will reduce the price of SP-devices. Moreover, for the development of the market, it is necessary to improve the link between pilot projects and industry, to increase production capacity, which will transfer the market of superconducting applications to a fundamentally new level of investment. According to estimatesConnectus, the world market for new superconducting applications, may by 2013 be 0,6 billion EUR.

It is expected that the share of NTSC will continue to grow and by 2019 will amount to 6,6 million. Euro. The share of products from HTSC will approach 0,9 billion euro in 2018. Today, the European Union accounts for about half of the world market of joint ventures [10]. It is assumed that in the future the EU share will significantly decrease, primarily due to the rapid development of the economy of the Asian region.

In Kazakhstan, JSC «Ust-Kamenogorsk Iron and Steel Works» was established production of superconducting wires in 1974. The company established the production of a wide range of superconducting winding wires. More than 30 sizes of superconducting wires with a diameter of 0,5-2,0 mm with a number of veins from 1 to 9 000, a diameter of cores from 6 to 205 μm and a length of up to 5 km are produced.

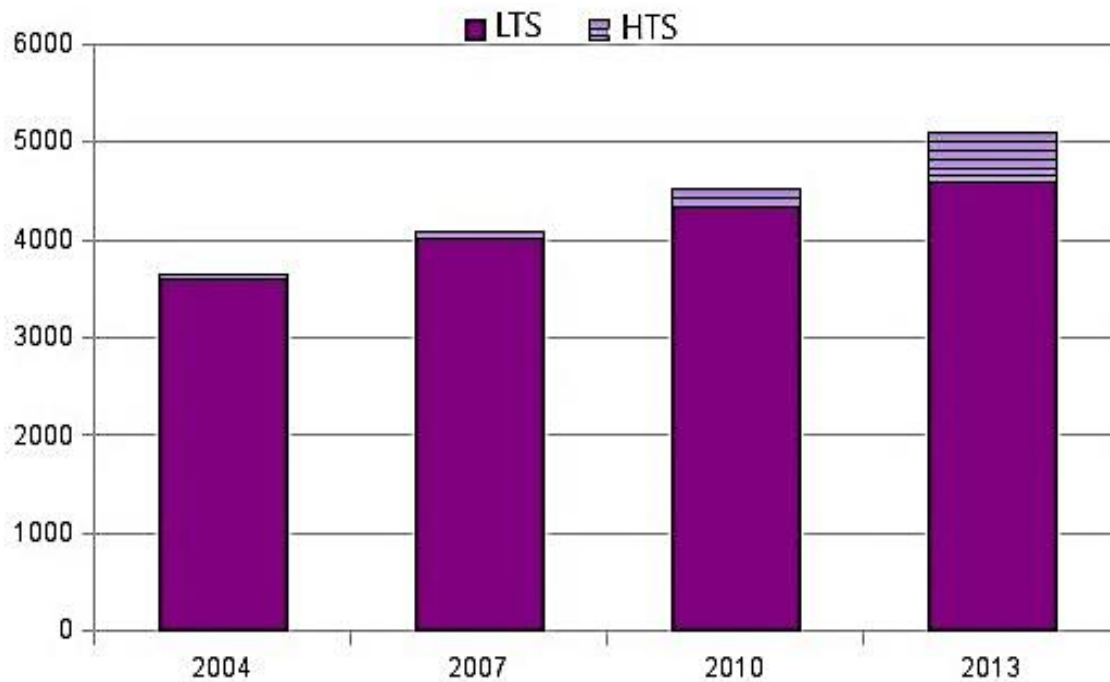


Figure 3 - World market of low-temperature superconductors and high-temperature superconductors in 2004-2013, € million

Research and development in the field of electrical equipment is successfully developing. The reason for this is the unique possibilities that have opened up superconductivity in the field of electronics (high, close to the ultimate quantum sensitivity and accuracy of measuring instruments, high denseness of resonant systems, miniaturization of many critical devices of radio engineering and electronics), as well as low material consumption of these devices and modest requirements for power cryostatting. Supersensitive meters of magnetic current, current and voltage were developed and tested, a quantum standard of Volta, unique magnetometers and gradiometers, radiation receivers superior to the most sophisticated semiconductor devices were designed. Some of them, for example, superconducting bolometers and stroboscopic consoles for oscilloscopes, were produced in small batches mainly by small firms. Mostly Nb / AlOx / Nb was used.

Very interesting are the developments of a new generation of magnetometric systems of non-destructive testing, which are necessary, first of all, for the atomic, aviation and space industries. The perspective direction of medical diagnostics is magnetocardiography and magnetoencephalography.

In the field of digital, or discrete, superconductor electronics, there is a constant increase in the number of elements on a single chip. An increasing practical application finds the quantum Volta standard obtained by the integration of Josephson junctions on a single chip [11]. In the space experiment on the ARGOS satellite, along with passive SP elements, digital subsystems were tested, providing more than a 100-fold decrease in power consumption with a 10-fold increase in speed and a 10-fold decrease in mass compared with semiconductor systems based on silicon or gallium arsenide.

Conclusion. Thus, according to forecasts, the market share of global superconducting materials in the research and development sector on a global scale will grow by more than 17% annually. The growth of the segment will be mainly due to a wide range of research and development in various sectors of the final consumer, including telecommunications, electronics, medicine, transportation, etc. For the development of new products and services, key players in the aforementioned industries are actively investing in research and development to stimulate innovation in products and services to achieve competitive advantages around the world. For example, the telecommunications sector is involved in replacing conventional filters with superconducting filters that are more efficient in collecting signals and thereby improve the antenna range. Such research in the field of R&D will help increase the size of subsequent years.

References

1. Лившиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов / Б.Г. Лившиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Линецкий. - М.: Металлургия, 1980. - 320 с.
2. Сайт Центр маркетинговой компетенции в области чистых технологий маркетинговой группы «Текарт». - Режим доступа: www.conectus.org.
3. L.M. Dougherty G.T. Gray III E.K. Cerreta R.J. McCabe R.D. Field J.F. Bingert Rare Twin Linked to High-Pressure Phase Transition in Iron, ScriptaMaterialia 60(9):772-775 · May 2009 with 10 Reads, DOI: 10.1016.
4. Wright T.W. The physics and mathematics of adiabatic shear bands. Cambridge University Press, 2202. 240 p.
5. Беликова А.Ф. Локализация деформации и связь ее с деформированным состоянием материала / А.Ф. Беликова, С.Н. Буравова, Ю.А. Гордополов // Журнал технической физики, 2013. – Т. 83. - Вып. 2.
6. W.M. Isbell Shock Waves: Measuring the Dynamic Response of Materials, London Imperial College Press 2005.
7. M.A. Meyers, C.Sarzeto, C.Y. Hsu A Technique for Obtaining Shock-Wave Parameters Using Wave Superposition in Low- Carbon Steel, Metallurgical transactions A, V. 11A,1980.
8. Валяев А.Н. Влияние градиента давления ударной волны в α -железе, облученном мощным ионным пучком, на появление максимума микротвердости / А.Н. Валяев, А.Д. Погребняк, С.Н. Братушка и др. // Письма в ЖТФ. - 1998. – Т. 24. - № 20.
9. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. – М.: Металлургия, 1981.
10. Олешко В.И. Электрический пробой и взрывное разложение монокристаллов тетранитрата пентаэритрита при облучении электронным пучком / В.И. Олешко, В.М. Лисицын, А.С. Скрипин и др. // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38. - Вып. 9.
11. Хомская И.В. Фазовые и структурные превращения в сплавах на основе железа и меди при интенсивных ударно-волновых и деформационных воздействиях. – Дисс. ... д-ра техн. н. - Екатеринбург, 2014.

Получено 31.08.2017

УДК 621.01

Zh. Konurbaeva, A. Zakimova, A. Myakinin, R. Kimossov, A. Tyrlybekuly

East-Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev, Oskemen

**PROSPECTS OF ESTABLISHING A TRABECULAR TANTAL IMPLANT
BY THE ADDITIVE METHOD**

Проведено комплексное исследование рынка ортопедических имплантатов РК, проведен анализ существующих технологий производства имплантатов и материалов, предназначенных для их производства. Определены конкурентные преимущества трабекулярных танталовых имплантатов, произведенных аддитивным методом. Дана оценка состоянию рынка ортопедической хирургии РК.

Қазақстан Республикасының ортопедиялық имплантант нарығын кешенді зерттеу жүргізілді, имплантанттар мен оларды өндіруге арналған материалдарды өндіру бойынша аддитивті технологияларға талдау жүргізілді. Аддитивтік әдіспен өндірілетін трабекулярлық тантал имплантанттарының бәсекелестік артықшылығы анықталды. Қазақстан Республикасының ортопедиялық хирургия нарығының жағдайы зерттелді.

The complex research of the orthopedic implants market of the Republic of Kazakhstan was carried out, the analysis of the existing technologies for the production of implants and materials intended for their production was carried out. The competitive advantages of trabecular tantalum implants produced by the additive method are determined. The state of the orthopedic surgery market in the Republic of Kazakhstan was assessed.

Key words: *implants, materials for the production of implants, additive method, orthopedic surgery market, implant technology.*

Introduction. Today, porous orthopedic implants reveal new horizons in skeletal reconstructive surgery, in the general replacement of the hip joint, recently called the "operation of the century" [1]. Until now, general arthroplasty of the hip joint has become a routine operation, when the treatment of hip osteoarthritis and the number of surgical interventions has been increasing since the 1970s. The most common causes for revision are mechanical weakening, infection and instability / dislocation [2]. Most of these failures are due to the wear of polyethylene and periprosthetic osteolysis and, more recently, metallosis [1, 3]. Such defects cause larger defects of bones and cavities in the bone structure, when the dimensions of these defects become too large, there is a possibility of aseptic weakening of the implant. These defects of bone tissue need to be restored and filled during the revision operations with new structures on which new elements of the prosthesis are attached. These new structures can be autografts, polymethylmethacrylate (bone cement), or allografts. Currently, transplants are the best solution for creating a mechanical stable reconstruction that can withstand postoperative mechanical loading, in cases of large bone defects [4, 5]. In connection with the increased demand for allograft and its limited availability, more and more surgeons began to use artificial bone substitutes. Preferably, these substitutes should provide initial fixation and long-term stability for surrounding prostheses. Porous metals have the ability to provide bone growth and prevent stress by reducing stiffness without too much loss of strength and therefore suitable for use as bone substitutes in load-bearing loads.

Purpose and subject of research. The purpose of this work is to determine the relevance of the development of technology for the production of trabecular tantalum implants by the additive method.

The first porous implants had only porous coatings of cobalt-chromium, but were soon replaced by the surgical type 5 Ti-6Al-4V, which is still the most widely used material for porous biomaterials [1]. An alternative with a large potential is tantalum (Ta). Ta is a solid, plastic,

highly chemically resistant material with good biocompatibility to human bone [6]. It has been used successfully as a biomaterial since the 1940s in clinical medicine [6, 7], but because of its high cost and complexity in processing, the use of Ta as a biomaterial has been limited [8]. The parameters of human biocompatibility and differentiation for Ta-based osteoblasts are excellent compared to the more commonly used in surgery Grade 5 Ti-6Al-4V [11, 12, 13]. Despite its promising biological properties, Ta is not considered to be a suitable material for large implants because of its high density and high price. Recent work devoted to research depending germination bone implant (trabecular implants are based on a porous alloy Ti-Nb-Ta, obtained by powder metallurgy techniques) showed a strong dependence on the alloy porosity and pore dimensions themselves [11-19]. The best biocompatibility was shown by Ti-Nb-Ta based alloys with pore sizes from 200 to 400 μm , which correspond to the pore sizes of animals and human bones. The porosity of the alloy should be at least 70% with a plateau voltage of 53 MPa and an elastic modulus of 3.4 GPa [12].

However, the preparation of a porous material based on the alloy of the Ti-Nb-Ta system is a difficult task, which leads to an increase in the cost of the implant itself. Production appears to yield implants with desired porosity, pore size and mechanical characteristics of the additive method to give the finished product, sintering the powder in an inert atmosphere by optical radiation. Problems associated with the technology of obtaining a porous material by an additive method that has a high biocompatibility is an urgent task of medical material science.

Results and discussion. The research team made an attempt to assess the competitive advantages of the proposed technology in comparison with the main market implants produced in the classical way.

A study of the endoprosthesis market showed that among the metals that are used for implantation, the proportion of titanium and its alloys that are best for implantology, in terms of biocompatibility and specific strength, is about 5%. This is due to the low processability of titanium, and, consequently, the high cost of implants, which are mainly manufactured by machining. In addition, the final finish of the bone-contacting surfaces is quite difficult.

Practically there are no cast implants, although casting of titanium alloys is widely used in the aerospace industry. The fact is that pure titanium has low casting properties, and its cast alloys contain components (nickel, vanadium, etc.), which have a harmful effect on the tissue surrounding the implant.

The unique quality of tantalum is its high biological compatibility, i.e. The ability to get accustomed to the body without causing irritation to surrounding tissues. This property is based on the widespread use of tantalum in medicine, mainly in reconstructive surgery.

Tantalum has an advantage over titanium, stainless steel and other metals, which are used for the production of implants. Tantalum implants are more porous than titanium, which promotes bone growth and elasticity of the prosthesis itself.

However, only 5% of tantalum produced in the world is spent on medical needs, about 20% is consumed by the chemical industry. The bulk of tantalum - over 45% - goes to metallurgy. Leaders in the field of tantalum implants are the American company ZIMMER.

The main differences between tantalum implants and ordinary titanium are, of course, its composition and a rare trabecular structure.

Implant made of tantalum, in contrast to standard titanium and zirconium. The implant has an unusual trabecular structure, the implant is more like a piece of bone, rather than a familiar metal "screw". It is easier to call it spongy, as it copies the natural structure of the bone. This structure provides a more effective splice of the implant with bone at the cellular level. And this in turn allows even in complex cases to do without the build-up of bone tissue. With spongy implants, additional surgeries can often be avoided.

Tantalum production in East Kazakhstan is the only one in the CIS and one of the largest in the world, equipped with powerful modern equipment capable of processing any tantalum-niobium-containing raw materials into ingots, chips, powders, rolled products.

The Kazakhstan plant has a full cycle of production - from processing raw materials of any kind to the production of condenser powders, flat and round rolled products.

The key competence of tantalum production of UMP is the production of high-purity metallic tantalum (99.995% Ta). The use of tantalum in medicine will allow us to master a new segment, increasing the Kazakhstan content in the full cycle of production. The market of tantalum implants remains undeveloped due to various factors considered above. We are able to become the first in the market of modern implants to have a raw material base, a growing demand for endoprosthetics, and the use of new technologies in the production of implants. The combination of these factors will allow Kazakhstan to become a market leader with a fundamentally new approach to the production of medical products.

This study showed that the durability and inertness of this high-strength metal are maintained throughout the production process. Tantalum demonstrated a significant potential for creating lattice structures using selective laser melting for use in hip joints, implants and other new biomedical products that will benefit the well-being of patients and ultimately lead to cost savings in a more mass market.

A study by Metalysis and TWI used tantalum powder of the first grating structure to print, which ultimately could lead to individual hip replacements and spinal implants.

The lattice structures obtained during this study proved that they are able to replicate natural bone in terms of strength and rigidity and integrate with existing bone cells in such a way as to sharply reduce the risk of rejection. Like other three-dimensional printing devices, implants can be produced at much lower costs than with traditional production methods. Titanium and tantalum were particularly expensive and difficult to produce in the past, but their effectiveness in medical implants makes them very attractive, so the medical industry has so many hopes associated with the possibility of 3D printing of these metals. Since the launch of its commercial plant in 2015, Metalysis has successfully supplied tantalum powder to its customers around the world, working with LPW Technology to serve its customers interested in applying additive production technology.

Tantalum production in East Kazakhstan is the only one in the CIS and one of the largest in the world, equipped with powerful modern equipment capable of processing any tantalum-niobium-containing raw materials into ingots, chips, powders, rolled products.

The use of tantalum as a material in prototyping allows:

- improve the efficiency of medical care, reduce the time of surgery and reduce risks to the patient;
- diversify the nomenclature of tantalum production in Kazakhstan;
- reduce dependence on imports of implants in favor of biocompatible implants;
- use tantalum raw materials in a completed production cycle;
- increase the share of Kazakhstan content in endoprosthetics.

Marketing research demonstrated the feasibility of the process of realization of the target program financing, market demand in individual tantalum implants and the prospect of their production additive method.

The use of additive technologies in medicine makes it possible to solve questions in a wide variety of fields, such as surgery, dentistry, surdology (making crowns, skeletal prosthesis frames, surgical templates for implantation, vertebral implants, individual earmolds for hearing aids, prosthetics of limbs, joints etc.).

Rapid prototyping is rightly called the technology of the XXI century, and it seems that now no one needs to be convinced of this - just look at the statistics. Terry Wohlers cites in his annual review the following data characterizing the state of the art in the field of RP (Rapid Prototyping) technologies as of the end of 2009:

- for the years 2006-2009. the growth of investments in the RP industry was 153%;
- for the period from 1993 to 2009, annual sales of RP-printers increased more than 30 times.

Given the unique qualities of tantalum - its high biocompatibility, i.e. the ability to take root in the body without causing irritation of surrounding tissues, the combination of metal with additive technologies will bring to a qualitatively new level the issues of prosthetics in the country.

Tantalum production in East Kazakhstan is the only one in the CIS and one of the largest in the world, equipped with powerful modern equipment capable of processing any tantalum-niobium-containing raw materials into ingots, chips, powders, rolled products.

The Kazakhstan plant has a full cycle of production - from processing raw materials of any kind to the production of condenser powders, flat and round rolled products.

The key competence of tantalum production of UMP is the production of high-purity metallic tantalum (99,995% Ta). The use of tantalum in medicine will allow us to master a new segment, increasing the Kazakhstan content in the full cycle of production. The market of tantalum implants remains undeveloped due to various factors considered above. We are able to become the first in the market of modern implants to have a raw material base, a growing demand for endoprosthetics, and the use of new technologies in the production of implants. The combination of these factors will allow Kazakhstan to become a market leader with a fundamentally new approach to the production of medical products.

According to the Research Institute of Traumatology and Orthopedics, in the Republic of Kazakhstan, at least 30,000 people need joint replacement in arthroplasty annually. Of these, about 15,000 need endoprosthetics for the hip joints, and about 9,000 people in the knee arthroplasty. However, recent world trends indicate that the ratio of endoprosthetics of the hip and knee joints is close to 1:1. Thus, it can be concluded that the number of knee joints in need of an endoprosthesis replacement in the Republic of Kazakhstan will soon approach 15 thousand cases per year.

In general, the volume of the market of medical products of Kazakhstan is at least USD 380 million (the volume is calculated on the basis of import / export / production data, as well as expert assessment of market participants), including about 27.6 million items of orthopedics and traumatology .US dollars. (about 7.2%). The share of the market for implants on the general market of medical devices is at least 16% or about 41.6 billion US dollars. The average annual growth of the global implant market for the period 2007-2012 was 4.1%, which is higher than the growth rate of world GDP for this period. The largest market for implants in the territory of the post-Soviet space is the Russian market The market size of orthopedics and traumatology of the Russian Federation is about 347 million US dollars.

This segment is completely import-dependent (the share of imports is almost 99%). Import supplies of the studied medical devices are strongly monopolized. More than 96% of the market studied by IMN is controlled by 5 companies - LLP "Apex Co", LLP "A-37", LLP "Medicus-M", LLP "Medcor" and LLP "Medicline".

The largest countries-suppliers of studied medical devices are Switzerland, Great Britain, Poland and Russia. The largest companies-manufacturers are Stryker, Euller and Johnson & Johnson, which account for almost $\frac{3}{4}$ of the market of imported medical devices of the studied groups.

In the structure of imports studied by the Institute of Mathematics, the largest share belongs to the knee, hip prosthesis and plates, rods and screws - the imports of these three categories account for up to 65% of the imports of the studied medical devices in 2015.

The leader in the import of implants for osteosynthesis in the Eurasian Economic Union is SYNTHES. In the import of joint endoprostheses, ZIMMER products (tantalum implants) occupy a leading position, accounting for about 20% of imports. The leader in the import of endoprostheses for fixation and osteosynthesis of the spine in 2013 was the American company MEDTRONIC.

Among the metals that are used for implantation, the proportion of titanium and its alloys, the best for implantology, in terms of biocompatibility and specific strength, is about 5%. This is due to the low processability of titanium, and, consequently, the high cost of implants, which are mainly manufactured by machining. In addition, the final finish of the bone-contacting surfaces is quite difficult. Practically there are no cast implants, although casting of titanium alloys is widely used in the aerospace industry. The fact is that pure titanium has low casting properties, and its cast alloys contain components (nickel, vanadium, etc.), which have a harmful effect on the tissue surrounding the implant.

Conclusion. Unlike titanium, tantalum has a higher biocompatibility. Tantalum is a unique material - it has a high biological compatibility with the tissues of a living organism, without causing rejection, which is why it is widely used in medicine: reconstructive surgery, orthopedics. Tantalum plates cover the damaged skull, tantalum with alloys of other metals used to make endoprostheses.

Tantalum successfully serves for the radiographic analysis of the lungs, bronchi. The patient inhales harmless tantalum dust, which settles on the lungs, bronchuses marks the diseased areas, and they become visible on the x-ray. Thus, the doctor has the ability to accurately diagnose the disease. But it should be said that only 5-6% of all tantalum produced is used for medicine, about 20% is consumed by the chemical industry. The bulk of tantalum - over 45% - goes to metallurgy.

Similar properties - biological compatibility - are alloys of tantalum with niobium. The lower density of alloys compared with tantalum makes them more promising in medicine, including implantology. The human body perceives tantalum not as a foreign body, but as its own bone tissue.

Increasing the share of medical use of tantalum will allow solving a wide range of tasks in traumatology, orthopedics and surgery. Diversified use of tantalum properties makes this metal a promising raw material in the future medicine. However, in the modern world there is no commercial application of tantalum implants obtained by the additive method, having scientific developments are at the stage of preclinical research.

The use of tantalum as a material in prototyping will allow:

- improve the efficiency of medical care, reduce the time of surgery and reduce risks to the patient;
- diversify the nomenclature of tantalum production in Kazakhstan;
- reduce the dependence on imported impentants in favor of biocompatible implants;
- use tantalum raw materials in a completed production cycle;
- increase the share of Kazakhstan content in endoprosthetics.

References

1. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. *Lancet* 2007;370:1508-19.
2. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:128-33.
3. Sundfeldt M, Carlsson LV, Johansson CB, Thomsen P, Gretzer C. Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. *Acta Orthop* 2006;77:177-97.

4. Villanueva M, Rios-Luna A, Pereiro De Lamo J, Fahandez-Saddi H, Bostrom MP. A review of the treatment of pelvic discontinuity. HSS J 2008;4:128-37.
5. Brubaker SM, Brown TE, Manaswi A, Mihalko WM, Cui Q, Saleh KJ. Treatment options and allograft use in revision total hip arthroplasty the acetabulum. J Arthrop 2007;22:52-6.
6. Helsen JA, Missirlis Y. Biomaterials – a tantalus experience. Heidelberg: Springer; 2010.
7. Black J. Biological performance of tantalum. Clin Mater 1994;16:167-73.
8. Balla VK, Bose S, Davies NM, Bandyopadhyay A. Tantalum – a bioactive metal for implants. JOM 2010;62:61-4.
9. Matsuno H, Yokoyama A, Watari F, Uo M, Kawasaki T. Biocompatibility and osteogenesis of refractory metal implants, titanium, hafnium, niobium, tantalum and rhenium. Biomaterials 2001;22:1253-62.
10. Johansson CB, Hansson HA, Albrektsson T. Qualitative interfacial study between bone and tantalum, niobium or commercially pure titanium. Biomaterials 1990;11:277-80.
11. Findlay DM, Welldon K, Atkins GJ, Howie DW, Zannettino ACW, Bobyn D. The proliferation and phenotypic expression of human osteoblasts on tantalum metal. Biomaterials 2004;25:2215–27.
12. Stiehler M, Lind M, Mygind T, Baatrup A, Dolatshahi-Pirouz A, Li H, et al. Morphology, proliferation, and osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells cultured on titanium, tantalum, and chromium surfaces. J Biomed Mater Res, Part A 2008;86:448–58.
13. Tang Z, Xie Y, Yang F, Huang Y, Wang C, Dai K, et al. Porous tantalum coatings prepared by vacuum plasma spraying enhance BMSCs osteogenic differentiation and bone regeneration in vitro and in vivo. PLoS One 2013;8:e66263.
14. Miyazaki T, Kim H-M, Kokubo T, Ohtsuki C, Kato H, Nakamura T. Mechanism of bonelike apatite formation on bioactive tantalum metal in a simulated body fluid. Biomaterials 2002;23:827–32.
15. Garbuz DS, Hu Y, Kim WY, Duan K, Masri BA, Oxland TR, et al. Enhanced gap filling and osteoconduction associated with alendronate-calcium phosphate-coated porous tantalum. J Bone Joint Surg Am 2008;90:1090–100.
16. Justesen J, Lorentzen M, Andersen LK, Hansen O, Chevallier J, Modin C, et al. Spatial and temporal changes in the morphology of preosteoblastic cells seeded on microstructured tantalum surfaces. J Biomed Mater Res, Part A 2009;89:885-94.
17. Wang N, Li H, Wang J, Chen S, Ma Y, Zhang Z. Study on the anticorrosion, biocompatibility, and osteoinductivity of tantalum decorated with tantalum oxide nanotube array films. ACS Appl Mater Interfaces 2012;4:4516-23.
18. Paganias CG, Tsakotos GA, Koutsostathis SD, Macheras GA. Osseous integration in porous tantalum implants. Indian J Orthop 2012;46:505–13.
19. Miyazaki T, Kim HM, Kokubo T, Miyaji F, Kato H, Nakamura T. Effect of thermal treatment on apatite-forming ability of NaOH-treated tantalum metal. J Mater Sci - Mater Med 2001;12:683-7.

Получено 31.08.2017

УДК 669; 658.567.1

Н.А. Куленова, Ж.С. Оналбаева, З.М. Ахметвалиева

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

А.А. Хайруллина, А.В. Троеглазова

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

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

В данной работе приведены результаты исследований по утилизации техногенных отходов Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината, в частности осадка шламонакопителей. Изучен вещественный состав осадка шламовых накопителей производства химическим, фазовым, микроскопическим и рентгеноструктурным методами. Даны рекомендации по повторному использованию техногенных отходов в качестве строительного материала.

Берілген жұмыста Өскемен титан-магний комбинатының қиын ашылатын қалдықтарын, соның ішінде шлам жинақтауыштардың шөгінділерін кәдеге асыру бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Шлам жинақтауыш шөгінділерінің заттық құрамы химиялық, фазалық, микроскопиялық және рентген құрылымдық әдістермен зерттелді. Қиын ашылатын қалдықтарды құрылыс материалы ретінде қайта қолдану бойынша ұсыныстар берілген.

In this paper, the results of research on the utilization of man-caused waste from the Ust-Kamenogorsk titanium-magnesium plant, in particular sediment of sludge collectors, are presented. The material composition of the sediment of sludge collectors was studied by chemical, phase, microscopic and X-ray diffraction methods. Recommendations on the reuse of man-caused waste as a building material are given.

Ключевые слова: техногенное сырьё, шламовые отходы, вторичная переработка, известковый шлам, рециклинг.

Принятое комплексное использование техногенного сырья как заменителя природного минерального сырья в промышленности строительных материалов развивается последовательно. Первым этапом, в значительной мере опробованным, является использование техногенного сырья для получения продукта путем максимального упрощения технологий. Такой подход к решению технически сложной задачи не всегда дает положительный результат и в подавляющем большинстве случаев приводит к малоэффективному использованию отходов производства. Однако продолжающийся рост отходов заставляет искать новые пути их использования. В результате исследований, как правило, наступает второй этап, сводящийся к изысканию рациональных методов и направлений использования техногенного сырья с учетом его специфических свойств.

В Восточно-Казахстанской области в настоящее время действует ряд металлургических предприятий, для которых утилизация, хранение и содержание техногенного сырья требует больших площадей и постоянного вложения средств. Одним из таких предприятий является Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат.

Аналитический обзор литературных и патентных данных по технологиям обезвреживания, переработки и утилизации отходов титано-магниевого производства показывает, что объем образования и выброс твердых хлоридных отходов может быть существенно снижен за счет дальнейшего совершенствования основных технологических процессов, использования отходов в собственном производстве, снижения их токсичности, попутного извлечения ценных компонентов, в том числе для производства товаров народного потребления, что позволяет комплексно использовать природное сырьё. Использование обезвреженных и переработанных отходов титано-магниевого производства в различных отраслях промышленности взамен дефицитных и дорогостоящих реагентов может дать значительный экономический эффект. Особо можно отметить, что использование твердых отходов титано-магниевого производства в промышленности строительных материалов позволит ощутимым образом оздоровить экологическую обстановку региона, снизив объем существующего захоронения в землю.

На данном этапе нам представляется перспективным проведение переоценки всех техногенных отходов титано-магниевого производства и разработка эффективных (не требующих больших капитальных затрат) технологий переработки твердых отходов, в том числе и при производстве строительных материалов.

Образующиеся в процессе производственной деятельности УК ТМК промышленные отходы представлены двумя разновидностями: пульпой хлоридной и так называемым минерализатором. Пульпа хлоридная (смесь шламов с водой) образуется в процессе очистки технологических газов и размывки технологического оборудования титанового и магниевого производства. Пульпа хлоридная представляет собой пастообразный продукт с содержанием влаги 85-95%. Химический состав пульпы хлоридной приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав пульпы хлоридной

Наименование компонентов	Содержание, %		
	Мин.	Макс.	Среднее
SiO ₂	2,0	4,5	3,2
Ca _{общ}	16,2	23,0	18,6
CaO	2,0	4,0	3,21
CaCO ₃	8,7	15,4	11,8
TiO ₂	6,9	11,0	9,1
Fe	3,4	6,6	5,5
Al	2,8	4,8	3,8
Cr	0,38	0,77	0,67
Cl	8,7	12,3	11,3
Mg	-	0,4	0,4
V	-	0,16	0,16
Ta ₂ O ₅	0,016	0,036	0,025
Nb ₂ O ₅	0,18	0,25	0,20
Cu	0,013	0,10	0,056
H ₂ O гигр.	22,4	25,8	24,1
Прочие	-	-	4,0

Шламы от производственных цехов комбината в смеси со стоками после размыва технологического оборудования, предварительного разложения присутствующего в составе стоков гипохлорита кальция раствором тиосульфата натрия по системе промышленной канализации отводятся на станцию нейтрализации. Направляемая в шламонакопители хлоридная пульпа представляет собой смесь пастообразных шламов с водой. Шламовые отходы отнесены к 4 классу опасности.

После нейтрализации известковым молоком хлоридная пульпа направляется в шламонакопитель на отстаивание. Осветленная при отстаивании вода при избытке по отводящим трубопроводам перекачивается на выпуск в р. Иртыш. Выпавшие в осадок шламы складываются в шламонакопителях.

Минерализатор образуется в процессе производства титана и магния в виде отработанных расплавов титановых и карналлитовых хлораторов, отработанных электролитов и шламов электролизеров. Минерализатор имеет твердое агрегатное состояние, фракционный состав изменяется от порошкообразного материала до крупных монолитов весом до 2-3 т. Минерализатор складывается на полигоне.

В химическом отношении минерализатор представляет собой смесь хлоридов кальция, магния и других легко растворимых солей, вес %: KCl - 42,2; NaCl - 16,6; MgCl₂ - 8; CaCl₂ - 1,8; MgO - 0,5; FeCl₂ - 15; FeCl₃ - 5,6; AlCl₃ - 2,4; TiO₂ - 2,3; SiO₂ - 4,2. Растворимость минерализатора в воде - 60% и более. Минерализатор вывозится специальным автотранспортом на полигон захоронения, где складывается в грунтовые траншеи. После заполнения до проектных отметок траншеи закрываются чехлом глинистого грунта и рекультивируются.

С целью определения возможных путей переработки осадка шламонакопителей в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете проведены исследования по его максимальной утилизации в производстве строительных материалов. Изучение вещественного состава осадка проводилось химическим, фазовым, микроскопическим и рентгеноструктурными методами.

По заключению Республиканской областной санэпидемстанции осадок шламонакопителей относится к материалу IV класса опасности – вещество малоопасное. Показатель LD_{50} - среднесмертельная доза для белых крыс составляет для минерализатора 7000 ± 25 мг/кг и 45423 ± 69 мг/кг для пульпы хлоридной.

Он не обладает способностью к кумуляции и проникновению через кожу, не вызывает повышенной чувствительности организма и усиленного роста тканей. Осадок не выделяет летучих веществ в воздух. При соблюдении правил охраны труда и техники безопасности в работе с осадком он не вызывает поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей. И, следовательно, может использоваться при производстве строительных материалов. Это тонкодисперсный, глиноподобный материал, имеющий сложный химический состав. По срокам хранения осадок шламонакопителя подразделяется на текущий (срок хранения до 1 года) и лежалый (срок хранения более одного года). Химический состав осадка шламонакопителей представлен в табл. 2-4. В химическом составе твердого осадка представлены соединения кремния, кальция, алюминия, титана и других элементов.

Минералогическое исследование материала осадка показало, что визуально пробы представлены буровой тонкодисперсной массой. Основной фазой являются гидрослюды: $K_4Al_2[(Si, Al)_4 \cdot O_{10}][OH]_2 \cdot nH_2O$, гидромусковит, биотит. Приблизительно 8 -12% составляет соединение $CaC_1_2 \cdot 6H_2O$.

Таблица 2

Химический фазовый анализ осадка

№	Вещество, % вес.	Осадок текущий	Осадок лежалый
1	Кремнезем общий свободный	4,34 1,9	6,84 1,25
2	Кальций общий хлорид карбонат сульфат, связанный с алюмосиликатом	20,4 7,24 10,76 2,0	23,9 3,9 19,94 0,2
3	TiO_2 общий ильменит рутил (лейкоксен)	5,64 2,36 3,28	6,06 3,88 2,18
4	Сера общая сульфатная * *сера сульфатная связана с кальцием (в форме гипса)	1,53 1,24	0,8 0,74
5	Железо общее двухвалентное трехвалентное	2,8 <0,2 2,8	4,83 <0,2 4,83

Несоответствие компонентного состава 100% объясняется особенностями вещественного состава осадка, т.к. элементы присутствуют в материале не только в форме оксидов. В осадках ППП (потери при прокаливании) производились из невысушенного материала вследствие тонкодисперсности и гигроскопичности проб (из ППП надо вычесть воду).

Таблица 3

Элементарный анализ в пересчете на оксиды (% вес.)

Наименование материала	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Текущий осадок	4,34	39,98	2,26	2,44	3,92	5,64
Лежалый осадок	6,84	32,76	2,49	1,88	6,02	6,06

продолжение таблицы 3

Наименование материала	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O гигр	H ₂ O связ	ППП
Текущий осадок	3,82	0,46	0,22	12,24	9,65	35,94
Лежалый осадок	2,0	0,23	0,12	6,79	4,43	35,47

Таблица 4

Концентрация компонентов (в % к сухому осадку)

Наименование материала	Al	Mg	Na	K	Cl	ППП	H ₂ O гигр.	H ₂ O связ.	V
Текущий осадок	1,29	1,36	0,16	0,36	9,87	35,94	12,24	9,65	0,18
Лежалый осадок	1,00	1,5	0,09	0,18	3,21	35,47	6,79	4,43	0,18

Под биноклем определены следующие материалы: гипс - 3-5%, кварц - 1-2%, рутил - 2-3%, лейкоксен, анатаз -2%, ильменит, ильменорутил -1-2%.

В результате рентгеноструктурного анализа в осадках установлены следующие фазы: кальцит, кристаллогидрат кальция (состава CaCl₂·6H₂O), ильменит FeTiO₃. Результаты исследований физико-механических свойств осадка приведены в табл. 5.

Анализ полученных данных указывает на то, что и текущий и лежалый осадки по своим свойствам и составу близки к природному сырью для получения строительных материалов. Однако лежалый осадок (осадок шламонакопителей) в своем составе содержит в 3 раза меньше иона хлора и менее гигроскопичен. Поэтому для достижения поставленной цели были рассмотрены варианты использования именно лежалого осадка при производстве строительных материалов - тяжелого, ячеистого и асфальтового бетонов, бетонов для закладки выработанного пространства, также с целью уменьшения физического объема накопленных отходов рассматривалась технология их брикетирования.

Таблица 5

Физико-механические свойства осадка

Наименование показателей	Текущий осадок	Лежалый осадок
1. Истинная плотность, г/см ³	2,67	2,57
2. Насыпная плотность, т/м ³	0,89	0,6
3. Зерновой состав, % по массе не менее:		
мельче 1,25 мм	100	100
мельче 0,315 мм	96	95
мельче 0,071 мм	94	91
4. Средняя плотность в уплотненном состоянии под нагрузкой 40 МПа, т/м ³	1,7	1,7
5. Пористость в уплотненном состоянии, %	34	36
6. Удельная поверхность (по ПСХ-2), см ² /г	10800	5200

В ВКГТУ были проведены дополнительные исследования по применению осадка шламонакопителей в естественном виде в качестве минерального порошка для производства асфальтовых бетонов. В результате исследований для улучшения структурно-механических свойств осадка предложена корректировка его известняком и совместная их подготовка. При этом наибольший эффект может быть получен путем совмещения физико-химической обработки с механическим воздействием.

Вторым перспективным направлением является использование шламового осадка в качестве минеральной добавки-пластификатора в кладочные и штукатурные растворы для промышленного и гражданского строительства. Однако в настоящее время степень использования осадка шламонакопителей довольно низка, в том числе из-за отсутствия экономически обоснованных методик расчета эффективности переработки отходов с учетом экологических требований, а также экономического стимулирования предприятий. Немаловажную роль играет общее снижение темпов и объемов строительства. В этой связи авторами предложено использовать часть отходов УКТМК - отработанный известковый шлам газоочистки (см. рис.).

Известковый шлам возможно получить при обезвреживании хлоридов, поступающих из шахтных хлораторов в виде паров и газов на газоочистку, известковым молоком. Использование отработанного шлама газоочистки без смешивания его со всеми отходами комбината решается проще в технологическом плане: возможностью выделения из технологической цепочки до попадания его в шламонакопители, что позволяет использовать шлам в стройиндустрии без дополнительной подготовки. Шлам сгущается, затаривается в полиэтиленовые мешки, что исключает изменение его состава при хранении на складе потребителя.



Рисунок - Схема использования известкового шлама УКТМК

Исследованиями показана возможность использования известкового шлама в твердеющих закладочных бетонах со значительным эффектом на близлежащих рудниках. Экономия дорогостоящего и дефицитного портландцемента марки «400» на каждом кубометре бетона составляет до 10%.

метре составит до 100 кг при требуемой прочности закладочного бетона. Известковый шлам не требует дополнительного измельчения, так как в технологическом процессе диспергируется. Актуальным направлением является использование отходов металлургической промышленности и энергетики в производстве ячеистых бетонов автоклавного и неавтоклавного твердения, которые обладают низким коэффициентом теплопроводности и изготавливаются из дешевого исходного сырья.

Новизна данного исследования заключается в том, что известь в традиционной автоклавной силикатной технологии заменена на известковый шлам Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината. Критериями интереса его использования следует назвать прежде всего наличие больших запасов, химический состав, простоту и легкость подготовки шлама к применению и быстроту внедрения технологии использования его на предприятиях стройиндустрии.

В ходе многочисленных испытаний было установлено влияние хлорида кальция, гидроксида магния, содержащихся в известковом шламе, на твердение межпоровых перегородок. Анализ образцов с добавкой известкового шлама показал, что их структура более легкая, чем у образцов без добавки, с большим количеством замкнутых и равномерно распределенных пор правильной округлой формы. Образцы, приготовленные при оптимальном соотношении цемент:зола-унос - 1:1 с добавкой 25% известкового шлама от веса цемента, показали при прочности 0,4-0,42 МПа плотность 450-460 кг/м³.

Результаты лабораторных исследований подтвердили возможность управления структурообразованием ячеистого бетона с помощью введения в смесь известкового шлама в качестве комплексной добавки. Даже при условии использования цемента низкой активности. Введение известкового шлама обеспечило энергичное протекание реакции газообразования и получение теплоизоляционного бетона плотностью менее 500 кг/м³.

Решение экологической проблемы, вызванной техногенными отходами титано-магниевого производства, в настоящее время возможно с помощью утилизации их методом брикетирования, который позволит обеспечить их относительно безопасное складирование и значительно уменьшить площади для захоронения текущих отходов. Несомненные преимущества брикета: правильная одинаковая форма; высокая прочность и лучшая транспортабельность; более высокая средняя плотность; экологическая безопасность (безотходность, отсутствие высоких температур при изготовлении); возможность применения брикета в виде строительных блоков для малоэтажного строительства или перезахоронения отходов, значительно уменьшая существующие их объемы; возможность использования всех видов тонкодисперсных отходов металлургического передела.

Экспериментами установлено, что получение брикета из осадка шламонакопителей возможно как с добавкой вяжущего, так и без него. Компонентный состав брикета выбирается в зависимости от целей использования готового продукта, требующих обеспечения определенных прочностных и иных характеристик. Эффективность производства и применения брикета достигаются благодаря возможности размещения брикетирующего оборудования в непосредственной близости от шламонакопителей. Готовым продуктом можно заполнять карьеры, различные выемки с рекультивацией растительностью, обеспечивая безущербное для окружающей среды складирование указанных отходов. Следует отметить, что технология брикетирования осадка шламонакопителей позволит в 2,8 раза уменьшить его объем.

Таким образом, отходы титано-магниевого производства при условии их комплексного использования являются определенным резервом развития строительной индустрии. Многокомпонентность отходов позволяет при их введении в строительные материалы более рационально использовать вяжущие и создавать оптимальную микроструктуру бетонов.

Список литературы

1. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. – М.: Знание, 1975. – 64 с.
2. Соломатов В.И. Элементы общей теории композиционных материалов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1980. - № 8. – С. 61-70.
3. Михайлов Н.В. Физико-химическая механика асфальтового бетона // Материалы симпозиума по структуре и структурообразованию в асфальтобетоне. – Балашиха, 1968.
4. Ребиндер П.А. Образование и механические свойства дисперсных структур // Журнал Всесоюз. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. - 1983. - Т. 8. - № 2. - с. 162-170.
5. Грушко И.М. Дорожно-строительные материалы: Учеб. для автомобильно-дорожных институтов / И.М. Грушко, И.В. Королев, И.М. Борщ и др. - М., 1983.
6. СТ РК 1221-2003. «Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний».
7. СТ РК 1218-2003. «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».
8. ГОСТ 32761-2014. «Дороги автомобильные общего пользования».
9. Рыбьев И.А. Закономерности в структурно-механических свойствах асфальтового бетона // Сб. тр. ВЗИСИ. – М., 1957. – Т. 1. – С. 78-95.6-7.
10. Ребиндер П.А. Научные основы технологии производства новых строительных материалов / П.А. Ребиндер, Н.В. Михайлов // Вестник АН СССР. – М.: Изд-во АН СССР. –1961. – № 10. – С. 70-77.

Получено 31.08.2017

УДК 622.807. 2

**Н.А. Медеубаев, Г.К. Сапарова, Н.Р. Жолмагамбетов, С.Р. Жолмагамбетов,
Н.Н. Акимбекова**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ОСНОВНЫЕ НЕПОВТОРЯЮЩИЕСЯ ПРИЧИНЫ ПОЖАРОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

Аэрогели и аэрозоли многих металлов пожаро- и взрывоопасны; известны разрушительные промышленные взрывы металлической пыли. Как уже было показано, температура воспламенения не является постоянной характеристикой. Она может оказаться равной комнатной температуре, если полученный определенным способом металл сильно диспергирован, или близкой к температуре горения. Горение может происходить на поверхности образца либо в паровой фазе. Если температура кипения металла выше температуры испарения окисла, происходит поверхностное горение.

Метал шаңдарының өндірістік жарылыс кезінде жойқын күшке ие болатыны, сонымен қатар көптеген металдардың аэрозольдары мен аэрогельдерінің өрт және жарылыс қаупі бар екені белгілі. Тұтану температурасы тұрақты сипатқа сай емес екені бізге белгілі. Ол дегеніміз - белменің температурасындай жағдайда болуы мүмкін, егер алынған металл жану температурасына жақын немесе өте ұнтақталған болса. Жану берілген заттың бетінде немесе буланып тұрған күйде болуы мүмкін. Егер металдың қайнау температурасы булану температурасынан жоғары болған жағдайда беттік жану пайда болады.

Aerogels and aerosols many metals fire and explosion hazards; known destructive industrial metal dust explosions. As already indicated, ignition temperature characteristic is not constant. It may be equal to room temperature when the resulting metal specific highly dispersed manner, or close to the combustion temperature. Combustion may occur on either surface of the sample in the vapor phase. If the boiling point of the metal above the evaporation temperature of the oxide, there is a superficial burn.

Современное металлургическое предприятие - это сложный производственный комплекс, включающий много разнообразных цехов, а иногда и отдельных заводов, которые

могут в значительной степени загрязнить воздушный бассейн окружающего района. Избежать этого полностью при существующем уровне развития техники невозможно.

Одни из этих газов (мартеновские, агломерационные) сразу выбрасывают в атмосферу, а другие используют для химической переработки (коксовый) или сжигают в качестве топлива (доменный, конверторный, ферросплавный). Во всех случаях газ подвергают очистке от пыли, а иногда и от газообразных компонентов.

Нормы загрязненности для газов, выбрасываемых в атмосферу, пока не установлены, и допустимость их выброса в воздушный бассейн устанавливается по концентрациям вредных веществ в окружающем воздухе, создаваемым в совокупности всеми источниками загрязнения. В цветной металлургии ввиду особой токсичности некоторых выбросов допустимые концентрации пыли в отходящих газах в ряде случаев должны быть значительно ниже.

Работа подавляющего большинства металлургических агрегатов связана с выделением газов, содержащих пыль и различные газообразные компоненты, вредно действующие на организм человека. Для пыли и газов с общетехническим действием установлена максимальная среднесуточная концентрация, для пыли и газов с раздражающим слизистые оболочки действием или запахом установлены максимальные разовые концентрации.

Металл – основа народного хозяйства. В процессах производства и обработки металлов заняты миллионы людей, а так как металлы при определенных условиях обладают опасными свойствами, которые могут привести к пожару, взрыву или токсическому воздействию на организм, проблема обеспечения производственной безопасности приобретает особое значение. Многие металлы и сплавы способны загораться. Одни быстро окисляются в присутствии воздуха или влаги, генерируя достаточно тепла для достижения температуры воспламенения. Некоторые металлы, особенно магний, титан, натрий, калий, литий, гафний, считаются горючими из-за их способности относительно легко воспламеняться и поддерживать горение. Отдельные металлы, которые обычно не считаются горючими, воспламеняются и горят в мелко раздробленном состоянии. Аэрогели и аэрозоли многих металлов пожаро- и взрывоопасны; известны разрушительные промышленные взрывы металлической пыли.

Как уже было показано, температура воспламенения не является постоянной характеристикой. Она может оказаться равной комнатной температуре, если полученный определенным способом металл сильно диспергирован, или близкой к температуре горения. Горение может происходить на поверхности образца либо в паровой фазе. Если температура кипения металла выше температуры испарения окисла, происходит поверхностное горение. Если же температура испарения окисла выше температуры испарения металла, горение происходит в паровой фазе.

Минимально возможная температура воспламенения металла в кислороде зависит от переходной температуры, т.е. от той температуры, при которой низкотемпературный продукт реакции окисления становится незащитным. В результате плавления окисла, механического или термического разрушения его поверхностная пленка теряет защитные свойства, т.е. больше не контролирует реакцию окисления. Если переходная температура, при которой поверхность металла обнажается, меньше температуры самовоспламенения или критической температуры, воспламенение и горение может произойти при переходной температуре. Если же она выше температуры спонтанного воспламенения, металл воспламеняется мгновенно.

На основании многочисленных литературных источников по причинам пожаров было установлено 898 неповторяющихся источников и причин пожаров. Из установленных основных однотипных причин пожаров в металлургии имеет место 36 основных причин, или 4% от общих установленных основных неповторяющихся причин.

Одной из причин пожара в металлургии является неосторожное обращение с огнем, которое имеет место в 15 различных отраслях, организациях и в быту. Всего было проанализировано 25 различных отраслей, организаций и предприятий. Таким образом, неосторожное обращение с огнем приходится на 60% рассматриваемых различных организаций и отраслей, в том числе и металлургию.

Далее причиной пожара в металлургии является халатное обращение с огнем, в том числе характерное для 16% различных отраслей.

Разряды статического электричества вызывают пожар в 36% различных отраслей, в том числе в металлургии. За энергию воспламенения принимают минимальную энергию электрического искрового разряда, способную воспламенить систему горючее–окислитель. Воспламеняющее действие местного энергетического импульса определяется его мощностью и не зависит от природы источника зажигания. Но процессы, происходящие при воспламенении аэрогеля электроискровым разрядом, существенно отличаются от температуры самовоспламенения, поэтому зависимости энергии воспламенения и температуры самовоспламенения от различных факторов носят различный характер.

Также причиной пожара является разряды атмосферного электричества - 25% рассматриваемых отраслей, в том числе в металлургии.

Неправильная эксплуатация электрооборудования вызывает пожар в 20% от всех отраслей.

Для металлургии характерны следующие причины основных пожаров:

- недостатки в строительных конструкциях;
- недостатки в строительных сооружениях;
- недостатки в планировке помещений;
- недостатки в устройстве коммуникаций;
- дефекты оборудования;
- нарушение режимов технологических процессов;
- неправильное проведение работ;
- неосторожность персонала;
- небрежность персонала;
- нерациональное проектирование металлургических цехов без надлежащего учета требований пожарной безопасности;
- нерациональное проектирование технологических процессов без надлежащего учета требований пожарной безопасности;
- нерациональное проектирование агрегатов и оборудования без надлежащего учета требований пожарной безопасности;
- неполадки в работе устройства для очистки газа;
- нерациональное устройство электросетей;
- нерациональное устройство электрооборудования;
- неправильная эксплуатация электросетей;
- неполадки при эксплуатации основных и вспомогательных агрегатов и оборудования (взрывы газа, металла, шлака);
- аварии при эксплуатации основных и вспомогательных агрегатов и оборудования (взрывы газа, металла, шлака);
- неправильное ведение работ по ремонту металлургических агрегатов;
- самовозгорание;
- выбросы искр из триб паровоза;
- применение открытого огня для освещения при ремонтных работах;
- несвоевременная уборка производственных отходов;

- несвоевременная уборка пыли;
- загромождение производственных помещений;
- захламление производственных помещений;
- неполадки в работе устройства для транспортировки газа;
- неполадки в работе устройства для потребления газа;
- неполадки при эксплуатации вспомогательных агрегатов и оборудования (взрывы газа, металла, шлака);
- неправильное ведение работ по ремонту металлургического оборудования.

Таким образом, впервые публикуются основные неповторяющиеся причины пожаров, характерные для металлургических отраслей, которые имеют большое значение для обеспечения противопожарной безопасности. Внесение всех перечисленных причин пожаров в инструкцию по технике безопасности для рабочих профессий в металлургической отрасли служит для исключения пожаров на рабочих местах.

Список литературы

1. Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. - Москва: Металлургия, 1977. – 316 с.
2. Летавета А.А. Борьба с пылеобразованием на производстве / А.А. Летавета, Е.В. Хухриной. – М.: Медицина, 1964. – 269 с.
3. Пережилов А.Е., Диколенко Е.А., Харьковский В.С., Давиденко В.А. – Москва: Недра, 1995. – 403 с.
4. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – Москва: ОНИКС, 2007. – 332 с.
5. Злобинский. Воспламеняемость и токсичность металлов и сплавов / Злобинский, В.Г. Иоффе, В.Б. Злобинский. – Москва: Металлургия, 1972. – 261 с.

Получено 16.08.2017

УДК 622.807.2

**Н.А. Медеубаев, Г.К. Сапарова, Н.Р. Жолмагамбетов, С.Р. Жолмагамбетов,
Н.Н. Акимбекова**

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ГОРНОЙ МАССЫ

Образование пылевого аэрозоля в основном происходит в нижней зоне укрытия перегрузочного устройства за счет частиц мелких фракций. Определяющим условием образования и распространения пылевого аэрозоля является как форма канала распространения флюента, так и самой частицы. В этом случае прогноз возможен только при знании математического ожидания, размеров канала, частиц и их ориентации в пространстве. Отношение количества объектов разрушения фиксированного размера к общей массе выражает вероятность появления определенного класса частиц, которая характеризуется закономерностью и выражает удельное пылеобразование.

Негізінен шаң аэрозольдары ұсақ бөлшектерді бір құрылымнан екінші құрылымға түсіру барысында жабыныштың төменгі жағында пайда болады. Шаң аэрозольдарының ұсақ бөлшектері мен флюенттерінің тарауы белгілі жағдайда ыдырау болып саналады. Бұл дегеніміз - шаңдардың кеңістікте ыдырау мүмкіндігі тек қана математикалық есептемелер бойынша болжамдар арқылы мүмкін. Ұнтақталған бөлшектердің белгіленген өлшемдерінің жалпы салмаққа қатынасы жорамалдап пайда болған бөлшектердің класын көрсетіп, бұл жерде пайда болған шаңның меншікті заңдылығымен анықталады.

Технологическую зону перегружаемой массы можно условно разделить на три области: область выбрасываемого аэрозоля, пространство потока разрушенного материала, подпотоковое пространство.

Представление картины работающего узла перегрузки (рис. 1) можно характеризовать как систему, которой свойственен импульсный сброс массы за непродолжительный период выгрузки в емкость, что отвечает условиям работы стационарного перегрузочного узла (работы конвейерной пересыпки) и распределения транспортных потоков на склады сырья и сортировки материалов.

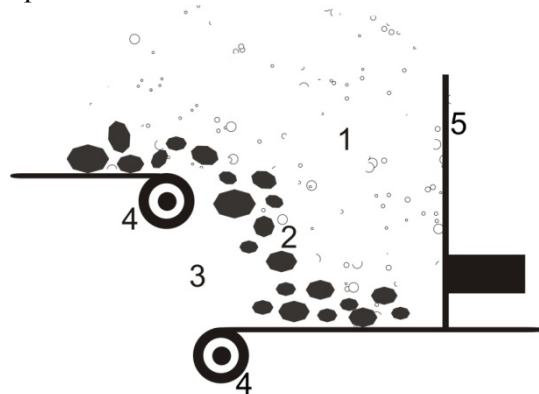


Рисунок 1 - Картина работающего перегрузочного узла: 1 – зона выброса аэрозоля; 2 – транспортируемый поток разрушенного материала; 3 – нижняя зона; 4 – разгрузочная и приемная емкость; 5 - приемное устройство

Образование пылевого аэрозоля в основном происходит в нижней зоне укрытия перегрузочного устройства за счет частиц мелких фракций, аккумулированных на поверхности разрушенного материала и срывааемых, вытесняемых с поверхности кусков сжатой воздушной массой падающего материала. При этом из-за ограниченности объема пространства пылевого аэрозоля перегрузочные устройства находятся над сводом падающего материала, и попасть в рабочую зону возможно только при преодолении преград заслона: плотностей укрытия и поверхности транспортируемой массы.

Согласно принятой в настоящее время теории турбулентности [1-3], которая определяет закономерности поведения аэрозолей в анализируемом пространстве, можно констатировать, что возбуждаемая турбулентность определяется размером анализируемого объема пространства укрытия. В этом случае диссипация энергии определяется условием вихреобразования, которое оценивается приведенным размером как

$$\bar{d} = \frac{4 \sum S}{\sum P}, \quad (1)$$

где $\sum S$ - поверхность вихрей; $\sum P$ - усредненный периметр.

Следовательно, первым фактором является режим движения флюента в разных зонах.

Определяющим условием образования и распространения пылевого аэрозоля является как форма канала распространения флюента, так и самой частицы. В этом случае прогноз возможен только при знании математического ожидания, размеров канала, частиц и их ориентации в пространстве. Все это требует знания режима движения и переноса субстанций, определенного критериальным числом Рейнольдса:

$$Re = \bar{d} = U / \nu, \quad (2)$$

где \bar{d} - критический размер объекта; ν - вязкость среды (условие диффузии); U - скорость (импульсная характеристика воздействия внешней силы).

Для прогноза пылевыведения необходимы следующие условия: результат работы падающего материала, оцениваемая энергия высокопроницаемого поршня, поскольку срыв пылевых частиц происходит только с поверхности разрушенного (сыпучего) материала при условии равенства диффузии частиц и среды и анализируемого пространства.

Это позволяет рассматривать условия выноса пылевого аэрозоля в рабочую зону при перегрузке сыпучего материала согласно принятой схеме работы (рис. 1) как псевдо-фильтрацию пылевого потока через слой разрушенного материала (сетку) и распространить на анализируемый процесс закон Дарси и формулу Дюпюи-Форхгеймера, то есть [4]:

$$q = Q / a = KJ; \quad (3)$$

$$J = wq + bq^2 = (w + bq)q, \quad (4)$$

где q – удельный расход на единицу длины (размерность LT^{-1}); L – размерность длины; T – размерность времени; K – гидравлическая проводимость – коэффициент фильтрации (размерность LT^{-1}); J – гидравлический градиент потока; Q – расход; a – приведенная площадь сечения фильтрации; w – ширина, мощность канала, свойство среды.

Эксперименты по фильтрационному потоку показали, что при числах Рейнольдса, больших от 1 до 10, зависимость между векторами J и q перестает быть линейной, и функция $J(q)$ возрастает с увеличением q более интенсивно. По-видимому, наилучшее приближение к нелинейному закону фильтрации дает формула Дюпюи-Форхгеймера.

При числах Рейнольдса, больших 150, фильтрационный поток, по-видимому, становится турбулентным, хотя резкого перехода из ламинарного режима в турбулентный не наблюдается. Такое поведение фильтрационного потока, так сильно отличающееся от потока жидкости в трубах, несколько напоминает обтекание сферы, при котором также не было обнаружено никакого критического значения Re , что видно на рис. 2, где представлена схема потока Дюпюи-Форхгеймера, который положен в определение алгоритма локализации пылевых потоков.

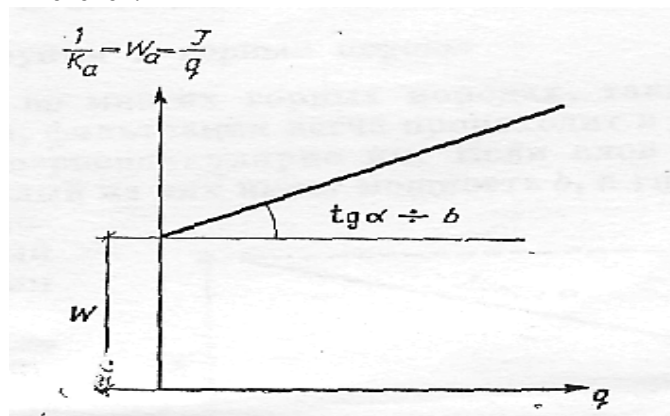


Рисунок 2 - Схема потока Дюпюи-Форхгеймера

Согласно закону Эйнштейна [2], взаимосвязь между диффузией пылевых частиц, подвижностью среды и внешним силовым полем определяется следующей зависимостью:

$$D = k T, \quad (5)$$

где D – коэффициент диффузии; k – подвижность среды; T – энергия среды.

При этом подвижность среды определена задельным размером частиц, т.е.

$$k = \frac{1}{3\pi\eta\alpha_n}, \quad (6)$$

где d_n – приведенный размер частицы; η – динамическая вязкость среды.

Зависимость (6) приведена для одной частицы, а для прогнозируемого пылевого потока будем иметь учитывать условие образования турбулентного потока к равномерному распределению частиц в объеме [1-5].

В простейшем случае осреднение неравномерных потоков производится путем установления состояния покоя при фиксации физических и химических свойств, что позволяет характеризовать систему только двумя параметрами. Следовательно, при переходе нужно рассматривать равенства следующих величин: энтропии, полного теплосодержания и расхода. Для получения средних величин, учитывающих поток, необходимо иметь в виду закон свободного вихря, то есть поле скоростей определяется равенством:

$$v_r = c_n = \frac{\Gamma}{2\pi r}, \quad (7)$$

где $v_r = c_n$ – центробежная скорость; Γ – циркуляция вихря; r – удаление анализируемой зоны от центра.

Анализ характеристик энергетического и импульсного воздействия на массив и образец при разрушении показывает, что оценить подвижность анализируемых пылевых потоков можно по закономерностям:

$$K = \frac{72\rho_n \cdot \Gamma}{\rho_b \cdot g U_x K_{ck} N}, \quad (8)$$

где U_x – динамическая скорость потока;

$$U_x = \frac{U}{\sqrt{\frac{8}{\lambda}}}, \quad (9)$$

где U – скорость потока среды; λ – коэффициент гидравлического сопротивления; K_c – коэффициент скваженности грузового потока.

Сведения о коэффициенте местного сопротивления, скваженности потока к скорости перегружаемого материала представлены в таблице.

Характеристика скваженности перегружаемого потока

Медианный размер потока, м	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Коэффициент скваженности	0,215	0,364	0,215	0,215	0,364	0,615

Существует определенная связь между удельной поверхностью сил сцепления частиц и разрушающим усилием, которое оценивается критериальным соотношением [1, 3, 5]:

$$\zeta = \frac{\eta}{\rho_M U_p h} = \frac{K_\Phi}{i}, \quad (10)$$

где η – диссипативная характеристика ударных нагрузок, оцениваемая физико-механическими свойствами материала; ρ_M – плотность разрушаемой среды; U_p – скорость подвода импульсов к массиву; N – медианный размер объекта разрушения; K_Φ – коэффициент формы продукта разрушения; i – степень дробления.

Список литературы

1. Альштуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альштуль, Д.С. Животовский, Л.П. Иванов. - М.: Стройиздат, 1987.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика гидродинамики / Л.Д. Ландау, Е.И. Лифшиц. - М.: Наука, 1986. - Т. 5. - 739 с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1973. - 848 с.
4. Бор Я. Основы фильтрации воды / Я. Бор, Д. Заславский, С. Ирмей. - М.: Мир, 1971. - 452 с.
5. Биргоор Г. Струи, следы и каверны / Г. Биргоор, Э. Сарантонелло. - М.: Мир, 1964. - 457 с.

Получено 16.08.2017

УДК 621.704.046

А.Б. Накипбекова, А.М. Достоева, Н.Б. Айтбаев, Ж. Амангелдина

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ В БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВКАХ
ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ**

Қазіргі таңда легіріленген және төменлегіріленген қорытпалардан құрылымы және химиялық қасиеттері әртүрлі құйылған болат және шойын прокаттау біліктері кеңінен қолданыс тапты. Шешуге қажет мәселелердің бірі прокаттау білік бөшкесінің тозуға төзімді жұмыс қабатын қалыптастыру үшін ақ шойынның тиімді оңтайлы химиялық құрамын анықтау болып табылады. Оңтайланған химиялық құраммен тозуға төзімді ақ шойынға рентгенспектралды талдау жүргізілген, бұл хромды тозуға төзімді болаттарда хром мөлшерін белгілі 17-26% -ға емес, 10-12% -ға дейін төмендетуге болатынын дәлелдеді. Жүргізілген тәжірибелік және теориялық зерттеулер жұмыс қабатының берік пайдалану тұрақтылығымен және берік өзегімен құйылған биметалл прокаттау біліктерін алудың жаңа технологиясын өзірлеуге мүмкіндік берді.

В настоящее время нашли широкое применение литые стальные и чугуны прокатные валки различного химического состава и структуры из легированных и низколегированных сплавов. Одной из задач, требующих решения, является определение оптимального химического состава белого чугуна для формирования износостойкого рабочего слоя бочки прокатных валков. Проведен рентгеноспектральный микроанализ белых износостойких чугунов оптимизированного химического состава, который позволил доказать целесообразным снижение содержания хрома в хромистых износостойких чугунах до 10-12% в отличие от 17-26%, рекомендованных известными различными источниками. Выполненные экспериментальные и теоретические исследования позволили разработать новую технологию получения литых биметаллических прокатных валков с высокой эксплуатационной стойкостью рабочего слоя и прочной сердцевиной.

At present, cast steel and cast iron rolling rolls of various chemical composition and structures of alloyed and low alloyed alloys have found wide application. One of the problems that need to be solved is the determination of the optimal chemical composition of white iron for the formation of a wear-resistant working layer of the roll bar of rolling rolls. An x-ray spectral microanalysis of white wear-resistant cast irons of an optimized chemical composition was made, which made it possible to prove the desirability of reducing the chromium content in chromium wear-resistant cast irons to 10-12%, in contrast to the 17-26% recommended by various sources. The performed experimental and theoretical studies allowed to develop a new technology for producing cast bimetallic rolling rolls with high operating durability of the working layer and a strong core.

Многие отрасли народного хозяйства Казахстана, в том числе машиностроительный комплекс, имеют постоянный спрос на прокат различного сортамента. Основным рабочим инструментом прокатного стана, влияющим на качество и стоимость проката, является прокатный валок. В настоящее время нашли широкое применение литые стальные и чугунные прокатные валки различного химического состава и структуры из легирован-

ных и низколегированных сплавов. Изготавливается еще один тип прокатных валков - биметаллические валки, которые могут быть как литыми, так и сборными [1, 2].

В процессе прокатки слитков валки воспринимают давление, приводящее к пластической деформации заготовки, ударные нагрузки в начале и конце процесса прокатки, температурные градиенты и т.д. Кроме этого, в процессе производства валков (литье заготовки или слитка, ковка, термическая и механическая обработка) в них возникают и накапливаются остаточные напряжения различного рода. Наличие остаточных, термических и рабочих напряжений приводит к довольно частому выходу из строя прокатных валков.

В результате непосредственного контакта рабочих валков с деформируемым материалом наблюдается их нагрев.

Температура нагрева наружных слоев валка может достигать 120 °С при холодной прокатке. Во время работы разница температур между внутренними и наружными слоями валка снижается вследствие постепенного прогрева материала валка, что приводит к уменьшению разницы в напряжениях. Однако во время перерывов (пауз между проходами) или внезапных обрывов ленты происходит снижение температуры наружных слоев и может наступить момент, когда температура внутренних слоев превысит температуру наружных. Наличие знакопеременных напряжений в материале приводит к снижению усталостной прочности. Это может послужить причиной выхода из строя прокатного валка вследствие образования и развития трещин как на поверхности валка, так и в его теле. Ситуация усугубляется тем, что прокатные валки в процессе прокатки подвергаются одновременно и циклическим нагрузкам [3].

Одной из задач, требующих решения, является определение оптимального химического состава белого чугуна для формирования износостойкого рабочего слоя бочки прокатных валков.

В ходе исследования определялись различные параметры чугуна как в литом, так и в подвергнутом различной термообработке состоянии. Выходные параметры (табл. 1), как имеющие наибольшее влияние на свойства белых износостойких чугунов, исследовались в литом состоянии после нормализации от 1050-1100 °С с выдержкой 3 часа, нормализации от 1050-1100 °С и отпуске при 630-650 °С с выдержкой 3 часа, охлаждении до 400 °С с печью и дальнейшим охлаждением на воздухе. Приведенные свойства и параметры микроструктуры были отобраны на основе анализа литературных и экспериментальных данных по влиянию на свойства прокатных валков.

Образцы изготавливали литьем в кокиль при температуре заливки 1300-1350 °С. Они представляют собой цилиндры диаметром 40 мм и высотой 15 мм. Полученные образцы проходили металлографические исследования. Исследование проводилось на микроскопах «Альтами СМ0870-Т» в отраженном и поляризованном свете при увеличении 100, 500 и 1000. Оценку полученной структуры для серого чугуна проводили согласно ГОСТ 3443-87, для сталей - ГОСТ 5639-82, оценку структуры белого чугуна производили на основе справочной литературы [4, 5].

Для более подробного изучения морфологии строения карбидов проводили исследование распределения элементов в структурных составляющих образцов чугуна рентгено-спектральным микроанализом (РСМА) на растровом электронном микроскопе Tescan Vega//. Используемая система позволяет определять содержание элементов в структурных составляющих размером до 1 мкм. С целью изучения изменений химического состава образцов РСМА осуществляли точечное сканирование и сканирование микроструктуры по линии длиной до 350 мкм при увеличении 500. Тонкие изменения химического состава в пределах отдельных структурных составляющих исследовали сканированием при

увеличении в 1000...4000 раз. Тип карбида хрома определялся по значению его микротвердости, которую определяли на микротвердомере по Виккерсу ISOSCAN OD с нагрузкой 0,5Н, в соответствии со стандартом ISO 6507.

Таблица 1

Исследуемые свойства и параметры (y_i) износостойкого чугуна

№ п/п	Свойство или параметр микроструктуры	Условное обозначение	Единица измерения
1	В литом состоянии		
1.1	Предел прочности на разрыв	σ	МПа
1.2	Относительная износостойкость по закрепленному абразиву	И	Ед.
1.3	Твердость	HRC	Ед.
1.4	Количество первичных карбидов	ПК	%
1.5	Количество аустенита	A	%
2	После нормализации (1050-1100 °С)		
2.1	Предел прочности на разрыв	σ_b	МПа
2.2	Относительная износостойкость по закрепленному абразиву	И	Ед.
2.3	Твердость	HRC	Ед.
2.4	Количество первичных карбидов	ПК	%
2.5	Количество аустенита	A	%
2.6	Количество троостита	T	%
3	После нормализации (1050-1100 °) и отпуска (630-650 °С)		
3.1	Предел прочности на разрыв		МПа
3.2	Относительная износостойкость по закрепленному абразиву	И	Ед.
3.3	Твердость	HRC	Ед.
3.4	Количество первичных карбидов	ПК	%
3.5	Количество вторичных карбидов	ВК	%
3.6	Количество аустенита	A	%
3.7	Количество мартенсита	M	%

В ходе дальнейших исследований было изучено взаимодействие твердого стального сердечника с чугунным расплавом (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав образцов, использованных в ходе исследований

Форма образца	Химический состав, мас. %								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Cu
Белый чугун									
Цилиндр диам. 10 мм	3,19	0,20	0,43	0,030	0,031	0,16	0,11	0,001	0,15
Серый чугун									
Цилиндр диам. 25 мм	3,8	0,84	0,18	0,023	0,068	0,05	-	-	-

Температура расплава поддерживалась на уровне 1400 °С. Во время исследований изменяли время выдержки образца в расплаве.

При анализе полученных данных можно сделать следующие выводы:

– в начальный период времени (до 10 с) поверхностные слои подвергаются интенсивному нагреву до температур выше температур фазового превращения; наблюдается некоторый рост зерна к краю образца;

– при увеличении времени выдержки начинают проявляться диффузионные процессы, ускорившиеся вследствие увеличения температуры нагрева образца, это выражается в росте зерен в структуре сердечника.

Анализ полученных микрошлифов позволяет сделать вывод, что при температуре расплава в 1400-1500 °С первоначально не происходит плавления образца. Но с течением времени при повышении температуры нагрева образца начинают ускоряться диффузионные процессы. Поверхность стального низкоуглеродистого образца насыщается углеродом, о чем свидетельствует начало роста цементитной сетки.

При контакте чугунного образца с расплавом из чугуна, ввиду равных температур плавления взаимодействующих металлов, происходит постепенное расплавление поверхностного слоя образца без осязательного изменения его структуры (рис. 1). Это является наилучшим вариантом, так как в этом случае возможно постепенное образование втулки из расплава.

При образовании переходной зоны в биметаллической отливке на основе железоуглеродистых сплавов наилучшие условия будут создаваться в ходе взаимодействия материалов с близкими теплофизическими параметрами и сходными конечными структурами.

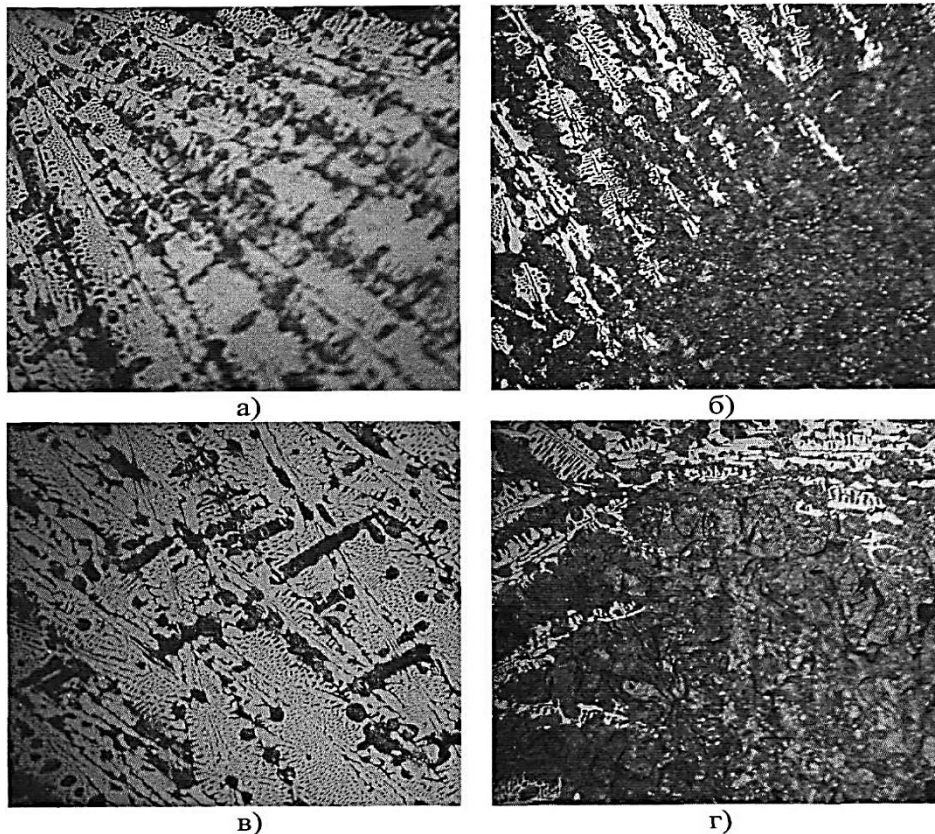


Рисунок 1 - Микроструктура чугунного образца, находившегося в чугунном расплаве 10 с при $t=1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (x100): а - структура краевой зоны образца; б - графит в краевой зоне; в - центральная зона образца; г - графит в центральной части образца

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Материал втулки должен обладать достаточной прочностью (>350 МПа) для предотвращения образования из-за термических напряжений микротрещин при производстве.

2. Наилучшие условия для образования качественной переходной зоны формируются при взаимодействии сплавов с близкими теплофизическими параметрами.

Исходя из полученных выводов, можно дать следующие рекомендации:

- белый износостойкий чугун, предназначенный для формирования рабочей поверхности бочки прокатного вала, должен обладать достаточной прочностью на разрыв для обеспечения достаточной прочности при действии тепловых напряжений в ходе заливки;

- наиболее благоприятные условия для формирования переходной зоны создаются при взаимодействии чугунной подложки с расплавом чугуна, поэтому в качестве материала сердечника, взаимодействующего со втулкой из белого чугуна, целесообразно выбрать высокопрочный чугун, как обладающий достаточной прочностью на растяжение и кручение.

Список литературы

1. Полухин В.Н. Надежность и долговечность валков холодной прокатки / В.П. Полухин, В.А. Николаева, М.А. Тылкин и др. - 2-е изд. - М.: Металлургия, 1976. - 448 с.
2. Франценюк И.В. Альбом микроструктур чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов / И.В. Франценюк, Л.И. Франценюк. - М.: Академкнига, 2004. - 192 с.
3. Малинина Р.И. Практическая металлография. - М.: Интермет Инжиниринг, 2004. - 230 с.
4. Каннуникова С.Г. Особенности формирования и методы оценки структуры чугуна доменной плавки / С.Г. Каннуникова, Т.Ж. Жукебаева, А.М. Достаева и др. // Металлургия машиностроения. - М. - 2013. - № 1. - С. 2.
5. Исагулов А.З. Developing technological process of obtaining quality casts / А.З. Исагулов, Д.А. Исагулова, В.Ю. Куликов и др. // Metallurgija. - Хорватия, 2014. - № 53 (4). - с. 601-604.

Получено 16.08.2017

по страницам



МЕТЕОРИТЫ ИЗ ВОДОСТОЧНЫХ ТРУБ

Изучив под микроскопом пыль, собранную из водосточных желобов на крышах разных городов Европы, английские астрономы пришли к выводу, что среди частиц диаметром 0,3-0,5 мм, кроме вполне обыкновенной земной пыли, довольно много микрометеоритов, благодаря своим размерам не сгоревших в атмосфере. По оценкам ученых, на Землю ежегодно падают около 100 миллиардов микрометеоритов – порядка 10 тонн в день.

«Наука и жизнь» № 10, 2017



УДК 628.543:669.2/8

В.П. Колпакова, Ю.Н. ЕремееваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ
ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Хозяйственно-бытовые сточные воды предприятий свинцово-цинкового производства имеют высокую степень загрязнения ионами тяжелых цветных металлов. В большинстве случаев данные стоки без очистки сбрасываются в систему канализации городов.

В статье рассмотрены два варианта технологических мероприятий: по 1 варианту – сокращение сверхнормативного сброса в городскую систему канализации; по 2 варианту – исключение сброса в систему канализации городов с последующей их очисткой на хозяйственно-бытовых и производственных очистных сооружениях.

Қорғасын-мырыш өндірісі кәсіпорындарының шаруашылық-тұрмыстық сарқынды суларының ауыр түсті металдар иондарымен ластану дәрежесі жоғары болады. Көпеген жағдайда аталмыш сарқынды сулар қалалардың канализация жүйесіне тазартылмай тасталады.

Мақалада технологиялық шаралардың екі нұсқасы қарастырылды: 1-нұсқа бойынша – қалалық канализация жүйесіне мөлшерден жоғары тастауды қысқарту;

2-нұсқа бойынша – олар шаруашылық-тұрмыстық және өндірістік тазалау ғимараттарында тазартылғаннан кейін қалалық канализация жүйесіне тасталады.

Domestic waste water of zinc-lead production's enterprises have a high degree of non-ferrous metals pollution. In most cases the drains are dumped into municipal sewage lines.

There are two variants of technology measures considered in the article: the first variant - the reducing of excess water escape into municipal sewage lines; the second variant - non-water escape into municipal sewage lines and further purification at the sewage treatment plants.

Ключевые слова: хозяйственно-бытовые сточные воды, очистка сточных вод, осветлитель со взвешенным слоем осадка, предприятия свинцово-цинкового производства.

Предприятия свинцово-цинкового производства - это крупнейшие предприятия цветной металлургии с замкнутым технологическим циклом, включающие в себя свинцовые и цинковые заводы, сернокислотное производство, химико-металлургическое производство, вспомогательные цеха. В состав свинцового производства входят: плавильный цех, рафинировочный цех, цех спекания шихты, аффинажный цех, химико-металлургический цех, электротермический цех, цех по ремонту металлургического оборудования. В состав цинкового производства входят: цех электролиза цинка, цех вельцевания, кадмиевый цех, цех выщелачивания окиси, обжиговой цех, сернокислотное производство, цех по ремонту металлургического оборудования.

На территории промышленных комплексов образуются производственные, хозяйственно-бытовые, атмосферные сточные воды. Атмосферные сточные воды с территорий предприятий обычно отводятся в сеть промышленно-ливневой канализации, а их очистка может осуществляться на внутризаводских очистных сооружениях совместно с производственными сточными водами. В большинстве случаев применяют физико-механический способ очистки с использованием извести. При этом происходит нейтрализация сточных вод, выделение солей тяжелых цветных металлов и осветление сточных вод. Очищенные стоки направляются на повторное использование в технологический процесс.

Образующиеся в процессе деятельности на производстве хозяйственно-бытовые сточные воды сбрасываются в городскую сеть канализации в соответствии с «Требованиями к качественному составу сточных вод, разрешенных к сбросу в систему водоотведения города».

Плата за сброс хозяйственно-бытовых сточных вод зависит от объема и качества отводимых стоков. Согласно «Правил приема сточных вод в систему канализации городов», далее – «Правила...», предприятие-потребитель вносит дополнительную плату в случае сброса сточных вод, в которых находятся загрязняющие вещества, превышающие установленные «Правилами...» допустимые концентрации.

Основными причинами загрязнений хозяйственно-бытовых стоков предприятий являются:

1. Попадание загрязняющих веществ, атмосферных и мочевых сточных вод в канализацию через негерметичные колодцы из-за неудовлетворительного состояния части колодцев в хозяйственно-бытовой сети (разрушаются тяжелым транспортом: самосвалы, краны).
2. Отложение загрязнений в трубопроводах сети канализации.
3. Попадание загрязняющих веществ с отдела технического контроля и цеховых лабораторий (ополаскивание посуды).
4. Сброс с административно-бытового комплекса (стирка спецодежды, уборка бытовых помещений и столовых).
5. Мытье рук, возможное ополаскивание обуви, душевые.

Анализ качества хозяйственно-бытовых сточных вод от данных предприятий, сбрасываемых в городскую сеть канализации, показывает, что в них наблюдается превышение допустимых концентраций по цинку, свинцу, меди, кадмию, селену, ртути и мышьяку. Так как наблюдается тенденция ужесточения к качеству сбрасываемых сточных вод и увеличения платежей за их сброс в систему канализации городов, встает вопрос о необходимости решения этой проблемы [1].

Для снижения платы за сброс данного вида стоков можно рассмотреть два варианта технологических мероприятий [2].

Вариант 1: строительство очистных сооружений по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод свинцового и цинкового заводов от ионов тяжелых цветных металлов с последующим сбросом очищенных стоков в городскую сеть канализации (рис. 1); по данному варианту снижение платы за сброс хозяйственно-бытовых стоков достигается путем исключения платы за сверхнормативный сброс.

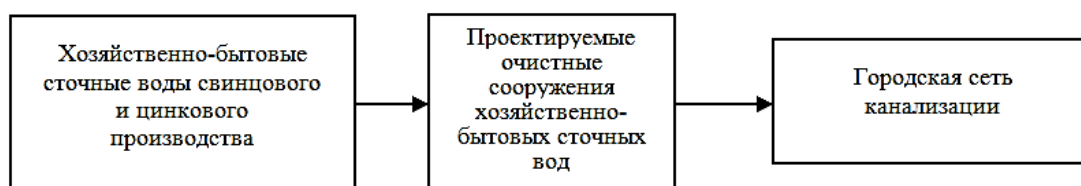


Рисунок 1 - Предлагаемая схема очистки сточных вод (вариант 1)

Вариант 2: строительство очистных сооружений по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод от биологических загрязнений с последующей очисткой на существующих очистных сооружениях промышленных сточных вод от ионов тяжелых цветных металлов с возвратом в обратную систему промышленного водоснабжения предприятия (рис. 2).

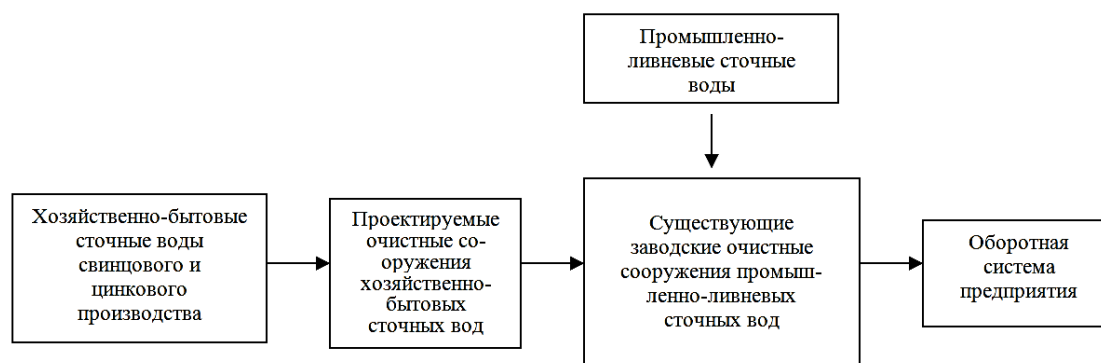


Рисунок 2 - Предлагаемая схема очистки сточных вод (вариант 2)

Внедрение данной схемы очистки позволит ликвидировать сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в городскую сеть канализации и исключить плату за их сброс, сократить использование питьевой воды в качестве подпиточной для заводских очистных сооружений промышленно-ливневых стоков, создать бессточную систему канализации на предприятии за счет использования очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод.

Для установления целесообразности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на сооружениях биологической очистки с дальнейшей очисткой на существующих заводских сооружениях необходимо проверить два момента:

1) сравнить концентрации загрязняющих веществ хозяйственно-бытовых сточных вод с допустимыми концентрациями для работы проектируемых сооружений биологической очистки;

2) определить способность существующих заводских сооружений промышленно-ливневых сточных вод на пропуск дополнительного расхода очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод.

При этом стоки, очищаемые биологическими методами, должны отвечать следующим требованиям:

- 1) органические вещества, входящие в стоки, должны быть способны к биохимическому окислению; их концентрация, выраженная через БПК, не должна превышать 1000 мг/дм^3 при очистке в аэротенках-смесителях;
- 2) концентрация ядовитых органических и неорганических веществ не должна превышать пределов, исключающих жизнедеятельность бактерий;
- 3) количество механических примесей не должно превышать 150 мг/дм^3 ;
- 4) водородный потенциал среды pH должен быть 6,5-8,5;
- 5) сточные воды должны содержать биогенные элементы;
- 6) общее количество растворенных солей должно быть не больше 10 г/дм^3 ;
- 7) стоки не должны содержать плавающих масел и смол;
- 8) температура сточных вод - 6-30 °C.

Важными критериями при проектировании очистных сооружений биологической очистки являются:

- 1) максимально возможная компактность очистных сооружений;
- 2) минимальное воздействие проектируемого комплекса очистных сооружений на окружающую среду (в частности образующийся в процессе очистки осадок).

Схема проектируемых очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод представлена на рис. 3.

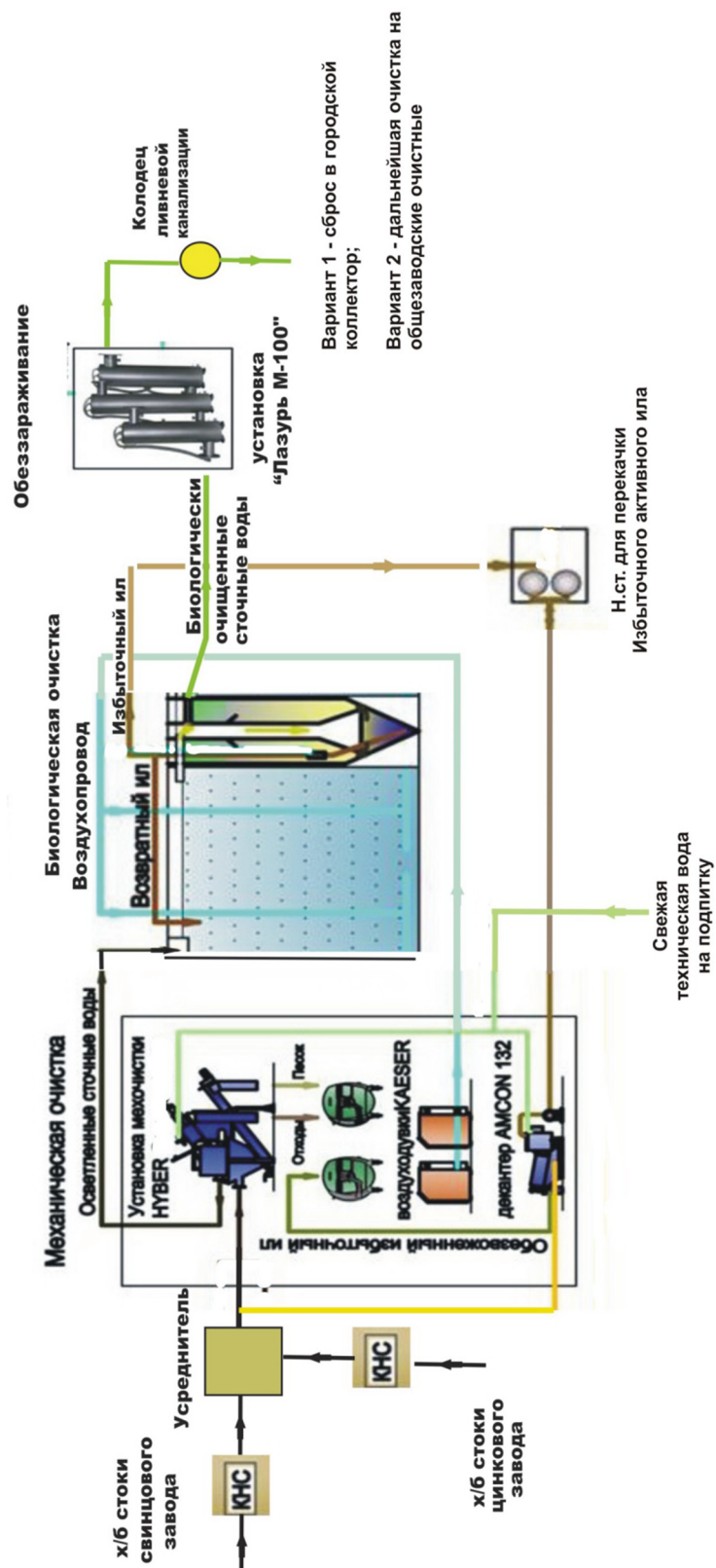


Рисунок 3 - Технологическая схема проектируемых очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод

Для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод предлагается механический и биологический способ очистки, с последующим обеззараживанием:

1. Механическая очистка сточных вод предусматривается на комбинированной установке механической очистки HUBERROTOMATR₀ 5 (включает тонкую механическую очистку, промывку и обезвоживание отбросов, сепарацию песка, выгрузку и обезвоживание песка, Германия).

2. Биологическая очистка осуществляется в аэротенке-смесителе и осветлителе со взвешенным слоем осадка (НПЛ «Водных проблем» ВКГТУ им. Д. Серикбаева) [3-5] с подачей сжатого воздуха воздуходувками KAESER Kompressoren Compact (Германия).

3. Обработка осадка осуществляется путем промывки и обезвоживания отбросов с решеток, выгрузки и обезвоживания песка на комбинированной установке механической очистки HUBERROTOMATR₀5; избыточный ил из осветлителя направляется на обработку с помощью ленточного фильтр-пресса ACE PRESS INC (Корея);

4. Обеззараживание осуществляется с помощью ультрафиолетовой бактерицидной установки с ультразвуком Лазурь М-100 (Россия) (рис. 3).

Все принятые технические и технологические решения способствуют бесперебойной и безаварийной работе системы водоотведения. Предлагаемые технические решения по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод предприятий свинцово-цинкового производства от биологических загрязнений, находятся на уровне современных технологий и позволяют максимально снизить неблагоприятное влияние производства на окружающую среду и улучшить социальные условия.

К прямой выгоде от реализации предлагаемого проекта строительства сооружений для очистки хозяйственно-бытовых стоков предприятий свинцово-цинкового производства относится:

- по первому варианту - снижение платы за сверхнормативный сброс хозяйственно-бытовых сточных вод в городские сети канализации;
- по второму варианту – ликвидация сброса хозяйственно-бытовых сточных вод в городские сети канализации.

Окончательный выбор технологической схемы по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод из двух вариантов необходимо производить с учетом стоимости строительства, компактности размещения сооружений по очистке на площадке предприятия и эффективности очистки сточных вод.

Список литературы

1. Колпакова В.П. Осветление хозяйственно-бытовых сточных вод горно-металлургических предприятий // Научные труды КарГТУ. - Караганды, 2009. - С. 279-282.
2. Еремеева Ю.Н. Предлагаемая схема очистки сточных вод, образующихся на предприятии УК МК АО «Казцинк» / Ю.Н. Еремеева, В.П. Колпакова, Г.Г. Видищева и др. // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Архитектура и строительство в новом тысячелетии». - Алматы, КазНТУ им. К.И. Сатпаева. - 2008. - С. 428-432.
3. Колпакова В.П. Разработка конструкции осветлителя со взвешенным слоем осадка для очистки сточных вод / В.П. Колпакова, Д.Ж. Онтаева // Материалы X Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана», ВКГТУ им. Д. Серикбаева. - Усть-Каменогорск, апр. 2010. - С. 136-137.
4. Иннов. пат. № 23954. Осветлитель / В.П. Колпакова, Д.Ж. Онтаева; Оpubл. 29.03.2011.
5. Колпакова В.П. Исследование работы осветлителя со взвешенным слоем осадка для очистки сточных вод // Вестник Национальной Академии наук РК. - 2010. - № 1. - с. 89-90.

Получено 16.08.2017



ЭОЖ 338.91

З.Т. Ауезова, Г.Т. Оспан, Б.Б. Елбасиева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Алматы қ.

ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН ЭКОНОМИКАЛЫҚ АУДАНЫНДАҒЫ МОНОҚАЛАЛАР МӘСЕЛЕСІ

Вопрос моногородов это не только проблема одного региона но и всей Республики. Проблема заключается не только в том, что 17% населения республики живет в этих городах, но и эти города могут способствовать развитию страны.

Иногда эти города называют монопроизводственными, потому что эти города специализируются на узком диапазоне производства. Для этих городов имеет важное значение функционирования крупных промышленных предприятий. в Казахстане 27 моногородов, 1,53 миллиона человек живут в этих городах.

Причины, которые привели к разрушению моногородов: разрушение инфраструктуры, быстрый рост безработицы, деградация общественной жизни. Уменьшение сырья в моногородах привело к многим проблемам. В связи с этим моногорода стали объектами экономического коллапса и социального кризиса.

Моноқалалардың мәселесі тек бір ғана аймақтың мәселесі емес, ол барлық Қазақстан Республикасының мәселесі. Бұл мәселе осы моноқалаларда республиканың 17% халқы тұратындығы ғана емес, сондай-ақ осы қалалар республиканың дамуына септігін тигізетіндей шамалары бар екендігінде.

Моноқалаларды кей кезде моноөндірістік қалалар деп атайды, өйткені осы қалалар тар шеңберде мамандандырылған қалалар болып табылады. Осы қалалар үшін ірі өнеркәсіп орындарының жұмыс істеп тұруы маңызды.

Қазақстанда 27 моноқала бар, бұл қалаларда 1,53 млн адам тұрады.

Моноқалаларды қоғамдық шиеленіс орталығына әкелген себептер: инфрақұрылымның жойылуы, жұмыссыздықтың тез артуы, тұрғындардың кедейлене бастауы және қоғамдық өмірдің деградациясы. Моноқалалардың мәселесі шикізаттардың азаюына байланысты туындайды. Осыған байланысты көптеген моноқалалар күйзеліс алаңына айналды, қалалар экономикалық коллапс және әлеуметтік дағдарыс шегінде тұрды.

Question mono-cities is not only a problem of one region but for the whole of the Republic. The problem is not only in the fact that 17% of the population lives in these cities, but these cities can contribute to the development of the country.

Sometimes these are called single-industry town, because the town specialize in the production of a narrow range. For these cities is essential operation of large industrial enterprises. Kazakhstan 27 mono-cities, 1,53 million people live in these cities.

The reasons that led to the destruction of one-company towns: the destruction of infrastructure, the rapid rise in unemployment, the degradation of social life. Reduction of raw materials in single-industry towns has led to many problems. In connection with this company towns have been targets of economic collapse and social crisis.

Кілт сөздер: моноқалалар, экономика, әлеумет, мамандану.

Қазақстандағы моноқалалардың көпшілігі кеңес кезінде пайда болған. Қазақстан, басқа да бұрынғы кеңес республикалары сияқты, қазіргі кездің өзінде шикізат көзі болып табылады. Экономиканың шикізатқа бағытталуы осындай бір бағыттағы қалалардың пайда болуына әкелді, осы қалалардың мақсаты өнеркәсіптегі жұмыс орнын толтыру болып табылатын. Кеңес үкіметі кезінде осындай қалалар ерекше орында болатын, кеңес үкіметін қамтамасыз етіп отырғандықтан, ерекше көңіл бөлетін [1].

Моноқалалардың мәселесін шешудің бірнеше теориялық шешімдері бар:

1) калыпты жұмыс істеп жатқан өндірістердің сыйымдылығына байланысты – оңтайландыру;

2) қалалардың экономикасын дамыту, шағын және орта бизнесті дамыту, қала тұрғындарын жұмыспен қамту;

3) еңбек әлеуетін еңбекке жұмылдыру арқылы арттыру.

Және де қала тұрғындарының санының артуына байланысты әлеуметтік және инженерлік инфрақұрылымды жөндеу керек. Қалада тек қана өнеркәсіп жұмыспен қамтитын тұрғындар ғана қалады, ал қалғандары басқа дамып келе жатқан қалаларға көшіріледі.

Қазіргі кезде осы қалаларда тұрғындардың 30-50% жұмыссыз, статистика бұл тұрғындарды жекеменшік иелері деп атайды. Бұл, әрине, жалған. Сонымен моноқалалардың басты мәселесі - экономиканың шикізатқа бағытталуы. Қазақстан бұл бағыттан бас тартпағанға дейін бұл мәселе шешілмейді. Соған байланысты Қазақстан үкіметі 2012-2020 жылдар аралығындағы моноқалаларды дамыту бойынша жоспар жасады. Қалалардың мәселесін шешу үшін тұрғындармен де келісе жоспар қабылдау керек.

Моноқалалар мәселесін шешу шетелдерде жақсы жолға қойылған. Мысалы: Германиядағы Рур қаласында 1980-2002 жылдар аралығында көмір кен қорының азаюына байланысты 500 000 адам жұмыстан шығарылды, осыған қарамастан мемлекеттің көмегімен дағдарыстан шықты. Қызмет көрсету саласында 300 000 жұмыс орны пайда болды; АҚШ-тағы Питсбург қаласы қара металлургияның орталығы болған еді. Ол инновация орталығы болып, жаңа 200 жаңа оқу орнының ашылуына қол жеткізді.

Қазақстан Республикасындағы моноқалаларға қатысты жоспарда бірнеше кемшіліктер бар:

– АҚШ және Еуропа елдерінің тәжірибелерін ешқандай өзгертусіз көшіріп алып жатыр. Мысалы, шынайы қарасақ, көптеген моноқалалар тек қана туризммен және мәдени шаралардың көмегімен өмір сүре алмайды, себебі көптеген қалаларда мәдени және тарихи жүктемелер жоқ және де туристік инфрақұрылым нашар дамыған.

– Тұрғын үй бағасы нақты есептелмейді және де көшіп келушілер мен тұрғылықты тұрғындар арасында түсініспеушіліктер болып жатады.

Орталық Қазақстан ауданында 7 моноқала бар. Солардың бірі - Абай қаласы. Абай қаласының 31 963 тұрғыны бар. Нарықтың қиын кезінде көптеген мекемелер мен кәсіпорындар жабылды. Бұрынғы 4 шахтадан біреуі ғана қалды. Басқадай кәсіпорындар мен құрылыс-монтаж ұйымдарының өнімдеріне сұраныс болмай қалды.

Абай қаласында қоршаған ортаны ластайтын бірнеше ірі кәсіпорындар бар: ГРЭС «Қазақмыс Коорпорациясы» ЖШС, «Арселор Миттал Теміртау» АҚ, ЮТРУ «ТЭМК» ЖШС. Қалада қоршаған ортаны ластағаны үшін төлемдер бір жолға қойылған және олардың көлемі өсуде. 2014 жылы 2015 жылға қарағанда төлемдер 72% өскен және ол 37085 мың теңгені құраған. Ал 2015 жылы төлем 92 900 мың теңгені құрады. Сонымен қатар қалада ластау көздерінің азайғаны байқалады. 2015 жылы ластау көздері 0,9%-ға азайды. Олардың қатарында «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС, «Жартас» санаторийі, ЦОФ «Восточная» және т.б. 2015 жылы қоршаған ортаны ластайтын заттар 2012 жылмен салыстырғанда 2,9% азайып, 95 000 т болды. Олардың ішіндегі ірі кәсіпорындардың үлесі:

– «Қазақмыс Корпорациясы» - 85 600 тонна;

– «ТЭМК» ЖШС - 1 200 тонна;

– «Арселор Миттал Теміртау» және «Абай» шахтасы - 3 800 тонна.

Қалада кәсіпорындардың әсерінен жердің ластануы орын алып отырады. Соның бірі 2007-2009 жылдар аралығындағы «Арселор Миттал Теміртау» АҚ және «Абай» шахтасында болды. Бүлінген жер ауданы 30 га. 2015 жылы «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС бүлінген 3 га жерге өңдеу жұмыстарын жүргізді.

Ал Балқаш қаласының 2013-2015 жылғы кешенді дамуы «2012-2020 жылдар аралығындағы моноқалаларды дамыту бағдарламасына» сәйкес жүзеге асады. Бағдарламаның мақсаты моноқалалардың шамалы уақытта және болашақта әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан қалыпты дамуын қамтамасыз ету болып табылады.

Берілген өлшемдерге сәйкес Балқаш қаласының дамуы әлеуеті орташа қалалар қатарына енгізілді. Жалпы 2013-2015 жылдар аралығында Балқаш қаласына 4 млрд 821,9 млн теңге бөлінді. Соның ішінде:

- қаланы жайластыру үшін 833,1 млн теңге;
- күрделі, ағымдағы жөндеу және денсаулық сақтау мекемелерін жөндеуге 167,3 млн теңге;
- алаңдарды жөндеуге 665,8 млн теңге (2015 жылы – 265,1 млн теңге, 2014 жылы - 265,1 млн теңге, 2013 жылы - 302,9 млн теңге);
- әлеуметтік-инженерлік инфрақұрылымға 3 млрд 988,8 млн теңге;
- жылу желілерін қалпына келтіруге 1 млрд 50 млн теңге;
- электр желілерін қалпына келтіруге 760 млн теңге;
- автокөлік жолдарын қалпына келтіруге 2 млрд 179 млн теңге;

Кешенді жоспарды жүзеге асыру 4 негізгі бағыт бойынша жүзеге асатын болады:

- бірінші бағыт - қаланың бас жоспарына өзгерістер енгізу керек, сонымен қатар Балқаш қаласының жаңа мамандану бағыттарын іздестіру;

- екінші бағыт - экономиканы дамыту және шағын, орта бизнесті дамыту («Индустрия картасына» жобаларды сапалы түрде енгізу). «Сары-Қазына» ЖШС, «Коунрад» мыс компаниясы ЖШС, «Профилекс» ЖШС сияқты компанияларға инвестиция құюды жалғастыру керек, себебі мысты экспорттайтын өнеркәсіптерді сақтап қалу қажет. Сонымен қатар қалақұраушы өнеркәсіп «Қазақмыс» Корпорациясының ЖШС жобаларын жүзеге асыру қолға алынады;

- үшінші бағыт - Балқаш қаласының еңбек қорларының мобильділігін арттыру. Ол бойынша «Бизнестің жол картасы 2020» бойынша жылына кем дегенде 30 адамды оқыту жоспарланған. Әлеуметтік жұмыс орындары және жас тәжірибеші ретінде 40 адам жұмысқа орналастырылады.

2012-2015 жылдар аралығында гидрометаллургиялық цех құрамында мыс бар қоқысты қайта өңдеу бойынша жоба жасаған. Осы жобаны жүзеге асыру үшін 11 мамандық иесі керек.

Сонымен қатар аудандағы моноқалалардың қатарына Жезқазған және Сәтпаев қалалары жатады. Осы қалалардың экономикалық-әлеуметтік даму мәселелерін шешу үшін:

1) Жезқазған кен орнының, оның ішінде Восточный, Западный, Южный, Северный, Анненский, Степной кеніштерінің теңгерімді және теңгерімнен тыс қорларын, қуаты аз кен шоғырлары мен қорғалатын кентіректер қорларының есебін жүргізу, осы кен қорларын өңдеудің ТЭН-ін жасау мен қайта өңдеуге тарту;

2) Жезқазған кен орындарындағы тау-кен аумағында геологиялық барлау жұмыстарын жүргізу;

3) Жезқазған ойпатында пайдалы қазбалардың барлық түрлерінің қорларын анықтау және геологиялық барлау жұмыстары нәтижесінде геологиялық-геофизикалық құжаттары бойынша кешенді талдау жасау;

4) Жезқазған ойпатының оңтүстік-шығыс бөлігінде және Күлен аймағында барлау жұмыстарын жүргізу;

5) Жезқазған мыс қорыту зауытынан қалатын 1000 тонна көлеміндегі минералды түзілімдегі қоқысты қайта өңдеу;

6) Жезқазған ЖОО бітірген жас мамандарды тарта отырып, тау-кен өнеркәсібіне керекті қосалқы бөлшектер өндірісін ұйымдастыру;

7) Сәтпаев қаласында сауда-ойын кешендерін дамыту;

8) Сәтпаев қаласында жұмыртқа өндірісін дамыту, ол үшін қаладағы құс фабрикасын жаңарту және кеңейту;

9) Сәтпаев қаласында суармалы егіншілікті дамыту үшін Жартас карьерінен ұзындығы 7 км болатын инженерлік-коммуникациялық инфрақұрылым салу;

10) Жезқазған қаласындағы ауданы 21 га болатын қалалық саябақты қайта жөндеу;

11) Жезқазған қаласындағы қатты тұрмыстық қалдықтар полигонының инфрақұрылымын салу (электрмен, сумен жабдықтау);

12) Сәтпаев және Жезқазған қалаларында қатты тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесін өзгерту.

Аудандағы моноқалалардың бірі - Қаражал қаласы. Қала 1963 жылы құрылған. Қаражал қаласының құрамына Жәйрем кенті кіреді. Жалпы қаланың ауданы 12 700 шаршы метр. Есептік деректер бойынша 2015 жылдың 1 қаңтарында қаладағы тұрғындар саны 19 250 адам, олардың 11 200 адамы (58,2%) экономикалық белсенді халық. Қаражал қаласы Қарағанды қаласынан 350 шақырым жерде орналасқан. Қала темір және автожолдардың тоғысында орналасқан. Қаражал қаласы Қазақстан Республикасының Экономикалық даму және сауда министрлігінің (қазіргі Экономикалық және бюджеттік жоспарлау министрлігі) критерийлері бойынша экономикалық әлеуеті орташа қала сипатына ие болды.

Қаражал қаласы ыңғайлы геоэкономикалық жағдайға ие. Қалада 2015 жылдың қорытындысы бойынша өнеркәсіптің көлемі 19 млрд 454 млн теңге болды. Аудандық өнеркәсіп өнім үлесі бойынша 1,6%-ды құрайды. Қалада 2009-2015 жылдар ішінде тұрғындар санының артқаны байқалады. Осы жыл аралығында қала тұрғындарының саны 1,2%-ға (немесе 235 адамға) өсіп, 19300 адамды құрады. Қала халқы санының өсуі табиғи өсім көрсеткіштерінің оң болуына байланысты.

2010-2015 жылдар ішінде қаладағы еңбек нарығында экономикалық белсенді жұмыспен қамтылған халық санының азаюы және жұмыссыздық деңгейінің төмендеуі сияқты оқиғалар орын алды. Мысалға, жұмыссыздық 2012 жылы 5,4% болса, 2015 жылы ол деңгей 6,4%-ға жетті.

2006-2011 жылдардағы жұмыссыздықтың төмендеу себебі жұмыс істеп тұрған қалақұраушы кәсіпорындардың («Жәйрем кен байыту комбинаты» АҚ және «Өркен» ЖШС «Өркен Атасу» өкілдігі) өндіріс көлемінің жоғарылауы. Жұмыспен қамтылған халықтың негізгі еңбек саласы - өнеркәсіп.

«Индустрияландыру картасы», «Бизнестің жол картасы - 2020», «Жұмыспен қамту - 2020» бағдарламалары бойынша инвестициялық жобаларды жүзеге асыруды ескере отырып, осы жобаларды жүзеге асыру үшін қала тұрғындарын келесі мамандықтар бойынша жұмыспен қамту жоспарланып отыр: ұсақтаушылар, экскаваторшылар, бұрғылау қондырғыларының машинистері, жүкті өзі түсіретін үлкен жүк көліктерінің жүргізушілері, қазушылар, бекітушілер, дәнекерлеушілер, реттеушілер. Керек жағдайда аталған мамандықтар бойынша қысқа мерзімді оқыту курстары (біліктілікті арттыру және қайта даярлау курстары) ұйымдастырылатын болады.

Тұрақты 200 жұмыс орнын құрайтын полиметалл кенін өңдеу мен байыту фабрикасының құрылысын салу («Жәйрем кен байыту комбинаты» АҚ).

Сәйкес тауарларды өндіретін, жұмыстар мен қызмет көрсететін жергілікті, оның ішінде Қаражал қаласында орналасқан компаниялардың мүмкіншіліктерін анықтау мақсатында Қарағанды облысында орналасқан ұлттық холдингтер мен компаниялар филиалдарының тауарларды, жұмыстарды және қызметтерді сатып алуына талдау жүргізу.

Қала құраушы кәсіпорындар «Жәйрем кен байыту комбинаты» АҚ және «Өркен» ЖШС «Өркен Атасу» өкілдігі «Еңбек-Қарағанды» Республикалық мемлекеттік кәсіпорнының өндірістік алаңдарында арнайы киімдерді тіккізу тапсырыстарын орналастыруды жоспарлап отыр.

Қаражал қаласының бұрынғы мамандануын қайта қалпына келтіру бойынша:

1. 250 тұрақты жұмыс орнын аша отырып, жылына 4,0 млн тонна полиметалл кенін өңдейтін және байытатын Қиыр батыс кенішін кеңейту («Жәйрем кен байыту комбинаты» АҚ).

2. Батыс Қаражал шахтасын 280 тұрақты жұмыс орнын құрайтындай және жылына 1,8 млн тонна темір кенін өндіретін жобалық қуаттылығына дейін кеңейту («Өркен» ЖШС «Өркен Атасу» өкілдігі).

3. Қаражал қаласы Шалғы кентінде кенді және кенді емес минералды шикізатты (алтын, цинк, вольфрам) өңдеу бойынша кешен құрылысын салу мен пайдалану, «Қарағанды геологиялық барлау» ЖШС, 50 жұмыс орны құрылады.

4. «Үлкен Қытай» мен «Орта Қытай» кен орындарында темір кенін өндіру және байыту фабрикасының құрылысын салу.

5. Бестөбе кен орнында барит кенін өндіретін қуаттылығы 200 000 тонна болатын байыту фабрикасының құрылысын салу. 100 жұмыс орны құрылады.

Саран қаласының негізі 1954 жылы 20 қаңтарда құрылды. Саран қаласы Қарағанды қалалық агломерациясындағы урбандалған аймақта маңызды геоэкономикалық орын алады. Пайдалы қазбалары: тас көмір, қоңыр көмір, күйіктас саз, құмдақты-қиыршық тас, әктас, керамзитті саз.

Саран қаласына орта экономикалық әлеует тән. Қаланың экономикасы индустриялды маманданған. Қалада тау-кен өнеркәсібі, құрылыс материалдары, машинақұрастыру, пластмассалық бұйымдар және резеңкетехникалық, металл өнеркәсібі жұмыс жасайды. Өнеркәсіптік салада өңдеуші өнеркәсіптің үлесі зор - 88,9 %, электрмен қамтамасыз ету, газбен қамтамасыз ету - 5,7%, тау-кен өндірісі - 4,6 %, сумен қамтамасыз ету - 0,8%.

2015 жылдың 1 қаңтарында халық саны 51,1 мың адам және 2014 жылдан 1 % артқан. Саран қаласында жұмыспен қамтылғандар 56,5 %. Саран қаласында жұмыспен қамту қазіргі кезде үлкен мәселе болып отыр. Жұмыс күші көп болғанымен сұраныс жоқ, сонымен қатар білімді де білікті мамандар аз, әйелдер мен жастардың жұмыс жасауына мүмкіндік беретін жұмыстың аздығы.

Қалалық әкімшілікте 1 кенттік округ бар. Статистика бойынша 2015 жылы қалада тұратын халық санында қазақтар - 15,2%; орыстар - 59,2%; украиндар - 6,1%; немістер - 5,6%; татарлар - 5,2%; белорустар - 2,1%; басқа ұлт өкілдері - 6,6%. 2015 жылы халықтың 1000 тұрғынына жалпы коэффициенттер: туылу – 9,51; өлім – 14,04 табиғи кему – (- 4,53). Қалада 2015 жылға 319 шаруашылық жүргізуші субъект тіркелген, оның ішінде 7 ірі, 32 орта, 280 шағын субъектілер тіркелген. Негізгі экономикалық бағыт - резеңке бұйымдарын өндіру. Қаланың негізгі кәсіпорындары: «Саран резеңкетехника» ЖШС, «Қарағанды резеңкетехника» ЖШС, «Миттал Стил Теміртау» АҚ-ның бөлімшелері. Өндірілетін өнімнің негізгі түрлері резеңкетехникалық бұйымдар.

Моноқаланың алдағы дамуы үшін бұрыннан қалыптасып қалған салаларды жетілдіру және жаңа тармақтарын табу пайдалы болар еді. Бұрыннан қалыптасқан көмір және резеңкетехникалық өнеркәсіппен қатар азық-түлік, тау-кен, тігін, жеңіл өнеркәсіптерін дамыту жолға қойылған.

Аудандағы тағы бір моноқала, еліміздің индустрия орталығы - Теміртау қаласы. Қаланы дамыту үшін аймақтың табиғи-климаттық жағдайын, қауіпті табиғи әсерлерді толық зерттеу керек, қаланың басты мәселесі - экологиялық жағдайды жақсарту бойынша

шараларды толыққанды жүзеге асыру, сонымен қатар рекреациялық, әлеуметтік, көліктік және инженерлік инфрақұрылымдарды, өндірісті жандандыру қажет.

Теміртау қаласының қала құрылысын дамытудың басты мақсаты – қолайлы және эстетикалық тартымды өмір сүру ортасын құруды, халық пен болашақ ұрпақтың өмір сүру сапасын жақсартуды қамтамасыз ететін қаланың экологиялық орнықты және үйлесімді дамуы.

Осы мақсатқа қол жеткізу үшін:

- қала құрылысы туралы шешімдерді қала тұрғындары және қалалық әкімшілік өзара бірлесе шешу;
- қаладағы тұрғын үй мәселесін, өнеркәсіпті, табиғи-демалыс сияқты халықтың әлеуметтік жағдайын жақсартатын мәселелерге көп көңіл бөлу керек;
- қауіпсіз өнеркәсіп орындарымен қамтамасыз ету;
- таза сумен қамтамасыз ету;

Қазіргі таңда Теміртау қаласының экологиялық мәселесі бірінші орында тұр. Экологияны жақсарту үшін:

- қаладағы экологиялық жайсыз аймақтарда тұратын тұрғындарды түбегейлі сауықтыру;
- антропогендік әсерден бұзылған табиғи кешендерді қайта қалпына келтіру, шаруашылық әсерінен жоғалып кеткен Самарқанд су қоймасын қалпына келтіру және жаңғырту, қаланы жасылдандыру.

Сонымен қатар көліктік тасқындардың даму қарқынын есепке ала отырып, бас айналма магистральды ақылы және 1-кезектегі 4 жолақты қозғалыс ете отырып реконструкциялау (Осакаровка елді мекеніне дейін) жоспарлануда.

Қазіргі кезде Теміртау қаласының барлық тұрмыстық қалдықтары қаланың оңтүстік-батысына апарылады. Осы жерде тұрмыстық қоқыс қоймаланады, тамақ кәсіпорындарының қалдықтары мен жануарлар өлекселері жабылады, кейін олар ашық траншеяларға көміледі. Алдағы мақсат Теміртау мен Қарағанды қалаларының ортасында тұрмыстық қоқысты өңдейтін зауытты орналастыру болып табылады. Осы зауыт тек ірі екі қаланың ғана емес, Саран, Абай, Шахан, Шахтинск қалаларының да тұрмыстық қалдықтарын өңдеуге мүмкіншілігі болады.

Орталық Қазақстандағы моноқалалардың бірі- Шахтинск қаласы. Бұл қала да басқа қалалар сияқты өндірістік қала болып табылады. Қаланың негізі 1961 жылы құрылған. Қаланың пайда болуы жоғары сапалы коксті көмір орны Тентек кен орнымен байланысты. Шахтинск қаласы Қарағанды агломерация аумағында орналасқан, ол агломерация ядросынан тұрады (Қарағанды және Теміртау қалалары), сонымен қатар географиялық тұрғыдан шағын қалалардың және кенттердің (Долинка, Новодолинский, Шахан, Северо-Западный) біркелкі желілі ядросына тақау орналасқан. Қала батысында және оңтүстігінде Нұра ауданымен, ал шығысында Абай ауданымен және солтүстігінде Саран қаласымен шекараласады.

Шахтинск қаласы – Қарағанды облысының өндірістік ауданы. Қаланың өнеркәсіптік базалық саласы - өңдеу саласы («Кулагер» ЖШС – ет өңдеу және шұжық өнімдерін өңдеумен айналысатын кәсіпорын) және өндіру саласы - электрэнергиясын, газды және суды тарату («Шахтинская ТЭЦ» АҚ). Қаланың маңында 4 шахта жұмыс істеп тұр.

Қаланың көмір өндіретін кәсіпорындары «АрселорМиттал Теміртау» АҚ құрылымдық бөлімшелері «Шахтинская», «Казахстанская», «Тентекская», «Ленин» атындағы шахталар болып табылады.

2010-2015 жылдар кезеңінде Шахтинск қаласының еңбек нарығындағы жағдай жұмыссыздық деңгейі төмендеуімен және экономикалық белсенділік деңгейінің артуымен

сипатталады [42]. Қаладағы экономикалық белсенді тұрғындар саны: 2010 жылы – 36,9 мың адам, 2015 жылы – 41,3 мың адам. Осы мезгілде экономикалық белсенді тұрғындар саны 11,9% өскен. Қаланың жұмыспен қамтылған тұрғындар санының еңбек ұсыныстарының негізгісі - өндіріс (80%).

Моноқаланы дамыту үшін «Бизнестің жол картасы - 2020», «Индустрияландыру картасы», «Жұмыспен қамту - 2020» сияқты инвестициялық жобаларды негізге ала отырып, қала халқы келесідей жұмыс түрлерімен қамтылады деп күтілуде.

Шахтинск қаласында жұмыспен қамтылған тұрғындар санын болжау [2]

Көрсеткіштер	өлш. бірл	2011	2012	2015	2014	2015
Жалпы жұмыспен қамтылғандар	адам	33400	33926	34491	35052	35826
Оның ішінде:						
Тау-кен кәсіпорындары	адам	7700	8130	8260	8263	8410
Шағын және орта бизнес	адам	4910	4956	4910	5020	5110
Өздігімен жұмыспен қамтылғандар	адам	9 400	9300	9570	9759	10080
Басқалар	адам	11390	11540	11751	12010	12226

Тағы бір жоспар бойынша қалада химия саласы бойынша жоба «Синтетикалық жуғыш заттарды өндіру» зауытын «Монета Дитерджентс» ЖШС ұсынады. Жоспар бойынша онда 250 жұмыс орны құрылады. Жобаның жалпы құны 3 млрд теңге және өндірістік қуаттылығы 60 000 т болады.

Аудандағы Сәтбаев, Шахтинск, Приозерск, Қаражал қалалары мен Абай, Ақтоғай, Жаңаарқа, Нұра, Ұлытау, Қарқаралы аудандары өздерінің табиғи ресурстарын тауысты. Бұл тікелей моноқалалардың мәселесі болып отыр. Осыған байланысты аудандарда жаңадан геологиялық барлау жасау және де тұрғындарды жанама жұмыс орындарымен қамтамасыз ету керек.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Давидович В.Г. Расселение в промышленных узлах. - М.: Наука, 1990. - 13 с.
2. Демографический ежегодник Казахстана. - Алматы, 2010-2013. - С. 5-43.
3. Двоскин Б.Я. Экономико-географическое районирование Казахстана. - Алматы: Наука, 1986. - 245 С.
4. Мұқаулы С. Табиғатты пайдалану экономикасы / С. Мұқаулы, Е.М. Үпішев. - Алматы: Экономика, 1999. – 268 С.
5. Мубарак Тлеуберген. Экономическая оценка комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов. – Алматы, 2002. – 235 С.
6. Назарбаев Н.А. Критическое десятилетие. - Алматы: Атамұра, 2008. - 224 С.
7. Ниязбекова Р.К. Табиғатты қорғау шараларын экологиялық-экономикалық бағалау және ең тиімді жүйесін таңдау / Р.К. Ниязбекова, А.М. Есиркепова // Наука и образование Южного Казахстана: Сб. научн. тр. - Шымкент, 2000.
8. Ниязбекова Р. О проблеме рационального использования природных ресурсов и сохранения качества окружающей среды / Р. Ниязбекова, А.М. Есиркепова // Наука и образование Южного Казахстана: Сб. научн. трудов. - Шымкент, 2000.

Получено 16.08.2017



ӨЖ 547.2

А.К. Батталова

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі Сот сараптамалары орталығы РМҚК филиалы Шығыс Қазақстан облысы бойынша Сот сараптамалары институты, Өскемен қ.

**СПИРТҚҰРАМДЫ СҰЙЫҚТЫҚ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ЭТИЛ СПИРТІН ИҚ- ЖӘНЕ ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЯ
ӘДІСТЕРІМЕН САРАПТАУ**

В статье рассматривались исследования спиртосодержащих жидкостей во время решение диагностических задач путем межметодного сличения, в частности, классической метод исследования этилового спирта, в том числе возможности использования ИК- и ЯМР-спектроскопии.

Мақалада спиртқұрамды сұйықтықтар бойынша диагностикалық міндеттерді шешу үшін әдісаралық салыстыру жүргізу арқылы, атап айтқанда этил спиртін классикалық әдістермен қоса, ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдісі көмегімен зерттеу мүмкіншіліктері қарастырылды.

The article covers investigation of alcohol containing liquids in solving diagnostic challenges via inter method collation, particularly the classical method of these liquids investigation including possibilities of applying infrared and magnetic nuclear resonance spectroscopy.

Кілт сөздер: спиртқұрамды сұйықтықтар, этил спирті, инфрақызыл (ИҚ) спектроскопия, ядролық магниттік резонанс (ЯМР) спектроскопиясы.

Кейінгі уақытта орын алып жатқан қылмыстық істердің ішінде спиртқұрамды сұйықтықтарды (СҚС) сертификатсыз және лицензиясыз дайындау, сату, өткізу, сонымен қатар Қазақстан Республикасы территориясына ішімдік өнімдерін тасуда акциздік салықты есептеу үшін тауар кодтарын меншіктеу сияқты құқық бұзушылық кеңінен таралып барады. Мұндай категориядағы істерді де тергеу және сотта қарау үшін СҚС-ға сот-сараптамалық зерттеу жүргізу қажет. Осы орайда арзан бағалы ішімдіктерді дайындаудағы сусынды сұйылту фактісін анықтау, сусынды белгілі бір типке, түрге, маркаға, өнім партиясына жатқызу білікті сарапшылық зерттеу жүргізуді талап етеді. Спиртқұрамды сұйықтықтарды сот-сараптамалық зерттеу сұйықтықтың құрамын, түрін, шығу тегін, спецификалық жағдайын, жасалу жолын, фальсификациялық фактісін және мемлекеттік стандартқа сәйкестігін анықтауға бағытталады [1].

Жалпы спиртқұрамды сұйықтықтарды сараптамалық зерттеудің объектілері белгілі бір көлемдегі СҚС бақылау бойынша әртүрлі мақсаттағы тағайындау, соның ішінде табиғаты өзге сұйықтықтар, СҚС өнеркәсіптік дайындау: спирт, арақ, коньяк, шарап және т.б. спирттік сусындардың фальсификаттары, жасанды жолмен дайындалған СҚС (самогон, чача, тұнба), СҚС әртүрлі тасымалдаудағы іздер, жасанды жолмен дайындалған күшті спирттік сусындар үшін бейімдеу, конструкция, құралдар, өнеркәсіптік-технологиялық үрдістер және құралдар, салыстырмалы зерттеу үшін СҚС үлгілері, сонымен қатар арақ өнімін дайындауда негізгі шикізат көзі этил спирті болып табылады.

Сарапшылық зерттеу нысаны ретінде СҚС жіктелуі келесі талаптарды қанағаттандыруы қажет:

- барлық деңгейдегі кластарға біріккен саналуандылық және СҚС түсінігіне біріккен жалпылама ауқымды құрылымы жөнінде түсінік беру;
- оқиғаның сипатын және СҚС қасиеттерінің өзара байланысын ашу;
- объектілерді аналитикалық зерттеуде сарапшының нақты сұлбаны бағдарлауы;
- зерттелетін СҚС классификациялық категориясын «тек» және «топ» анықтаудағы негізгі қызмет.

СҚС сараптамасы объектілерін зерттеу барысында күрделілігі әртүрлі дәрежедегі сараптамалық міндеттердің екі тобы шешіледі. Бірінші топ - диагностикалық және классификациялық міндет, екінші топ – идентификациялық міндет. Классификациялық міндетті шешуге алдын ала

белгілі бір техникалық жағдайда ММСТ-мен белгіленген объектілерді жатқызуға болады. Диагностикалық міндетті шешуге фальсификация фактісін, объектінің жағдайы мен қасиетін, табиғатын, объектінің белгілі бір құрамға жататындығын немесе жатпайтындығын, өзге сұйықтықтармен араласу фактісін, шикізат белгілерін, СҚС дайындау әдісін және тағайындау мақсатын, СҚС түрін анықтау жатады. Идентификациялық міндет мазмұны жекеше нақты ұқсастықты белгілеу сияқты криминалистикалық идентификация теориясымен анықталады. Идентификациялық белгілердің мәні нақты сыйымдылыққа, «сыйымдылық – сұйықтық» шартына, оның өлшеміне, герметикалығына, сұйықтық құрамында шығу тегі өзге заттардың болуына байланысты. Бұл міндетті шешуде стандартталған өнімнің түріне, СҚС және шетелдік өнеркәсіптік шарап өнімдерінің өндіріс технологияларында реттелмеген қоспалардың болмауы қиындық туғызады. Аталмыш міндеттерді шешу барысында ең алдымен заттай дәлелдеме объектілерінің өзіндік қасиеттерін кең көлемде зерттеп білуі қажет, яғни зерттеуге ұсынылатын сұйықтықтың алдымен табиғатын анықтау қажет болады.

СҚС сот-сараптамалық зерттеудің жіктелуін белгілеу мақсаты органолептикалық, химиялық және физика-химиялық әдістер негізінде анықталған белгілерінің жиынтығына негізделеді. СҚС-дың құрамын химиялық көзқараспен қарасақ су және этил спиртінен басқа да көпкомпонентті жүйені құрайды. Атап айтқанда, метанол, изопропанол, изобутанол, н-пропанол, амин спиртінің изомерлері; этиллактат, альдегидтер және күрделі эфирлер – ацетальдегид, этилформиат және этилацетат; сонымен қоса қант, органикалық қышқылдар, көміртек диоксиді, күкірт ангидридi, ароматикалық заттар және т.б. [2]. Аталмыш құрамдардың ішінде метанол – жүйке және тамырға қоздырғыш әсер ететін, этанол – сұйық есірткі, ұзақ әсер еткенде жүйке, ас қорыту, қан тамыр, бауыр ауруларын тудыратынын және тағы сол сияқты көпшілік құрамдардың улы болып келетінін әрі бұлардың құрылымдық формулалары өзара ұқсас болып келетіндігін ескерсек, сараптама жүргізу барысында сұйықтықтың табиғатын анықтау үшін, яғни диагностикалық міндеттерді шешу үшін тек бір ғана әдіспен шектеліп қалу аздық етеді.

Сол себепті сұйықтық құрамындағы этил спирті анықтау барысында жүргізілетін диагностикалық зерттеу кезінде тек қана классикалық әдістермен шектеліп қалмай әдісаралық салыстыруды қолдану, яғни ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдістерінің көмегімен зерттеу жүргізу өзекті болып табылады.

Мақалада СҚС-ды сараптау барысында классикалық әдістермен қоса, инфрақызыл (ИҚ) және ядролық магниттік резонанс (ЯМР) спектроскопия әдістерін қолдану мүмкіншілігі қарастырылды.

Зерттеу жүргізу үшін сот сараптамасына келіп түскен айғақ зат, яғни СҚС зерттеу нысаны ретінде алынып, классикалық, ИҚ- (FT-801 Simex) және ЯМР-спектроскопия (Avance III 500 MHz Bruker) әдістері көмегімен сараптау жұмыстары жүргізілді.

Классикалық әдіс барысында сұйықтықтың табиғатын анықтау үшін этил спиртіне сапалық реакция жасалады. Зерттеу сынамасының 2 мл-не 10 %-ды 1 мл сілті ерітіндісі және сары түс жоғалғанға дейін люголь ерітіндісі тамшылатып құйылады. Зерттеу барысында қоспаны қайнату нәтижесінде сарғыш түсті тұнба түзілді. Оны микроскопиялық сараптау арқылы сұйықтықтың тұнбасында алтыбұрышты йод пішінді кристалдардың түзілгені анықталды (1-сурет). Бұл сұйықтықта этил спиртінің бар екендігін көрсетеді [3].

Ары қарай сұйықтықтағы этил спиртінің концентрациясы «Этил спирті. Қолдану тәртібі және анализдеу әдісі» Р 5962–51 ММСТ негізінде анықталды [4]. Концентрация 10 °С температурада 0,1 туралықта АСП–1 санатты ареометрдің көмегімен анықталды. Жүргізілген зерттеудің нәтижесінде этил спиртінің концентрациясы 37,5 көлемдік пайызға (градуска) тең екендігі белгілі болды.

СҚС құрамындағы этил спирті ИҚ-спектроскопия әдісімен анықтау үшін 0,1 мл зерттелетін ерітінді кюветаға құйылып, оның ИҚ спектрлері алынды (2-сурет). ИҚ спектрі бойынша $-\text{CH}_2-$ топшасының сигналы $\nu=2910\text{ см}^{-1}$ аралығында, $-\text{CH}_3$ топшасы $\nu=2940\text{ см}^{-1}$, OH топшасы $\nu=3350\text{ см}^{-1}$, ал $\text{C}-\text{O}$ топшасы $\nu=1050\text{ см}^{-1}$ аумағында көрінді. Осы нәтижеге негізделіп, топшалардың жұтылу мәндері арқылы этил спиртінің құрылымдық формуласын нақтылауға болады [5].



а

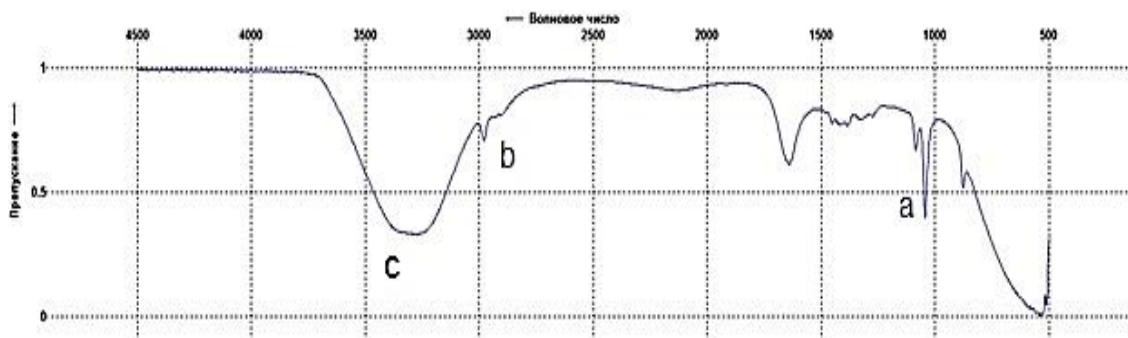


а



б

1-сурет – а, ә, б - бірнеше есе үлкейтілген алтыбұрышты йод пішінді кристалдардың электронды микросуреттері



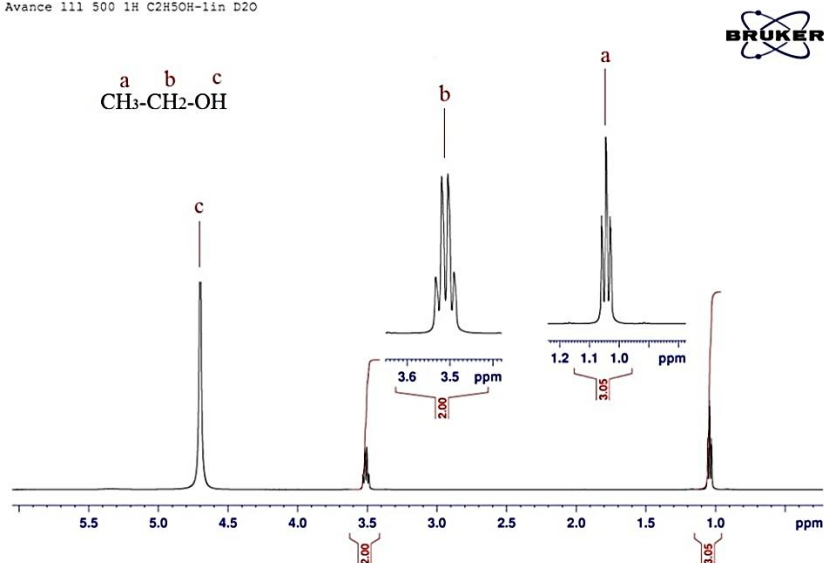
2-сурет – этил спиртінің ИҚ спектрі

ИҚ спектрометрдегі этил спиртінің құрылымдық формуласындағы топшалардың жұтылу мәндері

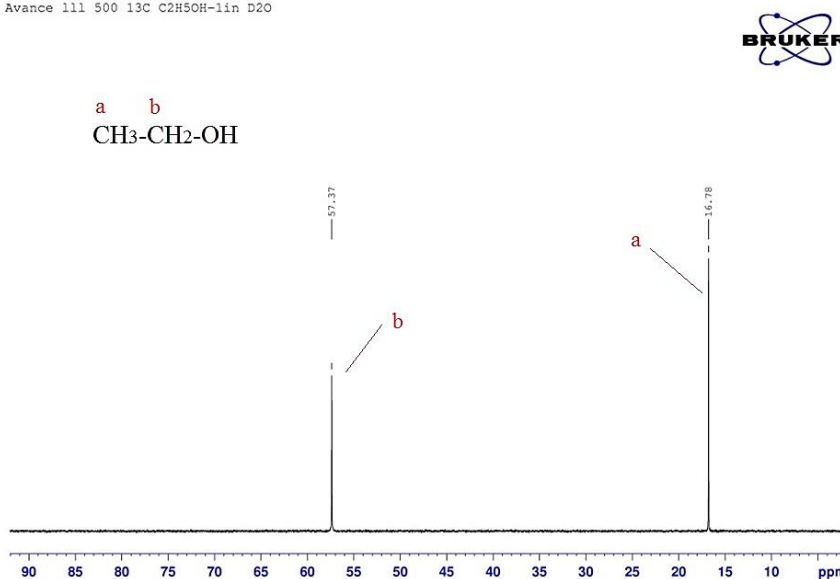
Атом нөмірі	Функционалдық топ	ν , cm^{-1}
a	-C-O	1050
b	-CH ₂ -	2910
b	-CH ₃	2940
c	-OH	3350

СҚС-ды зерттеу барысында қолданылған келесі әдіс – ЯМР-спектроскопия әдісі. Бұл әдісте 0,1 мл зерттелетін ерітіндіні 1 мл суда - D₂O (немесе H₂O) ерітіп, спектрометрде протондық (¹H) және көміртектік (¹³C) спектрлері түсірілді (3-4-суреттер). ¹H спектрі бойынша этил спиртінің құрылымдық формуласындағы -CH₃ топшасының сигналы $\delta=1$ ppm аралығында, -CH₂- топшасы $\delta=3,5$ ppm, ал OH топшасы $\delta=4,8$ ppm аумағында көрінді. Ал, ¹³C спектрінде -CH₃ топшасындағы көміртек атомының сигналы $\delta=16,78$ ppm, -CH₂ көміртек атомының сигналы $\delta=57,37$ ppm аумағында көрінді. Бұл этил спиртінің құрылымдық формуласындағы әрқайсысы топшалардың электрон тығыздығымен және электронға ынтықтығымен түсіндіріледі [6].

Avance 111 500 1H C2H5OH-1in D2O

3-сурет – этил спиртінің ^1H ЯМР спектрі – D_2O

Avance 111 500 13C C2H5OH-1in D2O

4-сурет – этил спиртінің ^{13}C ЯМР спектрі – D_2O

Қорыта келгенде зерттеу барысында алынған нәтижелерге сүйене отырып, СҚС-ды зерттеуде әдісаралық салыстыру жүргізу арқылы, ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдістерін қолдану этил спиртінің сапалық анализін әрі тез, әрі нақты сараптауға тиімді екендігі анықталды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Белкин Р.С. Курс криминалистики. – М., 1997. – Т. 1. – 136 с.
2. Вороненко Л.А. Методика судебно-экспертного исследования этиловых спиртов. - Астана, 2010. – 94 с.
3. Вороненко Л.А. Судебно-экспертное исследование спиртов и водок: Метод. рекомендации для экспертов / Л.А. Вороненко, А. Сулейман. - Алматы, 2006. – 113 с.

4. ГОСТ 5962-2013. Спирт этиловый. Правила приёмки и методы анализа. – М., 2014. – 4 с.
5. Нифантьев И.Э. Практический курс спектроскопии ядерного магнитного резонанса: Метод. разработка / И.Э. Нифантьев, П.В. Ивченко. – М., 2006. – 61 с.
6. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965. – 182с.

Получено 16.08.2017

УДК 635.611, 519.863

Б. Даулетбаков, М.Е. Кизатова, Е.Б. Медведков

Алматинский технологический университет, г. Алматы

А.А. Шевцов

Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАЛЫВАНИЯ КОЖУРЫ ДЫНИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ШИПОМ

При создании и расчете новой установки для очистки дыни от кожуры и ее измельчения одним из основных показателей является усилие прокалывания, которое влияет на величину мощности электродвигателя. С использованием математико-статистических методов разработана математическая модель прокалывания кожуры дыни цилиндрическим шипом, позволившая определить оптимальные параметры шипа для достижения минимального усилия.

Қауынды қабығынан тазалау және оны ұсақтауға арналған жаңа қондырғыны есептеуде және құрастыруда электрқозғалтқыштың қуатына әсер ететін негізгі көрсеткіштердің бірі - қауын қабығын тесу күші. Иненің оңтайлы параметрін анықтауға қажетті минималды күшті анықтау үшін математикалық-статистикалық тәсілдерді пайдалана отырып, үшкір цилиндр тәріздес инемен қауын қабығын тесуге арналған математикалық модель жасалған.

In development of and making calculations for the new melon peeling and crushing plant, piercing force is one of the major performances that affects the electric engine capacity. A mathematical model for piercing the melon peel with a cylindrical pin has been developed with the use of mathematical and statistical methods; the model made it possible to determine the optimal parameters of the pin for achieving a minimum force.

Ключевые слова: дыня, диаметр шипа, усилие прокалывания.

В научной практике исследования сложных процессов, к каким относится прокалывание кожуры дыни, получить достоверное и в то же время простое математическое описание зачастую не удается. Однако, как показал опыт научных разработок последних лет, такие процессы можно исследовать экспериментально-статистическими методами. Это позволяет получить достоверные математические модели, адекватные поставленному эксперименту, на базе которых с определенной точностью и простотой можно решить сформулированные задачи [1].

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследования и моделирования был взят сорт дыни «Инжирная». Для обозначения рассматриваемого процесса прокалывания кожуры дыни, механизм функционирования которого сложен и неизвестен, нами была использована концепция «чёрного ящика» (рис. 1).

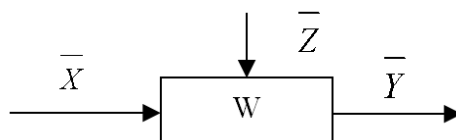


Рисунок 1 - Модель процесса прокалывания кожуры дыни

Как следует из приведенной на рис. 1 схемы, выходные переменные \bar{Y} являются результатом воздействия на систему W в процессе прокалывания кожуры дыни \bar{X} - входных и \bar{Z} - возмущающих факторов. Таким образом, чтобы узнать, как развивается технологический процесс прокалывания кожуры дыни в системе, нужно знать, как система W трансформирует входные и возмущающие воздействия в выходные переменные. Описание связи выходных переменных с входными и возмущающими в виде некоторых уравнений называется математической моделью технологической системы, в нашем случае процесса прокалывания кожуры дыни.

Основной задачей нашего исследования является оптимизация параметров процесса прокалывания кожуры дыни: x_1 – угла заточки шипа (α , град); x_2 – диаметра шипа (d , мм), при которых силы прокалывания кожуры дыни F (Н) имеют наилучшие (оптимальные) значения. Решение поставленной задачи получено методами планирования многофакторных экспериментов, статистической обработки опытных данных и поисковой оптимизации. Для этого были отобраны параметры оптимизации и наиболее значимые факторы, влияющие на процесс прокалывания кожуры дыни, определен план проведения экспериментальных исследований, и на базе полученных опытных данных разработана математическая модель, на которой исследовалось влияние регулируемых факторов на выходные параметры процесса в стационарной области факторного пространства. Параметры прокалывания кожуры дыни и выбранные уровни их варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Исследуемые параметры прокалывания кожуры дыни
и их уровни варьирования в лабораторных условиях*

Регулируемые параметры: кодированные (натуральные)	Кодированные уровни			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
x_1 – угол заточки шипа, град	30	60	90	30
x_2 – диаметр шипа, мм	1,4	2,1	2,8	0,7

Матрица планирования и результаты опытов полнофакторного эксперимента (ПФЭ) типа 2^2 приведены в табл. 2. Опыты по определению усилия прокалывания проведены с помощью автоматического прибора «Структурометр СТ-2», описание которого приведено в источнике [2].

Таблица 2

Матрица планирования и результаты опытов ПФЭ типа 2^2

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе		Факторы в безраз- мерной системе координат			Выходной параметр					
	z_1	z_2	x_0	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_{cp}
1	30	1,4	0	-1	-1	5,16	5,1	4,85	4,72	3,81	4,73
2	90	1,4	0	1	-1	7,12	6,73	5,41	5,13	4,9	5,86
3	30	2,8	0	-1	1	16,3	16	15,8	8,7	9,7	13,30
4	90	2,8	0	1	1	17,98	16,9	17,89	16,91	17,11	17,36
5	60	2,1	0	0	0	8,52	10,77	9,98	10,59	8,76	9,72
6	90	2,1	0	1	0	12,02	10,79	10,12	9,1	14,19	11,24
7	30	2,1	0	-1	0	9,94	9,22	8,9	9,12	8,15	9,07
8	60	2,8	0	0	1	17,68	16,21	16,31	16,49	14,15	16,17
9	60	1,4	0	0	-1	5,99	5,38	4,92	4,83	4,7	5,16

Лабораторное исследование процесса прокалывания кожуры дыни проводилось по схеме полного трехфакторного планирования экспериментов.

Оптимум (максимум) целевых функций: показатель Y - сила прокалывания кожуры дыни (F , H) определялся в пакете прикладных программ (ППП) STATISTICA 10.0 методом поисковой оптимизации [3]. После этого найденное решение корректировалось с учетом результатов, полученных методами планирования экспериментов. Предварительно охарактеризуем полученную совокупность экспериментальных данных, рассчитав статистические характеристики основных показателей параметров прокалывания кожуры дыни (табл. 3).

Таблица 3

Статистические характеристики параметров прокалывания кожуры дыни

Статистические характеристики	Условное обозначение	Параметр		Y
		x_1	x_2	
Объем наблюдений	N	9	9	9
Среднее арифметическое	M	60	2,1	10,29
Стандартная ошибка	m	8,660	0,202	1,551
Стандартная ошибка, % от M	m , %	14,434	9,623	15,071
Медиана	med	60	2,1	9,24
Мода	mod	30	1,4	#Н/Д
Стандартное отклонение	s	25,981	0,606	4,652
Дисперсия выборки	s^2	675	0,368	21,641
Экссесс	E	-1,714	-1,714	-1,251
Асимметрия	A	0,000	0,000	0,301
Размах	R	60	1,4	12,63
Минимум	min	30	1,4	4,728
Максимум	max	90	2,8	17,358
Коэффициент вариации, %	V	43,3	28,9	45,21

По данным эксперимента для каждого показателя в табл. 2 оценены: среднее M и ошибка средней m , медиана (med) и мода (mod), стандартное (среднеквадратическое) отклонение s и дисперсия s^2 , наименьшее (min – минимум) и наибольшее (max – максимум) значения, размах R , показатели асимметрии A и эксцесса E , коэффициент вариации V . Статистические характеристики (табл. 3) дают количественное представление об эмпирических данных и в первом приближении проверяют предположения, лежащие в основе регрессионного анализа. Стандартные ошибки результирующих показателей составляют менее 15% от соответствующих средних значений. Наблюдается примерное равенство среднего и медианы. Мода для Y отсутствует, а значения эксцесса отрицательны; минимальное и максимальное значения примерно равно удалены от среднего. Это свидетельствует о близости эмпирического и нормального или обобщенно-нормального распределений.

Следующим этапом нашего исследования было построение нелинейной регрессии процесса прокалывания кожуры дыни. В нашем исследовании вид функции отклика $Y_i = f(x_1, x_2)$, $i = 1, 2$ от регулируемых параметров неизвестен. При отмеченной ранее нелинейности процесса прокалывания кожуры дыни, как принято при использовании многофакторного планирования эксперимента, уравнение регрессии представляют в виде полинома второй степени при достаточном количестве экспериментальных точек. Выбранный план (табл. 2) имеет 9 экспериментальных точек и позволяет рассчитать математиче-

скую модель процесса силы прокалывания кожуры дыни в виде полной квадратичной функции двух исследуемых параметров:

$$Y_i = b_0 + b_1x_1 + b_{11}x_1^2 + b_2x_2 + b_{22}x_2^2. \quad (1)$$

Аппроксимация (приближение) критериев оптимальности Y_i полиномом второй степени позволяет получить хорошее представление о форме поверхности отклика. В результате реализации вычислительных процедур, реализованных в компьютерной программе Statistica 10.0, рассчитаны пять b-коэффициентов нелинейной регрессии при кодированных переменных x_1 и x_2 , их стандартные ошибки, t-критерии Стьюдента для проверки значимости компонентов регрессии, уровни вероятности p , верхние и нижние 95%-е доверительные границы (табл. 4).

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа регулируемых параметров прокалывания кожуры дыни

Фактор	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	t-критерий Стьюдента	p-уровень значимости	95%-е доверительные границы	
					нижняя	верхняя
Y – силы прокалывания кожуры дыни (F, Н)						
–	10,07333	0,345501	29,15574	0,000089	8,97380	11,17287
x_1	1,22767	0,189239	6,48740	0,007435	0,62542	1,82991
x_1^2	-0,09300	0,327771	-0,28373	0,795069	-1,13611	0,95011
x_2	5,17933	0,189239	27,36932	0,000107	4,57709	5,78158
x_2^2	0,41800	0,327771	1,27528	0,292005	-0,62511	1,46111
x_1x_2	0,73200	0,231769	3,15832	0,050937	-0,00559	1,46959

Таким образом, используя оценки b-коэффициентов, можно записать следующие уравнения квадратичной регрессии двух параметров прокалывания кожуры дыни:

$$Y = 10,07333 + 1,22767x_1 - 0,093000x_1^2 + 5,17933x_2 + 0,41800x_2^2 + 0,73200x_1x_2, \quad (2)$$

где Y – сила прокалывания кожуры дыни (F, Н).

Анализ полученных значений t-критерия Стьюдента и соответствующих уровней значимости p подтверждает существенное влияние на результирующие показатели силы прокалывания кожуры дыни: x_1 – угла заточки шипа, град; x_2 – диаметра шипа, мм. Значимым оказалось влияние параметров x_1 и x_2 , а также $x_1 \cdot x_2$, у которых $p < 0,05$. Значение x_1^2 и x_2^2 несущественно влияет на результирующие критерии Y. На основе полученных в экспериментах данных методом наименьших квадратов рассчитаны уравнения квадратичной регрессии (2).

Для проверки качества полученных уравнений регрессии (2) были рассчитаны коэффициент множественной корреляции R, коэффициент детерминации R^2 , критерий Фишера F и критерий Дарбина-Ватсона d (табл. 5).

Приведенные в табл. 5 значения статистических критериев свидетельствуют о том, что полученные уравнения регрессии с 95%-й доверительной вероятностью достоверно и адекватно описывают влияние исследуемых параметров силы прокалывания кожуры дыни.

Достаточно высокие значения коэффициента множественной корреляции ($R = 0,998$) свидетельствуют об очень тесной взаимосвязи результирующих показателей Y и вклю-

ченных в исследование регулируемых параметров силы прокалывания кожуры дыни. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,996$) характеризует 99,6% вариации соответствующего отклика в экспериментальных данных. Значения критерия Фишера F , равные 160,570 соответственно для Y , и рассчитанные уровни значимости $p < 0,001$ свидетельствуют о достаточно высокой аппроксимирующей способности полученных уравнений. Как свидетельствуют значения критерия Дарбина-Ватсона d , можно считать, что сериальная корреляция отсутствует.

Таблица 5

Проверка адекватности и достоверности моделей регрессии для обоснования параметров силы прокалывания кожуры дыни

Статистические показатели качества и критерии адекватности	Отклик
	Y
Множественная корреляция R	0,998
Коэффициент детерминации R^2	0,996
Нормированный R -квадрат	0,990
Стандартная ошибка	0,464
Число степеней свободы $df:k_1; k_2$	5; 3
Критерий Фишера F	160,570
Значимость F	0,000769
Критерий Дарбина-Ватсона d	1,48

Примечание: k_1 и k_2 – число степеней свободы для числителя и знаменателя соответственно.

Таким образом, получены достоверные и адекватные уравнения регрессии (2) контролируемых параметров, достаточно полно характеризующие исследуемый технологический процесс силы прокалывания кожуры дыни.

В финальной части нашего исследования мы рассматривали анализ поверхностей отклика для показателей параметров силы прокалывания кожуры дыни в области факторного пространства. Функции отклика лучше всего представить в графическом виде. На рис. 2 изображены поверхности откликов и линии равных уровней (изолинии) силы прокалывания кожуры дыни в зависимости от различных сочетаний исследуемых параметров: (угла заточки шипа x_1 и диаметра шипа x_2).

Y - сила прокалывания кожуры дыни F , кодир. = $10,0733 + 1,2277 \cdot x_1 + 5,1793 \cdot x_2 - 0,093 \cdot x_1 \cdot x_1 + 0,732 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,418 \cdot x_2 \cdot x_2$,

где x_1 - угол заточки шипа, кодирован.; x_2 - диаметр шипа, кодирован.

Y - силы прокалывания кожуры дыни $F = -1,8829 + 0,0688 \cdot x_1 + 2,1604 \cdot x_2 - 0,0018 \cdot x_1 \cdot x_1 + 0,0928 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,2857 \cdot x_2 \cdot x_2$, (3)

где x_1 - угол заточки шипа, град.; x_2 - диаметр шипа, мм.

Трехмерная диаграмма (рис. 2, 3) дает наглядное представление о том, как показатель Y – силы прокалывания кожуры дыни (F , Н) связан с углом заточки иглы, град и диаметром иглы, мм при фиксированной скорости внедрения $v=100$ мм/мин (рис. 3).

Цветовые метки или тона серого показывают посредством интенсивности величину силы прокалывания кожуры дыни (F , Н). По ним можно определить область значений угла заточки, град, и диаметра инденторов, мм, в которой сила прокалывания кожуры дыни (F , Н) имеет оптимальное значение (рис 3).

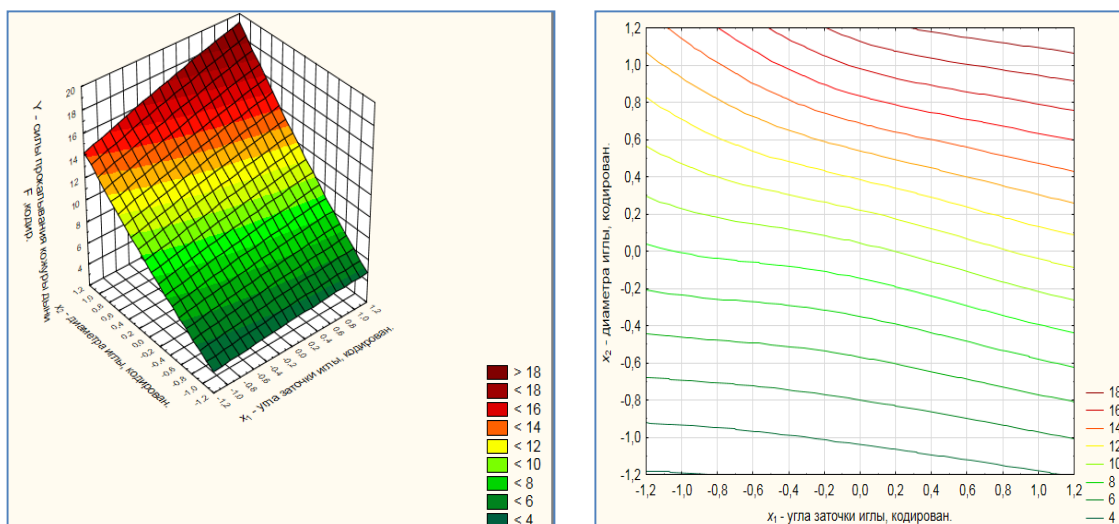


Рисунок 2 - Поверхность отклика и линии равного уровня угла заточки шипа и диаметра иглы в кодированных значениях (А)

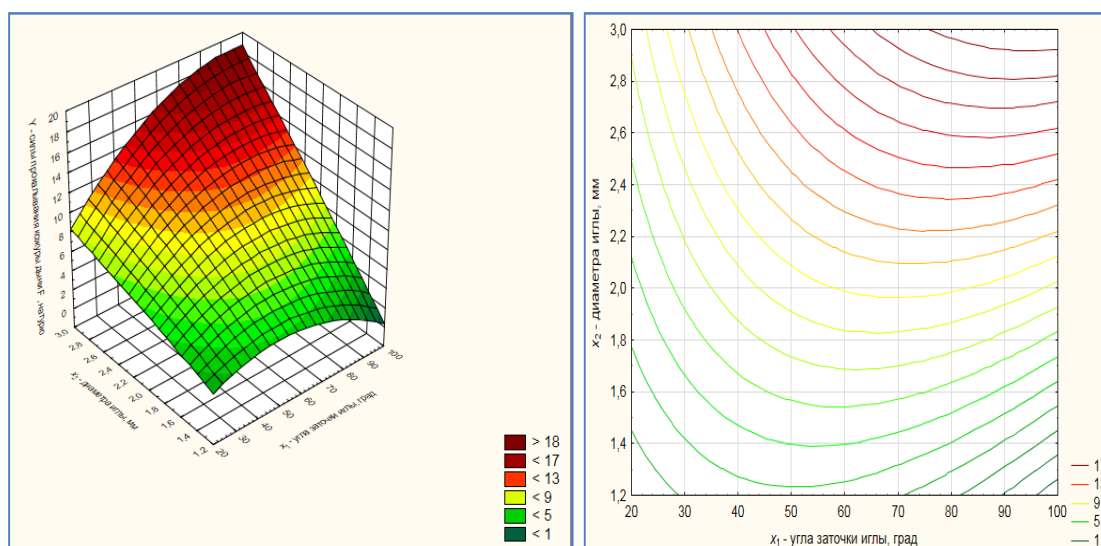


Рисунок 3 - Поверхность отклика и линии равного уровня угла заточки шипа и диаметр шипа в натуральных значениях (Б)

Изолинии или контурные диаграммы представляют собой проекции на горизонтальную плоскость горизонтальных сечений поверхности отклика, полученной в результате аппроксимации экспериментальных данных квадратичной регрессией. Справа от графиков находятся цветные метки, по которым можно определить область значений регулируемых параметров, где функция отклика $Y = F$ имеет оптимальное значение. Для определения оптимального значения Y полученные уравнения регрессии (3) были использованы в качестве целевых функций, а нижний и верхний уровни варьирования независимых переменных приняты за двусторонние ограничения на исследуемые параметры. Решены оптимизационные задачи методом релаксации. В этом случае нами выбирались шаги, исходя из эвристических предположений о виде функции отклика.

В данном случае исходной является точка с координатами $V_0=(30; 2)$.

Критерий оптимизации в исходной точке $U_{opt1}=18,63$ Н.

В последующих преобразованиях получили, что $x_1=39,9$. Координаты новой точки: $V_0=(39,9; 3,78)$. Величина критерия оптимизации $U_{opt}=16,77$ Н, так как дальнейшее изменение факторов x_1 и x_2 не приводит к значительному изменению критерия оптимизации. Результаты решения поставленных выше задач (координаты особых точек и соответствующие значения исследуемых функций откликов Y) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Координаты особых точек и значения силы прокалывания кожуры дыни Y

Отклик	Координаты стационарных точек		Значение отклика
	x_1 – угол заточки шипа, град	x_2 – диаметр шипа, мм	
$Y, (F, H) (Y \rightarrow opt)$	39,9	3,78	16,77

При таких рекомендованных значениях параметров:

$x_1 = \alpha$ – угол заточки шипа, град.; $x_2 = d$ – диаметр шипа, мм.

Критерии оптимальности примут следующие значения:

$Y = F$ – сила прокалывания кожуры дыни, Н; $Y = 16,77$ Н.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Получены достоверные и адекватные уравнения регрессии технологических параметров, характеризующих наиболее полно исследуемый технологический процесс прокалывания кожуры дыни. Разработана математическая модель, которая позволит оптимизировать параметры процесса прокалывания кожуры дыни. Определено оптимальное значение (Y) силы прокалывания кожуры дыни и параметры шипа.

Список литературы

1. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. - М.: ДеЛи. принт, 2005. - 296 с.
2. Медведков Е.Б. Механические характеристики мякоти дыни при сжатии / Е.Б. Медведков, М.Е. Кизотова, А.А. Шевцов и др. // Вестник гос. ун-та им. Шакарима. – 2016. - № 2 (74). – С. 60-65.
3. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. - 2-е изд.– Изд-во «Питер», 2003. - 688 с.

Получено 16.08.2017

УДК 004.056

Ж.А. Жаныбек, Г.В. Попова

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА

Рассмотрены назначение и характеристика ситуационных центров (СЦ) как информационно-технологических объектов, обеспечивающих реализацию ситуационного управления. В качестве фактора проблемы информационной безопасности (ИБ) СЦ принимается различный уровень конфиденциальности обрабатываемой информации. Информационная безопасность представляется как защита информации.

Мақалада ақпаратты-технологиялы объект ретінде жағдай орталықтарының мақсаты мен сипаттамалары қарастырылды. Жағдай орталығының ақпараттық қауіпсіздік факторы ретінде өңделіп жатқан ақпараттың әртүрлі деңгейлі құпиялылығы қарастырылады. Ақпараттық қауіпсіздік ақпаратты қорғау ретінде ұсынылған.

This article considers the purpose and characteristics of situational centers as information technology facilities that ensure the implementation of situational management. The variety of levels of confidentiality related to the processed information is a factor of situational centers information security. Information security is performed as information protection.

Ключевые слова: *ситуационный центр; ситуационное управление; конфиденциальность; информационная безопасность; система защиты информации.*

Ситуационный центр (СЦ) представляется как комплекс, который концентрирует информацию о подконтрольном пространстве от различных источников и обеспечивает ситуационное управление, принятие управленческих решений с широким использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), моделей и методов ситуационного анализа. Ситуационное управление как система становится эффективным, когда необходимо, чтобы «управляющее воздействие субъекта управления основывались на анализе вариантов принятия решения с учетом текущего состояния объекта управления, располагаемых вариантов действий и прогноза последствий принимаемых управленческих воздействий» [1].

Такая необходимость практически постоянно присутствует, когда объектами управления являются большие и сложные объекты, по своей природе являющиеся социотехническими системами. Ими могут быть управленческие, предпринимательские, производственные, финансово-операционные и прочие образования (организации, предприятия, фирмы, финансово-кредитные учреждения и т.д.). Если исходить из этого общего представления, СЦ должен иметь комплексную функциональную направленность обеспечения процессов управления и поддержки принятия решений и включать в себя следующие компоненты информационно-телекоммуникационной системы:

- комплекс аппаратно-программных средств (средства отображения информации, средства хранения информации, средства телекоммуникационные, средства защиты информации);
- комплекс специального программного обеспечения (ПО), реализующий выполнение функциональных задач по назначению СЦ;
- обслуживающий персонал, специально подготовленный для эффективного применения и поддержания функционирования СЦ в заданных режимах с соблюдением мер по информационной безопасности (ИБ).

Организационно СЦ состоит из четырех сегментов [2, 3]:

- 1) руководство органа управления;
- 2) мониторинг состояния контролируемого информационного пространства;
- 3) ситуационный анализ и поддержка процесса принятия управленческих решений, включая ситуационный зал;
- 4) администрирование информационного обеспечения, аппаратно-программных средств и средств защиты информации.

Таким образом, СЦ – это базирующийся на организационно-техническом комплексе информационно-технический объект в системе управления, обеспечивающий реализацию необходимых ИКТ, подготовку и предложение информационно-аналитических решений и поддержку процессов принятия решений на компетентном уровне (лица принятия решений – ЛПР) в режимах ситуационного управления. На его основе должны быть обеспечены мониторинг факторов влияния на развитие происходящих процессов, информа-

ционно-аналитическая поддержка процедур и процессов, позволяющих оперативно анализировать, моделировать, прогнозировать сценарии развития ситуаций и динамично выработать эффективные решения.

Одним из определяющих факторов выбора регламентов и обеспечения управления функционированием СЦ, организации работы каждого из перечисленных компонентов, особенностей выбора технических и инженерных решений при создании и эксплуатации СЦ является характеристика конфиденциальности используемых информационных ресурсов. Как правило, собственные накапливаемые информационные ресурсы СЦ и привлекаемые внешние информационные ресурсы для обеспечения ситуационного управления и принятия решений независимо от вида объекта управления содержат в той или иной степени информацию, требующую контролируемого доступа.

Исходя из этого, в современных условиях при использовании для принятия решений больших объемов информации, различной по уровню конфиденциальности и признаку владения и распоряжения, к СЦ предъявляются повышенные требования по обеспечению ИБ. При этом под обеспечением ИБ в данной работе понимается решение системной задачи защиты информации от несанкционированной утечки информации или изменения (нарушения целостности) при обработке и хранении в информационно-аналитической системе (ИАС) СЦ, передаче в телекоммуникационные системы (ТКС), при реализации технологий ситуационного управления и принятия решений. Хотя это только часть сложной и многоаспектной проблемы обеспечения ИБ автоматизированных информационных систем на объектах информатизации [4].

Поскольку предметом защиты является информация, а СЦ выступает объектом реализации определенных ИТ, то системная задача защиты информации решается на всем технологическом пространстве СЦ в его компонентах, при реализации самих процессов управления, в которых участвует СЦ. С учетом данных предпосылок СЦ формируется как объект защиты, и одним из его системных компонентов должен быть компонент обеспечения защиты информации. Реализация мер организационного, технического характера по защите информации в СЦ возлагается на систему защиты информации (СЗИ), которая при проектировании СЦ как системы является ее обеспечивающей подсистемой [3].

В рамках архитектурного подхода к созданию СЦ базовым положением проектирования СЗИ выступает следующее требование: структурные, технические, технологические и организационные решения по защите информации должны быть неразрывно связаны с проектными решениями по СЦ и обеспечивающей его функционирование инфраструктуре.

По системному представлению СЗИ СЦ является автоматизированной организационно-технической системой управления ИБ и включает в себя функциональную и обеспечивающую части.

Функциональная часть СЗИ СЦ – это совокупность функциональных задач по нейтрализации угроз информации, которые могут иметь различные источники и быть различной природы. Функциональные задачи ставятся и решаются в отношении актуальных для СЦ угроз. При этом обеспечивается:

- рассмотрение всех угроз информации, влияющих на состояние защиты информации в СЦ;
- ранжирование актуальных угроз;
- введение в классификационную схему угроз информации всех выделенных актуальных угроз, учитываемых при создании СЗИ СЦ.

Схема формирования функциональных комплексов показана на рис. 1.

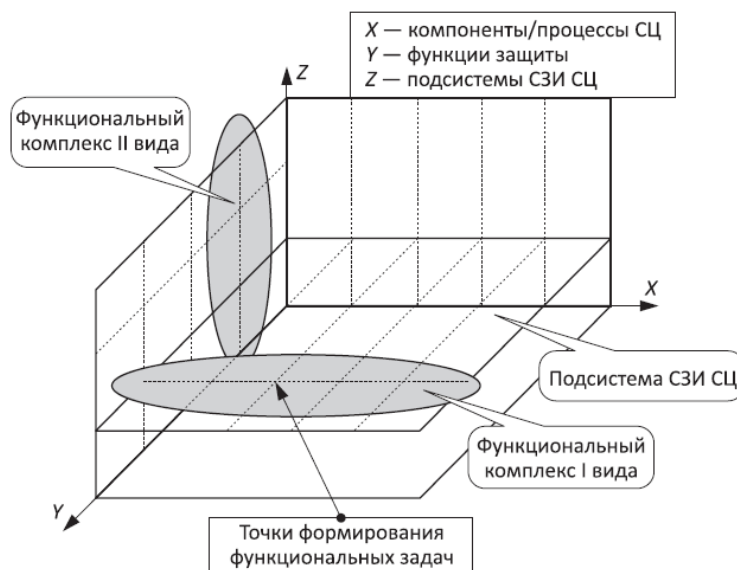


Рисунок 1 - Схема формирования функциональных комплексов

Обеспечивающая часть СЗИ СЦ – совокупность мер и средств, технических, организационных и правовых решений, обеспечивающих реализацию функциональных задач. К обеспечивающей части предъявляются общесистемные требования [5]:

- должны быть разработаны и доведены до уровня регулярного использования все необходимые механизмы гарантированного обеспечения требуемого уровня защиты информации;
- механизмы требуемого уровня защиты информации должны существовать в практической реализации в виде средств и технологий.

Проектирование и последующая эксплуатация СЗИ СЦ должна базироваться на концептуальных нормативных документах: модели угроз информационной безопасности, модели вероятного нарушителя и политики информационной безопасности СЦ. Модели угроз и вероятного нарушителя являются исходными концептуальными документами, подготавливаемыми в основном по результатам предпроектного обследования. Они позволяют определить актуальные угрозы, уязвимости, конкретизировать постановку задач по защите информации и тем самым обеспечить минимизацию затрат на ИБ. Схема структурных отношений между компонентами СЗИ СЦ представлена на рис. 2.

Ситуационные центры являются объектами информационной деятельности с отчетливо выраженной спецификой. Они должны обеспечить безопасное агрегирование получаемых из различных источников больших объемов различной информации и ее информационно-аналитическую обработку средствами собственной инфраструктуры.

В связи со спецификой СЦ, их усложнением и бурным развитием в настоящее время появляются новые актуальные задачи по обеспечению ИБ СЦ [6-8]. Практическое решение этих задач все более подтверждает тот факт, что функции защиты информации становятся неотъемлемой частью функциональных сервисов обработки информации и архитектурных решений при построении системных инфраструктурных компонентов. Это, безусловно, влияет на проектные решения СЗИ СЦ.

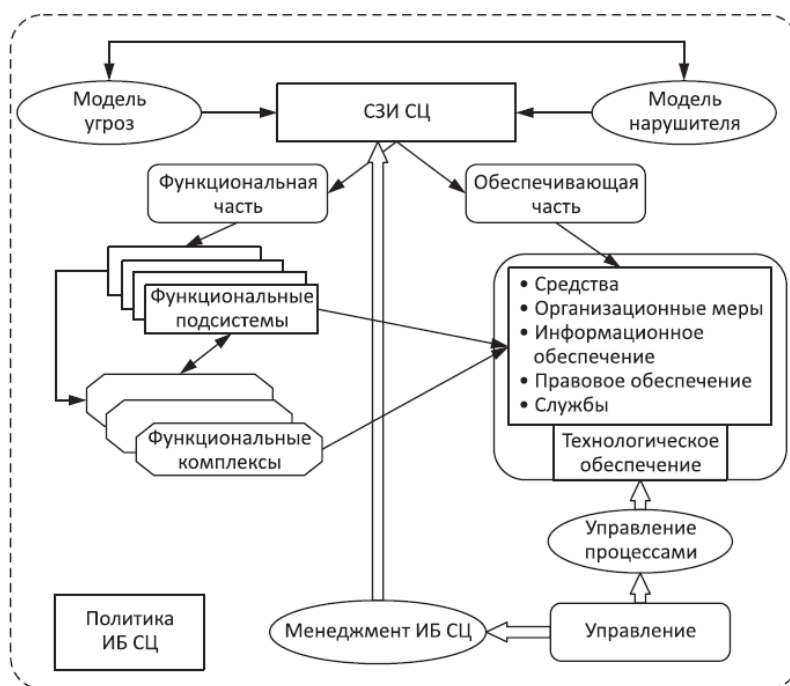


Рисунок 2 - Схема структурного отношения компонентов

К таким актуальным задачам можно отнести:

- создание защищенной шины информационного взаимодействия, способной объединить разнородные первичные ресурсы в случае их выраженной территориальной распределенности;

- построение СЦ как частного облака, когда возникает проблема виртуального пространства взаимодействия; это приводит к усложнению СЗИ СЦ с учетом специфических угроз, присущих виртуальной среде исполнения;

- реализацию режима чрезвычайной ситуации, когда все внимание СЦ направляется на формирование новостного информационного потока исключительно вокруг интересующего события. В этом случае уровень конфиденциальности СЦ может быть повышен до максимального уровня. Возможен разрыв стыков с открытыми контурами СЦ.

Перечисленные и ряд других актуальных задач обеспечения ИБ СЦ, особенно связанных с планируемым созданием в сетей распределенных СЦ, требуют своего достаточно быстрого и качественного решения, чтобы поддержать большую востребованность СЦ для решения задач управления в современном быстро меняющемся обществе.

Список литературы

1. Словарь терминов МЧС. – М.: Федеральное государственное унитарное авиационное предприятие МЧС России. - EdwART, 2010.
2. Зацаринный А.А. Системы ситуационных центров специального назначения. Основные определения, понятия и подходы к созданию / А.А. Зацаринный, А.П. Сучков // Межотраслевая информационная служба. - 2015. - № 4. - С. 31-41.
3. Зацаринный А.А. Организационные и системотехнические подходы к построению современных ситуационных центров // Методы построения и технологии функционирования ситуационных центров: Сб. науч.-технич. статей / Под ред. А.А. Зацаринного. – М.: ИПИ РАН, 2011. – С. 10-25.

4. Королёв В.И. Методология построения комплексной защиты информации на объектах информатизации // Системы высокой доступности, 2009. - Т. 5. - № 4. - С. 4-24.
5. Королёв В.И. Интегрированные системы безопасности и влияние информационных рисков на деятельность организации / В.И. Королёв, И.Н. Сухотин, А.В. Королёв // Технологии безопасности: Официальный отчет X Междунар. форума: Сб. материалов / Под. ред. И.К. Филоненко, Н.В. Александровой. – М.: ПРОЭКСПО, 2005. - С. 284-291.
6. Андреев В. Защита информации в ситуационном центре – ключевые аспекты: Типовые и специальные задачи // Connect, 2012. - № 5. – Режим доступа: <http://www.connect-wit.ru/category/agazine/connect-wit-2015-7-8>.
7. Никифоров Д. Об информационной безопасности будущей системы ситуационных центров в России // Connect WIT, 2015. - № 7-8. – Режим доступа: <http://www.connect-wit.ru/category/magazine/connect-wit-2015-7-8>.
8. Шарай В.А. Логико-вероятностные модели угроз информационной безопасности ситуационных центров / В.А. Шарай, А.К. Малашихин // Научные труды КубГТУ, 2014. - № 6. - Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/file/306>.

Получено 16.08.2017

УДК 538.911

F.M. Noskov, L.I. Kveglis

Siberian Federal University, g. Krasnoyarsk, Russian Federation

M.A. Sadenova

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, g. Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

**DESCRIPTION OF POLYMORPHOUS TRANSFORMATIONS IN METALS ON THE BASIS OF THE CLUSTER
MODEL OF STRUCTURAL FORMATION**

В работе рассматриваются процессы структурообразования, происходящие при полиморфных превращениях в металлах. С позиций кластерного подхода к структурообразованию выделена модель полиморфных переходов в металлах с ГЦК-, ГПУ- и ОЦК-решетками. В основе модели лежит представление о сохранении объема октаэдрических кластерных элементов соответствующих решеток. Сделанные расчеты показывают хорошее совпадение расчетных данных с модельными представлениями, предложенными в работе.

Жұмыста металдарда өтетін полиморфтық ауысудағы құрылымтүзілу процесі қаралады. Кластерлік әдіс тұрғысынан құрылымтүзілуге ГЦК-, ГПУ- және ОЦК-торлы металдардағы полиморфты ауысулардың үлгісі ұсынылған. Үлгінің негізіне тиісті торлардың октаэдрикалық кластерлік элементтер көлемінің сақталуы жатады. Жасалған есептеулер жұмыста ұсынылған үлгілік пайымдаулар мен есептік деректердің сәйкес келуін көрсетеді.

The work deals with the processes of structure formation that take place during polymorphic transformations in metals. From the positions of the cluster approach to structure formation, a model of polymorphic transitions in metals with FCC, HCP, and BCC lattices is proposed. The model is based on the idea of preserving the volume of the octahedral cluster elements of the corresponding lattices. The calculations made show a good coincidence of the calculated data with the model representations proposed in the paper.

Keywords: polymorphic transition; crystalline clusters; FCC, HCP, BCC lattice.

Research of features of polymorphic transitions in metals attract the attention of scientists for centuries. The understanding and prediction of the characteristics of polymorphic transitions is of great practical importance, because of the polymorphic transitions in equilibrium there are more than a dozen metals [1-3]. In nonequilibrium conditions, the list of metals capable of experiencing polymorphic transformation is expanding [4]. Of particular importance in the study of polymorphic transitions is the so-called martensitic transformation, which plays a decisive role in the phenomenon of hardening [5, 6].

At present, the most common method for describing the change in the type of crystal lattices in polymorphic transitions is the model of relative displacements of planar grids [7-9]. We, as well as the authors of numerous other works on the peculiarities of structural transformations, encountered the difficulty of describing the evolution of the structure, which is associated with various designations of atomic planes and vectors of direct and inverse lattices for structures with different symmetries.

In parallel with the model of plane meshes, was an approach of the geometrical volume [10]. Known method of modeling a cooperative movement of atoms in symmetric systems, while preserving their connectivity based on the representation of each structural state in the form of combinations of elementary crystalline clusters [11-21]. Consider the description of the most common types of crystal lattices in metals within the framework of the cluster model.

Pearson [11] describes the structure of the BCC lattice as a system consisting of 6 abnormal octahedra (Fig. 1, a). Such an octahedron has a height equal to the edge of the cube of the BCC lattice a , and the other two heights are equal $a \times \sqrt{2}$. Six irregular octahedra constitute a dodecahedron with twelve faces, shaped like rhombuses (rhombododecahedron). One rhombus height is equal to the edge of the cube of the BCC lattice a , and the other height is equal to $a \times \sqrt{2}$. Thus, the described abnormal octahedron can be represented as an elementary cluster of a BCC lattice.

According to [13] FCC-lattice can be represented as a combination of one correct octahedrons surrounded by the right tetrahedra associated common triangular faces (Fig. 1, b). Hexagonal close-packed (HCP) lattice can be represented as a combination of linked pairs correct octahedra, alternating with pairs of correct tetrahedra (Fig. 1). Thus, the elementary clusters FCC and HCP lattices are the correct octahedron (all of height equal to the edge of the cube a , and edges are equal $\frac{a}{\sqrt{2}}$) and a regular tetrahedron (all heights are equal $\frac{a}{\sqrt{3}}$ and whose edges are respectively equal to $\frac{a}{\sqrt{2}}$) [13].

The difference between FCC and HCP lattices is in the order of the arrangement of tetrahedra and octahedra. Thus, the interplanar distance d_{200} of the HCP lattice is equal to the d_{111} FCC lattice, i.e. one lattice can easily transfer to another as a result of minor displacements of individual atoms. The maximum value of such displacements is $\frac{a}{\sqrt{6}}$, as shown, for example in [22].

We emphasize that the edges of the octahedral and tetrahedral clusters of the constituent FCC or HCP lattice are equal within the crystal lattice of the same type, as is clearly seen from Figure 1, b, c.

In the literature, many examples of transitions from HCP to FCC are known with increasing temperature, this can be easily explained [13]. It is known that the density of space filling by atoms in FCC and HCP lattices is the same and is 0.74. The grid model of crystal structures assumes the arrangement of triangular grids in the FCC lattice in the $ABCABC$ system, and in the HCP lattice by the $ABABAB$ system. Thus, in order to move from the FCC lattice to the HCP lattice, it is sufficient to move one flat triangular grid C from the row of ABC by an amount $\frac{a}{\sqrt{6}}$. However, in reality, such an operation is impossible, while the displacement of individual atoms is quite possible.

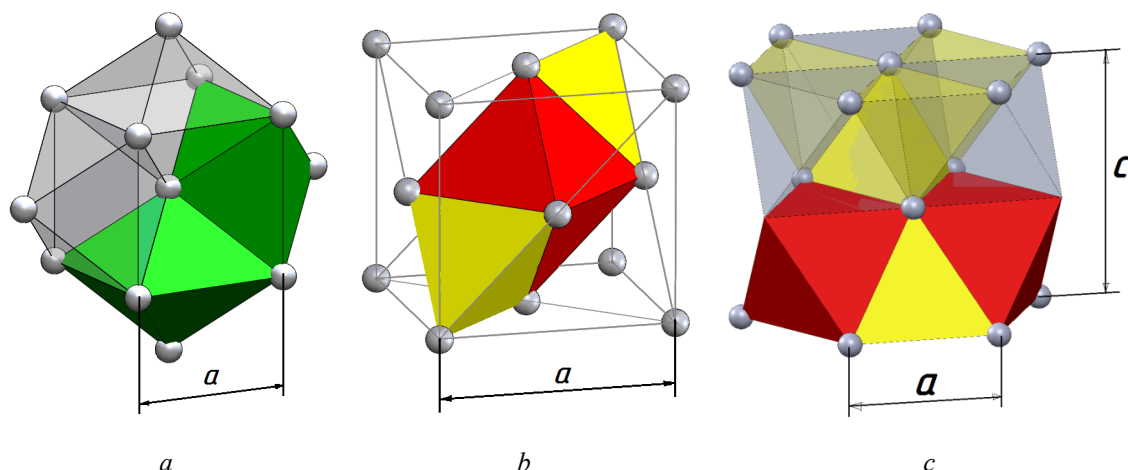


Figure 1 - The clustered representation of the crystal structures: a – abnormal octahedral clusters the BCC lattice [11]; b – rhombohedral cluster unit FCC-lattice [13], consisting of tetrahedral and octahedral cluster; c – cluster assembly of HCP-grid consisting of tetrahedral and octahedral clusters [11, 13]

The transition from BCC to HCP explain to ambiguous [11]. In our opinion [22], during phase transformation can occur by the displacement of atoms in BCC lattice at a distance equal to $0.15 \times a$ FCC lattice (the distance shown by arrows up and down in Figure 2).

An analogous transition can be proposed for the transition of the BCC lattice to FCC. To do this, it is also necessary to translate the abnormal BCC octahedron into the correct FCC lattice octahedron.

At high voltages, the lengths of all interatomic bonds tend to "equalize", which is easily related to repulsive energy, usually described by potentials $\frac{B}{r^n}$, where r is the interatomic distance, n is the natural number of numbers, and B is a constant [23]. The author [23] showed that repulsion in symmetric structures, such as clusters of the FCC lattice, plays a much smaller role. At high pressures, when the energy of the system is determined mainly by repulsive forces, those structures in which all bonds have approximately the same length are the most stable [23].

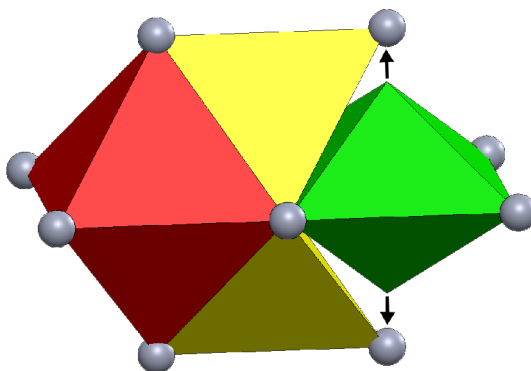


Figure 2 - Formation of a FCC lattice from an octahedral cluster BCC lattice (arrows indicate displacement of BCC atoms to the position of FCC atoms) [22]

In the Figure 2 shows that the green octahedral cluster, the BCC is significantly inferior to that of red octahedral FCC cluster. However, in accordance with our hypothesis, the amount of

these two cluster elements must be equivalent to one another. This can be achieved by small displacements of the atoms of the clusters from their idealized positions shown in Figure 2.

To analyze the possibility of the transition shown in Figure 2, the geometric parameters for the correct octahedron of a FCC or HCP lattice are calculated, as well as for an abnormal BCC octahedron (Figure 3). In Figure 3 shows the dependence of the volume of a correct octahedron and an abnormal octahedron of the bcc lattice on the length of the rib, as well as the lattice parameter of the FCC lattice composed of correct octahedra and tetrahedra with a given length of the edge.

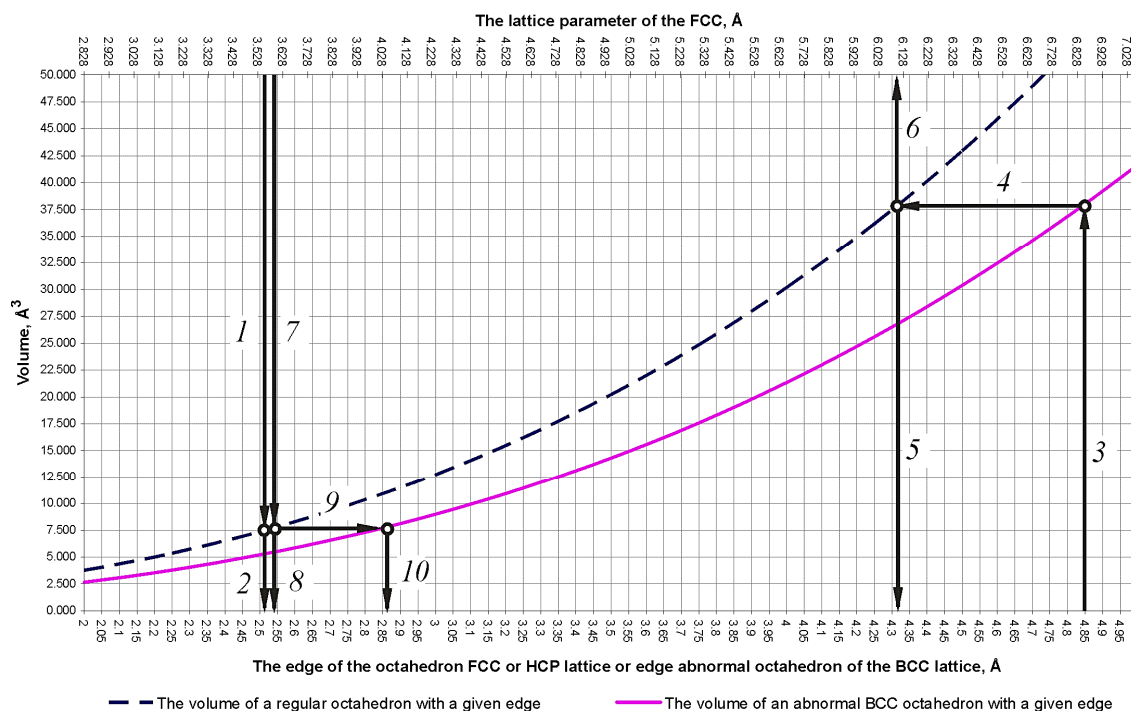


Figure 3 - Nomogram for the determination of lattice parameters in polymorphic transitions in metals

Consider the example of using nomograms. Cobalt It has $\beta\text{-Co} \rightarrow \alpha\text{-Co}$ a transition at 450 °C (table. 1). $\beta\text{-Co}$ a FCC crystal lattice with parameter $a=3,554 \text{ \AA}$, $\alpha\text{-Co}$ – lattice HCP with parameter $a=2,514 \text{ \AA}$. Assuming the cluster model of structure formation, the transition of $\beta\text{-Co} \rightarrow \alpha\text{-Co}$ is a small displacement of atoms in an elementary crystal clusters is less so interatomic distance (see Figure 1,b,c) that changes the order of octahedra and tetrahedra in the original FCC and the final HCP lattices. It is important that the elementary octahedral and tetrahedral clusters must be preserve volume in accordance with our hypothesis.

To analyze this transition, we use the nomogram in Figure 3. We find the crystal lattice parameter of the FCC corresponding to $\beta\text{-Co}$ and draw arrow 1 on the line describing the volume of the initial FCC phase octahedron. Knowing that the volumes of the octahedra of the initial and final phases must coincide, and therefore the edges of these correct octahedra must coincide, we draw arrow 2 on the axis describing the length of the edge of the octahedron of the HCP phase. Since the parameter a of the HCP phase is equal to the length of the edge of the correct octahedron (and tetrahedron) of the HCP lattice (see Figure 1,c), then arrow 2 will indicate it. Indeed, this characteristic is 2.514 \AA (as in Figure 3 and the data in Table).

Consider another example of working with the nomogram. It is known that strontium equilibrium undergoes two phase transformations upon cooling: $\gamma\text{-Sr} \rightarrow \beta\text{-Sr}$ at 605 °C and $\beta\text{-Sr} \rightarrow \alpha\text{-Sr}$ at 215 °C. The characteristics of the various phases are given in tab. 1. Examine the lattice parameters of strontium in phase transitions. The transition $\gamma\text{-Sr}$ (BCC) $\rightarrow \beta\text{-Sr}$ (HCP) can be traced back, taking as a basis the hypothesis about the equality of the volumes of the initial abnormal octahedron of BCC and the finite, the correct octahedron HCP. For this purpose, find the parameter corresponding to the edge length of the abnormal octahedron of the BCC lattice (it coincides with the parameter a of the crystal lattice of the BCC, see Figure 1, a). Determine the volume of irregular octahedron of BCC lattice in the direction of arrow 3 in Figure 3. The arrow 4 determine the correct volume of the octahedron HCP grid and the corresponding size of the source abnormal octahedron of the BCC, and according to the arrow 5 the edge length of the octahedron proper HCP grid (matching the parameter a). Again, as in the case of cobalt there is a good coincidence of the parameters of a real phase transition and descriptions made on the basis of the cluster model. The transition of $\beta\text{-Sr}$ (HCP) $\rightarrow \alpha\text{-Sr}$ (FCC) is traced in direction of the arrow 6 and shows good agreement with experiment (see Figure 3 and table).

On the basis of the proposed model, calculations were made of the parameters of the crystal lattices of the elements, which undergo phase transitions in the equilibrium state, and the results are summarized in Table. Experimental data on the types and parameters of crystal lattices in the first five columns of Table 1 are given by [24].

From Table follows that the proposed method makes it possible, with an error not exceeding 1%, for the majority of pure metals to model the parameters of the crystal lattices of phases formed during polymorphous transformations.

Experimental and calculated parameters of crystal lattices of phases experiencing polymorphic transformations

Transformation	Type of initial lattice	Type of final lattice	The crystal lattice parameter of the initial phase a , Å	The parameter of the crystal lattice of the final phase is a , Å	The calculated parameter of the crystal lattice of the final phase, Å	The difference between the real and calculated parameters of the crystal lattice, %
$\beta\text{-Co} \rightarrow \alpha\text{-Co}$	FCC	HCP	3,554	2,514	2,513	0,04
$\delta\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$	BCC	FCC	2,93	3,671	3,692	-0,56
$\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$	FCC	BCC	3,65	2,89	2,897	-0,24
$\delta\text{-Mn} \rightarrow \gamma\text{-Mn}$	BCC	FCC	3,08	3,862	3,881	-0,48
$\beta\text{-Ca} \rightarrow \alpha\text{-Ca}$	HCP	FCC	3,94	5,56	5,572	-0,22
$\beta\text{-Li} \rightarrow \alpha\text{-Li}$	BCC	HCP	3,5093	3,086	3,126	-1,31
$\beta\text{-Th} \rightarrow \alpha\text{-Th}$	BCC	FCC	4,12	5,0843	5,191	-2,10
$\gamma\text{-Sr} \rightarrow \beta\text{-Sr}$	BCC	HCP	4,85	4,32	4,321	-0,02
$\beta\text{-Sr} \rightarrow \alpha\text{-Sr}$	HCP	FCC	4,32	6,085	6,109	-0,40
$\gamma\text{-La} \rightarrow \beta\text{-La}$	BCC	FCC	4,26	5,296	5,367	-1,35
$\beta\text{-La} \rightarrow \alpha\text{-La}$	FCC	HCP	5,296	3,754	3,745	0,24
$\beta\text{-Tl} \rightarrow \alpha\text{-Tl}$	BCC	HCP	3,882	3,456	3,458	-0,07
$\beta\text{-Ti} \rightarrow \alpha\text{-Ti}$	BCC	HCP	3,28	2,951	2,922	0,98
$\beta\text{-Zr} \rightarrow \alpha\text{-Zr}$	BCC	HCP	3,62	3,232	3,225	0,21
$\beta\text{-Hf} \rightarrow \alpha\text{-Hf}$	BCC	HCP	3,615	3,195	3,221	-0,80
$\delta\text{-Ce} \rightarrow \gamma\text{-Ce}$	BCC	FCC	4,12	5,143	5,191	-0,93
$\gamma\text{-Ce} \rightarrow \beta\text{-Ce}$	FCC	HCP	5,143	3,65	3,637	0,37

The method shows good results when analyzing not only pure metals, but also certain alloys. As an example, let us consider the phase transition in ferromanganese alloys with a manganese content of 15%. The data from [25] show that solid manganese solutions in crystalline lattices based on α - (BCC), γ - (FCC) and ϵ - (HCP) iron can be present in this alloy, with parameters a equal to 2,868, 3,586 and 2,535 Å, respectively. To trace the transition of FCC \rightarrow HCP \rightarrow BCC in this alloy it is possible along the lines 7, 8, 9, 10 (Figure 3).

Thus, it was shown that the cluster model of structure formation is adequate and allows modeling the parameters of crystal lattices of phases under polymorphic transformations both in pure metals and in certain metal alloys.

References

1. King H.W. Struktura chistyykh metallov [The structure of pure metals] In the book: Physical Metallurgy. Ed. R. Kahn. 1967, p. 11-52. (inRuss).
2. Verma A.R., P. Krishna Polimorfizm i politipizm v kristallakh [Polymorphism and polytypism in crystals] Moscow: Mir, 1969. - 274 p. (inRuss).
3. Christian J.W. Fazovyye prevrashcheniya [Phase transformations] In the book: Physical Metallurgy. Ed. R. Kahn. M."The World", 1968, p. 227-340. (inRuss).
4. V.D. Blank, E.I. Estrin. Fazovyye prevrashcheniya v tverdykh telakh pri vysokom davlenii [Phase transformations in solids at high pressure] Moscow: Fizmatlit, 2011. - 410 s. (inRuss)
5. V.A. Lobodyuk, E.I. Estrin. Martensitnyye prevrashcheniya [Martensitic transformations] Moskva : Fizmatlit, 2009. - 351 s. (inRuss).
6. M.P. Kashchenko Volnovaya model' rosta martensita pri γ - α prevrashchenii v splavakh na osnove zheleza [Wave model of martensite growth in the γ - α transformation in iron-based alloys] Izhevsk: SIC Regular and chaotic dynamics, Izhevsk Institute of Computer Research, 2010. - 280 p. (inRuss).
7. B.A. Bilbi, I.V. Khristian. Martensitnyye prevrashcheniya [Martensitnye Transformations] UFN, 1960, - 70, - 515-564 (inRuss).
1. 8. R.U. Kan, P.T. Khaazen Fizicheskoye metallovedeniye Tom 2 Fazovyye prevrashcheniya v metallakh i splavakh i splavy s osobymi fizicheskimi svoystvami [Physical metallurgy Vol. 2 Phase transformations in metals and alloys and alloys with special physical properties] M: Metallurgiya, 1987. - 624 p. (inRuss).
8. V.G. Pushin, V.V. Kondrat'yev, V. N. Khachin; Predperekhodnyye yavleniya i martensitnyye prevrashcheniya [Pretransitional phenomena and martensitic transformations] RAN. Ur. otd-niye. In-t fiziki metallov, Sib. otd-niye. - Yekaterinburg : UrO RAN, 1998. - 367 p. (inRuss).
9. F. Lavez Prostranstvennyye ogranicheniya v geometrii kristallicheskih struktur metallov i intermetallocheskih soyedineniy [Spatial restrictions in the geometry of crystal structures of metals and intermetallic compounds] Stability of phases in metals and alloys M.: Mir, 1970. - P. 244-258. (inRuss).
10. Pirson U., Kristallokhimiya i fizika metallov i splavov [Crystal chemistry and physics of metals and alloys] M.: Mir, 1977. - T. 2. - 472 p. (inRuss).
11. Bul'yonkov, N. A. Obosnovaniye ponyatiya «kristallicheskiy modul'» [Substantiation of the concept of "crystal modulus"] Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Ser. Fizika tv. tela. - 1998. - Vyp. 1. - S. 19-30. (inRuss).
12. N. A. Bul'yonkov, D. L. Tytik Modul'nyy dizayn ikosaedricheskikh metallicheskih klasterov [Modular design of icosahedral metal clusters] Izvestiya AN.Ser.khimicheskaya. - 2001. - № 1. - S. 2-19. (inRuss).
13. V.S. Kraposhin, A.L. Talis, Ya. Van Geometricheskaya model' polimorfnykh prevrashcheniy v titane i tsirkonii [Geometric model of polymorphic transformations in titanium and zirconium] MIOM. - 2005. - №9. - P. 18-22. (inRuss).
14. V.S. Kraposhin, A.L. Talis Kristallografiya i veshchestvo [Crystallography and matter] Nature. - 2014. - No. 11. - P. 3-15. (inRuss).
15. V.S. Kraposhin, A.L. Talis Kombinatorika i prochnost' stali [Combinatorics and strength of steel] Nature. - 2014. - No. 12. - P. 3-12. (inRuss).
16. V.S. Myasnichenko, M.D. Starostenkov Primeneniye predstavleniya o strukturnykh mnogogrannikakh zapolneniya koordinatsionnykh sfer v ob'yemnykh kristallakh k probleme poiska

- ustoychivyykh form nanoklasterov [The application of the concept of structural polyhedra filling the coordination spheres in bulk crystals to the problem of searching for stable forms of nanoclusters. I] Fundamental Problems of Modern Materials Science. -2011. - Т. 8. - No. 2. - P. 49-52. (inRuss).
17. V.S. Kraposhin, A.L. Talis, M.N. Pankova. Politopnyy topologicheskiy podkhod k opisaniyu martensitnogo prevrashcheniya [The polytopic topological approach to the description of the martensitic transformation] Metal Science and Heat Treatment of Metals. - 1999. - № 8. С.23-28. (inRuss).
 18. F.C. Frank, J.S. Kasper Complex alloy structures regarded as sphere packings. I. Definitions and basic principles Acta Cryst. – 1958. – V. 11. – P. 184–189.
 19. V.S. Kraposhin, A.L. Talis, M.N. Pankova Politopnyy topologicheskiy podkhod k opisaniyu martensitnogo prevrashcheniya [The polytopic topological approach to the description of the martensitic transformation] Metal Science and Heat Treatment of Metals. - 1999. - № 8. С.23-28. (inRuss).
 20. V.S Kraposhin., A.L. Talis, J.M. Dubois Structural realization of the polytope approach for the geometrical description of the transition of a quasicrystal into a crystalline phase J. Phys.: Condens. Matter. – 2002. –V.14. – P.8987–8996.
 21. I. Kveglis, F.M. Noskov, M.N. Volochaev, A.V. Dzhes Martensitnyye prevrashcheniya v nikelide titana cherez promezhutochnuyu fazu s GTSK-reshetkoy [Martensitnye transformations in titanium nickelide through an intermediate phase with an fcc lattice] Phys. Mesomech. - 2016. - Т. 19. - No. 2. - P. 100-107. (inRuss).
 22. Berdett, J. Khimicheskaya svyaz' [Chemical bond] Moscow: The World, 2008. - 245 p. (inRuss)
 23. Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka stali [Metallurgy and heat treatment of steel: a handbook: in 3 tons] ed. ML Bernshtein and AG Rakhshadt. - Т. 1 - М.: Metallurgy, 1983 - 352 p. (inRuss).
 24. Gudremon, E. Spetsial'nyye stali [Special steel] in 2 tons Т. 1 - М.: Metallurgy, - 1966. - 736 p. (inRuss).

Получено 16.08.2017

по страницам



ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ СТАЛО БОЛЬШЕ

Наша планета переживает пик частоты мощных землетрясений. С 1977 по 1999 год не случилось ни одного сейсмического явления с магнитудой 8,5 баллов и выше. Но с тех пор до апреля 2017 года таких сильных землетрясений было уже шесть. Подобные пики отмечались и ранее. Так, с 1950 по 1965 год произошло семь катастроф с магнитудой 8,5 баллов и более.

«Наука и жизнь» № 10, 2017



УДК 621.43.044

Т.Б. Асханбаев, М.Ж. КупеновВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**МАРКИРОВКА, ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА
И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАРУБЕЖНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

В статье рассматриваются вопросы маркировки, особенности устройства и характеристики аккумуляторных батарей, производимых в странах ЕС и США. Знания этих данных могут быть необходимы для студентов и сотрудников университета при проведении работ по эксплуатации и ремонту колесной и гусеничной техники.

её использования; аккумуляторная батарея – изделие, состоящее из нескольких аккумуляторов, соединенных между собой последовательно.

Мақалада ЕО және АҚШ елдерінде өндірілген аккумулятор батареяларының сипаттамалары мен құрылғының ерекшеліктері, таңбалау жайлы мәселелер қарастырылған. Бұл деректерді білу деңгелекті және шынжыр табанды техниканы жөндеу мен пайдалану бойынша жұмыстарды жүргізу кезінде университет қызметкерлері мен студенттері үшін қажет болуы мүмкін.

The article deals with marking issues, features of the device and characteristics of batteries produced in the EU and USA. Knowledge of these data may be necessary for students and university employees when carrying out a slave to operate wheeled and caterpillar equipment.

Ключевые слова: аккумулятор - устройство для накопления энергии с целью последующего

Свинцовые аккумуляторы являются наиболее массовыми и дешевыми из химических источников тока. Лучшие образцы современных стартерных батарей достигают 36-42 Вт ч/кг, а долговечность в зависимости от исполнения батарей составляет 200-400 циклов.

Повышение пусковой мощности батарей требует минимизации всех внутренних потерь. Поэтому основной задачей на пути развития стартерных батарей является снижение потерь в межэлектродном зазоре, где находятся сепараторы и электролит, на долю которых приходится суммарно от 40 до 50% потерь напряжения.

За счет использования современных методов конструирования и оптимизации изделий, применения новых материалов и совершенствования технологических процессов можно значительно (в 1,4-1,6 раза) повысить мощностные характеристики стартерных аккумуляторных батарей, что позволит получать высокие пусковые характеристики при температурах от -25 до -30 °С, обеспечить возможность их эксплуатации в течение всего срока службы без обслуживания и доливки дистиллированной воды. Наибольших результатов работы в этом направлении достигли зарубежные производители аккумуляторных батарей, а именно страны ЕС и США.

Порядок маркировки аккумуляторных батарей. Условное обозначение аккумуляторных батарей емкостью свыше 30 А·ч, производимых в странах СНГ, состоит из цифр и букв и строится по следующей структуре:

1) цифра, указывающая количество последовательно соединенных в батарее аккумуляторов (3, 6 или 12), и характеризующая ее номинальное напряжение (соответственно 6, 12 или 24 В);

2) буква, обозначающая тип электрохимической системы (С - свинцовая);

3) буква, характеризующая назначение батареи по функциональному признаку (Т - стартерная);

4) номинальная емкость аккумуляторной батареи в ампер-часах при 20-часовом режиме разряда, которая отделяется от предыдущей части обозначения дефисом (черточкой);

5) буквы или цифры, которые содержат дополнительные сведения об использовании батареи и применяемых для ее изготовления материалах:

- А - в пластмассовом корпусе (моноблоке) с общей крышкой;
- З - залитая электролитом и заряженная;
- Л - необслуживаемая;
- Э - корпус-моноблок из эбонита;
- Т - моноблок из наполненного полиэтилена;
- М - сепаратор из поливинилхлорида типа «мипласт»;
- Р - сепаратор из мипора;
- Ф - хладостойкая мастика.

Например, условное обозначение батареи «6СТ-55ЭМ» указывает, что аккумуляторная батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов (следовательно, ее напряжение 12 В) свинцовой электрохимической системы, предназначена для стартерного пуска двигателя, номинальная емкость батареи равна 55 А·ч при 20-часовом режиме разряда, корпус (моноблок) батареи сделан из эбонита, сепаратор из мипласта.

Условное обозначение аккумуляторных батарей, применяемых большинством европейских производителей, представляет собой пятизначный код по немецкому стандарту DIN (например, 560 19) или девятизначный код по международному стандарту ЕТМ (например, 560 059 042).

В структуре кодов как по DIN, так и по ЕТМ значение первых трех цифр одинаково. Они показывают номинальную емкость и напряжение батареи. Для 6-вольтовых аккумуляторных батарей первые три цифры (от 001 до 499) представляют собой номинальную емкость в ампер-часах. Для наиболее распространенных 12-вольтовых аккумуляторных батарей номинальную емкость можно получить, вычитая 500 из трехзначного числа (от 501 до 799). Таким образом, если первая цифра обозначения 5, то емкость батареи равна от 1 до 99 А·ч. Например, аккумуляторные батареи типа 560 19 (по DIN) или 560 059 042 (по ЕТМ) имеют емкость 60 А·ч.

Последние две цифры в обозначении по DIN, так же как вторая тройка цифр в обозначении по ЕТМ, указывают на вариант конструктивного исполнения, характеризующий размеры и тип полюсных выводов, конструкцию крепежных элементов, тип газоотвода, тип крышки, наличие ручек, вибропрочность и т.п. Последние две цифры из трех последних цифр в обозначении по ЕТМ обозначают величину силы тока, равную 0,1 величины силы тока холодной прокрутки по EN при температуре окружающей среды -18 °С.

Для приведенного выше примера ток холодной прокрутки равен:

$$I = 042 \times 10 = 420 \text{ А.}$$

Для сопоставительного пересчета величины тока по ЕТМ в DIN применяют коэффициент 1,7.

Американские производители формируют условное обозначение в соответствии с требованиями стандарта SAE (США). Обозначение состоит из номера типоразмерной группы и тока холодной прокрутки при температуре окружающей среды -18 °С. Например, аккумуляторная батарея типа А24410 относится к типоразмерной группе 24 (260x173x225 мм), а ее ток холодной прокрутки по методике SAE равен 410 А при температуре окружающей среды 18 °С.

Дата выпуска определяется по штриховому коду или по маркеру фирмы. Например, фирма «ТОРЛА» дает четырехзначное число, первые две цифры которого обозначают номер недели, вторые две - год выпуска.

Фирма «TUDOR» дает два ряда цифр: первый от «1» до «12» - месяц, а второй от «0» до «9» - год выпуска. В инструкциях и паспортах на аккумуляторные батареи также указывают дату изготовления.

Группа «СЕАС», объединяющая европейских производителей аккумуляторных батарей и занимающая первое место в Европе по их производству, обеспечивает значительную долю рынка их сбыта.

Значительный объем производимых аккумуляторных батарей составляют герметичные, выполненные по технологии «dryfit» и AGM (абсорбированный электролит). Они характеризуются отсутствием эксплуатационных затрат и перекрывают диапазон емкостей от 1 до 12000 А·ч, что позволяет удовлетворить требования любого потребителя.

Наиболее удобными и безопасными из кислотных аккумуляторных батарей являются абсолютно необслуживаемые герметичные аккумуляторные батареи VRLA (Valve Regulated Lead Acid), произведенные по технологии «dryfit». Электролит в этих аккумуляторных батареях находится в желеобразном состоянии. Это гарантирует надежность аккумуляторных батарей и безопасность их эксплуатации.

Технические характеристики аккумуляторных батарей «dryfit». В зависимости от предполагаемого режима работы рекомендуются два типа аккумуляторов: «dryfit» А400 - для буферного режима и А500 - для режима буфер + цикл.

Эти аккумуляторные батареи выпускаются немецкой фирмой Sonnenschein, входящей в группу европейских производителей «СЕАС», и характеризуются следующими преимуществами:

- абсолютно необслуживаемые в течение всего срока службы;
- продолжительный срок службы (с сохранением остаточной емкости до 80% от номинальной);
- классификация Евробат - высокая работоспособность (High Performance);
- технология «dryfit», при которой электролит зафиксирован в желеобразном состоянии;
- пластины намазаны активным раствором в блочном исполнении;
- очень малое газовыделение за счет системы внутренней рекомбинации;
- способность быстрого восстановления емкости;
- аккумуляторные батареи «dryfit» не являются опасным грузом для авиа-, авто- и железнодорожного транспорта (согласно IATA);
- очень малый саморазряд аккумуляторных батарей: даже после 2 лет хранения (при 20 °С) не требуется подзаряд перед вводом их в эксплуатацию;
- допускается перезаряд;
- устойчивы к глубокому разряду согласно DIN 43539 ч.5;
- диапазон емкости аккумуляторных батарей: от 5,5 до 180 А·ч для А 400 и от 2,0 до 115 А·ч для А500;
- аккумуляторные батареи принимаются на вторичную переработку фирмой Sonnenschein, т. к. содержат много ценных материалов;
- имеют сертификат Немецкой федеральной почты, TL 6140-3003;
- соответствуют VDE 0108 ч.1 для аварийного энергоснабжения.

Аккумуляторные батареи А500 более универсальны, являются последовательной разработкой и предназначены для смешанного режима буфер + цикл. В них намного улучшены характеристики саморазряда за счет изменения конструкции банок и состава электролита. Соответствуют следующим нормам: DIN, BS, IES, а также имеют допуск по VdS.

Условное обозначение аккумуляторных батарей «dryfit» содержит:

- первая буква и три следующие за ней цифры - тип аккумулятора;
- последующие цифры - номинальная емкость, А·ч;

- последние буквы - тип вывода аккумулятора (согласно DIN 72311, предельные токи разряда достигаются только при использовании штатного контакта).

Техника заряда аккумуляторных батарей «dryfit».

Ток заряда аккумулятора пропорционален разности приложенного напряжения и напряжения холостого хода. Напряжение аккумулятора возрастает по мере заряда до тех пор, пока не начинается электролиз. Одновременно с этим уменьшается эффективность заряда, а напряжение на зажимах аккумулятора увеличивается по мере уменьшения скорости заряда.

После полного заряда аккумулятора дальнейшее продолжение заряда вызывает выделение газов (происходит «перезаряд»). В классических аккумуляторах в процессе перезаряда испаряется вода и происходит распыление электролита с выделением газов. Часть электролита разбрызгивается через вентиляционные отверстия, т.е. теряется. При добавлении воды в электролит уменьшается его концентрация и ухудшаются характеристики аккумулятора.

В аккумуляторных батареях, произведенных по технологии «dryfit», реакции электродов происходят с участием электролита. Композиция электролита не изменяется по мере заряда или разряда. Аккумуляторная батарея сконструирована так, что генерация кислорода в процессе заряда компенсируется другими химическими реакциями, поддерживающими условия равновесия, в которых она может длительное время заряжаться без потерь воды. Это принципиально важно для герметичных аккумуляторных батарей.

Напряжение заряда аккумуляторных батарей А400 для режима плавающего заряда должно находиться в пределах от 2,3 до 2,23 В на один элемент. При заряде 12-вольтовых аккумуляторов, состоящих из шести элементов, эта цифра умножается на 6, т.е. напряжение заряда для 12-вольтовой аккумуляторной батареи должно находиться в пределах от 13,8 В до 13,38 В.

При изменяющейся температуре электролита зарядное напряжение следует корректировать. При этом напряжение заряда может изменяться в пределах от 2,15 до 2,55 В на один элемент при изменении температуры электролита в пределах от -30 до +50 °С.

При буферном режиме напряжение заряда при 20 °С должно находиться в пределах 2,3-2,35 В на один элемент. Колебание напряжения не должно превышать +30 мВ/элемент. При зарядном напряжении больше 2,4 В следует ограничивать ток заряда до 0,5 А на каждый А·ч для двух режимов.

Компенсационный заряд возможен для циклического и буферного режимов работы. Для аккумуляторных батарей А400 максимальное напряжение заряда составляет 2,3 В/элемент, а для А500 - 2,4 В/элемент.

Для аккумуляторных батарей А500 возможны два режима - буферный и циклический. При циклическом режиме заряда зарядное напряжение должно быть выше, чем при буферном для того, чтобы увеличить время между циклами заряда.

Техника разряда аккумуляторов «dryfit».

Аккумуляторные батареи, изготовленные по технологии «dryfit», оказываются малочувствительными к условиям разряда. При интенсивных разрядах (со скоростью ниже C/10) емкость аккумуляторной батареи уменьшается по мере увеличения скорости разряда, но не так «драматично», как в случае аккумуляторных батарей, выполненных по традиционной технологии. При высокой скорости разряд реально оказывается ограниченным, поскольку из-за наличия внутреннего сопротивления аккумулятора напряжение уменьшается ниже напряжения отсечки (напряжением отсечки называется минимальное напряжение, при котором аккумулятор способен отдавать полезную энергию при определенных условиях). Это происходит до начала «истощения» электрохимической энергии. Однако снижение тока разряда уменьшает падение напряжения $I \times R$ внутри элемента, при этом напряжение элемента повышается по сравнению с напряжением отсечки, и разряд продолжается. При раз-

рядке аккумуляторных батарей А400 постоянным током и постоянной мощностью разрядное напряжение ограничивается на уровне 1,6 В на один элемент.

В аккумуляторных батареях, выполненных по технологии «dryfit», каждая банка закрыта вентилем, что предотвращает проникновение кислорода извне. При внутреннем избыточном давлении вентиль открывается, чтобы затем вновь закрыть банку. Не следует размещать аккумуляторные батареи в герметичных помещениях. Допускается установка в любом положении. При стационарной установке аккумуляторных батарей «dryfit» в помещениях, шкафах и емкостях следует выполнять предписания VDE 0510 и следить за тем, чтобы вентили находились сверху и не были чем-либо закрыты.

Предельная емкость аккумуляторных батарей реализуется при нормальной температуре (20 °С), малых скоростях разряда и низких напряжениях отсечки. При разряде аккумуляторной батареи в условиях низких температур увеличивается ее внутреннее сопротивление, что приводит к выделению дополнительного тепла, которое в некоторой степени компенсирует понижение температуры окружающей среды. В результате работоспособность аккумуляторной батареи определяется ее конструкцией и условиями разряда.

Считается, что перезаряжаемый аккумулятор проработал свой срок службы, если его емкость падает до 80% указанной первоначальной емкости. В этом случае 30% глубина разряда соответствует максимальному циклическому сроку службы аккумулятора.

Так, после двух лет хранения аккумуляторная батарея сохраняет 50% емкости. После заряда аккумуляторные батареи серии А400 и А500 восстанавливают 100% емкости. В них намного улучшены параметры (в сравнении с предшествующими типами аккумуляторных батарей А200 и А300) за счет изменения конструкции банок и состава электролита. Сроки службы аккумуляторных батарей, изготовленных по технологии «dryfit», составляет:

А 400 – 8-10 лет;

А 500 – 5-6 лет.

Аккумуляторные батареи А400 и А500 устойчивы к глубокому разряду согласно DIN 43539.

Не рекомендуется использовать режим более глубокого, а также мягкого разряда, которые снижают продолжительность циклического срока службы аккумуляторных батарей. Знание особенностей конструкции, маркировок и характеристик зарубежных аккумуляторных батарей поможет грамотно и эффективно их применять и эксплуатировать.

Список литературы

1. Дасоян М.А. Стартерные аккумуляторные батареи: Устройство, эксплуатация, ремонт / М.А. Дасоян, Н.И. Курзуков, О.С. Тютрумов и др. - М.: Транспорт, 1994. - 240 с.
2. ЖУИЦ. 563.410.001 ИЭ. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные емкостью свыше 30 А·ч: Инструкция по эксплуатации.
3. ЖУИЦ. 563.410.003 ИЭ. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные необслуживаемые: Инструкция по эксплуатации.
4. Каштанов В.П. Свинцовые стартерные аккумуляторные батареи. Руководство / В.П. Каштанов, В.В. Титов, А.Ф. Усков и др. - М.: Воениздат, 1983. - 183 с.
5. Плеханов А.М. Словарь военных терминов. – М.: Воениздат, 1988. - 335 с.
6. Словарь терминов по эксплуатации и ремонту. – М.: Воениздат, 1988. - 160 с.

Получено 19.09.2017

ҚҰТТЫҚТАЙМЫЗ! ПОЗДРАВЛЯЕМ!



70 жас
лет



ИПАЛАКОВ
ТУЛЕГЕН ТУРСУНОВИЧ,
доктор технических наук, профессор,
академик АМР РК



Родился 28 августа 1947 г. в г. Семипалатинске. Работает в вузе с 1973 года старшим инженером, ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, заведующим кафедрой «Инженерная геодезия», с 1994 года деканом впервые образованного горно-металлургического факультета, с 1996 года первым проректором университета, с 2000 по 2009 годы - проректор по науке и международным связям.

В 1970 г. закончил Казахский политехнический институт им. В.И. Ленина по специальности «Маркшейдерское дело», в 1981 г. в Свердловском горном институте защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Маркшейдерское дело».

В 1984 г. Ипалакову Т.Т. было присвоено учёное звание доцента. В 1997 г. защитил докторскую диссертацию, действительный член академии естественных наук, с 1998 г. - профессор ВАК. В 2008 г. избран академиком Национальной академии естественных наук.

Участвовал с докладами на международных конференциях в Китае (Урумчи), России (Новосибирск). Прошел полный курс обучения по программе повышения квалификации «Современные методы анализа материалов», Россия (Новосибирск). Участвовал в семинаре «Проблемы и перспективы развития государственной геодезической сети РК», Россия (Новосибирск), в семинаре в рамках секции Международного научного конгресса Интерэкспо-ГЕО - Сибирь-2013 «Геодезическое обеспечение городов, промпредприятий и добывающих комплексов» с получением сертификата, Россия (Новосибирск).

Автор более 150 научных работ, в т.ч. 21 научных отчетов, 12 монографий, свыше 25 учебных и научно-методических работ, в числе которых восемь учебных пособий и один учебник в соавторстве по рекомендации «Ассоциации вузов РК» на государственном языке. Под научным руководством Ипалакова Т.Т. постоянно выигрывались научные гранты Комитета по науке МОН РК с 1998 по 2014 годы.

Имеет награды: медаль «Отличник образования Республики Казахстан»; почетную грамоту президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А.; нагрудный знак «За заслуги в развитии науки Республики Казахстан»; медаль им. Ибрая Алтынсарина.



**ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР! ЖЕЛАЕМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ,
ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ УСПЕХОВ И ИСПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАМЫСЛОВ.**

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫҚТЫ ДЕНСАУЛЫҚ, ТАУСЫЛМАС БАҚЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫҚ ТАҒЫС, БАРЛЫҚ ТҮІПКІ ОЙЛАРЫҢЫЗДЫҢ
ОРЫНДАЛУЫН ТІЛЕЙМІЗ!**

МАЗМҰНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ
ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

<i>Адрышев А.К., Серая Н.В., Даумова Г.К., Хайруллина А.А.</i> Нанокұрылымданған кешенді сорбенттегі ауыр металдар иондарының сіңіру процесінің кинетикалық сипаттамалары	3
<i>Ақбанбетова Д.Е., Хуанган Н., Рашид Ж.Б.</i> Жерасты әдісімен кен жатыстарын қазып алу кезіндегі төбе орнықтылығын бағалау мәселесіне	8
<i>Амралинова Б.Б., Дьячков Б.А.</i> Шығыс Қазақстан никельді мору қыртысы кенденуінің болжамдау критерийлері және қалыптасу заңдылықтары	13
<i>Арынова Ш.Ж., Шаймарданова Б.Х., Рихванов Л.П., Корогод Н.П., Асылбекова Г.Е.</i> Сыртқы орта объектілерінде жиналатын химиялық элементтер бойынша индустриалды қала аймағын аудандандыру	18
<i>Джаналеева К.М., Жангузина А.А.</i> Есіл өзені алабының ландшафтыларын құрылымдық талдау	24
<i>Дьячков Б.А., Айтбаева С.С., Амралинова Б.Б., Ойцева Т.А., Бисатова А.Е.</i> Кунуш кешенінің (Шығыс Қазақстан) заттық құрамы мен плагиограниттері кенділігінің ерекшеліктері	33
<i>Қожанова А.М., Жетыбаева Д.Ж., Азиналиев Н.А.</i> Жүйелі динамика негізінде мұнай өндіру компаниясының инвестициялық болжамы мен талдауы	41
<i>Колпакова В.П., Анапьянова С.Б.</i> Шығыс Қазақстан облысындағы Ертіс өзенінің су объектілері бойынша су сапасының өзгеру динамикасы	45
<i>Лутай С.С., Жаирбаева Г.А., Воробьев А.Л., Данилов М.С., Лутай А.О.</i> Сібір шыршасы тұқымының өнгіштігін жоғарылату үшін табиғи текті өсетін фитореттеуіштерді қолдану	50
<i>Озгелдинова Ж.О., Джаналеева К.М., Мұқаев Ж.Т.</i> Сарысу өзені алабының геоэкожүйелеріндегі табиғатты пайдаланудағы аумақтық заманауи құрылымы	56

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<i>Алонцева Д.Л., Прохоренкова Н.В., Русакова А.В., Красавин А.Л., Кадыролдина А.Т., Борисов Ю.С., Войнарович С.Г., Кислица А.Н.</i> Медициналық өнімді дайындау
--

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Адрышев А.К., Серая Н.В., Даумова Г.К., Хайруллина А.А.</i> Кинетические характеристики процесса сорбции ионов тяжелых металлов на наноструктурированном комплексном сорбенте	3
<i>Ақбанбетова Д.Е., Хуанган Н., Рашид Ж.Б.</i> К вопросу оценки устойчивости кровли при отработке рудных залежей подземным способом	8
<i>Амралинова Б.Б., Дьячков Б.А.</i> Закономерности формирования и критерии прогнозирования никеленосности кор выветривания Восточного Казахстана	13
<i>Арынова Ш.Ж., Шаймарданова Б.Х., Рихванов Л.П., Корогод Н.П., Асылбекова Г.Е.</i> Районирование территории промышленного города по накоплению химических элементов в объектах окружающей среды	18
<i>Джаналеева К.М., Жангузина А.А.</i> Структурный анализ ландшафтов бассейна реки Есиль	24
<i>Дьячков Б.А., Айтбаева С.С., Амралинова Б.Б., Ойцева Т.А., Бисатова А.Е.</i> Особенности вещественного состава и рудоносности плагиогранитов Кунушского комплекса (Восточный Казахстан)	33
<i>Қожанова А.М., Жетыбаева Д.Ж., Азиналиев Н.А.</i> Инвестиционный прогноз и анализ добычи нефти компании на основе системной динамики	41
<i>Колпакова В.П., Анапьянова С.Б.</i> Динамика изменения качества воды по водным объектам реки Ертыс в Восточно-Казахстанской области	45
<i>Лутай С.С., Жаирбаева Г.А., Воробьев А.Л., Данилов М.С., Лутай А.О.</i> Применение фиторегуляторов роста природного происхождения для повышения всхожести семян ели сибирской	50
<i>Озгелдинова Ж.О., Джаналеева К.М., Мұқаев Ж.Т.</i> Современная территориальная структура природопользования геосистем бассейна реки Сарысу	56

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Алонцева Д.Л., Прохоренкова Н.В., Русакова А.В., Красавин А.Л., Кадыролдина А.Т., Борисов Ю.С., Войнарович С.Г., Кислица А.Н.</i> Разработка технологии микроплаз-

үшін биоүйлесімді жабынды микроплазмалық жағу технологиясын әзірлеу	65	менного нанесения биосовместимых покрытий для изготовления медицинской продукции	65
<i>Ахметвалиева З.М., Қуленова Н.А., Такасаки Я., Фокина Е.Л., Мудаширу Л.К.</i> Қазақстанда электрондық қалдықтарды басқару жүйесінің заманауи жағдайына шолу және даму перспективалары	71	<i>Ахметвалиева З.М., Қуленова Н.А., Такасаки Я., Фокина Е.Л., Мудаширу Л.К.</i> Анализ современного состояния и перспективы развития системы управления электронными отходами в Казахстане	71
<i>Галкин С.В., Мамырбекова Г.К.</i> Шығыс Қазақстанның ЖЭС үшін айналмалы сумен қамтуды тиімді жобалаудың аспектілері	77	<i>Галкин С.В., Мамырбекова Г.К.</i> Аспекты рационального проектирования оборотного водоснабжения для ТЭЦ Восточного Казахстана	77
<i>Гасий Г.М.</i> Жазық керме-құрылымды темірқұрышбетонды қабықшаларды жобалауға	81	<i>Гасий Г.М.</i> К проектированию пологих структурно-вантовых сталежелезобетонных оболочек	81
<i>Денисова О.К., Рахимбердинова М.У., Кимосов Р., Мяхинин А.А., Тұрлыбекұлы А.</i> Қазақстанның, жақын және алыс шетелдердің мұнай-газ секторларына арналған титан өнімдерін пайдалану мен тұтынуды зерттеу. Титанды өнеркәсіп қажеттілігіне пайдалануды дамыту келешектері мен беталысы	86	<i>Денисова О.К., Рахимбердинова М.У., Кимосов Р., Мяхинин А.А., Тұрлыбекұлы А.</i> Исследование использования и потребления титановых продуктов для нефтегазового сектора Казахстана, ближнего и дальнего зарубежья. Тенденции и перспективы развития использования титана для потребностей промышленности	86
<i>Ескермесов Д.К., Плотников С.В.</i> Вакуумды-доғалық бұрку әдісімен алынған көпэлементті (Ti-Zr-Cr-Nb)N жабынның физикалық-механикалық қасиеттері	93	<i>Ескермесов Д.К., Плотников С.В.</i> Физико-механические свойства многоэлементных покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N, полученных методом вакуумно-дугового осаждения	93
<i>Жуков В.П., Агеев Н.Г., Меньшиков В.А., Қуленова Н.А., Оңалбаева Ж.С., Ахметвалиева З.М.</i> Екіншілік мысқұрамды шикізатты балқытқанда мыстың шлакпен бірге жоғалуына қорғасын мен мырыштың әсері және онтайлы құрамды флюстерді іздеу	102	<i>Жуков В.П., Агеев Н.Г., Меньшиков В.А., Қуленова Н.А., Оңалбаева Ж.С., Ахметвалиева З.М.</i> Влияние свинца и цинка на потери меди со шлаком при плавке вторичного медьсодержащего сырья и поиск флюсов оптимального состава	102
<i>Исагулов А.З., Ахметов А.Б., Құсаинова Г.Д., Әкімбекова А.А.</i> 110Г13Л жоғары марганецті маркалы болат құймаларында карбидті косулардың құрылуын зерттеу	107	<i>Исагулов А.З., Ахметов А.Б., Құсаинова Г.Д., Акимбекова А.А.</i> Исследование образования карбидных включений в отливках из высокомарганцевой стали 110Г13Л	107
<i>Қантай Н., Жилкашинова А.М., Байжан Д., Мұратбеков Б.М.</i> 36НХТЮ корытпа бетін газбен атқылап механикалық қасиетке әсерін зерттеу	110	<i>Қантай Н., Жилкашинова А.М., Байжан Д., Мұратбеков Б.М.</i> Исследование влияния поверхностной бомбардировки газом на механические свойства сплава 36НХТЮ	110
<i>Қапаева С.Д., Хайралиев С.И., Бергандер М., Вахгельт А.</i> Қазандықты бағалаудың кешенді тәсілі	116	<i>Қапаева С.Д., Хайралиев С.И., Бергандер М., Вахгельт А.</i> Комплексный подход к оценке состояния котла	116
<i>Комбаев К.К., Смагулов Д.У., Мурзахметова У.А., Қожа Е., Ахметова Г.Е.</i> Электrolиттік-плазмалық әдіс арқылы марганецті болаттың беріктігін арттыру	124	<i>Комбаев К.К., Смагулов Д.У., Мурзахметова У.А., Қожа Е., Ахметова Г.Е.</i> Упрочнение марганцовистой стали методом электролитно-плазменной обработки	124
<i>Қоңұрбаева Ж., Закимова А., Кимосов Р., Мяхинин А., Тұрлыбекұлы А.</i> Трабекулярлы тантал имплантантты аддитивті әдіспен жасаудың болашағы	129	<i>Қоңұрбаева Ж., Закимова А., Кимосов Р., Мяхинин А., Тұрлыбекұлы А.</i> Перспективы создания трабекулярного танталового имплантата аддитивным методом	129
<i>Қоңұрбаева Ж., Закимова А., Кимосов Р., Мяхинин А., Тұрлыбекұлы А.</i> Аса өткізгіш материалдар саласындағы ғылыми зерттеулердің дамуы	135	<i>Қоңұрбаева Ж., Закимова А., Кимосов Р., Мяхинин А., Тұрлыбекұлы А.</i> Развитие научных исследований в области сверхпроводящих материалов	135
<i>Қуленова Н.А., Оңалбаева Ж.С., Ахметвалиева З.М., Хайруллина А.А., Троегла-</i>		<i>Қуленова Н.А., Оңалбаева Ж.С., Ахметвалиева З.М., Хайруллина А.А., Троегла-</i>	

<i>зова А.В.</i> Техногенді шикізатты қайта өңдеудің кешенді әдісі	140	<i>ва А.В.</i> Комплексный подход к переработке техногенного сырья	140
<i>Медеубаев Н.А., Сапарова Г.К., Жолмағамбетов Н.Р., Жолмағамбетов С.Р., Әкімбекова Н.Н.</i> Металлургияда болатын өрттердің негізгі қайталанбайтын себептері	147	<i>Медеубаев Н.А., Сапарова Г.К., Жолмағамбетов Н.Р., Жолмағамбетов С.Р., Акимбекова Н.Н.</i> Основные неповторяющиеся причины пожаров в металлургии	147
<i>Медеубаев Н.А., Сапарова Г.К., Жолмағамбетов Н.Р., Жолмағамбетов С.Р., Әкімбекова Н.Н.</i> Тау-кен массаларын аудару барысында шаң-тозанды басу жағдайлары	150	<i>Медеубаев Н.А., Сапарова Г.К., Жолмағамбетов Н.Р., Жолмағамбетов С.Р., Акимбекова Н.Н.</i> Условия локализации пылеподавления при перегрузке горной массы	150
<i>Накипбекова А.Б., Достоева А.М., Айтбаев Н.Б., Амангелдина Ж.</i> Әртүрлі темір-көміртекті қорытпалардан жасалған биметалл құймалардағы өтпелі аймақтың қалыптасуын зерттеу	154	<i>Накипбекова А.Б., Достоева А.М., Айтбаев Н.Б., Амангелдина Ж.</i> Исследование формирования переходной зоны в биметаллических отливках из различных железуглеродистых сплавов	154
ЭКОЛОГИЯ		ЭКОЛОГИЯ	
<i>Колпакова В.П., Еремеева Ю.Н.</i> Қорғасын-мырыш өндіру кәсіпорындарының шаруашылық-тұрмыстық саркынды суларын тазартуға арналған ғимарат құрылысының негіздемесі	159	<i>Колпакова В.П., Еремеева Ю.Н.</i> Обоснование строительства сооружений для очистки хозяйственно-бытовых стоков предприятий свинцово-цинкового производства	159
ЭКОНОМИКА		ЭКОНОМИКА	
<i>Әуезова З.Т., Оспан Г.Т., Елбасиева Б.Б.</i> Орталық Қазақстан экономикалық ауданындағы моноқалалар	164	<i>Ауезова З.Т., Оспан Г.Т., Елбасиева Б.Б.</i> Проблемы моногородов в Центрально-Казахстанском экономическом районе	164
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА		МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА	
<i>Батталова А.К.</i> Спиртқұрамды сұйықтық құрамындағы этил спиртін ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдістерімен сараптау	171	<i>Батталова А.К.</i> Исследование этилового спирта в составе спиртосодержащих жидкостей способами ИК- и ЯМР-спектроскопии	171
<i>Дәулетбақов Б., Қизатова М.Е., Медведков Е.Б., Шевцов А.А.</i> Цилиндр тәріздес инемен қауын қабығын тесу үрдісінің математикалық сипаттамасы	175	<i>Дәулетбақов Б., Қизатова М.Е., Медведков Е.Б., Шевцов А.А.</i> Математическое описание процесса прокалывания кожуры дыни цилиндрическим шипом	175
<i>Жаныбек Ж.А., Попова Г.В.</i> Жағдай орталығының ақпараттық қауіпсіздігі	181	<i>Жаныбек Ж.А., Попова Г.В.</i> Информационная безопасность ситуационного центра	181
<i>Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Саденова М.А.</i> Құрылымның құралуының кластерлі моделінің негізіндегі металдардағы полиморфты өзгерулерді сипаттау	186	<i>Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Саденова М.А.</i> Описание полиморфных превращений в металлах на основе кластерной модели структурообразования	186
ӘСКЕРИ ІС ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІК		ВОЕННОЕ ДЕЛО И БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>Асханбаев Т.Б., Купенов М.Ж.</i> Шетелдік аккумулятор батареяларының таңбалануы, құрылысының ерекшеліктері және сипаттамалары	193	<i>Асханбаев Т.Б., Купенов М.Ж.</i> Маркировка, особенности устройства и характеристики зарубежных аккумуляторных батарей	193
МЕРЕЙТОЙ ИЕЛЕРІ	198	НАШИ ЮБИЛЯРЫ	198

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университетінің ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал
1998 жылы шыға бастады.
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж куәлігі берілген.

**ВЕСТНИК Восточно-Казахстанского государственного
технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал
Издается 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
Корректорлар - Корректор
С.Е. Волкова, Г.Т. Жантасова
Руководитель редакционно-издательского центра О.Н. Николаенко

Материалдарды компьютерде терген
және беттеген

Набор, верстка,
изготовление оригинал-макета
Е.И. Богатырева

Басуға 27.09.2017 қол қойылды.
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.
Көлемі: 19,45 есептік баспа табағы, 21,61 шартты баспа табағы
Таралымы 350 дана. № 2562-2017 тапсырыс.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано в печать 27.09.2017.
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.
Объем: 19,45 уч.-изд. л., 21,61 усл. печ. л.
Тираж 350 экз. Заказ № 2562-2017.
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