



Д. Серікбаев
атындағы
Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического
университета
имени
Д. Серикбаева

4

Регистрационный № 145-ж

№ 4 (82), декабрь, 2018

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

доктор биологических наук, профессор

Редакция алқасы - Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора:

О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.

Ответственный секретарь - О.Н. Николаенко

Члены коллегии:

А.К. Адрышев, д-р техн. н., проф.,

А.Н. Алексеенко, д-р ист. н., проф.,

Д.Л. Алонцева, канд. физ.-мат. наук, проф.,

Ю.В. Баталов, д-р экон.н., проф.,

Ю.А. Веригин, д-р техн. н., проф.,

Б.А. Дьячков, д-р геол.-мин. н., проф.,

М.В. Дудкин, д-р техн. наук, проф.,

А.В. Егорина, д-р геогр. наук, проф.,

С.А. Жуманазар, канд. экон. наук, доц.,

Т.Т. Ипалаков, д-р техн. н., проф.,

А.И. Квасов, д-р техн. н., проф.,

Е.А. Колос, д-р экон. наук, доц.,

В.П. Колпакова, д-р техн. наук, доц.,

Ж.О. 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,
2018



УДК 629.4.004; 629.4.004.67

А.С. Байкенжеева

Казахская академия транспорта и коммуникации, г. Алматы

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПУЧИННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

В статье предусматривается дальнейшее развитие, совершенствование работы для безопасности железнодорожного транспорта и повышения его эффективности.

Мақалада теміржол келігінің қауіпсіздігін одан әрі дамыту, жетілдіру және оның тиімділігін арттыру қарастырылған.

The article provides for further development, improvement of work for the safety of railway transport and increase of its efficiency.

Ключевые слова: железные дороги, земляное полотно, насыпи балластных корыт, деформация.

Земляное полотно - инженерное сооружение, постоянно находящееся под непосредственным воздействием климатических факторов, одним из которых являются термодинамические условия. Материалом земляного полотна, как известно, служат грунты; в физико-химическом отношении они представляют собой совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных фаз. В них, в отдельности и сопряженно, протекают различные процессы, энергия и направленность которых зависят от термодинамических условий окружающей среды.

При периодических изменениях температур воздуха изменяется температура слоев грунта. Это приводит к периодическим изменениям влагосодержания, структуры, прочности грунтов. Происходит процесс пучения грунтов, влияющий на геометрические характеристики поверхности грунта, и, как следствие, возникает искажение положения рельсошпальной решетки железнодорожного пути в профиле и плане. Для правильного, обоснованного проектирования мероприятий, направленных на регулирование тепловых процессов в грунтах земляного полотна с целью исключения их влияния на стабильность рельсошпальной решетки, производят расчеты глубины промерзания грунтов как в естественных условиях, так и при применении различных теплоизолирующих материалов. При этом используемые расчетные модели применимы и для определения толщины теплоизолирующих устройств и покрытий. Процесс промерзания грунтов является пространственным, для полного его описания необходимо исходить из решения пространственной термодинамической задачи. Однако в путевом хозяйстве в основу определения глубины промерзания грунта положен приближенный метод рассмотрения одномерного теплового потока (рис. 1).

В методе приняты следующие допущения:

- среда однородна;
- задача стационарная (параметры среды в процессе промерзания не изменяются);
- тепловой поток направлен только по ординате z , то есть воздействие отрицательных температур идет только сверху.

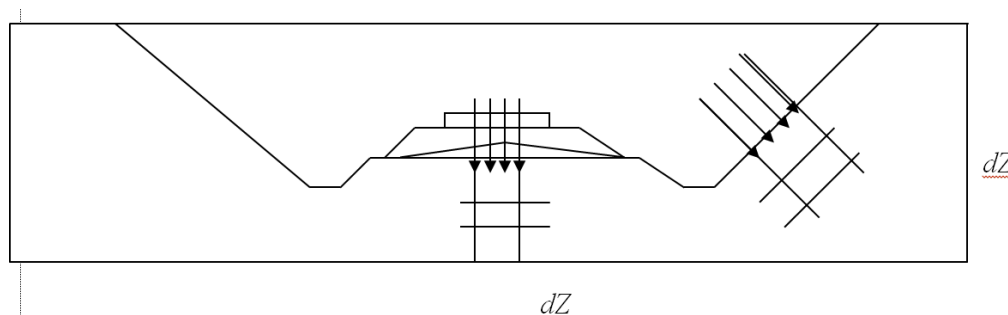


Рисунок 1 - Схема одномерного теплового потока

Для решения задачи используется дифференциальное уравнение Фурье в частных производных

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha^2 \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad (1)$$

где T – температура грунта, $^{\circ}\text{C}$; t – время, с ; α^2 – температуропроводность грунта, $\text{м}^2/\text{с}$;

$$\alpha^2 = \frac{\lambda}{C \cdot \rho}, \quad (2)$$

где λ – теплопроводность грунта, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$; C – удельная теплоемкость грунта, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$; ρ – плотность грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

На поверхности грунта, как и в его толще, сезонное изменение температуры с достаточной точностью может быть описано косинусоидальным законом, то есть

$$T = T_0 \cos 2\pi \frac{t}{t_0} + \theta_0, \quad (3)$$

где T_0 – амплитуда изменения температуры в годичном цикле, $^{\circ}\text{C}$;

$$T_0 = \frac{T_{\max} - (-T_{\min})}{2}; \quad (4)$$

t_0 – время, равное одному году, с ; θ_0 – среднегодовая температура, $^{\circ}\text{C}$;

$$\theta_0 = \frac{T_{\max} + (-T_{\min})}{2}. \quad (5)$$

Подставив выражение (3) в (1) и решив его относительно T , получим

$$T = T_0 e^{-\frac{z}{\alpha} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}}} \cos \left(2\pi \frac{t}{t_0} - \frac{z}{\alpha} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}} \right) + \theta_0. \quad (6)$$

Формула (6) может быть использована для определения неизвестной глубины промерзания z_2 какого-либо грунта, если известна глубина промерзания z_1 другого грунта. Действительно, запишем выражение (6) для какого-то момента времени t для грунта, имеющего температуропроводность α_1^2 .

Для этого грунта на какой-то известной глубине z_1 устанавливается изотерма T_1 . Найдем, на какой глубине z_2 эта изотерма $T_2 = T_1$ установится в этот же момент времени t для другого грунта, имеющего α_2^2 .

$$T = T_0 e^{-\frac{z_1}{\alpha_1} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}}} \cos \left(2\pi \frac{t}{t_0} - \frac{z_1}{\alpha_1} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}} \right) + \theta_0 = T_2 = T_0 e^{-\frac{z_2}{\alpha_2} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}}} \cos \left(2\pi \frac{t}{t_0} - \frac{z_2}{\alpha_2} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}} \right) + \theta_0. \quad (7)$$

Уравнение (7) превратится в тождество при

$$\frac{z_1}{\alpha_1} = \frac{z_2}{\alpha_2}, \quad (8)$$

откуда неизвестна

$$z_2 = z_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1}. \quad (9)$$

Для ряда грунтов

$$\frac{z_1}{\alpha_1} = \frac{z_2}{\alpha_2} = \frac{z_3}{\alpha_3} = \dots = \frac{z_i}{\alpha_i} = \frac{z_3}{\alpha_3}, \quad (10)$$

где z_3 – известная глубина промерзания некоторого эталонного (эквивалентного) грунта.

Тогда для любого грунта неизвестная глубина промерзания

$$z_i = z_3 \frac{\alpha_i}{\alpha_3} = n_i z_3, \quad (11)$$

где n_i – коэффициент эквивалентности

$$n_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_3} = \sqrt{\frac{\lambda_i \cdot C_3 \cdot \rho_3}{\lambda_3 \cdot C_i \cdot \rho_i}}. \quad (12)$$

Выражение для глубины промерзания (11) и выражение для коэффициента эквивалентности (12) являются приближенными, так как все представленное решение задачи приближенно в силу того, что в нем не учтены следующие факторы:

- трехмерность теплового потока;
- вода, находящаяся в грунте, при замерзании претерпевает фазовые превращения, выделяя при этом скрытую теплоту льдообразования;
- из нижних, талых слоев грунта к фронту промерзания идет тепловой поток;
- грунты являются многослойными, то есть имеют неоднородность.

Н.П. Фомин и А.Х. Хргиан [1], уточняя условия прохождения теплового потока через двухслойный грунт и, сохраняя остальные предпосылки, нашли глубину данной изотермы z_2 при двухслойном грунте по известной глубине z_1 той же изотермы однослойного грунта без прикрытия (рис. 2).

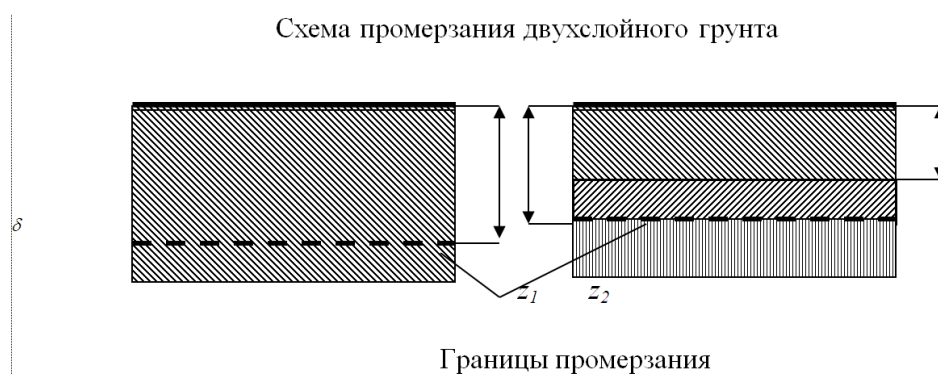


Рисунок 2 - Схема промерзания двухслойного грунта

$$\left. \begin{aligned} z_2 &= z_1 + \delta - \frac{1}{\beta_1} f(y, m); \\ f(y, m) &= \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{1}{4} \left[(1+m)^2 e^{2y} + 2(1-m^2) \cos 2y + (1-m)^2 e^{-2y} \right] \right\}; \\ m &= \frac{\lambda_1 \cdot \alpha_2}{\lambda_2 \alpha_1}; \quad y = \beta_2 \cdot \delta, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где $\beta_1 = \frac{1}{\alpha_1} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}}; \quad \beta_2 = \frac{1}{\alpha_2} \sqrt{\frac{\pi}{t_0}}.$

Для того чтобы грунт под теплоизоляционным слоем не промерзал, необходимо иметь $z_2 \leq \delta$. Отсюда, согласно первой формуле (13), должно быть

$$\frac{1}{\beta_1} f(y, m) \geq z_1. \quad (14)$$

Это неравенство решается подбором, однако этот метод также имеет недостатки:

- не учитывается изменение теплотехнических характеристик материала в течение времени;
- не учтена трехмерность теплового потока;
- вода, находящаяся в грунте, при замерзании претерпевает фазовые превращения, выделяя при этом скрытую теплоту льдообразования;
- из нижних, талых слоев грунта к фронту промерзания идет тепловой поток.

Вышеприведенные методики расчета основаны на фундаментальную математическую теорию, применяемую в исследованиях движений грунтовых вод.

С двадцатых годов прошлого столетия начали интенсивно изучать причины и условия пучинообразования, а также развиваться методы проектирования и расчета противопучинных теплоизолирующих покрытий. Современный высокий уровень развития этого вопроса достигнут благодаря работам профессора Г.М. Шахунянца [2]. Для расчета промерзания железнодорожного земляного полотна профессор Г.М. Шахунянец предложил применить уравнение эквивалентности промерзания. При его обосновании он исходил из решения уравнения теплопроводности Фурье без учета фазовых переходов, на долю которых при промерзании влажного грунта приходится значительная часть тепла. Кроме того, решение, полученное для однородных грунтов, было обобщено на случай многослойных грунтов без достаточной строгости и не учитывает двумерности промерзания под теплоизолирующими покрытиями. Одним из наиболее эффективных средств для борьбы с пучинами на железных дорогах явились устраиваемые внутри балластной призмы теплоизолирующие покрытия. Для их проектирования разработаны специальные методы, успешно применяемые на практике. Анализ литературных источников, посвященных этой проблеме, показал, что большинство из них распространяется только на покрытия из пенопластов, в то время как назрела необходимость в применении других материалов с низкой теплопроводностью в целях ликвидации пучин. Например, в нашей стране стали широко применять для повышения прочности основной площадки земляного полотна геотекстиль. Однако многие параметры этого слоя изучены недостаточно, кроме того, схематизация и приближенность теплотехнических расчетов параметров покрытий, не вскрывающих ряда существенных закономерностей процессов промерзания и пучения, а также отсутствие двумерных решений приводят к снижению надежности конструкций покрытий и невозможности оценки оптимальности их параметров.

Проанализировав отечественные и зарубежные литературные источники, посвященные изучению причин и условий пучинообразования, а также совершенствованию методов проектирования и расчета противопучинных теплоизолирующих покрытий, можно сформулировать цель и идею работы. Здесь идея работы заключается в выявлении закономерностей изменения конструкционных и эксплуатационных параметров земляного полотна, подверженного пучинным деформациям, и использовании этих закономерностей при разработке мероприятий по оздоровлению земляного полотна, совершенствованию методики расчета пучинных деформаций земляного полотна и разработке мероприятий по их устранению. В соответствии с целью и идеей в работе решены следующие научные задачи:

- определение основных причин образования пучинных деформаций и закономерностей их распространения на железных дорогах Восточного Казахстана;
- определение влияния инфильтрующей влаги на образование пучин и просадок;
- разработка методики расчета толщины противопучинного покрытия при синусоидальном изменении температуры на поверхности и грунтах в течение периода;
- разработка мероприятий по устранению пучинных деформаций;
- экспериментальное исследование основных характеристик усиления основной площадки земляного полотна.

Все вышеизложенное в работе является новым научным положением взаимодействий железнодорожного пути и подвижного состава, имеющим важное значение для технологического развития экономики страны.

В заключение можно сделать следующие выводы. В теоретических исследованиях использованы положения фундаментальных и прикладных наук: теории упругости, строительной механики, взаимодействия пути и подвижного состава. В экспериментальных исследованиях применены натурные наблюдения за состоянием пучинных участков дистанции пути Восточного Казахстана с обработкой на компьютерных программах опытных данных современными методами теории вероятности и математической статистики. Формулировка проблемы, цели исследования и задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, а также структурная схема исследования приведены на рис. 3.

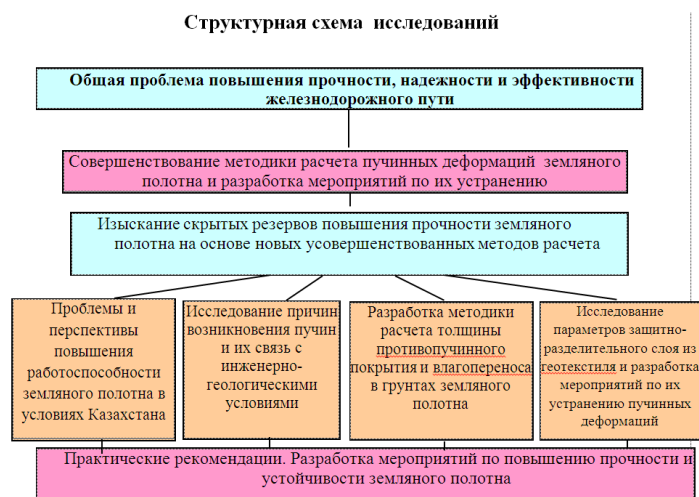


Рисунок 3 - Структурная схема исследований

Список литературы

1. Фомин Н.П. О роли поверхностной влаги и образовании пучин на железных дорогах ВКН: Исследование способов повышения стабильности земляного полотна / Н.П. Фомин, А.Х. Хргиан, П.И. Дыдышко и др. // Тр. ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1976. - Вып. 565. - С. 137-152.
2. Шахунянц Г.М. Земляное полотно железных дорог. - М.: Трансжелдориздат, 1953. - 828 с.

Получено 22.10.2018

УДК 629.4.004; 629.4.004.67

А.С. Байкенжеева

Казахская академия транспорта и коммуникации, г. Алматы

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНИИ ЗАЩИТА-ЗЫРЯНОВСК И ИХ СВЯЗЬ
С ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ**

В статье предусматривается дальнейшее развитие, совершенствование безопасной работы железнодорожного транспорта и повышения его эффективности.

Мақалада теміржол көлігінің қауіпсіздігін одан әрі дамыту, жетілдіру және оның тиімділігін арттыру қарастырылған.

The article provides for further development, improvement of the safe operation of rail transport and improving its efficiency.

Ключевые слова: железные дороги, земляное полотно, насыпи балластных корыт, деформация.

Деформации земляного полотна на линии Защита–Зыряновск стали развиваться сразу же вслед за ее постройкой. Точную динамику по годам их распространения восстановить сложно из-за отсутствия исходных данных в первые годы эксплуатации дороги. Но и до сих пор они имеют широкое распространение, особенно пучинные и скально-обвальные.

По отчетным данным Серебрянской дистанции пути, обслуживающей в основном эту дорогу (13-185 км), в последние годы проявляются следующие деформации и повреждения земляного полотна в указанных ниже масштабах:

- скально-обвальные – 140 участков протяжением 16416 м;
- водоразмывы – 20 мест протяжением 4270 м;
- осадки насыпей – 17 участков протяжением 1730 м;
- сплывы откосов – 9 мест протяжением 2070 м;
- зауженная основная площадка и завышенная крутизна откосов насыпей - 65 мест протяжением 3824 м;
- пучины зимой – 314 мест общим протяжением 2829 м;
- весенние (пучинные) просадки, балластные корыта и ложа – мест протяжением 1234 м.

На безопасность и бесперебойность движения поездов в наибольшей степени влияют скально-обвальные деформации и пучины. Остальные деформации и повреждения земляного полотна не столь опасны, хотя повышают эксплуатационные расходы и увеличивают количество километров с предупреждениями по снижению скоростей движения поездов.

Что касается скально-обвальных деформаций, то борьба с ними ведется достаточно активно с первых же лет эксплуатации дороги. В частности, осуществлялись обходы таких опасных участков смещения пути, устройство повторных и улавливающих стен, а также галерей.

Что же касается пучинных деформаций пути, то хотя они и опасны для движения поездов, но ими детально до сих пор не занимались. Велась в основном пассивная борьба.

Опасность их скрадывается тем обстоятельством, что скорость движения поездов на дороге ограничивалась, как отмечалось ранее, из-за наличия и широкого распространения кривых малого радиуса, а также слабой интенсивности движения поездов ввиду низкой грузонапряженности.

Широкое распространение пучинных деформаций пути, ущерб от них и непроизводительные затраты по исправлению пути на пучинах вынуждают в условиях рыночной системы находить кардинальные меры по устранению этих опасных деформаций. Для этого необходимо знать условия и причины их образования, обобщить современный опыт борьбы с ними и разработать соответствующие практические рекомендации для конкретных условий рассматриваемой дороги. Этим вопросам и посвящена наша работа.

Как отмечалось выше, на Серебрянской дистанции пути насчитывалось на 1.01.2010 г. 314 пучин. Распределение пучин по высоте и протяженности показано в табл. 1.

На линии имеется весьма значительное количество пучин, осложняющих безопасное состояние рельсов колеи (табл. 1). В среднем на каждый километр длины приходит почти две (точнее 1,82) пучины. Протяжение пути, исправляемого на пучинные подкладки разной толщины, составляет 13,7 км. Это значит, что 8% протяженности линии ежегодно несколько раз приходится расшивать и зашивать вновь с укладкой пучинных подкладок, соблюдая технические требования по состоянию рельсовой колеи.

Таблица 1

Распространение пучин на линии Защита-Зыряновск

Высота пучин, мм	Количество пучин		Протяжение пучинных мест, м	Протяжение пути, исправляемого на пучинные подкладки, м
	штук	В %		
До 20	101	32	817	3114
21-40	197	63	1807	9376
41-60	15	5	201	1081
Свыше 60	10	0	44	100
Итого	323	100	2869	13671

Высота пучин составляет, в основном, до 41 мм. Доля таких пучин составляет 95%. Имеется десять пучинистых мест более 60 мм, такой высоты они достигают не каждый год. Сравнительно небольшая высота основного количества пучин и низкая частота движения поездов с ограниченной скоростью облегчает путейцам содержание рельсовой колеи даже в сложных условиях широкого распространения пучинных деформаций в надлежащем состоянии. По протяженности линии пучины распространены неравномерно (табл. 2).

Таблица 2

Распространение пучин по околоткам Серебрянской дистанции пути

Параметры пучин	Номера околотков							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Участок пути, км	13-28	29-52	53-76	77-98	99-122	123-144	145-165	166-185
Протяжение, км	16	24	24	21	24	22	21	20
Количество пучин, шт.	20	98	44	44	24	26	40	18
Количество пучин на 1 км, шт.	1,2	4,1	1,8	2,1	1,0	1,8	1,9	1,0

Из данных табл. 2 видно, что наибольшее количество пучин приходится на второй и четвертый околотки. Это связано, как будет показано ниже, с инженерно-геологическими условиями участков линии. На втором околотке не только количество пучин, но и высота их наибольшая, за исключением одной пучины на третьем околотке (на 65 км), высота которой достигала в отдельные годы 80 мм. Следует отметить, что величина и даже количество пучин из года в год могут изменяться, так как они зависят не только от местных инженерно-геологических условий и вида земляного полотна, но и от климатических факторов (количество атмосферных осадков, суровость зимы и др.), которые могут существенно колебаться в течение времени. Данные о пучинах по сведениям Серебрянской дистанции пути за 1985-2000 гг. представлены в табл. 3, из которой видно, что количество пучин за эти годы колебалось от 295 до 379 шт., протяженность пути, исправляемого на пучинные подкладки, колебалась от 10,7 до 14,7 км. Наиболее интенсивно пучины проявлялись в 1997-2000 гг. За последние 10 лет заметного уменьшения пучинных деформаций не произошло. Это свидетельствует о том, что вполне эффективных и крупномасштабных противопучинных мероприятий на дистанции не проводилось. Отдельные меры имели лишь локальный характер. Определенный эффект давала подъёмка пути на балласт, о чем будет сказано ниже. Они заметно снижали высоту пучин, хотя общее количество их заметно не уменьшалось.

Таблица 3

Пучины и расходы материалов на исправление пучинных деформаций за 2005-2015 гг.

Годы	Количество пучинных мест	Протяжение пути исправленных пучинных деформаций, м	Количество укладываемых пучинных подкладок, тыс. шт.	Объем материала, затраченного на изготовление пучинных подкладок, м ³
1	2	3	4	5
2005	307	12176	135	80
2006	308	12115	125	75
2007	377	14680	143	95
2008	374	12033	120	80
2009	379	11599	105	75
2010	373	10669	110	50
2011	373	10669	84,2	40
2012	373	10669	84,2	40
2013	373	13587	60	30
2014	295	11127	60	40
2015	300	11837	70	45

Для железной дороги Защита-Зыряновск характерно весьма большое разнообразие конструкций земляного полотна и частое их чередование, что создает неоднородность состава и сложения грунтов основной площадки в зоне промерзания-оттаивания. Это связано со сложностью и разнообразием инженерно-геологических условий района дороги. В связи с этим практический интерес представляет характер распределения пучин по конструктивным видам земляного полотна. Для выяснения этого местоположение каждой пучины по данным Серебрянской дистанции пути «привязывалось» к соответствующей конструкции земляного полотна совмещенного продольного профиля линии. Обобщенные данные с дифференциацией по околоткам представлены в табл. 4.

Таблица 4

*Распространение пучин по конструктивным видам земляного полотна
на линии Защита-Зыряновск*

Конструктивные виды земляного полотна	Количество пучин по околоткам, штук								Всего пучин, штук
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Выемки	13	40	9	19	12	10	7	2	112
Полувыемки	-	4	6	5	1	3	3	1	23
Нулевые места	1	5	4	2	3	2	4	3	28
Полунасыпи-полувыемки	4	24	12	8	2	2	4	-	56
Насыпи	2	17	11	9	5	4	20	12	80
Полунасыпи	-	4	2	1	1	5	2	-	15

Наибольшее количество пучин оказалось в выемках и нулевых местах (рис. 1, табл. 4). Это характерно и для других железных дорог. На насыпях (в основном низких, на пучинистых грунтах основания) возникло 80 пучин (25% от их общего количества).

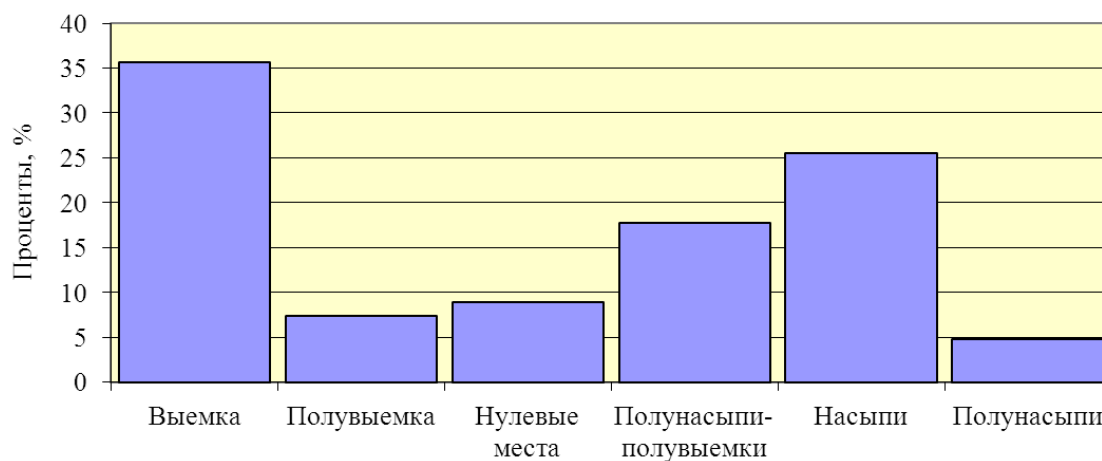


Рисунок 1 - Распространение пучин по конструктивным видам земляного полотна

Для линии Защита-Зыряновск характерно прохождение трассы по косогорным участкам, на которых формируются такие конструкции земляного полотна, как полувыемки, полунасыпи, полунасыпи-полувыемки и полувыемки-полунасыпи. На указанных участках возникло 94 пучины (30% от их общего количества). Здесь проявились, как правило, односторонние и перекосные пучины. Следует отметить, что на рассматриваемой линии классических пучин в виде горбов и впадин очень мало. Рельсовые нити деформируются при морозном пучении грунтов земляного полотна и его основания неравномерно как в продольном, так и в поперечном от пути направлениях. Поэтому много перекосных, односторонних и «косых» пучин (рис. 2).

Для выявления зависимости образования пучинных деформаций от инженерно-геологических условий была выполнена привязка местоположения каждой пучины к соответствующему виду грунтов.

Анализом было охвачено 226 пучин с исключением упомянутого ранее участка 115-148 км (табл. 5).

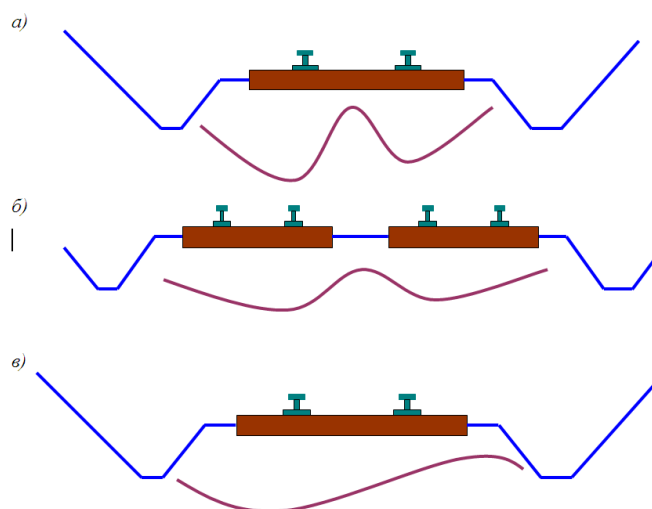


Рисунок 2 - Поперечные профили пучинных деформаций: а – односторонние; б – перекосные; в – косые

Таблица 5

Распространение пучин в зависимости от типа грунта основания

Тип грунта основания	Количество пучин	
	в штуках	в процентах
Суглинки лессовидные и пылеватые	72	31,8
Суглинки щебенистые, суглинки со щебнем	82	36,3
Супеси	5	2,2
Галечники	18	8,0
Скальные	49	21,7
Итого	226	100,0

Можно полагать, что указанные грунты после сооружения железной дороги оказались не только в основании, но и в теле земляного полотна.

Из данных табл. 5 видно, что преимущественное количество пучин оказалось на участках залегания пучинистых грунтов, к которым относятся все разновидности глинистых грунтов, в том числе с примесью щебня и дресвы. Вместе с тем довольно много пучин возникло на участках скальных и галечниковых грунтов, относящихся к категории непучинистых (около 30% от общего количества пучин на рассмотренных участках). Объяснение этого, казалось бы, парадоксального факта дано ниже.

В заключение можно сделать следующие выводы. Выявлены причины образования пучин на линии Защита-Зыряновск:

- залегание в зоне промерзания железнодорожного пути пучинистых грунтов;
- увлажнение пучинистых грунтов выше порога пучения;
- промерзание этих грунтов.

К пучинистым относятся все разновидности глинистых грунтов (супеси, суглинки, глины), пылеватые водонасыщенные пески, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем более 15% по массе, торф и заторцованные грунты.

Как показало обследование пучинистых мест, такие грунты достаточно широко представлены по трассе этой линии, особенно на участках второго, четвертого и седьмого

околотков Серебрянской дистанции пути. Поэтому не случайно здесь и наибольшее количество пучин. Наиболее пучинистыми являются пылеватые суглинки и супеси.

Скальные и крупнообломочные грунты, пески гравелистые, крупные, средние и мелкие относятся к непучинистым грунтам. Эти грунты также распространены на рассматриваемой линии, но они часто чередуются с пучинистыми грунтами.

Порогом пучения считается влажность глинистых грунтов на границе раскатывания (W_p). Чем выше влажность их сверх порога пучения, тем интенсивней пучатся эти грунты при промерзании.

Список литературы

1. Вишневский Е.П. Особенности обеспечения эффективной работы пластинчатых теплообменников рекуперативного типа в суровых климатических условиях // С.О.К. — 2005. — № 1. — С. 84—91.
2. Липа А.И. Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха. — 2-е изд., перераб. и доп. — Одесса: Изд-во ВМВ, 2010. — 607 с.
3. Дискин М.Е. Эффективность рекуперации теплоты в системах вентиляции при температурах наружного воздуха ниже температуры опасности обмерзания // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. — 2006. — № 4. — С. 40—42.

Получено 22.10.2018

УДК 550.8.05+004.94

К.Т. Искаков, С.А. Боранбаев, Ж.О. Оралбекова, Н. Ұзаққызы

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

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАБОТКИ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ

Статья посвящена задаче определения глубины залегания подповерхностных объектов в георадиолокационных исследованиях. Приведены результаты апробации программного модуля определения глубины залегания подповерхностных объектов в георадиолокационных исследованиях с учетом необходимых свойств подповерхностной среды.

Мақала георадиолокациялық зерттеулердегі жер қойнауы объектілерінің тереңдігін анықтау мәселесіне арналған. Жер қойнауы ортасының қажетті қасиеттерін ескере отырып, георадиолокациялық зерттеулеріндегі жер қойнауы объектілерінің орналасу тереңдігін анықтауға арналған бағдарламалық модульді апробациялау нәтижелері келтірілді.

The article is devoted to the problem of determining the depth of occurrence of subsurface objects in georadiolocation studies. The results of approbation of the software module for determining the depth of occurrence of subsurface objects in georadiolocation studies, taking into account the necessary properties of the subsurface medium, are presented.

Ключевые слова: радарограмма, диэлектрическая проницаемость, глубина залегания подповерхностных объектов.

Использование метода георадиолокационного зондирования является одним из наиболее перспективных и динамичных направлений развития геофизических исследований. Основными преимуществами метода являются высокая разрешающая способность, помехоустойчивость по отношению к искажающим сигналам, а также оперативность и экономичность. Метод георадиолокационного зондирования дает возможность детально исследовать подповерхностную структуру грунтов или техногенных конструкций, существенно уменьшая расходы на бурение контрольно-измерительных скважин.

Наиболее важными параметрами, характеризующими возможности применения метода георадиолокации в различных средах, являются удельное затухание и скорость распространения электромагнитных волн в среде, которые определяются ее электрическими свойствами. Первый из них определяет глубинность зондирования используемого георадара, знание второго параметра необходимо для пересчета временной задержки отраженного импульса в глубину до отражающей границы [1-4].

Апробация программы на экспериментальной радарограмме. Для определения глубины залегания подповерхностных объектов разработан программный модуль на языке C++ в среде MS Visual studio. Для проверки работы программы использовалась радарограмма железной бочки с диаметром 59 см, закопанной на глубине 2 м (рис. 1).

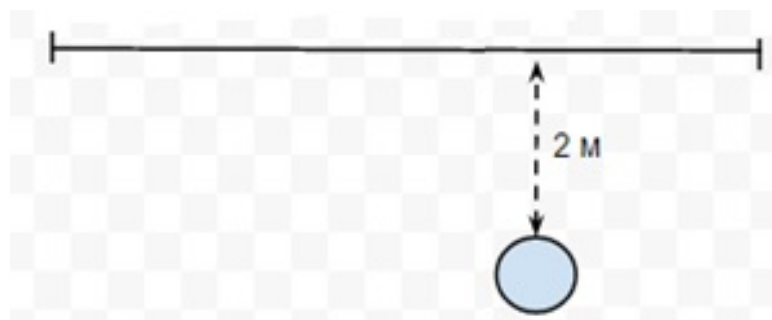


Рисунок 1 – Схема расположения объекта «Бочка металлическая»

Работа георадара основана на свойстве радиоволн отражаться от границ раздела сред с различной диэлектрической проницаемостью и электропроводностью. В отличие от классической радиолокации, в георадаре радиоимпульсы излучаются не в воздушное пространство, а в материальные среды с большим затуханием радиоволн.

Широко используемые в обычной радиолокации радиоимпульсы (с несущей частотой от 5 ГГц и выше) и методы их обработки непригодны для подповерхностного зондирования, т. к. из-за большой величины затухания в среде не обеспечивают заданной глубины зондирования и не удовлетворяют требованиям к разрешающей способности по глубине. Поэтому в георадарах применяются широкополосные сигналы, образованные импульсами СВЧ-сигнала, состоящими лишь из одного или двух периодов высокочастотных колебаний [1-3].

Для формирования импульсов малой длительности используется возбуждение широкополосной передающей антенны перепадом напряжения с очень короткими фронтами (так называемый ударный метод возбуждения). Выбор длительности импульса является компромиссом между необходимой глубиной зондирования и разрешающей способностью георадара – чем короче импульс, тем выше разрешающая способность, но меньше глубина зондирования.

Существующие георадары, построенные по этому принципу, работают обычно в диапазоне 10-2000 МГц, при этом длительность зондирующего импульса составляет 0,5-10 нс. Такие сигналы имеют широкий спектр, и для их обработки требуются широкополосные приемники с полосой 5-3000 МГц.

Для последующего просмотра и проведения фокусировки антенны должны перемещаться вдоль нескольких параллельных профилей. Шаг между соседними положениями антенного блока вдоль профиля должен быть не более чем 25 см. Соблюдение этого условия обеспечивает удовлетворительное качество построения изображения и просле-

живание годографа отраженных волн от локального объекта на вертикальном сечении вдоль профиля. Расстояние между соседними профилями не должно превышать ширины антенного блока, то есть около 0,4-1,0 м. Соблюдение этого условия позволит выявить отражения от локальных объектов на площадке зондирования.

При поиске локальных объектов, глубина залегания которых примерно известна, расстояние между соседними дорожками сканирования (профилями) не может браться более $(0,3-0,5)D$, где D – предполагаемая минимальная глубина возможных объектов зондирования. В противном случае локальный объект может быть пропущен, так как не попадет в область пересечения диаграмм передающей и приемной антенн. Для надежного выявления тонких линейных (трубы, кабели) или сильно вытянутых объектов следует проводить измерения поочередно при двух ортогональных поляризациях излучения [5].

Для получения достоверного изображения при пространственно-временной фокусировке необходимо иметь сигналы, записанные с некоторым запасом по расстоянию вдоль поверхности вокруг проекции предполагаемого объекта на поверхность грунта. Это необходимо для обеспечения снятия полной серии данных, суммирование по которой вдоль годографа отраженной от объекта волны даст максимально возможный вклад в получаемое изображение объекта.

Передающая антенна георадара излучает электромагнитные импульсы, которые для получения высокой разрешающей способности имеют очень малую длительность (единицы и доли наносекунды) и достаточно широкий спектр излучения. Излученный передающей антенной в исследуемую среду электромагнитный импульс отражается от находящихся в ней предметов (как металлических, так и неметаллических) или любых неоднородностей, имеющих отличную от среды диэлектрическую проницаемость или электропроводность (рис. 2). Такими неоднородностями могут быть пустоты, границы раздела слоев различных пород, участки с различной влажностью и т.д. [6].



Рисунок 2 - Графический образ сигналов георадара

Отраженный сигнал принимается приемной антенной, преобразуется в цифровой вид и запоминается для дальнейшей обработки. При визуализации значения трассы связываются с цветовой палитрой или градациями серого цвета. Совокупность сигналов (радаро-

грамма, или профиль), по которой можно определить местонахождение, глубину залегания и протяженность объектов, представлена на рис. 3.

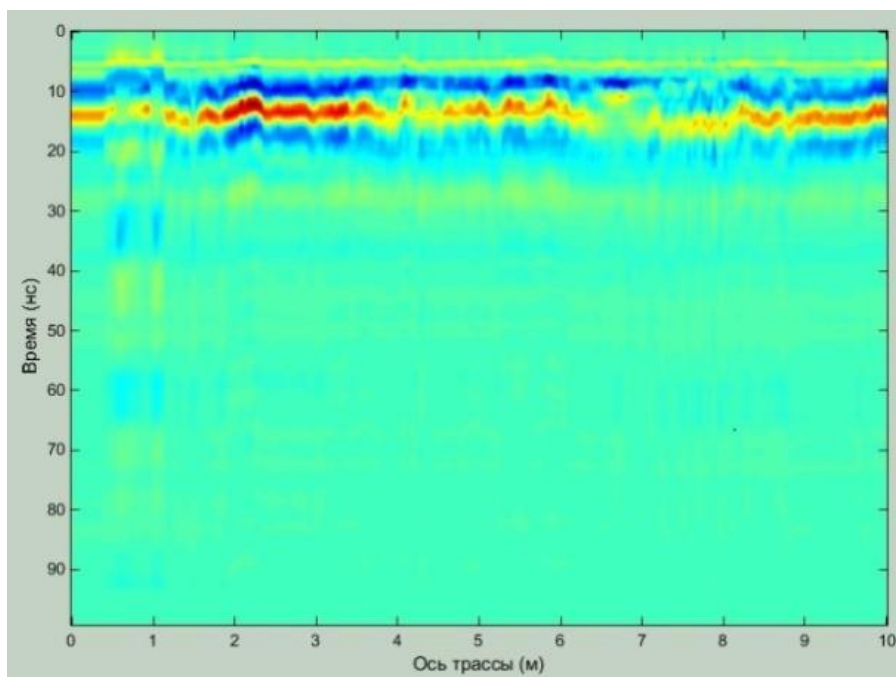


Рисунок 3 - Радарограмма

Таким образом, необходимо записать сигналы на некотором участке длиной L над предполагаемым объектом, где минимальная длина L пропорциональна глубине зондирования D , $L/D = 1-2$. Указанная длина определяется шириной диаграммы направленности антенного блока. При расположении проекции объекта на краю исследуемой области результат фокусировки не вполне достоверен, так как суммирование проводилось не по всей возможной серии сигналов, а только по половине, и еще меньше, если проекция объекта находится в углу области.

Для обнаружения объекта георадиолокационным методом необходимо, чтобы объект заметно отличался от вмещающего грунта по электрическим характеристикам (по диэлектрической проницаемости или проводимости). Для приближенной оценки контраста диэлектрических свойств объекта поиска следует использовать коэффициент отражения волны по мощности $R_{отр}$ от плоской границы двух сред, который вычисляют по формуле

$$R_{отр} = R^2,$$

где R – коэффициент отражения волны по амплитуде от плоской границы двух сред, который вычисляют по формуле [1]:

$$R = \frac{\overline{\varepsilon_1} - \overline{\varepsilon_2}}{\overline{\varepsilon_1} + \overline{\varepsilon_2}},$$

где ε_1 – диэлектрическая проницаемость вмещающего грунта или геологической среды (или верхнего слоя грунта для случая границы двух сред); ε_2 – диэлектрическая проницаемость объекта поиска (или нижнего слоя грунта для случая границы двух сред).

Несколько процессов приводят к уменьшению силы электромагнитного сигнала. Среди наиболее важных процессов – затухание, сферическое распространение энергии, поте-

ри отражения/пропускания на границах раздела и рассеяние энергии.

Рассеяние происходит из-за объектов с размером, подобным длине волны, и поэтому наиболее выражено для более высоких частот. Особое внимание следует обратить на затухание, которое является функцией диэлектрической проницаемости ϵ , магнитной проницаемости μ и электропроводности σ , а также частоты самого сигнала $\omega = 2\pi f$. Коэффициент затухания выражается как [1]:

$$\alpha = \omega \sqrt{\epsilon \mu} \frac{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 \epsilon} - 1}{2}.$$

В материалах с малыми потерями, где $\sigma/\omega\epsilon=0$, коэффициент затухания уменьшается до

$$\alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}.$$

Затухание пропорционально электропроводности, что приводит к большому затуханию материалов с высокой электропроводностью.

Электромагнитная волна распространяется в воздухе со скоростью света (0,3 м/нс). В грунте скорость электромагнитных волн уменьшается, поскольку она зависит от относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r , относительной магнитной проницаемости μ_r и электропроводности среды σ . Скорость электромагнитных волн в среде определяется следующей формулой [1]:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r \frac{1 + 1 + (\frac{\sigma}{\omega \epsilon})^2}{2}}}, \quad (1)$$

где c - скорость электромагнитной волны в вакууме (0,3 м/нс); $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ - диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость в свободном пространстве (8,854 10^{12} Ф/м); $\omega = 2\pi f$ угловая частота, где f - частота, а выражение $\sigma/\omega\epsilon$ - коэффициент потерь. В немагнитных материалах ($\mu_r = 1$) с малыми потерями, таких как чистый песок и гравий, где $\sigma/\omega\epsilon \approx 0$, скорость электромагнитных волн сводится к выражению

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) показывают, что скорость распространения электромагнитных волн в земле уменьшается по сравнению со скоростью в воздухе.

Из простых геометрических соотношений можно найти глубину залегания (расстояние от антенны до объекта) объекта d :

$$d = 0,5 \sqrt{v^2 t^2 + x^2},$$

где x - смещения передатчика-приемника; t - время прибытия отраженного сигнала.

Предполагая идеальную диэлектрическую среду, расстояние от антенны до объекта определяется уравнением:

$$d = vt/2.$$

В программе предусмотрен вид радарограммы со шкалой глубин, рассчитанной по указанной формуле, вместо шкалы времени отражения (рис. 4). Также можно убрать нижнюю часть радарограммы с несущественными значениями сигналов.

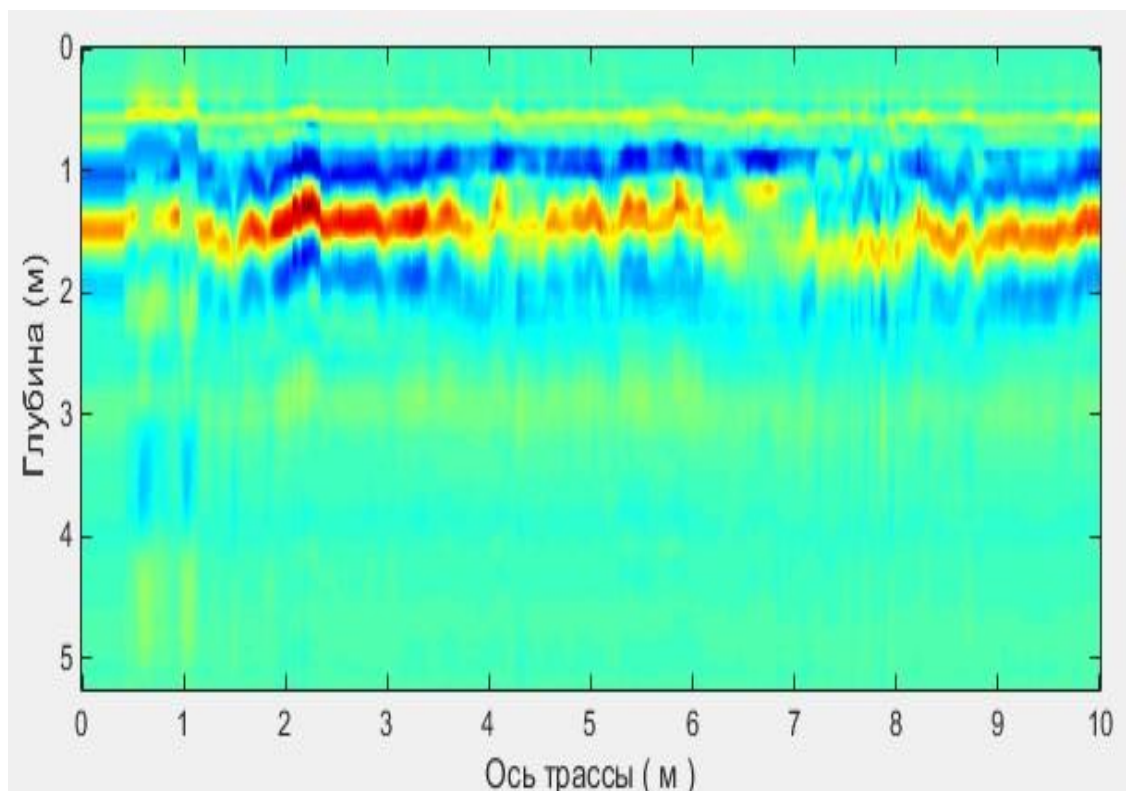


Рисунок 4 - Радарограмма со шкалой глубины

Положение антенны x и соответствующая задержка времени сигнала t приблизительно удовлетворяют трехпараметрическому уравнению гиперболы:

$$\frac{t^2}{t_0^2} - \frac{4x - x_0^2}{v^2 t_0^2} = 1, \quad (3)$$

где v - скорость распространения волн под землей, которая считается постоянной в небольшой области; x_0 - горизонтальное положение объекта; t_0 - время задержки сигнала. Вершина (x_0, t_0) указывает положение объекта в вершине. Скорость v и позиция (x_0, t_0) вершины определяют форму гиперболы отражения. Схема отражения сигнала показана на рис. 5. Положение антенны x и время задержки сигнала t приблизительно удовлетворяют гиперболическому уравнению (3).

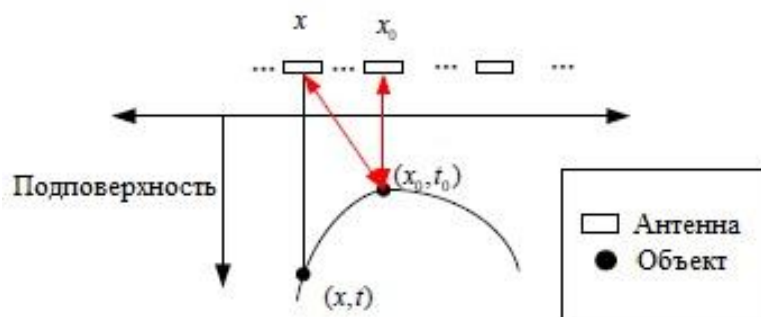


Рисунок 5 - Схема отражения сигнала

В радарограмме каждому подповерхностному объекту соответствует серия полос, имеющая изогнутую форму в виде гиперболы, вершина которой обращена вверх (рис. 6). Глубина объекта определяется по верхней точке вершины этой гиперболы [6, 7].

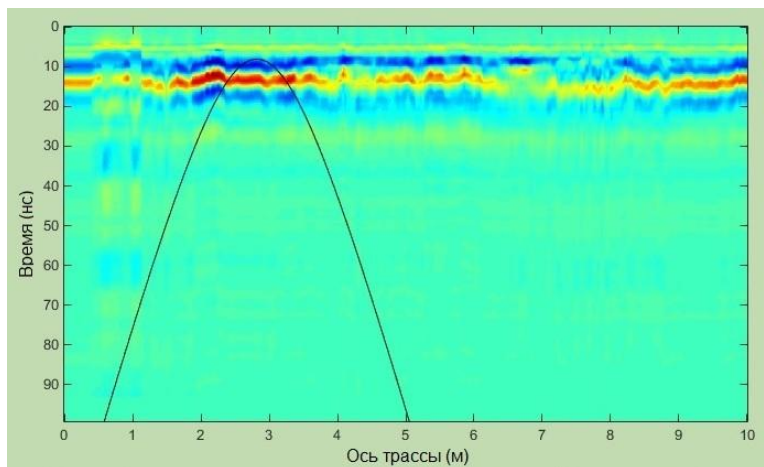


Рисунок 6 - Вид гиперболы на радарограммы

В программе в интерактивном режиме подбирается вид и размеры гиперболы и рассчитывается глубина залегания объекта.

При диэлектрической проницаемости подповерхностного грунта $\epsilon=12$, глубина залегания бочки равна 1,9 м. Относительная погрешность измерения равна 5%.

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод.

Существующие в настоящее время программные средства обработки георадарных данных не раскрывают использованных методов определения глубины залегания подповерхностных объектов. Математическая модель и программное обеспечение, лежащие в основе обработки данных георадиолокаций, являются коммерческой тайной производителей и недоступны для прямого анализа.

Наличие собственного программного модуля определения глубины залегания подповерхностных объектов позволяет апробировать новые алгоритмы с учетом необходимых свойств подповерхностной среды.

Работа поддержана грантом МОН РК по договору № 132 от 12.03.18, ИРН AP05133922.

Список литературы

1. Владов М.Л. Введение в георадиолокацию: Учеб. пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. - М.: Изд-во МГУ, 2004. - 153 с.
2. Harry M. Jol. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Elsevier Science, 2009. - 402 p.
3. Изюмов С.В. Теория и методы георадиолокации: Учеб. пособие / С.В. Изюмов, С.В. Дручинин, А.С. Вознесенский. - М.: Изд-во «Горная книга», 2008. - 196 с.
4. Ground Penetrating Radar / edited by David J. Daniels. - London, the Institution of Electrical Engineers, 2009. - 734 p.
5. Вопросы подповерхностной радиолокации / Под ред. А.Ю. Гринева. - М.: Радиотехника, 2005. - 416 с.
6. Пупатенко В.В. Определение местоположения подземных коммуникаций с помощью георадара "Лоза": Метод. пособие / В.В. Пупатенко, Г.М. Стоянович, Ю.А. Сухобок. -

Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – 24 с.

7. Методика определения точного местоположения и глубины залегания, а также разрывов подземных коммуникаций (силовых, сигнальных кабелей, трубопроводов газо-, водоснабжения и др.), предотвращающая их повреждения при проведении земляных работ. МДС 11-21.2009/000 «Тектоплан», ООО «Геологоразведка». – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 41 с.

Получено 10.08.2018

УДК 553.684

А.Н. Копобаева

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРИЛЛИЯ В ОСАДОЧНЫХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

В статье рассматривается распределение Be в осадочных и метаморфических горных породах Центрального Казахстана на основе анализа результатов ранее проведенных работ. Изучение закономерностей распределения Be необходимо для оценки возможности использования кларков Be при оценке потенциальной рудоносности геохимических аномалий в почвах.

Мақалада Орталық Қазақстанның шөгінді және метаморфты тау жыныстарындағы бұрынғы жұмыс нәтижелерін талдау негізінде Be таралуы қарастырылады. Be таралу заңдылықтарын зерттеу топырақтағы потенциалды кенді геохимиялық аномалияларды бағалау мақсатында Be кларктерін пайдалану мүмкіндіктерін бағалау үшін қажет.

The paper discusses the distribution of Be in sedimentary and metamorphic rocks of Central Kazakhstan, based on an analysis of data from earlier studies. A study of the regularities of the distribution of Be was carried out to assess the possibility of using clarks in assessing the potential ore content of geochemical anomalies in soils.

Ключевые слова: бериллий, осадочные породы, метаморфические породы, Центральный Казахстан, распределение, кларки.

В геохимических процессах бериллий ведет себя как типичный литофильный элемент, что в первую очередь подтверждается его распределением в различных горных породах.

Вопрос о накоплении бериллия в осадочных и метаморфических породах изучен крайне слабо и в современной литературе почти не затрагивается. Однако существует ряд данных, свидетельствующих о нахождении бериллия не только в магматических, но и в осадочных [1-9] и метаморфических породах [6, 9].

В работе [6] приведены кларки 168 видов горных пород Центрального Казахстана, включая магматические, осадочные и метаморфические породы, и в соответствии с темой данной статьи эта работа будет рассматриваться при анализе группы осадочных и метаморфических пород.

Основные черты методики создания кларков. Работа по определению средних содержаний химических элементов в горных породах Центрального Казахстана была выполнена Глуханом И.В. и Серых В.И. [6-10]. В результате их исследований была создана уникальная в мировой геохимической практике система породных кларков крупного региона, базирующаяся на результатах исследования 15000 составных проб, приготовленных из 400000 первичных проб. Пробы проанализированы количественными методами на 40-

56 элементов, включая и породообразующие элементы. Результаты выполненных работ опубликованы в статьях [6-10].

Созданная система кларков Центрального Казахстана способствует более эффективному и надежному решению насущных задач геологической практики и фиксирует тот факт, что теперь уже практически бессмысленно при локальных и даже региональных исследованиях в этом регионе пользоваться ранее полученными глобальными кларками. Рассмотренные в работе аналитические данные являются оригинальными и получены наряду с петрогенными компонентами.

Контроль качества аналитических данных был подтвержден 14 отраслевыми стандартными образцами химического состава пород, подготовленных в Центральной лаборатории ПГО «Центрказгеология» под руководством Козыревой Е.К. и утвержденных в СССР в качестве стандартов отрасли «Геология». Данные, полученные в результате анализа эталонных образцов, прошли как текущую, так и окончательную проверку. Текущая проверка состояла в повторном определении элементов, которые существенно отличались от стандартного значения, или во введении исправлений. На заключительном этапе были рассчитаны основные статистические данные (среднее значение, точность его вычисления, стандартное отклонение и коэффициент вариации) для каждого контрольного образца.

Для более удобного сравнения при обработке результатов был рассчитан индекс соответствия (ИС), который был равен отношению полученного среднего содержания к сертифицированному содержанию. Понятно, что чем ближе ИС к единице, тем более надежными являются данные. Результаты обработки не выявили существенных, зависящих от времени, изменений в качестве анализов. В 70% случаев среднее содержание компонентов, полученных химическим анализом (115 средних значений), отклоняется от сертифицированных значений только на 5%, а в 30% случаев точно совпадает с ними (ИС равен единице).

Кларки осадочных и метаморфических пород Центрального Казахстана. При вычислении кларков выяснилось разнообразие терригенных осадочных пород, спектр составов которых оказался даже более широким, чем в магматических породах. До этого это были безликие песчаники, алевролиты, аргиллиты и т.п. Отсюда становится понятным и многообразие составов метаморфических пород.

В табл. 1, 2 приведены региональные кларки бериллия 77 видов осадочных пород Центрального Казахстана – с 68 по 145 порядковый номер кларка по таблице кларков в [6].

В результате анализа данных [6-10] было выявлено, что средние содержания бериллия в осадочных породах изменяются от 0,3 г/т (известняк) до 3,5 г/т (умереннокислые литокластические граувакки).

В различных группах песчаных пород среднее содержание Be изменяется от 0,5 г/т (кварцевые песчаники) до 3,5 г/т (умереннокислые литокластические граувакки), в различных группах алевропесчаных пород – от 0,3 г/т (известняк) до 2,3 г/т (среднеосновные калиевые аргиллиты). Нужно отметить, что все калиевые разновидности осадочных пород богаче бериллием по сравнению с калинатовыми и натровыми разновидностями тех же видов пород.

В табл. 3 приведены региональные кларки бериллия 22 видов метаморфических пород Центрального Казахстана, со 146 по 168 порядковый номер кларка по [6].

Таблица 1

Региональные кларки Be в алевропесчаных, пелитовых, карбонатных и кремнистых породах [6]

№ клар-ка	Песчаные породы	Be, г/т	№ клар-ка	Песчаные породы	Be, г/т
Петрокластические граувакки:			83	среднеосновные калиевые известковистые	0,6
	основные натровые	0,8	84	средние	0,9
	основные натровые известковистые	0,6	85	умереннокислые	3,5
	среднеосновные натровые	0,8	Полимиктовые граувакки:		
	среднеосновные натровые известковистые	0,6		средние известковистые	1,0
	среднеосновные калиевые известковистые	0,8		средние	1,2
	средние натровые	0,9		умереннокислые	1,0
	средние натровые известковистые	0,6	90	кислые	1,1
	умереннокислые натровые	0,9	Аркозы и субаркозы:		
	умереннокислые натровые известковистые	0,7	91	кислые натровые	1,1
	умереннокислые калиевые	1,6	92	кислые калиевые	1,4
	кислые натровые	1,0	93	ультракислые натровые	1,2
	кислые калиевые	1,7	94	ультракислые калиевые	1,1
80	ультракислые натровые	1,2	Песчаники:		
81	ультракислые калиевые	1,4	95	олиго- и мезомиктовые	0,7
Литокластические граувакки:			96	кварцевые	0,5
82	среднеосновные натровые известковистые	0,9			

Таблица 2

Региональные кларки Be в алевропесчаных, пелитовых, карбонатных и кремнистых породах [6]

№ кларка	Осадочные горные породы	Be, г/т	№ кларка	Осадочные горные породы	Be, г/т
Алевропесчаные породы <i>Алевролиты:</i>				среднеосновные калиевые	2,3
	основные натровые	0,8		среднеосновные калиевые известковистые	1,4
	основные натровые известковистые	0,6		углистые средние	1,2
	основные калиевые известковистые	1,1		средние натровые	0,8
	среднеосновные натровые	0,7		средние калиевые	1,8
	среднеосновные натровые известковистые	0,7		умереннокислые натровые	0,9
	среднеосновные калиевые	1,0		умереннокислые калиевые	1,9
	среднеосновные калиевые известковистые	1,2		кислые натровые	0,9
	средние натровые	0,9		кислые калиевые	1,6
	средние натровые известковистые	0,6	130	ультракислые натровые	0,8
	средние калиевые	1,8	131	ультракислые калиевые	1,2
	средние калиевые известковистые	1,4	Карбонатные породы		
	углистые средние	1,2	132	Известняк	0,3
	умереннокислые натровые	1,0	133	Доломитистый известняк	0,4
	умереннокислые натровые известковистые	0,5	134	Алевритистый известняк	0,6
	умереннокислые калиевые	1,6	135	Кремнеземистый известняк	0,4
	кислые натровые	1,0	136	Доломит	0,4
	кислые калиевые	2,0	137	Известковистый доломит	0,5
	ультракислые натровые	1,0	138	Алевритистый доломит	0,5
	ультракислые калиевые	1,5	Кремнистые породы		
Пелитовые породы <i>Аргиллиты:</i>			139	Яшма	0,5
	основные натровые известковистые	0,9	140	Глинистая яшма	0,7
	основные калиевые известковистые	0,9	141	Фтанит	0,6
	углистые основные	0,8	142	Глинистый фтанит	0,9
	среднеосновные натровые	0,5	143	Кремень	0,6
	среднеосновные натровые известковистые	1,0	144	Глинистый кремень	0,8
			145	Туфосилицит	0,8

Таблица 3

Региональные кларки Be в метаморфических породах [1]

№ по кларку	Метаморфические породы	Be, г/т	№ по кларку	Метаморфические породы	Be, г/т
Метаосадочные:			158	метаплагиориодациты	1,3
146	углеродистые сланцы	1,9	159	метариодациты высококалиевые	2,6
147	паракристаллосланцы средние калиевые	2,2	160	метааюлиты высококалиевые	1,9
148	паракристаллосланцы-гнейсы умереннокислые калиевые	1,8	Метамагматические:		
149	паракристаллосланцы-гнейсы кислые натровые	1,2	161	эклогиты	0,9
150	паракристаллосланцы-гнейсы кислые калиевые	1,9	162	ортокристаллосланцы среднеосновные натровые	1,2
151	паракристаллосланцы-гнейсы ультракислые натровые	1,0	163	амфиболиты	1,0
152	паракристаллосланцы-гнейсы ультракислые калиевые	1,5	Метаплутонические:		
153	кварциты глиноземистые	0,7	164	метагаббро	0,9
154	кварциты	0,9	165	метаплагиограниты	0,8
Метавулканические:			166	метаграниты рапакививоподобные	2,0
155	метабазальты	1,0	167	металейкограниты рапакививоподобные	2,4
156	метатрахибазальты	1,0	168	метаалюскиты рапакививоподобные	2,6
157	метадациты натровые	1,7			

Из анализа данных [6, 10] следует, что среднее содержание бериллия в метаморфических породах изменяется от 0,8 г/т (метаплагиограниты) до 2,6 г/т (метаалюскиты рапакививоподобные, метариодациты высококалиевые). Также как и в осадочных, в метаморфических породах наблюдается та же закономерность – все калиевые разновидности пород данного типа богаче бериллием по сравнению с натровыми и калинатровыми разновидностями тех же видов пород.

По полученным средним содержаниям Be в осадочных и метаморфических породах [6] построены графики распределения бериллия в осадочных и метаморфических породах Центрального Казахстана (рис. 1, а, б). Цифры по оси абсцисс – порядковые номера пород по табл. 1-3; ось ординат – среднее содержание бериллия в породах. В табл. 4 приводятся выходные данные для построения графиков (рис.1, а, б).

Таблица 4

Исходные данные для расчета графиков распределения *Be*

Метаморфические породы							
№ кларка по табл. 1-3	Среднее содержание <i>Be</i> , г/т	№ кларка по табл. 1-3	Среднее содержание <i>Be</i> , г/т	№ кларка по табл. 1-3	Среднее содержание <i>Be</i> , г/т	№ кларка по табл. 1-3	Среднее содержание <i>Be</i> , г/т
146	1,9	153, 154	0,8	160	1,96	167, 168	2,5
147	2,2	155, 156	1	161, 162, 163	1		
148, 150	1,8	157, 158	1,5	164, 165	0,8		
149, 151, 152	1,4	159	2,6	166	2,4		
Осадочные породы							
68, 70	0,8	89, 90	1	106, 107	1,6	121	2,3
69, 71	0,6	91, 93	1,1	108	1,2	118, 123	1
72, 73, 75	0,8	92, 94	1,2	109	1	125, 127, 129	1,8
74, 76	0,6	95, 96	0,6	110	0,5	126, 128, 130	0,8
78, 80	1,1	97, 98	0,7	111, 115	1,6	132, 133, 135, 136	0,4
77, 79, 81	1,6	99	1,1	112, 114	1	134, 137, 138	0,5
82, 83, 84	0,8	100, 101	0,7	113	2	139, 140, 143	0,6
85	3,5	102, 103	1,1	116, 117, 119, 124	0,7	141, 142, 144, 145	0,8
87, 88	1,1	104, 105	0,8	120, 122	1,2		

На рис. 1, *а* изображены графики распределения бериллия в осадочных и метаморфических (рис. 1, *б*) породах, объединенные в 35 групп с 68 по 145 (осадочные) и 13 групп с 146 по 168 (метаморфические) порядкового номера включительно.

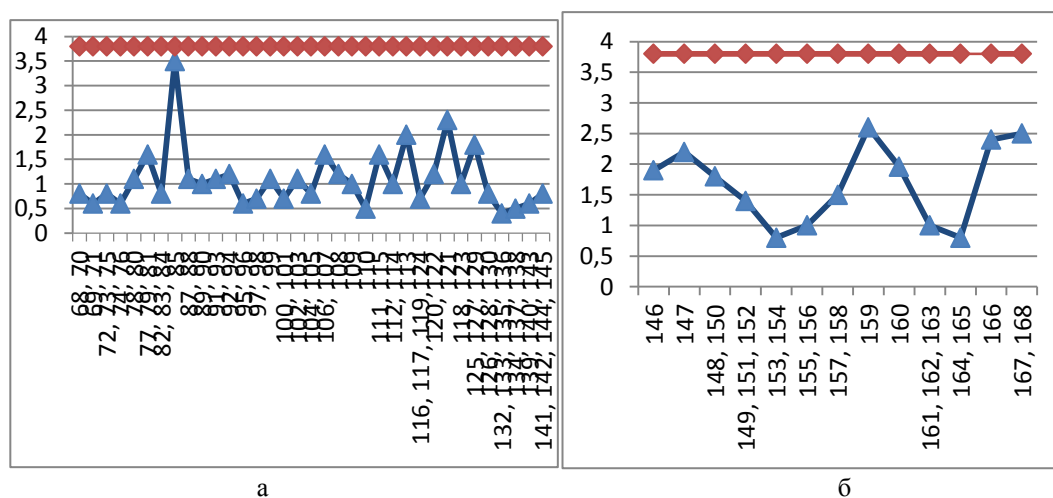


Рисунок 1 – График распределения кларков бериллия в породах Центрального Казахстана:

а - в осадочных и б - в метаморфических породах (цифры – номера кларков по табл. 1-3,

— кларк *Be* в земной коре по Виноградову А.П., (1962)— кларки *Be* по Глухану И.В. и Серых В.И., (2003)

Как видно из рис. 1, среднее содержание бериллия в осадочных и метаморфических горных породах Центрального Казахстана является в количествах ниже кларков его в

земной коре [11]. Среднее содержание бериллия лишь в умереннокислых литокластических граувакках (3,5 г/т) близко к кларку земной коры, во всех остальных породах кларк бериллия равен 2,5 г/т и ниже.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Последней работой по установлению кларков в горных породах крупного региона являются результаты исследований казахстанских ученых Глухана И.В. и Серых В.И. [6-10]. Созданная система породных кларков Центрального Казахстана способствует более эффективному и надежному решению насущных задач геологической практики и фиксирует тот факт, что теперь уже практически бессмысленно при локальных и даже региональных исследованиях в этом регионе пользоваться ранее полученными глобальными кларками. Конечно же, глобальные кларки нужны при решении петрогеохимических, петрологических и других проблем на уровне земных оболочек и крупных тектонических структур планеты, но для практических решений они в свете новейших геохимических данных уже устарели.

Система породных кларков [6] была получена современными методами анализа с использованием стандартов химического состава горных пород, утвержденных как обязательные для отрасли «Геология» в СССР. Эти стандарты использовались для контроля более 25% всех проб, учтенных при создании системы породных кларков. Стандарты позволили достичь высокой воспроизводимости и достаточной точности анализа проб. Стандарты были проанализированы в 10 ведущих лабораториях СССР. Как среднее из результатов этих 10 лабораторий они стали обязательными для отрасли «Геология». Проведенный контроль стандартов позволяет считать предложенные кларки бериллия наиболее надежными и точными и рекомендовать их использование для дальнейших поисковых и прогнозных работ.

В осадочных и метаморфических породах наблюдается закономерность: все калиевые разновидности пород богаче бериллием по сравнению с натровыми и калинатровыми разновидностями тех же видов пород. Данная закономерность позволяет подойти к оценке потенциальной рудоносности геохимических аномалий в почвах и обосновать целесообразность дальнейших прогнозных исследований. Можно считать, что если содержание элементов в почве при литогеохимическом опробовании оказалось выше кларка этого элемента в нижележащей породообразующей породе, то это может свидетельствовать о наличии потенциально рудоносной аномалии в этом месте.

Список литературы

1. Гольдшмидт В.М. К геохимии бериллия: Сб. ст. по редким элементам / В.М. Гольдшмидт, К. Петерс. – Изд-во иностр. лит-ры, 1938.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – АН СССР, 1950.
3. Ферсман А.Е. Геохимия. – Химтеоретиздат, 1939, - Т. 4.
4. Петров В.П. Содержание микроэлементов в уральских огнеупорных глинах и каолинах / В.П. Петров, Н.В. Лизунов // Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. – АН СССР, 1946.
5. Протасова Н.А. Редкие и рассеянные элементы (Mn, Cr, V, Ni, Cu, Zn, Co, Mo, Be, Ti, Zr, Ga, Sr, Ba, I, B) в почвообразующих породах Центрального Черноземья // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2003. - № 2. – С. 164-171.
6. Глухан И.В. Кларки горных пород Центрального Казахстана / И.В. Глухан, В.И. Серых // Известия АН РК. - Сер. Геология. – 2003. – № 3. - С. 81–116.
7. Глухан И.В. Кларки песчаных пород Центрального Казахстана / И.В. Глухан, В.И. Серых // Геохимия. – 1999. – № 9. – С. 976-993.
8. Глухан И.В. Кларки алевролитов и аргиллитов Центрального Казахстана / И.В. Глухан, В.И. Серых // Геохимия. – 2000. – № 9. – С. 922-940.
9. Глухан И.В. Средние содержания химических элементов в карбонатных и кремнистых поро-

- дах Центрального Казахстана / И.В. Глухан, В.И. Серых // Геохимия. – 2001. – № 6. – С. 607-620.
10. Глухан И.В. Средние содержания химических элементов в метаморфических породах Центрального Казахстана / И.В. Глухан, В.И. Серых // Геохимия. – 2002. – С. 142-155.
11. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.

Получено 22.10.2018

УДК:527.42

Ж.Т. Мукаев, А.М. Оралханов

Государственный университет им. Шакарима, г. Семей

Ж.О. Озгелдинова

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

НЕКОТОРЫЕ ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА ОЗЕРА АЛАКОЛЬ

В статье рассматриваются лимитирующие факторы рекреационной деятельности на территории бассейна озера Алаколь. Основными лимитирующими факторами бассейна озера Алаколь являются: пожары, переработка берегов, снежные лавины, оползни, сели, землетрясения. Лимитирующие факторы рекреации и туризма имеют; абиотическое и биотическое происхождение. В статье также рассматриваются естественные и антропогенные факторы, лимитирующие рекреационную деятельность.

Алақол көлінің аумағындағы рекреациялық іс-әрекеттердің шектеуші факторлары қарастырылған. Алақол көлі аумағындағы негізгі шектеуші факторлары: өрт, көл жағалауының бұзылуы, қар көшкіні, сырғымалар, сел, жер сілкінісі т.б. болып табылады. Туризмнің және рекреацияның шектеуші факторлары: абиотикалық және биотикалық болып ажыратылады. Мақалада рекреациялық белсенділікті шектейтін табиғи және антропогендік факторлары қарастырылады.

The article considers the limiting factors of recreational activity on the territory of the Alakol lake basin. The main limiting factors of the Alakol lake basin are: fires, processing of beaches, snow avalanches, landslides, mudflows, earthquakes. Restrictive factors of recreation and tourism have: abiotic and biotic origin. The article considers natural and anthropogenic factors that limit recreational activity.

Ключевые слова: лимитирующие факторы, медико-географическое районирование, абразионно-аккумулятивные процессы.

Географический анализ и оценка лимитирующих факторов территории необходимы для информационного обеспечения управления природопользованием и принятия экологически обоснованных решений при определении пригодности конкретных территорий, используемых в рекреационных целях.

Рекреация, как и другие виды природопользования, ограничивается целым рядом факторов. Лимитирующие факторы рекреации и туризма могут иметь различное происхождение. Традиционно различают факторы абиотического и биотического происхождения. В абиотических факторах первостепенное значение имеют климатические характеристики и изменчивость метеорологических параметров, геохимические аномалии, а также стихийные природные бедствия и катастрофы. К стихийным бедствиям и катастрофам относят землетрясения и извержения вулканов, наводнения, селевые потоки и сход снежных лавин и ледников, оползни, засухи, лесные и торфяные пожары. Среди биологических факторов обычно различают микробное загрязнение окружающей среды, наличие особо опасных инфекций и природно-очаговых заболеваний, распространение опасных

животных, ядовитых и поллинозных растений, возможность заражения биопаразитами [1].

Важный элемент оценки природно-рекреационного потенциала рекреации и туризма – определение лимитирующих факторов и пороговых показателей, ограничивающих возможность развития разных видов рекреации. Ими могут быть социально-экономические (недостаток транспортных связей, распашка и др.) и природные факторы (однотипность природных комплексов, наличие особо охраняемых природных территорий с заповедным режимом и др.). Природные опасности и естественные препятствия, мешающие передвижению и отдыху, дискомфортность климатических условий – факторы, ограничивающие или исключающие развитие туризма. Территория с природными явлениями и процессами, потенциально опасными для здоровья и жизни человека, признается несовместимой с рекреацией [2].

В настоящее время решение проблемы влияния окружающей среды на здоровье человека в значительной мере зависит от степени и глубины изучения закономерностей, свойственных нозогеографии определенных геосистем. Одним из важнейших методов этого изучения является медико-географическое картографирование, позволяющее создавать пространственно-временные модели, иллюстрирующие количественные и качественные показатели конкретной геосистемы.

Значительную роль в медико-географических исследованиях Казахстана сыграли отечественные исследователи (Г.И. Белоскурская, Н.П. Гончаров и др.). В 1994 году составлены многочисленные карты отдельных и сочетающихся медико-географических явлений, таких как ареалы переносчиков возбудителей природно-очаговых инфекционных и паразитарных болезней, биогеохимических эндемий [3].

Основными лимитирующими факторами бассейна озера Алаколь по степени интенсивности могут быть признаны пожары и переработка берегов озера. Равнинная и предгорная части бассейна озера Алаколь характеризуется сильной степенью опасности возникновения пожаров. В летне-осенний период возникновения пожаров обусловлено иссушенным травостоем, сильными ветрами и высокими температурами (см. табл.).

Пожары особенно губительно влияют на фауну и флору пойменных тугаев и дельтовых водоемов. Расположенные вдоль русла тополево-ивовые леса сильно разрежены пожарами и вырубками. Небольшие прирусловые перелески из древовидных ив, сильно нарушенные пожарами, сохранились на участках Туйыксу, Онагаш, Жалыколь и Миялы [4]. Также возгоранию подвержены камыши. Так, в 2013 году на участках Туйыксу, Аткаскен, Байбала на территории Алакольского государственного заповедника площадь пожара составила 500 га. Основная причина пожаров - неосторожное обращение населения с огнем в период сенокосения и уборочной страды.

На территории бассейна озера Алаколь продолжительность пожароопасного сезона составляет 6 месяцев, начиная с конца апреля, заканчивая концом октября. Наиболее пожароопасные лесные массивы расположены в Жетысуском Алатау и Тарбагатайском хребте, также опасности возникновения пожаров подвержены камышовые заросли на территории Алакольского государственного заповедника и равнинные участки с сухим травостоем.

Лимитирующим фактором развития пляжно-купальной рекреации является переработка берегов озера Алаколь. Согласно данным, приведенным Е.А. Казанской за 1961-1964 гг., на отдельных берегах отмечается активация абразионных процессов, их интенсивность очень велика. Клиф северо-западного берега озера уже в течение нескольких лет, разрушаясь, ежегодно отступает в среднем на ширину до 30 м [5].

Абразионно-аккумулятивные процессы, развитые в береговой зоне Алакольских озер,

активизировались в настоящее время на фоне новейшего поднятия уровня воды озера. Колебания уровня, достигающие в многолетнем разрезе 5–6 м, сопровождаются значительными изменениями береговой линии. Переработка берегов в различных частях озера протекает с различной интенсивностью в зависимости от направления волновой равнодействующей, параметров волнового режима и геологического строения склонов. Так, у поселка Коктума размыта улица шириной до 300 м и размыв продолжается. Отступление берега составляет около 70 см в год. Абразия здесь связана с тем, что равнодействующая сильных ветров юго–восточного направления ориентирована перпендикулярно к берегу. Под воздействием процессов абразии происходит потеря плодородных земель, возникает угроза для населенных пунктов и хозяйственных объектов. Оценивая риски переработки берегов, их можно отнести к высокой степени.

Н.И. Михайлова и др. [6] как одну из возможных причин разрушения берегов озера Алаколь рассматривают ветры северо–западных румбов. Особенности рельефа описываемого участка обуславливают сложный характер ветровой деятельности. Специфический характер ветрового режима обуславливает пеструю картину волнения на акватории озера. Наибольшая высота волны (2–2,5 м) наблюдается на ветрах восточных направлений. Продолжительность непрерывного волнения (высота волн 1,25–2,5 м) в отдельные годы достигает 4–5 суток. Активное разрушение берегов наблюдается последние 50 лет, а ветры здесь дуют с момента возникновения Алакольской впадины. Основной же причиной разрушения берегов озера Алаколь авторами рассматриваются новейшие тектонические процессы. Рост блоков хребтов Барлык и Майли приводит к отчленению Эби–Нора. С начала четвертичного времени начинает активно расти блок Арганаты, разделявший Балхашскую и Алакольскую впадины, что приводит к перемещению озера Балхаш на северо–запад, а озера Алаколь на юго–восток.

Критическая ситуация для озера Алаколь наступила, вероятно, в последние два столетия. Надвигающиеся воды озера Алаколь перекрыли галечниковые пляжи, и стали разрушать берег. Береговой перенос переместил весь подводный пляж вдоль и продолжает перемещать на юго–восток, где намывается коса. Отсутствие подводного пляжа постепенно привело к критической ситуации, и сейчас происходит активная абразия юго–восточных и юго–западных берегов.

Группа ландшафтно–биотических факторов образует природно–эпидемиологический фон возможного проявления болезней природно–очагового характера – зооантропонозов. При анализе карты распространения иксодовых клещей в Восточно–Казахстанской и Алматинской области выявлено, что горные хребты Жетысуский Алатау, Тарбагатай и Барлык относятся к зоне реальной угрозы заражения, равнинная часть территории бассейна озера Алаколь относится к условно опасной зоне (см. рис.).

Особенностью эпидемиологической ситуации по клещевому энцефалиту в республике в последние годы является преобладание в структуре заболеваемости городских жителей, заражение которых происходит в антропоургических очагах (природной зоне) во время поездок, связанных с туризмом и отдыхом [7]. На территории Казахстана пик активности иксодовых клещей приходится на май–июнь, но возможность заражения существует в течение всего теплого периода. Согласно проведенному анализу заболеваемости клещевым энцефалитом с 2007 по 2009 гг. на территории бассейна озера Алаколь случаи заражения вирусом клещевого энцефалита регистрировались в селе Алексеевка Урджарского района [8].

Лимитирующие факторы рекреационного природопользования бассейна озера Алаколь

Группа факторов	Название фактора	Распространение и локализация	Интенсивность и сезонность проявления	Уровень ограничения и минимизации опасности	Соотношение причин антропоген/естествен
1	2	3	4	5	6
Геофизические	Пожары	Повсеместно. Территория Алакольской впадины характеризуется сильной степенью опасности. Жетысу–Алатауский район к умеренной степени опасности	Весенне-летний и осенний	Работа с населением, инструктаж противопожарной безопасности	Свыше 50% антропогенный
	Переработка берегов	Восточная, южная и западная часть берегов озера Алаколь	Летне-осенний период	Строительство волноломов и укрепление берегов	Природные
	Снежные лавины	Хребты Жетысуский Алатау и Тарбагатай	Зимний период	Спецподготовка инструкторов, туристов и маршрута, отсутствие шумовых эффектов	Природные и антропогенные
	Оползни	Внутригорные впадины Жетысуского Алатау. Восточное и юго-западное побережье озера Алаколь. Южный склон Тарбагатай	В период интенсивного выпадения осадков	Система оползневой защиты, предупредит. ограничения в месте сужения русла реки	Естественные процессы
	Сель	Хребет Жетысуский Алатау	В период потепления и интенсивного выпадения осадков	Система селевой защиты	Естественные процессы
	Землетрясения	В Жетысуском Алатау до 6 баллов. В Тарбагатайском хребте до 5 баллов	Сейсмичность максимальная с периодом 10 лет	Укрепление навыков по эвакуации, использование сейсмостойких сооружений	Природные

Большинство очагов распространения иксодовых клещей и носителей возбудителя находятся в малообжитой местности. Ареалы распространения приурочены к предгорным и горным территориям. Рекреационная деятельность в исследуемом регионе на сегодняшний день преимущественно связана с пляжным туризмом и приурочена к побережью озера Алаколь в районе сел Кабанбай, Акши, Коктума, Коктал. Поэтому укус энцефалитным клещом отдыхающих на рекреационных территориях маловероятен.

Природные очаги туляремии имеются во всех областях Республики Казахстан. На сегодняшний день в Казахстане определены четыре типа природных очагов туляремии:

предгорно–ручьевой, пойменно–болотный, тугайный и степной. На территории бассейна озера Алаколь выделяются два типа природных очагов туляремии: предгорно–ручьевой и пойменно–болотный (см. рис.). В обоих типах природного очага носителями возбудителя туляремии является водяная крыса (*Arvicolaterrestris*), в пойменно–болотном очаге туляремии также носителем инфекции может быть ондатра (*Ondatra zibethicus*) [9].

Согласно анализу карты очагов сибирской язвы Урджарский район бассейна озера Алаколь относится к территории с уровнем риска выше среднего, связанного с наличием скотомогильников. Скотомогильники представляют потенциальную опасность заражения населения и животных сибирской язвой из-за несоответствия многим требованиям санитарной безопасности. Ненадлежащее содержания таких захоронений может привести к разрушению стен скотомогильников, попаданию в них паводковых вод и фильтрации их в грунтовые воды [9].

Из опасных представителей фауны можно отметить следующих: хищных млекопитающих – медведя, волка и рысь, ареалы обитания которых на исследуемой территории связаны с горами, предгорьями и речными долинами; из пресмыкающихся – 2 вида змей: щитомордник и степная гадюка. К районам сильной опасности, где численность змей составляет более 3 особей на га, на исследуемой территории относятся низкогорные и среднегорные зоны Жетысуского Алатау, южные отроги хребта Тарбагатай.

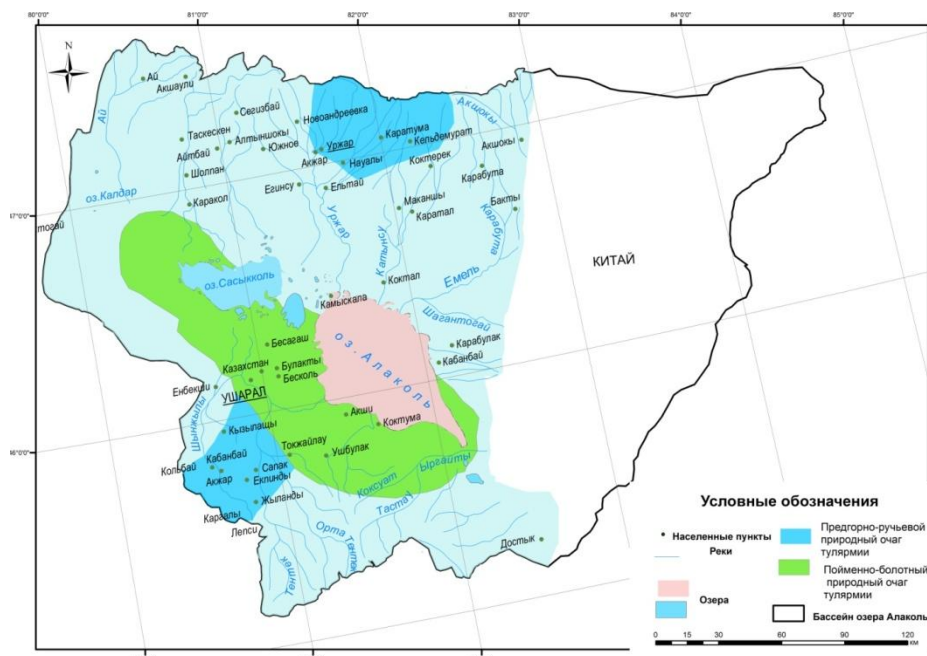


Рисунок – Опасность заболевания населения туляремией [9]

Как уже было отмечено выше, территориальные рекреационные системы в исследуемом регионе на сегодняшний день приурочены к побережью озера Алаколь в районе сел Кабанбай, Акши, Коктума, Коктал и преимущественно связаны с пляжным туризмом.

Таким образом, можно сделать вывод, что на территории бассейна озера Алаколь существуют естественные и антропогенные факторы, лимитирующие рекреационную деятельность. Стоит также отметить, что исследуемый регион является не самым опасным местом по естественным лимитирующим факторам, уступая как по числу видов, так и по

напряженности проявления самых опасных природных инфекции в отличие от соседних территорий.

Список литературы

1. Косолапов А.Б. Лимитирующие факторы туризма. – Владивосток: ДВГА-ЭУ, 2000. – 156 с.
2. Нефедова В.Б. Методы рекреационного районирования / В.Б. Нефедова, Е.Д. Смирнова, И.А. Упит и др. // Вопросы географии: Науч. сб. – М.: Мысль, 1973. – № 93. – С. 51-61.
3. Джаналеева К.М. Теоретические и методологические проблемы географии. – Астана: ЕНУ им. Л. Н. Гумилёва, 2008. – 226 с.
4. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана / Под ред. М.Ж. Бурлибаева и др. – Астана: ТОО «Типография Комплекс», 2007. – Т. 3. – 254 с.
5. Казанская Е.А. Морфология и динамика берегов озера Алаколь // Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 88-121.
6. Михайлова Н.И. Проблема разрушения берегов озера Алаколь / Н.И. Михайлова, А.Н. Логиновская // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – № 3. – С. 53-56.
7. Киреев Н.К. Природно-очаговые болезни человека в Казахстане. – Алматы, 2001. – 89 с.
8. Куленова Г.Б. Анализ заболеваемости клещевым энцефалитом населения Восточно-Казахстанской области за 2007-2009 гг. / Г.Б. Куленова, Д.Н. Сапаков, Ж.С. Абильгожинова и др. // Региональный вестник Востока. – 2010. – № 3. – С. 154-161.
9. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан / Под ред. А.Р. Медеу. – Алматы, 2010. – 263 с.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 38.49.17

А.П. Пяткова, М.А. Мизерная, А.П. Мирошникова

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

А.В. Пятков

ТОО «ГЕОС», г. Усть-Каменогорск

М.П. Половко

ТОО «КАЗЦИНК», г. Усть-Каменогорск

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛЕЕВСКОЕ

Месторождения Зырянского рудного района, как и всего Рудного Алтая, относятся к семейству колчеданных рудных формаций. Здесь выделяются объекты, которые различаются морфологическими особенностями, содержанием и соотношениями рудных компонентов, геолого-тектоническими условиями размещения. Основными рудовмещающими структурами рудных зон являются антиклинали 4 и 5 порядков. Оруденение локализуется в экзоконтакте порфиров в осадочном разрезе маслянской свиты.

Зырян кенді ауданының кен орындары барлық Кенді Алтайдағы кен орындарына ұқсас колчедан кенді формациялар тобына жатады. Мұнда морфологиялық ерекшеліктері, кен құрамдарының құрамы мен қатынасы, геологиялық-тектоникалық орналасу шарттарымен өзгешеленетін объектілер кездеседі. Кенді аймақтардың кен сыйыстырушы негізгі құрылымдары 4 және 5-реттік антиклиналдар болып табылады. Кендену маслянь қатпарларының шөгінді тілігінде порфирлердің экзоконтактысында шоғырланады.

Deposits of the Zyryanovsk ore area, as well as all Ore Altai, belong to pyritic ore formation family. Objects with different morphological features, contents and ratios of ore components, geological and tectonic placement conditions are allocated here. Main ore-containing structures of ore zones are anticlines of the 4

and 5 order. Mineralization is localized in exo-contact of porphyries in maslyanskaya suite sedimentary section.

Ключевые слова: полиметаллы, рудные зоны, типы руд, месторождение, сульфиды, Рудный Алтай.

Лидером по добыче цветных металлов и золота в Казахстане являются золото-серебро-колчеданно-полиметаллические месторождения, одним из которых является очень крупное по полиметаллам, золоту и серебру месторождение Риддер-Сокольное. Сюда же можно отнести крупные и средние золото-полиметаллические месторождения Ново-Ленинское, Майкаин, Тишинское, Артемьевское, Малеевское, Чекмарь и др. Содержания Au 0,3-6,0 г/т (среднее по типу 1,0 г/т), Cu 0,16-4,4% (среднее 1,0%). Сопутствующие компоненты: Ba, Cd, Se, Te, Bi, Tl, Ga, Ge, In и др. [1-3].

Колчеданно-полиметаллическое месторождение Малеевское находится в Зыряновском рудном районе Лениногорско-Зыряновской подзоны Рудно-Алтайской структурно-формационной зоны. В структурном плане Зыряновскому району соответствует Ревнюшинский антиклинорий с неглубоко залегающим каледонским основанием, Малеевское месторождение приурочено к северо-западному флангу Малеевско-Путинцевской антиклинали, осложняющей северное замыкание Ревнюшинской структуры.

Зыряновский рудный район охватывает территорию нижней и средней части бассейна реки Бухтармы и в структуре Рудного Алтая занимает крайнее юго-восточное положение. За длительный период освоения и геологического изучения в районе выявлено большое количество (>150) рудных проявлений цветных металлов, которые по структурно-формационной приуроченности группируются в рудные узлы. Среди последних основную промышленную ценность представляет Ревнюшинский рудный узел.

Ревнюшинский рудный узел пространственно совпадает с одноимённой антиклинальной структурой и расположен в центральной части района. Площадь рудоносности антиклинали составляет около 250 км². В среднем одно сульфидное проявление на этой территории приходится на 1,5-2,0 км², а одно месторождение - на 12-15 км². Все известные месторождения, рудопоявления и точки минерализации размещаются главным образом на четырёх рудных полях: Зыряновском, Греховском, Малеевско-Путинцевском и Богатырёвско-Осочихинском (рис. 1) [1, 4]. Малеевско-Путинцевское рудное поле занимает самую северо-западную часть Ревнюшинского рудного узла. Основу рудного поля составляет Малеевское месторождение, расположенное на западном крыле Малеевско-Путинцевской антиклинали.

К югу от него находится Путинцевское месторождение. Ядерная часть Малеевско-Путинцевской антиклинали сложена породами ревнюшинской свиты, насыщенной телами среднедевонских кварц-полевошпатовых порфиров и порфиритов, а крылья – терригенно-осадочными отложениями маслянской, хамирской и тургусунской свит. На севере и западе стратифицированные отложения прорываются интрузиями Щебнюшинского и Сивозёрского массивов.

В строении месторождения принимают участие отложения девонского и нижнекаменноугольного возрастов, кварц-полевошпатовые порфиры и порфириты среднедевонского возраста, порфириты нижнекарбонового возраста. Отложения девонского возраста представлены ревнюшинской ($D_{1e}-D_{2ef_1rv}$), маслянской ($D_{2ef_2}-zv_1ms$) и хамирской ($D_{2zv_2}-D_{3hr}$) свитами (рис. 2). Нижнекаменноугольные отложения представлены осадками, относимыми к тургусунской свите.

Основной рудовмещающей толщей является маслянская свита. Хамирская свита имеет

наиболее широкое площадное распространение, слагая надрудный стратиграфический уровень в районе месторождения. Нижнекаменноугольные отложения представлены осадками, относимыми к тургусунской свите. Магматогенные образования на месторождении развиты широко и представлены субвулканическими телами среднедевонского комплекса, субвулканическими порфирами ларихинского комплекса и интрузивными телами змеиногорского комплекса.

На месторождении было выделено шесть природных подтипов руд (по минералогическим признакам), которые в последующем были объединены в два технологических сорта: полиметаллический и колчеданный медно-цинковый.

Было признано целесообразным отнесение руд к полиметаллическим при абсолютном содержании свинца 0,6% и более, т.к. при меньшем содержании не были получены стандартные свинцовые концентраты. Руды с содержанием свинца менее 0,6% отнесены к колчеданному медно-цинковому сорту.

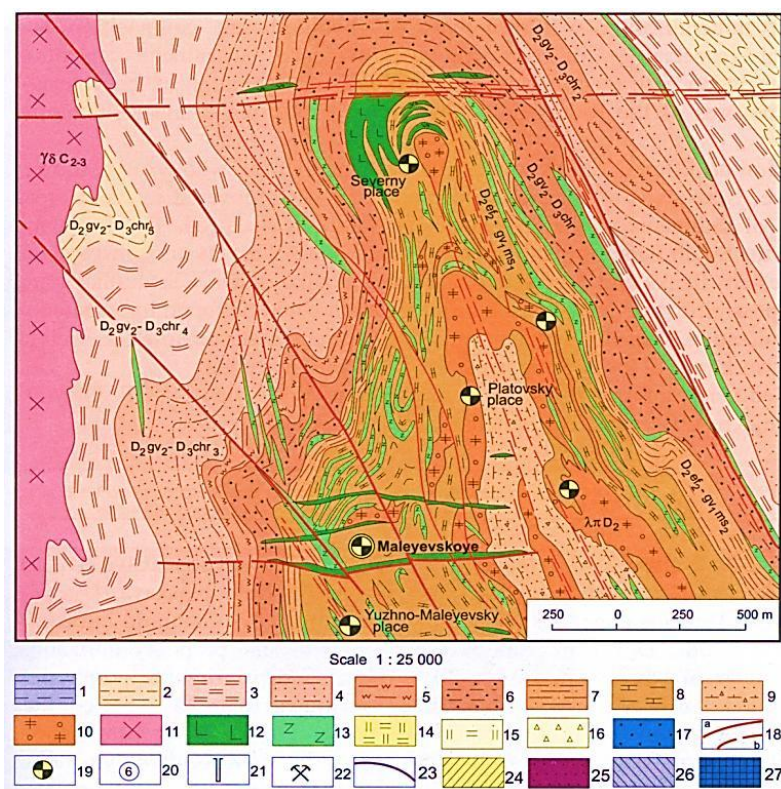
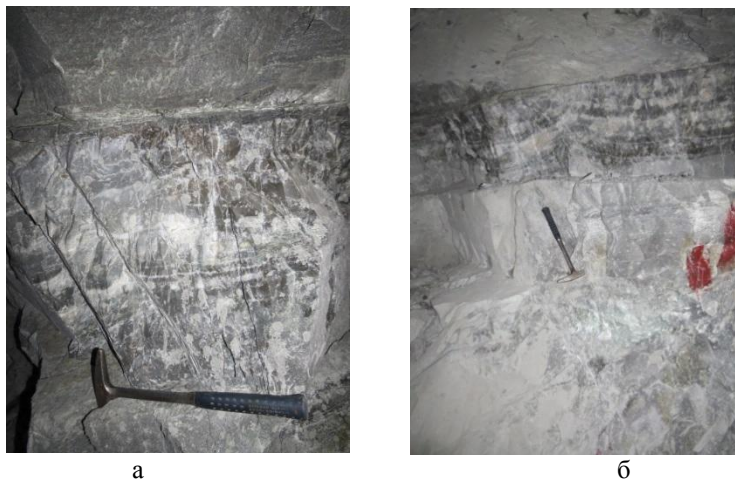


Рисунок 1 - Геологическая карта Малеевско-Путинцевского рудного поля: 1 - тургусунская свита;

2 - песчано-аргиллитовый слой; 3 - глинисто-алевролитовый слой; 4 - глинистый алевролит-песчаный слой; 5 - аргиллиты; 6 - песчаники; 7 - известковый алевролит; 8 - алевролит; 9 - туфо-песчаники; 10 - порфиры; 11 - плагиограниты, гранодиориты; 12 - габбро, габбро-диориты, габбро-нориты; 13 - габбро-порфиры; 14 - ортокварцит; 15 - брекчевые кварциты; 16 - зоны повышенной сланцеватости пород; 17 - рудные тела; 18 - линии разломов; 19 - месторождения; 20 - номера рудных тел; 21-22 - стволы шахт; 23 - названия рудных зон; 24 - границы рудных зон; 25 - медно-колчеданные руды; 26 - медно-цинковые руды; 27 - цинковые руды;

27 - полиметаллические руды



а

б

Рисунок 2 – Породы маслянской свиты: а - кремнистые алевролиты верхней пачки маслянской свиты на контакте с телом диабазовых порфиров; б - контакт алевролитов и кварцитов

Малеевское месторождение относится к колчеданно-полиметаллическому промышленному типу. Главными рудными компонентами являются: цинк, медь, свинец; присутствуют: золото, серебро, кадмий, висмут, индий, селен, теллур, сурьма, мышьяк и другие элементы [5].

Главными рудообразующими минералами являются пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, второстепенными – блеклая руда, пирротин, магнетит. Из редких элементов-спутников установлены самородное золото, серебро, сурьма, висмут, электрум, висмутин, молибденит, кобальтин, пираргирит и др. Среди нерудных наиболее распространены кварц, хлорит, кальцит, барит, актинолит, тремолит, в меньшей степени – серицит, альбит, эпидот, биотит и др. Часть минералов цветных металлов и элементов-примесей находится в очень тесных взаимных сростаниях друг с другом. Отмечены повышенные концентрации золота, серебра, кадмия, ртути, висмута, молибдена, кобальта, мышьяка, сурьмы, селена, таллия, теллура, галлия, индия, германия, никеля. Носителями и концентраторами попутных компонентов служат сульфидные минералы (рис. 3). По текстурным типам оруденения выделяются сплошные и вкрапленные руды. Сплошные руды сложены массивными колчеданно-полиметаллическими, медно-цинковыми и серноколчеданными рудами. В сплошных рудах выделяются массивные, массивные с отдельными элементами полосчатости, линзовидно-полосчатые и реже брекчиевидные и пятнистые структуры.

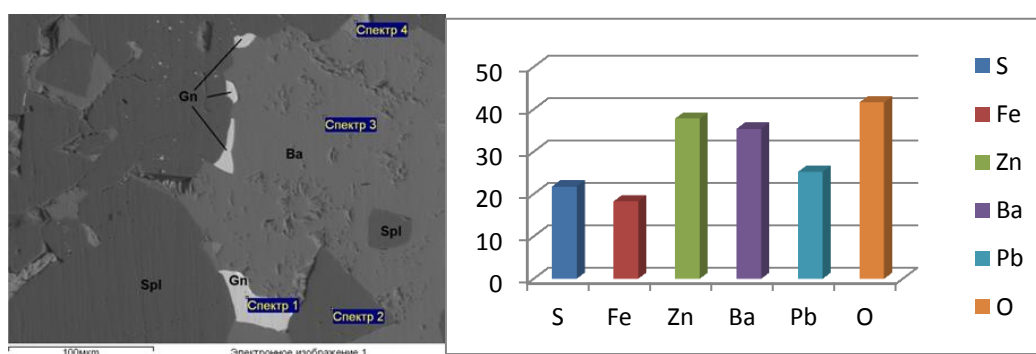


Рисунок 3 - Электронно-микроскопическое изображение состава руд в отраженном свете. % содержание компонентов в аншлифе: Gn - галенит; Ba - барит; Spl – сфалерит

Вкрапленный тип (составляет около 40%), развитый в основном в подошве и на флангах рудных тел, представлен прожилковыми, прожилково-вкрапленными и вкрапленными текстурами. Матрицей, вмещающей средой для этого типа руд, являются гибридные породы (95,9%), представленные кварцитами, окварцованными алевролитами, а 4,1% составляют минерализованные порфиры.

Руды Малеевского месторождения по химическому и минеральному составу типичные колчеданные полиметаллические с отношением свинца, цинка и меди 1:6:2 соответственно. Основные рудные залежи сложены преимущественно сплошными и густовкрапленными (30-60% пирита) рудами. Основные качественные различия как сплошных, так и вкрапленных руд заключаются в количественных соотношениях главных промышленно ценных компонентов, которые приводятся в относительных процентах к их сумме, принятой за 100% (табл. 2). По преобладанию главных рудных элементов выделено два типа руд – полиметаллический и колчеданный медно-цинковый.

Выделенные по минералогическим признакам два типа руд впоследствии корректировались результатами исследований технологических проб. В частности, было признано целесообразным отнесение руд к полиметаллическим при абсолютном содержании свинца 0,6% и более, т.к. при меньшем содержании не был получен стандартный свинцовый концентрат. Руды с содержанием свинца менее 0,6% отнесены к колчеданным медно-цинковым. Минералогический выделяемый подтип цинковых руд является промежуточным и по содержанию свинца относится либо к полиметаллическому, либо к колчеданному медно-цинковому типам.

Серноколчеданные руды четко обособляются, слагая лежащий бок рудной залежи, переходя в ореолы пиритовой вкрапленности в гидротермально-измененных породах. Мощность серноколчеданных руд – от 0,3 до 7 м. Главным рудообразующим минералом является пирит, составляя до 95% в сплошных и 30-60% во вкрапленных разностях. В резко подчиненном количестве наблюдаются халькопирит (1-3%), редкие зёрна сфалерита, пирротина. Из нерудных минералов распространены: хлорит, меньше кварц, серицит, кальцит. Образование Малеевского месторождения связано с процессами метаморфизма, отчетливо делящегося на дорудный, внутрирудный и пострудный этапы. Первые два этапа связаны с функционированием подводной вулканогенно-гидротермальной системы Ревнюшинского палеовулкана. Сложная история формирования массива измененных пород доказывается наличием как брекчий с рудным цементом, содержащих обломки метасоматитов, так и брекчиями, содержащими полиметаллические руды в виде обломков с цементом, представленным гидротермалитами. В распределении гидротермально-метасоматических изменений пород на месторождении наблюдается четкая асимметрия – ореолы их развиваются, в основном, со стороны лежащего бока рудных тел [6].

Мощность метасоматитов и интенсивно измененных пород колеблется от первых метров до 100 м и более. Серицитизированные породы пространственно тяготеют к верхним контактам сплошных руд. Кварц-серицит-пиррофиллитовые (кварц-серицит-хлоритовые) породы пространственно и, возможно, генетически тесно связаны с образованием серноколчеданных руд. Кварциты и окварцованные породы локализуются в основном в лежащем боку сплошных руд. На выклинках и в удаленных полях развития кварцитов растет количество хлорита, вплоть до хлоритолитов, где доля последнего составляет 90-95%. Формирование основного массива метасоматитов месторождения происходило совместно с процессами формирования руды, в свою очередь тесно связанными со становлением массива гипабиссальных пород.

На Малеевском месторождении на отдельных участках экраном, ограничивающим оруденение вверх по разрезу, являются субвулканические кварцевые порфиры, реже тон-

кообломочные алевролиты и кварциты. Положение рудных тел и околорудных метасоматитов, их формы и размеры в значительной степени определяются структурными факторами, среди которых важную роль играют как элементы складчатости (межслоевые зоны отслоений), так и наложенные на складчатость разрывные нарушения и зоны трещиноватости. Порой, особенно в подошвенных частях залежей, метасоматические преобразования развиты в зонах, секущих слоистость, и нередко представлены жилообразными, штокверковыми телами нацело преобразованных пород – хлоритолитов, серицитолитов. Последние фиксируют каналы поступления гидротермальных растворов.

К пострудным проявлениям метаморфизма прежде всего надо упомянуть контактовый метаморфизм. С ним связан процесс ороговикования рудовмещающих отложений маслянской свиты в экзоконтакте нижнего тела порфиров. Наиболее развитыми роговиковыми минералами являются биотит, кордиерит, андалузит, актинолит. Мощность ороговикованных пород достигает 150-250 м. Контактный метаморфизм, связанный со становлением Щербюшинского массива, проявлен, в основном, частичной перекристаллизацией пород хамирской и маслянской свит с появлением скоплений биотита. Наиболее широко он проявлен на Холодной рудной зоне, наиболее близко залегающей по отношению к кровле массива.

Предполагается, что первичное рудообразование на всех основных месторождениях Ревнюшинской структуры происходило синхронно с осадконакоплением в результате подводной гидротермальной деятельности (гидротермально-осадочным путем), как правило, на некотором удалении от центров активного кислого вулканизма. Процесс этот был достаточно длительным и стадийным, с неоднократным поступлением в гидротермальные ванны металлоносных растворов.

Результаты определения изотопного свинца по 14 пробам независимо от типа руд и места отбора проб дают модельный возраст 476 ± 10 млн лет (ордовик), т.е. возраст рудного свинца древнее возраста вмещающих пород. Однако возраст свинца и возраст месторождения не одно и то же. По-видимому, источником рудного вещества являлась область смещения нижнекорового и мантийного материала. Вероятно, в ордовик-силурийское время существовал закрытый магматический бассейн. В результате ликвационных процессов расплав дифференцировался на силикатную и сульфидную составляющие, и изотопный состав свинца зафиксировал это время. Анализ морфоструктурных, минералогических и физико-химических особенностей позволяет считать, что рудообразование на Малеевском месторождении тесно связано со становлением пород среднедевонского субвулканического комплекса на дне водоема и в толще слабо сцементированных и насыщенных водой осадков. Это произошло в эйфель – раннеживетское время одновременно с резкой активизацией вулканической деятельности. Процесс рудообразования был длительным, характеризовался пульсационным поступлением металлоносных растворов и подразделяется на ряд стадий. Сульфиды ранней стадии подверглись интратрудной перекристаллизации, а более поздней чередовались с отложениями терригенных осадков. На завершающей стадии рудного процесса произошла активизация тектонической обстановки в регионе и часть ранее сформированных синрудных тел была разрушена с переотложением их в горизонте конседиментационных «мусорных брекчий». В это же время формировались кварц-баритовые купола с явлениями диапиризма, выжимания рудного вещества с образованием апофиз жильного типа, а также имело место эксплозивно-гидротермальное брекчирование. Последующее преобразование руд и пород произошло в процессе диагенеза, регионального и локального контактового метаморфизма.

В результате детального изучения минерального состава руд месторождения, выделения их природные и технологические типы, установлены и описаны минеральные ассоци-

ации, последовательность их образования, типоморфные особенности минералов, текстуры и структуры руд установлена зональность оруденения. Для главных рудообразующих минералов изучены элементы-спутники, формы их нахождения в рудах, выявлены отличия в распределении редких элементов в сульфидных рудах разных генераций [1].

Список литературы

1. Каюпов А.К. Основные гипотезы о генезисе колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // Проблемы генезиса колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. – Алматы, 1977.
2. Mizernaya, M.; Dyachkov, B.; Miroshnikova, A. Large sulfide-quartz stockwork gold deposits of Kazakhstan - formation conditions and predicting criteria // VISNYK OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV-GEOLOGY. – Выпуск: 3. – С. 82-88.
3. Mizerny, A.I., Miroshnikova, A.P., Mizernaya, M., Diachkov, B.O. Geological and structural features, magmatism and mineralization of Sekysivske and Vasylykivske Stockwork gold deposits (Kazakhstan) // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu (2). – 2017. – С. 5-13.
4. Большой Алтай – уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии: Матер. междунар. конф. - Алматы-Усть-Каменогорск, 2010. – 254 с.
5. Юдовская М.А. Минералого-геохимические особенности и условия формирования руд Малеевского месторождения на Рудном Алтае. - Автореф. дисс... - М.: МГУ, 1995.
6. Лобанов К.В. Медно-колчеданное оруденение Юго-Западного Алтая. – Автореф. дисс... - Новосибирск, 2012.

Получено 22.10.2018

МРНТИ:87.03.17;87.53.13

М.А. Саденова, М.Е. Утегенова, Т.Б. Әнуарбеков

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

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье приводятся результаты исследования свойств природных сорбентов и техногенных материалов металлургических предприятий Казахстана для оценки перспектив их использования в синтезе керамических систем, пригодных для различных отраслей народного хозяйства (катализ, строительство и др.).

Мақалада халық шаруашылығының әртүрлі салаларында қолдануға жарамды керамикалық жүйелерді синтездеу мүмкіндіктерін бағалау үшін табиғи сорбенттер мен Қазақстанның металлургиялық кәсіпорындарының техногендік шикізаттарының қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

The article presents the results of the study of the properties of natural sorbents and technogenic materials of metallurgical enterprises in Kazakhstan to assess the prospects for their use for the synthesis of ceramic systems suitable for various sectors of the national economy (catalysis, construction, etc.).

Ключевые слова: минеральное природное сырье, синтез, керамика, техногенный материал.

Для современного Казахстана вопрос рационального использования местных природных и техногенных ресурсов с целью получения новых технических материалов является наиболее актуальной задачей. Практический интерес к природным минеральным сорбентам обусловлен разнообразием, спецификой, уникальным характером свойств, наличием больших ресурсов в недрах и возможностями применения с экономической выгодой по сравнению с другими видами сырья и синтетических аналогов. Наряду с природными сорбентами заслуживают внимания техногенные запасы сырья, как ранее накопленные,

так и текущие (отвалы, терриконы, шламонакопители и др.). Запасы техногенного сырья в стране составляют свыше 50 млрд тонн и постоянно увеличиваются. Изучение их составов и свойств позволит расширить области их применения наряду с традиционным применением в дорожной и строительной отраслях [1].

Известно, что в европейских странах и Австралии местные власти выдают разрешение на добычу ископаемых через экологические инспекции с условием, что после эксплуатации все будет воссоздано в первоначальном виде, т.е. терриконы возвращаются обратно в выработки или перерабатываются, проводится экспертиза для выявления уровня доизвлечения имеющихся цветных, редких и благородных металлов. В Японии из терриконов извлекают редкоземельные элементы, германий, в России проводят отделение магнитных железосодержащих соединений. После измельчения породы или отходов вторичной добычи до фракции 10-80 мкм техногенные материалы пригодны для включения в состав асфальта, бетонных изделий в качестве наполнителя.

Объем и структура использования природных минеральных сорбентов определяются в основном алюмосиликатами различной природы (глины, цеолиты, шунгиты и т.д.). Известно, что природные цеолиты представляют собой кристаллические алюмосиликаты, содержащие оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, отличающиеся строго регулярной структурой пор, заполненных молекулами воды. Природный цеолит легко подвергается регенерации, его можно повторно использовать. Бентонитовые глины представляют собой продукты естественного разрушения вулканических лав, золей, туфов под воздействием окружающей среды. Основным минералом в бентонитах является монтмориллонит, присутствуют также каолинит, кварц, полевые шпаты. Высокая степень рассеивания частиц бентонитов вызывает их исключительную пластичность. В Казахстане имеется ряд разведанных месторождений каолина. Наиболее крупными являются месторождения Алексеевское и Елтайское в Северном, Союзное в Западном Казахстане. Основные потребители каолина – предприятия керамической, стекольной и целлюлозно-бумажной промышленности.

Техногенные минеральные образования (ТМО) характеризуются различными количественными параметрами и качественными свойствами, условиями и временем формирования, экологическим воздействием на окружающую среду. Они характеризуются сложной внутренней структурой, различаются по плотности, тонкости фрагментов, структуре материала, сохранению полезных компонентов и технологическим свойствам минерального сырья [2-4]. Специфические свойства техногенных материалов позволяют рассматривать их не только как заменители природного минерального сырья, но и как новые нетрадиционные минералы. После определения качественной и количественной структуры отходов можно провести оценку их пригодности для участия в синтезе новых материалов, например для производства керамических материалов, пригодных для использования в экологическом катализе и др. [5]. Территориальное расположение, структура и другие характеристики техногенных месторождений тесно связаны с природными месторождениями соответствующих минералов. Распределение основной массы техногенных месторождений на территориях Казахстана очень специфично. В процентном отношении распределение ТМО выглядит следующим образом: в Восточно-Казахстанской области золото - 82%, полиметаллы - 70%, в Карагандинской области - медь 96%, вольфрам - 100%, в Костанайской области железо и марганец - 72%, в Акмолинской области уран - 99%, в Актюбинской области - 99%, никель - 100%, в бокситах Павлодарской области - 100%, в Жамбылской области фосфориты - 99%, барит -100%.

В качестве объектов исследования использовались природные алюмосиликаты и техногенные материалы металлургических предприятий.

Методом рентгенодифрактометрического анализа на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $\text{CuK}\alpha$ -излучением и β -фильтром на полуколичественной основе по дифрактограммам порошковых проб природных цеолитов месторождений Чанканай (ЧМ), Сары-Озек (СОМ) и Тайжузген (ТМ), а также пыли Актюбинского ферросплавного завода (АЗФ) с применением метода равных навесок и искусственных смесей для основных фаз проводился расчет содержания. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Ось абсцисс – величина угла 2θ ; ось ординат – интенсивность рефлексов, отн. ед. Интерпретация дифрактограмм с использованием данных картотеки ICDD показала, что природные цеолиты преимущественно состоят из кварца, альбита, клиноптилолита и анортита (рис. 1). Однако в цеолите Сары-Озекского месторождения наряду с указанными компонентами в значительном количестве наблюдается присутствие смектита (монтмориллонит) и анальцима.

Спектр с химическим составом доменной пыли АЗФ представлен на рис. 2. Основными компонентами пыли с электрофильтров являются: оксид железа (III) – 30,7%, хромит (FeCr_2O_4) – 20,8%, вюстит – 18,8%, оксид железа (II) – 15,9%, оксид кремния – 6,9%, оксид алюминия – 7%. Для сравнения были сняты РФА-спектры исходного хромового концентрата (рис. 3). Видно, что основными компонентами являлись: хромит – 56%, вюстит – 20%, оксид кремния – 13%, CrFe_7CO – 11%.

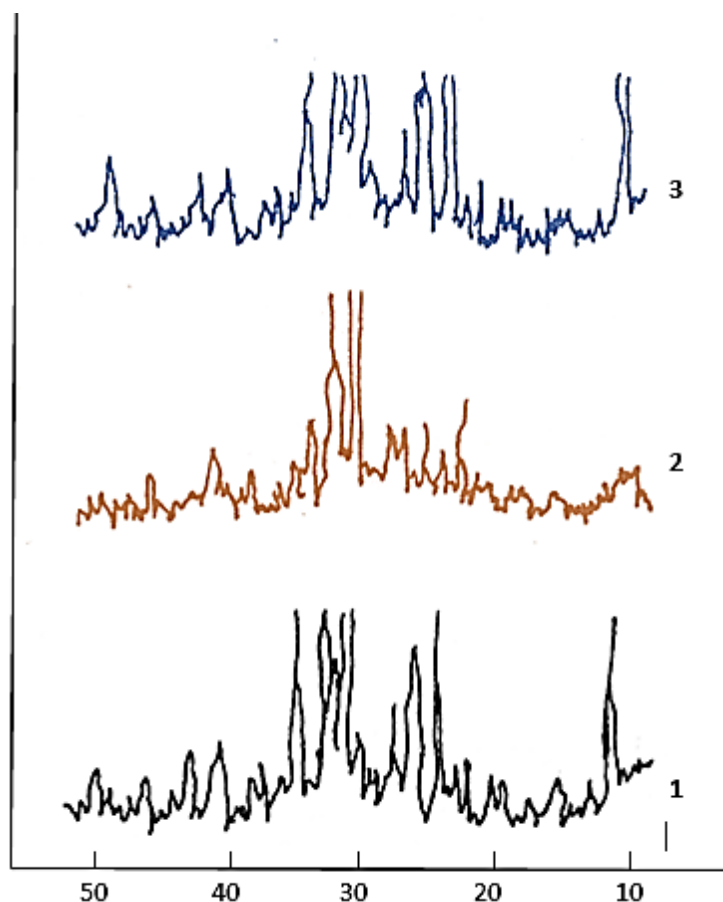


Рисунок 1 – Спектры РФА цеолитов: 1-СОМ; 2- ЧМ; 3- ТМ

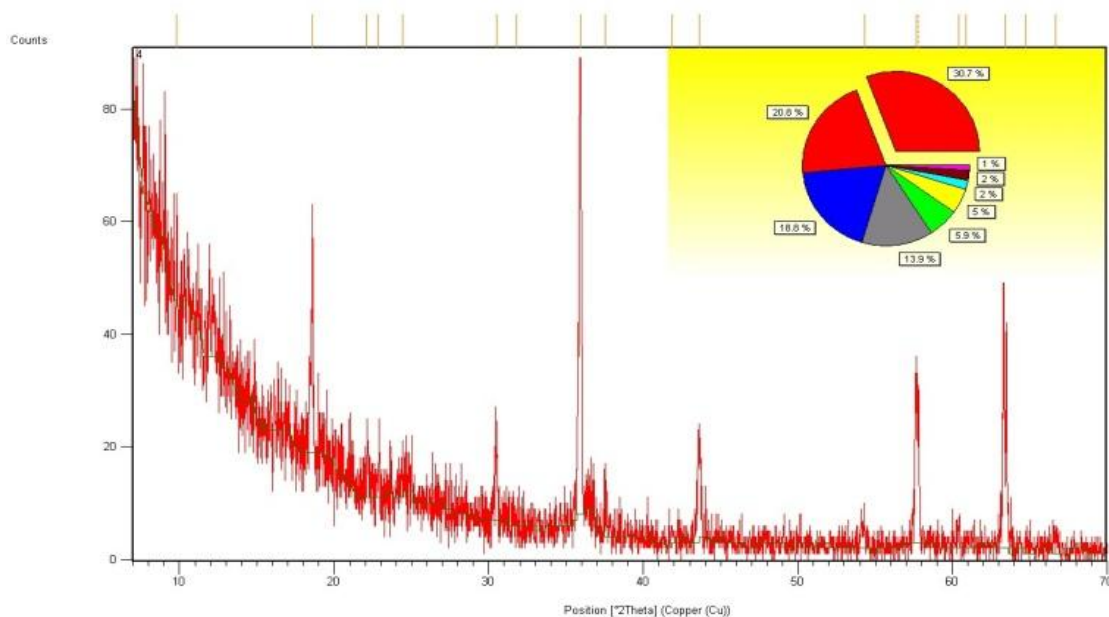


Рисунок 2 – Спектр РФА доменной пыли с электрофильтров АЗФ

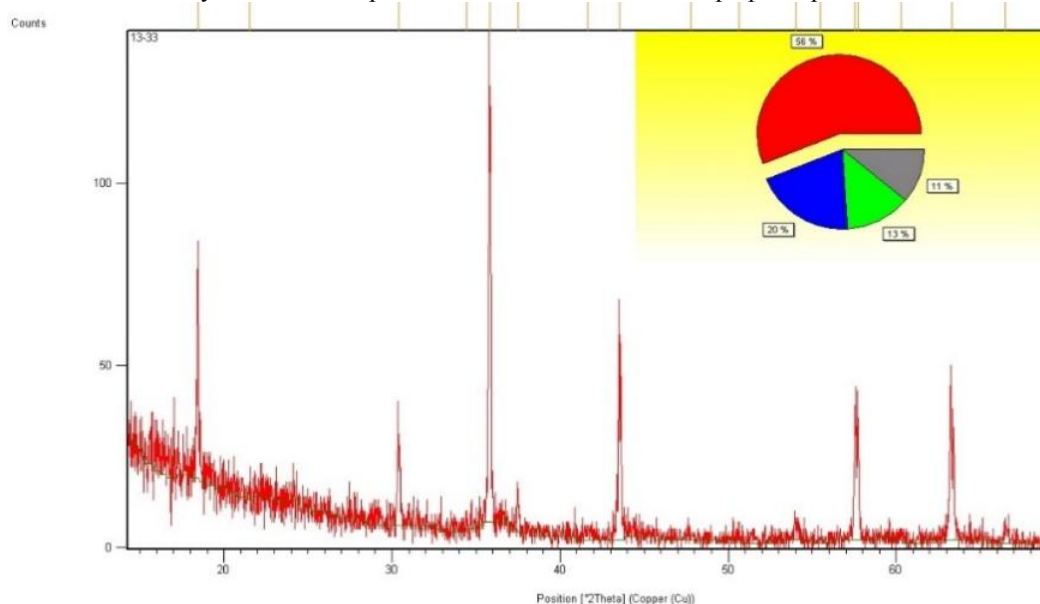


Рисунок 3 – Спектр РФА хромового концентрата АЗФ

Электронно-микроскопические исследования проводили с помощью оптического микроскопа Olympus BX 51, используя метод светлого поля в отражённом свете. Для проведения оптической микроскопии образцы исходных материалов (в виде таблеток) шлифовали на шлифовально-полировальном станке. Для шлифования применяли мелкозернистую шлифовальную бумагу с размерами зерен от 14-20 до 7-10 мкм, вращающуюся со скоростью 400-500 оборот/мин. На рис. 4 представлены оптические снимки природных цеолитов.

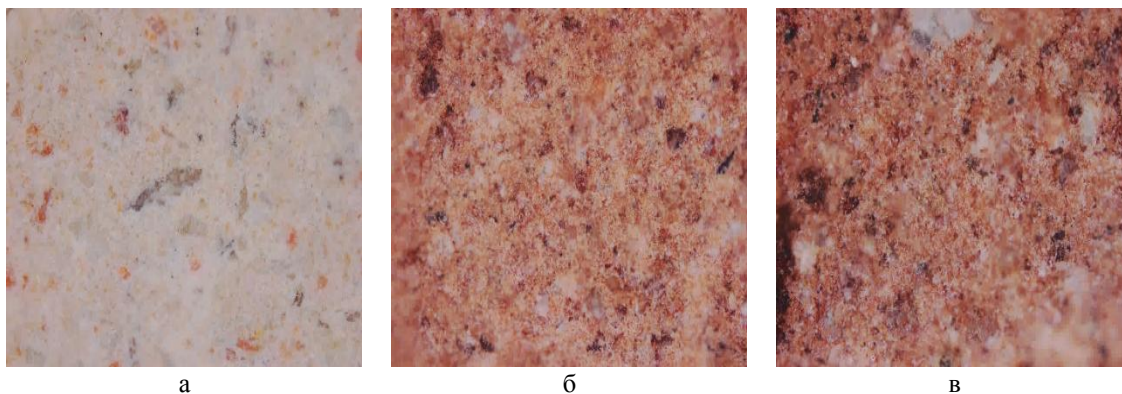


Рисунок 4 - Снимки, полученные при увеличении $\times 100$: а - цеолит Тайжугенского месторождения; б - цеолит месторождения Сарыозек; в - цеолит Чанканайского месторождения

Видно, что цеолит главным образом представлен тонкозернистой поверхностью. Зерна характеризуются неправильной формой и относительно маленькими размерами $\sim 0,02$ мкм, достигая иногда $0,1$ мкм.

По данным рентгенофазового анализа (рис. 1, а) установлено, что природный цеолит Тайжугенского месторождения представлен клиноптилолитом, кварцем, полевыми шпатами и другими минералами. В исследуемом образце (рис. 4, а) клиноптилолит имеет красный, белый и прозрачный цвета. Его зерна равномерно распределены по площади. Контуры частиц четкие, угловатые, что отражает кристаллическую природу исследуемого объекта. Визуально видны три основные фазы: кирпичного, черного и белого цветов (рис. 4, б, в). Преобладают высокодисперсные частицы размером зерен порядка $0,01$ - $0,04$ мкм. Но встречаются и отдельные более крупные зерна. Частицы имеют форму изометричных пластинок с четкими сглаженными контурами.

Включения кварца представлены неправильной и округлой формами размером $0,05$ - $0,1$ мкм, рассеянными равномерно по всей площади шлифа. Содержание форм сероватого оттенка алевроитовой размерности представлены неокатанными зернами альбита.

На основе классических методов порошковой металлургии нами выполнен синтез керамических материалов, при котором исходные вещества в виде порошков подвергали экструзии, прессованию и термообработке.

Шихта, состоящая из природных цеолита, бентонита и техногенных отходов (шлаки/пыли), высушивалась, расщеплялась и измельчалась до фракции $0,1$ мм. Затем ее в необходимых пропорциях смешивали с дистиллированной водой для получения однородной пластичной массы. Полученную смесь направляли на экструзию с получением гранул и прессование для синтеза таблеток. Экструзию керамических носителей проводили с помощью настольного оборудования марки GM-100. Производство гранулированных носителей катализаторов (рис. 5) включает стадии подготовки шихты, ее экструзию в виде гранул и последующую агломерацию.

Синтезирована опытная партия образцов. В таблице представлены составы и маркировки опытной партии. Показано, что, наряду с пылью АЗФ, представляло интерес изучение применимости шлаков свинцового и медного производств ТОО «Казцинк».

Микроскопический анализ полученных образцов в отраженном свете установил, что все образцы имеют неоднородную макро- и микроструктуру (рис. 6), обусловленную наличием плотных и пористых включений (зерен), находящихся в мелкозернистой спеченной основной массе. Исследования структуры выявили индивидуальные особенности микроструктуры образцов, различный минеральный состав зерен (включений), отличаю-

щийся по цвету и морфологии поверхности. Однако имеются также общие характерные черты. Белые включения представлены в основном кварцем, коричневые (рыжие) зерна – железосодержащей полуразложившейся (выветренной) горной породой переменного состава. Черные и серые зерна в образцах имеют принципиально иной состав. Они представлены в основном железосодержащими металлургическими гранулированными шлаками, состоящими из силикатной стеклофазы с включениями магнетита, шпинели и металлического железа.



Рисунок 5 – Процесс изготовления гранул

Описание опытной партии синтезированных образцов

№	Состав	Маркировка
1	ТМ + бентонит + свинцовый шлак (ТОО «Казцинк»)	Тс
2	ТМ + бентонит + медный шлак (ТОО «Казцинк»)	Тм
3	ТМ + бентонит + доменная пыль (АЗФ)	Тд
4	ТМ + бентонит + отвальный глубоковский шлак (ТОО «Казцинк»)	Тг
5	СОМ + бентонит + свинцовый шлак (ТОО «Казцинк»)	Сс
6	СОМ + бентонит + медный шлак (ТОО «Казцинк»)	См
7	СОМ + бентонит + доменная пыль (АЗФ)	Сд
8	СОМ + бентонит + глубоковский шлак*	Сг
9	ЧМ + бентонит + свинцовый шлак (ТОО «Казцинк»)	Чс
10	ЧМ + бентонит + медный шлак (ТОО «Казцинк»)	Чм
11	ЧМ + бентонит + доменная пыль (АЗФ)	Чд
12	ЧМ + бентонит + отвальный глубоковский шлак (ТОО «Казцинк»)	Чг

*глубоковский шлак - лежалый медный шлак Глубоковского медеплавильного завода

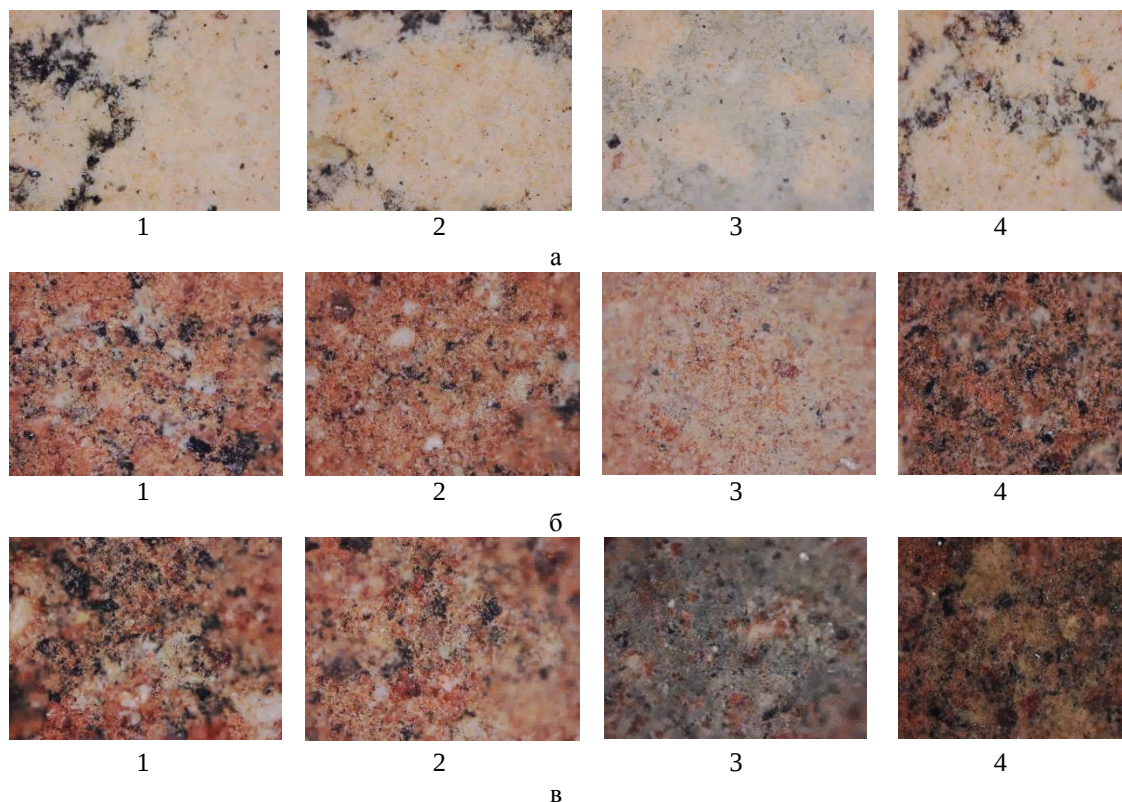


Рисунок 6 – Снимки, полученные при увеличении $\times 100$, цеолитбентонитовых контактов с добавлением отходов металлургической промышленности: а: 1 - Тс; 2 - Тм; 3 - Тд; 4 - Тг; б: 1 - Сс; 2 - См; 3 - Сд; 4 - Сг; в: 1 - Чс; 2 - Чм; 3 - Чд; 4 - Чг

Таким образом, рассмотрена возможность использования минерального сырья Казахстана, в том числе техногенного, для синтеза партии цеолитбентонитовых контактов, содержащих от 10 до 20% техногенных отходов (шлаков или пылей) свинцового, медного и феррохромного производств в различных сочетаниях и количествах.

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод. Основной целью проведенных исследований было развитие новых подходов и разработка методов получения новых материалов, пригодных для использования в экологическом катализе. Обзор литературных данных показал, что возможность получения новых материалов для различных целей на основе природного минерального сырья и техногенных отходов хорошо изучена строительной индустрией во всем мире. Экспериментальные данные, полученные при исследовании свойств природных и техногенных материалов, а также результаты синтеза сложных многокомпонентных смесей, параметры и особенности полученных новых материалов свидетельствуют о возможности вовлечения техногенных отходов металлургической промышленности в синтез новых материалов.

Список литературы

1. Sadenova M.A., Abdulina S.A., Tungatarova S.A. The use of natural Kazakhstan zeolites for the development of gas purification catalysts // Clean Technologies and Environmental Policy. –2016. – № 2, V 18. – P. 449-459.

2. О концепции развития геологической отрасли Республики Казахстан до 2030 года. - Астана, 2012.
3. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе не-спекающегося малопластинчатого техногенного и природного сырья: Дисс... д-ра. техн. наук: 05.23.05 / Новосибирский гос. архитектурно-строительный ун-т. – Новосибирск, 2014. – 395 с.
4. Дараев А.И. Роль техногенных минеральных образований в укреплении сырьевой базы Казахстана // Горный журнал. – 2008. – № 3. – С. 86-89.
5. Федорчук Ю.М. Разработанные и перспективные технологии использования техногенных материалов в России и Казахстане / Ю.М. Федорчук, М.А. Саденова // International journal of applied and fundamental research. – 2015. – № 7. – С. 218-222.
6. Саденова М.А. Получение новых материалов на основе природного минерального сырья Восточного Казахстана / М.А. Саденова, М.Е. Утегенова, Б.М. Кабланбеков и др. // Комплексное использование минерального сырья. – 2014. – № 3. – С. 86-92.

Получено 22.10.2018

УДК 636.237.23/.28.085.16.12

Е.М. Сапаргалиев, М.М. Кравченко, А.Ж. Азельханов

ТОО «Алтайский геолого-экологический институт»

Е.С. Суйекпаев

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

ПОИСКОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ТИТАН-ЦИРКОНИЕВЫХ РОССЫПЕЙ ОЗЕРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

В работе приводятся поисковые критерии для выявления россыпных месторождений титан-циркониевых песков озерного происхождения. В результате выполненных исследований разработаны поисковые признаки выявления озерных россыпей, создана современная литостратиграфическая схема, построенная на основе стратиграфической схемы прилегающих территории Зайсанской впадины, с помощью космоснимков приведены геологические структуры, перспективные на выявление титан-циркониевых месторождений. С разной степенью детальности рассмотрены поисковые критерии, проанализированы вопросы геологического развития района Караоткельского и Преображенского интрузивных массивов.

Жұмыста көлден шыққан титан-цирконий құмдарының шашыраңқы кен орындарын анықтау үшін іздеу өлшемдері келтіріледі. Орындалған зерттеулер нәтижесінде көлдің шашыраңқы құмдарының жерлерін анықтау және іздеу белгілері әзірленді. Зайсан ойпаты маңындағы аумағының стратиграфиялық сұлбасы негізінде қазіргі заманғы литостратиграфиялық сұлба құрылды, спутниктік суреттердің көмегімен титан-цирконий кен орындарын анықтауға перспективалы геологиялық құрылымдар келтірілген. Қараөткел және Преображен интрузивті массивтері ауданының геологиялық даму мәселелері талданды.

The paper presents the search criteria for identifying placer deposits of titanium-zirconium Sands of lake origin. As a result of the research, the search signs of lake placers detection were developed, a modern lithostratigraphic scheme was created, built on the basis of the stratigraphic scheme of the adjacent territory of the Zaisan basin, with the help of space images, geological structures, promising for the detection of titanium-zirconium deposits. The search criteria are considered with different degree of detail, the issues of geological development of the area of Karaotkel and Preobrazhen Intrusive massifs are analyzed.

Актуальность проведенных исследований на территории Восточно-Казахстанской области вызвана относительно низким содержанием ильменита и циркона в аллювиально-пролювиальных отложениях и корах выветривания, формирующих россыпи Караоткельского месторождения. Если на Преображенском интрузивном массиве содержание ильменита в речной россыпи Сатпаевского месторождения составляет $150,0 \text{ кг/м}^3$, то на Караоткельском месторождении $23,0 \text{ кг/м}^3$ ильменита и $6,0 \text{ кг/м}^3$ циркона. Низкое содержание ильменита в Караоткельском месторождении не привлекает потенциальных инвесторов для отработки данного объекта.

В то же время, как показывает мировая практика, титан-циркониевые россыпи озерного и морского происхождения характеризуются более богатой минерализацией. Например, в Брянской области (Российская Федерация) известная морская россыпь Новозыбковское при мощности 2,5 м имеет среднее содержание тяжелой фракции до 350 кг/м^3 [1].

Геологическая характеристика района Караоткельского и Преображенского массивов. В региональном плане район Караоткельского и Преображенского интрузивных массивов расположен в Западно-Калбинском мегасинклинии, в котором выделяются наложенные мульды верхнепалеозойского возраста.

В стратиграфическом строении района принимают участие отложения нижнего отдела каменноугольной системы, включающего: *визейский ярус* (C_{1v}), представленный полимиктовыми, вулканомиктовыми песчаниками; *серпуховский ярус* (C_{1s}), согласно перекрывающий визейские образования и разделенный на 2 пачки. Верхняя пачка представлена переслаиванием углистых и углисто-глинистых алевролитов с прослоями гравелитов. Нижняя пачка представлена вулcano-галечными конгломератами с единичными прослоями пелитовидных известняков.

Мезозойские отложения представлены отложениями верхнемеловой коры выветривания (K_2ma), характеризующимся повсеместным площадным распространением. Наряду с ними фиксируются линейные коры выветривания, которые приурочены к зонам тектонических нарушений и достигают глубин свыше 20 м.

В профиле коры выветривания в обобщенном виде выделяются следующие зоны (сверху вниз) [1-3]: *каолиновые глины*, представляющие собой отбеленный глинистый элювий, полностью утративший структуру материнских пород; *зона гидрослюд*, представленная глинистым структурным элювием, сложенным глинистыми продуктами химического разложения, сохранившими структуру материнских пород. Кайнозойские отложения представлены палеогеновой, неогеновой и четвертичной системами.

Осадки палеогенового возраста залегают в основании мезо-кайнозойской толщи, ложатся с размывом на кору выветривания палеозоя и мезозоя. Они хорошо выделяются в общей толще с яркой пятнистой окраской (от лиловой до бордовой) и характеризуются наличием мощных прослоев кварцевых гравелитов, песчаников и песков. Каолинитовый и каолинит-гидрослюдистый минералогический состав пород позволяет говорить о том, что они образовались за счет размыва коры выветривания. Генезис отложений аллювиальный, аллювиально-делювиальный и озерно-аллювиальный.

Неогеновая система представлена отложениями *аральской свиты* ($N_1^{1-2}ar$), монотонными алевритистыми глинами зеленовато-серого цвета с редкими прослоями алевритов красно-бурых глин и глинистых известняков (мергелей).

В массе глин многочисленны белые известковые конкреции, иногда они загипсованы и засолены. Отложения свиты с угловым несогласием залегают на размывной поверхности

палеозойского фундамента, либо на корях выветривания. Они повсеместно перекрыты породами павлодарской свиты и четвертичными отложениями. Возраст свиты датируется как средневерхнемиоценовый на основании определений микрофауны, спор и пыльцы.

Павлодарская свита ($N_1^{2-3}pv$) представляет собой мощную толщу красно-бурых, плохо сортированных песчанистых известковистых глин с линзами плохо окатанных глинистых полимиктовых разнозернистых песков. В основании свиты выделяются пачки песков и алевролитов с линзами и прослоями зеленых глин. Свита характеризуется фауной гиппарионового комплекса.

Четвертичная система представлена *нижнеплейстоценовыми отложениями* (Q_1) аллювиальных галечников, залегающих на размытой поверхности кор выветривания, или неогеновых глин.

В районе известны два сближенных интрузивных массива – Преображенский и Караоткельский [3]. В обоих массивах интрузивные образования представлены тремя самостоятельными разновозрастными комплексами: максутским, сайканским, дельбегетейским, а также в пределах площади распространены субвулканические образования и интрузии дайковой серии.

Субвулканические интрузии (βC_{2-3}) представлены крупнолейстовыми андезитовыми порфиритами. *Максутский комплекс* ($vd P_2-T_1 mk$) сложен габбро, габбро-норитами, габбро-диоритами, диоритами и монцонитами. *Сайканский комплекс* ($\xi T_{2-3} sk$) сложен крупнозернистыми диоритами, сиенитами, сиенито-диоритами и граносиенитами. *Дельбегетейский комплекс* ($\epsilon \xi J_{1-2} db$) сложенный щелочными, реже нормального ряда гранитами, граносиенитами. *Дайковая серия* ($\gamma \pi, \xi \gamma \pi J_2$) представлена гранит-порфирами, щелочными гранит-порфирами, граносиенитами и сиенитами.

Поисковые признаки и критерии формирования титан-циркониевых россыпей озерного происхождения. Поиски титан-циркониевых россыпей как озерного происхождения, так и речного генезиса базируются на выявлении обстановок, благоприятных для их локализации, возможно, на основе формационного метода, являющегося обоснованием научного прогнозирования месторождений титана и циркония, несущих в том числе редкоземельную минерализацию. В основу его применения положены представления ученых-геологов Н.С. Шатского [4], В.И. Беляева, Д.А. Иванова [5] и др.

Благоприятными условиями для образования озерной россыпи в пределах Зайсанской впадины являются:

- а) наличие базиса мезозойских магматических пород (габбро, монцонитов сиенитов, диоритов) с повышенными содержаниями TiO_2 (свыше 0,5%);
- б) наличие сформированной коры химического выветривания интрузивных, вулканогенно-осадочных и метаморфических пород линейного, линейно-площадного, площадного типов, в которых произошла первичная концентрация ильменита и циркона;
- в) наличие развитого денудационно-аккумулятивного и аккумулятивного рельефа на базисе интрузивных пород мезозоя и вмещающих пород;
- г) наличие структурных ловушек, предохраняющих россыпи от размыва: тектонических ступеней, клифов, западин, подстилающих и перекрывающих рыхлых, рыхлообломочных пород.
- д) наличие трансгрессивных периодов в палеоген-неогеновое время древнего озера Зайсан.

Петрография, металлоносность Караоткель-Преображенской интрузии в пределах

Зайсанской впадины. В работе С.В. Хромых и других авторов [6] мезозойская Преображенская интрузия рассматривается как результат коромантийного взаимодействия в петрогенезе габбро-гранитоидной ассоциации этого интрузива.

По совокупности минералогических и петрогеохимических данных пород Преображенской интрузии сделан вывод о родоначальных габброидах и гранитоидах. К первой группе дифференциатов относятся: кварцсодержащие монцо-габбро-нориты второй фазы, монцо-габбро-диориты и оливиновые долериты даек пятой фазы, к группе гранитоидов – кварцевые монцо-диориты первой фазы и гранитоиды биотит–амфиоболовые, лейкократовые третьей фазы становления.

По содержанию щелочей интрузий Преображенский и Караоткельский массивы отнесены к субщелочному петрохимическому ряду и к породам высококальциевой известково-щелочной и шощанитовой серии. Содержание кремнезема варьирует от 48 до 74 мас. %. Наблюдается закономерное снижение концентрации FeO и TiO₂ со снижением магнезиальности и роста кремнекислотности в породах обеих интрузий.

Повышенное и высокое содержание TiO₂ свыше 0,5 мас. % характерно для габбро-монцонитов, сиенитов (особенно на Караоткельской интрузии). Караоткельская интрузия по всем аналитическим данным отличается от Преображенского интрузива масштабным распространением монцонитов и сиенитов. Преображенско-Караоткельская интрузия может представлять собой вещественную базу для образования богатых по содержанию ильменита озерных россыпей.

Активные процессы денудации формировали коры выветривания на стратиграфических уровнях описываемого региона (рис. 1):

- а) на поверхности палеозойских образований в раннем нижнем триасе;
 - б) в начале юры на подошве отложений кустовской свиты происходило излияние трапповых покровов андезитовых порфиритов, аналогов луговских траппов, мощностью 40-50 м;
 - в) послетрапповые поверхности выравнивания в начале поздней юры до нижнего мела формировали предгорные молассы;
 - д) на поверхности моласс нижнего мела.
- Выработанные формы рельефа в районе Зайсанской впадины в геолого-генетическом и геоморфологическом отношении представлены следующими типами:
- а) *аллювиальными* - созданные русловой аккумуляцией формы рельефа представлены гравийно-галечными отложениями, песком, суглинками и илами; формы аллювиальных равнин представлены суглинками со щебнем;
 - б) *аккумулятивно-денудационными* - слагают слабонаклонные поверхности, созданные комплексом склоновых процессов, литологически представлены лессовидными суглинками с глинами в основании;
 - в) *структурно-денудационными* - образуют склоны возвышенностей, предопределенные препарировкой краевых частей интрузии.

В целом титан-цирконий-редкоземельная минерализация в континентальных отложениях кайнозоя Зайсанской впадины различается по источникам питания, в палеогене и неогене она связана с переотложением кор химического выветривания, в четвертичном периоде – с переотложением более древних осадков, обогащенных кварцевыми псаммитами, и с разубоживанием полимиктового обломочного материала.

Цикл	Стадия	Фаза	Возраст, Мл	Период	Эпоха	СЕМИПАЛАТИНСКИЙ ПРОГИБ			ЗАЙСАНСКИЙ ПРОГИБ						
К И М М Е Р И Й С К И Й	П О З Д Н Я Я	III	97.5	М Е Л	K ₂	ВОЗРАСТ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ОБРАЗОВАНИЙ KZ									
						ФОРМАЦИИ									
						Молассовые лимнические угленосные		Вулкано- плутони- ческие		Прибреж- но-морс- кие		Моласо- вые лимни- ческие уг- леносные		Вулкано- плутони- ческие	
										Ипатов- ские слои славгород- ской свиты 60-80м					
										Покурско- линьков- ская свита 100-400м		Молассовая толща 200м			
										Миялы свита 100-200м					
II		II	144	Ю Р А	J ₃	Надугленос- ная свита 180м									
II		II	163	Ю Р А	J ₂	Верхняя угленосная свита 100м		Траппы лутовские 40-90м				Свита кусты 80м		Траппы андезитовых порфиритов 40-150м	
II		II	188	Ю Р А	J ₁	Нижняя уг- леносная свита 135м						Свита тайсуган 320-410м			
II		II	213	Т Р И А С	T ₃	Молассовая толща 90-120м						Свита толагай 550-750м			
II		II	231	Т Р И А С	T ₂			Вулкано- плутони- ческий комплекс				Свита акжия 500-700м		Аналог вул- кано-плуто- нического комплекса	
II		II	243	Т Р И А С	T ₁	Свита ак- боты 300-500м		Семейтау 1000- 1500м				Свита ужум 120 м		Семейтау 500-600м	
I		I				ВОЗРАСТ ПОДСТИЛАЮЩИХ ОБРАЗОВАНИЙ Pz									

Рисунок 1 - Стратиграфические уровни формирования кор выветривания в мезозое

Дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков) позволило, наряду с кольцевой структурой Караоткеля (рис. 2), выделить с большой детальностью новую кольцевую структуру, получившую название Бастауши, которая подтверждена проведенными поисковыми маршрутами.

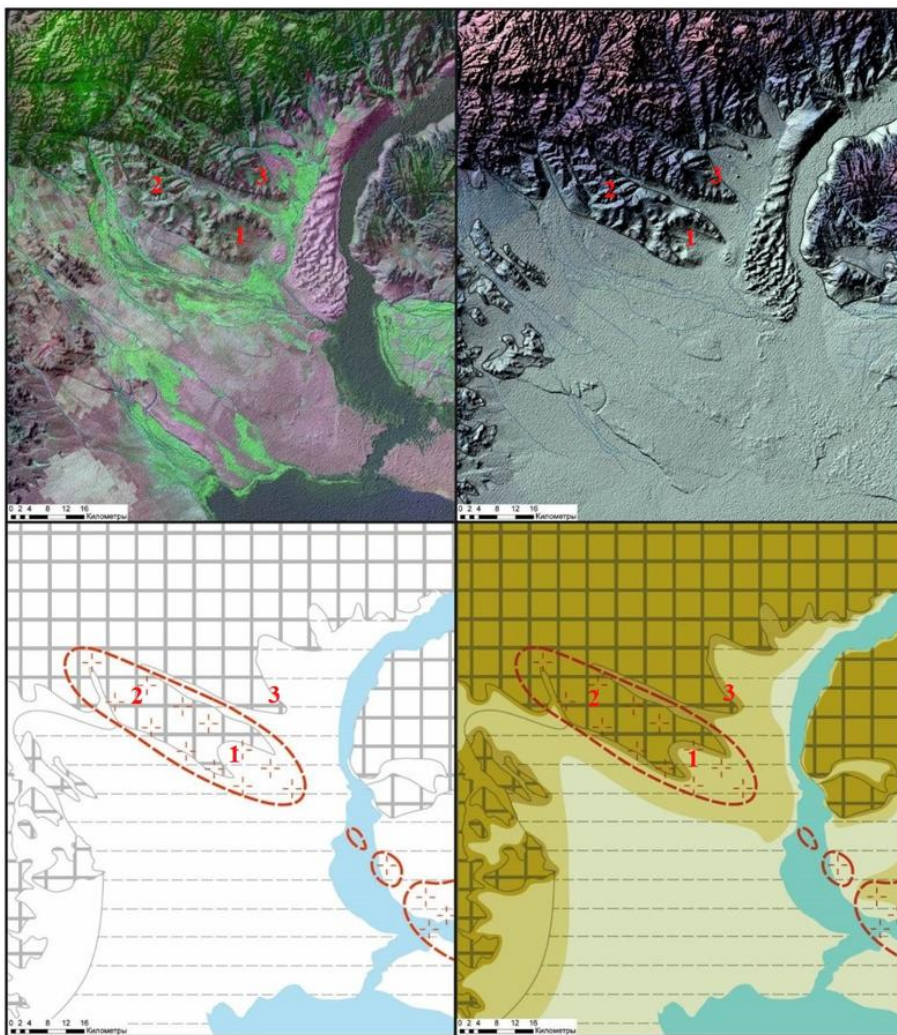


Рисунок 2 – Новая кольцевая структура Бастауши, расположенная восточнее Караоткельского интрузивного массива: 1 – месторождение Караоткель; 2 – месторождение Сатпаевское; 3 – участок Бастауши

На северо-западном замыкании Караоткельской кольцевой структуры начато бурение одиночных скважин с целью вскрытия отложений Сарыбулакской свиты (N13sb), образованных в результате трансгрессии в это время Зайсанского озера. Образование озерной россыпи связывается с данным этапом трансгрессивных движений праозера. Пробурено 4 скважины в пределах Караоткельского массива общим объемом 71 пог. м, показавших наличие ильменит-цирконовой минерализации на глубинах 20-25 м. Следующим этапом явится бурение поисковых скважин до глубин 60 м, где прогнозируется ильменит-цирконовая россыпь на флангах Караоткельского участка.

Наиболее перспективными можно считать следующие участки на площади Зайсанской впадины.

I. Караоткель-Преображенский с необходимостью оценки распространения прибрежно-озерных россыпей.

II. Буран-Актюбинский, который по площади выходов коры выветривания (K_{2ma} , 65 млн лет) отвечает возможности образования аллювиальных и озерных палеофаций с россыпями ильменита и циркона.

III. Шакельмес-Карабирюк-Киин-Керишский с выходами коры выветривания K_{2ma} , интрузивных и осадочно-метаморфических пород, с возможностью образования богатой озерной россыпи ильменита эоцена.

Таким образом, для решения поставленной задачи по поиску месторождений титан-ильменитовых россыпей озерного типа положена концепция пространственно-генетической связи разновозрастных циклов формирования россыпей на базисе интрузивных комплексов, истории развития Зайсанской впадины и исторического развития озера палео-Зайсан, формирования в кайнозое (65-0,1 млн лет) на базисе периферийного пенеплена Зайсанского авлакогена разновысотных тектонических блоков на коре выветривания (K_2 и K_1) россыпей на стратиграфических рубежах: $E_1(e_1)$ типа Караоткель, $E_2(e_{5-6})$ типа Киин-Кериш, $E_3(e_8)$ Сатпаевской (Бектемир), $N_1^{2-3}(n_5)$ - Жулдыз, Q_E – типа Песчанка и, возможно, на других уровнях эрозионно-тектонических зон.

Список литературы

1. Борисов Б.А. Стратиграфия кайнозойских отложений Зайсанской впадины. – Ленинград: ВСЕГЕИ, 1964. – 20 с.
2. Ерофеев В.С. Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене. – Алма-Ата: Наука, 1969. – 165 с.
3. Кравченко М.М. Перспективы укрепления минерально-сырьевой базы титанового производства в Восточном Казахстане / М.М. Кравченко, Е.С. Суйекпаев, Е.М. Сапаргалиев и др. // Матер. междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (24–28 августа 2015 г.) // Пермский гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – С. 113-114.
4. Шатский Н.С. Геологические формации и осадочные полезные ископаемые: Избр. тр. – М., 1965. – Т. III. С. 7-13., 52-137.
5. Беляев В.И. Продуктивные титан-цирконовые формации фанерозоя Воронежской антеклизы (факторы, прогноз) / В.И. Беляев, Д.А. Ивано. - Вестн. Воронежского ун-та, 2000. - Вып. 9. - С. 138-151.
6. Хромых С.В. Мантийно-коровое взаимодействие в петрогенезисе габбро-гранитоидной ассоциации Преображенского интрузива, Восточный Казахстан / С.В. Хромых, А.А. Цыганков, Г.Н. Бурмакин и др. // Петрология. – 2018. – Т. 26. - № 4. - С. 376-399.

Получено 22.10.2018



МРНТИ 52.01.93

Г.Ю. АбдугалиеваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**М.К. Имангазин**

Казахско-русский международный университет, г. Актобе

Ж.А. ТурганбайАктюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
г. Актобе**АНАЛИЗ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА ОХРАНЫ ТРУДА И ТРАВМАТИЗМА В ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

В данной статье рассмотрено современное состояние в области травматизма в черной металлургии, анализирован мировой опыт и приведено мнение об основных причинах повышенного травматизма и меры, необходимые для сокращения смертных случаев в металлургическом производстве.

Мақалада қара металлургияда жарақаттану саласының қазіргі жағдайы қарастырылған, әлемдік тәжірибе сарапталған және металлургиялық өндірісте жоғарғы жарақаттанудың негізгі себептері мен өндірістегі оқыс жағдайларды азайту үшін қажет шаралар туралы пікірлер келтірілген.

This article considers the current state of traumatism in ferrous metallurgy, analyzes the world experience and gives their opinion on the main causes of increased injuries and the measures necessary to reduce the deaths in metallurgical production.

Ключевые слова: черная металлургия, производственная опасность, охрана труда, система управления.

Несмотря на совершенствование процессов и технологий в металлургическом производстве, положение в сфере промышленной безопасности не улучшается, число аварий и уровень травматизма на металлургических предприятиях остаются высокими.

Каждый год в результате несчастных случаев на производстве по всему миру умирает два миллиона женщин и мужчин, регистрируются около 270 миллионов несчастных случаев, происходит около 355 тысяч несчастных случаев на рабочем месте. Каждый день вследствие несчастных случаев или заболеваний производственного характера умирает в среднем 5000 человек. По оценке Международной организации труда (МОТ), вследствие травм, гибели людей и заболеваний, вызывающих нетрудоспособность, отсутствия на работе, необходимости лечения или выплаты компенсации в связи со смертью кормильца теряется четыре процента валового внутреннего продукта (1251353 млн американских долларов) всего мира [1].

На металлургических предприятиях (МП) Казахстана одним из основных факторов, повышающих риск аварий на опасных производственных объектах, продолжает оставаться высокая степень износа основных производственных фондов на фоне низкой инвестиционной и инновационной активности в металлургической промышленности. Поэтому проблема обеспечения промышленной безопасности становится еще более актуальной.

Индекс количества несчастных случаев со смертельным исходом на 1000 работающих в последние годы в Казахстане составляет 0,09. Данный показатель намного превышает

аналогичный индекс в таких развитых странах как, Дания (0,03), Швеция (0,03), Норвегия (0,06).

Основной причиной несчастных случаев являются нарушение технологических процессов, недостатки в организации и осуществлении производственного контроля, низкий уровень трудовой, производственной дисциплины и организации работ, личная неосторожность пострадавших.

Для организации безопасной работы оборудования и агрегатов на МП создается система управления промышленной безопасностью, обеспечивающая выполнение ряда организационных и технических мероприятий, направленных на своевременное выполнение требований промышленной безопасности, мониторинг технического состояния оборудования и агрегатов и снижение риска возникновения аварий.

Одна из составляющих системы управления промышленной безопасностью МП – анализ риска аварий, включающий идентификацию опасных веществ и оценку риска аварий для людей, имущества и окружающей среды. Для выяснения последствий и ущерба техногенных аварий необходимо определить: тип аварии (по причине взрывов, пожаров, утечки горючих материалов); род веществ, участвующих в аварии (горючие газы, легко воспламеняющиеся и горючие жидкости, пыли, взрывчатые вещества); причину возникновения взрыва, пожара [2].

Анализ риска аварий МП состоит из следующих этапов: предварительного, анализа состояния предприятия, идентификации опасностей и оценки риска аварий, разработки рекомендаций по уменьшению риска (см. рис.).

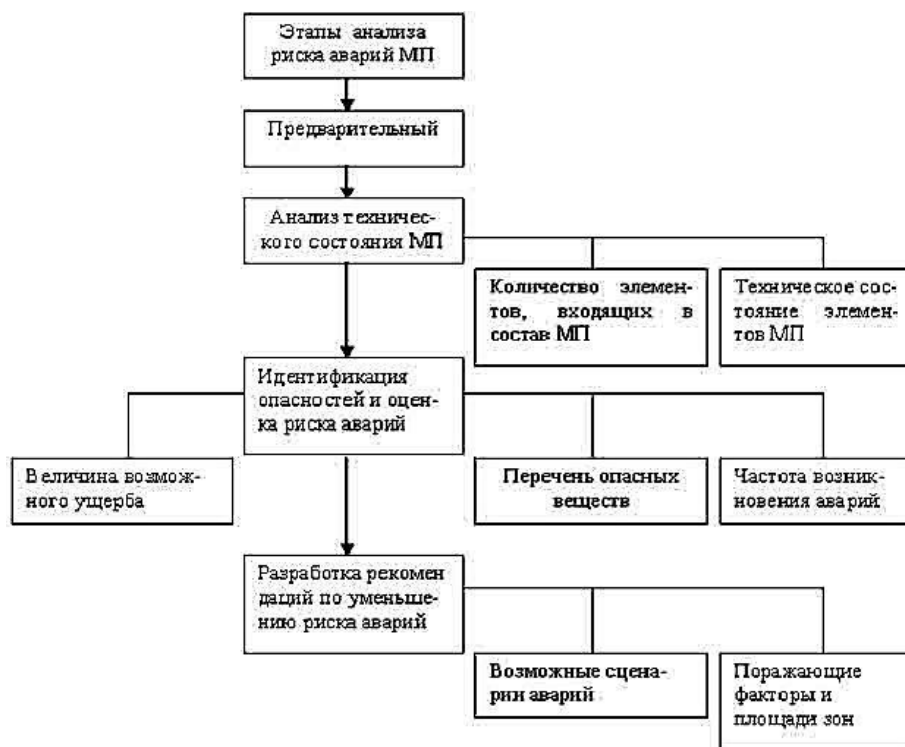


Рисунок – Схема этапов анализа риска аварий на металлургическом предприятии

На первом этапе (предварительном анализе риска аварий) изучается информация об эксплуатации опасных производственных объектов МП. Рассмотрим опасные производ-

ственные объекты МП полного цикла, включающее агломерационное, коксохимическое, доменное, сталеплавильное, прокатное производства [3].

Агломерационное производство. В технологическом процессе агломерационного производства применяются кокс, коксовая мелочь, антрацитовый штыб, которые являются сгораемыми веществами, поэтому участки, на которых они обращаются (отделения дробления и грохочения коксика, коксовой мелочи и антрацитового штыба, вагоноопрокидыватели для их разгрузки, склады коксика и антрацитового штыба, приемные бункера коксика и угольного штыба, корпус брикетирования брикетной фабрики), относятся к категории пожароопасных объектов. Кроме этого, в агломерационных цехах для смазки механического оборудования расположенные в отдельных помещениях станции централизованной автоматической смазки представляют собой пожарную опасность.

Участки, связанные с дроблением (измельчением) топлива (корпус дробления угля, отделения дробления и грохочения угля), являются взрывопожароопасными, так как при измельчении выделяются взрывоопасные пыли. Взрывы пылей сопровождаются возникновением больших давлений (до 10 кг/см²). Отделения, участки, связанные с тепловой обработкой и последующим охлаждением агломерата, сжиганием топлива (корпус агломерации, отделение охлаждения агломерата и его сортировки, отделения обжига известняка, корпуса карбонизации и сортировки брикетов и их сушки, погрузки горячего агломерата в полувагоны), относятся к опасным объектам, на которых выделяется лучистое тепло, искры и пламя [4].

Коксохимическое производство. Коксохимическое производство является одним из наиболее взрывопожароопасных на МП. В его состав входят: участки углеподготовки, коксоресортировки, загрузки шихты в коксовую печь и выдачи шихты, основными опасностями которых являются пыль и коксовый газ. Легко воспламеняющийся коксовый газ является продуктом сухой перегонки каменного угля в коксовых печах и представляет собой механическую смесь различных газов и паров, содержащую до 60% водорода, до 25% метана, до 5% оксида углерода, 2% различных более сложных углеводородов, а также инертные газы. В цехах улавливания углеводородов бензольной фракции в состав получаемых легковоспламеняющихся жидкостей входят бензол, толуол, изомеры ксилола. Важнейшей характеристикой потенциальной взрывопожароопасности газовоздушных и парогазовоздушных смесей, а также горючих пылей, обращающихся в коксохимическом производстве, является максимальное давление взрыва, которое может достигать 900 кПа. Тепловая энергия взрыва паров веществ (находящихся в объеме оборудования), выделяющаяся при взаимодействии различных органических жидкостей с кислородом, содержащимся в 1 м³ воздуха, приблизительно одинакова и составляет около 4000 кДж [5].

Повышенную пожарную опасность в коксохимическом производстве представляют ленточные транспортеры, укрытые в протяженных транспортерных галереях, по которым подается уголь, шихта, кокс. Галереи имеют горючую транспортерную ленту длиной до нескольких сот метров, по которой проходит нагретый до 150 °С кокс и где создается постоянная тяга воздуха, быстро распространяющая огонь. Даже самый маленький очаг горения в замкнутом объеме галереи быстро развивается до размеров большого пожара. При пожаре транспортерная лента нередко разрывается и падает вниз, образуя большой очаг горения и разрушений.

Доменное производство. Доменное производство относится к категории взрывопожароопасных производственных объектов, на котором используются, образуются, транспортируются горючие и воспламеняющиеся вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также расплавы черных металлов. К авариям на доменных печах

относятся случаи выхода из строя технологического оборудования, конструкций и сооружений на доменных печах, приводящие к необходимости изменения режима их работы или к остановке, проведения восстановительных ремонтов или замены оборудования и устройств, создающих повышенную опасность для работы печи и обслуживающего персонала.

Причинами возникновения взрывов и пожаров в доменных цехах являются взрывы газов и взрывы вследствие встречи жидкого чугуна или шлака с водой или влажными материалами. В отличие от других металлургических агрегатов, в доменных печах в качестве топлива может использоваться угольная пыль. Установки для вдувания угольной пыли взрывоопасны; такую же опасность представляют отделения шаровых мельниц, где приготавливают пыль, а также распределительно-дозировочные отделения.

Сталеплавильное производство. В мартеновском, конвертерном и сталеплавильном производствах МП обращаются вещества и материалы в горячем, раскаленном и расплавленном состояниях, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. В кислородно-конвертерных цехах взрывы и выбросы жидкого металла могут происходить в результате загрузки влажной шихты и металлолома. Вначале осуществляется загрузка шихты в конвертеры и сразу же после этого производится заливка чугуна, и чем больше влаги будет в шихте, тем большим будет выброс расплавленного металла. Выбросы жидкого металла могут происходить также в случае, когда в жидкий металл вводят влажные раскислители и легирующие материалы. Причиной выбросов металла из конвертера может быть также попадание в него с металлоломом закрытых металлических сосудов с горючими жидкостями, маслами и водой. Кроме опасности выброса жидкого металла, существует опасность прогара футеровки сталеплавильных агрегатов [6].

Особенностью конвертерных цехов является опасность пожара от попадания на горючие материалы жидкого шлака при кантовании шлаковой чаши. Характерной особенностью конвертерных печей является потребление большого количества кислорода, поступающего в цех по наружным сетям. При этом до кислородно-расширительного пункта кислород идет обычно под избыточным давлением 3,5 мПа, а в цех поступает под избыточным давлением 1,6 мПа. Пожарная опасность сталеплавильных цехов также заключается в наличии большого количества кабельных коммуникаций, маслоподвалов и маслотоннелей.

Участки газоочистки технологических газов мартеновских, электросталеплавильных печей и конвертеров являются взрывопожароопасными. Пожарная опасность электросталеплавильного производства определяется наличием в агрегатах горючих газов, применением кислорода, наличием кабельного хозяйства, масляных трансформаторов, применением для смазки изложниц (как и в мартеновских и в конвертерных процессах), наряду с обезвоженной смолой горючих жидкостей (петролатум, битумный лак и др.).

Определенную пожарную опасность представляют машины непрерывного литья заготовок. Разрыв резиновых шлангов гидросистем с маслом приводит к попаданию масла на раскаленные слябы и моментальному возникновению пожара [7].

Производство и потребление кислорода. Для интенсификации многих пирометаллургических процессов в черной металлургии в больших количествах применяется кислород. Так, только крупный конвертер современного металлургического комбината потребляет до 2000 м³/ч кислорода, а весь металлургический комбинат расходует до 350 тыс. м³/ч кислорода.

Многие МП имеют установки разделения воздуха, компрессорные и газгольдерные станции, кислородно-расширительные и распределительные пункты. Обилие технических устройств, широкая сеть кислородопроводов, питающих кислородопотребляющие

пирометаллургические агрегаты, – все это требует знания правил обращения с кислородом и нередко приводит к пожарам и травмам персонала. Источником воспламенения могут быть: посторонние искрообразующие и горючие предметы, случайно оставленные в кислородопроводах при их монтаже; искра, возникшая при механическом взаимодействии металлических предметов. В местах производства и потребления кислорода высока опасность возникновения пожаров электрических сетей и устройств (при замыкании проводов, перегрузке двигателей, загорании пропитанной органическими веществами изоляции).

Взрывную опасность представляют воздухоразделительные аппараты вследствие накопления в них взрывоопасных примесей (ацетилен, масло и др.), присутствующих в небольших количествах в перерабатываемом воздухе. Возможны также взрывы в компрессорах (из-за трения или сгорания уплотнителя), кислородных газификаторах (при плохом обезжиривании), насосах для жидкого кислорода (при попадании масла).

Прокатное производство. По способу производства прокатные цеха подразделяются на цеха горячей и холодной прокатки, в которых имеется большое количество пожароопасных участков, а некоторые вспомогательные производства в них являются взрывопожароопасными (маслоподвалы, маслостоннели, кабельные сооружения, насосно-аккумуляторные станции, мастерские ревизии подшипников). Пожароопасные участки в основном расположены ниже нулевой отметки цеха, что предъявляет к ним повышенные требования по обеспечению пожарной безопасности.

Определенную пожарную опасность представляют термические печи. В качестве защитного газа в них часто применяется водородно-азотная смесь (95% водорода и 5% азота). С учетом больших размеров цехов наличие водорода не влияет на взрывоопасность производства, так как объем взрывоопасной смеси в случае утечки водорода из трубопровода значительно меньше 5% свободного объема цеха, и взрывоопасной будет только верхняя часть цеха [3].

В мастерских по ремонту подшипников пожарную опасность представляют обращающиеся в технологическом процессе для промывки и смазки подшипников керосин и различные масла (температура вспышки паров керосина ниже 610 °С).

Анализ риска аварий дает возможность оценить степень опасности металлургического производства для людей и окружающей среды, состояние его промышленной безопасности и на основании полученной информации разработать рекомендации по улучшению состояния промышленной безопасности на металлургическом комбинате. Процесс анализа риска носит объективный и всесторонний характер, для чего необходимо разрабатывать методики оценки риска аварий с учетом особенностей металлургического производства. В расчете величины риска используются две составляющие: вероятностная оценка возникновения аварии и возможный материальный ущерб оборудования от этой аварии. Выражение для расчета оценки риска аварийности имеет вид:

$$R_{ав.сум.} = \sum_{i=1}^n P_{ав.сум.i} \cdot Y_{ав.сум.i}, \quad (1)$$

где $P_{ав.сум.i}$ – вероятность возникновения аварийной ситуации на i -м оборудовании; $Y_{ав.сум.i}$ – возможный материальный ущерб от возникновения аварийной ситуации на i -м оборудовании; n – количество оборудования производственного процесса [2].

На состояние аварийности и промышленной безопасности на металлургических и коксохимических предприятиях негативно влияют следующие факторы:

- физический износ технологического оборудования;
- несвоевременное и некачественное проведение капитального и текущего ремонта

оборудования, зданий и сооружений;

- эксплуатация оборудования с отработанным нормативным сроком;
- применение несовершенных технологий;
- неконтролируемое сокращение численности квалифицированных специалистов и производственного персонала;
- снижение качества профессиональной подготовки производственного и ремонтного персонала.

На предприятиях металлургического комплекса имеет место значительный физический износ листовых линейнопротяженных металлических конструкций (ЛЛПМК), к которым относятся трубопроводы большого диаметра (более 1400 мм) для транспортирования коксового, доменного и других технологических газов, низкий уровень обеспечения технологическими средствами безопасности, что неизбежно приводит к возникновению инцидентов и аварий. Коэффициент износа основных фондов предприятий черной металлургии составляет около 40%, в цветной металлургии – 50% (см. табл.).

Состояние технологического оборудования предприятий горно-металлургического комплекса в РК

Предприятие	Износ, %
ТОО «Корпорация Казахмыс»	40
АО «ПК Южполиметалл»	58
АО «Казцинк»	36,4
АО ТНК «Казхром»	26,38
ТОО «Алел»	40
ТОО ИРЗК	45
ССГПО	36
АО «Арселор Миттал Темиртау»	15-45, отдельное оборудование – до 80
АО «Алюминий Казахстана»	70
АО УК ТМК	15

Все вышеизложенное приводит к выводу, что обеспечение надежности и безопасности ЛЛПМК потенциально опасных объектов в настоящее время является чрезвычайно острым и актуальным вопросом. Для его решения применяются в основном два направления: постоянный мониторинг технического состояния и установление технического состояния конструкций на основе применения современных методов неразрушающего контроля с оценкой остаточного ресурса и определением срока его последующей безопасной эксплуатации.

Основой анализа риска аварий являются идентификация опасных и вредных производственных факторов, признаки опасных производственных объектов, характеристики технологических и производственных операций, квалификация кадров, техническое состояние оборудования, зданий и сооружений. Такие разработки позволяют выработать рекомендации по прогнозированию и предупреждению взрывов и пожаров при авариях на опасных производственных объектах металлургического производства.

Здания и сооружения, технические устройства предприятия металлургии как опасного производственного объекта должны соответствовать установленным в специальных нормативных документах требованиям, что подтверждается экспертизой промышленной безопасности. План мероприятий, направленный на ликвидацию (локализацию) аварий на металлургическом предприятии (ПЛА), также подлежит обязательной экспертной оценке.

Упомянутой экспертизе подвергается и проектная документация на планируемое техническое перевооружение, реконструкцию, расширение, строительство, даже на консервацию или ликвидацию опасного производственного объекта, каковым является любое предприятие черной металлургии. Процессы металлургических производств включают в себе риски причинения вреда здоровью и жизни людей, риски, связанные с загрязнением окружающей среды.

Идентификацию опасных условий и оценку предполагаемого риска воздействия опасными веществами, включая любую скрытую опасность для обслуживающего персонала, проводит изготовитель оборудования, применяемого в процессах металлургических производств.

Опасные вещества находятся в любом физическом состоянии (газы, жидкости, твердые вещества) и могут воздействовать на человека путем вдыхания, попадания в желудок, контакта с кожей и слизистой оболочек глаз, носа, рта, проникновения под кожу.

В процессах металлургических производств образуются как переносимые, так и непереносимые по воздуху эмиссии, которые могут представлять собой серьезные источники воздействия опасным веществом. Риск такого воздействия должен быть снижен до практически возможного, учитывая научно-технические методы и предельные значения воздействия этого вещества, условия окружающей среды, применяя технологии и оборудование, соответствующие требованиям промышленной безопасности [8].

Если о причинах высокого уровня травматизма в данной отрасли официальные органы склонны считать несоблюдение техники безопасности самими металлургами, то независимые эксперты проблему видят в несколько иной плоскости. По их мнению, высокий уровень травматизма обусловлен гонкой за прибылью при изношенности оборудования и отсутствии модернизации производства [9].

Результаты исследования показали, что половина респондентов (49,2%) склонна считать, что увеличение травматизма и смертности работников предприятий металлургического комплекса является следствием гонки за прибылью собственников предприятий, которая ставит безопасность трудящихся на второй план. Вместе с тем почти каждый третий опрошенный главной причиной трагических случаев на производстве называет износ оборудования и отсутствие модернизации производства [10]. Четверть населения отмечает несоблюдение техники безопасности самими работниками предприятий и отсутствие системы контроля со стороны государственных органов. Каждый пятый респондент считает, что фактор иностранного подданства руководства этих предприятий повлек их безответственное отношение к обеспечению безопасного труда наемных рабочих.

Анализ регионального опроса населения показал, что среди тех, кто считает, что причиной повышения травматизма и смертности работников на металлургическом производстве является вина собственников предприятий, которые в гонке за прибылью не заботятся о безопасности работников. Так высказалось подавляющее большинство населения Карагандинской (78,9%), Восточно-Казахстанской (67,8%), Костанайской (65%), Кызылординской (63%), Актыбинской (61%) областей.

Необходимо отметить, что в разрезе социально-профессиональной категории среди респондентов выделяется мнение рабочих промышленности, строительства, ЖКХ, транспорта и связи. По их мнению, в числе трех актуальных причин повышения несчастных случаев на производстве можно обозначить отсутствие системы контроля со стороны государственных органов, безразличие и бездеятельность профсоюзов предприятий [11].

Мировой опыт показывает, что высокий уровень культуры безопасности труда одинаково выгоден трудящимся, работодателям и правительствам стран. Доказано, что различные меры профилактики эффективны как в плане предотвращения несчастных случаев на рабочем месте, так и для производства и бизнеса. Но в Казахстане до настоящего времени это усвоили только трудящиеся. До работодателей и правительства глас рабочих не дохо-

дит. И в этой ситуации слова «Люди гибнут за металл» приобретают зловещее, но вполне реальное содержание [12].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Положение о системе управления охраной труда в черной металлургии четко определяет обязанности руководителей по созданию безопасных условий на всех уровнях управления — от директора предприятия до мастера, а также устанавливает обязанности в этой области непосредственных исполнителей работ, т. е. рабочих. Решение задач управления охраной труда в отрасли обеспечивается взаимодействием подразделений и служб на всех уровнях управления.

Различные организации все более заинтересованы в достижении и демонстрации весомой результативности в области профессиональной безопасности и здоровья за счет управления профессиональными рисками согласно политике и целям. Делается это при ужесточении законодательства, в условиях развития экономической политики и других мер, направленных на надлежащее выполнение мероприятий в области профессиональной безопасности и здоровья, а также в условиях общего роста озабоченности заинтересованных сторон вопросами профессионального здоровья и безопасности труда.

Принятие и систематическое выполнение методов управления профессиональной безопасностью и здоровьем могут дать оптимальные результаты для всех заинтересованных сторон и добиться следующего:

- обеспечение безопасности и сохранение здоровья работников в процессе трудовой деятельности;
- обеспечение пожарной безопасности;
- сохранение имущества организации;
- соответствие законодательным требованиям в области охраны труда, промышленной безопасности и санитарным нормам;
- снижение вероятности наступления и степени тяжести несчастных случаев в деятельности организации;
- систематизацию требований в области охраны труда в законах, подзаконных актах, приказах, инструкциях и планах;
- уменьшение необходимости в усиленном контроле со стороны государственных чрезвычайных служб и общественных организаций;
- снижение себестоимости продукции или услуг организации за счет непроизводственных потерь рабочего времени;
- улучшение имиджа со стороны всех заинтересованных сторон (потребители, государственные структуры, поставщики, акционеры, сотрудники);
- повышения производственной культуры организации.

Список литературы

1. Коротич В.И. Металлургия / В.И. Коротич, С.С. Набойченко, А.И. Сотников и др. - Москва, УГТУ, 2001. - 398 с.
2. Сысоев А.А. Травматизм и аварийность в металлургии / А.А. Сысоев, В.Ф. Мартынюк, Б.С. Мاستрюков // Металлург. — 2004. — № 2. — С. 29–32.
3. Исследование условий восстановления цехов металлургического комбината, получивших повреждения: Отчет о НИР / Институт черной металлургии. — № регистрации 865. — Днепропетровск, 2008.
4. Разработка справочных материалов по устойчивости оборудования металлургических предприятий: Отчеты о НИР / Институт черной металлургии. — № регистрации 947, 1115. — Днепропетровск, 1988, 2004.

5. Смирнов Н.В. Пожарная безопасность в проектах предприятий черной металлургии / Н.В. Смирнов, В.Д. Жерновский, Л.М. Коган // М.: Металлургия, 2005. – 166 с.
6. Бикмухаметов М.Г. Совершенствование методики оценки риска возникновения аварийных ситуаций предприятий черной металлургии / М.Г. Бикмухаметов, В.Д. Черчинцев, М.Г. Сулейманов // Металлург. – 2004. – № 4. – С. 41–42.
7. Аханченко А.Г. Пожарная безопасность в черной металлургии. - М.: Металлургия, 2001. – 133 с.
8. Об утверждении Технического регламента "Требования к безопасности процессов металлургических производств". Постановление Правительства Республики Казахстан от 23 января 2009 года № 41 // Казахстанская правда. – 10.02.2009. - № 31-32 (25775-25776); Егемен Қазақстан газеті. - 28 ақпан 2009 жыл. - N 81-83 (25480); САПП Республики Казахстан. - 2009. - № 5. - С. 14.
9. Беляев Б.М. Безопасность систем с техникой повышенного риска // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - ОИ/ ВИНТИ. – 2007. - № 4. – С. 23-36, 112.
10. Бобров И.А. Необходимое изменение обеспечения безопасности труда – переход к управлению риском // Безопасность труда в промышленности. – 2008. - № 1. – С. 46-50.
11. Кловач Е.В. Система промышленной безопасности / Е.В. Кловач, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. - 2009. - № 8. – С. 2-7.
12. Лисин В. Стратегические ориентиры экономического развития черной металлургии в современных условиях. - Москва, 2005. - 404 с.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 31.25.15

Қ. Ақатан, Б.К. Рахадиллов, Ж.А. Оспанова, М.Б. Баяндинова, Т.Н. Байсеркенова
Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
г. Усть-каменогорск

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной работе было изучено влияние облучения электронным пучком на структуру и свойства полимерных материалов. Облучение полимеров PA6 (полиамид) и PEI (полиэфиримид) проводилось на ускорителе ЭЛВ-4. Химический состав и структура полимеров были изучены с помощью инфракрасного спектрометра с преобразованием Фурье. Результаты исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии показали, что после облучения наблюдается существенное изменение морфологии поверхности.

Осы жұмыста полимерлік материалдардың құрылымы мен қасиеттеріне электронды сәулеленудің әсері зерттелді. PA6 (полиамид) және PEI (полиэфиримид) полимерлерін сәулемен өңдеу ЭЛВ-4 үдеткішінде өткізілді. Полимерлердің химиялық құрамы мен құрылымы Фурье түрлендіруші инфрақызыл спектрометрде зерттелді. Сканерлеуші электронды микроскопия көмегімен зерттеудің нәтижелері сәулеленуден кейінгі пайда болған беттік морфологиясының өзгерісі зерттелді.

In this work, the influence of electron beam irradiation on the structure and properties of polymer materials was studied. Irradiation of polymers PA6 (polyamide) and PEI (polyetherimide) was carried out using the accelerator ELV-4. The chemical composition and structure of the polymers were studied using an infrared spectrometer with Fourier transform. The results of the investigation with the help of scanning electron microscopy showed that after irradiation an essential change in the morphology of the surface is observed.

Ключевые слова: электронное облучение, полимер, полиамид, полиэфиримид, ИК-спектроскопия.

Развитие современной науки и техники немыслимо без применения полимерных материалов. В настоящее время нет ни одной отрасли народного хозяйства, где бы ни использовались пластические массы. Расширение областей применения полимерных материалов

потребовало создания на его основе новых конструкционных материалов с заданным комплексом свойств, способных к переработке в изделия высокопроизводительными методами. Сложность в решении этой задачи обусловлена рядом недостатков, присущих самому полимеру, таких как низкая стойкость к действию высоких температур, узкий температурный интервал переработки, низкая ударопрочность и износостойкость [1-2]. При облучении пучками заряженных частиц в полимерах возникают промежуточные образования, обладающие высокой реакционной способностью - свободные радикалы, ионы, возбужденные молекулы. Они являются источниками дальнейших химических превращений, приводящих к изменениям химического строения, а следовательно и свойств полимеров. В частности, при действии излучений в полимерах образуются поперечные межмолекулярные и внутримолекулярные связи - протекают процессы разрыва связей в главной цепи и боковых группах, реакции прививки, окисления и др., происходит распад и образование винильных, виниленовых и винилиденовых групп, а также изомеризация, циклизация [3, 4].

В связи с вышеизложенным целью данной работы стало изучение влияния облучения электронным пучком на структуру полиамида РА6 и полиэфиримида РЕИ.

В качестве материалов исследований были выбраны универсальные многофункциональные полукристаллические полимеры конструкционного и криотехнического назначения - полиамид РА6 и полиэфиримид РЕИ. Облучение образцов электронным пучком производилось на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-4. Режим электронного облучения: энергия пучка 1,3 МэВ, ток пучка 12 мА, скорость конвейера 3,5 м/мин и дозы облучения 50 и 150 кГр. Перед облучением образцы стали были отшлифованы и отполированы. Морфологию структуры поверхности изучали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV, оснащенный приставкой энергодисперсионного анализа. Исследования фазового состава и кристаллической структуры образцов осуществляли методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре X'PertPro с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Химический состав и структура полимеров были изучены с помощью инфракрасного спектрометра с преобразованием Фурье FTIR-801 Simex при длине волны 450–4700 см^{-1} , разрешении 1 см^{-1} , $t=25^\circ\text{C}$. Образцы были микротомированы в толщину 200 мкм срезов с поверхности образца.

На рис. 1 показаны результаты рентгеноструктурного анализа образцов полиамида РА6 и полиэфиримида РЕИ. Из дифрактограммы полиэфиримида РА6 видны два дифракционных пика при $2\theta=20,5$ и $23,5$, которые являются отличительной особенностью α -фазы РА6. Этим объясняется кристаллическая форма полиамида РА6. Но при дозах облучения 150 кГр интенсивность пика α -фазы увеличивается по сравнению с образцами необлученными и облученными дозой 50 кГр. Это может быть связано с увеличением кристалличности материала. Возможно, процесс облучения ускорил скорость сшивания свободных радикалов и сдерживал пиролиз и рекомбинацию, которые приводят к увеличению кристалличности [5]. А из дифрактограммы РЕИ не видно таких изменений. Это, возможно, связано с тем, что у РЕИ нет свободных радикалов, которые влияют на изменение кристалличности материала в процессе облучения.

На рис. 2 показана микроструктура поверхности образцов полиамида РА6 и полиэфиримида РЕИ до и после облучения электронным пучком. Видно, что до облучения поверхность образцов имеет однородную сфералитную структуру. После облучения наблюдается изменение топографии поверхности образцов и разрушение сфералитной структуры. Возможно, это связано с повышением объёмной поверхности за счет взаимодействия электронов со свободными радикальными группами молекулы полимера [6].

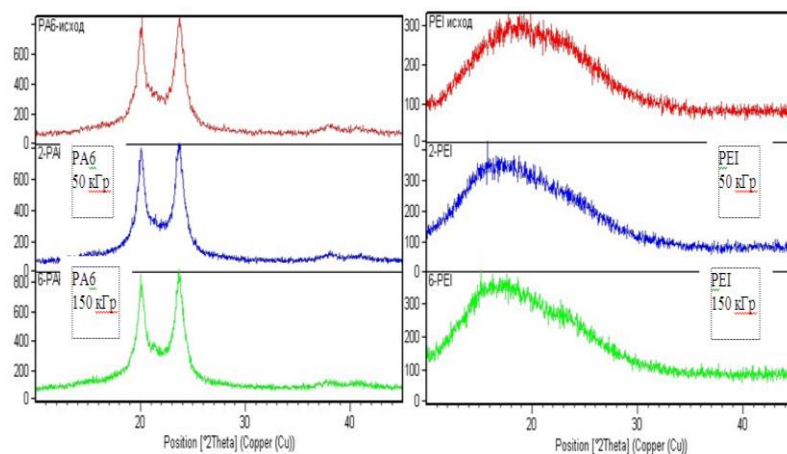


Рисунок 1 - Дифрактограмма образцов РА6 (а) и РЕИ (б)

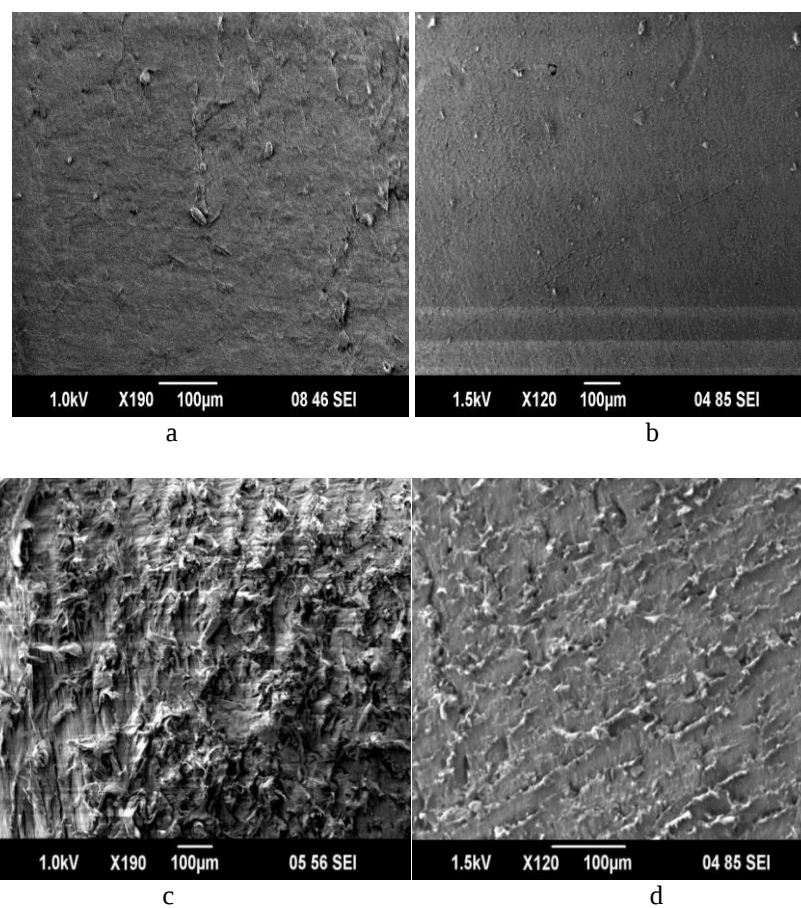


Рисунок 2 - Сканирующие электронные микрофотографии излучений РА6 (а – до облучения; с – после облучения электронным пучком дозой 150 кГр) и РЕИ (а – до облучения; с – после облучения электронным пучком дозой 150 кГр)

На рис. 3, 4 показаны инфракрасные спектры необлученных и облученных образцов полимеров РА6 и РЕІ. Характерные пики частоты колебаний РА6 находятся на уровнях 3579,4 (растяжение NH), 2934,8 (растяжение CH₂), 1585,1 (растяжение C=O, амид І), 1398,7 (вибрация изгиба NH) и 776,28 см⁻¹ (вибрация изгиба NH) [7]. Рис. 4 демонстрирует спектр образцов полимера РЕІ. Здесь определены характеристики для имидных групп после поглощения, которые составляют 1597,7 и 1715,2 см⁻¹ (типичные для имидного карбонильного асимметричного и симметричного растяжения), 741,28 и 1351,3 см⁻¹ (для растяжения и изгиба C-N) и 1233 см⁻¹ (для ароматического эфира C-O-C) [8]. Облучение не приводило к изменению кристаллическую форму полимеров РА6 и РЕІ, но вызвало частичное кристаллическое повреждение.

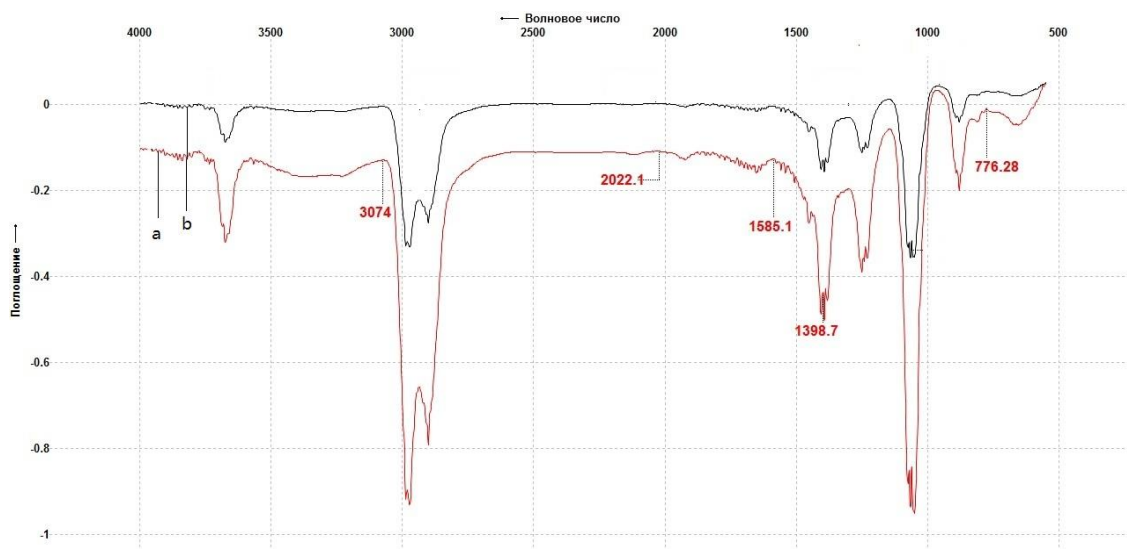


Рисунок 3 - ИК-спектры необлученных (а) и облученных (b, 150кГр) образцов РА6

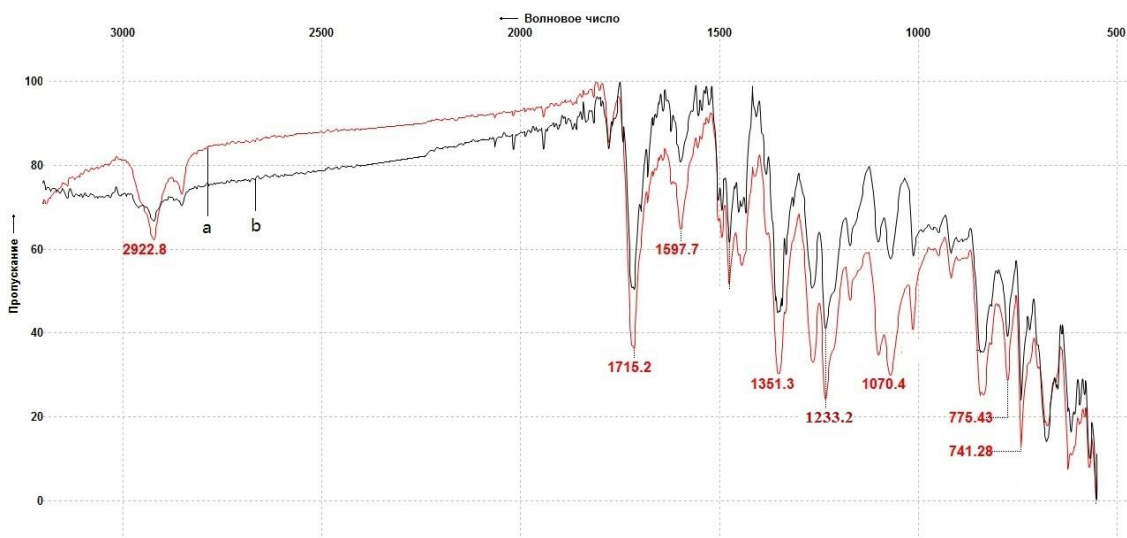


Рисунок 4 - ИК-спектры необлученных (а) и облученных (b, 150кГр) образцов РЕІ

На основе полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы.

1. На основе рентгеноструктурного анализа было установлено, что после облучения дозой 150 кГр увеличивается интенсивность пика α -фазы полимера РА6 в связи с увеличением кристалличности материала. А у полимера РЕИ не наблюдается таких изменений в дифрактограмме.
2. Результаты исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии показали, что после облучения наблюдается существенное изменение морфологии поверхности образцов полиамида РА6 и полиэфирамида РЕИ.
3. Анализ полученных инфракрасных спектров необлученных и облученных образцов полимеров РА6 и РЕИ показал, что облучение не приводило к изменению кристаллическую форму полимеров РА6 и РЕИ, но приводило к частичному кристаллическому повреждению.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по программе "Грантовое финансирование научных исследований".

Список литературы

1. Angel J.Satti, Erica C.Molinari, Augusto G.O.de Freitas, Walter R.Tuckart, Cristiano Giacomeli, Andrés E.Ciolino, Enrique M.Vallés. Improvement in abrasive wear resistance of metallocenic polypropylenes by adding siloxane based polymers. *Materials Chemistry and Physics*, Vol 188, 2017, p 100-108
2. HaifaEl Zhawi, Marina R.Kaizer, Asima Chughtai, Rafael R.Moraes, Yu Zhang. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue and wear. *Dental Materials*, Vol 32, 2016, p 1352-1361.
3. Пикаев А.К. Новые разработки радиационной технологии в России // *Химия высоких энергий*. – 1999. - Т. 32. – С. 3-11.
4. Raghu S, Archana K, Sharanappa C, Ganesh S, Devendrappa H. The physical and chemical properties of gamma ray irradiated polymer electrolyte films. *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol 426, 2015, P 55-62.
5. Shifeng Zhu, Meiwu Shi, Meifang Zhu Effects of Electron-Beam Irradiation Crosslinking on PA6 Fibers. *Fibers and Polymers* 2013, Vol.14, No.4, P 525-529.
6. S. Raghu, K. Archana, C. Sharanappa, S. Ganesh, H. Devendrappa. Electron beam and gamma ray irradiated polymer electrolyte films: Dielectric properties. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 9 (2016) P 117 – 124.
7. Sengupta R, Bandyopadhyay A, Sabharwal S, Chaki TK: Polyamide-6,6/in situ silica hybrid nanocomposites by sol-gel technique: synthesis, characterization and properties. *Polymer* 2005, 46 P:3343-3354.
8. Bor-Kuan Chen, Chia-Teh Su, Min-Chia Tseng, Sun-Yuan Tsay. Preparation of Polyetherimide Nanocomposites with Improved Thermal, Mechanical and Dielectric Properties. *Polymer Bulletin* 57, (2006) P:671–681.
9. Aderikha, V.N., Shapovalov, V.A., Krasnov, A.P., and Pleskachevskii, Yu.M., Effect of Aerosil Organo-philization on Tribological Properties of Low-Filled UHMWPE Composites, *Trenie i Iznos*, 2008, vol. 29(4), P. 421-427.
10. Y. S. Zoo, J. W. An, D. P. Lim and D. S. Lim. Effect of carbon nanotube addition on tribological behavior of UHMWPE. *Tribol Lett.* Vol. 16(4) (2004). P.305-309.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 55.41.33

М.В. Аманова, Р.С. Устемирова, Ж.А. Каскатаев

Қазақ қатынас жолдар университеті, Алматы қ.

ТЕПЛОВОЗДАРДЫҢ ТАРТЫМДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЖОҒАРЫЛАТУ

В современных условиях приоритетными направлениями стратегии развития железнодорожного транспорта РК:

- обеспечение безопасности движения;
- повсеместное внедрение ресурсосберегающих технологий;
- обновление тягового подвижного состава.

Қазіргі жағдайда Қазақстанда теміржол көлігін дамыту стратегиясының басым бағыттары:

- қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету;
- ресурс үнемдейтін технологияларды кеңінен енгізу;
- тартымдық жылжымалы құрамды жаңарту.

In modern conditions, the priority areas of the strategy for the development of rail transport in Kazakhstan are:

- ensuring traffic safety;
- the widespread introduction of resource-saving technologies;
- renewal of traction rolling stock.

Түйін сөздер: *локомотивтердің тартымдық қасиеттері, тартымдық жылжымалы құрам, дизель-генераторлық қондырғы, жетілдіру.*

Қазақстан Республикасы теміржол көлігінің заманауи дамуының негізгі міндеттерінің бірі – тозған локомотив паркін жаңарту болып табылады. Бұл мәселені шешуде тартымдық жылжымалы құрамды перспективалы дамыту, құру және қолданыстағы локомотивтердің айтарлықтай жаңғыртылуы қажет.

Тасымалдау үдерісінің жоғары тиімділігіне қол жеткізу үшін қозғалысты пайдалану мәдениетті жақсартатын энергетикалық өнімділікті, сенімділікті және экологиялық қауіпсіздікті арттыруға бағытталған локомотивтерге озық техникалық шешімдерді енгізу қажет.

Қазіргі жағдайда Қазақстанда теміржол көлігін дамыту стратегиясының басым бағыттары:

- қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету;
- ресурс үнемдейтін технологияларды кеңінен енгізу;
- тартымдық жылжымалы құрамды жаңарту;

- тасымалдау процесінің тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми-техникалық әдістемелерді енгізу.

Тепловоздарды пайдалану процесі үш режимнің сипаттамасымен сипатталады: бос жүріс, жеке және номиналды жүктеме. Осы режимдерде дизель-генераторлық қондырғының жұмыс уақыты кездейсоқ және тепловоздың жұмыс істейтін жағдайларына байланысты.

Бос жүріс кезінде тепловоздардың дизель-генераторлық қондырғының жұмыс істейтін уақыты, жол бойындағы тұру уақытын ескере отырып, жұмыс істеп тұрған локомотивтің жалпы жұмыс уақытының 40 %-дан 78 %-ға дейінгі диапазонында өзгереді [1].

Номиналды қуат режимінде локомотивтер 0,5 %-дан 15 %-ға дейін жұмыс істейді, ал қалған бөлігі жеке жүктемелермен есептеледі.

Демек, тепловоздық дизель-генераторлық қондырғы басқа көлік және стационарлы

дизель генераторларынан айырмашылығы, негізгі уақытты (85 % және одан да көп) бос жүріс және ішінара жүктемелерде жұмыс жасайды.

Темір жолдарда тепловоздарды пайдаланудың ерекшеліктерін ескере отырып, жүктеме режимдерін пайдалану, локомотивтің машинистің контроллері мен дизель қозғалтқышының атқаратын қуатының жұмыс уақытын бағалау ретінде, тепловоздық локомотивтік қондырғының тиімділігін нақты көрсетпейтіндігін атап өткен жөн. Энергия көрсеткіштері, атап айтқанда, дизель генераторының генерацияланған энергиясы және дизельді қозғалтқыштың отын шығыны есепке алынады.

Тепловоздың тартымды қасиеттерін бағалау үшін қолданылатын және болашақта болжамаланған локомотивтердің тарту мүмкіндігін іске асыру деңгейін арттыруға бағытталған жылжымалы өлшеу және тіркеу кешені ұсынылады [1-2].

Кешеннің идеясы борттық интеллектуалды, автоматтандырылған мониторинг жүйесін құруды көздейді, ол локомотив құралдарының шынайы жұмыс жағдайында тартқыш сипаттамалары мен мүмкіндіктерін бағалауға, реттеуге және тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Ұсынылған шешімнің жаңалығы:

- заманауи микропроцессорлық компоненттер және олардың белгілі бір тепловоздық энергетикалық кешеніне бейімделуі;
- мобильді, борттық өлшеу және тіркеу жүйесі;
- рельстермен дөңгелектің өзара әрекеттесуінің инновациялық теориясын ескермеген жаңа білім негізінде тартымдық және тіркегіш қасиеттерін бақылауды қамтамасыз ететін бағдарламалық өнім.

Борттық өлшеу-тіркеу кешенінің (БӨТК) іске асыру нәтижесі отын-энергетикалық ресурстарға жұмсалатын шығындардың азаюын қамтамасыз ететін локомотивтердің тартқыш қасиеттерін паспорттау, тартымды жылжымалы құрамды жоспарлы жөндеуден өткізу және жөндеу жұмыстарын жүргізу болып табылады.

Тартқыш-қосылыстың сапасы локомотивтің әртүрлі режимдердегі қозғалыс жылдамдығымен максималды тартымды күшті жүзеге асыруға қабілеті ретінде түсініледі. Жүк тасымалының көлемінің жоғарылау және отын-энергетикалық ресурстарды үнемдеу жағдайында локомотив шаруашылығының басты міндеті осы қасиеттерді бағалау және жетілдіру болып табылады.

Қазіргі заманғы магистралды тепловоз - қуаттылығы 3000 ... 4000 кВт, жылу энергетикалық қондырғыларынан (дизельді қозғалтқыш), тартқыш генератор мен түрлендіргіштерден, сондай-ақ тартқыш электр қозғалтқыштан тұратын күрделі энергетикалық кешен.

Жоспарланған жөндеуден кейін тепловоздың техникалық сипаттамалары анықталатын тартымдық мінездемелері болуы керек.

КРП немесе ТР-3-тен өтетін локомотивтермен тәжірибелі сапарлар жүргізілді, оның барысында негізгі параметрлерін өлшеу және тіркеу (қозғалтқыш күші және генераторлық кернеуі, қозғалтқыштардың тартым токтары) түрлі қозғалыс режимдері бойынша жүргізілді:

- тартымдық қуаттың таралуы және секцияларда сатылатын қуат 15%-дан 22%-ға дейін;
- отын-энергетикалық ресурстарды тұтыну 8%-дан 12%-ға жоғары ;
- машинист контроллерінің жоғары позицияларда жұмыс істеген кезде, сырғанауға

бейімділік жоғарылайды;

- құмдардың шығыны жоғары бағаланған;
- байланыс қасиеттерін пайдалану көрсеткіші 0,76 ... 0,8 аспайды;

Мобильді өлшеу және диагностика, жазу кешені және оның бағдарламалық қамтамасыз етуі техникалық регламенттердің талаптарына сәйкес келмейтіндіктерін сенімді түрде бағалай отырып, тепловоздардың жүйелерінің сипаттамаларын автоматты түрде талдауға мүмкіндік береді.

Инновациялық жобаның мақсаты – пайдаланылатын және перспективалық локомотивтердің тартылу мүмкіндіктерін енгізу деңгейін арттыру [3].

Тартқыш-байланыс қасиеттерін тиімді іске асыру нормативтік шектерде біріктірілуі тиіс факторлар мен параметрлердің бірқатар кешенімен анықталады:

а) конструкциялық және механикалық параметрлер: осьтік формула және доңғалақтың диаметрі; локомотив қондырғысының электр қуаты; тарату түрі және оны реттеу; осьтік жүктеме; локомотив арбашаларының негізгі параметрлері; секциялардың саны; конструкциялық және ұзақ мерзімді жылдамдық; тірек-арқалық ілінісу; бір немесе екі жакты жетек және оның түрі;

б) электрлік параметрлер: ауыспалы ток немесе ауыспалы ток генераторларының қуаты; түрлендіргіштердің түрлері, қорғау жүйесінің тартымдық қозғалтқыштарының қуаттылығы, локомотивтік энергетикалық қондырғыларын және электрлік берілісті диагностикалау және реттеу үшін тартқыш қозғалтқыштардың қуаты.

Локомотивтің тартқыш және біріктіруші қасиеттерін параметрлік бағалау тепловоздың тартымды-қосылыстың сипаттамаларын, оның секциялық құрамын, осьтік сипаттамаларын және орналасуын, сондай-ақ оның құрылғылары мен жабдықтардың салмақ сипаттамаларын енгізу, сенімділік және қозғалыс қауіпсіздігінің талаптарына сәйкестігін айқындайды.

Локомотивтерді борттық автоматты интеллектуалды басқару жүйесімен жабдықтауға арналған инновациялық жоба ұсынылды. Ол үшін локомотивтердің тартымды мүмкіндіктерін бақылап, одан кейін локомотивтің тартымды сипаттамаларының стандартталған параметрлерін анықтайтын әдістемелік және техникалық қамтамасыз ету жоспарланған.

Жобаны іске асыру келісімшарт негізінде және тапсырыс берушімен келісімшарт жасасу арқылы қалыптасатын бірқатар негізгі деңгейлерді қамтиды, мысалы, «Локомотив» АҚ:

1 деңгей – доңғалақты теміржол өзара әрекеттесу теориясының жаңа білімі негізінде, дизельді локомотивтік кешеннің аналитикалық, математикалық және симуляциялық үлгісін қалыптастыру, сондай-ақ оларды талдау әдістері.

2 деңгей – борттық өлшеу және тіркеу кешеніне (сенсорлар, түрлендіргіштер, адаптерлер, процессорлық жүйелер) компоненттерді негіздеу, жабдықты сатып алу, енгізуді бақылау, масштабтау.

3 деңгей – тепловоздардың түріне (жүк, жолаушы, маневр) түрлендірілген заманауи құрамдас бөліктерге тепловоздарды өлшеу және диагностикалау, борттық жүйесін дамыту, объектілерді өлшеу, тіркеу және басқару жөніндегі бағдарламаны әзірлеу.

4 деңгей – датчиктерді, жабдықтарды және шеткі жабдықтарды тепловоздардық кешенге қосу, пилоттық тестілеуді ұйымдастыру және өткізу.

5 деңгей – эксперименталдық нәтижелерді өңдеу және кешенді аяқтау. Кешеннің

нұсқауларын және техникалық паспортын әзірлеу. Эксперименттік-тәжірибелік борттық үлгіні пайдалануға енгізу және оған қызмет көрсету бойынша қызметтер көрсету.

Әдебиеттер тізімі

1. Машнев М.М. Пути развития тяговых передач локомотивов / М.М. Машнев, В.К. Гедгафов. - II ж. д. трансп. - 2002.- № 10. - С. 43-46.
2. Голубенко А.Л. Принципы совершенствования экипажа локомотива для улучшения его сцепных свойств. - Ворошиловград: Ворошиловградский машиностроительный ин-т, ЦНИИ ТЭИ Тяжмаш, 1986. - Деп. № 1704. - 44 с.
3. Кобзев С.А. Пути повышения энергоэффективности тягового подвижного состава // Железнодорожный транспорт. - 2004. - № 8. - С. 41 – 44.

Қабылданды 5.11.2018

УДК 669.184

Д.А. Асанов, В.В. Запасный, А.Т. Ермакова

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЫЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье представлены результаты исследований физико-химических свойств улавливаемых пылей ряда переделов Усть-Каменогорского металлургического комплекса ТОО «Казцинк», сравнение дисперсного состава, полученного методами центробежной сепарации и электронной микроскопии. Дан ряд практических рекомендаций по эффективному улавливанию пылей в зависимости от их физико-химических свойств, необходимости предварительной очистки газов.

Мақалада «Казцинк» ЖШС Өскемен металлургиялық кешенінің бірнеше нысандарынан алынған шаңдардың физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері көрсетілген, ортадан тепкішті бөлу және электрондық микроскопиямен анықталған дисперсиялық құрамдары келтірілген. Шаңдардың физикалық-химиялық қасиеттеріне қарай оларды тиімді ұстау бойынша және алдын ала тазарту бойынша бірнеше тәжірибелік ұсынымдар берілген.

The article presents results of research of physical and chemical properties of collected dust at number of treatments of Ust Kamenogorsk metallurgical complex of «Kazzinc» LLP, comparison of size-consist obtained by centrifugal separation and electron microscopy. A number of practical recommendations on the effective dust collection depending on their physical and chemical properties, the necessity for gas pre-cleansing.

Пыли, улавливаемые из газов, образующихся при пиро- и гидрометаллургических процессах на свинцовых и цинковых заводах, разнообразны по химическому и дисперсному составам [1]. Физико-химические свойства пылей оказывают существенное влияние на работу пылеулавливающих установок. Выбор пылеуловителя в каждом конкретном случае должен базироваться на технико-экономических показателях пылеулавливающей установки. При этом следует обращать внимание на назначение и рекомендуемые режимы работы пылеулавливающего аппарата [2].

Зачастую наблюдаются случаи неправильного подбора рукавного фильтра под определенный передел, что ведет к снижению эффективности пылеулавливания с потерей ценно-

го промпродукта, сложностям при эксплуатации аппарата, а также преждевременному выходу из строя фильтровальных рукавов [3].

Для изучения физико-химических свойств пылей различных переделов УК МК ТОО «Казцинк» производили отбор из бункеров рукавных фильтров в количестве 10 шт. в течение 30 дней, усредняли и проводили их физический и химический анализ.

Для сравнения характеристик улавливаемых пылей основных переделов были использованы типовые методики определения удельного и насыпного веса, угла естественного откоса, удельной поверхности и среднего размера частиц [4].

Использование метода центробежной сепарации [5] показывает примерно одинаковый дисперсный состав изучаемых пылей из-за малой величины размеров возгонных пылей, агломерирующихся в процессе сепарации.

С целью выявления отличий в размерах частиц улавливаемых пылей, наряду с определением их характеристики вышеописанным методом, были также проведены исследования с применением электронного микроскопа. Определение среднего размера первичных частиц пыли производилось на основе снимков на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol.

По данным снимкам (рис. 1) произведено визуальное изучение отдельных частиц пыли: определение их числа, формы, размеров.

Оценка пылей осуществляется замером наибольшего ($r_{\max}$) и наименьшего ($r_{\min}$) размеров каждой частицы [6]. Средняя арифметическая величина наибольшего и наименьшего размеров частиц и является их технической характеристикой [7].

Электронная микроскопия показала медианный размер частиц в пределах 0,08-0,30 мкм и стандартное среднеквадратичное отклонение 1,65-2,11. Данные характеристики соответствуют пылям с малым размером и средней полидисперсностью.

Обычно исследователями коагулирующих свойств пылей не учитывается взаимодействие частиц при движении, имеющее место в рукавных фильтрах. В работе предложена усовершенствованная методика, устраняющая указанный недостаток, и сняты характеристики изучаемых пылей.

Исследования проводили с применением прибора для определения тонкости помола цемента типа СММ, имеющего 278 встряхиваний в минуту. Проба пыли массой 20 г в течение 5 минут встряхивалась на металлическом поддоне, затем скоагулированная пыль просеивалась через сито с размером отверстий 1 мм. Массу конгломератов пыли, оставшейся на сите, выражали в % к общему весу пробы.

С использованием растровой электронной микроскопии с микроанализом, масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и рентгеновской дифрактометрии определены химический и рациональный состав пылей основных переделов УК МК ТОО «Казцинк». В табл. 1 приведены усредненные физические свойства пылей, уловленных в рукавных фильтрах. Химический состав уловленных в фильтрах пылей методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой представлен в табл. 2.

Исследования показали, что при определении дисперсности пыли методом центробежной сепарации получают завышенные данные среднего размера частиц пылей по сравнению с данными, полученными с применением электронного микроскопа.

Исходя из снимков микроскопа JSM-6390LV, следует, что улавливаемые в фильтрах возгоны имеют форму, близкую к шару. Только частицы пыли из газов вельц-печей и из печей КС представляют из себя комбинацию различных видов форм.

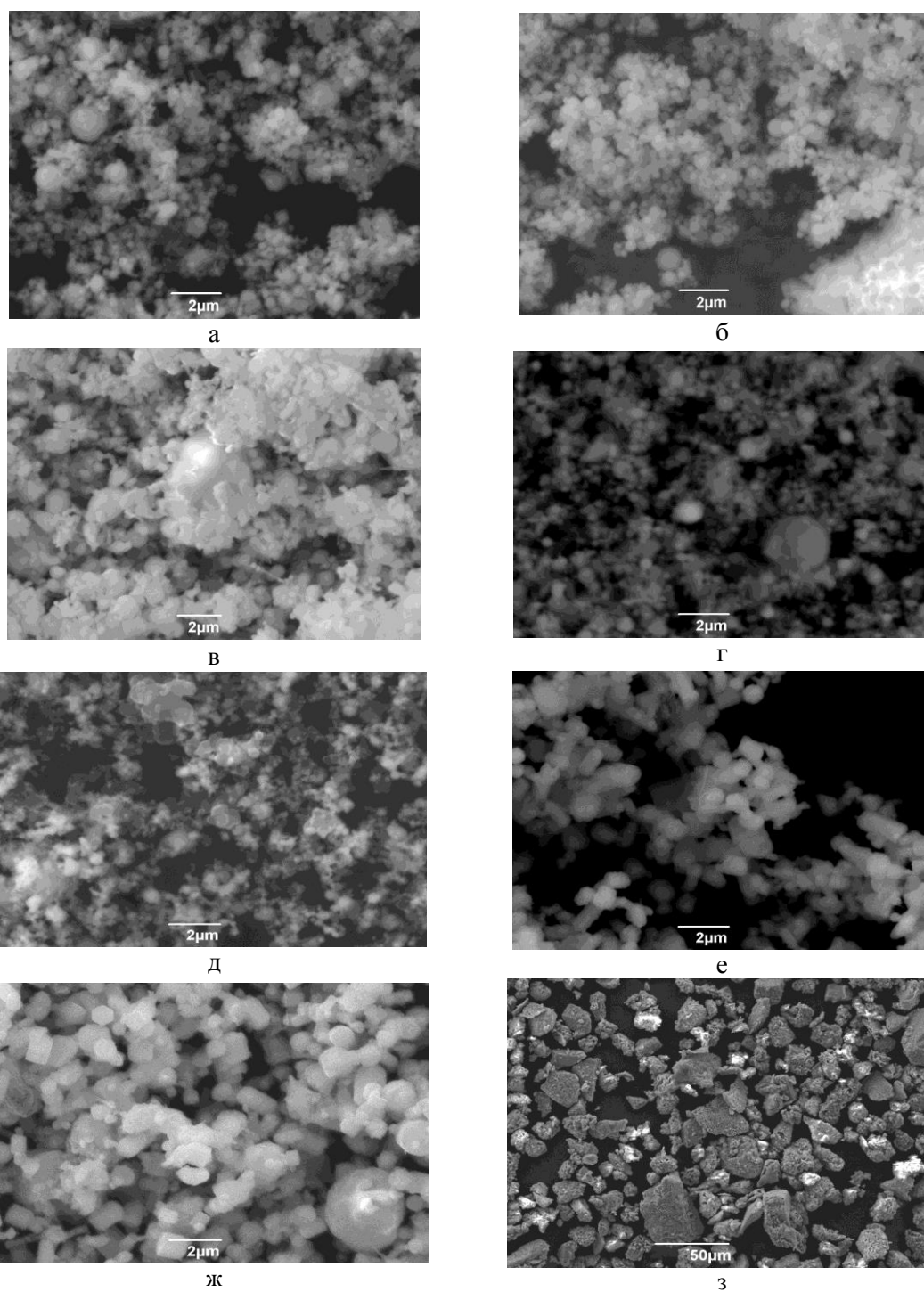


Рисунок 1 – Снимки проб пылей различных переделов: а – смесь свинцовых пылей; б – конверторная пыль; в – шлаковозгоночная пыль; г – пыль № 1 медного завода; д – пыль № 2 медного завода; е – вельцооксиды фильтра РФГ; ж – вельцооксиды фильтра ФРИ-1200; з – пыль от участка разгрузки цинкового огарка из печей КС

Физическая характеристика пылей, улавливаемых рукавными фильтрами

Таблица 1

Пыли	Размер частиц пыли, определенный с помощью микроскопа, мкм			Метод ЦС*	Насыпная масса, г/см ³		Удельная масса, г/см ³	Удельная поверхность, м ² /г	Агломерируемость пыли, %	Угол естественного откоса, градус
	средний	медианный	среднее отклонение диаметра		без утряски	с утряской				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смесь свинцовых пылей	0,165	0,144	1,59	0,88	0,61	0,70	5,4	1,03	15,1	43
Конвертеров	0,181	0,159	1,88	1,03	0,54	0,66	5,20	1,150	17,6	41
Шлаковозгоночной установки	0,230	0,176	1,88	0,93	0,62	0,76	5,30	1,310	34,0	36
Пыли медного завода	0,211	0,168	1,73	0,98	0,57	0,72	5,22	1,234	24,5	37
Вельц-печей	0,294	0,277	1,78	0,43	0,78	1,17	5,70	0,795	27	39
Печи КС	22,5	19,6	1,95	25,9	1,12	1,21	3,01	1,512	16,7	43

Примечание: * - центробежная сепарация

Химический состав уловленных в фильтрах пылей различных переделов УК МК ТОО «Казцинк»

Таблица 2

Улавливаемые пыли	Химический состав, %					Запыленность газов, г/м ³
	свинец	цинк	медь	кремний	железо	
1	2	3	4	5	6	7
Смесь свинцовых пылей	40,8	9,89	0,32	5,19	3	0,013
Конвертеров	39,71	3,95	0,58	25,77	1,25	0,014
Шлаковозгоночной установки	30,3	36,14	1,58	3,36	0,36	0,012
Пыли медного завода	16,44	5,38	21,62	5,51	14,8	0,011
Вельц-печей	29,92	29,45	1,78	1,99	4,14	0,011
Печи КС	1,62	4,35	10,72	2,6	10,88	0,03

Определение дисперсности пылей основных металлургических переделов ТОО «Казцинк» с применением электронного микроскопа показало, что пыли агломерационных машин имеют средний размер 0,12-0,14 мкм, конвертеров – 0,15-0,20 мкм, шлаковозгоночной установки – 0,20-0,25, шахтных плавильных печей – 0,20-0,40 и вельц-печей 0,37-0,50 мкм.

По химическому составу пыли очень различны, например содержание свинца в свинцовых пылях в 25 раз больше, чем в пылях из печи КС, но в последних содержание железа уже выше в 3,6 раз. Пыли агломерационных машин в среднем имеют содержание свинца около 67%, цинка - 4%, двуокиси кремния - на уровне содержания ее в пылях шахтных плавильных печей.

Пыли нового медного завода УК МК ТОО «Казцинк» содержат 5,4% цинка, 14,8% железа, 0,08% серебра и 16,4% свинца. Конвертерные пыли отличаются от остальных более высоким содержанием свинца с минимальным размером частиц.

Исследованиями установлено, что наибольшее влияние на эффективность пылеулавливания оказывают дисперсный и химический состав пылей. При выборе фильтровальных материалов необходимо обращать особое внимание на содержание в пылях свинца, т.к. данный компонент имеет низкую дисперсность.

Исходя из установленных значений истинных размеров частиц различных пылей и склонностью их к образованию конгломератов, следует при их фильтрации придерживаться следующих рекомендаций:

- для эффективного улавливания возгонных пылей обязательна предварительная очистка в циклонах для снижения пылевой нагрузки на рукавный фильтр, так как мелкие частицы с высокими адгезионными свойствами затрудняют регенерацию фильтровальных рукавов, резко снижая эффективность работы всей системы;

- для улавливание пыли из газов от печей КС в качестве предварительной очистки следует использовать пылевые камеры для исключения проскока раскаленных частиц большого размера и предупреждения прожига рукавов;

- при улавливании пылей с высоким содержанием мелкодисперсных частиц свинца

рекомендуется использовать рукавные фильтры с импульсной регенерацией рукавов, так как они способны обеспечить более высокую производительность при той же площади фильтрации, что и на фильтрах с обратной или механической продувкой рукавов.

Список литературы

1. Атлас промышленных пылей. Пыли предприятий металлургии, машиностроения и строительной промышленности. - М.: «ЦИНТИХИМТЕФТЕМАШ», 1981. - Ч. II. - 38 с.
2. Ужов В.Н. Борьба с пылью в промышленности. - М.: Госхимиздат, 1962. - 182 с.
3. Асанов Д.А. Совершенствование конструкции рукавного фильтра ФРИ-1600 в отделении пылеулавливания Риддерского металлургического комплекса ТОО «Казцинк» / Д.А. Асанов, В.В. Запасный, Н.А. Куленова и др. // Металлург. - 2013. - № 12. - С. 35-39.
4. Коузов П.А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П.А. Коузов, Л.Я. Скрябина. - Л.: Химия, 1983. - 143 с.
5. Гордон Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1977. - 456 с.
6. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. - 3-е изд., перераб. - Л.: Химия, 1987. - 265 с.
7. Грин Х. Аэрозоли - пыли, дымы и туманы / Х. Грин, В. Лейн. - 2-е изд., стер. - Л.: Химия, 1972. - 428 с.

Получено 22.10.2018

УДК 621.03

Л.С. Баймолданова, Г.К. Уазырханова, Н.К. Ердыбаева

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

О.Д. Погребняк

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина

МИКРОСТРУКТУРА МНОГОСЛОЙНЫХ И МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ (TiAlSiY)N/CrN

Были исследованы многоэлементные покрытия на основе (TiAlSiY)N/CrN с помощью методов РЭМ с ЭДС, рентгенофазового анализа. Обнаружено формирование фаз (TiAlN) с текстурой (111). Исследован элементный состав покрытия на глубине (шлиф). Представленные результаты показывают физические свойства новых наномногослойных систем для их применения, а также улучшения характеристик.

(TiAlSiY)N/CrN негізіндегі көп элементті жабындар ЭДС-мен РЭМ әдістерінің көмегімен, рентгендік-фазалық өлшеулер мен талдаулар зерттелді. Текстурасы бар фазалардың (TiAlN) қалыптасуы анықталды (111). Тереңдікте (шлиф) жабынның элементтік құрамы зерттелді. Берілген нәтижелер жаңа нано-көп қабатты жүйелердің физикалық қасиеттерін, сондай-ақ сипаттамаларды жақсартатынын көрсетті.

Multi-element coatings based on (TiAlSiY)N/CrN were investigated using SEM methods with EMF, x-ray phase analysis. Phase formation (TiAlN) with texture (111) was found. The elemental composition of the coating at depth (plume) is investigated. The presented results show the physical properties of the new nano-multilayer systems for their application, as well as the improvement of their characteristics.

Ключевые слова: многослойные покрытия, многоэлементные покрытия, структура, вакуумно-дуговой метод.

Для того чтобы увеличить срок службы различных деталей, достаточно модифицировать поверхность материалов. Этого можно достичь, применяя

многослойные покрытия на основе материалов со специальными свойствами. Многослойные покрытия широко используются в различных отраслях промышленности, позволяя значительно улучшить характеристики выпускаемой продукции. Использование многокомпонентных и многослойных покрытий является одним из способов улучшения защиты деталей от коррозии [1-5].

Бинарные и многоэлементные нитридные покрытия широко используются для повышения прочности, истирания и коррозионной стойкости, а также для улучшения способности поддерживать контакт при больших нагрузках [6-9]. В течение последнего десятилетия был изучен двоичный нитрид хрома, который имеет более высокую термическую стабильность, чем TiN [10], а также изучено использование тройного нитридного соединения TiAlN [11]. Это покрытие обеспечивает хорошую термическую стабильность, высокую твердость и коррозионную стойкость. Однако сегодняшняя промышленность требует использования покрытий, которые могут выдерживать высокие температуры, имеют низкий коэффициент трения и обеспечивают высокие нагрузки без сбоев. Поэтому актуальность таких покрытий значительно увеличилась. Характер градиентной структуры многослойных и многокомпонентных покрытий позволяет выполнять такие функции, как увеличение адгезии, увеличение стойкости к износу, коррозии и многое другое. Многослойные покрытия из двух и более чередующихся слоев позволяют изменить свойства системы, в том числе концентрацию напряжений, распространение трещин, в результате чего достигается повышение вязкости разрушения материала.

В связи с вышеизложенным целью данной работы является исследование микроструктуры многослойных и многоэлементных покрытий на основе (TiAlSiY)N/CrN.

В качестве материала исследования были выбраны многослойные покрытия (TiAlSiY)N/CrN. Экспериментальные исследования проводили в научных исследовательских лабораториях Сумского государственного университета (Украина) и Национальной научной лаборатории коллективного пользования ВКГУ им. С. Аманжолова, региональной университетской лаборатории инженерного профиля «IPGETAC» ВКГУ им. Д. Серикбаева.

Покрытия были получены с помощью вакуумно-дугового осаждения на устройстве Bulat-6 [12]. Мишень составляла Ti (58 ат.%), Al (38 ат.%), Si (3 ат.%), Y (1 ат.%). Сталь 12×18Н9Т (аналог сталей SUS321 и 321S51) размером 18×20×2 мм³ использовалась в качестве материала подложки. Применялись покрытия из двух металлических мишеней. Первой из них был композитный катод с отношением соединений Ti - 58 ат.%, Al - 38 ат.%, Si - 3 ат.% и Y - 1 ат.%. Второй мишенью был Мо-катод с чистотой материала 99,8%. Комплексный композитный катод спекали в промышленном искромерном спекающем устройстве SPS 25-10.

Исследование фазового состава и структурного свойства изучались методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре X'Pert Pro в CuK_α-излучении. Морфологию поверхности исследовали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV.

Экспериментальные исследования показали, что наиболее интенсивный пик покрытия (TiAlSiY)N/CrN соответствует кубической фазе нитрид титана алюминия с преобладающей ориентацией (111). Константа решетки соединения нитрида алюминия иттрия титана составляет 0,4181 нм, а химическая формула составляет Y_{0,05}Ti_{0,43}Al_{0,52}N. Он принадлежит пространственной группе Fm-3m. Данные дифракции электронов показывают, что покрытия сильно текстурированы. Параметр решетки c-YN (PDF 00-035-0779) равен 0,4889 нм. Учитывая это, уменьшение постоянной решетки указывает на изоморфные замены титана с меньшими размерами атомов алюминия и малые замены атомами иттрия. Наблюдается увеличение среднего размера кристаллитов до 19,42 нм. Иттрий располо-

жен вдоль границ зерен и способствует уменьшению текстуры волокна до полной потери с увеличением процента элемента [13]. Эта тенденция согласуется с работами на покрытиях (TiAlSiY)N и Ti-Al-Cr-Y-N [14, 15].

В дополнение к фазе AlYTiN в покрытии видны включения гексагонального AlN, обозначаемые пиком под углом $2\theta=36,7507$ (рис. 1). Увеличение концентраций алюминия приведет к увеличению AlN, так как с уменьшением размера зерна начинает формироваться W-AlN с содержанием алюминия ≥ 50 ат.% [16, 17].

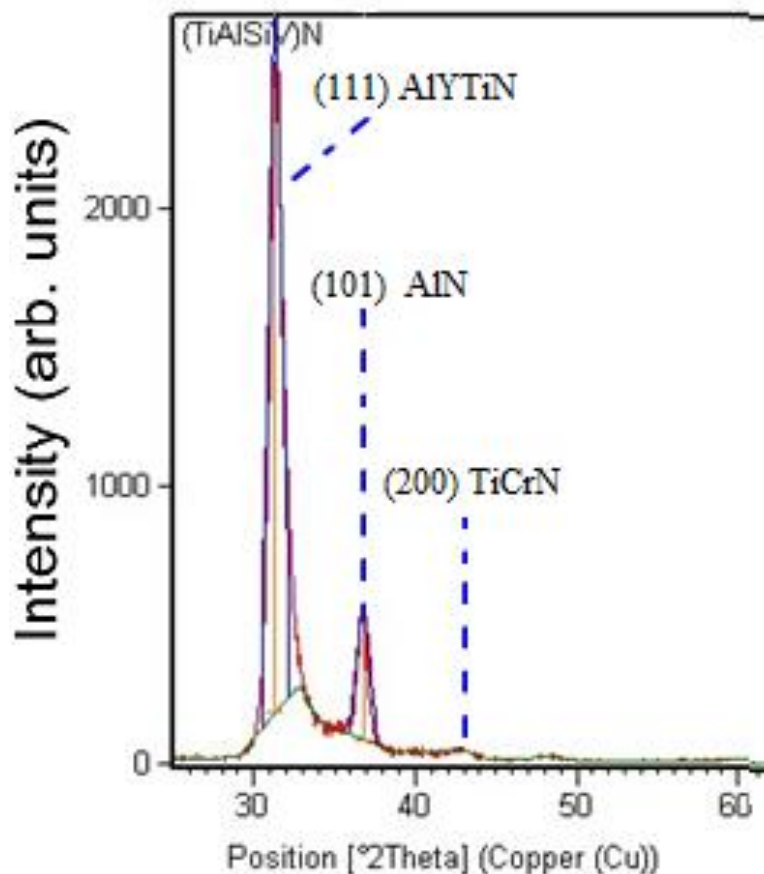


Рисунок 1 - Рентгеновские дифрактограммы наномногослойных покрытий (TiAlSiY)N/CrN

Анализ, полученный методом растровой электронной микроскопии, показал, что на границе раздела слоя (TiAlSiY)N и CrN диффузия атомов титана в бинарные слои CrN приводит к образованию переходных слоев с кубической структурой фазы TiCrN. Пик фазы TiCrN под углом $2\theta = 43,25^\circ$ с ориентацией (200) перекрывается пиком фазы AlYTiN (рис.1). Параметр решетки соединения TiCrN равен $a = 0,480$ нм.

На рис. 2 показаны области, выбранные для проведения анализа элементного состава покрытия (TiAlSiY)N/CrN.

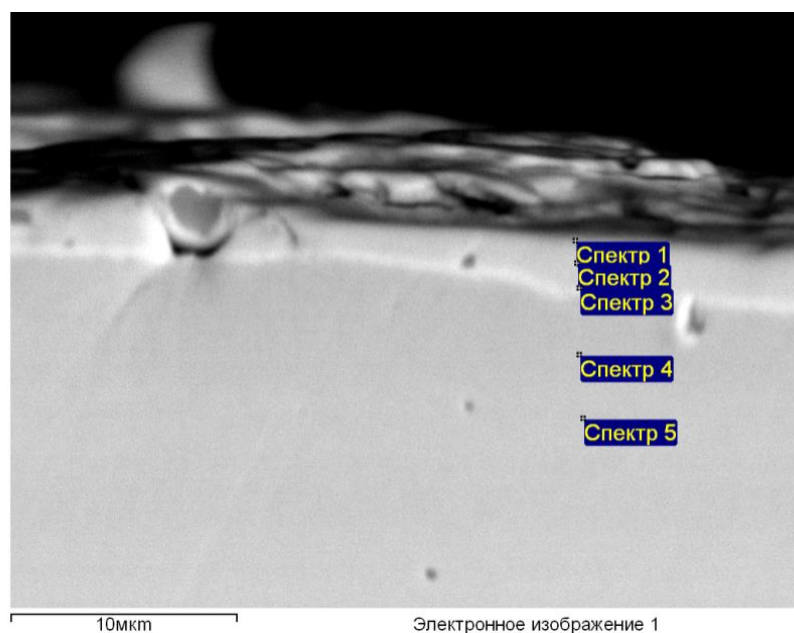


Рисунок 2 – РЭМ-изображение области наномногослойных покрытий (TiAlSiY)N/CrN, выбранных для проведения анализа элементного состава

Элементный состав покрытий, рассчитанный по спектрам энергетических дисперсий, суммирован в таблицу. Анализ EDS образцов почти не выявил присутствие Y, что, вероятно, связано с наличием ионов тяжелых металлов в потоке плазмы и их низкой концентрацией в исходном катоде (1 ат.%).

Элементный состав покрытия (TiAlSiY)N/CrN

Спектр	В стат.	O	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Y	Zr	Nb	Итого
Спектр 1	Да	14.98	4.40	0.36	15.79	4.18		13.47	1.17	0.00	0.00	45.65	100.00
Спектр 2	Да	10.08	4.46	0.34	16.54	4.62		13.94	1.40	0.00	0.00	48.62	100.00
Спектр 3	Да	7.27	3.38	0.58	14.65	6.89		22.14	2.29	0.50	0.00	42.30	100.00
Спектр 4	Да	2.82	0.32	0.56	0.84	18.22	1.01	68.76	7.48				100.00
Спектр 5	Да	3.45				18.19	1.16	69.67	7.52				100.00
Макс.		14.98	4.46	0.58	16.54	18.22	1.16	69.67	7.52	0.50	0.00	48.62	
Мин.		2.82	0.32	0.34	0.84	4.18	1.01	13.47	1.17	0.00	0.00	42.30	

Все результаты в весовых %

Согласно результатам растровой электронной микроскопии вакуумно-дуговая конденсация многоэлементной системы имеет ряд особенностей в формировании морфологии поверхности.

Интегральный элементный анализ показал, что матрицу приповерхностной области покрытия составляют Ti, Cr и Al (рис. 3, табл.). Наличие на спектрах пиков азота связано с составом газовой атмосферы вакуумно-дугового источника.

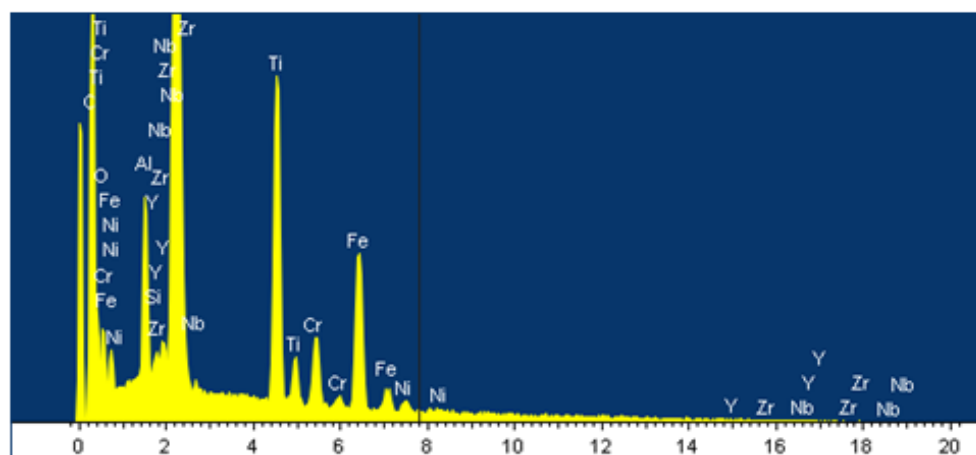


Рисунок 3 – РЭМ-изображения структуры и морфологии поверхности многослойного покрытия (TiAlSiY)N/CrN

Изучение морфологии поверхности показало, что осаждение покрытий приводит к увеличению шероховатости поверхности из-за капельной составляющей потока плазмы (рис. 4). Толщина полученных многокомпонентных покрытий составляет 5 мкм.

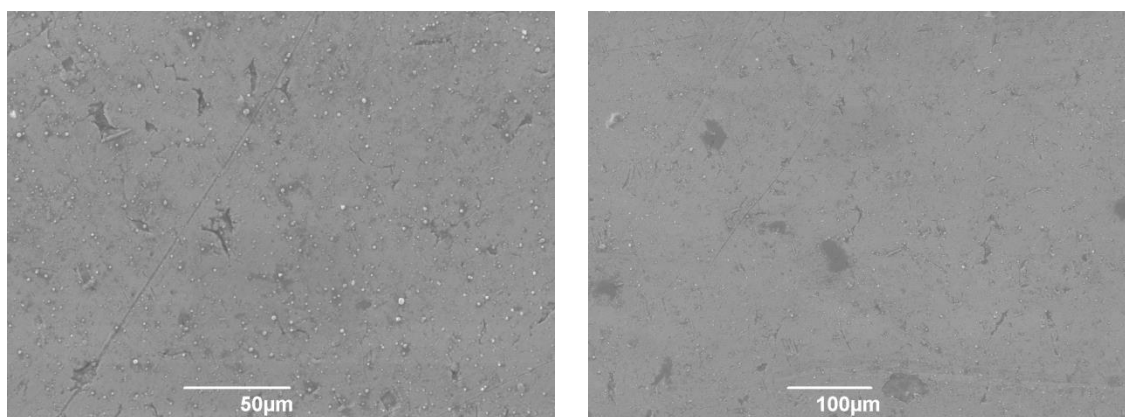


Рисунок 4 – РЭМ-снимки поверхности многослойных покрытий (TiAlSiY)N/CrN

Титан и азот имеют одинаково равномерный характер распределения по всей поверхности покрытия.

Таким образом, на основании экспериментальных результатов исследования структуры, элементного и фазового состава многослойных нитридных покрытий (TiAlSiY)N/CrN, полученных методом вакуумно-дугового напыления, можно сделать следующие выводы:

- установлено, что внутри многоэлементного слоя покрытия (TiAlSiY)N/CrN сформировалась фаза кубического AlTiYN с включениями гексагонального AlN;
- показано, что диффузия атомов титана в слой бинарного CrN приводит к образованию переходных слоев с кубической фазовой структурой TiCrN.

Из результатов следует, что данный тип может быть перспективен в качестве функциональных защитных покрытий.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке ПЦФ Комитета науки МОН РК по теме «Разработка технологии производства изделий медицинского назначения из тантала и ниобия».

Список литературы

1. Pogrebnjak A.D., Kravchenko Yu.A., Kislitsyn S.B., Ruzimov Sh.M., Noli F., Misaelides P., and Hatzidimitriou A., "TiN/Cr/Al₂O₃ and TiN/Al₂O₃ hybrid coatings structure features and properties resulting from combined treatment," *Surf. Coat. Tech.*, December 2006, vol. 201, pp. 2621-2632.
2. Pogrebnjak A.D., Eyidi D., Abadias G., Bondar O.V., Beresnev V.M., and SobolInter O.V., "Structure and properties of arc evaporated nanoscale TiN/MoN multilayered systems," *Int. J. Refract. Met. H.M.*, January 2015, vol. 48, pp. 222-228.
3. Pogrebnjak A.D., Ivashchenko I.V., Bondar O.V., Beresnev V.M., Oyoshi K., Ivasishin O.M., Amekura H., Takeda Y., and Opielak M., "Irradiation resistance, microstructure and mechanical properties of nanostructured (TiZrHfVNbTa)N coatings," *J. Alloy. Compd.*, September 2016, vol. 679, pp. 155-163.
4. Beresnev V.M., Sobol O.V., Pogrebnjak A.D., Grankin S.S., Stolbovoi V.A., Turbin P.V., Meilekhov A.A., and Arseenko M.Yu., "Structure engineering in vacuum-arc-deposited coatings of the MoN–CrN system," *Tech. Phys. Lett.*, 2016, vol. 42, pp. 532-535.
5. Pogrebnjak A.D., Bratushka S., Boyko V.I., Shamanin I.V., and Tsvintarnaya Yu.V., "A review of mixing processes in Ta/Fe and Mo/Fe systems treated by high current electron beams," *Nucl. Instrum. Meth. B*, November 1998, vol. 145, pp. 373-390.
6. Pogrebnjak A., Rogoz V., Ivashchenko V., Bondar O., Shevchenko V., Jurga S., Coy E., Nanocomposite Nb–Al–N coatings: Experimental and theoretical principles of phase transformations, *J. Alloys Compd.* 718(2017) 260-269.
7. Pogrebnjak A.D., Bagdasaryan A., Pshyk A., Dyadyura K., Adaptive multicomponent nanocomposite coatings in surface engineering, *Phys. Usp.* 60(2017) 586.
8. Olemskoi O.I., Danylchenko S.M., Bory-Syuk V.M., Shuda I.O., Multifractal analysis of X-ray patterns of complex condensed media, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* 31(2009) 777.
9. Olemskoi A.I., Yushchenko O.V., Borisyuk V.N., Zhilenko T.I., Kosminska Yu.O., Perekrstov V.I., Hierarchical condensation near phase equilibrium, *Phys. A.* 391, (2012) 3277-3284.
10. Ichimura H., Kawana A. High temperature oxidation of ion-plated CrN films, *J Mater Res* 9 (1994) 151.
11. PalDey S., Deevi S.C., Single Layer and Multilayer Wear Resistant Coatings of (Ti, Al)N: a Review, *Mater. Sci. Eng. A342* (2003) 58
12. Soignard E., Shebanova O., McMillan P.F., Compressibility measurements and phonon spectra of hexagonal transition-metal nitrides at high pressure: ϵ -TaN, δ -MoN, and Cr₂N, *Phys. Rev. B* 75, (2007)014104
13. Donohue L., Smith I., Münz W.-D., Petrov I., Greene J., Microstructure and oxidation-resistance of Ti_{1-x-y-z}Al_xCryYz N layers grown by combined steeredarc/unbalanced magnetron-sputter deposition, *Surf.Coat. Technol.* 94 (1997) 226-231.
14. Smith I., Münz W., Donohue L., Petrov I., Greene J., Improved Ti_{1-x}Al_xN PVDcoatings for dry high speed cutting operations, *Surf. Eng.* 14 (1998) 37-42.
15. Li M., Wang R., Fan Y.& L. Wang, Oxidation-resistance of (TiAlSiY)N coatings at 850°C *Mater. Res. Innov.* 19 (2015) S8-190-S8-194
16. Tentardini E.K., Aguzzoli C., Castro M., Kunrath A.O., Moore J.J., Kwietniewski C., Baumvol I.J.R., Reactivity between aluminum and (Ti,Al)N coatings for casting dies *Thin Solid Films* 516 (2008) 3062-3069.
17. Iatsunskyi I., Nowaczyk G., Jurga S., Fedorenko V., Pavlenko M., Smyntyna V., One and two-phonon Raman scattering from nanostructured silicon, *International Journal Light Electron Optics* 126 (2015) 1650-1655. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.05.088>.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 29.37.17, 37.21.77

Е.В. Блиная, Н.С. Блиная, Д.Б. АкбасоваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**АКУСТИЧЕСКАЯ КАВИТАЦИЯ В НЕФТИ ПРИ ИНФРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

В статье рассматривается процесс акустической кавитации, возникающий в жидкостях. Сформулирована гипотеза о низкочастотной акустической кавитации. Описаны проведенные экспериментальные исследования для подтверждения гипотезы.

Мақалада сұйықтықтарда пайда болатын акустикалық кавитация процесі қарастырылады. Төмен жиілікті акустикалық кавитация туралы гипотеза тұжырымдалған. Гипотезаны растау үшін орындалған тәжірибелік зерттеулер сипатталған.

The article deals with the process of acoustic cavitation arising in liquids. The hypothesis of low-frequency acoustic cavitation is formulated. Experimental studies conducted to confirm the hypothesis are described.

Ключевые слова: низкочастотная кавитация, обработка нефти инфразвуком.

Явление кавитации давно известно и изучалось исследователями и учеными мира. В трудах Константинова В.А., Остроумова Г.А., Перника А.Д., Вирджила Е. Джонсона [1-4] описаны вопросы физической природы кавитации и эрозии, механизмы кавитационного разрушения.

Практическое применение кавитации в технологических процессах освещено в статьях таких исследователей, как Акчурин Р.Ю., Фридман В.М., Шальнев К.К., Сульби Л.А., Эвентов И.М., Назаров В.В., Hutton S.P., Lobo Guerrero J [5-9].

Большой вклад в исследование вопросов прочности жидкостей, определения кавитационных областей, влияния акустических параметров и характеристик жидкости на эффективность кавитационных процессов, а также методов оценки эффективности кавитации внес ученый-акустик Мстислав Григорьевич Сиротюк, доктор физико-математических наук [10].

При распространении волновых колебаний в жидкости наблюдается тесно связанный со звуковым давлением эффект, называемый кавитацией. Кавитация - образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полости), заполненных паром, газом или их смесью. Различают акустическую кавитацию, возникающую при прохождении звуковой волны большой интенсивности, и гидродинамическую, обусловленную сильным локальным понижением давления в жидкости вследствие больших скоростей течения. В интенсивной звуковой волне во время полупериодов разрежения возникают кавитационные пузырьки, которые резко захлопываются после перехода в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости. Во время этих захлопываний развиваются большие локальные мгновенные давления, достигающие сотен и тысяч атмосфер. При этом возникает мощная ударная волна.

При захлопывании сферической полости давление в ней резко возрастает, как при взрыве, что приводит к излучению импульса сжатия. Давление при захлопывании особенно велико при кавитации на низких частотах в жидкости, не содержащей газа и с малым давлением насыщенного пара. Если увеличить содержание газа в жидкости, то диф-

фузия газа в полости усилится, захлопывание полостей станет неполным, а подъем давления при захлопывании небольшим. При содержании газа в жидкости выше 50% от насыщения происходит «кавитационное обезгаживание» жидкости - образование и всплывание газовых пузырьков.

Акустическая кавитация вызывает ряд эффектов. Часть из них, например разрушение и диспергирование твердых тел, эмульгирование жидкостей, очистка, обязаны своим происхождением ударам при захлопывании полостей и микропотокам вблизи пузырьков. Другие эффекты (инициирование и ускорение химических реакций) связаны с ионизацией при образовании полостей. Благодаря этим эффектам акустическая кавитация находит все более широкое применение для создания новых и совершенствования известных технологических процессов. Большинство практических применений ультразвука основано на эффекте кавитации.

В области кавитации при захлопывании кавитационных пузырьков возникают локальный нагрев и гидродинамические возмущения в виде микроударных волн, микрокумулятивных струек и микропотоков жидкости. Сама жидкость и вещество, находящееся в кавитационной области, подвергаются интенсивным воздействиям, поэтому подавляющее большинство ультразвуковых процессов, имеющих применение в промышленных технологиях, протекает в жидкостях, где кавитация создается обычно при помощи ультразвуковых излучателей. Сюда относятся такие технологические процессы, как очистка деталей, снятие заусенцев, диспергирование, эмульгирование и др. Кроме ультразвуковой технологии, акустические колебания высокой интенсивности применяются в медицине, гидролокации, подводной связи и т.д. при уровнях звука, когда возможно появление кавитации.

Кавитация имеет место в различных гидромеханических устройствах, где она в большинстве случаев приводит к вредным последствиям. Возникая на поверхности акустических излучателей, кавитация разрушает эту поверхность. Повышение амплитуды колебаний поверхности при развитой кавитации не вызывает существенного увеличения излучаемой мощности, поскольку она расходуется на увеличение объема кавитационной области и образование потоков жидкости.

Очевидно, что в одних случаях необходимо развить кавитацию для совершения полезной работы, в других – предотвратить ее появление во избежание нежелательных последствий. Поэтому весьма актуальной задачей является прогнозирование и определение момента возникновения кавитации, а также возможности управления происходящими кавитационными процессами.

Согласно исследованиям М.Г. Сиротюка, в значительной степени на кавитационную прочность жидкости влияет ее вязкость. Во-первых, потому, что чем больше вязкость жидкости, тем медленнее всплывают в ней и удаляются пузырьки газа, в результате чего газосодержание таких жидкостей повышено. Во-вторых, при увеличении вязкости жидкости вязкие силы, действующие на пузырек, могут сравниться с силами инерции присоединенной массы жидкости, что следует из уравнения пульсации пузырька с учетом вязких сил.

На рисунке показаны результаты измерения зависимости P_K от вязкости, выполненные в водных растворах глицерина. Порог практически не зависит от вязкости до величины приблизительно в 1 пуаз ($1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П}$), и лишь при дальнейшем увеличении вязкости наблюдается заметный рост порога кавитации.

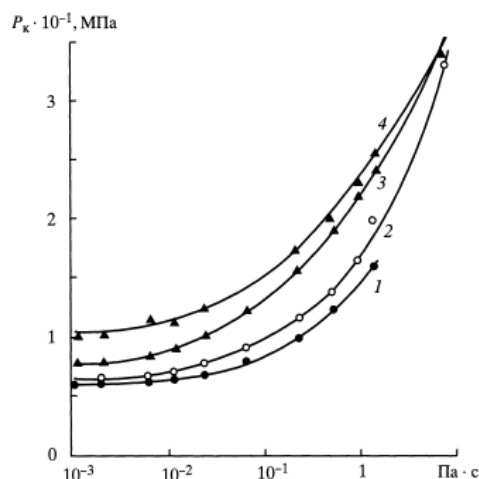


Рисунок – Зависимость прочности раствора вода–глицерин от вязкости:
1–4 соответствуют частотам 7, 17, 35, 61 кГц

Пузырьки – зародыши кавитации, колеблясь под действием звукового поля, постепенно увеличиваются в размере. Это происходит в результате преимущественного диффузионного потока газа в пузырек в результате односторонней диффузии газа и благодаря микропотокам вокруг пузырька, интенсифицирующим этот процесс. Кроме того, под действием постоянных сил, возникающих в звуковом поле, происходит слияние газовых пузырьков.

Взросшие в размере пузырьки понижают кавитационную прочность жидкости, поэтому существенное влияние на характеристики ее кавитационной прочности имеет время воздействия акустическим полем.

Процессы ультразвуковой очистки, диспергирования и ряд других в большинстве случаев проводятся в жидкостях с малой вязкостью, но некоторые химико-технологические процессы протекают в средах с повышенной вязкостью. Если при коэффициенте вязкости жидкости, близком к вязкости воды ($\mu \approx 10^{-3}$ Па·с), влияние вязкости на захлопывание кавитационных пузырьков ничтожно мало, то при коэффициенте вязкости 10^{-2} – 10^{-1} Па·с действие вязких сил уже начинает сказываться на поведении кавитационных пузырьков. При увеличении вязкости до 1 Па·с, что соответствует вязкости глицерина при комнатной температуре, пузырьки уже не захлопываются и становятся пульсирующими.

Другой особенностью вязкой жидкости является ее высокое газосодержание ($\delta \approx 0,05$), которое объясняется малой скоростью всплытия и удаления пузырьков газа из жидкости. Постоянное присутствие относительно больших пузырьков газа в вязких жидкостях сильно понижает ее кавитационную прочность.

Влияние вязкости (и сжимаемости) жидкости на рост и захлопывание кавитационного пузырька теоретически исследовалось в работах [11–13]. В них вязкий член в уравнении, описывающем радиальное движение пузырька, учитывается только через граничные условия, поэтому соотношение между вязкими членами в уравнении движения и членами, учитывающими сжимаемость, не вполне ясно, поскольку при строгой постановке задачи необходимо учитывать не только сдвиговую, но и обычную вязкость. В работе [11] было оценено влияние вязкости и сжимаемости среды на динамику кавитационного пу-

зырька. Исходным дифференциальным уравнением являлось нелинейное уравнение Навье–Стокса, учитывающее сдвиговую и объемную вязкости. Приведенные в этой работе примеры численного расчета полученной системы уравнений иллюстрируют влияние сжимаемости среды, обусловленной различной объемной концентрацией газа в воде.

В статье «Второе открытие кавитации» автор А. Галамага описал эксперимент, проведенный учеными сектора химической физики из Всесоюзного научно-исследовательского института органического синтеза под руководством М.А. Маргулиса. Для понимания процессов, происходящих в кавитационном пузырьке, существовала необходимость зафиксировать его на каком-либо носителе (кинематографической пленке), чтобы иметь возможность детально изучить все его характеристики.

Кавитационный пузырек существует всего лишь сотысячные или даже миллионные доли секунды. Размеры пузырьков составляют сотые, тысячные доли миллиметра. Наконец, кавитация – это не один и даже не тысяча рождающихся в одно мгновение пузырьков. В одном кубическом сантиметре так называемого кавитационного поля их пульсирует сразу около миллиарда.

Идея эксперимента заключалась в следующем. Разглядеть кавитационные пузырьки мешала их мизерность и крайне малое время жизни. Это зависело от частоты колебаний, которыми возбуждали кавитацию. Если бы получилось возбудить кавитацию при частотах 10-100 Гц, пузырьки, согласно расчетам ученых, могли бы существовать уже десятые доли секунды и иметь размеры до сантиметра. Это позволило бы зафиксировать пузырек на имеющемся носителе информации крупным планом.

Схема первого из проведенных экспериментов была следующая. Колеблющийся стержень опускали в сосуд с жидкостью, а спектрометр, если возникнет кавитация, должен был зарегистрировать свечение. В процессе эксперимента появления кавитации в жидкости зафиксировано не было.

Схему эксперимента изменили. При этом колеблющийся стержень в виде поршня изготовили так, что зазор со стенками пробирки составлял всего десятую долю миллиметра. При этом жидкость уже не могла столь легко, как прежде, обтекать стержень. Частота звука при проведении эксперимента составляла 90 Гц.

Для анализа процесса ученые использовали скоростную киносъемку. При просмотре записи было выявлено, что в обрабатываемой звуковыми волнами жидкости образовывались протуберанцы, довольно толстые отростки, которые словно бы выстреливались из тела крупного пузырька. Эти протуберанцы были названы большой деформированный пузырек (БДП). На экране удалось разглядеть, как от БДП отрывались, а затем устремлялись обратно мелкие прозрачные пузырьки сферической формы.

Чтобы определить возникновение низкочастотной акустической кавитации, в описанном опыте воспользовались специальными тестами, выявляющими кавитацию – были проведены звукохимические реакции и зафиксировано свечение жидкостей.

В первом же проверочном эксперименте низкочастотный звук запустил цепную реакцию превращения малеиновой кислоты в фумаровую. В следующем проверочном эксперименте двухвалентное железо превратилось в трехвалентное. Это позволило сделать вывод о возникновении настоящей кавитации. Последующие многократные проверки подтвердили, что звукохимические реакции можно вести уже при частоте звука в 7 Гц, а некоторые растворы начинали светиться при 30 Гц.

Известные результаты исследований позволили выдвинуть гипотезу о том, что при воздействии на пробы нефти звуками низкой частоты (до 30 Гц) в объеме пробы может возникнуть эффект кавитации, который опосредованно должен привести к изменению структуры или химического состава в пробе нефти.

Летом 2018 года исследователями ВКГТУ были проведены эксперименты по обработке нефти месторождений Зайсан и Тарбагатай звуками низкой частоты с параметрами от 10 до 26 Гц при времени воздействия в интервале от 10 до 30 мин.

После проведения эксперимента пробы нефти были исследованы в лаборатории на предмет определения парафина в образцах, подвергнутых обработке инфразвуком, и в контрольных (необработанных) образцах.

Результаты статистической обработки лабораторных данных позволяют сделать вывод о снижении концентрации парафина в образцах нефти в среднем на 20%. Полученные результаты дают основание полагать, что гипотеза об акустической интенсификации процессов, протекающих в нефти, обработанной звуками низкой частоты, состоятельна и требует дальнейшего детального исследования.

Список литературы

1. Константинов В.А. Вопросы физической природы кавитации и эрозии. - Изв. АН СССР, 1947.
2. Остроумов Г.А. О механизме кавитационного разрушения. - Акустический журнал, 1963. - Т. IX. - Вып. 2. - С.198- 204.
3. Перник А.Д. Проблемы кавитации. - Л.: Судпромгиз, 1963.- 335 с.
4. Вирджил Е. Джонсон. Механизм кавитации. – Пер. Ленингр. металлического з-да им. ХШ съезда КПСС. - 1964.
5. Акчурин Р.Ю. К вопросу о применении кавитирующих потоков жидкости для очистки промышленных деталей: Матер. межвуз. конф. молодых ученых Волго-Вятского региона. - Саранск, 1972. - С.31.
6. Фридман В.М. Ультразвуковая химическая аппаратура. -М.: Машиностроение, 1967. - 211 с.
7. Шальнев К.К. Кавитация как средство борьбы с загрязнениями водоемов нефтепродуктами / К.К. Шальнев, Л.А. Сульби. – Инф. бюлл. по водному хозяйству СЭВ. – 1976. - С. 42-49.
8. Эвентов И.М. Эмульсионные машины и установки / И.М. Эвентов, В.В. Назаров. - М.: Машиностроение, 1964. - 144 с.
9. Hutton S.P., Lobo Guerrero J. The damage capacity of some cavitating flows.- In: Proceedings of the fifth conference on fluid machinery. Budapest, 1975, vol. I, p.427-438
10. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / Отв. ред.: В.А. Акуличев, Л.Р. Гаврилов. - Тихоокеан. океанол. ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН. – М.: Наука, 2008. – 271 с.
11. Аванесов А.М. Динамика кавитационной полости в вязкой сжимаемой среде / А.М. Аванесов, Г.Н. Кузнецов // Акустический журнал. – 1974. - Т. 20. - Вып. 5. - С. 657 – 662.
12. Кузнецов Г.Н. Влияние вязкости на динамику захлопывающейся полости, движущейся поступательно / Г.Н. Кузнецов, И.Б. Щекин // Акустический журнал. – 1973. - Т. 19. - Вып. 5. - С. 727–735.
13. Левковский Ю.Л. Влияние поверхностного натяжения и вязкости на замыкание кавитационной каверны / Ю.Л. Левковский, В.П. Ильин // Инж.-физ. журн. - 1968. - Т. 14. - № 5. - С. 903–906.

Получено 22.10.2018

УДК 656.025.4

В.Н. Вдовин

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

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА АВТОМОБИЛЕЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ
В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

В статье рассматривается проблема выбора автомобилей оптимальной грузоподъемности при доставке товаров в торговую сеть города. Предложен метод автоматизированного распределения подвижного состава по развозочным маршрутам.

Мақалада тауарлардың қалалық сауда желісіне жеткізілуі кезінде оңтайлы жүк көтеру қабілеті бар келік құралдарын таңдау мәселесі қарастырылған. Жылжымалы құрамды жеткізу маршруттары бойынша автоматтандырылған бөлу әдісі ұсынылған.

Ключевые слова: грузоподъемность, алгоритм, оперативный режим, степень загрузки.

Наибольшие затруднения в выборе грузоподъемности автомобилей наблюдаются при доставке грузов в городскую торговую сеть. Это связано с большим разнообразием возможных маршрутов доставки грузов, условий выполнения перевозок. В результате использования развозочных маршрутов различной конфигурации возникает необходимость осуществлять в оперативном режиме выбор типа и марки подвижного состава, так как количество груза, которое может быть доставлено в системе, зависит не только от организации работы, но также и от грузоподъемности используемых автотранспортных средств. Поэтому для каждой маршрутной схемы, прежде чем рассчитывать потребность в транспортных средствах, следует выбрать автомобиль определенной грузоподъемности.

При определении грузоподъемности транспортных средств должны быть учтены основные характеристики перевозимых грузов. Основным критерием, который учитывается при определении грузоподъемности, является размер партии груза. При организации перевозок необходимо стремиться, чтобы грузоподъемность автомобиля соответствовала размеру перевозимой партии груза.

Планирование рациональных сборно-развозочных маршрутов, выбор подвижного состава, распределение его по маршрутам - задачи оперативные, поэтому эти работы выполняются ежедневно. В зависимости от объема заявок, который на маршрутах ежедневно меняется, степень загрузки автомобилей может быть меньше или больше. Поэтому ежедневно операторы рассчитывают объемы продукции по каждому маршруту, и диспетчер выбирает автомобиль подходящей грузоподъемности.

Как правило, в течение дня, предшествующего дню перевозки, операторы принимают заявки от потребителей, после чего выписывают счета-фактуры для каждого магазина, группируют по маршрутам, считают массу заказа и передают на склад готовой продукции. Там дополнительно проверяют, чтобы счет-фактура каждой торговой точки находилась в том маршруте, за которым она закреплена. Ежедневно обработка заявок по всем маршрутам составляет от 2 до 4 часов.

Исследования проводились при доставке готовой продукции ТОО «Эмиль» в торговую сеть города Усть-Каменогорска. Доставка осуществляется по 10 маршрутам, на которых работают 10 изотермических фургонов и 10 фургонов-рефрижераторов. Грузоподъемность подвижного состава находится в пределах от 995 до 2800 кг (см. табл.).

Существующий парк подвижного состава

Тип подвижно-го состава	Модель	Грузопо-дъемность, кг	Грузовме-стимость, кг (учиты-вая класс груза)	Количе-ство, еди-ниц
Фургон-рефрижератор	Forland Bj5043v7bea-Ma	995	776	1
	Isuzu Elf	2165	1690	1
	Mercedes Benz 709 D	2500	1950	1
	Iveco-Fiat 65.9	1760	1375	1
	Iveco-Fiat 65.9	1760	1492	1
	Iveco Fiat 65.9	1915	1404	1
	Iveco Fiat 65.9	1800	2185	1
	Mercedes Benz 709 d	2800	1530	1
	Mercedes Benz 609 D	1960	1357	2
	Iveko 35-e	1740		1
Фургон изо-термический	Forland Bj1043	995	776	1
	Forland Bj5046	1490	1162	2
	Газ 3302-216	1400	1092	1
	Jin BeiSy 5041	1925	1502	1
	УАЗ 396252	900	702	1
	Газ 3302	1710	1334	4
Всего				20

С целью повышения эффективности использования подвижного состава, сокращения трудоёмкости обработки заявок и распределения автомобилей по маршрутам в зависимости от объема и вида заказанной продукции разработана программа по решению этих задач в оперативном режиме. Среда разработки – Visual Studio 2010 Professional, платформа - Microsoft Framework 4.0, приложение - Windows Forms, язык программирования – C#. Далее представлено описание алгоритма поиска оптимальной загрузки транспортных средств и дальнейшего закрепления автомобилей за маршрутами. В основе реализации алгоритма данной программы лежит выбор определённого типа автомобиля с минимально возможной грузоподъемностью в зависимости от массы отправки, вида груза, температурного режима перевозки и перечня магазинов, входящих в конкретный маршрут.

В качестве исходных данных были приняты: инвентарный парк автомобилей, ассортимент продукции и сеть магазинов предприятия, производящего полуфабрикаты и молочную продукцию. Парк автомобилей представлен на рис. 1 с указанием наименования автомобиля (марка, модель, тип), грузоподъемности в килограммах или максимально возможной загрузки автомобиля. Также важным условием при выборе подвижного состава является то, что продукция перевозится при разных температурных режимах: молоко и молочная продукция – при температуре от +1 до +5 °С в изотермических фургонах, мороженое и полуфабрикаты - от -25 до -35 °С в фургонах-рефрижераторах.

Расчет для смены			
Автотранспорт			
Продукция			
Маршруты			
Магазины			
Заявки			
	Наименование	Грузоподъемность	Температурный режим
	Forland B15043	776	Рефрижератор
	Isuzu Elf	1690	Рефрижератор
	Mercedes Benz 709 D (1)	1950	Рефрижератор
	Iveco-Fiat 65.9 (1)	1375	Рефрижератор
▶	Iveco-Fiat 65.9 (2)	1492	Рефрижератор
	Iveco-Fiat 65.9 (3)	1404	Рефрижератор
	Mercedes Benz 709 D (2)	2185	Рефрижератор
	Mercedes Benz 609 D (1)	1530	Рефрижератор
	Mercedes Benz 609 D (2)	1530	Рефрижератор
	Iveco 35-e	1357	Рефрижератор
	Forland B1043	776	Изотермический фургон
	Forland B15046 (1)	1162	Изотермический фургон
	Forland B15046 (2)	1162	Изотермический фургон
	Газ 3302-216	1092	Изотермический фургон
	Jin Bei Sy 5041	1502	Изотермический фургон
	УАЗ 396252	702	Изотермический фургон
	Газ 3302 (1)	1334	Изотермический фургон
	Газ 3302 (2)	1334	Изотермический фургон
	Газ 3302 (3)	1334	Изотермический фургон
	Газ 3302 (4)	1334	Изотермический фургон
*			

Рисунок 1- Парк подвижного состава

Ассортимент продукции в программе представлен в виде массива, включающего информацию о наименовании продуктов, весе одного экземпляра продукта в граммах и температурном режиме транспортировки, который влияет на тип используемого автомобиля (рефрижератор или изотермический фургон).

Каждый из обслуживаемых магазинов входит в конкретный развозочный маршрут (рис. 2). В среднем маршрут содержит 15-20 торговых точек. Большинство магазинов заказывают продукцию ежедневно, но есть магазины, которые делают заявки на доставку через день.

На первом этапе расчет производится для двух групп автомобилей - рефрижераторов и изотермических фургонов, так как товары четко разграничены по температурному режиму перевозки. На следующем этапе определяется общая масса товаров соответствующего температурного режима для магазинов, после чего вычисляется объем перевозки для каждого маршрута.

Расчет для смены		
Автотранспорт		
Продукция		
Маршруты		
Магазины		
Заявки		
Наименование	Маршрут	
Минимаркет Бульвар Гагарина, 22	Маршрут №1	▼
Восход Севастопольская, 5	Маршрут №1	▼
Лакшми Виноградова, 19	Маршрут №1	▼
Павильон Бульвар Гагарина, 20	Маршрут №1	▼
Столовая Серикбаева, 1	Маршрут №1	▼
Хороший Бульвар Гагарина, 36	Маршрут №1	▼
Асель Серикбаева, 1/1	Маршрут №1	▼
Ровесник Серикбаева, 27	Маршрут №1	▼
Жастар Потанина, 27	Маршрут №1	▼
Вояж Потанина, 13	Маршрут №1	▼
Максим Дзержинского, 6/1	Маршрут №1	▼
Асна Дзержинского, 18/1	Маршрут №1	▼
Антон Дзержинского, 4	Маршрут №1	▼
Оптовка Пр. Независимости, 29	Маршрут №1	▼
Звезда Пр. Независимости, 75	Маршрут №1	▼
► Чльба Астаны, 32/1	Маршрут №1	▼
Министерский Белинского, 32	Маршрут №2	▼
Орбита Космическая, 12/2	Маршрут №2	▼
Темирлан Ворошилова, 93/1	Маршрут №2	▼
Горизонт Михаэлиса, 4	Маршрут №2	▼
Продукты Алматинская, 34	Маршрут №2	▼
Вайсман Гоголя, 29	Маршрут №2	▼
Наяна Гоголя, 6	Маршрут №2	▼
Багратион Металлургов, 30	Маршрут №2	▼
Валюша Тимирязева, 180	Маршрут №2	▼
Добрый Михаэлиса, 16/1	Маршрут №2	▼
Казахстан Образцовая, 8	Маршрут №2	▼

Рисунок 2 - Список магазинов и их закрепление за маршрутом

В итоге все решение сводится к распределению элементов списка маршрутов по определенным автомобилям. При этом элемент списка маршрутов – маршрут из базы данных существующих маршрутов доставки, а элемент списка автотранспорта – автомобиль из перечня, имеющегося на предприятии подвижного состава.

Здесь используется следующий алгоритм. Список маршрутов выстраивается от большего к меньшему значению перевозимой массы продукции для каждого маршрута. Список автомобилей наоборот выстраивается от меньшего к большему значению грузоподъемности. Далее с этими списками производится циклическая операция поиска элементов списка маршрутов по элементам списка автомобилей. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 3.

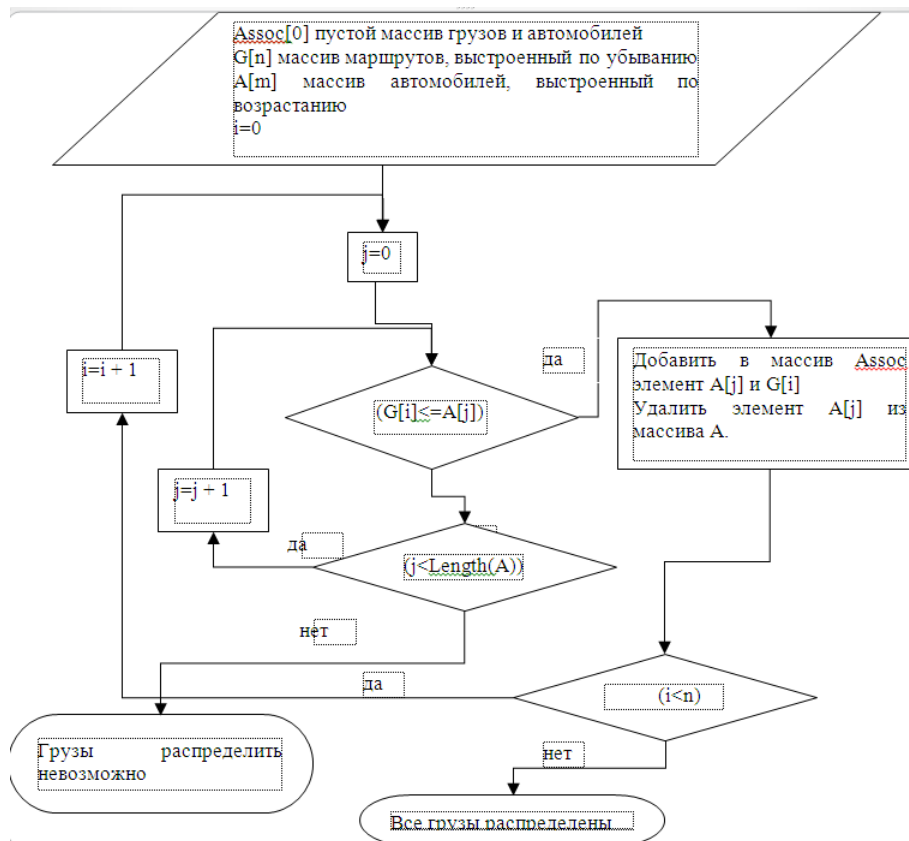


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма выбора автомобиля рациональной грузоподъемности

То есть имеется пустой массив грузов и автомобилей для определенной даты – Assoc – массив существующих маршрутов, выстроенный по убыванию массы груза, доставляемой по маршрутам, а также массив автомобилей из списка имеющихся на предприятии, выстроенный по возрастанию грузоподъемности. Рассматривается первый элемент списка маршрутов и сопоставляется со всеми элементами списка автомобилей.

Первый найденный свободный автомобиль, грузоподъемность которого больше или равна общему весу продуктов маршрута, ассоциируется с этим маршрутом, автомобиль помечается как занятый, добавляется в массив Assoc и удаляется из массива автомобилей. Далее осуществляется переход к следующему маршруту в упорядоченном списке. Если пройден список автомобилей до конца, а подходящий автомобиль не найден, задача неразрешима без расформирования массы отправки одного маршрута на два или более автомобиля. Если все автомобили заняты, а список маршрутов еще не закончился, задача неразрешима для общей отправки по маршрутам без добавления или повторного использования автомобилей.

На рис. 4 показан пример внесения заявок на определенную дату и закрепления автомобилей за маршрутом, исходя из общего объема заказанной продукции. При приеме заявки в левой части окна выбирается дата, на которую принимается заявка о доставке продукции, справа – вид продукции, которую заказывает клиент. Также вносится количество необходимых продуктов, выбирается из существующей базы наименование магазина, в который необходимо доставить данный заказ.

Расчёт оптимальной загрузки

Расчет для смены | Автотранспорт | Продукция | Маршруты | Магазины | Заявки

Смена	Продукт	Количество	Магазин
2012.04.23	Мороженое в стаканчиках 0,08	84	Ульба Набережная Астаны, 32/1
2012.04.24	Вареники 0,4	58	Звезда Пр. Независимости, 75
*	Десерты из мороженого 0,2	45	Звезда Пр. Независимости, 75
	Токтамыш 0,5	38	Звезда Пр. Независимости, 75
	Мороженое в стаканчиках 0,07	56	Звезда Пр. Независимости, 75
	Сыр Сулугуни 1	45	Оптовка Пр. Независимости, 29
	Десерты из мороженого 0,2	30	Вояж Потанина, 13
	Сметана 0,4	23	Вояж Потанина, 13
	Десерты из мороженого 0,2	84	Жастар Потанина, 27
	Здравушка 0,5	18	Ровесник Серикбаева, 27
	Мороженое в стаканчиках 0,06	48	Ровесник Серикбаева, 27
	Вареники 0,4	24	Ровесник Серикбаева, 27
	Кефир 1	58	Ровесник Серикбаева, 27
	Крепыш 0,5	63	Ровесник Серикбаева, 27
	Молоко 1	74	Хороший Бульвар Гагарина, 36
	Крепыш 0,5	65	Хороший Бульвар Гагарина, 36
	Сыр плавленый 0,2	45	Хороший Бульвар Гагарина, 36
	Йогурт питьевой 0,35	48	Хороший Бульвар Гагарина, 36
	Пельмени 0,4	115	Хороший Бульвар Гагарина, 36
	Молоко 1	134	Столовая Серикбаева, 1
	Масло сливочное 0,2	25	Столовая Серикбаева, 1
	Пельмени 1	170	Столовая Серикбаева, 1
	Манты 0,4	158	Столовая Серикбаева, 1
	Тесто 0,5	212	Столовая Серикбаева, 1

Рисунок 4 – Формирование заявки для конкретной смены

После ввода данных по заявкам производится расчет по закреплению автомобилей за маршрутами для определенной даты доставки продукции. Для этого в верхнем левом углу окна программы выбирается дата, для которой необходимо произвести закрепление автомобилей. После нажатия кнопки «Расчитать» программа рассчитывает детальные требования по маршрутам, то есть выводится список магазинов каждого маршрута, вид продукции и её количество, заказанное клиентом. В соседнем столбце подсчитываются суммарные объемы заявок по маршрутам. Справа выводится список автомобилей в наличии с указанием грузоподъемности. Автомобили разделены по типу кузова – изотермический фургон или рефрижератор.

Ниже представлен пример распределения подвижного состава по маршрутам в зависимости от объема загрузки и требуемого температурного режима перевозки (рис. 5).

Расчет оптимальной загрузки

Расчет для смены: Автотранспорт | Продукция | Маршруты | Магазины | Заявки

2012.04.23

Рассчитать

Детальные требования по маршрутам

Маршрут №1
 Асель, Серикбаева, 1/1
 Кефир 0,5 кол-во: 84 вес: 500 г. масса: 42 кг.
 Крепыш 0,5 кол-во: 58 вес: 500 г. масса: 34 кг.
 Масло сливочное 0,2 кол-во: 62 вес: 200 г. масса: 12 кг.
 Ряженка 0,5 кол-во: 38 вес: 500 г. масса: 19 кг.
 Асна Дзержинского, 18/1
 Десерты из мороженого 0,2 кол-во: 44 вес: 20 кг.
 Вареники 0,4 кол-во: 57 вес: 400 г. масса: 22 кг.
 Манты 0,4 кол-во: 36 вес: 400 г. масса: 14 кг.
 Тесто 0,4 кол-во: 62 вес: 400 г. масса: 24 кг.
 Восход Севастопольская, 5
 Молоко 1 кол-во: 94 вес: 1000 г. масса: 94 кг.
 Вареники 0,4 кол-во: 79 вес: 400 г. масса: 31 кг.
 Мороженое в стаканчиках 0,07 кол-во: 84 вес: 70 кг.
 Пельмени 0,4 кол-во: 95 вес: 400 г. масса: 38 кг.
 Вояж Потанина, 13
 Десерты из мороженого 0,2 кол-во: 30 вес: 20 кг.
 Сметана 0,4 кол-во: 118 вес: 400 г. масса: 47 кг.
 Жастар Потанина, 27
 Десерты из мороженого 0,2 кол-во: 84 вес: 20 кг.
 Энергия злаков 0,5 кол-во: 94 вес: 500 г. масса: 47 кг.
 Звезда Пр. Независимости, 75
 Вареники 0,4 кол-во: 58 вес: 400 г. масса: 23 кг.
 Десерты из мороженого 0,2 кол-во: 45 вес: 20 кг.
 Токтамыш 0,5 кол-во: 68 вес: 500 г. масса: 34 кг.
 Мороженое в стаканчиках 0,07 кол-во: 56 вес: 70 кг.
 Лакшми Виноградова, 19
 Тесто 0,4 кол-во: 64 вес: 400 г. масса: 25 кг.
 Максим Дзержинского, 6/1
 Тесто 0,5 кол-во: 26 вес: 500 г. масса: 13 кг.
 Манты 0,4 кол-во: 48 вес: 400 г. масса: 19 кг.
 Мороженое в стаканчиках 0,07 кол-во: 45 вес: 70 кг.
 Пельмени 0,4 кол-во: 32 вес: 400 г. масса: 12 кг.
 Мини-маркет Бульвар Гагарина, 22
 Здравушка 0,5 кол-во: 96 вес: 500 г. масса: 48 кг.

Суммарные требования по маршрутам

Маршрут №1
 Изотермический фургон масса: 1228,5 кг.
 Рефрижератор масса: 745,95 кг.
 Маршрут №2
 Изотермический фургон масса: 654,9 кг.
 Рефрижератор масса: 933,66 кг.
 Маршрут №3
 Рефрижератор масса: 1188,46 кг.
 Изотермический фургон масса: 962,55 кг.

Распределение по автомобилям

Автомобили в наличии
 Рефрижератор
 Forland B5043 776
 Iveco 35-e 1357
 Iveco-Fiat 65.9 (1) 1375
 Iveco-Fiat 65.9 (3) 1404
 Iveco-Fiat 65.9 (2) 1492
 Mercedes Benz 609 D (1) 1530
 Mercedes Benz 609 D (2) 1530
 Isuzu Elf 1690
 Mercedes Benz 709 D (1) 1950
 Mercedes Benz 709 D (2) 2185
 Изотермический фургон
 УАЗ 396252 702
 Forland B1043 776
 Газ 3302-216 1092
 Forland B5046 (1) 1162
 Forland B5046 (2) 1162
 Газ 3302 (1) 1334
 Газ 3302 (2) 1334
 Газ 3302 (3) 1334
 Газ 3302 (4) 1334
 Jin Bei Sy 5041 1502

Распределение по маршрутам
 Изотермический фургон
 Маршрут №1 (масса 1228,5) Газ 3302 (1) (rn. 1334)
 Маршрут №3 (масса 962,55) Газ 3302-216 (rn. 1092)
 Маршрут №2 (масса 654,9) УАЗ 396252 (rn. 702)
 Рефрижератор
 Маршрут №3 (масса 1188,46) Iveco 35-e (rn. 1357)
 Маршрут №2 (масса 933,66) Iveco-Fiat 65.9 (1) (rn. 1375)
 Маршрут №1 (масса 745,95) Forland B5043 (rn. 776)

Рисунок 5 - Пример распределения автомобилей по маршрутам

Закрепление автомобилей за маршрутами выглядит следующим образом: клиенты «Восход», «Вояж», «Лакшми», «Павильон», «Столовая», «Хороший» и др. предварительно подали заявки на доставку необходимой им продукции. Эти заявки расписаны детально по торговым точкам в левом столбце окна программы. В среднем окне «Суммарные требования по маршрутам» указаны для каждого маршрута общая масса заказа и тип подвижного состава, требуемый для перевозки определенного вида продукции. Так, масса заказа молочной продукции по маршруту № 1 составляет 1228,5 кг, требуемый тип подвижного состава с соблюдением температурного режима перевозки - изотермический фургон. Для таких видов продукции, как мороженое, тесто и полуфабрикаты массой 745,95 кг, автомобиль-рефрижератор.

Масса заказа молочной продукции по маршруту № 2 составляет 654,9 кг, требуемый тип подвижного состава с соблюдением температурного режима перевозки - изотермический фургон; мороженое, тесто и полуфабрикаты - 933,6 кг, автомобиль-рефрижератор.

Для маршрута № 3 масса заказа молочной продукции составляет 962,55 кг, требуемый тип подвижного состава с соблюдением температурного режима перевозки - изотермический фургон; мороженое, тесто и полуфабрикаты - 1188,46 кг, автомобиль-рефрижератор.

В правом столбце «Распределение по автомобилям» указаны автомобили, имеющие в наличии на предприятии. Исходя из требований по грузоподъемности и типу кузова, автомобили распределяются по маршрутам доставки. Так, для перевозки продукции по маршруту № 1 требуются изотермический фургон «Газ 3302», грузоподъемностью 1334 кг, и рефрижератор «Forland», грузоподъемностью 776 кг. По маршруту № 2 - изотермический фургон «УАЗ 396252», грузоподъемностью 702 кг, и рефрижератор «Ive-

ко-Fiat 65.9», грузопместимостью 1375 кг. По маршруту № 3 - изотермический фургон «Газ 3302-216», грузопместимостью 1092 кг, и рефрижератор «Iveco 35-е», грузопместимостью 1357 кг.

Использование данной программы позволяет:

- увеличить скорость обработки информации;
- увеличить объем обрабатываемой информации, что позволит анализировать большее количество вариантов и выбрать оптимальное решение;
- свести к минимуму ошибки при сборе и обработке информации;
- принимать обоснованные решения по использованию ресурсов и определению ответственности исполнителей на основе своевременной, достоверной, полной и точной информации;
- снизить трудозатраты кладовщиков, операторов, диспетчеров за счет электронного обмена информацией, сведя к минимуму использование документооборота на бумажных носителях.

Список литературы

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
2. Миротин Л.Б. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Л.Б. Миротин, В.А. Гудков, В.В. Зырянов и др. / Под ред. Л.Б. Миротина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. - 704 с.

Получено 22.10.2018

УДК 669.168

Л.М. Ганеева, А.Д. Маусымбаева, В.С. Портнов, Л.М. Султанова

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕЙ ШУБАРКОЛЯ В КАЧЕСТВЕ ВОССТАНОВИТЕЛЯ ДЛЯ ФЕРРОСПЛАВОВ

В статье раскрывается вопрос о свойствах Шубаркольского угля и возможностях его использования в качестве восстановителя при производстве ферросплавов. Эти данные необходимы для улучшения технико-экономических показателей недоменных производств.

Мақалада Шұбаркөл көмірінің қасиеттері және оны ферроқорытпаларды өндіруде тотықсыздандырғыш ретінде пайдалану мүмкіндіктері туралы мәселе анықталады. Бұл мәліметтер домналық емес өндірістің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға қажет.

The article focuses on the properties of Shubarkol deposit's coal and possibilities of using it as a reducing agent in the ferrous alloy production. These data are essential for improving performance indicators of non-blast-furnace iron-making.

Ключевые слова: *вещественный состав, свойства восстановителей, ферросплавы, углетермический способ, коксование.*

Современная металлургическая промышленность широко использует для производства различного сортамента металлов и сплавов углеродистые материалы, выполняющие роль топлива, восстановителя, огнеупоров и т. д. Каждому производству соответствует комплекс физико-химических и физико-механических свойств, правильный выбор которых в значительной степени определяет уровень технологии и технико-экономических

показателей. В основе получения ферросплавов лежит взаимодействие окисла с восстановителем, которое в общем случае включает ряд процессов, связанных с теплообменными, кристаллохимическими, каталитическими, диффузионными и другими явлениями. В качестве восстановителей могут применяться многие элементы. Наиболее широкое распространение находят углерод, кремний и алюминий. В зависимости от вида применяемого восстановителя способы производства ферросплавов подразделяются на силикотермические, алюмотермические и углетермические. Углетермический способ лежит в основе производства наиболее массовых (крупнотоннажных) ферросплавов: сплавов кремния, марганца и хрома. Надо отметить, что метод восстановления окислов углеродом является одним из лучших и экономичных [1].

В качестве углеродсодержащего восстановителя используют древесный, бурый и каменный уголь, нефтяной, пековый или каменноугольный кокс, различные полукокс, древесные отходы и др. Углеродистые восстановители, применяемые при выплавке ферросплавов, должны обладать хорошей реакционной способностью, высоким удельным электрическим сопротивлением, соответствующим для каждого сплава химическим составом золы, достаточной прочностью, оптимальным размером куска, газопроницаемостью и термостойкостью, невысокой стоимостью [2].

Как известно, реакционная способность восстановителя определяет скорость и температуру начала реакций восстановления. Под реакционной способностью углеродистого восстановителя понимают его химическую активность по отношению к определенной реакции, данному оксиду, которая зависит от размера, степени упорядоченности и характера упаковки кристаллов углерода, от плотности и пористости материала, характера его поверхности, адсорбционной способности по отношению к реагирующему газу, от содержания различных примесей и др. [2].

При использовании более реакционноспособного восстановителя снижается температура начала процесса и, как следствие, уменьшается расход электроэнергии на единицу получаемого продукта. Обычно реакционная способность и электропроводность углеродистых материалов взаимосвязаны: восстановители, характеризующиеся высокой реакционной способностью, имеют большее электросопротивление. Высокое численное значение последнего позволяет развить высокую полезную удельную мощность процесса, необходимого для быстрого протекания реакций восстановления без энергетических потерь, что способствует увеличению производительности печи и снижению удельного расхода электроэнергии [3].

В составе золы восстановителя должно быть минимальное количество вредных примесей, так как они в значительной степени переходят в готовую продукцию. Желательно, чтобы зола содержала высокое количество полезного элемента, например кремнезема при выплавке ферросилиция, и минимальное количество шлакообразующих при использовании восстановителя в бесшлаковых процессах. Для восстановителя желательно невысокое содержание летучих веществ, отсутствие склонности к спеканию, что обеспечивает хорошее газовыделение на колошнике печи и облегчает ее обслуживание. При подготовке, дозировании и подаче шихты восстановитель должен давать минимальное количество мелочи, т. е. обладать достаточной механической прочностью. При увеличении количества мелочи ухудшается работа печей вследствие снижения газопроницаемости колошника [2].

Древесный уголь является наилучшим восстановителем. Он содержит очень мало золы, обладает высоким удельным электросопротивлением, сильно развитой пористостью, высокой химической активностью [4]. Применение древесных отходов обеспечивает улучшение газопроницаемости и уменьшение спекания шихты, повышение ее электрического сопротивления и снижение испарения восстановленных элементов, позволяет регулировать температуру в печи и дает возможность вести восстановление руд, имеющих

температуру плавления значительно ниже температуры, требуемой для восстановления [2]. Несмотря на преимущества древесного угля, он применяется в ограниченных размерах, что объясняется, главным образом, его дороговизной. Чаще применяется в смеси с другими восстановителями [4].

Как сказано выше, углеродсодержащим восстановителем может служить и каменный уголь. Казахстан располагает большими запасами энергетических малосернистых и низкофосфористых углей, которые используются в основном как энергетическое топливо, но не как технологическое сырье для получения продуктов целевого назначения. Такой подход снижает потенциальные возможности для расширения сырьевой базы производства перспективных, остродефицитных материалов, прежде всего металлургического спецкокса для недоменных производств, в том числе ферросплавного.

Доменный кокс по своим физико-химическим свойствам не удовлетворяет специфике процессов получения ферросплавов из-за его низких показателей реакционной способности и удельного сопротивления. В этой связи актуальной является задача изыскания новых видов углеродистых восстановителей, применение которых способствовало бы улучшению технико-экономических показателей производства ферросплавов и их качества [3].

Рассмотрим результаты исследований по разработке спецкокса из шубаркольского каменного длиннопламенного газового угля. Но прежде дадим краткую характеристику месторождения. Шубаркольское месторождение приурочено к центральной части Сарысу-Тенгизского поднятия. Представляет собой пологую асимметричную мульду субширотного простираения, наложенную на одноименную верхнепалеозойскую грабен-синклиналь и имеющую в целом блюдцеобразную форму с почти горизонтальным днищем и слабо наклонными, иногда крутыми бортами [5].

Угли падения пород на западном и восточном крыльях составляют 510^0 , на южном увеличиваются с запада на восток от 510 до $30-45^0$, на северном - от $20-30$ до $40-90^0$. В центральной части мульды залегание пологое ($0-5^0$), слегка волнистое. Площадь структуры 70 км^2 , максимальный ее размер $16 \times 7 \text{ км}$ [6].

Промышленная угленосность связана с нижнеюрскими отложениями, в которых заключены три угольных горизонта: верхний, средний и нижний.

Верхний горизонт с рабочей мощностью $3,32-35,52 \text{ м}$ – самый угленасыщенный, относительно простой по строению, пригоден для отработки открытым способом. Наиболее простое строение и максимально полезную мощность горизонт имеет в северо-западной части, где примерно на третьей части его площади углеплотность составляет $35 \text{ млн т на } 1 \text{ км}^2$. В южном и юго-восточном направлениях компактная залежь расщепляется на несколько пластов мощностью в среднем $13,5 \text{ м}$. Максимальная глубина залегания кровли верхнего горизонта в западной половине мульды составляет 127 м , в восточной – 90 м .

Средний угольный горизонт относительно маломощный и сложен по существу одним угольным пластом мощностью от $0,7$ до $7,8 \text{ м}$, в среднем $3,4 \text{ м}$. Средний угольный горизонт залегает ниже верхнего.

Нижний угольный горизонт по общей мощности превосходит верхний (до $51,3 \text{ м}$), но угленасыщенность его невелика. Он содержит до 7 угольных пластов, в основном тонких, невыдержанных по мощности и строению. Максимальная глубина залегания подошвы нижнего горизонта 260 м . Из-за значительной глубины залегания и малых мощностей пласты среднего и нижнего горизонтов не пригодны для открытой обработки [5].

Угли Шубаркольского месторождения каменные гумусовые, постоянного вещественного состава, малозольные, малосернистые, малофосфористые, «не соленые», склонные к самовозгоранию (табл. 1). В рядовом угле содержание золы доходит до 12% , а зольность

отдельных пачек составляет всего 3-6%. Угли считаются высококалорийными, энергетическими, имеют низкое содержание серы (до 0,5%) и высокую теплотворную способность (от 5200 до 5700 ккал/кг) и при сгорании дают много тепла. Рабочая влажность угля составляет 14-15%, содержание летучих компонентов - 43-44% [7].

Таблица 1

Качество рядовых углей Шубаркольского месторождения

№	Показатели	Угольные горизонты		
		Верхний	Средний	Нижний
1	Зольность горной массы, %	11,25	20,9	20,7
	Зольность угольной массы, %	5,7	11,2	12,5
2	Влажность: максимальная	15,3	13,2	14,9
	Влажность аналитическая	6,0	6,0	5,0
3	Выход летучих веществ	43,4	40,5	40,6
4	Содержание серы	0,40	0,83	1,08
	Фосфора	0,013	0,009	0,032
	Гуминовых кислот	3,48	1,93	1,77
	Битумов	4,7	3,94	4,47
	Смол	9,21	9,06	8,92
	Водорода	5,35	5,22	5,26
	Углерода	76,89	7,35	77,13
5	Низшая теплота сгорания рабочего топлива, МДж/кг	21,99	19,79	19,59

Угли Шубарколя являются петрографически однородными, витринизированными. Содержание витринита составляет 80% от органической массы. Показатель отражения 0,6%. Качество углей W^t - 15%, A^d - 5 ÷ 15%, V^{daf} - 40%, S^d - 0,5%, C^{daf} - 76%, H^{daf} - 5,5%, Q^{daf} - 26 МДж/кг, Q_i^t - 22 МДж/кг [3]. Исходя из вышеуказанных характеристик, становится очевидным, что угли Шубарколя возможно использовать в качестве восстановителя ферросплавов.

На основе комплекса имеющихся физико-химических исследований дадим оценку наиболее рациональных вариантов коксования неспекающихся углей. В условиях, соответствующих параметрам классического камерного коксования, при нагреве и пиролизе длиннопламенный уголь не переходит в пластическое состояние и не спекается. В результате усадочных явлений происходит процесс образования трещин в кусках угля. При небольшом физическом воздействии по трещинам происходит разделение крупных кусков на более мелкие. При этом, например, класс угля 50-100 мм порождает в спецкоксе примерно равное количество классов более 40, 25-40 и 13-25 мм (25-29% от общей массы) и одинаковое количество (8,6-9,0) класса 7-13 и менее 7 мм. При коксовании длиннопламенного угля класса 6-50 мм в спецкоксе полностью исчезают крупные куски (40 мм) и появляется 10,8% класса менее 7 мм. При термообработке длиннопламенного угля с ростом температуры коксования протекают процессы пиролиза, сопровождающиеся снижением летучих веществ, увеличением истинной плотности, пористости и прочности спецкокса. Удельное сопротивление снижается, а реакционная способность, определенная при 1050 °C, колеблется на уровне 7,8-9,3 мл/гМс. Характерным является высокая реакционная способность спецкокса, в 12-15 раз превышающая этот показатель для обычного ка-

менноугольного кокса. Существенно выше и удельное электросопротивление: так, для спеккокса, полученного при 900 °С, в 2-2,6 раза. Характерной чертой является очень низкое содержание в спеккоксе фосфора и серы, что весьма привлекательно для производства ферросплавов. Прочностные показатели спеккокса из длиннопламенных углей находятся на уровне ангарского полукокса, зарекомендовавшего себя хорошим восстановителем в процессе выплавки ферросплавов [3]. Ангарский полукокс обладает высоким электрическим сопротивлением и благоприятным составом золы, содержащей около 76% SiO₂.

Свойства твердых продуктов термической обработки классов 50-100 и 6-50 мм особо не отличаются по всем показателям, кроме двух: крупность и зольность класса. Зольность класса 6-50 мм существенно ниже и составляет 6,2-9,2% против 12,6–17,8%, образующаяся из угля крупностью 50-100 мм (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что с увеличением конечной температуры коксования снижается удельное электросопротивление всех классов спеккокса. Реакционная способность не имеет четкой зависимости от температуры, как и плотность, пористость и структурная прочность.

Для проверки технологии производства спеккокса из углей Шубаркольского разреза методом термоокислительного коксования и оценки его качества были проведены опытно-промышленные испытания с наработкой опытной партии спеккокса в количестве 60 т. В результате испытаний выявили, что отличительной особенностью опытного спеккокса в сравнении с доменным коксовым орешком является низкое содержание серы и фосфора, высокая реакционная способность и удельное электросопротивление, кроме того, пониженный уровень содержания глинозема в золе и величины структурной прочности.

В соответствии с требованиями к качеству восстановителей для электротермических печей структурная прочность должна составлять не менее 40-45%. Данные по показателям механической прочности опытного и доменного спеккокса [3] приведены в табл. 3, из которой видно, что по механической прочности опытный спеккок из шубаркольского угля незначительно уступает коксовому орешку.

Таблица 2

Качество твердых продуктов термической обработки длиннопламенного угля

t обработки, °С	W _r	p ^d	Истинная плотность, г/см ³	Порис- тость, %	Реакционная способность, мл/г*с	Удельное электросоп- ротивление Ом*мм ² /м	Прочность пористого тела, %
Класс 50-100 мм							
Исх.	9,7	0,005	-	-	-	-	
500	1,5	-	1,437	20,0	9,3	6,7*10 ¹⁰	62,2
700	1,7	0,000	1,545	32,3	8,5	5,8*10 ⁶	72,5
900	1,6	0,000	1,646	35,4	9,1	5,2*10 ³	69,7
Исходный класс							
6-50 мм	7,8	0,008	-	-	-	-	-
500	1,7	0,007	1,448	18,3	8,6	-	60,8
700	1,6	0,017	1,502	30,1	8,9	4,3*10 ⁶	60,5
900	1,2	0,029	1,656	33,0	7,8	6,4*10 ³	70,0
Каменно- угольный кокс	-	0,039	-	45,8	0,62	2,4*10 ³	82,0

Таблица 3

Показатели термоокислительного коксования и свойства восстановителей

Показатели	Уголь Шубаркольского разреза	Опытный спекокс	Доменный коксовый орешек
Технический анализ, %			
A ^d	7,5	13,35	12,4
W ^r	12,88	1,98	9,4
V ^{daf}	41,20	3,19	1,74
Содержание серы, %	0,40	0,26	0,55
Содержание фосфора, %	0,024-0,030	0,017	0,04
Ситовый состав (%) по классам, мм			
+25	67,3	-	-
25-10	17,8	80,78	95,45
10-5	7,9	13,0	4,55
5-3	2,8	3,66	-
3-0	4,2	2,56	-
Пористость, %	-	38,0	45,8
Реакционная способность, мл/г*с	-	8,2	0,62
Удельное электросопротивление, Ом*мм ² /м	-	5,6*10 ³	2,4*10 ³
Химическая активность, мл/м ² *с	-	3,82	0,05
Содержание в золе, %			
SiO ₂	57,09	56,85	50,50
Al ₂ O ₃	22,19	21,06	26,32
Fe ₂ O ₃	7,11	8,97	11,60
CaO	2,08	2,80	4,40
MgO	1,84	1,91	1,8
Структурная прочность, %	-	66,83	84,62

Можно сделать вывод, что опытный спекокс характеризуется реакционной способностью и удельным электросопротивлением, превышающим эти значения для доменного коксового орешка более чем в 14 и 2 раза соответственно. Кроме того, величина химической активности спекокса во много раз выше, чем у коксового орешка. Таким образом, по данным технического анализа и физико-химическим свойствам спекокс Шубаркольских углей полностью соответствует требованиям, предъявляемым к восстановителям электротермических производств. В результате промышленных испытаний была установлена принципиальная возможность и высокая технологичность процесса получения спекокса из неспекающихся углей Шубаркольского разреза. Промышленные испытания полученного спекокса на Актюбинском и Аксуском заводах ферросплавов подтверждают его соответствие требованиям восстановителя, что может способствовать улучшению технико-экономических показателей плавки. Так, при работе печи на низкозольном спекоксе отмечено повышение степени извлечения хрома на 10%, снижение удельного расхода электроэнергии на 2,6%. Для эффективного использования кокса в ферросплавном производстве представляется целесообразным получение спекокса, в том числе с пониженной зольностью для высококремнистых сплавов [3].

Список литературы

1. Мизин В.Г. Углеродистые восстановители для ферросплавов. - М.: Металлургия, 1976. – С. 5.
2. <https://metallurgy.zp.ua/> Восстановители.

3. Жарменов А.А. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана. - Астана: Фолиант, 2003. – Т. 10. – С. 213, 215, 221, 230, 234, 236.
4. Углеродистые восстановители, применяемые в производстве ферросплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://my-5.ru/>.
5. Бекман В. Вещественный состав и качество юрских углей Центрального Казахстана: Отчет. - КПТИ, 1995. – С. 5-6.
6. Геология СССР. - М: Недра, 1989. – Т. XX. - 249 с.
7. Шубарколь – черная жемчужина Сары-Арки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novikovv.ru/>.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 53.49.07

С.А. Гученко, О.Н. Завацкая, С.С. Касымов, В.М. Юров, В.Ч. Лауринас

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

Исследованы структура и свойства многоэлементных покрытий. Наблюдается ячеистая (столбчатая) структура. Полученные в работе экспериментальные данные укладываются во все рассмотренные нами модели.

Көпфункционалды жабындардың құрылымы мен қасиеттері зерттелді. Ұялы (бағаналық) құрылым байқалады. Жұмыста алынған эксперименталдық деректер біз қарайтын барлық үлгілерге сәйкес келеді.

The structure and properties of multielement coatings are studied. A cellular (columnar) structure is observed. The experimental data obtained in the work fit into all the models considered by us.

Ключевые слова: покрытие, плазма, структура, микроскопия, примесь.

Среди методов нанесения защитных покрытий, основанных на воздействии на поверхность детали потоков частиц и квантов с высокой энергией, большое внимание привлекают вакуумные ионно-плазменные методы [1-4]. Характерной их чертой является прямое преобразование электрической энергии в энергию технологического воздействия, основанной на структурно-фазовых превращениях в осажденном на поверхности конденсате или в самом поверхностном слое детали, помещенной в вакуумную камеру.

Основным достоинством данных методов является возможность создания весьма высокого уровня физико-механических свойств материалов в тонких поверхностных слоях, нанесение плотных покрытий из тугоплавких химических соединений, а также алмазоподобных, которые невозможно получить традиционными методами.

Для нанесения покрытий использовались многоэлементные катоды Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al, полученные индукционным плавлением. С помощью этих катодов наносились ионно-плазменные покрытия на стальную подложку в газовой среде аргона и азота на установке ННВ-6.6И1. Электронно-микроскопическое исследование проводилось на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Система рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments) позволяет локально определять элементный состав на поверхности образца. Толщина покрытий и их элементный состав измерялись с помощью электронного микроскопа Quanta 200 3D, который представляет собой систему с электронным и сфокусированным ионными пучками. Исследование фазового состава и структурных параметров образцов проводилось на дифрактометре XRD-

6000 на CuK_α -излучении. Анализ фазового состава, размеров областей когерентного рассеяния, внутренних упругих напряжений ($\Delta d/d$) проведен с использованием баз данных PCPDFWIN и PDF4+, а также программы полнопрофильного анализа POWDER CELL 2.4. Для образцов была определена нанотвердость покрытий с помощью системы наноиндентирования по методу Оливера и Фара с использованием индентора Берковича при нагрузке 1 г и времени выдержки 15 с.

На подложку из нержавеющей стали было нанесено покрытие Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al в газовой среде аргона и азота в течение 40 мин. На рис. 1 показано электронно-микроскопическое изображение этого покрытия. Для измерения толщины покрытия на его поверхности сфокусированным ионным пучком была вырезана площадка (рис. 2). Толщина слоя составляет 1 мкм.

На рис. 3 показан элементный состав покрытия в одной точке выбранной площадки. В табл. 1 приведены процентные соотношения химических элементов покрытия. Результаты исследования фазового состава и структурных параметров образца приведены в табл. 2. В табл. 3 проведено сравнение данных наноиндентирования исследованных образцов с литературными данными [5].

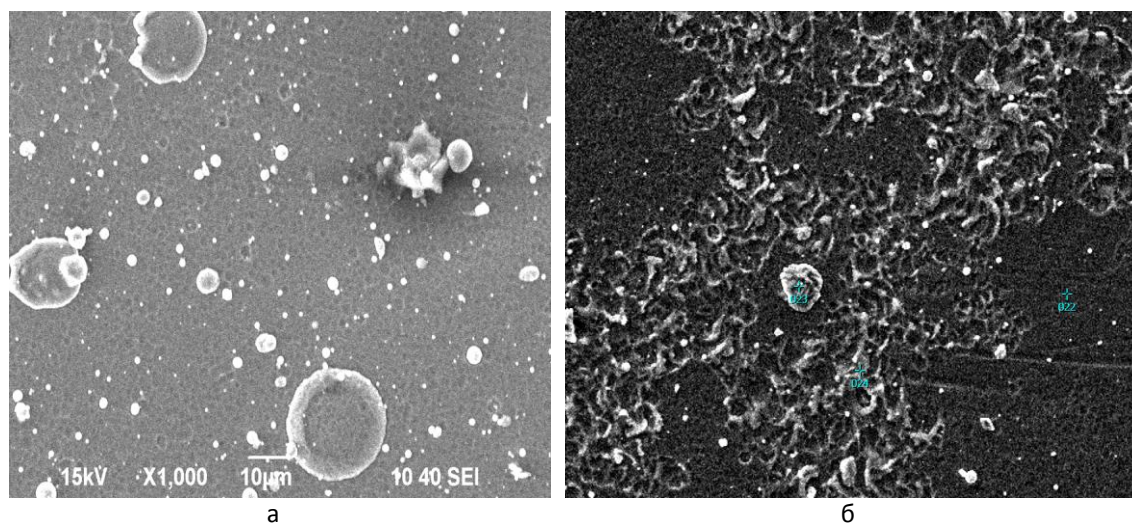


Рисунок 1 – РЭМ-покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al в среде аргона (а) и азота (б)

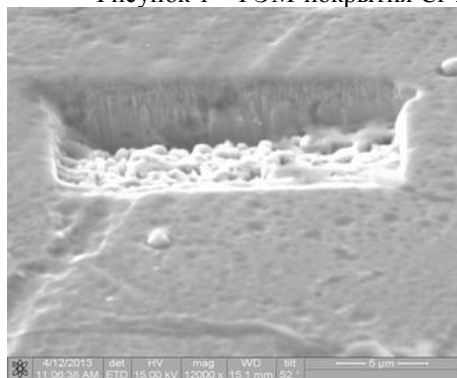


Рисунок 2 - Толщина покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

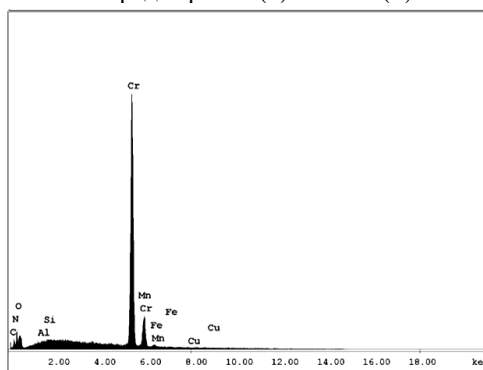


Рисунок 3 – РФЭС-покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

Таблица 1

Элементный состав покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al

Element	Wt %	At %	K- Ratio	Z	A	F
N	2,89	8,88	0,0151	1,1767	0,4433	1,0024
O	5,72	15,38	0,0387	1,1656	0,5765	1,0057
Al	5,17	0,27	0,0010	1,0846	0,5532	1,0010
Si	0,29	0,45	0,0022	1,1226	0,6748	1,0020
Cr	75,08	73,67	0,8754	0,9802	1,0010	1,0015
Fe	10,26	0,97	0,0115	0,9794	0,9295	1,0003
Cu	0,58	0,39	0,0053	0,9445	0,9680	1,000
Total	100,00	100,00	-	-	-	-

Таблица 2

Фазовый состав покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al в газовой среде азота

Образец	Обнаружен- ные фазы	Содержание фаз, об. %	Параметры решетки, Å	Размеры ОКР, нм	$\Delta d/d \cdot 10^{-3}$
Образец Cr-Mn-Si- Cu-Fe-Al в газовой среде азота, 40 мин	FeN _{0,0324}	60,6	a = 3,598	103,4	3,460
	CrN _{0,31} O _{0,31}	39,4	a = 4,211	25,6	5,143

Таблица 3

Свойства материалов, рассчитанные по данным наноиндентирования [5]

Материал	H, ГПа	E, ГПа	R, %
Титан (ОТ4-1)	4,1	130	19
Многослойная пленка Ti/α-C:H	8,0	128	34
Аморфная лента Zr-Cu-Ti-Ni	11,5	117	42
Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al	7,4		

Из табл. 3 видно, что нанотвердость нашего покрытия больше нанотвердости чистого титана и по величине близка к упрочняющей многослойной пленке Ti/α-C:H. Рис. 2 показывает, что срез покрытия Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al представляет собой ячеистую (столбчатую) структуру, характерную для самоорганизованных систем. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Ячеистая субструктура часто образуется при затвердевании в результате возникновения концентрационного переохлаждения (рис. 4) [5]. Если при образовании ячеистой структуры у фронта кристаллизации имеется зона жидкого расплава, обогащенного примесью, то возникновение сегрегации примеси у границ ячеек обязано боковому диффузионному потоку примеси от вершины растущего выступа. Количество примеси, которое действительно достигнет границы ячейки, трудно измерить, однако оно зависит от глубины выемки между ячейками. По мере увеличения переохлаждения выемки между ячейками становятся глубже, что должно приводить к обогащению границ ячеек примесью вследствие диффузии примеси от вершины ячейки. Концентрация примеси на границах может в несколько раз превышать концентрацию в центре ячейки.

Ячеистая структура состоит из ряда параллельных элементов, имеющих форму стержней и расположенных в направлении кристаллизации (рис. 4). Стержни имеют в поперечном сечении форму правильных шестиугольников, и структура на фронте кристаллизации

представляет собой совокупность шестиугольных ячеек. Верхняя свободная поверхность кристаллов, обладающих такой структурой, волнистая.

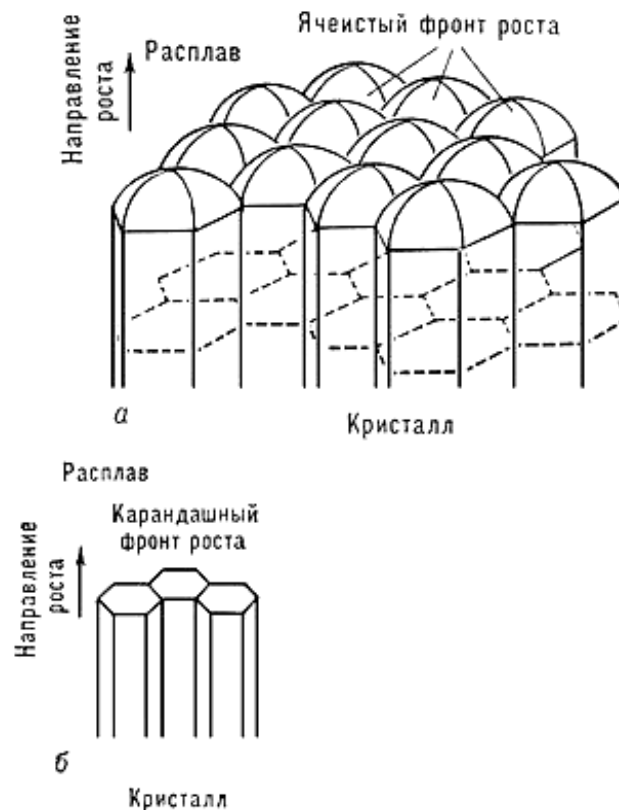


Рисунок 4 – Ячеистая структура (а) и карандашная структура (б) [5]

При дальнейшем увеличении термического или концентрационного переохлаждения ячеистая структура превращается в дендритную. При наличии в расплаве термического переохлаждения (при отрицательном температурном градиенте) какая-либо ячейка, оказавшись впереди своих соседей, начинает расти быстрее и развиваться, образуя ветви дендрита. Такая модель вполне подходит для объяснения наблюдаемой нами ячеистой наноструктуры, где роль легирующей примеси играет нитрид титана. Однако остается вопрос о причине самоорганизации кристаллизующего расплава на поверхности подложки.

Рассмотрим теперь модель ячеек Бенара. Ячейки Бенара – это возникновение упорядоченности в виде конвективных ячеек в форме цилиндрических валов или правильных шестигранных фигур в слое вязкой жидкости с вертикальным градиентом температуры (рис. 5) [6].

Ячейки Бенара являются одним из трех стандартных примеров самоорганизации, наряду с лазером и реакцией Белоусова-Жаботинского [7]. Управляющим параметром самоорганизации служит градиент температуры. Вследствие подогрева в первоначально однородном слое жидкости начинается диффузия из-за возникшей неоднородности плотности. При преодолении некоторого критического значения градиента диффузия не успевает привести к однородному распределению температуры по объему.

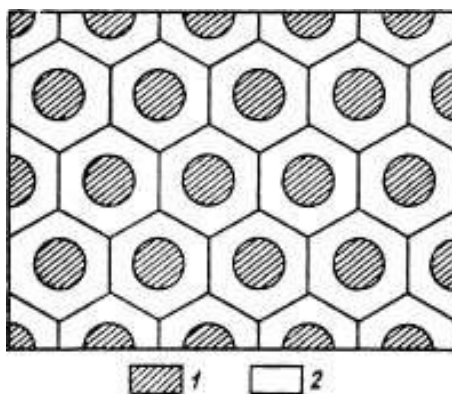


Рисунок 5 – Схема ячеек Бенара: 1 – восходящее движение, 2 – нисходящее движение [6]

Возникают цилиндрические валы, вращающиеся навстречу друг другу (как сцепленные шестеренки). При увеличении градиента температуры возникает второй критический переход. Для ускорения диффузии каждый вал распадается на два вала меньшего размера. При дальнейшем увеличении управляющего параметра валы дробятся и в пределе возникает турбулентный хаос.

В нашем случае наличие градиента температур в системе подложка–кристаллизующая пленка не вызывает сомнений, однако измерить его в процессе нанесения покрытия довольно проблематично. Высокая теплопроводность покрытия должны приводить к малому градиенту температур, так что управляющим параметром при образовании ячеистой структуры покрытия – прототипа ячеек Бенара – он вряд ли может быть.

Более строго [6] при анализе процессов в системе Бенара в качестве управляющего параметра выбирается число Рэлея: $Re = gL^3bdT/\nu a$, где g – ускорение свободного падения; L – характерный размер; b – коэффициент объемного расширения; dT – градиент температуры; ν – кинематическая вязкость; a – коэффициент температуропроводности среды.

Поскольку кинематическая вязкость $\nu \sim 1/\sigma$, σ – поверхностное натяжение, то из приведенного выше выражения для числа Рэлея следует, что управляющим параметром в нашем случае (а возможно, и в случае процесса Бенара) является поверхностное натяжение. Тем самым мы возвращаемся к вопросу, обсуждавшимся нами в работах [8, 9].

Из предыдущего рассмотрения вопроса о формировании структуры ионно-плазменных покрытий следует, что ситуация оказывается сложнее, чем это кажется с первого взгляда. В настоящем разделе мы рассмотрим этот вопрос еще с одной стороны, а именно с привлечением модели ЯДС – ячеистой дислокационной структуры. Пластическая деформация кристаллов (и покрытий) сопровождается образованием на их поверхности деформационного рельефа, отражающего процесс локализации деформаций в кристалле на мезо-, микро- и наномасштабном уровнях. ЯДС начинает формироваться в деформируемом кристалле в конце второй - начале третьей стадии кривой деформационного упрочнения металлов и заканчивается в конце третьей стадии [10]. При дальнейшем деформировании в материале формируется фрагментированная дислокационная структура – ФДС (на четвертой и пятой стадии кривой деформационного упрочнения). Считается, что ЯДС является процессом самоорганизации дислокаций в условиях множественного скольжения. Для ее возникновения необходимо выполнение определенного критерия (как и в случае ячеек Бенара), связывающего коэффициенты размножения, иммобилизации и аннигиляции дислокаций. Смоделированная в работе [10] ЯДС показана на рис. 6.

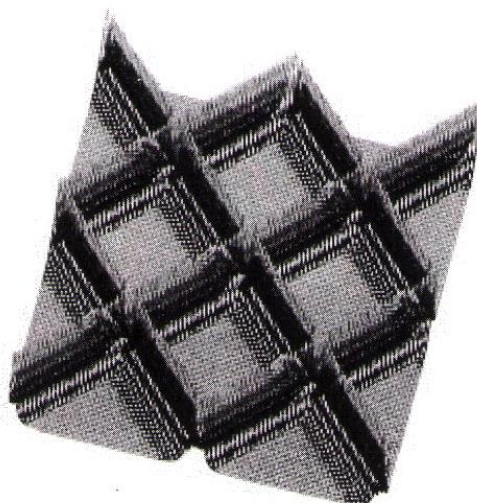


Рисунок 6 – Ячеистая дислокационная структура в аксонометрической проекции [10]

В процессе ионноплазменного нанесения покрытия и при остывании в последнем формируются напряженные состояния [11], которые могут являться источниками размножения дислокаций по всему объему осаждаемого покрытия. Наблюдаемое при этом резкое увеличение микротвердости образованной пленки является следствием дислокационного упрочнения материала покрытия [12]. В работе [13] резкое увеличение микротвердости наблюдалось при ионноплазменном осаждении высокоэнтропийных сплавов в среде азота.

Таким образом, полученные в работе экспериментальные данные укладываются во все рассмотренные нами модели: концентрационного переохлаждения, связанного с наличием радиального градиента концентрации примеси; ячеек Бенара, возникновение которых обусловлено наличием вертикального градиента температуры; ячеистой дислокационной структуры, связанной с наличием пластических деформаций в покрытии.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты № 0118РК000063 и № Ф.0780.

Список литературы

1. Михайлов А.Н. Ионно-плазменные вакуумные покрытия - основа широкого повышения качества изделий машиностроения / А.Н. Михайлов, В.А. Михайлов, Е.А. Михайлова // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. - Донецк: ДонНТУ, 2004. - Вып. 28. - С. 108-115.
2. Табаков В.П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента. - М.: Машиностроение, 2008. - 311 с.
3. Радченко М.В. Защитные и упрочняющие покрытия. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - 113 с.
4. Зенин Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий / Б.С. Зенин, А.И. Слосман. - Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2012. - 120 с.
5. Вайнгард У. Введение в физику кристаллизации металлов. - М.: Мир, 1967. - 170 с.
6. Гершуни Г.З. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости / Г.З. Гершуни, Е.М. Жуховицкий. - М.: Наука, 1972. - 232 с.
7. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. - М.: Мир, 1991. - 240 с.
8. Юров В.М. Влияние ионного облучения на свойства наноструктурных покрытий Zn-Al и Fe-Al / В.М. Юров, Е.Н. Вертягина, С.А. Гученко и др. // Современные наукоемкие технологии. - 2011.

- № 5. - С. 63-68.

9. Юров В.М. Наноструктурные покрытия на основе бинарных сплавов алюминия / В.М. Юров, Н.Х. Ибраев, С.А. Гученко // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. - Сер. Физика. - 2011. - № 2 (37). - С. 38-44.
10. Малыгин Г.А. Моделирование деформационного рельефа поверхности пластически деформируемого кристалла // ФТТ. - 2007. - Т. 49. - Вып. 8. - С. 1392-1397.
11. Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. - М.: Машиностроение, 1990. - 384 с.
12. Соколов И.В. Закономерности формирования структуры в поверхностном слое деталей из конструкционных металлических материалов в процессе вакуумной ионно-плазменной обработки: Автореф. дисс... канд. техн. наук. - М., 2009. - 23 с.
13. Соболев О.В. О воспроизводимости однофазного структурного состояния многоэлементной высокоэнтропийной системы Ti-V-Zr-Nb-Hf и высокотвердых нитридов на ее основе при их формировании вакуумно-дуговым методом / О.В. Соболев, А.А. Андреев, В.Ф. Горбань и др. // Письма в ЖТФ. - 2012. - Т. 38. - Вып. 13. - С. 40-47.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 53.03.03

Т.Ж. Жукебаева, А.Е. Куанышев

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ТЕРМОДИНАМИКА РЕАКЦИЙ КОНВЕРТИРОВАНИЯ ШТЕЙНА

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

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

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

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

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

Таблица 1

Химический состав полиметаллических штейнов, %

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

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

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

В.Я. Зайцев, А.В. Ванюков и др. показали, что в конвертере разобщения зон окисления и шлакообразования не происходит. В районе фурм при наборе штейна всегда имеется необходимое количество SiO_2 , поступившее в виде эмульгированного конвертерного шлака. Наличие в фурменной зоне значительного количества SiO_2 исключает возможность образования в зоне факела в качестве самостоятельной твердой фазы магнетита до тех пор, пока содержание железа в штейне не упадет ниже 10% [1].

В начальной стадии взаимодействия газообразного кислорода со штейновым расплавом образуется гомогенная окисно-сульфидная фаза. Взаимная растворимость окисной и сульфидной фаз уменьшается при повышении концентрации меди в штейне и SiO_2 в шлаке. По мере насыщения окисно-сульфидной массы окислами металлов и изменения состава штейна происходит ее расслоение на бедную и богатую окислами железа фазы, а затем растворение в силикатном шлаке богатой железистой фазы как в области фурм, так и у поверхности расплава.

Образующиеся окислы железа и цветных металлов взаимодействуют с SiO_2 и сульфидами штейна и переходят в шлак или штейн (металл). В общем виде реакции, протекающие в конвертере, могут быть представлены следующими основными уравнениями:



Последовательность окисления сульфидов в расплаве зависит от их концентрата и физико-химических свойств этих сульфидов и образующихся окислов. При одинаковой концентрации в расплаве сульфидов и одинаковой растворимости образующихся в нем окислов предпочтительнее окисляется тот сульфид, который при данной температуре об-

ладает наибольшим давлением диссоциации и при окислении которого образуется наиболее прочный окисел.

О предпочтительном окислении того или иного сульфида при одинаковых исходных условиях можно судить из сравнения величин убыли энергии Гиббса (ΔG_T^0) реакций окисления этих сульфидов. Величины ΔG_T^0 реакций окисления сульфидов, по данным М.А. Абдеева [2], приведены в табл. 2, из которой видно, что при температуре выше 1100 °С в порядке уменьшения величин ΔG_T^0 реакций окисления сульфиды располагаются в следующий ряд: FeS, ZnS, PbS, Cu₂S. Последовательность окисления сульфидов, соответствующая приведенному ряду, может быть справедливой лишь для чистых веществ. В реальных условиях конвертирования полиметаллических штейнов порядок окисления сульфидов в расплавах существенно зависит от скорости их окисления и концентрации в расплаве. Кроме того, следует учитывать, что образующиеся при этом окислы металлов могут вступать в реакции обменного взаимодействия с исходными сульфидами, что также может изменить порядок окисления сульфидов.

Таблица 2

Величины ΔG_T^0 реакций окисления сульфидов, Дж/моль

Температура, °С	FeS + 1,5O ₂ = = FeO + SO ₂	ZnS + 1,5O ₂ = = ZnO + SO ₂	PbS + 1,5O ₂ = = PbO + SO ₂	Cu ₂ S + 1,5O ₂ = = Cu ₂ O + SO ₂
1000	–361 636	–369 945	–322 193	–254 416
1100	–354 050	–357 996	–313 787	–243 551
1200	–346 473	–346 046	–305 382	–232 685
1300	–338 891	–334 097	–296 976	–221 819

В связи с тем, что для штейнов характерна высокая концентрация FeS, представляют интерес данные о совместном окислении сульфидов цветных металлов и железа. Очевидно, процесс окисления FeS продолжается до тех пор, пока величина ΔG_T^0 данной реакции не сравняется (и дальше будет меньше) с величиной ΔG_T^0 реакции окисления другого сульфида, например ZnS или Cu₂S. Расчетные данные о совместном окислении сульфидов полиметаллических штейнов были получены М.А. Абдеевым путем термодинамического сопоставления (при равных величинах ΔG_T^0) реакций:



с учетом концентрации веществ.

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

Таблица 3

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

Температура, °С	ZnS : FeS	PbS : FeS	Cu ₂ S : FeS
1000	0,47:1	40,6:1	2,5·10 ⁴ :1
1100	0,70:1	33,5:1	1,6·10 ⁴ :1
1200	1,04:1	28,4:1	1,1·10 ⁴ :1
1300	1,48:1	24,0:1	7,8·10 ³ :1

Предельная концентрация FeS в расплаве, при которой происходит одновременное окисление другого сульфида, достаточно точно может быть установлена только опытным путем. Так, равновесная концентрация FeS в расплаве с Cu₂S при их совместном окислении по термодинамическим расчетам приблизительно в 101 раз меньше концентрации Cu₂S. Практически же заметное окисление Cu₂S в конвертере уже наблюдается при уменьшении содержания FeS в расплаве до 1% и несколько ниже. Все же в первом периоде конвертирования окисление Cu₂S в присутствии FeS в расплаве не может получить достаточного развития, так как образующаяся Cu₂O будет взаимодействовать с имеющимися в расплаве сульфидами.

В отличие от Cu₂O, закись железа при температурах конвертирования не вступает во взаимодействие с FeS, так как равновесие реакции



при парциальном давлении SO₂ в газовой фазе конвертера резко смещено влево (табл. 4).

Таблица 4

Величина ΔG_r^0 , Дж/моль SO₂, и P_{SO_2} реакций взаимодействия между сульфидами и окислами

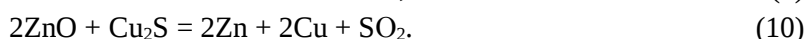
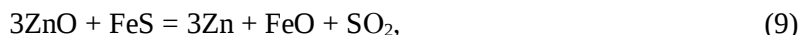
Температура, °C	FeS+2FeO=3Fe+SO ₂		ZnS+2ZnO=3Zn+SO ₂		PbS+2PbO=3Pb+SO ₂		Cu ₂ S+2Cu ₂ O=6Cu+SO ₂		Cu ₂ S+2PbO=2(Cu+Pb)+SO ₂	
	ΔG_r^0	$P_{\text{SO}_2} \cdot 10^3$, Н/м ²	ΔG_r^0	$P_{\text{SO}_2} \cdot 10^3$, Н/м ²	ΔG_r^0	$P_{\text{SO}_2} \cdot 10^3$, Н/м ²	ΔG_r^0	$P_{\text{SO}_2} \cdot 10^3$, Н/м ²	ΔG_r^0	$P_{\text{SO}_2} \cdot 10^3$, Н/м ²
1000	175623	6,5·10 ⁻³	264174	1,4·10 ⁻¹¹	-7611	2,04	-17309	5,13	34334	0,04
1100	166988	4,5·10 ⁻⁷	216518	5,7·10 ⁻⁹	-23380	7,76	-25983	9,77	22196	0,14
1200	158352	2,4·10 ⁻⁶	168862	1,0·10 ⁻⁶	-39150	24,55	-34648	16,98	10811	0,42
1300	149710	1,1·10 ⁻⁵	121206	9,5·10 ⁻⁵	-54919	66,07	-43313	27,54	-950	1,07

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

Из табл. 4 следует, что реакция



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



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



По термодинамическим расчетам равновесное давление паров цинка для этой реакции при температуре 1223 °С достигает 126 кН/м². Интенсивное протекание этой реакции выше 1000 °С было экспериментально подтверждено В.И. Смирновым с сотрудниками.

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

Температура, °С.....	975	1005	1108	1160	1221
p_{PbS} , Н/м ²	1,33	2,66	13,33	20,66	53,32

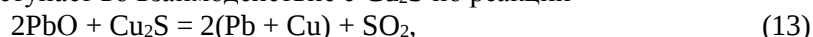
Давление пара PbS над штейновым расплавом значительно ниже и зависит от его концентрации в штейне. Так, уменьшение содержания PbS в штейне от 17,10 до 8,64% приводит к снижению давления пара PbS при 1200 °С от 5,22 до 1,5 кН/м².

Значительная часть PbS полиметаллического штейна окисляется при конвертировании после окисления большей части сульфидов железа и цинка. Одна часть окиси свинца взаимодействует с SiO₂ кварцевого флюса и шлакуется, другая часть окиси взаимодействует с сульфидом по реакции



При этом образуется металлический свинец, который переходит в белый матт и затем в черновую медь, а также частично испаряется или окисляется и ошлаковывается двуокисью кремния. Взаимодействие PbO с PbS имеет место уже при относительно невысоких температурах, а при температурах конвертирования протекает очень интенсивно. Равновесное давление SO₂, развиваемое по этой реакции, при 1100 и 1200 °С достигает соответственно $7,76 \cdot 10^5$ и $24,55 \cdot 10^5$ Н/м² (табл. 4).

Окись свинца также вступает во взаимодействие с Cu₂S по реакции



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

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

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

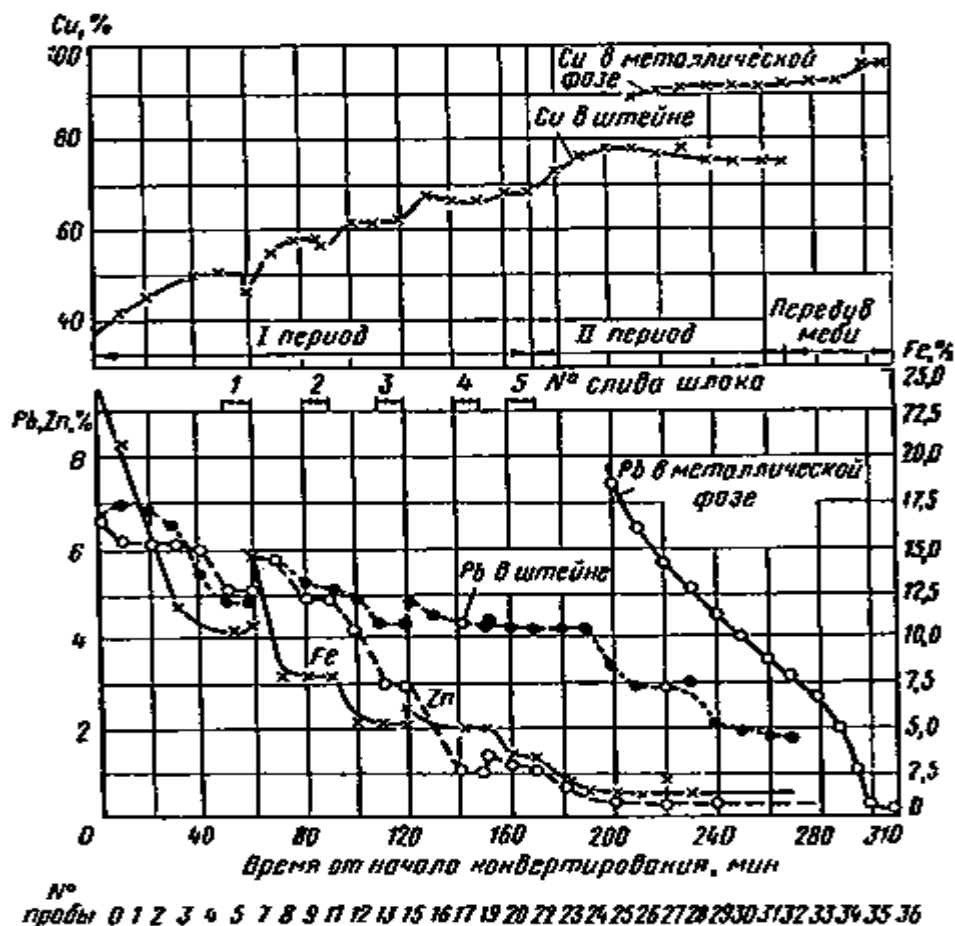


Рисунок – Изменение состава массы при конвертировании полиметаллического штейна

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

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

Так как конвертерный процесс является периодическим, из вышеперечисленных операций можно сделать вывод, что в первом периоде идет окисление железа и цветных металлов, а также образуется медный сульфид. Во втором периоде окислы железа и цветных металлов взаимодействуют с SiO_2 и сульфидами штейна и переходят в шлак или металл. В конечном счете можно увидеть, что образовалась черновая медь, из которой удалены сера и оксиды.

Список литературы

1. Ванюков А.В. Теория пирометаллургических процессов / А.В. Ванюков, В.Я. Зайцев. — М.: Металлургия, 1973. — 504 с.

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

Получено 22.10.2018

МРНТИ 06.71.07

А.М. Закимова, Ж.Т. Конурбаева, О.К. Денисова

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

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ КАК ФАКТОР БЕЗОТХОДНОГО
ПРОИЗВОДСТВА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ СЕКТОРЕ АПК**

В статье рассматривается потенциал животноводческого сектора Казахстана. Определены вторичные продукты убоя скота, представлены отрасли дальнейшего использования вторичного сырья животноводства. Описана технология убоя скота.

Мақалада Қазақстанның мал шаруашылығы секторының әлеуеті қарастырылады. Мал союдың қайталама өнімдері анықталды, мал шаруашылығының қайталама шикізатын одан әрі пайдалану салалары ұсынылды. Мал сою технологиясы сипатталған.

The article discusses the potential of the livestock sector in Kazakhstan. Secondary products of slaughter of cattle are defined, branches of further use of secondary raw materials of animal husbandry questions are presented. The technology of slaughter of cattle is described.

Ключевые слова: вторичное сырье, животноводство, технологии переработки, техническое сырье, импортозамещение, санитарно-ветеринарный контроль, пункты убоя, технологии убоя.

Производство мяса и мясопродуктов тесно связано с развитием животноводства и перерабатывающей отраслью. Сдерживающими факторами развития отрасли являются ограниченность сырьевой базы и недостаток мощностей по первичной переработке крупного рогатого скота. Необходимо предусмотреть строительство, реконструкцию (модернизацию) производственных объектов по убою и первичной переработке скота в рамках единого производственного цикла, включающего основные этапы производственной цепочки (от приемки отечественных убойных животных до разделки и хранения мяса и субпродуктов, переработки всех продуктов убоя, включая все виды основного и вторичного сырья), кредитование и субсидирование сельхозтоваропроизводителей (малых крестьянских (фермерских) форм хозяйствования) с целью увеличения поголовья и сырьевой базы для перерабатывающей промышленности, сельхозкооперацию по заготовке скота у частного сектора и малых крестьянских (фермерских) форм хозяйствования.

Перспективным направлением развития мясной отрасли может стать увеличение глубины переработки мясного сырья, в том числе увеличение выработки пищевой, лечебно-профилактической, биотехнологической, технической и кормовой продукции из

крови, а также производство мясных полуфабрикатов, пользующихся повышенным спросом населения.

Для выведения мясной отрасли на качественно новый уровень стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Республики Казахстан на период до 2027 года предусматривается:

- рост экспорта сельскохозяйственной продукции на 1-2 млрд в год;
- рост производительности в агропромышленном секторе;
- создание новых рабочих мест (500 тыс.), снижение бедности и безработицы;
- система сквозного отслеживания от фермы до стола;
- расширение географии экспорта отечественного КРС и МРС;
- выход на рынки Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии;
- расширение инфраструктуры по содержанию и убою в животноводческом секторе;
- полный цикл переработки животноводческого и вторичного сырья.

В результате к 2027 году предусматривается довести долю казахстанского производства мяса птицы и продукции из него до 92%, увеличить мощности по переработке птицы, убою скота и его первичной переработке, увеличить глубину переработки (съем продукции с 1 тонны веса убойного скота до 90%), расширить ассортимент вырабатываемой продукции и увеличить срок ее хранения до 30 суток, вовлечь в хозяйственный оборот вторичные ресурсы для выработки различных видов продукции [1].

Современный уровень развития мясной отрасли и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к проблеме использования не только основного, но и вторичного сырья. Вторичным сырьем считается сырье, получаемое попутно, то есть в процессе выработки основного сырья. Таким образом, к вторичному сырью относятся все виды продукции, получаемой в процессе убоя и переработки скота, за исключением мяса на костях и пищевых субпродуктов.

К категории вторичного сырья относятся: субпродукты, не направленные в пищу, кровь, кость, шкуры, кишки, жир-сырец, эндокринно-ферментное и специальное сырье, содержащее желудочно-кишечного тракта и непищевое сырье, которые используются для изготовления определенных видов пищевой продукции, фармацевтических препаратов, кормовых продуктов, кожевенной и меховой продукции и др. [2].

Сбор и рациональное использование этого сырья имеет большое значение для повышения эффективности производства и охраны окружающей среды. В настоящее время сбор и переработку вторичного сырья осуществляют только на ряде крупных предприятий.

По нормативам может быть получено порядка 1888 тыс. т вторичных ресурсов, однако фактически собирается только около 30% этого объема. В то же время следует отметить, что вторичное сырье - это источник ценного животного белка, макро- и микроэлементов, дефицит которых в рационе питания населения Казахстана увеличивается с каждым годом.

Утилизация вторичного сырья вместо его комплексной переработки - это не только потери ценного пищевого и кормового белка и макро- микроэлементов, но и огромные денежные убытки, приводящие к повышению себестоимости мяса [3].

Количество вторичных сырьевых ресурсов составляет при переработке крупного рогатого скота - до 42,7; мелкого рогатого скота - 61,4; свиней 36,5% от живого веса (см. табл.).

*Использование сырьевых ресурсов от переработки крупного рогатого скота и свиней,
% к живому весу [3]*

Наименование	Продукция	КРС	Свиньи
Мясо	отрубы, полуфабрикаты, копчености, колбасы, консервы, кулинарные изделия	48,6	55,8
Кость	пищевые топленые жиры, желатин, клей, костная мука, изделия ширпотреба	9,6	8,2
Жир-сырец	пищевые топленые жиры, маргарин, стеарин, парфюмерия, жирные кислоты	2,5	3,3
Субпродукты	колбасы, паштеты, консервы, кулинарные изделия, зельцы, студни, белковый стабилизатор, мясная мука	9,6	10,2
Кровь	альбумин, кровяная мука, сыворотка, плазма, зельцы, форменные элементы, гематоген, гидролизин, колбасные изделия	3,2	3,5
Кишки	колбасная оболочка, струны музыкальные, теннисные, шивка техническая, кетгут, парфюмерные изделия	1,6	3,0
Эндокринно-ферментное сырье	гепарин, пептон, пепсин, инсулин, лидаза, панкреатин и др. медикаменты	0,4	0,1
Шкуры	кожевенное сырье, меховые изделия, мездровый клей, белковая колбасная оболочка	5,7	6,0
Непищевое сырье	кормовая продукция, технические фабрикаты	3,2	2,8
Волос (щетина)	щетки, кисти, изделия ширпотреба	0,01	0,06
Рога, копыта	рого-копытная мука, гидролизат, присадка (регулятор травления), изделия ширпотреба	0,2	0,1
Содержимое желудочно-кишечного тракта	белково-растительный корм	15,4	7,0

Таким образом, проблема перевода процессов переработки сельскохозяйственного сырья на безотходный цикл имеет три взаимосвязанных аспекта - экономический, социальный и ветеринарно-санитарный.

Основными функциями безотходного производства является обеспечение:

- комплексной переработки сырья за счет наиболее полного и рационального использования всех видов продуктов, получаемых в процессе производства;
- обеспечение животноводов полным циклом производства;
- получение дополнительных выгод за счет безотходного производства;
- диверсификация животноводческой отрасли как шаг к импортозамещению в таких секторах экономики, как пищевая, техническая и медицинская отрасли;
- обеспечение новыми рабочими местами за счет новых производств в животноводческой отрасли.

Предприятия мясной промышленности осуществляют убой, разделку скота и пере-

работку продуктов убоя. Основное сырье (мясо на костях) составляет 52,9%, вторичное сырье - 47,1% (в среднем по трём видам скота) (рис. 1).

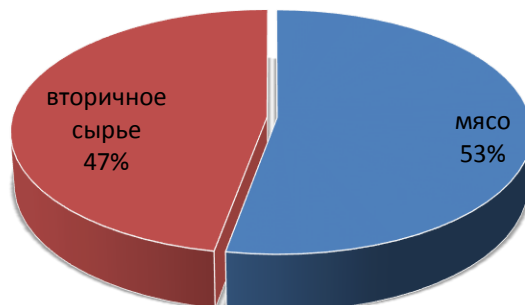


Рисунок 1 – Структура выхода товарного мяса и вторичного сырья в среднем по трем видам Скота

Наиболее перспективными направлениями использования вторичного сырья являются:

- применение субпродуктов при производстве колбасных изделий и консервов;
- увеличение выработки пищевой, лечебно-профилактической, технической, биотехнологической (культивирование клеток животных, человека и др.) и кормовой продукции из крови;
- механическая дообвалка и использование костного остатка для получения пищевого жира, сухих пищевых бульонов и кормовой муки;
- переработка кости на пищевые жиры и кормовую муку;
- сбор эндокринно-ферментного и специального сырья для производства отечественных медицинских препаратов и биотехнологии;
- применение кишечного сырья в медицинской, пищевой, перерабатывающей и легкой промышленности;
- использование шкур убойных животных на отечественных предприятиях кожевенной, легкой, обувной и меховой промышленности;
- переработка непищевых отходов и жиров для получения кормов для животных, биогаза, биотоплива, средств гигиены (мыло, кремы, моющие средства и т.д.), сырья для фармацевтической промышленности (ланолин) (рис. 2) [4].

Привлекательным с точки зрения импортозамещения и перспективным с учетом имеющегося потенциала в РК является медицинский сектор. На основе желез, получаемых в процессе убоя, отечественный фармацевтический рынок существенно расширит ассортимент выпускаемых медикаментов.

Критическая ситуация наблюдается в области использования эндокринно-ферментного и специального сырья, 99,6% которого не собирается.



Рисунок 2 – Основные группы отраслей применения вторичного сырья животноводства

Обеспечение безопасного убоя скота - основа для сбора и дальнейшей переработки вторичного сырья. В соответствии с принятием закона РК «О ветеринарии» и с целью обеспечения ветеринарно-санитарной безопасности животноводческой продукции министерством сельского хозяйства вводится запрет подворного забоя скота, предназначенного для реализации. Убой сельскохозяйственных животных, предназначенных для последующей реализации, должен осуществляться только на мясоперерабатывающих предприятиях, убойных пунктах или площадках по убою сельскохозяйственных животных. На сегодняшний день полная технология убоя осуществляется в мясоперерабатывающих предприятиях РК (рис. 3), мощностей которых для переработки и сбора недостаточно. Строительство современных и технически оснащенных пунктов убоя является приоритетной задачей развития АПК, согласно стратегии развития до 2027 года.

Карта мясоперерабатывающих предприятий РК



Рисунок 3 – Карта мясоперерабатывающих предприятий РК [5]

Убой скота и обработку туш производят на поточно-механизированных линиях или с помощью специального оборудования.

На убойном предприятии с поточным процессом переработки животных устанавливаются следующие точки ВСЭ (ветеринарно-санитарная экспертиза): на конвейерной линии переработки крупного рогатого скота 4 точки ВСЭ - для осмотра голов, внутрен-

них органов, туш и финальная, которые оборудуют дополнительным освещением (мощными светильниками), подводом горячей и холодной воды, стерилизаторами, емкостями с дезинфицирующим раствором, специальными устройствами для остановки технологической поточно-конвейерной линии переработки животных и регистрации выявленных случаев болезней, а также емкостями из нержавеющей стали или других материалов, безопасных для пищевого производства и хорошо поддающихся мойке и дезинфекции, с маркировкой для временного сбора ветеринарных конфискатов.

В состав линии убоя и переработки КРС входит следующее основное оборудование: устройство для обездвиживания животных, подъемники, подвесные пути, установка для сбора крови, механизмы для пересадки туш, стационарные и подъемно-опускные площадки для убоя, установки для съемки шкур, приспособления для растяжки туш в процессе распиловки, столы для приемки и разборки внутренних органов, пилы для продольной распиловки, приспособления для зачистки туш, весы (рис. 4), а также 4 точки ВСЭ крупного рогатого скота: - первая точка ВСЭ голов на технологическом участке линии отделения голов; вторая точка осмотра внутренних органов на участке после нутровки; третья точка осмотра туш на участке перед разделением туш на полутуши; четвертая точка (финальная) на участке перед ветеринарным клеймением (с оборудованием дополнительных подвесных путей или отдельного помещения). Для проведения ВСЭ каждая голова, внутренние органы и туши, полученные от одного животного, нумеруются одним и тем же номером.

При отсутствии на линии убоя и первичной переработки животных, в том числе оснащенной движущимся конвейером, рабочих мест для проведения ВСЭ или в случае отсутствия ветеринарно-санитарных экспертов (ветеринарных врачей государственной ветеринарной службы или аккредитованных ветеринарных специалистов - ветеринарных врачей и фельдшеров производственных или ведомственных ветеринарных служб) убой и переработка животных на этой линии запрещается.

На переработку поступает крупный рогатый скот всех пород и категорий, любого возраста и массы, прошедший предубойную подготовку в хозяйстве (указывают в сопроводительном документе) или на мясокомбинате.

Технический и технологический уровень на имеющихся предприятиях не соответствует мировым стандартам - глубина переработки скота низкая, вторичные продукты практически не используются, что приводит к дополнительным расходам на утилизацию, низкой рентабельности и загрязнению окружающей среды физическими, химическими факторами и биологическими агентами. Подавляющее число предприятий и цехов по убою скота были построены еще в советский период, и они на 70-80% выработали свой ресурс.

Низкий уровень технической оснащенности выражается большой долей ручного труда и морально устаревшим и изношенным оборудованием. Около 50% трудоемких операций на отечественных предприятиях выполняется вручную. Остается низким уровень механизации в мясожировом производстве [6].

Список литературы

1. Национальная программа развития мясного животноводства на 2018-2027 гг. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.meatunion.kz/images/nacionalnayaprogramma.pdf>.
2. Петров К.А. Проблемы и перспективы развития глубокой переработки продукции животноводства / К.А. Петров, Н.Г. Кузнецова. - М.: Евразийский союз ученых. - 2015. - № 05 (14).
3. Серпова О.С. Опыт глубокой переработки продукции животноводства: Науч.-аналит. обзор. - М.: ФГНУ Росинформагротех, 2008. - 92 с.

4. Золотарева М.С. Анализ переработки молочной сыворотки и создание перспективных ресурсосберегающих технологий // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – № 1. – С. 37–44.
5. Перерабатывающие предприятия Казахстана: Объемы финансирования и проблемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - https://bnews.kz/ru/analysis/analytics/pererabativayushchie_predpriyatiya_kazahstana_obemi_finansirovaniye_i_problemy.
6. Воротников И.Л. Ресурсосберегающее развитие перерабатывающих отраслей АПК / И.Л. Воротников, К.А. Петров, В.В. Кононыхин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2010. – № 10. – С. 21–23.

Получено 1.11.2018

МРНТИ 73.01.94

М.К. Ибатов, А.С. Кадыров, И.А. Пак, Б.Ш. Аскаров, О.М. Кенесов

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ
В ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКЕ**

В статье приводятся основные источники загрязнения атмосферы, методы очистки газов от технических загрязнений, используемые в промышленности, рассмотрены их преимущества и недостатки. Указаны основные направления и методы снижения вредных выбросов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания транспортной техники. Рассмотрены и предложены к применению некоторые дополнительные устройства, снижающие концентрацию вредных веществ и повышающие эффективность очистки выхлопных газов транспортной техники.

Мақалада атмосфера ластауыштарының негізгі көздері, өнеркәсіпте пайдаланылатын газдардың техникалық ластауыштардан тазарту әдістері көрсетілген, сондай-ақ, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған. Көлік техникасындағы іштен жанғыш қозғалтқыштардың зиянды шығарылымдарын төмендетудің әдістері және негізгі бағыттары көрсетілген. Зиянды заттардың концентрациясын төмендететін және көлік техникасының пайдаланылған газдарын тазартудың тиімділігін жоғарылататын кейбір қосалқы құрылғылар қарастырылған және қолданысқа ұсынылған.

The main sources of air pollution, methods of purification of gases of technical pollution used in the industry are given in article, their advantages and shortcomings are considered. The main directions and methods of decrease in harmful emissions of the fulfilled gases of internal combustion engines of the transport equipment are specified. Some additional devices reducing concentration of harmful substances and increasing efficiency of purification of exhaust gases of the transport equipment are considered and offered to application.

Ключевые слова: отработавшие газы, газоочистка, каталитическая нейтрализация, фильтрация газов, изоляция газов.

Атмосферный воздух является физической смесью составляющих его газов и характеризуется следующим средним составом на уровне моря (в процентах по объему): азот (78,08%), кислород (20,95%), углекислый газ (0,03%), инертные газы, озон, радон, торон, перекись водорода, аммиак, йод (0,94%) [1]. Кроме того, в воздухе в различных объемах содержатся водяные пары и тонкодисперсная пыль.

Главными загрязнителями атмосферы считаются углекислый газ, оксид углерода, диоксиды серы, а также газовые компоненты, повышение концентрации которых влияет на температурный режим тропосферы (метан, фреоны, диоксид азота, озон). Интенсивное загрязнение атмосферы обусловлено работой промышленных предприятий черной и цветной металлургии, химических и нефтехимических комбинатов, строительной индустрии, энергетической и целлюлозно-бумажной промышленности. Транспортная техника, прежде всего в крупных городах и промышленных карьерах, также вносит свой значи-

тельный вклад в загрязнение окружающей среды вредными компонентами выхлопных газов.

В настоящее время в промышленности разработано и опробовано большое количество различных методов очистки газов от технических загрязнений: NO_x , SO_2 , H_2S , NH_3 , оксида углерода, различных органических и неорганических веществ [2]. Классификация методов очистки газов от технических загрязнений представлена на рис. 1.

Абсорбция представляет собой процесс растворения газообразного компонента в жидком растворителе. Абсорбционные системы разделяют на водные и неводные. Во втором случае применяют обычно малолетучие органические жидкости. В зависимости от способа создания поверхности соприкосновения фаз различают поверхностные, барботажные и распыливающие абсорбционные аппараты.



Рисунок 1- Классификация методов очистки газов от технических загрязнений

В первой группе аппаратов поверхностью контакта между фазами является зеркало жидкости или поверхность текучей пленки жидкости. Сюда же относят насадочные абсорбенты, в которых жидкость стекает по поверхности загруженной в них насадки из тел различной формы. Во второй группе абсорбентов поверхность контакта увеличивается благодаря распределению потоков газа в жидкость в виде пузырьков и струй. Барботаж осуществляют путем пропускания газа через заполненный жидкостью аппарат либо в аппаратах колонного типа с тарелками различной формы. В третьей группе поверхность контакта создается путем распыления жидкости в массу газа. Поверхность контакта и эффективность процесса в целом определяется дисперсностью распыленной жидкости. Общими недостатками абсорбционных методов является образование жидких стоков и громоздкость аппаратного оформления.

Адсорбционный метод - один из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от загрязнений. Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты.

Термическое дожигание представляет собой метод обезвреживания газов путем термического окисления различных вредных веществ, главным образом органических, в практически безвредные или менее вредные, преимущественно CO_2 и H_2O . Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале 750–1200 °С. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99%-й очистки газов. Принципиальную трудность при использовании термического дожигания создает образование вторичных загрязнителей, таких как оксиды азота, хлор, SO_2 и др. Применение термических методов эффективно для дожигания пыли многокомпонентных и запыленных отходящих газов.

Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освобождать газы от оксидов серы и азота, различных органических соединений, монооксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей. Применение каталитических методов чаще всего ограничивается трудностью поиска и изготовления пригодных для длительной эксплуатации и достаточно дешевых катализаторов. Можно выделить два принципиально различных метода осуществления процесса газоочистки: в стационарном и в искусственно создаваемом нестационарном режимах (реверс-процесс). Реверс-процесс предусматривает периодическое изменение направлений фильтрации газовой смеси в слое катализатора с помощью специальных клапанов. Это позволяет удерживать тепловую волну в пределах слоя как угодно долго. Преимущество этого метода в устойчивости работы при колебаниях концентраций горючих смесей и отсутствии теплообменников. Наиболее массовое применение термокatalитические методы находят при очистке газов от оксидов азота, обезвреживании и утилизации разнообразных сернистых соединений, обезвреживании органических соединений и угарного газа CO .

Озонные методы применяют для обезвреживания дымовых газов от $\text{SO}_2(\text{NO}_x)$ и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий. Введение озона ускоряет реакции окисления NO до NO_2 и SO_2 до SO_3 . После образования NO_2 и SO_3 в дымовые газы вводят аммиак и выделяют смесь образовавшихся комплексных удобрений (сульфата и нитрата аммония). Время контакта газа с озоном, необходимое для очистки от SO_2 (80–90%) и NO_x (70–80%), составляет 0,4–0,9 с.

Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться для выработки новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава.

Плазмохимический метод основан на пропускании через высоковольтный разряд воздушной смеси с вредными примесями. В результате в газовой среде образуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Недостатком данного метода являются: недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа в случае окисления органических компонентов при приемлемых энергиях разряда; наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически; существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озона-

торов с применением барьерного разряда.

Плазмокаталитический метод. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Преимуществом этого метода является использование каталитических реакций при температурах более низких (40-100 °С), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до 0,5 г/м³). Недостатками данного метода являются: большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации 3-5 мг/м³; при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м³) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термокаталитическим методом.

Фотокаталитический метод окисления органических соединений основан на ультрафиолетовом их облучении в присутствии катализатора на основе TiO₂. Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для решения этой задачи используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших концентрациях.

Из обширного числа проблем охраны окружающей среды защита воздушного бассейна крупных городов и промышленных карьеров от выбросов двигателей внутреннего сгорания транспортной техники является одной из наиболее актуальных и сложных. Решение данной проблемы затруднено рядом обстоятельств, свойственных именно этому источнику загрязнения. Среди них в первую очередь следует отметить чрезвычайную сложность состава отработавших газов. Кроме того, разнообразие и большая численность двигателей внутреннего сгорания (ДВС) исключает применение мощных комплексных стационарных очистных установок и затрудняет контроль за поступлением токсичных соединений в атмосферу.

Снижение вредных выбросов отработавших газов ДВС ведется по следующим основным направлениям [3]:

- совершенствование методов воздействия на рабочий процесс двигателей транспорта с целью уменьшения токсичности отработавших газов;
- совершенствование методов, способов и средств снижения токсичности отработавших газов в системе их выпуска.

К методам, характеризующим первое направление, относятся учет влияния эксплуатационных факторов, обеспечение исправного технического состояния, регулировка рабочего процесса сгорания топлива в двигателе, учет влияния рода топлив и применяемых к ним присадок, рециркуляция отработавших газов и комбинированные методы снижения их токсичности.

К методам, характеризующим второе направление, относятся жидкостная нейтрализация вредных выбросов, пламенное дожигание или термическая нейтрализация вредных веществ, каталитическая нейтрализация токсичных компонентов отработавших газов.

В настоящее время одним из основных методов обезвреживания отработавших газов ДВС наземной транспортной техники является их каталитическая нейтрализация, осуществляемая путем пропускания отработавших газов через каталитический нейтрализатор. Вышедшие из цилиндров двигателя продукты неполного сгорания топлива в потоке раскаленного азота (из состава воздуха) не успевают окислиться до токсичных соединений при остывании отработавших газов ДВС, а каталитически преобразуются в нетоксичные соединения до их выброса в атмосферу. Очищают отработавшие газы и с помощью мочевины – жидкости на основе аммиака, которая реагирует с NO_x, после чего в результате каталитических реакций образуется азот N₂ и водяной пар H₂O.

Однако на определенных режимах работы двигателя эффективность каталитического нейтрализатора может быть незначительной. Наиболее низкая степень очистки углеводородов и оксида углерода СО наблюдается в режиме холостого хода и на малых нагрузках. Это объясняется низкой температурой отработавших газов, недостаточной для начала реакции нейтрализации [4, 5].

Для снижения выброса в атмосферу сажи и других продуктов неполного сгорания топлива в системах выпуска отработавших газов ДВС применяются сажевые фильтры, конструкция которых совершенствуется с целью получения оптимальных характеристик газового потока для лучшей очистки отработавших газов. Известны устройства очистки выхлопных газов от мелких твердых частиц путем фильтрации газов через пористые перегородки или специальную шерстяную, хлопчатобумажную либо стеклянную ткань.

Для повышения эффективности очистки отработавших газов и продления службы фильтрующих элементов учеными-разработчиками предлагаются различные вспомогательные устройства.

Нами была предложена усовершенствованная конструкция устройства для очистки выхлопных газов (рис. 2), основанная на их ультразвуковой обработке и позволяющая повысить эффективность снижения вредных выбросов ДВС, повысить срок службы фильтрующих элементов системы выпуска отработавших газов (патент RU 2107827, МПК, F01N 3/02, 27.03.1998 г.)

Отработавшие выхлопные газы поступают через впускные отверстия 3 по перфорированным трубам 2 в корпус 1 и под действием ультразвуковых волн, испускаемых ультразвуковыми устройствами 5, тяжелые частицы, содержащиеся в выхлопном газе, оседают на дне корпуса, очищенный газ выводится в атмосферу через выпускное отверстие 4, образовавшаяся смесь путем снятия пробки 6 вытекает в определенную емкость. Вследствие этого в атмосферу выделяется выхлопной газ, очищенный от тяжелых примесей.

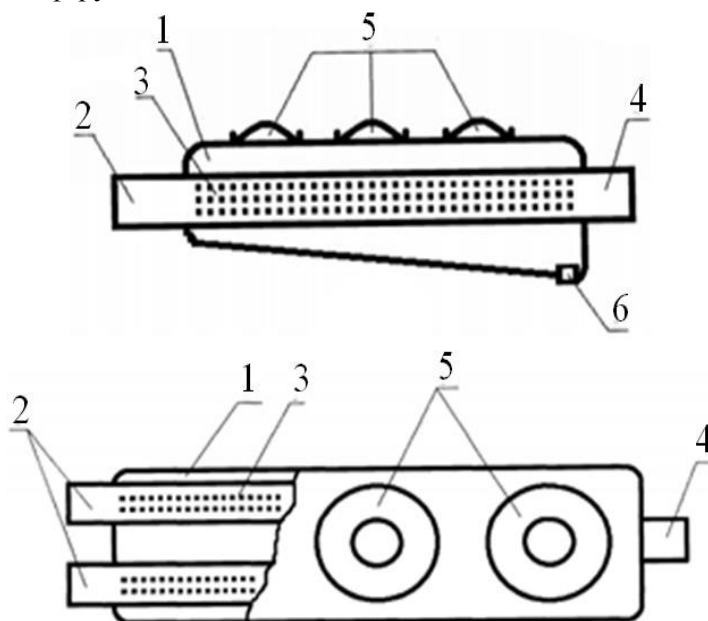


Рисунок 2 - Устройство для очистки выхлопных газов

Также нами было разработано устройство для изоляции отработавших газов (рис. 3) (патент РК №2928, F01N 3/00, 15/12/1995 г.).

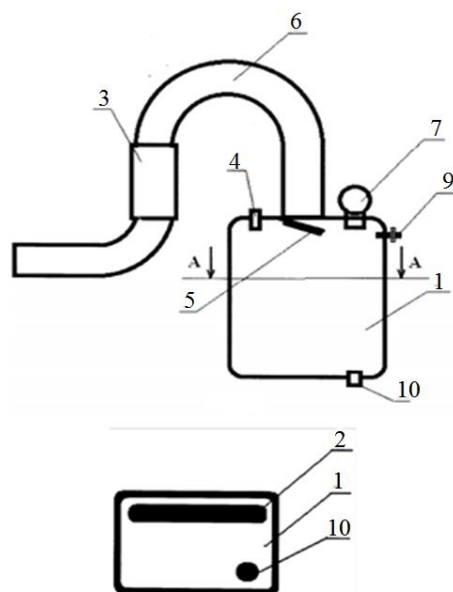


Рисунок 3 - Устройство для изоляции отработавших газов

Изоляция отработавших газов применяется для снижения концентрации вредных веществ в зонах скопления автотранспортной техники. При этом выхлопные газы собираются (изолируются) в емкость и выпускаются в атмосферу после выезда автомобиля из вышеуказанной зоны.

При работе двигателя внутреннего сгорания газы начинают поступать в выхлопную трубу. Затем через соединительный патрубок 6 отработавшие газы нагнетаются компрессором 3 в накопительную емкость 1 с холодильным устройством 2, где часть газов конденсируется и сливается через отверстие с пробкой 10, а оставшаяся часть выпускается через насадку с вентилем 9. Для исключения возврата газов в трубу накопительная емкость снабжена обратным клапаном 5, а также перепускным клапаном 4, выпускающий газы при достижении предельного давления в накопительной емкости.

Приведенные выше предлагаемые устройства определяют направления дальнейших научных исследований.

Список литературы

1. Ушаков К.З. Аэрология карьеров / К.З. Ушаков, В.А. Михайлов; Под ред. Ржевского В.В. - 2-е изд. перераб. и доп. - М., 1985. - 272 с.
2. Сольников Р.И. Системы управления «природа – техногенка» / Р.И. Сольников, Г.И. Коршунов. – СПб.: Политехника, 2013. – 205 с.: ил.
3. Ибатов М.К. Совершенствование методов снижения загрязнения атмосферы вредными выбросами автотранспорта / М.К. Ибатов, И.А. Пак, Б.Ш. Аскарлов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3.
4. Ложкин В.Н. О моделировании систем очистки отработавших газов ДВС с использованием нейтрализаторов и тепловых аккумуляторов фазового перехода / В.Н. Ложкин, В.В. Шульгин, М.А. Максимов // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2011. - № 3.
5. T. Shamim. Effect of engine exhaust gas modulation on the cold start emissions // International Journal of Automotive Technology, Vol. 12, No. 4, pp. 475–487 (2011)

Получено 22.10.2018

МРНТИ 67.13.19

А.С. Кадыров, Б.Д. Сулеев

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

ФРЕЗЕРЛЕУМЕН ТОПЫРАҚТЫ БҰЗУДЫҢ КЕДЕРГІ КҮШТЕРІН АНЫҚТАУ

В статье рассматривается методика определения сил, действующих на фрезу щелпераза в процессе резания грунта. Определена зависимость толщины срезаемой стружки от угла поворота рабочего органа.

Мақалада топырақты кесу кезінде қолданылатын ортілгіштің фрезасына әсер ететін күштерді анықтау әдістемесі қарастырылады. Жоңқаның қалыңдығы жұмыс мүшесінің бұрылу бұрышына тәуелділігі анықталды.

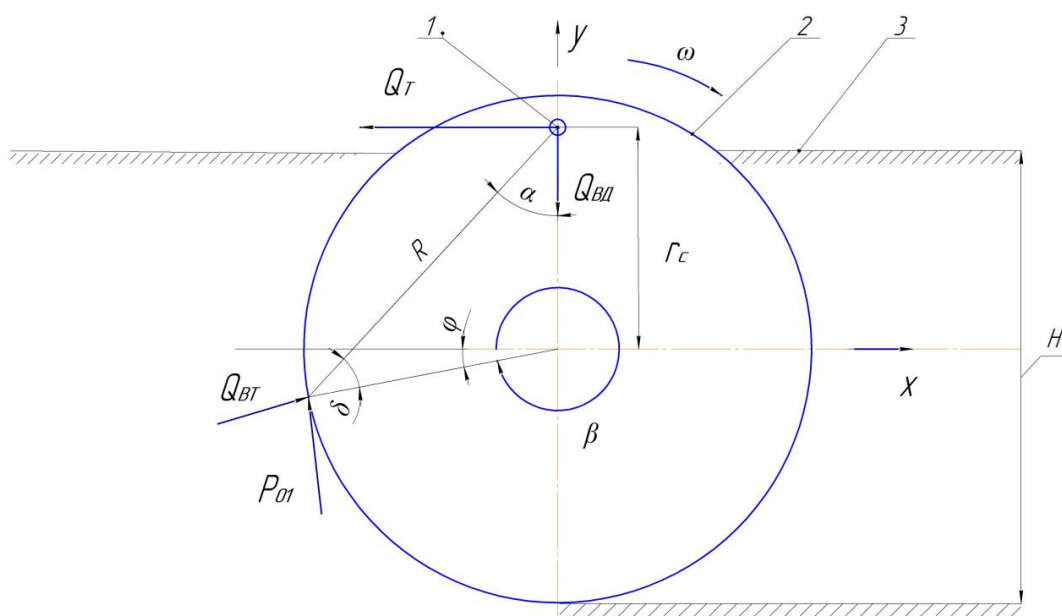
The article considers method of determining forces acting on the cutter in the process of cutting the soil. The dependence of the thickness of the cut chips on the angle of rotation of the working equipment is determined

Түйінді сөздер: ортілгіш, кесуші фреза, фрезерлеу, жоңқа, кескіш, орақ, топырақ, кедергі.

Қатып қалған және берік топырақтарды әзірлеу үшін, әртүрлі жер қазатын машиналар пайдаланады, оларға барлық дискілі, роторлы машиналар жатады. Айналмалы әрекет ететін кесуші мүшелеріне фрезалар және бұрғылар жатады; үдемелі әрекет ететін кесуші мүшелеріне қопсытқыштар, барлар жатады. Соңғысы кесу қағидасы бойынша бірінші және екінші типтері арасында орын алады.

Қатып қалған топырақтарда жіңішке орларды тілу үшін дискілі жер қазатын машиналарды қолдануға болады. Мысалы фрезерлі ортілгіш ЦФ-2000. Ортілгіш ені – 140 мм, тереңдігі – 2000 мм, I-IV категориялы және де қатып қалған топырақтарды әзірлеуге арналған.

Топырақты кесу кезінде жұмыс мүшесіне әсер ететін күштер сұлбасын суретте қарастырайық.



Сурет – Күштер сұлбасы: 1 – фрезаны ілу нүктесі; 2 – кесуші фреза; 3 – топырақ

Ортілгіштің жұмыс процесінің кинематикасының өзіндік ерекшелігі болып, оның айналу уақыты ішінде кескіштермен кесіктің қалыңдығының өзгеруі болып табылады. Қырынан қарағанда кесіктер орақ тәріздес келбетке ие.

Топырақтың кескінінің жоңқасының қалыңдығы, жұмыс мүшесін β бұрылыс бұрышының функциясы ретінде анықталады (1):

$$h(\beta) \approx h_0 \left(\cos + \frac{1}{2\lambda \sin^2 \beta} \right) \quad (1)$$

мұндағы h_0 – кесу дискінің ұсыну қадамы, м.

Кесіктің орташа қалыңдығы β_1 және β_2 бұрыштарының шекарасында келесідей анықталады (2):

$$h_{cp} \approx h_0 \left[\frac{\sin \beta_2 - \sin \beta_1}{\beta_2 - \beta_1} + \frac{\chi}{4} \left(1 + \frac{\sin \beta_2 - \sin^2 \beta_1}{2(\beta_2 - \beta_1)} \right) \right] \quad (2)$$

мұндағы λ - фрезаны ұсынудың қадамының фрезаның радиусына қатынасы, ол келесідей анықталады (3):

$$\lambda = \frac{h_0}{R}. \quad (3)$$

Осылайша (2) формула негізінде жоңқаның қалыңдығының орташа шамасын анықтауға болады, ол оған байланысты (1) формуланы қолданып, топырақтың жоңқасының орташа кескінін ұсынудың бұрышын β анықтауға болады.

X және Y осіне күштер кескінімен $M_{кр}$ айналу моментінің теңдеуін құраймыз (4-6).

$$X: Q_T = Q_{\text{см}} \cdot \cos \varphi - P_{01} \cdot \sin \varphi; \quad (4)$$

$$Y: Q_{\text{сд}} = Q_{\text{см}} \cdot \sin \varphi + P_{01} \cdot \cos \varphi; \quad (5)$$

$$M_{кр} = P_{01} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \varphi \right) \cdot R_{cp} - Q_{\text{см}} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \delta \right) \cdot R_{cp} \quad (6)$$

мұндағы Q_T – тартымдық күші; $Q_{\text{сд}}$ – фрезаны итеріп шығарушы күші; P_{01} – кесу күші; φ – топырақтың жоңқасының орташа кескінін сипаттайтын бұрыштар.

Сонымен қатар қысу күші $Q_{\text{сд}}$ жұмыс мүшесінің салмағын қамтиды.

Ветров Ю.А. [1] жұмыстарына сәйкес, кесу күші келесі формула бойынша анықталатын болады (7):

$$\begin{aligned} P_{01} &= P_{\text{св}} + P_{\text{бок.ср}} + P_{\text{пл.изн}} = \\ &= \varphi_1 \cdot m_{\text{св}} \cdot b \cdot h_{cp} + k \cdot m_{\text{бок.ср}} \cdot h_{cp} + \eta^1 \cdot a \cdot h \cdot b \cdot \varphi_1 \cdot m_{\text{св}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Жұмыс мүшесін қажетті тереңдікке ұсыну кезінде қысу күші $Q_{\text{сд}}$ итеріп шығарушы $Q_{\text{см}}$ күшіне тең, сәйкесінше (8).

$$Q_{\text{см}} = \frac{P_{01} \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (8)$$

Айналу моментімен ұсыну күшінің теңдеуі келесі түрге ие (9, 10):

$$Q_m = (\varphi_1 \cdot m_{\text{св}} \cdot b \cdot h_{cp} + k \cdot m_{\text{бок.ср}} \cdot h_{cp} + \eta^1 \cdot a \cdot h_{cp} \cdot b \cdot \varphi_1 \cdot m_{\text{сд}}) \cdot \left(\frac{\cos^2 \varphi}{1 - \sin \varphi} - \sin \varphi \right) \quad (9)$$

$$M_{кр} = (\varphi_1 m_{св} b h_{ср} + k m_{бок.ср.} \cdot h_{ср} + \eta a h_{ср} b \varphi_1 m_{св}) \times \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \varphi\right) R_{ср} - \frac{\cos\varphi \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) R_{ср}}{1 - \sin\alpha} \right] \quad (10)$$

Келесідей белгілейміз:

$$A = (\varphi_1 m_{св} b + k m_{бок.ср.} + \eta^1 a b \varphi_1 m_{св}) \left(\frac{\cos^2 \varphi}{1 - \sin \varphi} - \sin \varphi \right) \cdot i$$

$$B = (\varphi_1 m_{св} b + k m_{бок.ср.} + \eta^1 a b \varphi_1 m_{св}) \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \varphi\right) - \frac{\cos\varphi \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right)}{1 - \sin\alpha} \right] \cdot i,$$

мұндағы i – топырақты бұзудағы біруақытта қатысатын кескіштердің саны.

Топыраққа кескіш фрезаны енгізу үшін керекті күш шамасы келесідей анықталатын болады (11,12):

$$Q_{\omega\delta} = Q_{\omega m} \cdot \sin \varphi + P_{01} \cdot \cos \varphi \quad (11)$$

$$Q_{\omega\delta} = Q_{\omega m} \cdot \sin \varphi + (\varphi_1 \cdot m_{св} \cdot b \cdot h_{ср} + k \cdot m_{бок.ср.} \cdot h_{ср} + \eta' \cdot a \cdot h_{ср} \cdot b \cdot \varphi_1 \cdot m_{св}) \cdot \cos \varphi \quad (12)$$

Келесідей белгілеп (13)

$$C = (\varphi_1 \cdot m_{св} \cdot b + k \cdot m_{бок.ср.} + \eta' \cdot a \cdot b \cdot \varphi_1 \cdot m_{св}) \cdot i \cdot \cos \varphi \quad (13)$$

Келесіге ие боламыз (14):

$$\begin{cases} Q_m = A \cdot h_{ср} \\ M_{кр} = B \cdot h_{ср} R_{ср} \\ Q_{\omega\delta} = Q_{\omega m} \cdot \sin \varphi + C \cdot h_{ср} \end{cases} \quad (14)$$

мұндағы A , B және C – топырақтың физикалық-механикалық қасиеттеріне, жұмыс мүшесінің конструкциясына тәуелді жылжыту, айналдыру және батыруға меншікті кедергі күштері. Олар қатып қалған және берік топырақтарды бұзу үшін тартымдық күшін, айналу моментін және фрезаны топыраққа енгізу процесін анықтайды.

$m_{св}$ меншікті кесу күші кескіштің айналмалы қозғалыс кезінде, ол анықталатын түзу сызықты кесумен салыстырғанда K_w шамасына үлкейтілуі тиіс [2].

A , B және C меншікті кедергі күштері келесілерге тәуелді:

- кескіштің еніне – δ ;
- кескіштің тозу алаңына – a ;
- топырақты бұзатын кескіштің санына – i .

Орташа радиус және сәйкесінше тартымдық күшпен айналу моменті келесілерге тәуелді:

- жұмыс жабдығын енгізу тереңдігіне – H ;
- фрезаны ілетін жерінен оның ортасына дейінгі аралыққа – r_c .

Топырақтың жоңқасының орташа қалыңдығы келесілерге тәуелді:

- машинаның қозғалыс жылдамдығына;
- фрезаны енгізу тереңдігіне.

Әдебиеттер тізімі

1. Ветров Ю.В. Резание грунтов землеройными машинами. - М.: Машиностроение, 1971. - 360 с.
2. Кадыров А.С. Основы нагружения фрезерных и бурильных машин / А.С. Кадыров, Р.А. Кабашев. - Караганда: КарГТУ, 1999. - 124 с.

Қабылданды 5.11.2018

УДК 669-1

А.А. Каравайцева, Л.И. Квеглис

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

С.С. Герт, В.В. Анфилофьев

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,

г. Усть-Каменогорск

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В МАРГАНЦОВИСТОЙ СТАЛИ 20ГЛ

В данной работе исследуются обнаруженные аномалии в поведении акустических волн в стали 20ГЛ. Выявлено образование частиц марганца после обработки импульсным током стали 20ГЛ.

Осы мақалада 20ГЛ болаттағы акустикалық толқындардың мінез-құлқындағы анықталған ауытқулар зерттелді. 20ГЛ болатты импульстік токпен өңдеуден кейін марганец бөлшектерінің пайда болуы анықталды.

In this work, we discovered anomalies in the behavior of acoustic waves in steel 20GL. Correlation between speed of ultrasound and the size of granule set at different temperatures.

Ключевые слова: поглощение ультразвука, пластическая деформация, сталь 20ГЛ, микроструктура, температурная зависимость.

Ультразвуковая обработка металлов - один из новых эффективных способов, применяющихся в металлургии для улучшения качества металлов. Облучение ультразвуком расплавленного металла приводит к заметному измельчению зерна и уменьшению пористости. Кроме того, ультразвук повышает механические свойства затвердевших расплавов и намного улучшает способность металла к пластической деформации.

Одной из новых областей применения ультразвука является процесс кристаллизации, определяющий качество готовых деталей, особенно таких, которые получают методом литья. Если расплавленный кристаллизующийся металл обработать ультразвуком, произойдет измельчение зерен, уменьшится пористость, а структура отливки будет более равномерной.

Твердые тела однородны для ультразвуковых волн только до тех пор, пока неоднородности, имеющиеся в них (а эти неоднородности всегда есть), значительно меньше длины волны [1]. Однородность структуры металлов и сплавов достигается измельчением, вплоть до возникновения наноструктурных состояний, что может быть обеспечено интенсивной пластической деформацией (ИПД) [2]. ИПД лучше всего проводить в таких условиях, когда достигнут максимальный коэффициент поглощения ультразвуковых волн в веществе. Исследование поглощения ультразвука в металлах в процессе их пластической деформации представляет практический интерес при обработке металлов давлением с целью снижения усилия деформации [3].

Сталь 20ГЛ используется для изготовления ответственных изделий сложного сечения, применяемых в железнодорожном транспорте, поэтому необходимо выявить оптимальные условия ее механической обработки: условия, при которых коэффициент поглощения ультразвуковых волн позволит проводить ИПД с минимальной нагрузкой [4]. Такие изделия работают в условиях пониженных температур и знакопеременных нагрузок. При

неправильной заливке стали в сечениях образуются неоднородности кристаллического строения, трещины и раковины, которые выявляются методами неразрушающего контроля. Эти дефекты можно устранить посредством ИПД.

Целью работы является исследование возможности поглощения ультразвука в стали 20ГЛ, выявление причины данного эффекта, а также теоретическое обоснование наблюдаемых явлений.

Задачами является установление причины и объяснение поглощения ультразвуковых волн в стали, а также нахождение качественного способа применения эффекта поглощения.

В качестве образцов для исследования использовали исходную литую сталь 20ГЛ. С целью получения серии образцов с нарастающим размером структурных элементов подвергли их термической обработке при температуре 900 °С, задавая разное время выдержки в муфельной печи, и дальнейшим охлаждением на воздухе. Микроструктуру стали исследовали на оптическом металлографическом микроскопе сx-4 при увеличении x100 и x500 крат. Скорость ультразвука измеряли методом автоциркуляции импульсов на ультразвуковом толщиномере А1209. Микроструктуру и размер зерна определяли по ГОСТу 5639-82.

Для измерения скорости распространения поверхностной волны в стали поверхность образца делили на прямоугольные участки, соответствующие размеру датчика (расстояние между пьезопреобразователями 33 мм). В каждом участке скорость определяли 5-7 раз, затем находили среднее значение.

В выражении для плоских ультразвуковых волн, так же, как и в основном уравнении движения упругой среды, не учитывается ослабление волны, связанное с затуханием ультразвука [5]. В реальных средах по причине внутреннего трения, неидеальных упругих свойств и других эффектов затухание ультразвука имеет существенное значение.

Коэффициент затухания складывается из коэффициентов рассеяния δ_r и поглощения δ_p , т.е. $\delta = \delta_p + \delta_r$ [6]. При поглощении звуковая энергия переходит в тепловую, а при рассеянии остается звуковой, но уходит из направленно-распространяющейся волны в результате отражений на границах зерен и неоднородностей.

Поглощение звука в твердых телах обуславливается в основном внутренним трением и теплопроводностью [7]. Поглощение поперечных волн меньше, чем продольных, так как они не связаны с адиабатическими изменениями объема, при которых появляются потери на теплопроводность. Коэффициент поглощения в твердых телах пропорционален f (стекло, биологические ткани, металлы) или f^2 (резина, пластмассы) [8].

В монокристаллах затухание определяется поглощением ультразвука. Металлы, применяемые на практике, имеют поликристаллическое строение, и в них обычно затухание ультразвука определяется прежде всего рассеянием. В кристаллах скорость звука имеет разное значение в зависимости от направления его распространения относительно осей симметрии кристалла. Это явление называют упругой анизотропией.

В куске металла кристаллы ориентированы различным образом, поэтому при переходе ультразвука из одного кристалла в другой скорость звука может меняться в большей или меньшей степени. В результате возникают частичное отражение, преломление и трансформация ультразвука, что обуславливает механизм рассеяния.

Большое влияние на коэффициент рассеяния в металлах оказывает отношение D (средней величины зерна) и длины волны ультразвука λ .

При $\lambda \ll D$ звук поглощается каждым зерном как одним большим кристаллом, затухание ультразвука определяется в основном поглощением. При $\lambda \approx D$ рассеяние ультразвука очень велико. Он как бы проникает, диффундирует между отдельными кристаллами. Это область диффузного рассеяния [9].

Уникальной особенностью ультразвуковых методов является то, что при температу-

рах, близких к температуре фазового перехода второго рода в магнитных системах и системах, демонстрирующих структурные фазовые переходы, происходит аномально сильное поглощение ультразвука [10], наглядно выявляемое экспериментально на рис. 1.

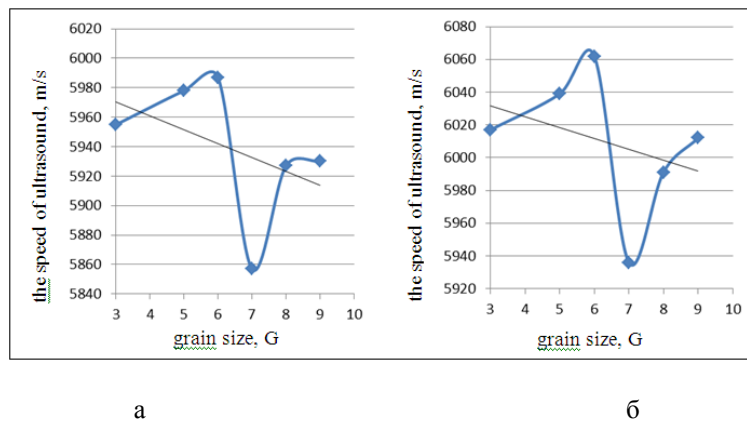


Рисунок 1 - Обнаруженная зависимость скорости ультразвука от балла зерна: а - при 20 °С; б - при -60 °С

График зависимости скорости ультразвука от балла зерна при температуре -60 °С имеет более резкий спад и подъем, это связано с тем, что при уменьшении температуры скорость распространения ультразвука увеличивается [11]. Проанализировав полученную зависимость, можно сделать вывод, что при размере зерна 6-7 баллов (рис. 2) и частоте 4 МГц скорость ультразвука заметно снижается. Можно сделать предположение, что в данном месте происходит эффект поглощения ультразвука. Это связано с процессом кристаллизации, т.к. при 6-7 баллах зерна в микроструктуре стали 20ГЛ наблюдаются крупные ферритные зерна, скопления ферритных зерен и ферритная сетка. То есть наблюдается структурная неоднородность с одновременным уменьшением ультразвуковой проницаемости.

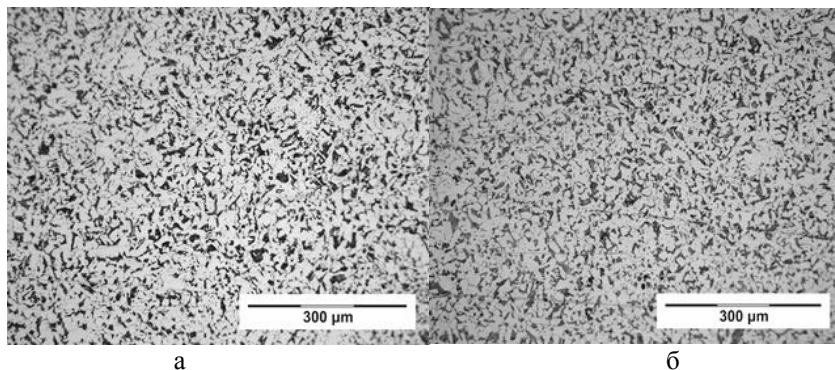


Рисунок 2 - Фотографии микроструктур образцов из стали 20ГЛ : а - образец № 2; б - образец № 3

С целью релаксации внутренних напряжений, в результате которой может уменьшаться поглощение ультразвука, наблюдаемое в образце № 3 (рис. 2) стали 20ГЛ, провели обработку образцов воздействием импульсного тока плотностью 100 А/мм². В работе [12] импульсный ток при определенных режимах может быть использован для ускоренной релаксации внутренних напряжений. Затем снова провели испытания ультразвуком, в результате которого выявлено еще более сильное поглощение ультразвука (3 новых точки

на рис. 4). Исследования с помощью рентгеновской дифракции проводили на образце № 3 после испытаний ультразвуком, до обработки током и после.

Сопоставляя рефлексы на рентгенограмме (рис. 3) с данными табл. 2, можно заключить, что рефлекс (221) β -марганца можно сравнить с рефлексом (110) α -железа по их интенсивности. Оба рефлекса имеют интенсивность 100%, если рассматривать однокомпонентные материалы. Атомные факторы рассеяния этих материалов практически одинаковы, поскольку они расположены рядом в периодической таблице химических элементов.

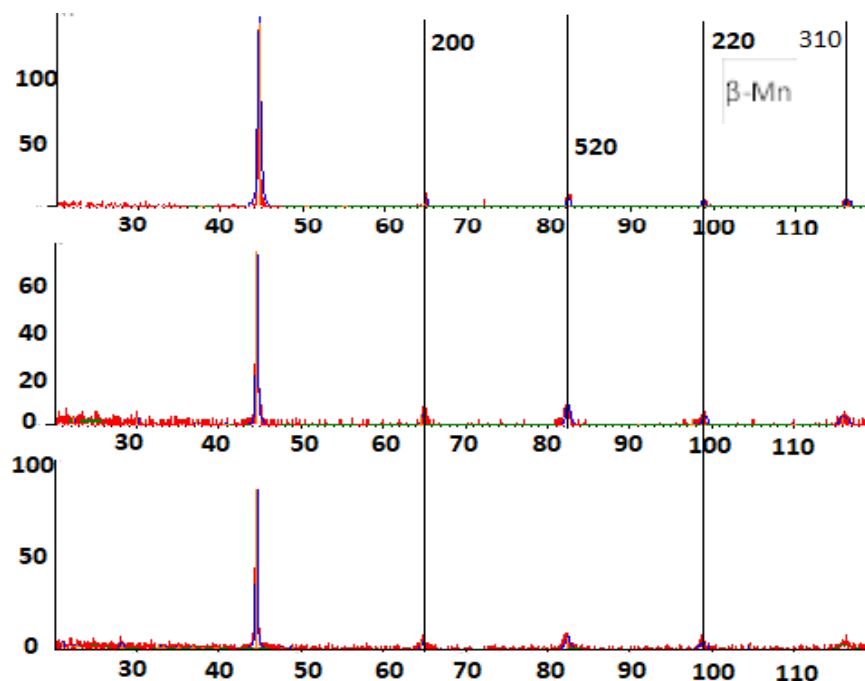


Рисунок 3 - Рентгенограммы образца № 3. Сверху-вниз: до обработки током, после обработки током, под углом 90° по отношению к направлению тока

Таблица 1

Межплоскостные расстояния α -Fe и β -Mn

α -Fe			β -Mn		
h k l	d	Int.	h k l	d	Int.
110	2,01	1,00	210	2,81	0,07
200	1,428	0,15	221	2,10	1,00
211	1,166	0,38	310	2,00	0,66
220	1,010	0,10	311	1,90	0,27
310	0,904	0,08	321	1,68	0,07
222	0,825	0,03	411	1,485	0,03
321	0,764	0,10	420	1,410	0,03
330	0,673	0,03	510	1,237	0,30
420	0,638	0,03	520	1,170	0,20
			531	1,064	0,03
			442	1,051	0,03

Считая интенсивность рефлекса (110) α -железа равной 100%, можно считать, что интенсивность рефлекса (221) β -марганца составит 4,8%. Такая оценка позволяет считать, что в сплаве стали 20ГЛ Мп содержится более чем в 2 раза больше, чем в исходном составе (табл. 3).

Таблица 2

Химический состав стали 20ГЛ.

Массовая доля элементов								
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al
			Не более					
0,17-0,25	0,30-0,50	1,10-1,40	0,030 ¹⁾	0,040 ¹⁾	0,30	0,30	0,60	0,02-0,06
			0,030 ²⁾	0,030 ²⁾				
			0,020 ³⁾	0,020 ³⁾				

На рис. 4 приведены изображения, полученные в сканирующем электронном микроскопе с микроанализатором INCA Energy (рис. 4, *а* - в лучах марганца Ка; *б* - в лучах углерода; *в* - в лучах железа).

Сравнивая данные рис. 4, где образец № 3 до обработки импульсным током, с рис. 4, где он после обработки, можно считать, что такая обработка приводит к образованию дополнительных частиц Мп.

Если бы частицы Мп были сформированы при выплавке, то они бы ассоциировались с С, образуя фазу Мп₃С. На рис. 4 показано, что выпавшие частицы Мп существуют самостоятельно и не ассоциируются с С.

Микронзондовый анализ (рис. 4) показал, что около 2% площади занимают частицы марганца. Положение этих частиц не ассоциируется с положением частиц углерода – на изображении в лучах углерода эти места темные.

Следовательно, происхождение частиц марганца не связано с выплавкой стали, поскольку при выплавке марганец легко образует карбиды марганца, поэтому появление частиц марганца после прохождения тока высокой плотности может быть связано с реакцией трансмутации железа 57 в марганец 55. Известно, что в любом образце железа существует 2% изотопа железа 57. Такая реакция возможна [13].

Оценка возможности прохождения реакции трансмутации ${}^{57}_{26}\text{Fe} \rightarrow {}^{55}_{25}\text{Mn}$ показана в табл. 3. В левом столбце перечислены возможные возбудители реакции трансмутации. Во втором столбце - частоты и энергии волн пластической деформации, тока высокой частоты и резонансные частоты при взаимодействии упругих волн с системой ядерных спинов.

Все перечисленные явления могут иметь место в образцах марганцовистых сталей.

Из табл. 3 видно, что энергии ударной волны при ультразвуке с частотой $\nu = 60$ ГГц для реакции трансмутации железа в марганец недостаточно. Однако частицы марганца таких объемов были обнаружены нами ранее после испытания на маятниковом копре. Известно, что при проектировании современных реакторных установок и выборе конструкционных материалов для них необходимо учитывать возможность накопления и неконтролируемого высвобождения избыточной энергии в материалах [14]. В случае накопления ядром избыточной энергии возможны спонтанные реакции трансмутации. Подобные явления наблюдаются в эксперименте при прохождении тока высокой частоты через образец марганцовистой стали 20ГЛ. В результате наблюдается усиление поглощения ультразвука.

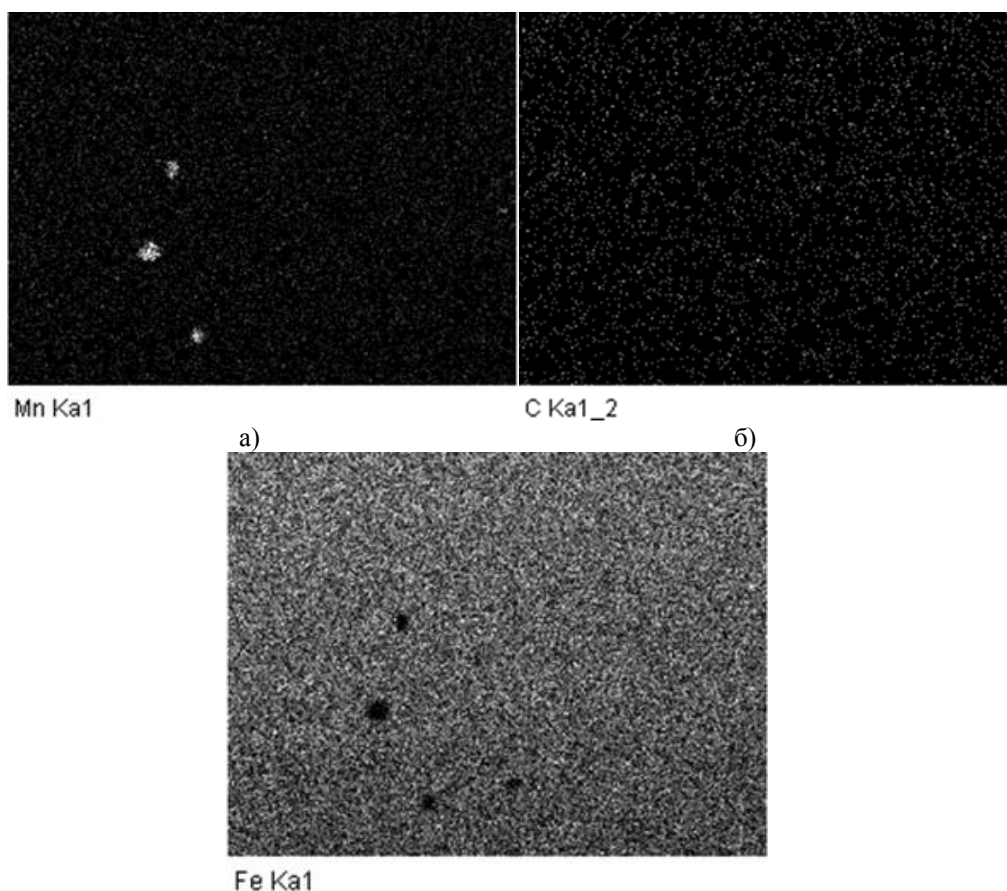


Рисунок 4 – РЭМ-изображения образца № 3 стали 20ГЛ после облучения электрическим импульсом и элементное картирование: а – Mn; б – С; в - Fe

Таблица 3

Возможные возбудители реакции ${}_{26}\text{Fe}^{57} \rightarrow {}_{25}\text{Mn}^{55}$

Возбудитель взаимопревращения ${}_{26}\text{Fe}^{57} \rightarrow {}_{25}\text{Mn}^{55}$	Частота (Гц)	Энергия
Волна пластической деформации при ультразвуке	60 ГГц	Энергия, попадающая от ударной волны на 1 атом $\approx 6,5821 \cdot 10^{-5}$ эВ $\rightarrow$ на 1 частицу ($280 \cdot 10^9$ атомов) $\approx 18,4$ МэВ при v ударной волны $\approx 10 \frac{\text{км}}{\text{с}}$
Электрический ток высокой частоты	20 МГц	Энергия, попадающая от тока высокой частоты на образование 1 частицы марганца ($280 \cdot 10^9$ атомов) при 1 импульсе ≈ 2 МэВ, при 10 импульсах накопления ≈ 20 МэВ, если ток проходит по каналам на площади 4,8% от площади образца
Е отрыва протона (p+) от ядра ${}^{\text{Fe}56}$		На отрыв протона в ядре ${}^{\text{Fe}56}$ потребуется 9,6 МэВ энергии На отрыв протона в ядре ${}^{\text{Fe}57}$ потребуется 17,9 МэВ энергии

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Обнаружены аномалии в поведении акустических волн в сплаве стали 20ГЛ. Выявлено образование дополнительных частиц марганца после обработки импульсным током стали 20ГЛ. Полученные результаты могут быть использованы для создания технологии обработки изделий сложной формы из стали 20ГЛ.

Список литературы

1. Красильников В.А. Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах. – М, 1960.
2. Панкратов Д.Л. Исследование разрушения образцов, полученных интенсивной пластической деформацией выдавливанием / Д.Л. Панкратов, В.Г. Шibaков, А.П. Андреев и др.
3. Кулемин А.В. Поглощение ультразвука в металлах в процессе их пластической деформации. - Акустический журнал. - Том 26. – Вып. 5. – 1980. – С. 735-740.
4. Прудников П.В. Аномальное поглощение ультразвука в твердых телах при фазовых переходах второго рода с учетом эффектов релаксации. Акустические методы исследования структуры и свойств через частотные и температурные зависимости коэффициента поглощения ультразвука / П.В. Прудников, В.В. Прудников, Е.А. Носихин // Физика металлов и металловедение. – 2007. - Т. 104. - № 3. - С. 235-240.
5. Трефилов В.И. Физические основы прочности тугоплавких металлов / В.И. Трефилов, Ю.В. Мильман, С.А. Фирстов. – Киев:Наукова думка, 1975. – 315 с.
6. Рубцов А.С. Структурные особенности пластической деформации на стадии локализации течения / А.С. Рубцов, В.В. Рыбин // Физика металлов и металловедение. – 1977. – Т. 44. – Вып. 3. – С. 611–621.
7. Манилов В.А. Структурные изменения в хроме при деформации / В.А. Манилов, В.Г. Ткаченко, В.И. Трефилов и др. // Металлы. – 1967. – № 2. – С. 114–122.
8. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 226 с.
9. Ландау Л.Д., Халатников И.М. - ДАН СССР, 1954. - Т. 96. - С. 496.
10. Романова А.А. Исследование влияния модифицирования и микролегирования стали 20ГЛ на ее механические свойства и микроструктуру / А.А. Романова, А.В. Павлов, И.В. Немцев и др. // 19 конф. Решетневские чтения, 2015 г.
11. Алабышев А.П. Расчет скорости распространения ультразвука в зависимости от температуры материала: 20-я Междунар. науч.-техн. конф. // Новые материалы и технологии в машиностроении, 2014.
12. Столяров В.В. Электростимулирование пластической деформации объемных наноструктурных титановых сплавов с эффектом памяти формы. – М.: ИМАШ РАН.
13. Квеглис Л. И. Особенности структуры межзеренных границ в сплавах инварного состава на основе Fe-Mn и Fe-Ni / Л.И. Квеглис, В.С. Жигалов, В.В. Казанцева и др. // Нанотехника. - 2007. - № 4. - С. 73-78.
14. Шаманин И.В. Краткие сообщения по физике: Сб. / И.В. Шаманин, М.А. Казарян, С.Н. Тимченко и др. – 2017. – Т. 44. - №. 9. - С. 10–16.

Получено 22.10.2018

УДК 621.39

А.А. Кашевкин, Б.В. КошекovaСеверо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск**ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ УДАЛЕННОГО
КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ДРУГИМИ СЕТЯМИ
В ДИАПАЗОНЕ 2,4 ГГц**

В статье представлены результаты исследований в области оценки помехоустойчивости информационно-телекоммуникационных сетей удаленного контроля и мониторинга промышленного оборудования стандарта IEEE 802.15.4 при совместной работе с сетями Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц.

Мақалада 2,4 ГГц диапазонында Wi-Fi желілерімен бірге жұмыс істегенде IEEE 802.15.4 стандартының өндірістік жабдықтарын қашықтан мониторинг және бақылау жүргізу үшін ақпараттық және телекоммуникациялық желілердің кедергіге төзімділігін бағалау саласындағы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

The article presents the results of research in the field of noise immunity evaluation of information and telecommunication networks for remote control and monitoring of industrial equipment of the IEEE 802.15.4 standard when working together with Wi-Fi networks in the 2,4 GHz band.

Ключевые слова: сенсорная сеть, помехоустойчивость, интерференция, вероятность ошибки.

В настоящее время активно развивается концепция Интернета вещей (Internet of Things, IoT), предполагающая возможность взаимодействия приборов, устройств и технических систем как между собой, так и с внешней средой. Продвижению данной концепции способствует всеобъемлющее внедрение в нашу жизнь беспроводных сетевых решений передачи информации, облачных технологий хранения данных, устройств, оснащенных различного рода датчиками (сенсорами). Следует отметить, что концепция IoT применима не только к бытовым сферам жизнедеятельности человека, но и в производственной сфере, для организации распределенных АСУ ТП, мониторинга технологических и природных процессов. Данные технологии применимы и в нефтегазовой отрасли для контроля технологических параметров (пластового давления, температуры, уровня и давления в резервуарах), а также мониторинга состояния нефтегазового оборудования.

Проведение операций мониторинга состояния нефтегазового оборудования непосредственно обслуживающим персоналом является трудоемким и низкоскоростным процессом, при этом он носит спорадический характер и склонен к неточностям.

Одно из ключевых решений этой проблемы — построение сенсорной сети с низкой скоростью передачи данных и сверхнизким энергопотреблением, которая может быть использована на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах, скважинах и накопительных станциях и т.п.

В качестве технологий передачи данных могут использоваться как проводные (Ethernet, PLC), так и беспроводные протоколы (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, WirelessHART, 6LoWPAN, ISA100.11a, LoRaWAN, LPWAN). Основу беспроводных протоколов для развертывания беспроводной сенсорной сети (Wireless Sensor Networks, WSN) составляют протоколы на основе стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee/6LoWPAN [1].

Стандарт IEEE 802.15.4 разработан для организации низкоскоростных беспроводных персональных сетей (Wireless Personal Area Network, WPAN) малого радиуса действия, но с длительным сроком автономной работы. Одной из особенностей этого стандарта является работа устройств на частотах в нелицензируемом ISM (industrial, scientific and medical) диапазоне. В соответствии с требованиями стандарта IEEE 802.15.4 для устройств беспроводных персональных сетей регламентируется работа в трех частотных

полосах: 868,0 – 868,6 МГц (один канал), 902 – 928 МГц (десять каналов), 2400 – 2483,5 МГц (шестнадцать каналов). В Казахстане этим требованиям удовлетворяют следующие каналы: 915 МГц; 2,45 ГГц. Эти частоты можно использовать без оформления разрешительных документов в соответствующих государственных органах при условии соблюдения требований по полосе ($915 \text{ МГц} \pm 1,4\%$; $2,45 \text{ ГГц} \pm 2\%$) и излучаемой мощности приемопередатчиков ($<100 \text{ мВт}$) [2].

В наиболее перспективном диапазоне 2,4 ГГц могут работать устройства WPAN, WLAN (Wi-Fi), а также некоторая бытовая техника (СВЧ-печи) и радиотелефоны. Следовательно, диапазон достаточно загружен, что ведет к канальной интерференции при передаче информации и снижению помехоустойчивости беспроводной сети.

Целью работы является оценка работы WPAN сети на основе протокола IEEE 802.15.4/ZigBee при воздействии помех от устройств WLAN (Wi-Fi), работающих в диапазоне 2,4 ГГц.

Устройства WLAN стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi) в диапазоне 2,4 ГГц могут использовать 14 каналов с полосой 22 МГц каждый (на практике используют только первые одиннадцать каналов); устройства WPAN (ZigBee) – 16 каналов с полосой 3 МГц. С целью повышения помехоустойчивости устройств Wi-Fi одновременно можно использовать только три канала (1, 6, 11); это исключает взаимную интерференцию каналов сети Wi-Fi [3]. При наложении карты каналов Wi-Fi на карту каналов ZigBee можно видеть, что полностью свободными от интерференции для устройств WPAN (ZigBee) будут только каналы 5, 10, 15 и 16 (15, 20, 25 и 26, если учитывать каналы из диапазонов 868,3 и 915 МГц) диапазона 2,4 ГГц (рис. 1). Следовательно, вероятность влияния помех на работу устройств беспроводной персональной сети достаточно велика.

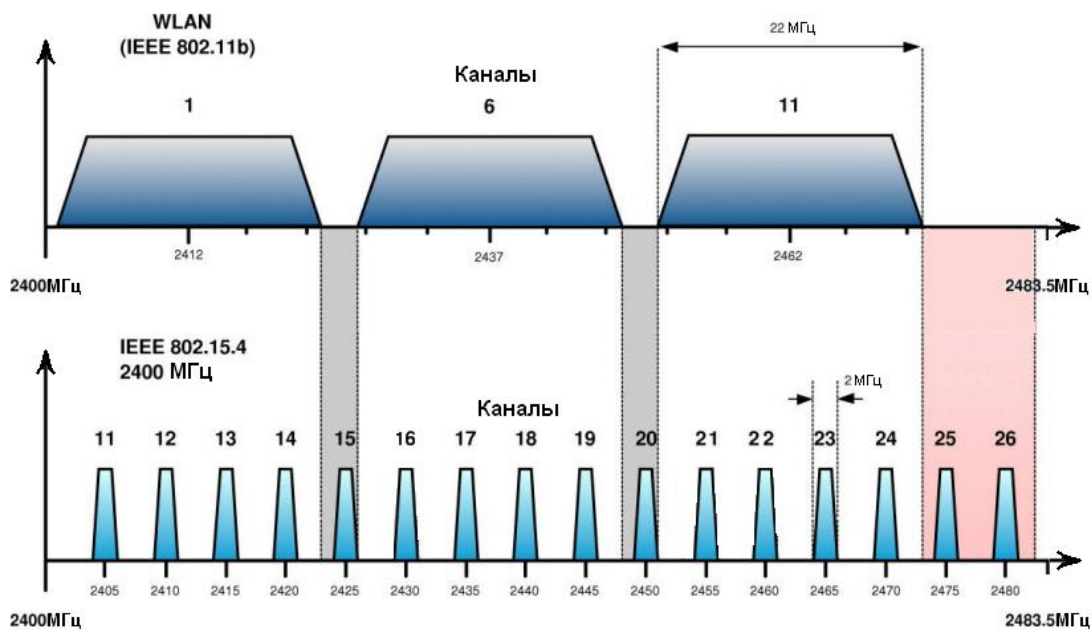


Рисунок 1 – Карта каналов стандартов IEEE 802.11 и IEEE 802.15.4 в диапазоне частот 2400 – 2483,5 МГц

Пусть на вход узла сенсорной сети ZigBee поступает реализация случайного процесса, состоящего из смеси полезного сигнала $\alpha \cdot x(t)$ и гауссовского белого шума $\xi(t)$:

$$S(t) = \alpha \cdot x(t) + \xi(t), \quad (1)$$

где α – параметр, принимающий значения 0 или 1 (справедливо для дискретных каналов).

В диапазоне 2,4 ГГц для устройств ZigBee и Wi-Fi используется квадратурно-фазовая манипуляция со сдвигом (offset quadrature phase-shift keying, OQPSK; офсетная квадратурная фазовая манипуляция, ОКФМ), которая обеспечивает более высокую помехоустойчивость передачи данных по сравнению с двоичной фазовой манипуляцией (binary phase-shift keying, BPSK). Кроме того, ОКФМ позволяет при меньшей мощности передачи достичь сравнимой или лучшей пропускной способности, чем при использовании квадратурно-фазовой манипуляции (QPSK). При ширине канала 5 МГц для устройств ZigBee ОКФМ предельная скорость передачи данных достигает 250 Кбит/с.

ОКФМ радиосигнал может быть представлен в виде [4]:

$$S_{\text{ОКФМ}} = I_k \cos(\omega t) + Q_k \sin(\omega t), \quad (2)$$

где I_k и Q_k – синфазная и квадратурная составляющие сигнала, подвергнутого ОКФМ. Составляющие могут принимать значения $I_k = \pm 1$, $Q_k = \pm 1$.

После тригонометрических преобразований имеем:

$$S_{\text{ОКФМ}} = \sqrt{I_k^2 + Q_k^2} \cos(\omega t + \varphi_k) = \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi_k), \quad (3)$$

где φ_k – фаза сигнала, которая может принимать четыре значения $(\pm \frac{\pi}{4}; \pm \frac{3\pi}{4})$.

В теории радиотехнических систем для оценки помехоустойчивости дискретных каналов используется зависимость вероятности ошибки $P_{\text{ош}}$ от отношения сигнал/шум $q = E/N_0$: $P_{\text{ош}} = f(q)$.

Вероятность ошибки приемника двоичного канала:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{2}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{d/2} e^{\left(\frac{-\xi^2}{2\sigma^2}\right)} d\xi \right), \quad (4)$$

где d – длина вектора разности сигналов S_1 (из канала WPAN сети) и S_2 (из канала WLAN сети); σ – принятое среднеквадратическое отклонение.

При превышении проекции вектора помехи на вектор d значения, равного $d/2$, будем иметь искажение информационной составляющей принятого сигнала.

При теоретических расчетах используем аддитивную помеху типа «белый шум» как наиболее тяжелый случай шумового воздействия в каналах связи.

После замены переменной $z = \xi/\sigma$ с учетом нормального распределения случайной величины с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией получаем:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{d/2\sigma} e^{\left(\frac{-z^2}{2}\right)} dz \right) = \frac{1}{2} \cdot (1 - \Phi(d/2\sigma)), \quad (5)$$

где $\Phi(d/2\sigma)$ – функция ошибок для нормированной величины z .

Учитывая, что $d/2\sigma = \sqrt{2E/N_0}$, окончательно имеем:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \cdot (1 - \Phi(\sqrt{2 \cdot E/N_0})). \quad (6)$$

График зависимости $P_{\text{ош}} = f(E/N_0)$, построенный на основании вышеприведенного выражения, приведен на рис. 2.

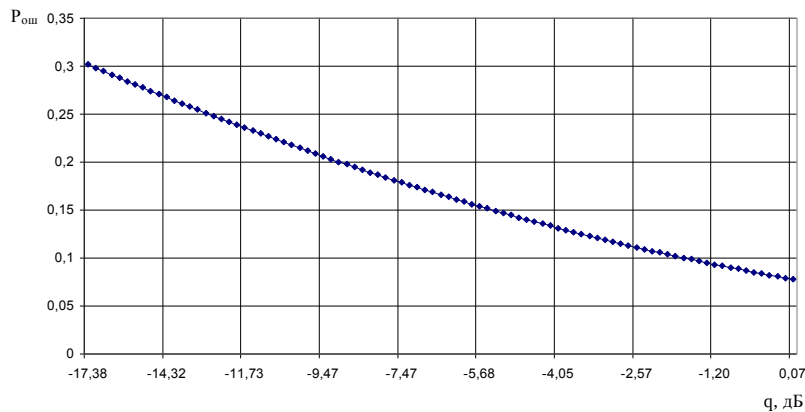


Рисунок 2 – Теоретическая зависимость $P_{\text{ош}}=f(q)$ для OQPSK сигнала WPAN сети при воздействии белого шума

Для экспериментального исследования помехоустойчивости WPAN сети использовалось оборудование стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee на базе платформы NI CompactRIO-9074 с установленным в её шасси маршрутизатором С-серии NI 9795, который позволяет организовать сбор данных с распределенных беспроводных узлов WSN. В качестве узлов выступали модули NI WSN 3202 (рис. 3) [5].

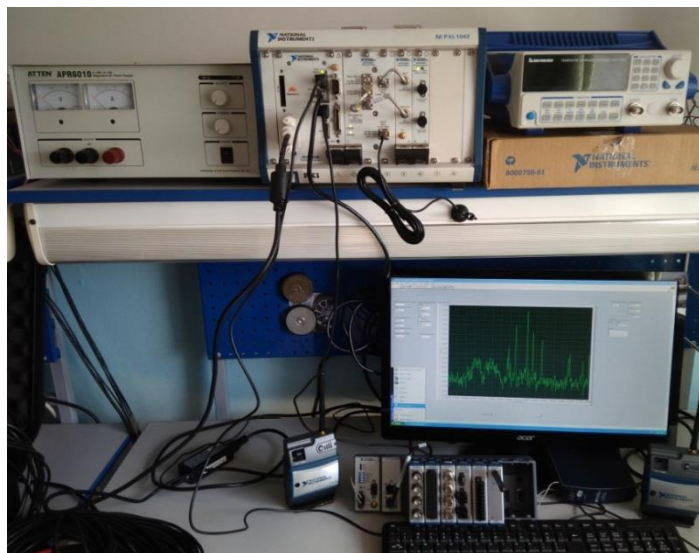


Рисунок 3 – Сетевое оборудование стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee на базе платформы NI CompactRIO-9074

Сеть WLAN стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi) представлена точкой доступа D-Link и ноутбуком в качестве конечного приемопередатчика. Топология сети для эксперимента представлена на рис. 4. Расстояние между узлами Wi-Fi составляет d_w , между узлами IEEE 802.15.4/ZigBee – d_z , а между узлами Wi-Fi и IEEE 802.15.4/ZigBee – d . Выходные мощности передатчиков составляют 20 дБм для точки доступа Wi-Fi, 17 дБм для маршрутизатора NI 9795 и 10 дБм для узла NI WSN 3202 в режиме передачи.

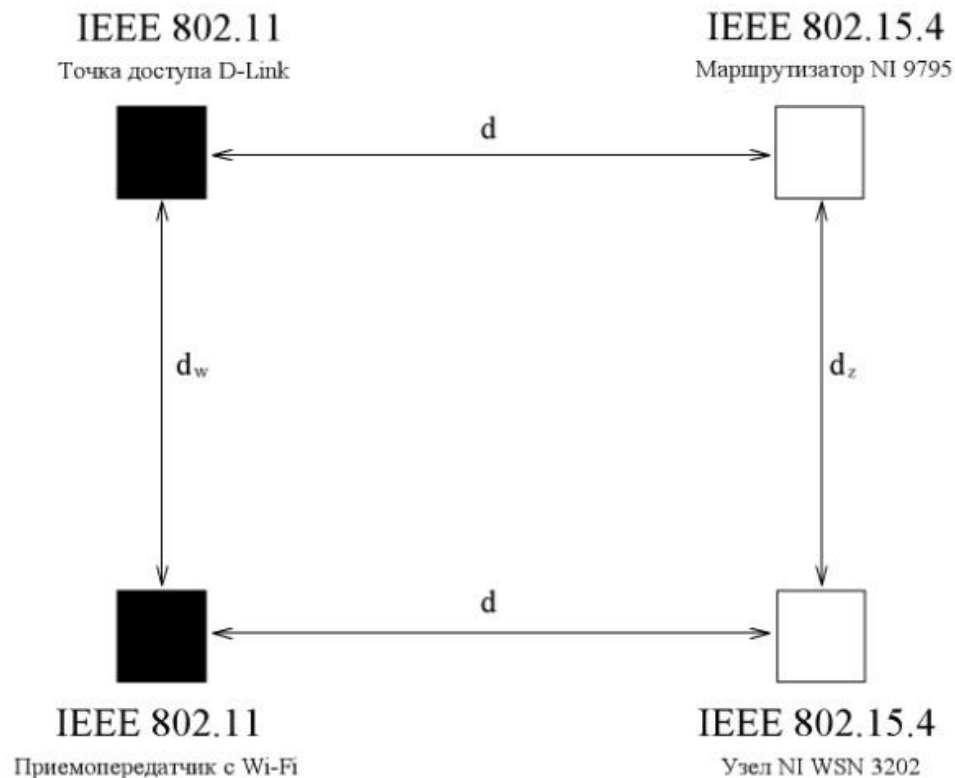


Рисунок 4 – Топология сети для эксперимента

Опыт проводился для четырех различных расстояний между сетями d (1, 5, 10 и 25 м), а расстояния $d_w = d_z = 1$ м.

Проводилось три серии опытов:

1) Эксперимент 1 - при настройке точки доступа Wi-Fi на 6 канал, а сети IEEE 802.15.4/ZigBee на 11 канал (канальная интерференция отсутствует).

2) Эксперимент 2 - при настройке точки доступа Wi-Fi на 2 канал, а сети IEEE 802.15.4/ZigBee на 11 канал (канальная интерференция присутствует из-за частичного перекрытия каналов боковыми лепестками спектра Wi-Fi и многолучевого распространения радиоволн).

3) Эксперимент 3 - при настройке точки доступа Wi-Fi на 1 канал, а сети IEEE 802.15.4/ZigBee на 11 канал (каналы полностью перекрываются).

В первом случае наблюдалось практически полное отсутствие влияния сети Wi-Fi на передачу данных в сети IEEE 802.15.4/ZigBee ($q \approx -90$ дБ; коэффициент ошибок пакетов $PER \approx 0,001$) при любых расстояниях между сетями d , принятых в эксперименте.

Во второй серии опытов влияние помехи становится существенно и зависит от расстояния между взаимодействующими сетями ($q = (-70 \dots -20)$ дБ; коэффициент ошибок пакетов $PER = (0,005 \dots 0,1)$).

Третий вариант развития событий самый тяжелый: наблюдается резкое снижение надежности передачи пакетов, особенно при близком расположении сетевого оборудования ($q = (-60 \dots -14)$ дБ; коэффициент ошибок пакетов $PER = (0,05 \dots 0,4)$).

Результаты экспериментов отображены на рис. 5, 6.

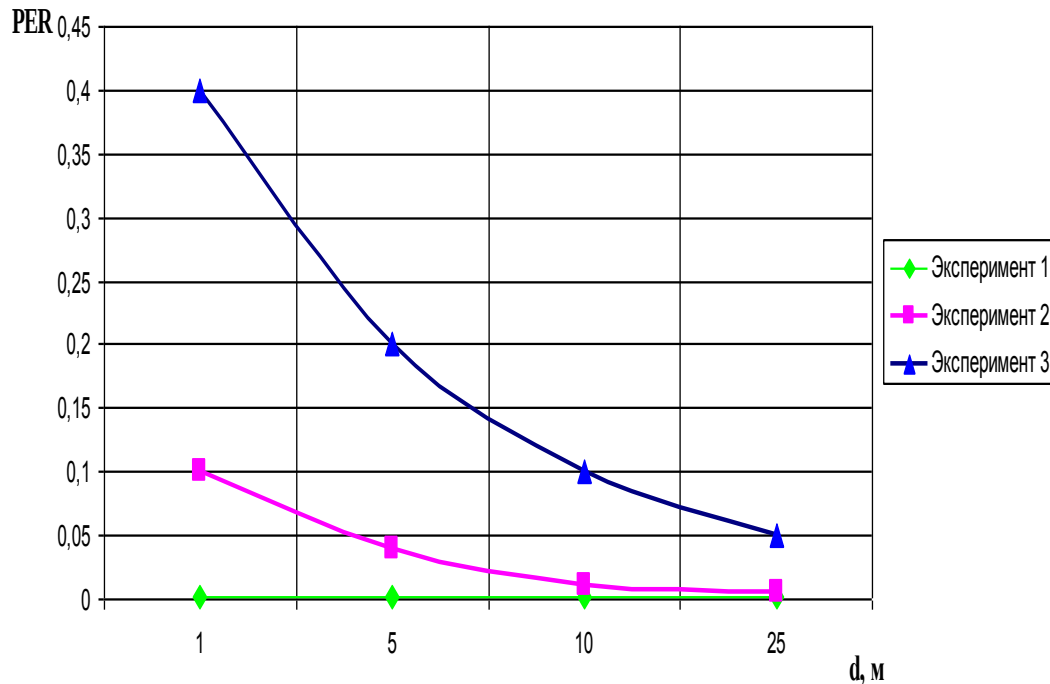


Рисунок 5 – Коэффициент ошибок пакетов PER в сети IEEE 802.15.4/ZigBee при шумовом воздействии сети IEEE 802.11 (Wi-Fi)

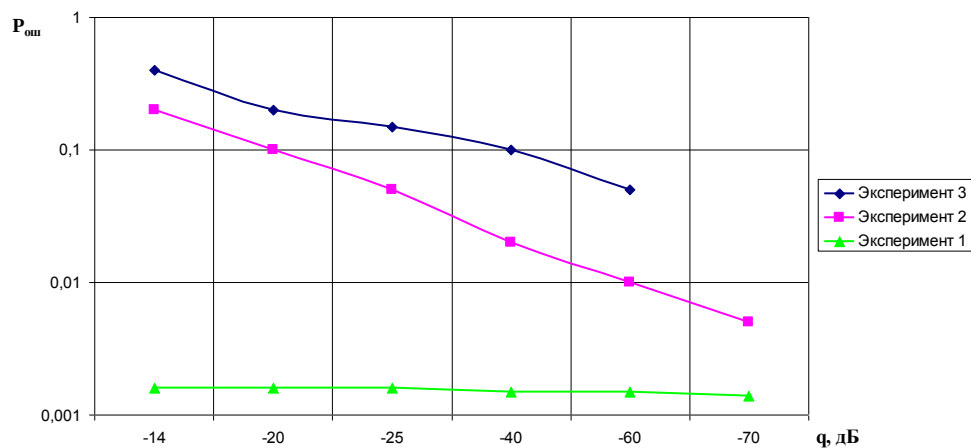


Рисунок 6 – Экспериментальная зависимость $P_{ош}=f(q)$ для сети IEEE 802.15.4/ZigBee при шумовом воздействии сети IEEE 802.11 (Wi-Fi)

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретические положения о зависимости помехоустойчивости сети IEEE 802.15.4/ZigBee от расстояния до источника помех и частотного сдвига между рабочими каналами сетей IEEE 802.15.4/ZigBee и IEEE 802.11 (Wi-Fi), работающих в диапазоне 2,4 ГГц.

Если учесть, что рекомендуемое значение $PER < 1\%$, то в случае работы сетей с полным перекрытием канала минимальное расстояние до источника помех должно быть не

менее 40 метров (эксперимент 3); при работе в соседних каналах – не менее 10 метров (эксперимент 2) и только если каналы полностью разнесены, сети могут работать в непосредственной близости друг от друга. Также следует отметить, что вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$ зависит от мощности источника помех. Наибольшими мощностями передатчиков обладают сети IEEE 802.11 (в сравнении с мощностями передающих модулей сетей IEEE 802.15.4/ZigBee и IEEE 802.15.1/Bluetooth), следовательно, они и представляют наибольшую потенциальную угрозу помехоустойчивости сетей IEEE 802.15.4/ZigBee в диапазоне 2,4 ГГц.

Таким образом, при формировании сенсорного поля сетей IEEE 802.15.4/ZigBee следует проанализировать все существующие или потенциально возможные источники помех с целью правильного выбора канала работы и оптимальной сетевой топологии для помехоустойчивой работы проектируемой сети.

Результаты исследования позволили сформировать оптимальное сенсорное поле и осуществить выбор оборудования беспроводных интеллектуальных систем удаленного контроля и мониторинга нефтегазового оборудования и систем поиска оперативных предвестников землетрясений, устойчивых к влиянию помех и шумов.

Список литературы

1. Кучерявый А.Е. Самоорганизующиеся сети / А.В. Прокопьев, Е.А. Кучерявый. – СПб.: Любавич, 2011. – 312 с.
2. Правила присвоения полос частот, радиочастот (радиочастотных каналов), эксплуатации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, а также проведения расчета электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств гражданского назначения. – Утверждены приказом исполняющего обязанности Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 21 января 2015 года № 34.
3. Shuang-Hua Yang. Wireless Sensor Networks. Principles, Design and Applications. - Springer-Verlag London, 2014 – 293 с.
4. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи / Учеб. для вузов. - М.: Лань, 2010. – 240 с.
5. Wireless Sensor Network Topologies and Mesh Networking [Электронный ресурс]: <http://www.ni.com/white-paper/11211/en>.

22.10.2018

МРНТИ 29.19.21

А.Б. Кенесбеков, Б.К. Рахадиллов, Ж.Б. Сагдолдина, Д.Б. Буйткенов

Национальная научная лаборатория коллективного пользования НИИ ВКГУ им. С.Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

Ш.Р. Курбанбеков

Филиал «Институт атомной энергии» РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан»

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 40ХН

В данной статье изучено влияние электролитно-плазменной закалки (ЭПЗ) на трибологические свойства стали 40ХН. Разработан технологический процесс закалки в электролитной плазме, предложен состав рабочего электролита, определены микротвердость поверхностных слоев и трибологические характеристики стали 40ХН до и после ЭПЗ. Установлено, что после ЭПЗ при продолжи-

тельности нагрева 3 сек микротвердость образца увеличивается в 2 раза, а интенсивность изнашивания образца снижается примерно на 70% по сравнению с необработанным образцом. Результаты исследования показали, что, используя ЭПЗ, можно улучшить трибологические характеристики стали 40ХН, не прибегая к сложным и энергозатратным режимам термической обработки.

Бұл мақалада электролиттік-плазмалық шынықтырудың (ЭПШ) 40ХН болаттың трибологиялық қасиеттеріне әсері зерттелген. Электролитті плазмада шынықтырудың технологиялық процестері әзірленіп, 40ХН болатының ЭПШ-ға дейінгі және кейінгі микроқаттылығы және трибологиялық қасиеттері анықталды. Анықталғандай, 3 сек ЭПШ-дан кейін үлгінің микроқаттылығы 2 есе артады, ал тозу жылдамдығы өңделмеген үлгімен салыстырғанда шамамен 70%-ға азаяды. Зерттеу нәтижесі көрсеткендей, ЭПШ көмегімен 40ХН болаттың трибологиялық қасиеттерін термиялық өңдеудің күрделі режимдерін қолданбай-ақ өңдеуге болады.

In this paper, the influence of electrolytic-plasma quenching (EPQ) on the tribological properties of 40XH steel is studied. The technological process of hardening in electrolyte plasma was developed, the composition of the working electrolyte was proposed, the microhardness of the surface layers and the tribological characteristics of 40XH steel before and after the EPQ were determined. It was found that after the EPQ with a heating time of 3 s, the microhardness of the sample increases by a factor of 2, and the wear rate of the sample decreases by approximately 70% compared to the untreated sample. The results of the study showed that using the EPQ, the tribological characteristics of 40XH steel can be improved without resorting to complex and energy-consuming heat treatment regimes.

Ключевые слова: электролитно-плазменная закалка, электролит, сталь 40ХН, микротвердость, износостойкость.

Термическая обработка металлических изделий является неотъемлемой частью технологического процесса металлургического производства. Она может являться как промежуточной операцией в производственном цикле, так и основной конечной операцией при создании деталей машин. Это энергетически затратная операция, требующая немалых ресурсов. Электролитно-плазменная закалка (ЭПЗ) является одним из видов термической обработки металлов. Представляет собой кратковременное тепловое воздействие на металл при высоких температурах, улучшая его механические характеристики при небольших энергетических затратах вследствие кратковременного воздействия.

ЭПЗ поверхности деталей машин является прогрессивным, простым и эффективным процессом локального поверхностного упрочнения рабочих поверхностей деталей машин и инструмента. Плазменная закалка быстро развивается в промышленности. Ее цель – изготовление деталей и инструмента с упрочненным поверхностным слоем толщиной от 0,1 до 2 мм при неизменном общем химическом составе материала и сохранении во внутренних слоях первоначальных свойств исходного металла [1]. Использование данного метода поверхностного упрочнения позволяет снизить износ конструкционных сталей, увеличить их стойкость и межремонтный ресурс, а также получить реальную экономию за счёт повышения работоспособности и снижения объёма закупок новых изделий. Сущность этого метода заключается в высокоскоростном нагреве концентрированными потоками энергии поверхностного слоя металла и быстром его охлаждении в результате передачи тепла в глубинные слои материала детали, вследствие чего структура поверхностного слоя меняется за счет фазового превращения. Поэтому изучение и обобщение данных по влиянию свойств растворов электролитов и режимов ЭПЗ на структуру и свойства стали 40ХН является актуальным. Цель работы - определение оптимальных режимов ЭПЗ для марки стали 40ХН.

Для исследования была выбрана конструкционная легированная сталь 40ХН. Такая сталь (хромоникелевый стальной сплав с легирующими элементами) относится к классу высокопрочных сталей, применяемых в конструкционных целях в области машиностроения и строительства.

Образцы размером 10×10×20 мм вырезали из заготовки с применением охлаждающей жидкости (вода). При малых оборотах резания и низкой нагрузке образец не испытывает

деформации и термического воздействия. Для металлографического микроанализа шлифы после полировки с применением абразивной пасты травили 4%-м спиртовым раствором азотной кислоты.

ЭПЗ образцов сталей 40ХН проводили на установке, разработанной и изготовленной в Национальной научной лаборатории коллективного пользования при ВКГУ им. С. Аманжолова. Схематическое изображение установки для ЭПЗ показано на рис. 1.



Рисунок 1 - Изображение установки для электролитно-плазменной обработки: 1– персональный компьютер; 2–источник питания; 3– сопло для электролитно-плазменной обработки (плазматрон); 4– рабочая ванна; 5– механизм зажима и установки детали или образца; 6– резервуар для электролита

В основе принципа действия установки лежит электролитно-плазменная технология нагрева поверхности изделия и закалки [2]. В зависимости от приложенного напряжения при прохождении электрического тока через водный раствор электролита наблюдается электрический процесс вблизи анода. Обычный электролиз, при котором происходит перенос ионов металла и наблюдается газовыделение, зависит от состава электролита и материала электродов и описывается классической электрохимией. При напряжении более 200 В вокруг анода образуется устойчивая пароплазменная оболочка, характеризующаяся малыми колебаниями тока при $U = \text{const}$. В этой области напряжений (200–350 В) происходит процесс электролитно-плазменной обработки. По всей обрабатываемой поверхности происходят импульсные электрические разряды. Совместное воздействие на поверхность детали химически активной среды и электрических разрядов приводит к возникновению эффекта закалки поверхности образца [2, 3]. Соответствующий выбор состава электролита и электрических режимов обеспечивает большое многообразие технологий обработки [3, 4]. Закалку образцов осуществляли в водном растворе карбамида (15% по массе), карбоната натрия (15%).

Металлографический анализ проводили на металлографическом микроскопе "Неофот-21". Измерение микротвердости проводили на приборе ПМТ-3 при нагрузке $P = 100$ гс. Дорожки износа исследовались с применением бесконтактного 3D-профилометра MICROMEASURE 3D station.

Одним из наиболее важных свойств поверхностного слоя, который в значительной степени влияет на износостойкость, является твердость. В данной работе определена

микротвердость поверхностного слоя стали 40ХН после ЭПЗ с электролитом из водного раствора, содержащим 15 % карбоната натрия. На рис. 2 приведена зависимость микротвердости стали 40ХН от продолжительности воздействия электролитной плазмы. Микротвердость стали 40ХН в исходном состоянии составляет 2030 МПа. Видно, что она после ЭПЗ при продолжительности нагрева 3 сек увеличивается в 2 раза ($H_{cp} = 4407$ МПа) по сравнению с исходным состоянием.

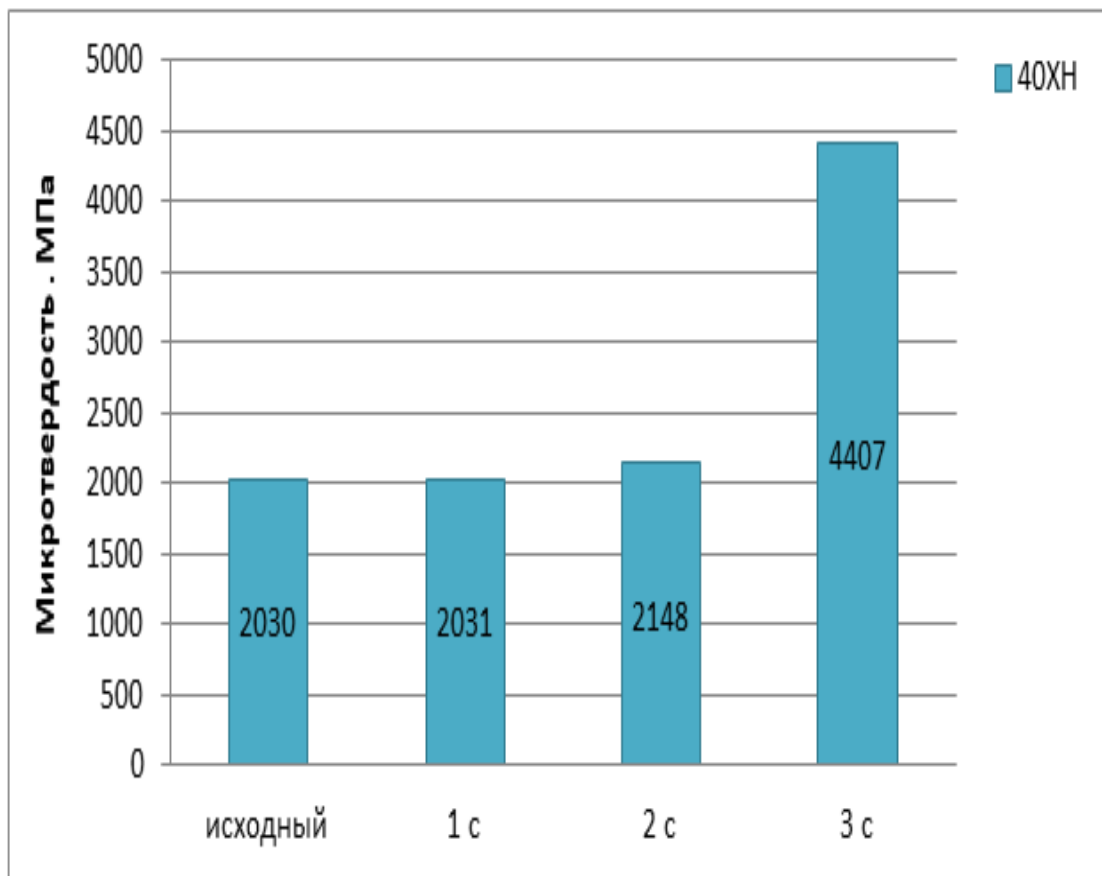


Рисунок 2 - Микротвердость стали 40ХН до и после ЭПЗ

На рис. 3 показана структура поверхности стали 40ХН до и после ЭПЗ с разным временем закалки. Как описывают авторы работ [5-6], при закалке в электролитной плазме наблюдается рост карбидов, перлит и цементит обедняется легирующими элементами и обогащается углеродом. В результате происходит выделение из твердого раствора большого количества дисперсных карбидов на основе легирующих компонентов, т.е. происходит дисперсионное твердение. Микроструктура упрочненной поверхности образца представляет собой мелкозернистую мартенситную структуру с дисперсными включениями нерастворимых карбидов (рис. 3, а). Формирование на поверхности в результате плазменной структуры мартенсита и остаточного перлита существенно повышает износостойкость изделий.

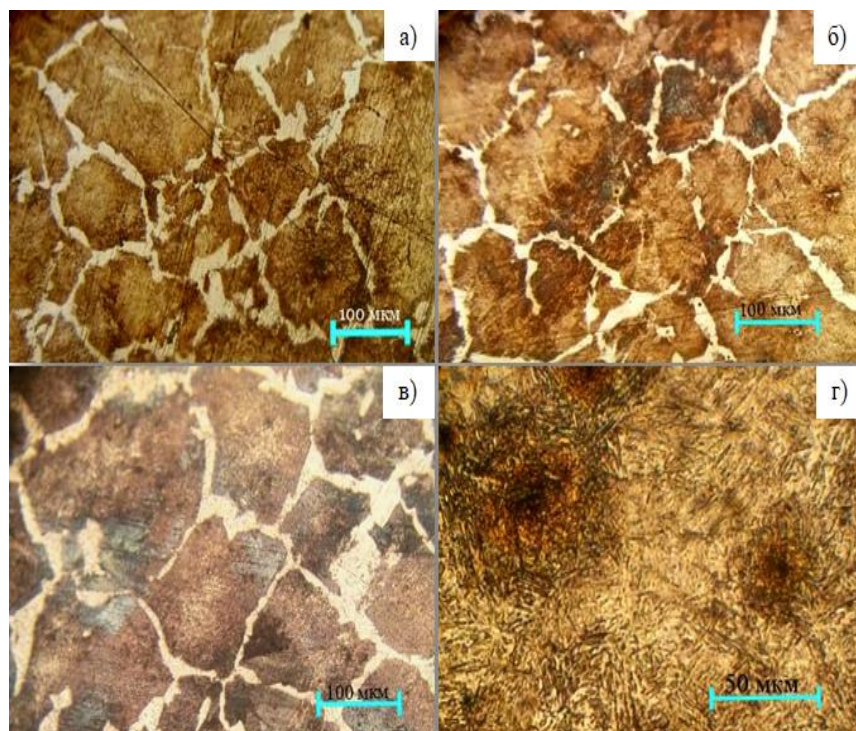


Рисунок 3 - Микроструктура конструкционной стали 40ХН до (а) и после ЭПЗ при выдержке 1 сек (б), 2 сек (в), 3 сек (г)

Были исследованы трибологические свойства образцов до и после ЭПЗ. Экспериментальные кривые зависимости коэффициента трения от длины пробега приведены на рис. 4. Испытание проводилось по схеме "шар-диск", длина пробега составляла 31 м, скорость 2 см/с, нагрузка 5 Н.

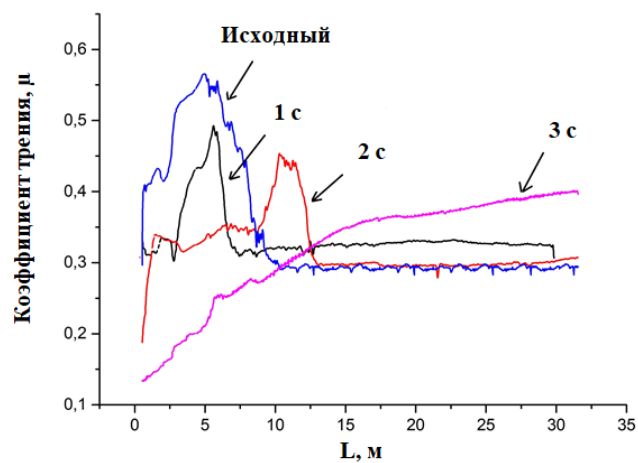


Рисунок 4 - Коэффициент трения стали 40ХН до и после ЭПЗ

Результаты испытаний показали, что средние коэффициенты трения при нормальной силе 5 Н и скорости взаимного перемещения 2 см/с находятся в пределах от 0,27 до 0,35, что, возможно, свидетельствует о разрушении поверхностного слоя. Все показатели имеют хорошие степени улучшения трибологических свойств. С помощью профилометра были сделаны снимки зоны контакта образцов для различных по продолжительности нагрева ЭПЗ (рис. 5). Оценивая износостойкость образцов на основании геометрических параметров дорожек износа, можно сказать, что глубина дорожки образца после ЭПЗ значительно меньше по сравнению с необработанным образцом. Форма неровностей в общих чертах еще раз доказывает улучшение трибологических характеристик испытуемого образца. Обнаружено, что помимо увеличения твердости поверхностного слоя, ЭПЗ снижает шероховатость поверхности, что ведет к снижению сил трения во время работы, а значит и увеличению её долговечности.

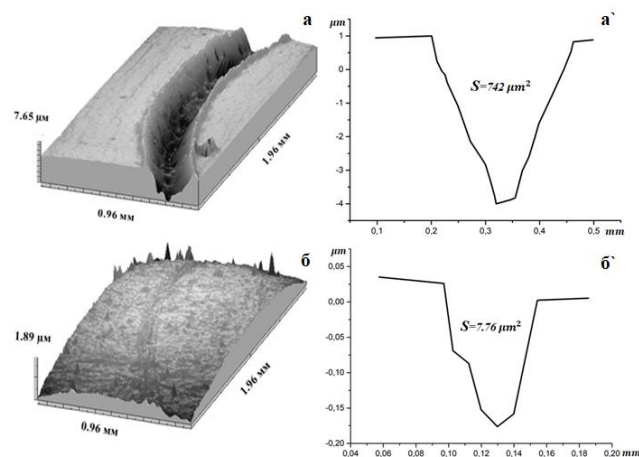


Рисунок 5 - Профили дорожек исходного образца (а) и после электролитно-плазменного упрочнения при выдержке 3 сек (б)

После обработки образцов при разных режимах ЭПЗ обнаружено повышение износостойкости. Результаты испытаний на износ показаны на рис. 6.

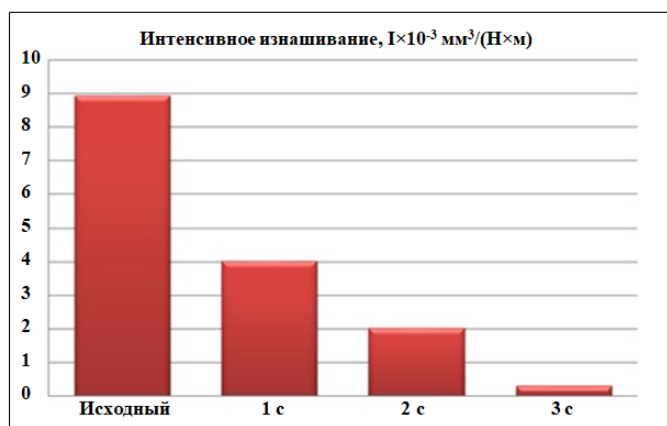


Рисунок 6 - Интенсивность изнашивания стали 40ХН до и после ЭПЗ

Наилучший результат получен после трехсекундного закаливания в электролите на водной основе. А после одно- и двухсекундного закаливания износостойкость образца в 2 и 3,5 раз выше по сравнению с необработанным образцом соответственно. На рис. 7 показаны результаты расчета объема износа образцов стали 40ХН до и после ЭПЗ. Улучшение трибологических свойств относительно исходного состояния стали 40ХН наблюдается во всех стадиях ЭПЗ.

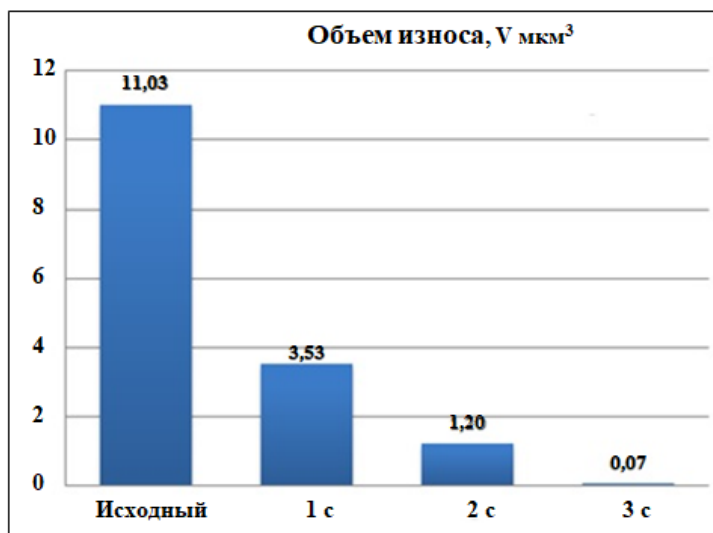


Рисунок 7 - Объем износа стали 40ХН до и после ЭПЗ

Изучены особенности ЭПЗ сталей 40ХН в водных электролитах. Разработан технологический процесс закалки в электролитной плазме, предложены составы рабочих электролитов, изучены структура, микротвердость поверхностных слоев, образующихся при ЭПЗ. Результаты исследования можно представить следующими выводами.

1. Обнаружено, что основными факторами, влияющими на качество поверхностного слоя сталей при ЭПЗ, являются температура нагрева и время выдержки.
2. Установлено, что после ЭПЗ при продолжительности нагрева 3 сек микротвердость образца увеличивается в 2 раза, а интенсивность его изнашивания снижается примерно на 70% по сравнению с необработанным образцом.
3. Также можно отметить состав электролита (15% Na_2CO_3), который обеспечивает повышенную концентрацию энергии при обработке.

Таким образом, эффективность ЭПЗ для повышения износостойкости нагруженных участков деталей, работающих в паре трения, не вызывает сомнений, экспериментально доказана и подтверждается испытаниями обработанных образцов в научно-исследовательской лаборатории.

Работа была выполнена в рамках грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы Комитета науки МОН РК.

Список литературы

1. B. Edenhofer, M.H. Jacobs, and J.N. George, Industrial Processes, Applications and Benefits of Plasma Heat Treatment, Plasma Heat Treatment, Science and Technology, PYC Edition, 1987,

- р. 399-415.
2. Пат. на изобретение РК; МПК C21D 1/09. Способ поверхностной закалки стальных изделий / Б.К. Рахадиллов, М.К. Скаков, Ж.Б. Сагдолдина, А.Б. Кенесбеков; Оpubл. 04.06.2018, Бюл. № 20.
 3. А.с. 26917. Способ поверхностного упрочнения подшипниковой дорожки бурового инструмента / М.К. Скаков, Л.Б. Баятанова, Ш.Р. Курбанбеков Е.Е. Сапатаев, Б.К. Рахадиллов; Оpubл. 15.05.2013, Бюл. № 5.
 4. А.с. 25668. Способ упрочнения низкоуглеродистых сталей / М.К. Скаков, М.К. Кылышканов, С.В. Парунин, Е.Е. Сапатаев; Оpubл. 16.04.2012, Бюл. № 4.
 5. Рахадиллов Б.К. Модификация поверхности стали 20ГЛ электролитно-плазменным воздействием // Solid state physics, functional materials and new technologies (SSPh-2018): Матер. XIV Междунар. науч. конф., посвящ. 80-лет. основателя конф. проф. Т.А. Кукетаева / Б.К. Рахадиллов, А.Б. Кенесбеков, Б.Т. Туякбаев и др. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2018. — 136 с.
 6. Рахадиллов Б.К. Структурное превращение в стали 20ГЛ после электролитно-плазменной поверхностной закалки / Рахадиллов Б.К., Кенесбеков А.Б., Байжан Д.Р. и др. // XVII конф.-конкурс НИОКР молодых уч. и специалистов Нац-го яд. центра Республики Казахстан, 16-18 мая 2018 г., г. Курчатов.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 55.39.31

С.И. Миргородский, Н.В. Серая, О.К. Денисова

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

Л.С. Миргородский

Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

В данной статье предложена конструкция изделия комбинированного типа, представляющего собой шиберную задвижку с запорными элементами из титанового сплава для повышения коррозионной стойкости изделия при добыче нефти на месторождениях Казахстана. Современная запорная арматура, помимо надежности и безотказности, должна отвечать определенным конструктивным требованиям: полный проход, что обеспечивает минимальное гидродинамическое сопротивление и ламинарный режим потока, а также отсутствие застойных зон, которые затрудняют закрытие и приводят к преждевременному выходу арматуры из строя.

Бұл мақалада Қазақстан кен орындарында мұнай өндіру кезінде өнімнің коррозиялық төзімділігін арттыру үшін титан қорытпасынан жасалған жабық элементтері бар қақпақ арматурасы болып табылатын аралас типті өнімнің жобалануы ұсынылған. Қазіргі заманғы тоқтату арматурасы сенімділік және сенімділіктен басқа, белгілі бір жобалық талаптарға: ең төменгі гидродинамикалық кедергі мен ламинарлы ағын режимін қамтамасыз ететін, сондай-ақ арматураның мерзімінен бұрын бұзылуына әкеліп соқтыратын күрделі аймақтардың болмауына сәйкес болуы тиіс.

This article proposes the construction of a combined type product, a slide gate valve with locking elements, which is made of titanium alloy to improve the corrosion resistance of the product during oil production in the fields of Kazakhstan. Modern shut-off valves, in addition to reliability, must meet certain design requirements: a full pass that provides minimum hydrodynamic resistance and laminar flow regime, as well as the absence of stagnation zones that make closure difficult and lead to premature failure of the pipeline accessories.

Ключевые слова: задвижка шиберная, трубопроводная арматура, запорная арматура, шибер, седло, втулка, герметичность, долговечность, титан, титановые сплавы.

В нефтегазовой промышленности эксплуатационную надежность и экономичность добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья определяет технологичная и безотказная запорная арматура, к которой предъявляются достаточно высокие требования: обеспечение мгновенной локализации возможных аварий, безопасность работы технологических систем в широком диапазоне рабочих сред, давлений, температур, условий окружающей среды (сейсмического воздействия, влажности, низких и высоких температур и др.). Приоритетами всех крупнейших компаний нефтегазового сектора выступают экологическая безопасность и безопасность людей, которые и определяют актуальность все возрастающих требований к запорной арматуре.

На сегодняшний день разработаны и широко используются следующие основные типы запорной арматуры: вентили, шиберные задвижки, заслонки и шаровые краны. Каждый тип арматуры имеет свои достоинства и недостатки, при этом необходимо учитывать стоимость этих изделий, затраты на производство арматуры и последующее техническое обслуживание – сервис и ремонт.

Достоинством вентилей является невысокая стоимость по причине простоты конструкции, технологичности изготовления и повсеместной распространенности производственных мощностей. Однако их эксплуатацию осложняет ряд недостатков: вентили обладают высоким гидравлическим сопротивлением, их невозможно применять на потоках сильно загрязненных рабочих сред, а также в средах с высокой вязкостью, подача рабочей среды возможна только в одном направлении, обусловленным конструкцией клапана.

Поворотные заслонки в силу своих конструктивных особенностей пригодны для эксплуатации в небольшом интервале температур и при невысоком давлении.

К преимуществам шаровых кранов относят высокую герметичность, простоту конструкции, быстрое действие, удобство монтажа, низкую стоимость обслуживания, малое гидравлическое сопротивление и отсутствие застойных зон. При потере герметичности есть возможность закачки уплотнительной жидкости – аварийное уплотнение. К основным недостаткам относят более высокую стоимость, невозможность ремонта вне условий завода-изготовителя, неработоспособность шаровых кранов при температуре выше 200 °С.

Шиберные задвижки обладают рядом преимуществ перед другими запирающими устройствами, к которым относят: простоту конструкции, небольшие габаритные размеры, выгодную стоимостную характеристику и возможность эксплуатации в самых разнообразных условиях.

Конкретизируя вид запорной арматуры, в данной статье речь пойдет о шиберной задвижке, широко применяемой в нефтегазовой промышленности для перекрытия потока рабочей среды, в которой подвижная часть затвора - запирающий элемент шибер - располагается перпендикулярно движению потока рабочей среды. Благодаря его перемещению происходит открытие-закрытие проходного сечения. Усилие, которое создает привод шиберной задвижки, передается ему через шпindel.

Конструкция шиберной задвижки включает следующие основные узлы и детали: корпус, шибер, стойку, уплотнительный элемент, сальниковый узел уплотнения (рис. 1). Герметичность в закрытом состоянии обеспечивается прижатием шибера к уплотнению под воздействием давления рабочей среды. Шиберные задвижки изготавливают с односторонней и двусторонней герметичностью. В их конструкции используют как выдвигной, так и невыдвигной шток.

Корпус шиберной задвижки, имеющий прямоугольную или цилиндрическую форму, выполняется цельным монолитным или сборным, сварным. Особенностью конструкции

могут быть съемная нижняя крышка и сквозной шибер. Для изготовления корпусов шиберных задвижек используют серый или высокопрочный чугун с шаровидным графитом и различные стали - углеродистые, низколегированные, нержавеющие. Для корпусов используют не только черные металлы, но и цветные (алюминиевые сплавы) и даже неметаллические материалы (поливинилхлорид).

Шибер задвижки может иметь вид плиты, изготовленной из толстого проката, с параллельными уплотнительными поверхностями. В плите сверлится отверстие, диаметр которого равен диаметру расположенных напротив патрубков.

Шибер может иметь острую кромку (задвижка шиберная ножевая, задвижка гильотинного типа). Наличие скошенного полированного края позволяет шиберу проникать в рабочую среду, обеспечивая быстрое перекрытие потока даже самых вязких, содержащих большое количество механических включений, материалов.

Для шиберов и шпинделей, как правило, используют нержавеющую сталь. Шибер полируют, гладкая поверхность обеспечивает свободное скольжение в местах контакта с уплотнительными материалами и позволяет избежать разного рода торможений и заклиниваний, что особенно актуально, когда рабочая среда содержит множество механических включений.

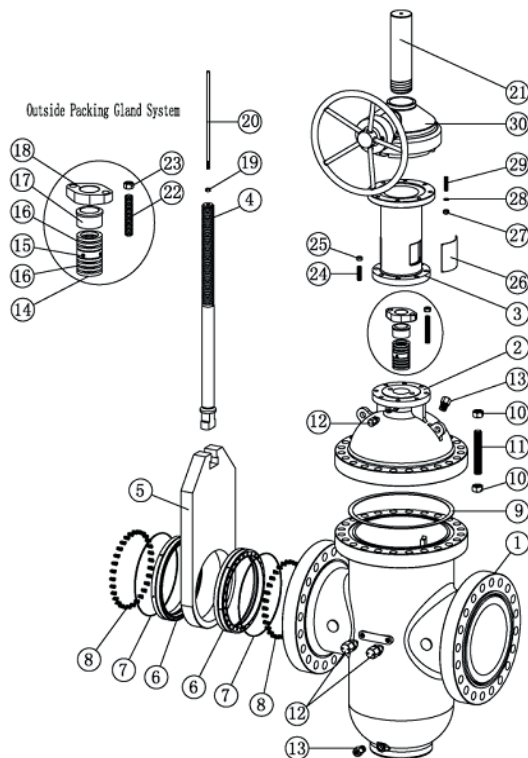


Рисунок 1 - Конструкция шиберной задвижки: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – бугельная стойка; 4 – шпиндель; 5 – шибер; 6 – седло; 7 – радиальное уплотнение; 8 – пружина; 9 – прокладка; 10 – гайка; 11 – шпилька; 12 – фитинг подвода смазки; 13 – дренажный фитинг; 14 – первичное сальниковое уплотнение; 15 – антивибросное кольцо; 16 – вторичное сальниковое уплотнение; 17 – втулка сальника; 18 – фланец сальника; 19 – гайка; 20 – индикатор шпинделя; 21 – кожух шпинделя; 22 – шпилька; 23 – гайка; 24 – болт; 25 – гайка; 26 – заслонка; 27 – гайка; 28 – пружинная шайба; 29 – шпилька; 30 – редуктор

Таким образом, шиберные задвижки, составляющие заметную часть ассортимента многих производителей трубопроводной арматуры, обладают целым рядом преимуществ:

- шиберные задвижки отличаются малой строительной длиной;
- показатели надежности в значительной степени зависят от параметров рабочей среды - ее агрессивности, температуры, концентрации механических примесей;
- шиберные задвижки - оборудование неприхотливое и не капризное, их обслуживание и ремонт не потребуют очень высокой квалификации персонала;
- отсутствие застойных зон и способность к самоочистке позволяет эксплуатировать их в средах, загрязненных шлаками и различными механическими примесями;
- важный параметр - минимальное гидравлическое сопротивление среды, что актуально для уменьшения гидравлического сопротивления и исключения завихрения;
- шиберные задвижки обладают уникальными техническими возможностями, включая быстроедействие и высокую герметичность.

Шиберные задвижки входят в состав фонтанной арматуры, используемой при добыче углеводородов на магистральных нефтепроводах, где они служат гарантом немедленного перекрытия потока сырой нефти. Однако в процессе эксплуатации шиберной задвижки наиболее часто встречаются следующие неисправности:

- потеря герметичности запорного органа в связи с пропуском среды между уплотнительными поверхностями шиберы и седла (рис. 2);
- потеря герметичности в связи с пропуском среды между седлом и корпусом;
- потеря герметичности сальникового уплотнения шпинделя и соединения крышки с корпусом;
- пропуск среды через фланцевое соединение крышки с корпусом;
- образование задиров и язвенной коррозии на поверхностях штока (шпинделя), контактирующих с сальниковой набивкой;
- потеря герметичности вследствие износа уплотнительных поверхностей корпуса: появление трещин, вмятин, задиров или повреждения запорного органа (диска, клина, тарелки);
- износ ходовой резьбы шпинделя и резьбовой втулки.

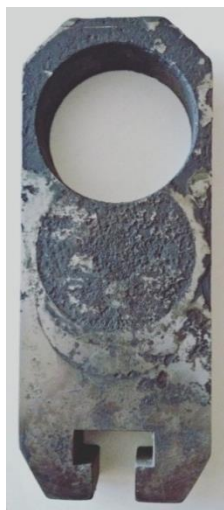


Рисунок 2 – Основные неисправности в процессе эксплуатации шиберной задвижки на месторождении ТОО «Тарбағатай мұнай» (р-н г. Зайсан, Восточно-Казахстанская область)

Основной причиной выхода из строя и вывода из эксплуатации шиберной задвижки является износ седла и шиберов в месте контакта. Данная проблема возникает вследствие того, что в шиберной запорной арматуре, выпускаемой на Усть-Каменогорском заводе промышленной арматуры (УК ЗПА), перекрытие проходного сечения обеспечивается перемещением шиберов относительно седла, при этом выбираются зазоры между этими двумя деталями тарельчатой пружиной. При высокой чистоте обработки торцовых поверхностей обеспечивается надежное перекрытие трубопровода. Однако в реальных условиях эксплуатации задвижки поступающий из скважины газ (или сырая нефть) имеет различные механические включения, агрессивные составляющие на основе H_2S , H_2 и т.д., интенсивно воздействующие на уплотняющие поверхности в момент перекрытия пары шибер-седло. При появлении незначительной негерметичности происходит интенсивное воздействие струи нефтяного газа с температурой до $350^\circ C$ с высокой скоростью истечения и абразивным составляющим на детали запорной арматуры.

Для изготовления седла и втулки должна применяться сталь, имеющая стабильные механические свойства, высокую коррозионную стойкость и износостойкость.

Надежность и долговечность работы ходовой пары - важные параметры эксплуатационных свойств. Для повышения уровня износостойкости пары трения седло-втулка ходовая, а как следствие, и задвижки шиберной в целом, в работе исследуются варианты замены материала втулки ходовой.

На основе анализа литературных источников [1-3] целесообразно вместо стали 20Х13 для изготовления седла применять титановый сплав, предпочтительно марки ВТ-14 или ВТ-6 (рис. 3).

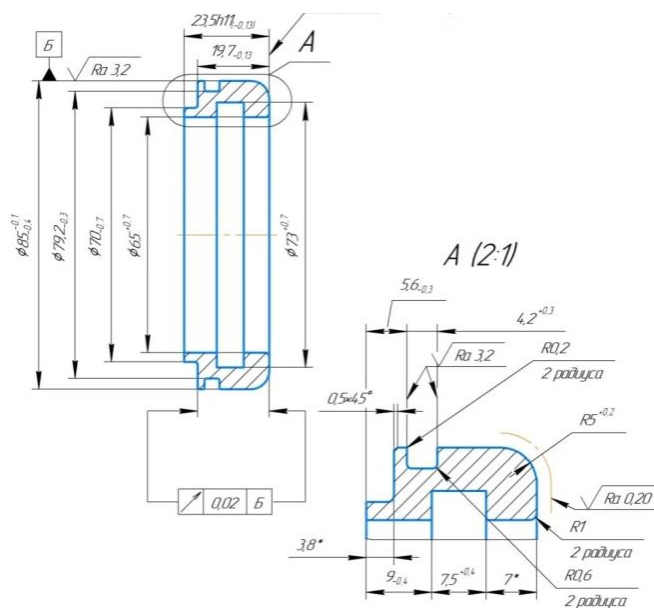


Рисунок 3 – Седло титановое

Усилиями специалистов ВКГТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан) в рамках реализации проекта «Выпуск титановой продукции для нефтегазовой отрасли» была разработана конструкция шиберной задвижки, представляющая собой комбинированное изделие с использованием деталей из титанового сплава (рис. 4).

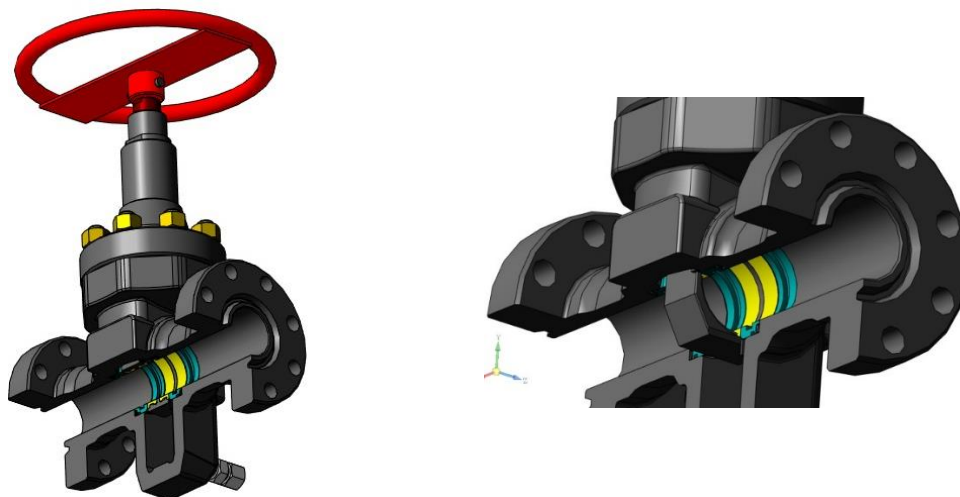


Рисунок 4 – Конструкция шиберной задвижки с использованием деталей из титанового сплава

Таким образом, современная запорная арматура, помимо надежности и безотказности, должна отвечать следующим конструктивным требованиям: полный проход, дублирующий проход трубы, что обеспечивает минимальное гидродинамическое сопротивление и ламинарный режим потока, отсутствие застойных зон, которые затрудняют закрытие и приводят к преждевременному выходу арматуры из строя; возможность разборки для проведения ремонтных работ без демонтажа из трубопровода, что особенно актуально для приварной арматуры; минимальный износ запорного органа при эксплуатации, а также возможность эксплуатации арматуры при частично изношенных вставках седел с сохранением герметичности затвора.

Ни один из существующих классических видов запорной арматуры не может удовлетворять одновременно всем требованиям эффективной и безопасной эксплуатации, поэтому создание изделия, которое сочетало бы в себе положительные стороны нескольких типов арматуры, остается актуальной проблемой.

Список литературы

1. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. - Л.: Машиностроение, 1968. - 888 с.: ил.
2. ГОСТ Р 55020-2012. Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия. - Введ. 2013-03-01. - М.: Стандартиформ, 2013. - С. 12.
3. СТ ЦКБА 008-2014. Арматура трубопроводная. Расчёт и оценка надёжности и безопасности на этапе проектирования. - Введ. 2015-07-01. - СПб.: ЗАО НПФ ЦКБА, 2014. - 84 с.

Получено 22.10.2018

УДК 629.33-192

М.С. Муздыбаев, А.С. Муздыбаева, Д.М. Мырзабекова, В.В. РоговскийВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**В.В. Ширшиков**

АО «АЗИЯ-АВТО», г. Усть-Каменогорск

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ
ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

В статье исследована работоспособность гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ. Выявлен контур – масляная система, в котором необходимо повысить надежность и контролепригодность. С целью обеспечения работоспособности гидромеханической трансмиссии предложено установить датчик давления в магистрали системы смазки после масляного фильтра, а индикатор вывести на панель управления. Предлагаемое устройство контроля давления масла системы смазки запатентовано.

Мақалада 09G KGJ үлгісіндегі гидромеханикалық трансмиссияның жұмыс қабілеттілігі зерттелді. Сенімділік пен бақылау жарамдылығын арттыру үшін қажет контур анықталды, ол – май жүйесі. Гидромеханикалық трансмиссияның жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету мақсатында май сүзгісінен кейін майлау жүйесінің магистраліндегі қысым датчигін орнату, ал индикаторды басқару панеліне шығару ұсынылды. Ұсынылған майлау жүйесінде май қысымын бақылау құрылғысы патенттелген.

The article investigates the performance of the hydro-mechanical transmission model 09G KGJ. The contour - oil system in which it is necessary to increase reliability and controllability is revealed. In order to ensure the operability of the hydromechanical transmission, it is proposed to install a pressure sensor in the main of the lubrication system after the oil filter, and display the indicator on the control panel. The proposed oil pressure monitoring device of the lubrication system is patented.

Ключевые слова: гидромеханическая трансмиссия, работоспособность легкового автомобиля, надежность.

Актуальность темы. Одной из основных моделей, выпускаемых на заводе АО «АЗИЯ АВТО», стал автомобиль Skoda Octavia, оснащенный гидромеханической трансмиссией модели 09G KGJ. Как показала практика, в некоторых случаях сложно обеспечить высокую надежность автоматической трансмиссии. Если о падении давления в смазочной системе двигателя сигнализирует световой индикатор “Check Engine”, то при повреждении масляной системы гидромеханической трансмиссии такого индикатора нет. В связи с этим исследование надежности гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ в эксплуатации на примере легкового автомобиля модели Skoda Octavia является актуальным.

Объект исследования – гидромеханическая трансмиссия модели 09G KGJ легкового автомобиля Skoda Octavia.

Целью исследования является обеспечение работоспособности гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ легкового автомобиля модели Skoda Octavia.

Рассмотрены конструктивные особенности гидравлической системы гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ [1], устанавливаемой на автомобиль Skoda Octavia. Выполнен анализ надежности системы смазки гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ. По результатам анализа выявлен контур, в котором необходимо повысить надежность и контролепригодность (рис. 1).

Составлена элементная схема надежности системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGJ и произведен сбор информации о ресурсах ее деталей системы. Элементы подачи масла образуют последовательность взаимосвязанных деталей (рис. 2), для которой характерно следующее. При отказе любой из деталей произойдет отказ кон-

тура подачи масла и системы смазки в целом. Подобная особенность характерна для последовательного соединения элементов в смысле надежности. Поэтому схема элементной надежности представляет собой последовательную цепочку из деталей подачи масла (рис. 2).

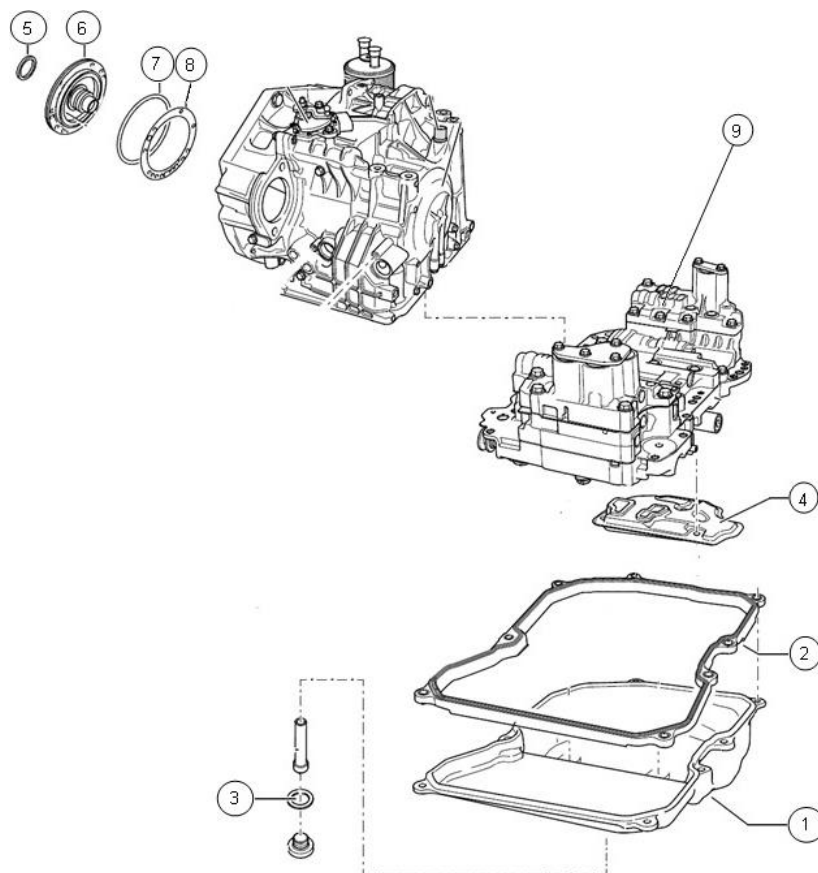


Рисунок 1 - Контур подачи масла в гидромеханической трансмиссии: 1 - масляный поддон; 2 - прокладка масляного поддона; 3 - уплотнительное кольцо пробки поддона; 4 - фильтр масляный; 5 - манжетное уплотнение; 6 - масляный насос; 7 - уплотнительное кольцо; 8 - уплотнительная прокладка масляного насоса; 9 - блок клапанов (не входит в контур подачи масла)

Осуществлена обработка экспертных оценок о наработках до отказа деталей системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGI автомобиля Skoda Octavia. Произведено ранжирование их безотказности методом выявления доминирующих факторов с построением диаграммы Парето (рис. 3). Выделена группа элементов, оказывающих преобладающее влияние (80%) на безотказность системы подачи масла гидромеханической трансмиссии.

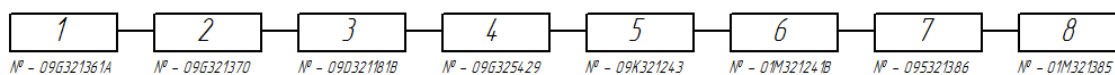


Рисунок 2 - Элементарная схема надежности системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGI (обозначения позиций как на рис. 1 с указанием номеров элементов по каталогу)

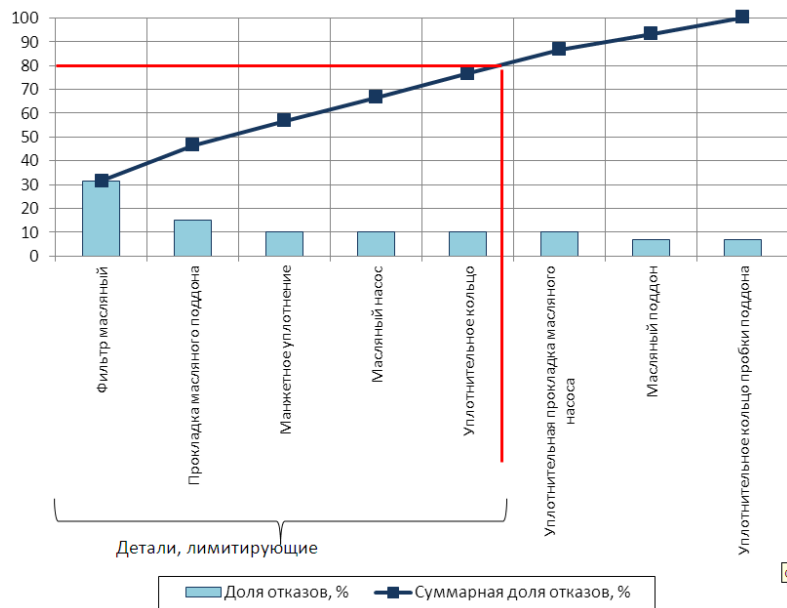


Рисунок 3 - Диаграмма ранжирования элементов системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGJ по долям отказов

Как видно из рис. 3, наиболее часто отказывающим элементом системы подачи масла гидромеханической трансмиссии является фильтр масляный. Для определения наименее надежного элемента системы подачи масла следует учесть как ресурсные показатели, так и затраты на устранение отказов системы. Они учитывают трудоемкость работ и стоимость запасных частей. Ранжирование деталей по величине затрат на поддержание надежности агрегата представлено на рис. 4.

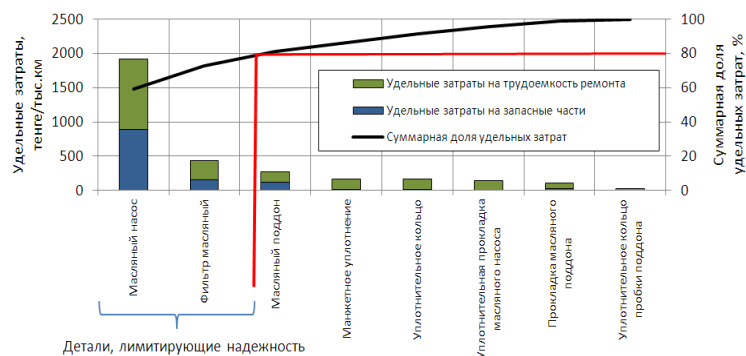


Рисунок 4 - Диаграмма ранжирования элементов системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGJ по удельным затратам на поддержание надежности

Установлено, что наименее надежным элементом является масляный насос. Результаты аппроксимации распределений наработок масляного насоса до отказа представлены на рис. 5. Распределение наработок масляного насоса до отказа не противоречит нормальному закону.

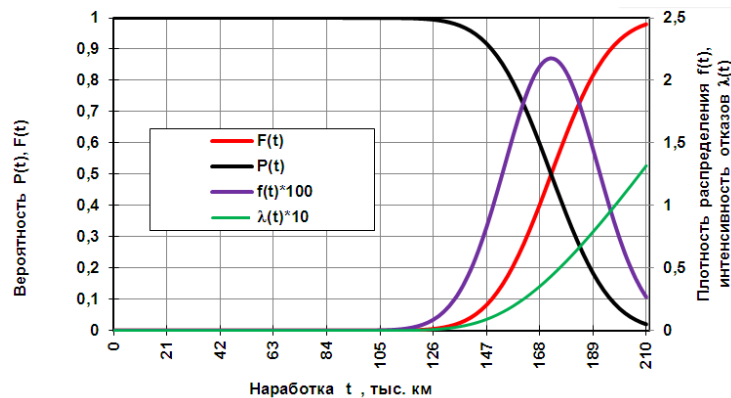


Рисунок 5 - Распределение наработок до отказа наименее надежного элемента системы подачи масла гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ

Поскольку отказ любого из элемента системы подачи масла влечет за собой серьезные повреждения деталей гидромеханической трансмиссии и значительные затраты на их устранение, следует обеспечить гарантированный (90%) уровень безотказной работы системы подачи масла. Средняя наработка до отказа системы t_{cp} составляет 55 тыс. км (рис. 6). При этом гамма-процентная наработка до отказа $t_{\gamma=90\%}$ составляет 39,2 тыс. км. Принимая во внимание полученные выше результаты исследования, масляный фильтр является наименее безотказным элементом, который необходимо периодически заменять с целью поддержания работоспособности масляного насоса и гидромеханической трансмиссии в целом. Кроме того, установлено, что доминирующую роль в поддержании работоспособности гидромеханической трансмиссии играет масляный насос.

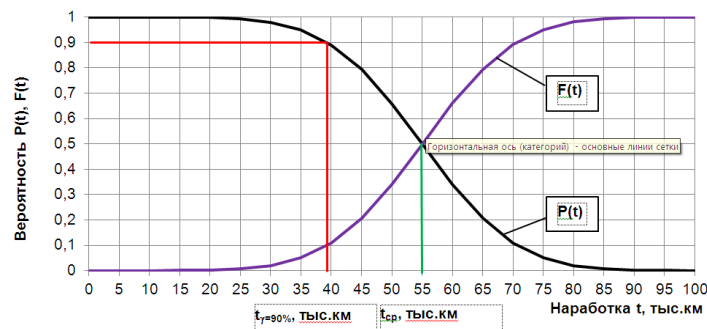


Рисунок 6 - Вероятность безотказной работы системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGJ и вероятность ее отказа по наработке

Техническое решение, направленное на обеспечение работоспособности гидромеханической трансмиссии. В ходе исследования был предложен способ повышения надежности системы подачи масла гидромеханической трансмиссии 09G KGJ легкового автомобиля Skoda Octavia. Обеспечить работоспособность агрегата возможно, постоянно контролируя давление масла в системе смазки. Для этого необходимо не допускать снижения давления в масляной магистрали системы смазки ГМП ниже минимально допустимого значения, которое для модели 09G KGJ автомобиля Skoda Octavia составляет 3 бара. Идея состоит в том, чтобы установить датчик давления масла (рис. 7, поз. 4) в магистрали

системы смазки после масляного фильтра. Предлагаемое устройство контроля давления масла системы смазки запатентовано [2]. Принцип его действия заключается в том, что если давление масла в магистрали системы смазки будет меньше указанного значения, датчик сработает, замкнув выводную клемму на «массу». При этом загорается сигнальная лампа индикаторной панели (рис. 7, *поз. 1*). Водитель в данном случае будет обязан остановиться и проверить уровень масла в ГМП. Если же уровень масла в норме, значит необходимо доехать до ближайшей станции технического обслуживания для устранения неисправности, соблюдая щадящий режим нагрузки на гидромеханическую трансмиссию, двигаясь без рывков и с небольшой скоростью.



Рисунок 7 - Устройства контроля давления масла системы смазки гидромеханической трансмиссии модели 09G KGJ: 1 – индикаторная панель; 2 – «+» разъем индикаторной панели; 3 – «-» разъем индикаторной панели; 4 – датчик давления масла.

В заключение можно сделать следующие выводы.

С целью поддержания надежности ГМП модели 09G KGJ были проведены исследования и получены следующие результаты: выявлены наименее надежные элементы гидромеханической трансмиссии, разработано и запатентовано устройство контроля давления в системе смазки, обеспечивающее работоспособность гидромеханической трансмиссии.

Список литературы

1. SSP_020_en_Octavia_All info about Transmission 01M.
2. Инновационный пат. 27072 Республика Казахстан, МПК F01M 11/10 (2006.01). Способ контроля загрязненности масляного фильтра / Ширшиков В.В., Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С. - № 2012/1270.1; Заявл. 30.11.2012; Оpubл. 14.06.2013, Бюл. № 6. – 3 с.: ил.
3. Руководство по ремонту OCTAVIA II 2004. Шестиступенчатая автоматическая коробка передач "09G" Издание 08.04 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://storage.asm.md/docs/Auto/Skoda%20Octavia%20II/АКПП%2009G.pdf> – Заглавие с экрана. – Дата обращения: 25.09.2018.

Получено 22.10.2018

УДК 534.222.2

А.А. Мякинин, А. Тұрлыбекұлы, С.А. Жанысов, Р.Н. Кимосов, А.Н. Сағидұғұмар, Д.С. Догадкин, С.В. Плотников

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

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ, СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В СПЛАВЕ 316L
ПОСЛЕ ПРОЦЕССА SLM**

В статье рассматриваются основные результаты исследований сплава 316L после селективного лазерного плавления. Представлены данные механических испытаний, а также распределение компонентов порошка.

Мақалада селективті лазердің балқуынан кейін 316L қорытпаларын зерттеудің негізгі нәтижелері қарастырылады. Механикалық сынақтардың деректерін, сондай-ақ ұнтақтың компоненттерін бөлуді ұсынады.

The article discusses the main results of studies of alloy 316L after selective laser melting. Presents the data of mechanical tests, as well as the distribution of the components of the powder.

Ключевые слова: лазер, обработка, 3D-принтер, коррозионность, сплав, вакуумная печь, сканирование, порошок, микроструктура.

Метод селективного лазерного плавления (СЛП) находит все большее применение в машиностроении и производстве различных изделий, в том числе и медицинского назначения.

Одним из главных факторов, влияющих на конечное качество изделия является режим термо-механической обработки (ТМО), а также режимы СЛП, среды, подогрева подложки, качества металлического порошка и т.д. Режим СЛП включает в себя следующие параметры: длина волны лазерного излучения, длительность пучка, фокусное расстояние, форма импульса, форма лазерного пятна, скорость перемещения, скорость подачи порошка и т.д.

При соответствии механических испытаний с заявленными CL20ES может использоваться для производства кислотных и коррозионных устойчивых прототипов, уникальных или серийных деталей. Сферы деятельности: автомобильная промышленность, медицинские изделия, ювелирные изделия и компоненты для пресс-форм.

В данной работе представлены результаты по получению опытных образцов из порошкового сплава CL20ES методом СЛП при различных режимах ТМО. Рассмотрены физические процессы при ТМО, влияющие на механические свойства сплава CL20ES.

Термическая обработка (ТО) проводилась в вакуумной печи при следующих условиях. Нагрев производился в течение 3 часов до 550 °С. Температура поддерживалась в течение 6 часов. Процесс остывания проходил при комнатной температуре.

Механические испытания проводились на испытательной машине ТТМ-1000 согласно ГОСТ 1497-84.

Лазерное плавление порошка проводилось на установке Mlab cusing R, изготовленной Concept Laser (Германия). Использовался волоконный лазер мощностью 90 Вт, скорость сканирования 500 мм/с, размер пятна 100 мкм. Процесс проводили в атмосфере азота. Содержание кислорода (в соответствии с интегрированными датчиками) на всех стадиях составляло не более 0,1%. Для травления использовали реактив 2HF:1HNO₃:17H₂O₂.

Химический состав и механические свойства, заявленные производителем порошкового материала (Concept Laser), химический состав образца по результатам ЭДС-анализа [1] представлены в табл. 1-3.

Таблица 1

Химический состав материала

Элемент	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	C	S	Fe
Содержание, %	16,5–18,5	10,0–13,0	2,0–2,5	0–2,0	0–1,0	0,–0,045	0–0,030	0–0,030	Ост.

Таблица 2

Заявленные производителем свойства

	90°	45°	0°
Предел текучести	374±5 Н/мм ²	385±6 Н/мм ²	330±8 Н/мм ²
Предел прочности	650±5 Н/мм ²	640±7 Н/мм ²	529±8 Н/мм ²
Модуль Юнга	200·10 ³ Н/мм ²	200·10 ³ Н/мм ²	200·10 ³ Н/мм ²
Теплопроводность	15 Вт/мК	15 Вт/мК	15 Вт/мК
Твердость	20 HRC	20 HRC	20 HRC

Таблица 3

Компоненты порошка (%)

Спектр	В стат.	O	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	Итог
Спектр 1	Да	0,76	0,46	18,69	1,50	4,71	11,74	2,13	100,00
Спектр 2	Да	1,98	0,44	18,09	1,42	3,76	11,67	2,63	100,00
Спектр 3	Да	1,16	0,39	18,17	1,31	64,87	11,89	2,21	100,00
Спектр 4	Да	0,98	0,40	18,63	1,28	64,47	11,72	2,52	100,00
Спектр 5	Да	1,12	0,44	18,28	1,31	64,96	11,56	2,32	100,00
Спектр 6	Да	0,00	0,44	18,77	1,64	65,32	11,95	1,87	100,00
Среднее		1,00	0,43	18,44	1,41	64,68	11,76	2,28	100,00

Порошок стали CL 20ES используется для аддитивного производства кислото- и коррозионностойких прототипов, единичных или мелкосерийных изделий в следующих областях: машиностроение, автомобильная промышленность, медицинские компоненты, ювелирная промышленность, а также производство формообразующих вставок [2].

На рисунке показана микроструктура нержавеющей стали CL 20ES, однородная плотная структура после изготовления с помощью процесса металлического лазерного плавления LaserCUSING®. Микроструктура полученного сплава является однородной, в структуре порошка отсутствуют поры и трещины, режим Speed Cusing обеспечивает качественное спекание порошков.

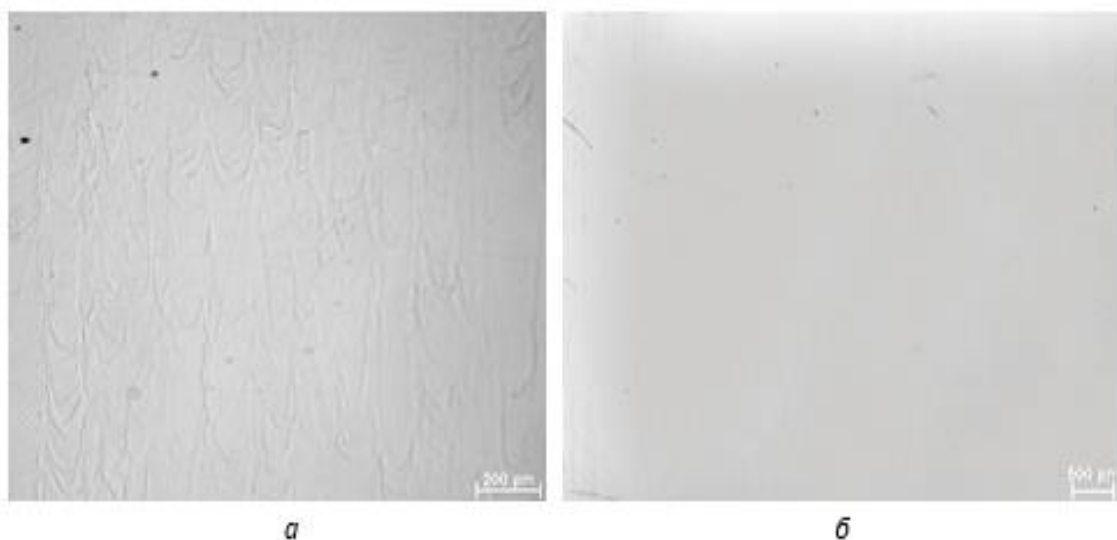


Рисунок - Микроструктура сплава: а – до термической обработки; б – после термической Обработки

5 из 6 образцов были подвергнуты температурной обработке. Так как образцы не чувствительны к короблению, отпуск необязателен: Нагрев производился в течение 3 часов до 550 °С. Температура поддерживалась в течение 6 часов. Процесс остывания проходил при комнатной температуре. Испытания были произведены на испытательной универсальной машине ТТМ-1000, по результатам испытаний был составлен протокол. Средний предел прочности испытанных образцов составил 412, средний предел текучести 328, относительное среднее сужение образцов составило 6%, удлинение 3%. Также было отмечено, что термообработка образцов слабо влияет на их физико-механические свойства, повышая только относительное удлинение и сужение образцов. Результаты испытаний представлены в табл. 4-5.

Таблица 4

Результаты механических испытаний образцов

	Предел прочности, МПа				
CL 20ES	650	640	529		
Без ТО	420				
С ТО	390	410	440	420	400
	Предел текучести, МПа				
CL 20ES	374	385	330		
Без ТО	330				
С ТО	270	340	360	340	330
	Относительное сужение, %				
Без ТО	2,0				
С ТО	4,0	8,0	8,0	6,0	4,0
	Относительное удлинение, %				
Без ТО	2,0				
С ТО	2,0	3,0	4,0	3,0	3,0

Таблица 5

Характеристики различных типов костей

Характеристики	Кортикальная (плотная) кость	Трабекулярная (губчатая) кость
Е, ГПа (на сжатие)	2-17 8,8±2,5 7,3±2,7, 3,4±1,5	0,6-1 2,2±0,9, 1,0±0,7, 1,9±0,4 3,2±0,9
Е, ГПа (на растяжение)	19,9±1,8 9,1-32,2	18,0±2,8 2,7±0,8
σ, МПа (на растяжение)	83,4-143,9	
σ, МПа (на сжатие)	139,5±19,1, 127,2±35,0 71,4±33,9	36,0±15,6, 26,9±22,4, 27,6±10,6
σ, МПа (на растяжение)	107,9±12,3	84,9±11,2 10,9±3,1
σ, МПа (на сжатие)	109,0±33,8, 110,2±23,9, 48,6±16,3	29,9±12,1, 18,5±13,6, 32,7±5,7, 17,5±6,15
Относительное сжатие при разрушении, %	3,16±1,3, 2,2±1,0, 3,0±1,9	3,9±2,8, 3,1±1,5, 3,6±1,6
Относительное растяжение при разрушении, %	0,7-1,49	

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

При соответствии механических испытаний с заявленными CL20ES может использоваться для протезирования трабекулярных костей, предел прочности которых составляет 600-1000 МПа, средние показатели, полученные производителем, составляют 640-650 МПа. Однако ввиду выбранного нами режима печати Speed Cusing характеристики готовых образцов оказались ниже заявленных производителем, а именно 410 МПа. Для более подробных испытаний требуется распечатка с подбором режимов и количеством более 10 образцов, напечатанных в каждом режиме.

Список литературы

1. Мякинин А.А. Структурно-фазовое состояние и механические свойства стали 316L после селективного лазерного плавления / А.А. Мякинин, Р.Н. Кимосов, А. Тұрлыбекұлы и др. - Вестник КарГУ. - № 3.
2. Concept Laser. Concept Laser GmbH [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.concept-laser.de/fileadmin//user_upload/Datasheet_CL_20ES.pdf. (2018.03.28).
3. Кирилова И.А. Костно-пластические биоматериалы и их физико-механические свойства / И.А. Кирилова, В.Т. Подорожная, Е.В. Легостаева и др. - Хирургия позвоночника. - 2010. - № 1, 81–87.
4. Свешников А.А. Минеральная плотность костей скелета, масса мышц и проблемы профилактики переломов. – Изд. дом «Академии естествознания», 2013. - С. 366.
5. Свешников К.А. Пороговые величины минеральной плотности костей скелета и частота переломов / К.А. Свешников, Д.С. Астапенков. - Гений ортопедии. – 2010. - № 2. – С. 85-90.

Получено 22.10.2018

УДК 539.25

**А.А. Мякинин, Р.Н. Кимосов, С.А. Жанысов, А.Н. Сағидұғұмар, Д.С. Догадкин,
С.В. Плотников**

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

**ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК СПЛАВА
НИОБИЙ-ТИТАН**

В статье рассматриваются основные результаты изменения однородности распределения легирующих элементов по слитку в зависимости от режима выплавки. Представлены исследования макроструктуры, механических свойств в продольном и поперечном сечениях сплава ниобий-титан.

Мақалада балқыту режиміне байланысты ұнтақталған элементтерді бөлудің біркелкілігінің өзгеруінің негізгі нәтижелері қарастырылады. Ниобий-титан қорытпасының бойлық және көлденең бөліктеріндегі макроқұрылымды, механикалық қасиеттерді зерттеу ұсынылған.

The article discusses the main results of changes in the uniformity of the distribution of alloying elements in the ingot, depending on the mode of smelting. Studies of the macrostructure, mechanical properties in the longitudinal and transverse sections of the niobium-titanium alloy are presented.

Ключевые слова: *ликвационная неоднородность, вакуумно-дуговая плавка, легирующий элемент, гарнисаж, сплав, темплет, режим выплавки, микроструктура.*

Для ряда титан-ниобиевых сплавов существует проблема образования ликвационной неоднородности – зон, обогащенных одними элементами и обедненных другими [1]. Характер деформации данных неоднородностей в процессе изготовления полуфабрикатов существенно отличается от основного материала, что в конечном итоге приводит к появлению зон с разной структурой как на макро-, так и на микроуровне и, соответственно, снижению равномерности механических свойств по сечению конечных полуфабрикатов и общему снижению комплекса эксплуатационных свойств материала.

Сложность задачи получения качественных слитков из высоколегированных титановых сплавов методом вакуумно-дуговой плавки обусловлена ее характерными особенностями. В отличие от непрерывного литья (например, алюминиевых сплавов), в процессе вакуумно-дуговой плавки в большинстве случаев равновесия между скоростью сплавления и кристаллизацией металла не достигается [2], поэтому глубина ванны и скорость кристаллизации металла в донной, серединной и верхней частях слитка различны, что, в свою очередь, влияет на структурные характеристики и распределение легирующих элементов в этих зонах.

Согласно ряду исследований, одним из основных технологических недостатков сплавов, в которых легирование осуществляется преимущественно эвтектоидобразующими β -стабилизаторами (Fe, Cr) и некоторыми другими легирующими элементами (например, Mo или Zr), является высокая склонность их к образованию ликвационных неоднородностей при выплавке слитков методом вакуумно-дугового переплава.

При разработке новых композиций титан-ниобиевых сплавов вопросы склонности ряда элементов (по отдельности или в комбинации с другими составляющими) к ликвации занимают одно из первых мест, однако зачастую стремление к упрощению технологических процессов идет вразрез с постоянно растущими требованиями к физико-механическим свойствам материалов. В соответствии с этими требованиями создание новых псевдо- β -титановых сплавов, обладающих улучшенными или специальными свойствами, в большинстве случаев уже не может быть реализовано без использования легирующих элементов, способствующих усложнению каких-либо этапов технологического процесса изготовления конечных полуфабрикатов.

Наиболее предпочтительным и рациональным, по мнению авторов работы, путем создания нового универсального высокопрочного высокотехнологичного псевдо- β -титанового сплава является подход, базирующийся на комбинации целого ряда принципов. К ним относятся комплексное легирование, соблюдение оптимального взаимного соотношения содержания легирующих элементов, микролегирование, оптимальное сочетание технологичности изготовления полуфабрикатов и уровня их эксплуатационных свойств, возможность применения специальных методов деформационной и термической обработки [3-7].

Именно в соответствии с данным подходом был разработан химический состав опытного псевдо- β -титанового сплава системы легирования Nb-Ti-Al-Mo-V, который должен обладать высоким уровнем технологической пластичности в закаленном состоянии, эффективно упрочняться посредством термической обработки и не требовать обязательного применения специальных технологий при изготовлении листовых полуфабрикатов из него [8]. Однако ввиду наличия примесей в его составе необходимо провести более тщательные и всесторонние исследования в области оптимизации технологических параметров выплавки слитков.

Изготовлена партия слитков диаметром 200 мм и массой по 34,5 кг каждый, внешний вид поверхности слитка 1 приведен на рис. 1. На испытание технологии получения слитков сплава Ti73Nb21Ta6 (тантал-ниобий-титан) двумя переплавами на печи ДВГП было выплавлено два слитка и проведены исследования макроструктуры, механических свойств, возможности обработки сплава давлением (с учётом возможности оборудования АО УМЗ).

Расходуемый электрод на первые плавки готовился следующим образом: к центральному стержню (слиток НТ-47, Ø 120 мм, партия 200-09/1 и 200-09/2) приваривались титановые прутки (ВТ-1-00, Ø 50 мм, в количестве 10 штук на электрод, длиной 340 $\pm$ 5 мм); между титановыми прутками приваривалась либо танталовая проволока (Ø4 мм), либо вырубленные из танталовой пластины фрагменты размерами 5-10x5-10x150-300 мм. Для проведения плавки был взят гарнисаж НТ-47.

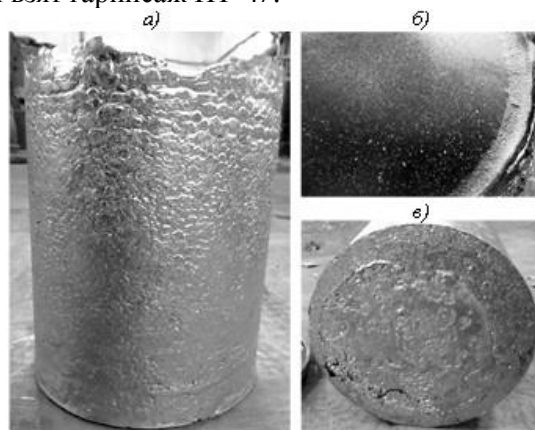


Рисунок 1 - Внешний вид боковой (а), литниковой (б) и донной (в) поверхностей слитка 1

Анализ продольных диаметральных и поперечных срезов слитков показал, что расположение, характер и размер усадочной раковины в слитках опытного сплава зависят от режима выплавки, продолжительности и режима вывода усадочной раковины. В слитках, выплавленных по скорректированному режиму с более длительной стадией вывода уса-

дочной раковины, несмотря на ее присутствие в большинстве случаев, раковина имеет меньший объем и располагается ближе к верхней части слитка. Визуальный анализ срезов выявил наличие незначительной рассеянной пористости, характерной для высоколегированных титановых сплавов [12].

С целью выявления особенностей влияния технологических режимов выплавки на структуру получаемых слитков были проведены исследования макро- и микроструктуры в трех зонах (донной, серединной и верхней) в продольном и поперечном сечениях. Макроструктура темплетов, обработанных по традиционной методике травления, приведена на рис. 2.

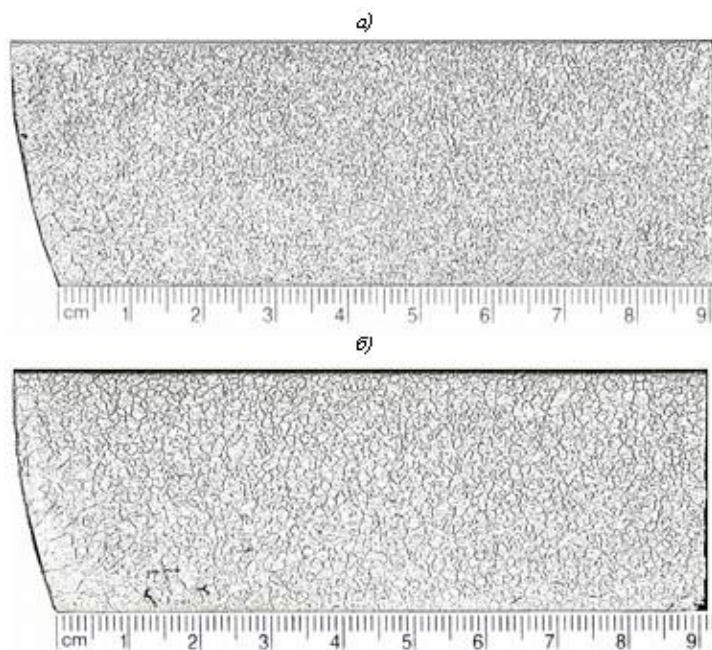


Рисунок 2 - Макроструктура поперечных срезов донной части слитков экспериментального сплава: а– слиток 1; б – слиток 3

Макроструктура экспериментальных слитков представлена зонами столбчатых и равноосных кристаллов, что типично для слитков из титановых сплавов. Рост столбчатых кристаллов в слитках происходит в направлении наибольшего теплоотвода. Поперечные срезы характеризуются крупными полиэдрическими зёрнами β -фазы. Сравнение макроструктуры слитков, выплавленных по различным режимам, позволило сделать вывод, что размеры структурных составляющих (в частности, поперечные размеры кристаллов) прямо пропорционально зависят от силы тока при последнем переплаве, особенно это характерно для донной области слитков, где теплоотвод и интенсивность их охлаждения самые сильные. Однако в объеме всего слитка изменение силы тока плавления в исследуемых пределах не привело к значительному измельчению структурных составляющих.

Обработка макрошлифов экспериментального сплава по методике «голубого» травления привела к более контрастному выделению зеренной структуры сплава, при этом не произошло растравливания границ зерен, характерного для традиционного травления высоколегированных титановых сплавов в однофазном состоянии. Типичная макроструктура после «голубого» травления приведена на рис. 3.

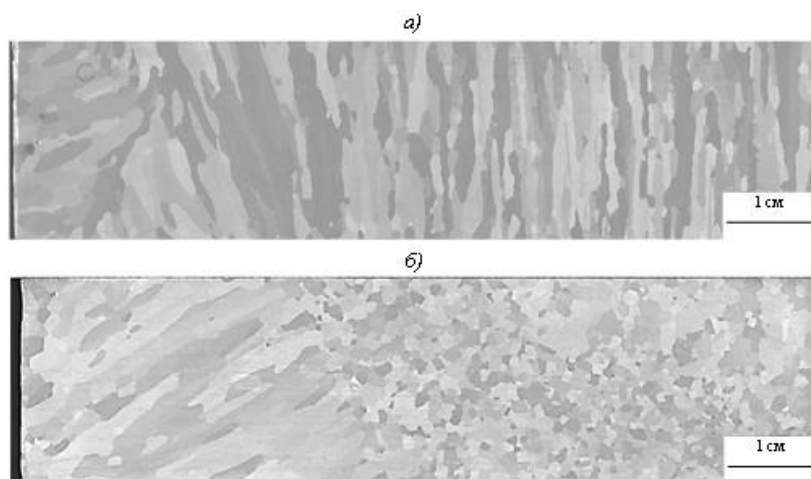


Рисунок 3 - Макроструктура продольного среза образцов экспериментального сплава, обработанных по методике «голубого» травления: а – слиток 1 (донная часть); б – слиток 3 (верхняя часть)

На исследованных макрошлифах, обработанных по методике «голубого» травления, металлургических дефектов (непроплавы исходных (шихтовых) материалов, включения и др.) не обнаружено. Характер макроструктуры принципиально не отличается от структуры, полученной методом традиционного травления, но визуально размер зерна кажется незначительно больше, что, вероятно, связано с близкой кристаллографической ориентировкой некоторых зерен, имеющих общие границы.

По результатам атомно-эмиссионного химического анализа выявлено хорошее соответствие шихтового и фактического химического состава выплавленных слитков. Наибольшее отклонение наблюдается у иттрия: содержание его в сплаве на 25–30% (отн.) меньше, чем в шихте, что подтверждается и методом спектрального анализа. Исходя из того, что контрольные исследования алюминиево-иттриевой лигатуры (ТУ1712-029-25087982–99) методом атомно-эмиссионного химического анализа подтвердили хорошее соответствие ее фактического химического состава данным, указанным заводом-изготовителем в сертификате, следует, что условия, возникающие в процессе вакуумно-дуговой плавки, способствуют испарению иттрия или его соединений.

Количественная оценка разницы между значениями стандартных отклонений в технологическом плане характеризует возможность управления (и степень оказываемого влияния) характеристиками однородности каждого из легирующих элементов посредством изменения значения силы тока дуги в выбранных в данной работе пределах. Значения стандартного отклонения представлены в таблице

Значения стандартного отклонения содержания основных легирующих элементов по сечению слитков из опытного псевдо- β -титанового сплава

Условный номер слитка	Стандартное отклонение, % (по массе)							
	Al	Mo	V	Cr	Fe	Sn	Zr	Y
1	0,062	0,056	0,307	0,102	0,049	0,035	0,046	0,003
2	0,065	0,061	0,161	0,094	0,036	0,037	0,014	0,007
3	0,085	0,074	0,229	0,114	0,028	0,051	0,019	0,006
Разброс значений стандартных отклонений*, % (отн.)	33	28	63	19	56	39	122	75

Результаты исследований химического состава слитков, проведенные методом спектрального анализа, обработаны с целью выявления тенденций изменения однородности распределения легирующих элементов по слитку в зависимости от режима выплавки.

По данным таблицы видно, что значительно всего изменяются показатели однородности для ванадия, железа, олова, циркония и иттрия. Так, самая высокая однородность распределения ванадия наблюдается в слитке 2, полученном на первом–втором переплавах при высокой силе тока, а на третьем – при низкой. Полученные результаты можно объяснить тем, что ванадий вводится в сплав в виде относительно тугоплавких лигатур ВХМА-1 и ВнАлЖ ($T_{пл} \sim 1850^\circ\text{C}$), которые при низкой силе тока в процессе первого переплава расплавляются и перемешиваются в жидкой ванне менее интенсивно и равномерно. Применение лигатуры ВХМА-1 обусловлено недопустимостью введения тугоплавкого молибдена в чистом виде, однако ее использование приводит к определенным ограничениям по технологическим параметрам выплавки слитков (в части повышения силы тока плавления при первых переплавах) и требует обязательного применения тройного переплава. Анализ распределения иттрия показал, что высокая степень однородности достигается при плавке при низких значениях силы тока на всех трех переплавах (слиток 1). Аналогичные результаты получены при исследованиях (методом масс-спектрометрического анализа) однородности распределения иттрия. Они обусловлены тем, что с целью введения легкоплавкого алюминия и микролегирования иттрием в сплав вводится алюминиево-иттриевая лигатура, температура плавления которой составляет $\sim 850^\circ\text{C}$. Вероятно, введение иттрия в сплав в виде лигатур, которые по температуре плавления более близки титану, позволило бы уменьшить уровень ликвации. С целью выявления закономерностей и характера распределения иттрия по слитку построена гистограмма (рис. 4): зона 1 соответствует центральной области слитка, а зона 10 – краевой.

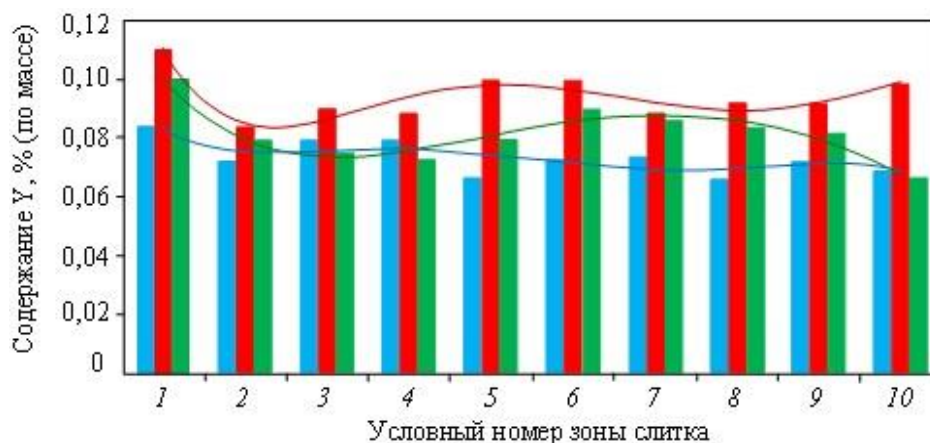


Рисунок 4 - Функциональные зависимости и гистограмма распределения иттрия в экспериментальном слитке 1 (зона 1 – центральная область слитка; зона 10 – краевая):
к – верхняя часть слитка; з – серединная часть слитка; с – нижняя часть слитка

Анализ гистограммы показал, что в радиальном направлении слитка выраженной закономерности изменения содержания иттрия не наблюдается. Необходимо отметить, что в слитке 1 в целом более обогащена иттрием серединная часть, в слитке 3 – нижняя, что объясняется различиями в режимах выплавки.

Таким образом, с учетом выявленных закономерностей можно сделать вывод, что режим выплавки слитков экспериментального псевдо- β -титанового сплава необходимо вы-

бирать исходя из комплексного анализа степени однородности распределения легирующих элементов с учетом их фактического содержания в сплаве, прогнозируемых возможных предельных отклонений их содержания в слитке и результирующей оценки влияния данных отклонений на окончательные свойства сплава.

Список литературы

1. Zhijun Yang, Hongchao Kou, Fengshou Zhang, Xiangyi Xue, Jinshan Li, Lian Zhou. The Effect of VAR Process Parameters on Beta Flecks Formation in Ti-10V-2Fe-3Al /Proceedings of the 12-th World Conference on Titanium «Ti-2011 Science and Technology». Beijing: Science press. 2012. V. 1. P. 601–604.
2. Титановые сплавы. Плавка и литье титановых сплавов. - М.: Metallurgy, 1978. - 384 с.
3. Хорев А.И. Фундаментальные и прикладные работы по конструкционным титановым сплавам и перспективные направления их развития // Тр. ВИАМ. - 2013. - № 2. - Ст. 04.
4. Каблов Е.Н. Редкие металлы и редкоземельные элементы – материалы современных и будущих высоких технологий / Е.Н. Каблов, О.Г. Оспенникова, А.В. Вершков // Тр. ВИАМ. - 2013. - № 2. - Ст. 01.
5. Сидоров В.В. Формирование наноструктурированного состояния в литейном жаропрочном сплаве при микролегировании его лантаном / В.В. Сидоров, В.Е. Ригин, Д.В. Зайцев и др. // Тр. ВИАМ. - 2013. - № 1. - Ст. 01.
6. Хорев А.И. Микролегирование редкоземельными металлами титановых сплавов / А.И. Хорев, Н.А. Ночовная, А.Л. Яковлев // Авиационные материалы и технологии. - 2012. - № 5. - С. 206–212.
7. El-Dhaikh Ali, Schmidt Peter, Christ Hans J. Study on Beneficial Effects of Duplex Aging on Microstructure Phenomena Determining the Fatigue life of the Metastable β -titanium Alloy Ti 38-644 /Proceedings of the 12-th World Conference on Titanium «Ti-2011 Science and Technology». Beijing: Science press. 2012. V. 1. P. 745–749.
8. Ширяев А.А. Особенности разработки высокопрочного самозакаливающегося высокотехнологичного псевдо- β -титанового сплава / А.А. Ширяев, В.Г. Анташев // Авиационные материалы и технологии. - 2014. - № 4. - С. 23–30.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 53.01.91

Е.П. Набоко, Е.А. Сидорина, Н.Р. Тимирбаева

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В статье приведены итоги исследований возможности применения технологий преобразования низкопотенциальной энергии технологических потоков в востребованную высоко- и среднепотенциальную энергию с помощью тепловых насосов, которые бы позволили снизить потери энергии с низкопотенциальным бросовым теплом водных и газовых технологических потоков и общую энергоёмкость металлургического производства.

Мақалада зерттеудің нәтижелерін технологиялық ағындардың төменгі әлеуетті энергиясын жоғары және орташа потенциалды энергияға жылу сорғыларының көмегімен судың және газдың технологиялық ағындарының төменгі ықтимал қалдықтарымен және металлургиялық өндірістің жалпы энергия сыйымдылығын төмендететін энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік беретін түрлендіру технологиялары ұсынылған.

The article presents the results of research into the possibility of applying technologies for converting the low-potential energy of process streams into high and medium potential energy in demand with the

help of heat pumps that would reduce energy losses with low-potential waste heat of water and gas process flows and the overall energy intensity of metallurgical production.

Ключевые слова: энергоресурсы, энергосбережение, теплонасосные технологии, тепловой насос, низкопотенциальная возобновляемая энергия, рассеянное тепло, теплонасосные системы теплоснабжения.

Стремление уменьшить затраты первичной энергии без снижения или даже с увеличением отдачи энергии конечному потребителю за счёт более рационального способа её преобразования – главная тенденция современной техники. Сточные воды и дымовые газы имеются практически в каждой отрасли промышленности, утилизация их теплоты – важный резерв экономии топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии. В настоящее время важным приоритетом стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан является снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет внедрения энергосберегающих технологий и оборудования, позволяющих использовать возобновляемые источники энергии.

Сегодня металлургический комплекс Казахстана в балансе страны потребляет 30% производимой электроэнергии, 10% нефти и нефтепродуктов. Удельный расход топлива на 1 т проката в Казахстане выше на 25%, чем в Японии, и на 37,5%, чем в странах ЕС. Это связано как с использованием морально устаревших технологий и физически изношенной, выработавшей свой ресурс техники, так и с низким уровнем внедрения научных достижений в области энергосбережения и использования вторичных ресурсов.

Вопросы использования высоко- и среднетемпературных вторичных энергоресурсов на предприятиях металлургического комплекса достаточно хорошо изучены, им уделяют много внимания ученые, исследователи и производственники. Кроме высоко- и среднетемпературных ресурсов при использовании на металлургическом производстве различных видов топлива и энергии, эксплуатации оборудования получают нагретые газы и воду, температура которых невысока, порядка 2(5)-100 °С – это низкотемпературное тепло, запасы его значительны, но в производстве на сегодняшний день не востребованы. Эти потоки неиспользуемого рассеянного тепла технического происхождения являются экологически чистым и возобновляемым (в результате технологических процессов) источником тепла, который можно преобразовывать в тепловом насосе в востребованные энергоносители.

Тепловой насос (ТНУ) представляет собой установку, преобразующую низкопотенциальную возобновляемую энергию естественных источников теплоты и/или низкотемпературных вторичных энергетических ресурсов в энергию более высокого потенциала, пригодную для практического использования. В качестве источников низкопотенциальной теплоты могут использоваться природные источники: грунт, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух и различные промышленные тепловые сбросы: вентиляционный воздух, сбросные воды систем охлаждения промышленного оборудования, сточные воды систем аэрации и др.

Энергетическая целесообразность применения ТНУ в качестве энергоисточников убедительно доказана результатами большого числа научных исследований и опытом эксплуатации миллионов ТНУ в промышленно развитых странах мира. Сегодня в мире успешно эксплуатируется более 130 млн ТНУ различного функционального назначения. Согласно данным Международного энергетического агентства к 2020 г. в развитых странах мира доля отопления и горячего водоснабжения с помощью ТНУ должна составить 75% [1]. Однако решение вопросов выбора типа ТНУ, масштабов и областей их рационального использования в разных странах является далеко не однозначными. В последние годы интенсивные работы в этом направлении осуществляются и в Республике Ка-

захстан. Исследования, направленные на разработку, создание и внедрение нового направления использования альтернативных источников энергии – ТНУ, успешно осуществлялись в лаборатории «Энергосберегающие технологии» АО «РНТП «Алтай», ТОО «Центр искусственного климата» (г. Усть-Каменогорск), ТОО «Научно-производственная фирма КазЭкоТерм», ТОО «Нуржол групп» (г. Астана) [2].

В табл. 1 приведено сравнение ТНУ с традиционными источниками теплоты, широко применяемыми в системах теплоснабжения на территории Республики Казахстан [3].

Таблица 1

Сравнение ТНУ с традиционными теплоисточниками

Вид теплоисточника	Себестоимость тепловой энергии ТНУ	Сроки окупаемости ТНУ
Электрокотельные	ниже в 4-8 раз	1-2 года
Угольные котельные	ниже в 1,8-4 раза	2,5-3,5 года
Котельные на жидком топливе	ниже в 3-10 раза	2-3 года
Газовые котельные	ниже в 1,5-2,5 раза	2-3 года

ТНУ работает устойчиво, колебания температуры и влажности в помещении, где он установлен, минимальны. ТНУ не требует специальной вентиляции помещений, где происходит нагрев воды и теплоносителя, он абсолютно взрыво- и пожаробезопасен, не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют специальных навыков, обслуживание заключается в сезонном техническом осмотре и периодическом контроле режима работы.

С целью определения энергетического потенциала низкопотенциальных сбросных технологических потоков проводили исследование различных сбросных потоков (водных и газовых) на производствах крупного металлургического комплекса. В процессе исследования определяли объем, температуру и химический состав отходящих жидкостей и газов по следующим показателям: pH, взвешенные вещества, азот аммонийных солей, нитриты, нитраты, железо, щелочность, жесткость, кальций, магний, сульфаты, хлориды, сухой остаток, гидраты, гидрокарбонаты, карбонаты. Указанные составляющие непосредственно на значение энергетического потенциала влияние не оказывают, но могут являться препятствием для использования данного потока в ТНУ в связи, например, со значительным содержанием взвешенных веществ, высокой коррозионной активностью и т.п. В зимний и летний период особых отличий по температурным и количественным показателям нет.

Показатели по отходящим газовым потокам составляют: минимальная температура +60 °С, максимальная +300 °С. Интерес для использования в ТНУ могут представлять следующие тепловые потоки (табл. 2).

Полученные данные показали, что эффективности ТНУ тем выше, чем выше температура подаваемого на него низкотемпературного потока. Литературные источники приводят обычно коэффициент равным от трех до семи, в зависимости от температур охлаждаемого источника и теплового потребителя, т.е. на один кВт электрической мощности, затрачиваемой на привод компрессора, можно получить 3-7 кВт тепловой энергии.

Анализ теплоснабжения в промышленности и коммунальном хозяйстве свидетельствует о том, что при нынешних ценах на электроэнергию и топливо и достигаемых коэффициентах преобразования компрессорные ТНУ являются наиболее эффективным средством энергосбережения. Исходя из сложившегося соотношения цен на электриче-

скую и тепловую энергию, стоимость выработанной ТНУ теплоты будет в 1,5-3,5 раза ниже стоимости централизованного теплоснабжения [4].

Таблица 2

Низкопотенциальные газовые потоки

Цех	Агрегат	Температура, °С	Объем, м ³ /ч
ТЭЦ-ПВС	Котлы (на 1 котел)	60	370000
	Кольцевые эмульгаторы (на 1 эмульгатор)	60	370000
ТЭЦ	Котлы (на 1 котел)	70	810000
	Кольцевые эмульгаторы (на 1 эмульгатор)	70	810000

Для определения оптимальных технологий использования сбросного тепла технологических водных сбросных потоков были произведены расчеты схем включения ТНУ в теплонасосные системы теплоснабжения отдельных производств металлургического предприятия.

Для комплексной оценки обеспеченности отдельных производств ресурсами возобновляемой технологической низкопотенциальной энергии был применен метод определения показателя суммарного удельного нормированного потенциала, который позволяет провести анализ всего комплекса имеющихся возобновляемых низкопотенциальных ресурсов производств и выявить наиболее значимые. Наибольшим значением суммарного удельного нормированного потенциала характеризуются производства, на которых отдельные низкотемпературные технологические потоки имеют достаточно высокий потенциал. К ним, в первую очередь, относятся ТЭЦ-ПВС, ТЭЦ, газоочистки доменного и конвертерного производств, кислородное производство. Те производства, где при современном техническом уровне невозможно или малоэффективно использовать сбросные технологические потоки, имеют невысокий суммарный удельный нормированный потенциал (менее 1), что не исключает возможность дальнейшего исследования и разработки схем и технологий по их применению.

Проведенные расчетно-теоретические исследования подтвердили экономическую целесообразность утилизации сбрасываемой теплоты и улучшение экологической обстановки на прилегающих к металлургическому комплексу территориях за счет снижения нагрузки на промышленные котельные, поскольку полученное тепло может быть использовано для отопления административно-бытовых корпусов, столовых и прилегающих зданий. Кроме того, должны значительно улучшиться показатели и условия охлаждения оборудования и температурные режимы его эксплуатации. Возможно, из работы могут быть полностью выключены градирни. Технология также позволяет в летнее время года полностью исключить расход топлива на систему теплоснабжения (СТС) внутренних потребителей предприятия, тем самым исключив вредные выбросы в атмосферу.

По результатам расчетов установлено, что на 1 кВтч затраченной электроэнергии на привод ТНУ может быть получено до 3,5 кВтч эквивалентной тепловой энергии. Проведенные теоретические исследования опыта применения ТНУ показали возможное превышение фактической производительности над проектной в 1,5 раза, что увеличит экономический эффект и снизит срок окупаемости ТНУ до одного года.

Для определения оптимальных технологий использования сбросного тепла технологических водных сбросных потоков нами были произведены расчеты схем включения ТНУ в системы теплонасосных систем теплоснабжения (ТСТ) отдельных производств.

Суммарные эксплуатационные затраты по использованию оборудования:

- для СТС от ТЭЦ-ПВС - 367 407,2 тыс. тт/год;
- для ТСТ- 69 891,092 тыс. тт/год.

Годовая экономия угля от применения ТСТ составит примерно 196 603,76 тонн/год.

Главная цель развития металлургической промышленности – преобразование ее в динамично развивающуюся, высокотехнологичную и конкурентоспособную отрасль, интегрированную в мировую металлургию в рамках международного разделения труда. Для достижения указанной цели главными задачами являются:

- техническое перевооружение действующего производства;
- внедрение современных энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий.

Список литературы

1. Германович В. Альтернативные источники энергии и энергосбережение / В. Германович, А. Турилин. – 2014 г.
2. www.insolar.ru/lib-publik.php.
3. Попов А.В. Анализ эффективности различных типов тепловых насосов // Журнал «Проблемы энергосбережения». - 2005. - № 1-2.
4. Алимгазин А.Ш. О внедрении новых экологически чистых энергосберегающих технологий с использованием возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан // Восточно-казахстанская энергетическая газета «Энергетик - KZ» - 2006. - № 3 (41).

Получено 22.10.2018

УДК 621.383.51

А.С. Опанасюк, А.А. Возный

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина

С.В. Плотников, Г.К. Уазырханова

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

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА СТРУКТУРНЫЕ И СУБСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК ZnO, MgO

Настоящая работа посвящена исследованию влияния температуры подложки на структурные и субструктурные характеристики пленок ZnO, MgO. Результаты экспериментальных исследований показали, что при температурах, превышающих 473 К на подложке образовывались сплошные нанокристаллические пленки ZnO, которые имели хорошую адгезию к подложке, а также характеризовались отсутствием трещин на поверхности; установлено, что средний размер кристаллитов в конденсатах составлял $D_c=(25-270)$ нм, он рос при увеличении температуры нанесения слоев до 673 К. При этом толщина пленок, которая была определена методом фрактографии, составляла $d = (0,8-1,2)$ мкм; определено, что в дифрактограммах от пленок, полученных при температурах подложки $T_s=640-690$ К, все линии, наблюдавшиеся на них, принадлежат кубической фазе MgO; установлено, что в пленках, полученных при температурах подложки $T_s<640$ К, наблюдались гидроксильные соединения магния.

Бұл жұмыс субстрат температурасының ZnO және MgO пленкаларының құрылымдық және субқұрылымдық сипаттамаларына әсерін зерттеуге арналған. Эксперименттік зерттеулер нәтижелері көрсеткендей 473К-нан жоғары температураларда субстратта қатты адгезиясы бар ZnO нанокристалдық пленкалар қалыптасады және сонымен қатар беткі қабатында жарықшалар болмауымен сипатталды; конденсаттардағы орташа кристаллит мөлшері $DC=(25-270)$ нм болды, оның мөлшері қабаттарды қалыптастырудағы температураны 673К дейін арттырумен қатар өседі. Фракто-

графия әдісімен анықталған пленкалардың қалыңдығы $d = (0,8-1,2)$ мкм болды; субстрат температурасы 640-690K болғанда қалыптасқан қабаттардың дифрактограммаларындағы барлық сызықтар кубтық MgO фазасы екені анықталды; субстрат температурасы $T_s < 640$ K алынған қабаттарда гидроксил магний қосылыстары байқалды.

This paper is devoted to the study of the effect of substrate temperature on the structural and substructural characteristics of ZnO and MgO films. The results of experimental studies showed that at temperatures exceeding 473K, solid ZnO nanocrystalline films were formed on the substrate, which had good adhesion to the substrate, and were also characterized by the absence of cracks on the surface; It was found that the average crystallite size in condensates was $DC = (25-270)$ nm, it grew with an increase in the deposition temperature up to 673 K. The thickness of the films, which was determined by the method of fractography, was $d = (0,8-1, 2)$ μm ; it was determined that in the diffraction patterns of the films obtained at substrate temperatures $T_s = 640-690$ K, all the lines observed on them belong to the cubic MgO phase; It was found that hydroxyl magnesium compounds were observed in films obtained at substrate temperatures $T_s < 640$ K.

Ключевые слова: полупроводниковые пленки, субструктура, морфология поверхности, отжиг.

Как известно, использование твердых растворов $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ вместо традиционного оконного материала СЭ открывает новые возможности для оптимизации границы раздела гетероперехода, поскольку основные свойства оксида (постоянная кристаллической решетки, проводимость, ширина запрещенной зоны, сродство к электрону и т.д.) могут регулироваться путем изменения концентрации Zn в материале. Морфология поверхности, структурные, субструктурные, оптические, термоэлектрические свойства, элементный состав пленок ZnO, нанесенных методом пульсирующего спрей-пиролиза, определяются физико- и химико-технологическими условиями их получения. В случае пленок ZnO наибольшее влияние на такие свойства оказывает температура подложки T_s [1, 2].

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является исследование влияния температуры подложки на структурные и субструктурные характеристики пленок ZnO, MgO.

Пленки ZnO, MgO были получены с помощью лабораторной установки для проведения пульсирующего спрей-пиролиза из начальных прекурсоров. Для нанесения слоев ZnO как прекурсор был взят раствор дигидрат ацетата цинка $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ в дистиллированной воде с концентрацией 0,2 М. Для увеличения степени растворимости прекурсора к исходному раствору добавлялось несколько капель соляной кислоты (HCl, 10% водного раствора), что позволило поддерживать кислотность раствора pH в пределах и избежать образования осадка молекулярных комплексов цинка. При получении пленок MgO в качестве прекурсора использовали 0,2 М раствор гексагидрата хлорида магния $(\text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O})$.

Распыление полученных растворов проводилось на неориентированные стеклянные подложки размером 25x25x1 мм, которые были предварительно очищены в ультразвуковой ванне с помощью этилового и изопропилового спиртов, ацетона и деионизированной воды в течение 10 мин. В случае нанесения пленок ZnO температура подложки составляла в диапазоне $T_s = (473-673)$ K с шагом повышения $\Delta T = 50$ K.

Экспериментальные исследования проводили в научных лабораториях Сумского государственного университета (Украина) и лаборатории инженерного профиля «IPGETAC» ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Электронно-микроскопические снимки поверхности пленок оксида цинка, нанесенных при различных температурах подложки, представлены на рис. 1, из которого видно, что при температурах, превышающих 473 K, на подложке образовывались сплошные нанокристаллические пленки ZnO, которые имели хорошую адгезию к подложке, а также ха-

рактизовались отсутствием трещин на поверхности. Средний размер кристаллитов в конденсатах составлял $D_c=(25-270)$ нм (рис. 1, *з, вставка*), он рос при увеличении температуры нанесения слоев до 673 К. При этом толщина пленок, которая была определена методом фрактографии, составляла $d = (0,8-1,2)$ мкм.

Дифрактограммы от пленок ZnO, нанесенных при разных температурах подложки, представлены на рис. 2, *а*, из которого видно, что на дифрактограммах от низкотемпературных образцов доминирует дифракционная линия на углах $(35,60-36,10^\circ)$, соответствующая отражению от плоскости (101) гексагональной фазы ZnO. В пленках, полученных при $T_s > 573$ К, доминируют линии на углах $31,80$ и $34,80^\circ$, соответствующие отражениям от кристаллографических плоскостей (100) и (002) соответственно. Анализ дифрактограмм свидетельствует, что образцы являются однофазными и содержат только гексагональную фазу ZnO. Рентгендифрактометрически вторичных фаз и других соединений в слоях обнаружено не было.

Широкозонные полупроводники соединений группы A_2B_6 привлекают повышенное внимание исследователей из-за их уникальных электрофизических и оптических свойств [3]. Оксид магния, который относится к этой группе, является стабильным в сухой атмосфере, имеет кристаллическую структуру типа NaCl, большое значение ширины запрещенной зоны ($E_g=7,3$ эВ), высокую теплопроводность и температуру плавления ($T_m=3125$ К) [4-5].

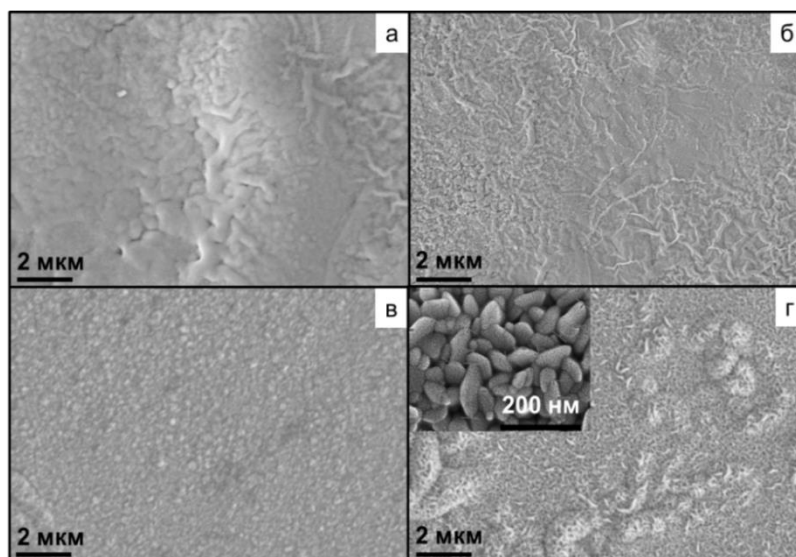


Рисунок 1 - Электронно-микроскопические снимки поверхности пленок ZnO, нанесенных на стеклянные подложки при различной температуре T_s : а - при 473 К; б – при 573 К; в - при 623 К; г - при 673 К. Вставка: изображение с высоким разрешением поверхности пленки, полученной при 673 К

Получают пленки и наноструктуры оксида магния различными методами: импульсным лазерным и термическим испарением, магнетронным и высокочастотным катодным распылением, химическим осаждением из газовой фазы, методом спрей-пиролиза и др. [6]. Но в последнее время при нанесении пленок оксидов металлов все большее внимание стали привлекать безвакуумные методы получения. К ним, в частности, относится метод спрей-пиролиза. Этот метод имеет неоспоримые преимущества при осаждении пленок

оксидов металлов благодаря своей дешевизне и простоте оборудования, большой скорости нанесения слоев, возможности получения пленок на подложках большой площади из разных прекурсоров.

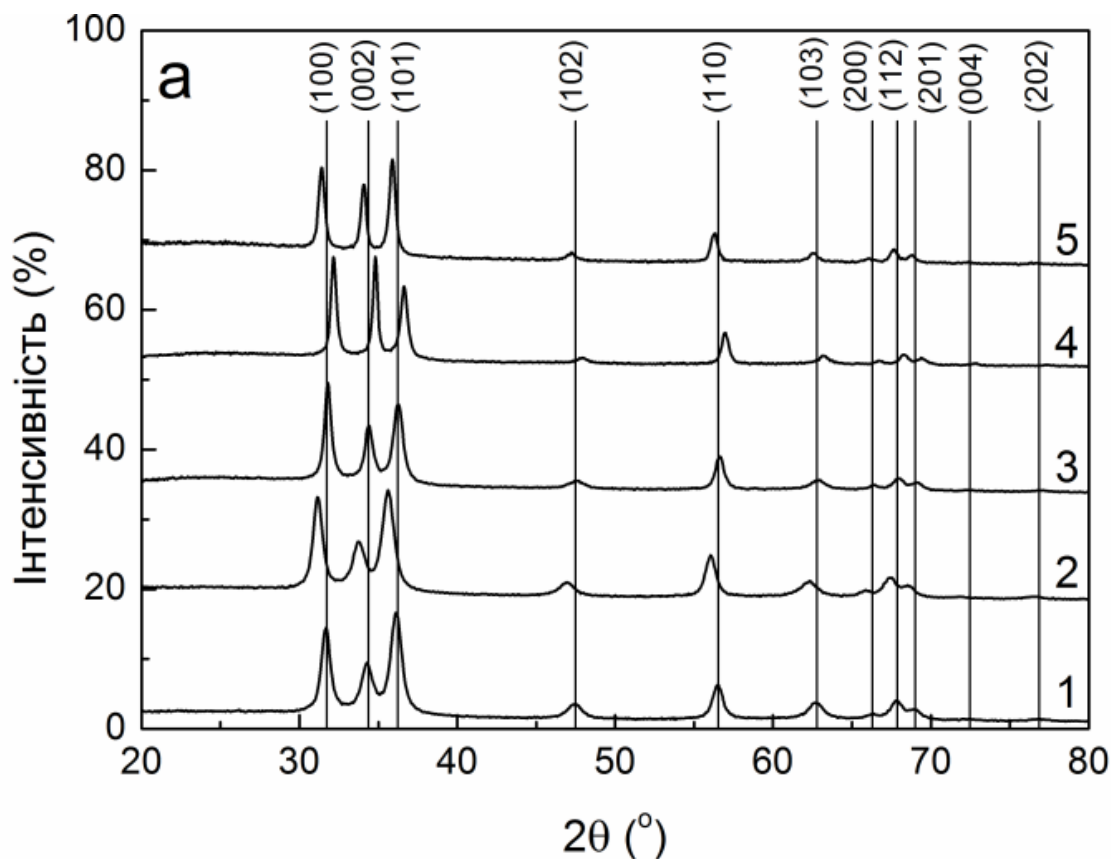


Рисунок 2 - Дифрактограммы от пленок ZnO, полученных при различных температурах подложки T_s : 1 - при 473 К; 2 - при 523 К; 3 - при 573 К; 4 - при 623 К; 5 - при 673 К. Вертикальные линии соответствуют данным карточки базы JCPDS № 01-089-1397

Большинство авторов исследовали структурные, электрические и оптические свойства пленок MgO, полученных методом спрей-пиролиза с использованием прекурсоров на основе ацетата и ацетилацетоната магния [7]. Нами исследовались структурные и субструктурные свойства пленок, синтезированных из раствора хлорида магния.

Электронно-микроскопические снимки поверхности полученных пленок представлены на рис. 3. Их анализ свидетельствует, что пленки имеют поликристаллическую структуру.

Дифрактограммы от пленок, полученных при температурах подложки $T_s=640-690$ К, представлены на рис. 4. Как показал анализ, все линии, наблюдавшиеся на них, принадлежат кубической фазе MgO. Отражение от кристаллографических плоскостей других фаз на рентгенограммах не наблюдалось, это свидетельствует об однофазности образцов (с точностью метода), полученных в исследованном интервале температур. Следует отметить, что в пленках, полученных при температурах подложки $T_s<640$ К, наблюдались гидроксильные соединения магния.

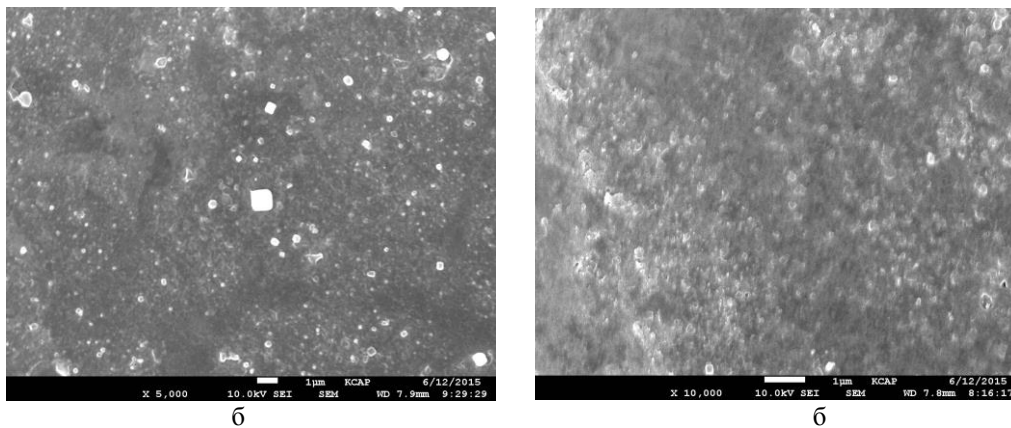


Рисунок 3 - Микроснимки поверхности пленок, полученных при T_s , К: а - при 640 К; б - при 650 К

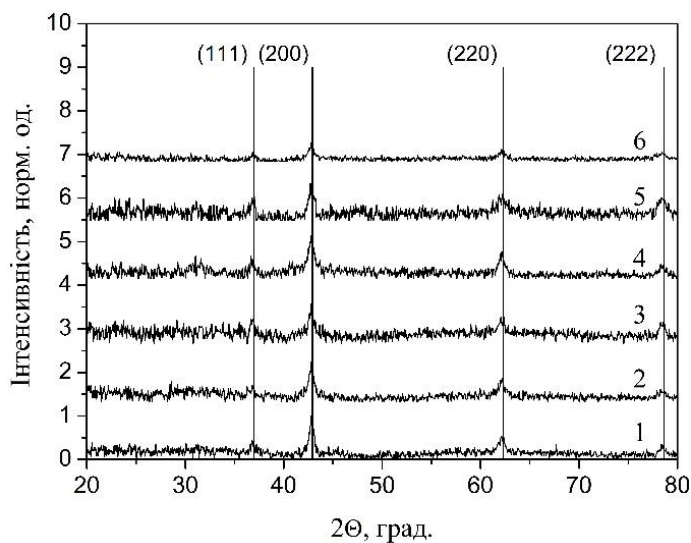


Рисунок 4 - Дифрактограммы образцов, полученных при T_s , К 640 (1), 650 (2), 660 (3), 670 (4), 680 (5) и 690 (6)

Таким образом, на основании полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- установлено, что при температурах, превышающих 473 К, на подложке образовывались сплошные нанокристаллические пленки ZnO, которые имели хорошую адгезию к подложке, а также характеризовались отсутствием трещин на поверхности;
- показано, что средний размер кристаллитов в конденсатах составлял $D_c=(25-270)$ нм, он рос при увеличении температуры нанесения слоев до 673 К; при этом толщина пленок, которая была определена методом фрактографии, составляла $d = (0,8-1,2)$ мкм;
- определено, что в дифрактограммах от пленок, полученных при температурах подложки $T_s=640-690$ К, все линии, наблюдавшиеся на них, принадлежат кубической фазе MgO;
- установлено, что в пленках, полученных при температурах подложки $T_s<640$ К, наблюдались гидроксильные соединения магния.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по теме "Оптимизация структуры и фазового состава соединений Sn_xS_y и $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ для пленочных солнечных элементов третьего поколения" по договору № 104 от 5 марта 2018 года.

Список литературы

1. Ayouchi R. Preparation and characterization of transparent ZnO thin films obtained by spray pyrolysis / R. Ayouchi, D. Leinen, F. Martin [et al.] // Thin Solid Films. – 2003. – V. 426, № 1-2. – P. 68-77.
2. Ashour A. Physical properties of ZnO thin films deposited by spray pyrolysis technique / A. Ashour, M.A. Kaid, N.Z. El-Sayed [et al.] // Appl. Surf. Sci. – 2006. – V. 252, № 22. – P. 7844-7848.
3. Panchal C. J. Structural and substructural properties of the zinc and cadmium chalcogenides thin films (a review) / A.S. Opanasyuk, V.V. Kosyak, M.S. Desai, I.Yu. Protsenko // J. Nano- Electron. Phys. – 2011. – V. 1, № 3. – P. 274.
4. Kim J. Electrical characterization of GaN metal oxide semiconductor diodes using MgO as the gate oxide, GaN and Related Alloys / J. Kim, BP Gila, R. Mehandru et al. // Proc Research Society Symposium. – 2002. – V. 693. – P. 699-713.
5. Ahmad M. A facile one-step approach to synthesizing ZnO/graphene composites for enhanced degradation of methylene blue under visible light //Applied Surface Science. – 2013. – V. 274. – P. 273-281.
6. Ram S. K. Discharge characteristics of plasma display panels with Si-doped MgO protective layers // Thin Solid Films. – 2009. – V. 517. – №. 23. – P. 6252-6255.
7. Kim S. G. Deposition of MgO thin films by modified electrostatic spray pyrolysis method / Kim S. G., Kim J. Y., Kim H. J. // Thin solid films. – 2000. – V. 376. – №. 1-2. – P. 110-114.

Получено 22.10.2018

УДК 621.383.51

А.С. Опанасюк, А.А. Возный

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина

С.В. Плотников, Г.К. Уазырханова

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

СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК SnS_2 ДО И ПОСЛЕ ОТЖИГА

Настоящая работа посвящена исследованию влияния отжига на структуру и морфологию поверхности пленок SnS_2 . Результаты экспериментальных исследований показали, что термический отжиг в вакууме пленок SnS_2 при 773 K в течение 90 мин приводит к уменьшению концентрации серы в слоях и обеспечивает термически-индуцированный фазовый переход $\text{SnS}_2 \rightarrow \text{SnS}$. Уменьшение температуры и времени отжига приводит к смешанному фазовому составу (SnS , SnS_2 и Sn_2S_3) пленок. Показано, что кристаллиты в пленках имеют коническую форму со средней высотой примерно 0,8 мкм для неотожженных и отожженных (S500-90) образцов; определено, что при отжиге пленки при 773 K (S500-90) происходит незначительное снижение шероховатости поверхности образцов от 0,39 мкм (для неотожженной пленки) до 0,32 мкм; показано, что для неотожженной пленки SnS отношение δ атомных концентраций Sn/S_2 составляет 0,49.

Бұл жұмыс SnS_2 пленкасының құрылымы мен морфологиясына күйдірудің әсерін зерттеуге арналған. Эксперименталды зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, 773K кезінде SnS_2 пленкасының вакуумында 90 мин ішінде термиялық күйдіру күкірттің қабаттардағы концентрациясының азаюына алып келеді және $\text{SnS}_2 \rightarrow \text{SnS}$ құрылғысының термиялық-индукцияланған фазалық ауысуын қамтамасыз етеді. Температура мен күйдіру уақыты пленканың аралас фазалық құрамына (SnS , SnS_2

және Sn_2S_3) әкеледі; пленкалардағы кристаллдардың күйдірілмеген және күйдірілген (S500-90) үлгілер үшін орташа биіктігі шамамен 0,8 мкм болатын коникалық нысаны бар екендігі көрсетілген; 773K (S500-90) кезінде пленканы сығу кезінде үлгілер бетінің кедір-бұдырлығының 0,39 мкм (күйдірілмеген үлгі үшін) 0,32 мкм-ге дейін шамалы төмендеуі анықталғаны; SnS күйдірілмеген үлгі үшін Sn/S_2 δ атом концентрациясының қатынасы 0,49 құрайтыны көрсетілген.

This work is devoted to the study of the influence of annealing on the structure and morphology of the surface of SnS_2 films. The results of experimental studies have shown that thermal annealing of SnS_2 films in vacuum at 773K for 90 min leads to a decrease in the sulfur concentration in the layers and provides a thermally induced $\text{SnS}_2 \rightarrow \text{SnS}$ phase transition. While reducing the temperature and annealing time leads to a mixed phase composition (SnS , SnS_2 и Sn_2S_3) of the films; it is shown that crystallites in films have a conical shape with an average height of about 0.8 microns for non-annealed and annealed (S500-90) samples; it is determined that during film annealing at 773K (S500-90) there is a slight decrease in the surface roughness of the samples from 0.39 microns (for non-annealed film) to 0.32 microns; it is shown that for non-annealed film SnS the ratio δ of atomic concentrations Sn/S_2 is 0.49.

Ключевые слова: полупроводниковые пленки, субструктура, морфология поверхности, отжиг.

Бинарная система Sn_xS_y имеет значительный научный и промышленный потенциал, поскольку может служить перспективным кандидатом для создания целого ряда опто-электронных устройств, таких как фотоприемники, солнечные элементы (СЭ), тонкопленочные транзисторы и т.д. [1-2]. В частности, ширина запрещенной зоны соединения SnS ($E_g=1,3$ эВ) близка к оптимальной для эффективного преобразования солнечной энергии, одновременно полупроводниковый материал не содержит редких (In, Ga) и экологически опасных (Cd) элементов, входящих в состав традиционных поглощающих слоев СЕ - CdTe и Cu(In,Ga)Se_2 (CIGS). Несмотря на все преимущества соединения SnS , максимальная эффективность СЭ на основе сульфида олова в наше время составляет только 4,4%. Такой низкий КПД объясняется неудовлетворительным структурным качеством синтезируемого материала, большим количеством дефектов различного типа в материале, присутствием включений вторичных фаз, границы с которыми являются эффективными рекомбинационными центрами для генерируемых светом неравновесных носителей заряда.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является исследование морфологии поверхности и химического состава пленок SnS_2 до и после отжига, а также структуры отожженных образцов.

Полупроводниковые пленки SnS , SnS_2 были получены с использованием установки ВУП-5М при давлении остаточных газов в вакуумной камере не более $5 \cdot 10^{-3}$ Па на стеклянных подложках с нанесенным токопроводящим слоем $(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9} - (\text{SnO}_2)_{0,1}$ (ITO). Подложки перед осаждением пленок предварительно очищались с помощью изопропилового спирта в ультразвуковой ванне. Послеростовый отжиг образцов проводился в вакууме при температурах 573, 673, 773, 873 К (300, 400, 500 и 600 °С) в течение 30, 60 и 90 мин для каждой из температур. Вакуум во время термической обработки образцов составлял 10^{-4} Па. Морфология поверхности пленок изучалась с помощью автоэмиссионного сканирующего электронного микроскопа FEI Nova NanoSEM 650. Фазовый анализ полупроводниковых пленок проводился с использованием рентгеновского дифрактометра Rigaku Ultim + при K_α -излучении медного анода.

Экспериментальные исследования проводили в научных лабораториях Сумского государственного университета (Украина) и лаборатории инженерного профиля «ІРГЕТАС» ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Результаты исследования показали, что полученные пленки имели желтый цвет, что характерно для материала SnS_2 [3]. Отжиг образцов приводит к изменению цвета пленок. Например, образец SnS_2 S400-90 (SnS_2 , отожженной при промежуточной температуре)

имел темно-коричневый цвет, а образцы S500-30, S500-60 и S500-90 (отожженные при более высокой температуре) были черными, что характерно для соединений SnS [3]. Дальнейшее повышение температуры отжига до 873 К (образец S600-30) приводит к испарению тонкой пленки из субстрата даже в течение 30 минут отжига [4].

SEM- и AFM-изображения полученных образцов приведены на рис. 1, из которого следует, что неотожженная пленка состоит из пластинчатых зерен со средним размером 2 мкм. Толщина зерен менее 100 нм. Отжиг пленок SnS₂ при 573 К (S300-30, S300-60 и S300-90), а также отжиг при 673 К (S400-30 и S400-60) не приводит к каким-либо изменениям морфологии поверхности. Однако образец S400-90 имеет на поверхности пленки едва заметные нанопоры. Дальнейшее повышение температуры отжига до 773 К (S500-30, S500-60 и S500-90) приводит к образованию четкой нанопористой структуры (рис. 1, *d*), хотя форма и размер зерен после отжига не изменяется. Поперечные сечения неотожженного образца и образца после отжига S500-90 (рис. 1, *b*, *e*) показывают, что кристаллиты в пленке ориентированы перпендикулярно подложке [5]. Толщина исследованных слоев составляет около 4 мкм. Поперечное сечение образца S500-90 (рис. 1, *e*) указывает на нанопористую структуру по всей глубине пленки. Это может быть связано с испарением серы в процессе отжига образцов [6].

Исследования с использованием AFM микроскопа позволили установить, что кристаллиты в пленках имеют коническую форму со средней высотой примерно 0,8 мкм для неотожженных и отоженных (S500-90) образцов соответственно (рис. 1, *c*). Кроме того, было обнаружено незначительное снижение шероховатости поверхности образцов от 0,39 мкм (для неотожженной пленки) до 0,32 мкм при отжиге пленки при 773 К (S500-90). Благодаря эффекту естественного захвата света такое значение шероховатости поглощающего слоя подходит для создания высокоэффективных солнечных батарей на их основе [7].

Измерения с использованием метода EDS показывают, что для неотожженной пленки SnS отношение δ атомных концентраций Sn / S₂ составляет 0,49 (вставка на рис. 1, *a*). Это значение хорошо согласуется с эталонным стехиометрическим составом SnS₂ [8]. Выявлено, что значение δ для образца S400-90 составляет 0,63, что свидетельствует об уменьшении концентрации серы в материале, обогащенном Sn (Sn₂S₃ и SnS), вследствие его испарения.

Для образцов S500-30, S500-60 и S500-90 (рис. 1, *d*, *вставка*) получен почти стехиометрический химический состав материала SnS [9] с $\delta = 0,96$. Эти результаты указывают на то, что после термического отжига пленок SnS₂ при температуре 773 К происходит термически индуцированный фазовый переход SnS₂-SnS [6].

Дифрактограммы от неотожженных и отоженных образцов представлены на рис. 2. Чтобы избежать неправильной интерпретации пиков рентгенодифрактограм от пленок Sn_xS_y, были также получены рентгеноструктурные спектры ИТО, нанесенного на стеклянную подложку (рис. 2). Из рис. 2 видно, что на дифрактограммах обнаруживаются отражения от кристаллографических плоскостей (001), (100), (101), (110) и (111) гексагональной фазы SnS₂ [10].

Наличие каких-либо вторичных фаз в пленке не выявлено. Установлено, что в исследованных слоях наблюдается текстура (001). Следует отметить, что такая же текстура также наблюдается в тонких пленках SnS₂, полученных термическим вакуумным испарением и методами химического осаждения с использованием плазмы [11].

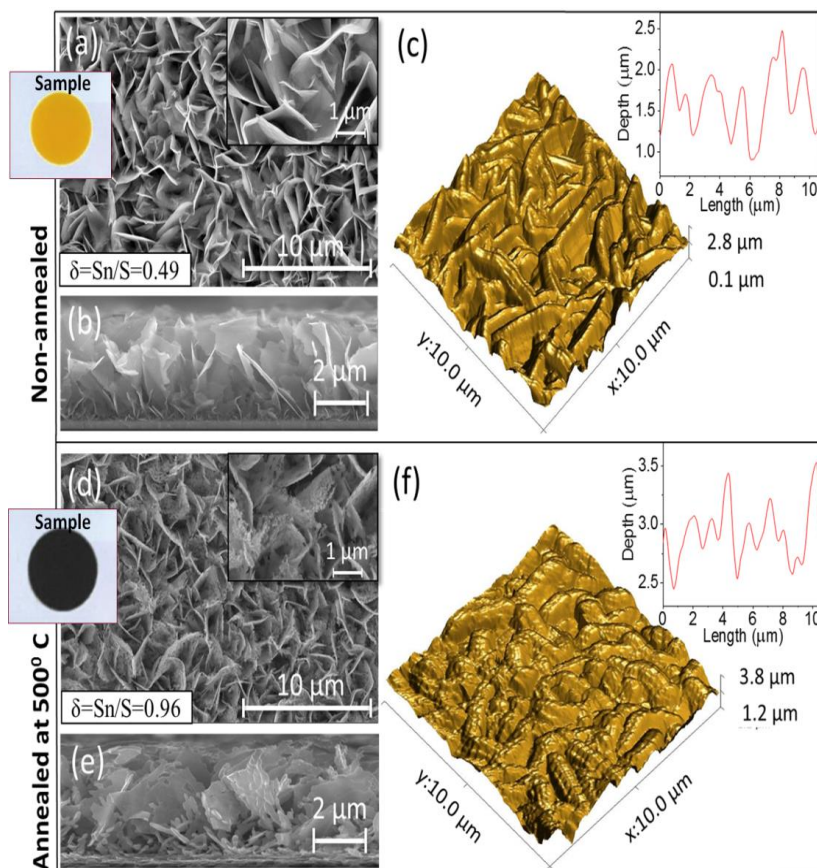


Рисунок 1 - Поверхностная и поперечная морфология образцов: а - изображение поверхности неотожженного образца; б - поперечное сечение; в - 3D-топография AFM с ее профилем; д - изображение поверхности образца S500-90; е - поперечное сечение; ф - 3D-топография AFM с его профилем. Вставки: химический состав ($\delta = \text{Sn} / \text{S}$), измеренный с помощью EDS

Отжиг образцов при температурах ниже 400 °C (S300-30, S300-60 и S300-90) не приводит к каким-либо существенным изменениям на дифрактограммах по сравнению с неотожженными пленками SnS_2 . Дифрактограмма образца S400-90 (рис. 2, с) содержит интенсивные отражения от плоскостей орторомбической фазы Sn_2S_3 [12] и плоскостей (211) и (160) орторомбической фазы SnS [13].

Исследование структуры образца S500-30 свидетельствует о значительном изменении его фазового состава после отжига (рис. 2, d), а именно на дифрактограммах наблюдались отражения от кристаллографических плоскостей (110), (120), (021), (131), (210), (211), (122), (042) и (251) SnS . В то же время в спектре было обнаружено лишь одно отражение от плоскости (001) фазы SnS_2 . Таким образом, происходит термически-индуцированный фазовый переход от гексагональной фазы SnS_2 к орторомбической SnS . Дальнейшее увеличение времени отжига до 60 мин (S500-60) приводит к уменьшению интенсивности линии (001), связанной с SnS_2 (рис. 2, e). Наконец, образец S500-90 состоит из чистой фазы SnS , соответственно на дифрактограмме пики фазы SnS_2 не наблюдаются (рис. 2). Стоит также отметить, что высокая интенсивность линий SnS с низким уровнем фона на рентгенограммах указывает на высокое качество полученных пленок сульфита олова [4, 6].

Нами были также рассчитаны параметры решетки материала неотожженных пленок и образца S500-90. Параметры решетки неотожженного образца ($a=0,365$ нм и $c=0,586$ нм) хорошо согласуются с эталонными данными для SnS_2 [10]. Постоянные решетки образца S500-90 ($a=0,430$ нм, $b=1,117$ нм и $c=0,398$ нм) также хорошо совпадают со справочными данными для SnS [13].

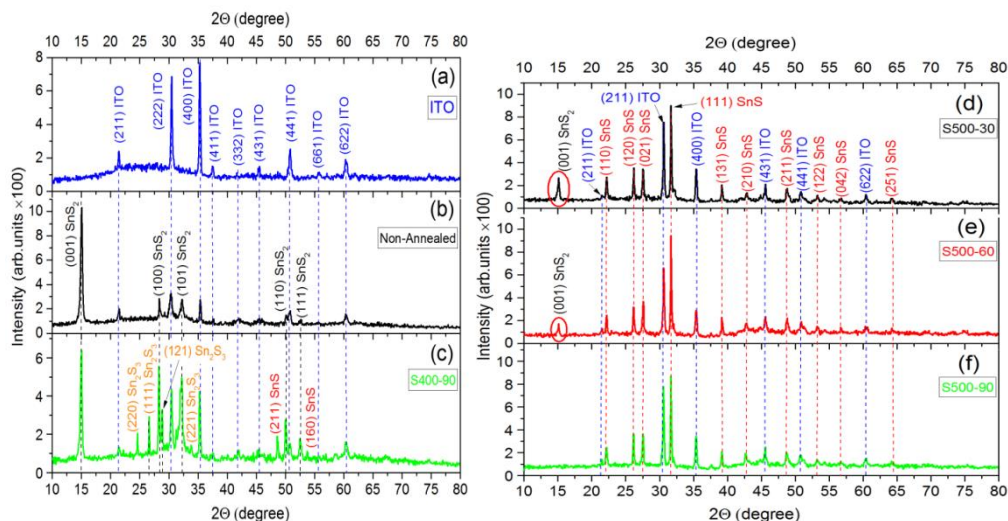


Рисунок 2 - Дифрактограммы от пленок: стеклянная подложка с покрытием ITO (a) неотожженный образец (b); образцы после отжига S400-90 (c), S500-30 (d), S500-60 (e) и S500-90 (f)

Таким образом, на основании полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- установлено, что термический отжиг в вакууме пленок SnS_2 при 773 К в течение 90 мин приводит к уменьшению концентрации серы в слоях и обеспечивает термически-индуцированный фазовый переход $\text{SnS}_2 \rightarrow \text{SnS}$, в то время как уменьшение температуры и времени отжига приводит к смешанному фазовому составу (SnS , SnS_2 и Sn_2S_3) пленок;
- показано, что кристаллиты в пленках имеют коническую форму со средней высотой примерно 0,8 мкм для неотожженных и отожженных (S500-90) образцов;
- определено, что при отжиге пленки при 773 К (S500-90) происходит незначительное снижение шероховатости поверхности образцов от 0,39 мкм (для неотожженной пленки) до 0,32 мкм;
- показано, что для неотожженной пленки SnS отношение δ атомных концентраций Sn / S_2 составляет 0,49;
- установлено, что значение δ для образца S400-90 составляет 0,63, что свидетельствует об уменьшении концентрации серы в материале, обогащенном Sn (Sn_2S_3 и SnS), вследствие его испарения.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по теме "Оптимизация структуры и фазового состава соединений Sn_xS_y и $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ для пленочных солнечных элементов третьего поколения" по договору № 104 от 5 марта 2018 года.

Список литературы

1. Sánchez-Juárez A. Fabrication of SnS₂ / SnS heterojunction thin film diodes by plasma-enhanced chemical vapor deposition / A. Tiburcio-Silver, A. Ortiz // Thin Solid Films. - 2005. - V. 480-481. - P. 452-456.
2. George J. Absorption edge measurements in tin disulphide thin films / J. George, K.S Joseph// J. Phys. D Appl. Phys. - 2000. - V. 15. - P. 1109-16.
3. Burton L.A. Synthesis, Characterization, and Electronic Structure of Single-Crystal SnS, Sn₂S₃, and SnS₂ / L.A. Burton, D. Colombara, R.D. Abellon [et al.] // Chem. Mater. - 2013. - V. 25. - P. 4908-4916.
4. Возний А.А., Косяк В.В., Подопрігора О.О., Опанасюк А.С. Термічно-індукований фазовий перехід у плівках Sn_xS_y // Конференція молодих вчених з фізики напівпровідників "Лашкарівські читання 2017", Київ, 5-7 квітня 2017 р
5. S. Kodigala, Thin Film Solar Cells From Earth Abundant Materials, Elsevier, 2013. <https://www.elsevier.com/books/thin-film-solar-cells-from-earth-abundant-materials/kodigala/978-0-12-394429-0>.
6. Kosyak V., Voznyi A., Grase L., Vecstaudža J., Onufrijevs P., Yeromenko Y., Opanasyuk A. Formation of SnS phase obtained by thermal vacuum annealing of SnS₂ thin films and its application in solar cells, Materials Science in Semiconductor Processing. – 2018. – V.79, №1. – P. 32-39.
7. Z. Jehl, F. Erfurth, N. Naghavi, L. Lombez, et al Influence of the surface roughness on CIGS-based solar cell parameters, in: 25th Eur. Photovolt. Sol. Energy Conf. Exhib. / 5th World Conf. Photovolt. Energy Conversion, 6-10 Sept. 2010, Val. Spain, 2010: pp. 3428–3431.
8. R.C. Sharma, The S–Sn (Sulfur-Tin) system / R.C. Sharma, Y.A. Chang // Bull. Alloy Phase Diagrams. – 1986. – P. 269–273.
9. K. Tulasi, Thickness Effect on the Structural and Optical Properties of SnS₂ Films Grown by CBD Process / K. Tulasi, R. Reddy, G. Sreedevi, R.W. Miles // J. Mater. Sci. Eng. A. – 2013. – № 3. – P. 182–186.
10. SnS₂ PDF-2 card no. 00-001-1010., n.d.
11. S. Wang, Influence of the deposition parameters on the properties of SnS₂ films prepared by PECVD method combined with solid sources / S. Wang, J. Chen, P. Liu, M. Chen, H. Xiong, F. Guo, M. Liu // J. Nanoparticle Res. – 2014. – V. 16. – P. 2610.
12. Sn₂S₃ PDF-2 card no. 00-014-0619, n.d.
13. SnS PDF-2 card no. 00-014-0620., n.d.

Получено 22.10.2018

МРНТИ 50.41.25

С.Ж. Рахметуллина, А.Ж. Бугубаева

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

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

В данной статье рассмотрены результаты использования технологии Data Mining для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха и визуализации результатов. В результате решения задачи прогнозирования на основе особенностей исторических данных оцениваются пропущенные или же будущие значения целевых численных показателей. Для решения задачи применен метод обучения нейронной сети.

Бұл мақалада ауаның ластануын алдын ала болжау және нәтижелерді бейнелеу үшін Data Mining технологиясын пайдаланудың нәтижелері қарастырылған. Тарихи деректемелер ерекшеліктері негізінде болжауды шешу міндеттерінің нәтижесі жіберілген немесе болашақ

мақсаттық сандық көрсеткіштермен бағаланады. Мәселені шешу үшін нейрондық желіде оқыту әдісі қолданылды.

This article uses Data Mining technology to predict and visualize air pollution. Because of solving the forecasting problem, the missing or future values of the target numerical indicators are estimated based on the features of the historical data. A neural network training method was applied, to solve the problem.

Ключевые слова: Data Mining, атмосферное загрязнение, прогнозирование, нейронная сеть.

Как известно, качество воздуха в промышленных городах формируется в результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов. Естественная топография местности и климатические параметры (температура воздуха, скорость ветра, солнечная радиация, осадки, приземные и приподнятые инверсии, застойные ситуации в атмосфере) являются важными условиями, создающими климат качества воздуха и предпосылки эпизодов высокого загрязнения.

Оценка состояния атмосферного воздуха рассмотрена на примере города Усть-Каменогорска, оценка выполняется Центром экологической безопасности на основе анализа статистической информации Департамента статистики ВКО, информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды РГП «Казгидромет» Республики Казахстан.

Город Усть-Каменогорск характеризуется наличием большого числа техногенных загрязнителей, среди которых можно выделить промышленные предприятия, транспорт, автозаправки, частный сектор. Среди промышленных предприятий главными загрязнителями являются ТОО «Казцинк», ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ», ТОО «Согринская ТЭЦ» АО УМЗ, АО УК ТМК. Экологическая роль их неодинакова, так как неодинакова степень воздействия на различные природные среды. Экологическая ситуация усугубляется суммацией воздействия техногенных факторов различных производств и возросшим в последнее время влиянием автотранспорта, а также физико-географическим расположением города Усть-Каменогорска в замкнутой котловине [1].

Атмосфера города испытывает влияние от широкого спектра химических загрязнений, выбрасываемых предприятиями (диоксид серы, диоксид азота, хлор, оксид углерода, фенол, формальдегид, мышьяк, взвешенные вещества и др.). Государственный мониторинг за состоянием атмосферного воздуха г. Усть-Каменогорска осуществляет филиал «Казгидромет» по ВКО 3 раза в сутки (7, 13 и 19 часов местного времени), за исключением воскресных и праздничных дней. Отбор проб воздуха проводится на 9 постах по следующим веществам: диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота, фенолу, взвешенным веществам, хлору, серной кислоте, формальдегиду, мышьяку и свинцу (рис. 1).

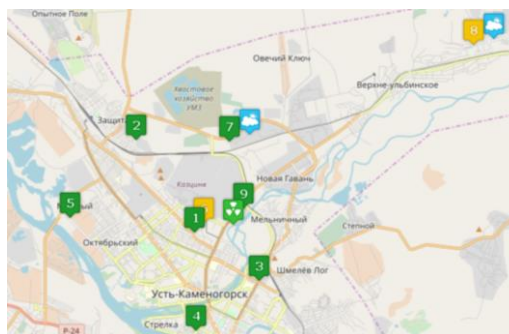


Рисунок 1 - Схема расположения постов наблюдений атмосферного воздуха в городе Усть-Каменогорске

Важнейшим фактором, влияющим на НМУ, является инерционный фактор, то есть если в предыдущий день концентрации были велики, то, как правило, в текущий день загрязнение тоже повышено. Большую роль играет и физико-географическое расположение города Усть-Каменогорска в замкнутой котловине, которое не способствует рассеиванию загрязняющих веществ, выбрасываемых промышленными предприятиями, котельными установками, автотранспортом и частным сектором [2]. Большое влияние на загрязнение атмосферного воздуха оказывают случаи, когда скорость ветра не превышает 1 м/с, так называемые «штилевые условия». Случаи застоя воздуха также оказывают большое значение на загрязнение атмосферного воздуха.

Таким образом, целью данной статьи является применение технологии Data Mining для прогнозирования и визуализации загрязнения атмосферного воздуха города Усть-Каменогорска. В результате решения задачи прогнозирования на основе особенностей исторических данных оцениваются пропущенные или же будущие значения целевых численных показателей. Для решения таких задач широко применяются методы математической статистики, нейронные сети и др. В результате визуализации создается графический образ анализируемых данных. Для решения задачи визуализации используются графические методы, показывающие наличие закономерностей в данных [3].

В целом по городу по данным стационарных постов государственного мониторинга, осуществляемого филиалом РГП «Казгидромет» по ВКО, вычисляются среднесуточные концентрации: диоксида азота, диоксида серы, пыли (взвешенных частиц), оксида углерода, мышьяка и его неорганических соединений, фенола, серной кислоты и сульфатов, формальдегида, хлора, озона, бенз(а)пирена, свинца, кадмия, цинка, меди, бериллия. Таким образом, имеются данные о среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ за несколько лет.

Для сбора и преобразования данных использована платформа Deductor, поставщиком которой является компания BaseGroup Labs. Реализованные в Deductor технологии позволяющие на базе единой архитектуры пройти все этапы построения аналитической системы: от консолидации данных до построения моделей и визуализации полученных результатов [4].

В платформу Deductor встроены наиболее востребованные алгоритмы обработки данных: от простых форм до методов машинного обучения. Применительно к нашей предметной области будем использовать такой алгоритм обработки данных, как спектральная обработка.

Спектральная обработка наиболее часто применяется для предварительной подготовки данных в задачах прогнозирования, т.к. позволяет сделать временной ряд более гладким, благодаря чему полученная прогнозная модель обладает высокими обобщающими качествами [5]. Обработанные данные по выбросам диоксида азота, после выполнения процесса обработки построена диаграмма (рис. 2).

Как видно из диаграммы, данные стали более сглаженными и могут служить для дальнейшей обработки. Взглянув на данные, легко понять общую тенденцию.

Основу методов Data Mining составляют всевозможные методы классификации, моделирования и прогнозирования, основанные на применении деревьев решений, искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, эволюционного программирования и т.д. Выбор метода прогнозирования зависит от многих факторов, в том числе от параметров прогнозирования. Выбор метода следует производить с учетом всех специфических особенностей набора ретроспективных данных и целей, с которыми он строится [6].

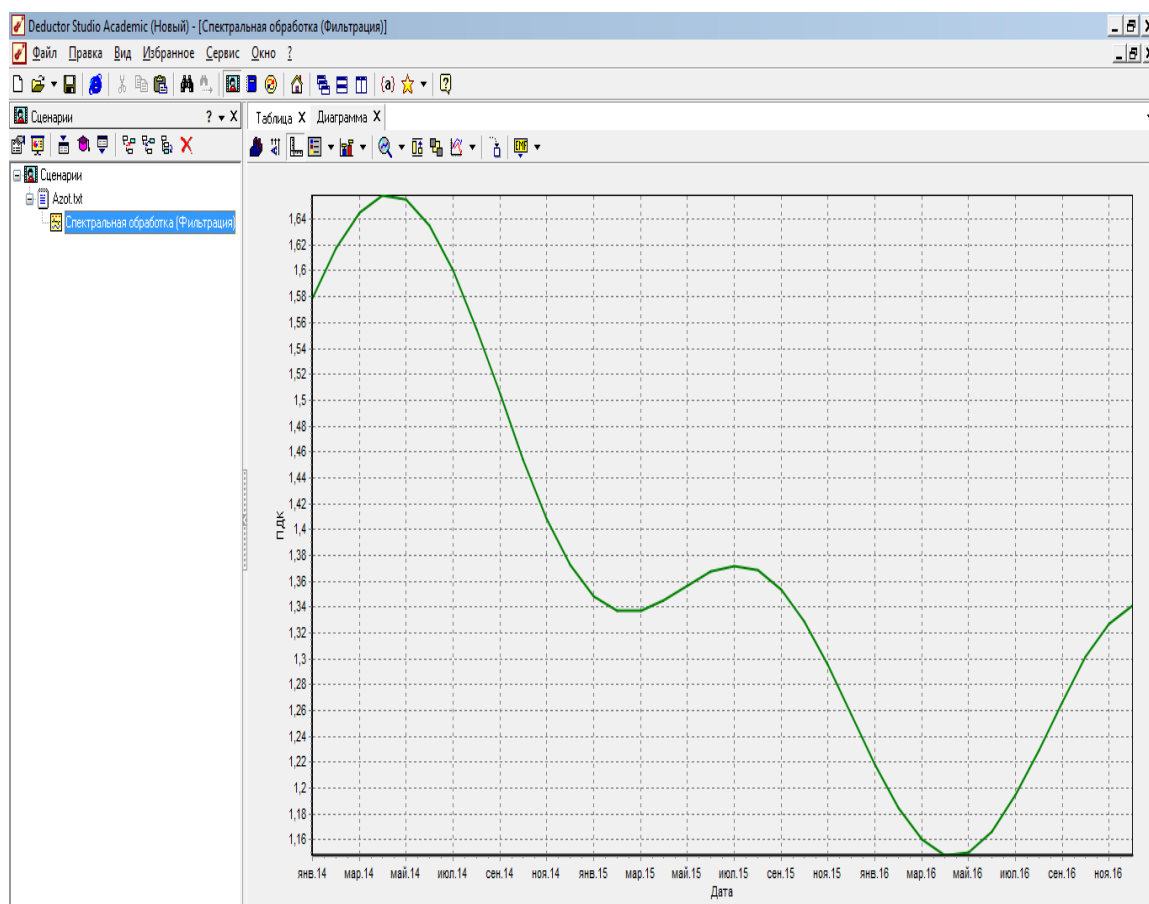


Рисунок 2 - Диаграмма средней месячной концентрации диоксида азота за 2014-2016 годы (с.с. ПДК)

Программное обеспечение Data Mining, используемое для прогнозирования, обеспечивает пользователя точным и достоверным прогнозом. Однако получение такого прогноза зависит не только от программного обеспечения и методов, заложенных в его основу, но также и от других факторов, среди которых полнота и достоверность исходных данных, своевременность и оперативность их пополнения, квалификация пользователя [7]. В качестве метода решения поставленной задачи использованы нейронные сети.

Платформа Deductor включает в себя инструмент "Прогнозирование", который позволяет, основываясь на имеющихся данных о помесечном количестве выбросов загрязняющих веществ за несколько лет, определить, какое количество будет выброшено через месяц и через два. Прогноз на будущее построен, основываясь на данных прошлых периодов, т. е. предполагая, что количество выбросов на следующий месяц зависит от количества выбросов за предыдущие месяцы. Это значит, что входными факторами для модели служат выбросы за текущий месяц, выбросы за месяц ранее и т.д., а результатом являются выбросы за следующий месяц.

После построения модели для просмотра качества обучения полученные данные представляются в виде диаграммы и диаграммы рассеяния (рис. 3, 4). Диаграмма рассеяния более наглядно показывает качество обучения.

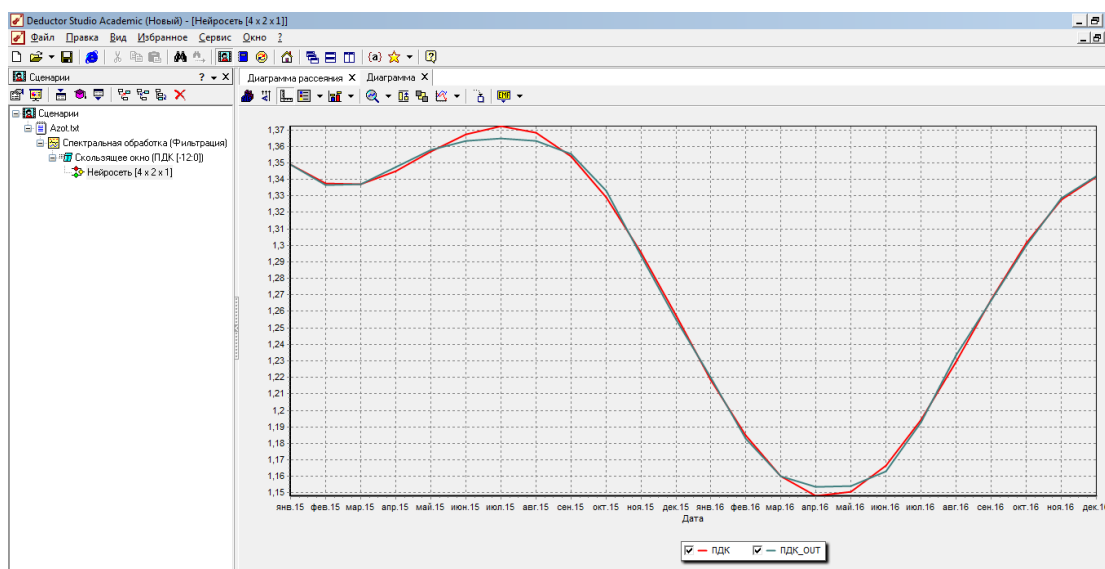


Рисунок 3 - Диаграмма концентрации загрязняющего вещества (с.с. ПДК) с графиками до и после обучения нейронной сети

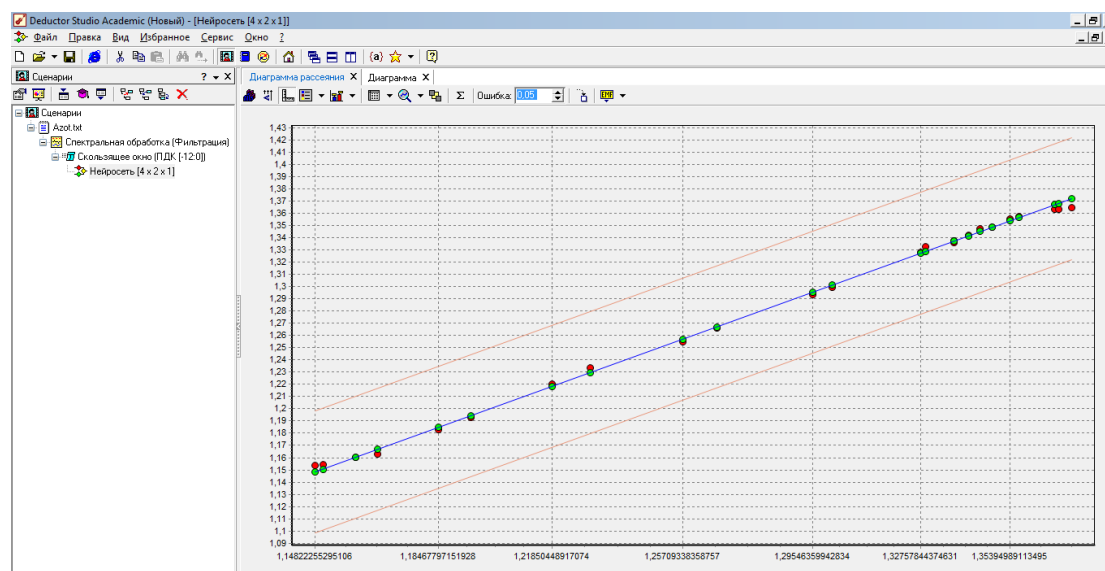


Рисунок 4 - Диаграмма рассеяния

После обучения нейронной сети получили требуемый прогноз. В качестве визуализатора была использована "Диаграмма прогноза" (рис. 5). Также была составлена диаграмма средней месячной концентрации диоксида азота за 2015-2017 гг. (с.с. ПДК) (рис. 6), из которой видно, что прогноз (рис. 5) имеет некоторую погрешность. Это связано с тем, что для анализа были использованы данные только по объёму загрязняющих веществ без учета метеорологических данных. Далее для увеличения точности прогноза планируется обучать нейросеть с учетом метеорологических параметров.

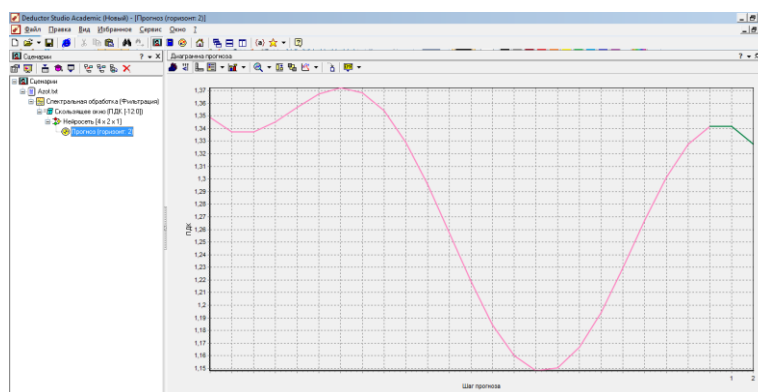


Рисунок 5 - Диаграмма прогноза концентрации загрязняющего вещества (с.с. ПДК) на 2 месяца вперед

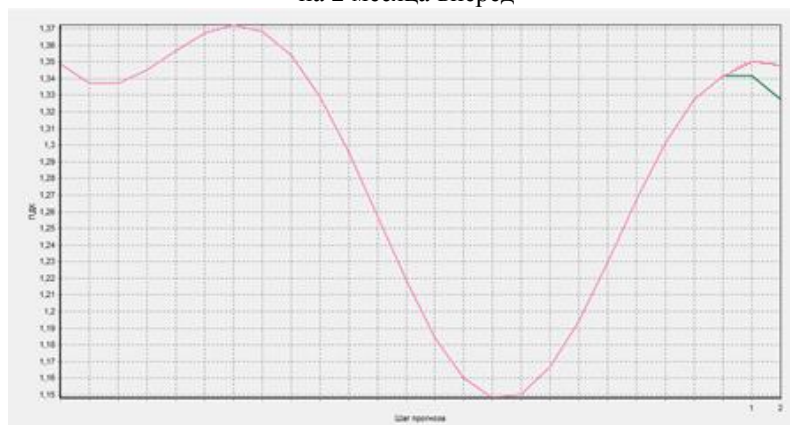


Рисунок 6 - Диаграмма средней месячной концентрации диоксида азота за 2015-2017 г.г. (с.с. ПДК)

Таким образом, современные методы интеллектуального анализа данных позволяют находить закономерности, которые могут быть с успехом использованы для целей экологического мониторинга. Их применение позволит повысить эффективность контроля и защиты атмосферного воздуха от загрязнений. Исследование возможности комбинирования методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных и объединение их в единую систему способно обеспечить более высокую точность оценки и прогноза экологической ситуации. Результаты работы системы прогнозирования качества атмосферного воздуха могут быть использованы для принятия управленческих решений природоохранными органами.

Работа поддержана грантом научного проекта МОН РК по договору № 132 от 12 марта 2018 (№ AP05135992).

Список литературы

1. Турганбаев Е.М. Разработка информационно-моделирующей технологии для мониторинга атмосферного загрязнения / Е.М. Турганбаев, А.Ж. Бугубаева // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – Усть-Каменогорск. – 2011. - № 4. – 199 с.
2. Рахметуллина С.Ж. Разработка математического обеспечения системы мониторинга атмос-

- ферного загрязнения / С.Ж. Рахметуллина, А.Ж. Бугубаева // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. - Усть-Каменогорск. – 2012. – № 2. — 107 с.
3. Дюк В.А. Data Mining: Учеб. курс / В.А. Дюк, А.П. Самойленко. – СПб.: Питер, 2001. – 43 с.
 4. www.bipartner.ru/software/deductor.
 5. <https://basegroup.ru/deductor/function/algorithm/spectral>.
 6. Горбачев С.В. Нейронечеткие методы в интеллектуальных системах обработки и анализа многомерной информации / С.В. Горбачев, В.И. Сырякин // Национальный исследовательский Томский государственный университет. – Томск, 2014.
 7. Jiawei Han, Micheline Kamber "Data Mining: Concepts and Techniques" Series Editor Morgan Kaufmann Publishers, August 2000.

Получено 22.10.2018

УДК 621.03

Р.Е. Сакенова, Н.К. Ердубаева, Д. Ерболатулы

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

О.Д. Погребняк

Сумский государственный университет, Украина

Р.Б. Абылкалыкова

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

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ MoN(MoZr) ZrN

В работе представлены результаты экспериментальных исследований многослойных покрытий MoN(MoZr)ZrN, полученных методом вакуумно-дугового испарения катодов в установке «Буллат-6». В качестве подложки были использованы полированные образцы из нержавеющей стали A570 Grade с шероховатостью Ra до 0,09 мкм. После нанесения многослойных покрытий данные рентгеноструктурного анализа и растровой электронной микроскопии показали формирование в приповерхностных слоях фаз ZrN(111), ZrN(311), ZrN(400), ZrN(331), Mo₂N(111), Mo₂N(200).

Бұл жұмыста «Буллат-6» құрылғысының көмегімен вакуумды-доғалық әдіс бойынша алынған MoN(MoZr)ZrN көпқабатты жабынды эксперименталдық зерттеудің нәтижесі ұсынылған. Төсеніш ретінде Ra кедір-бұдырлығы 0,09 мкм дейін A570 Grade тот баспайтын болаттан жасалған жылтыратылған үлгілер пайдаланылды. Көп қабатты жабындармен жапқаннан кейін рентгенқұрылымдық талдау және растрлық электрондық микроскопия көрсеткіштері ZrN (111), ZrN(311), ZrN(400), ZrN(331), Mo₂N(111), Mo₂N(200) фазалардың үстіңгі қабаттарында түзілетіндігін көрсетті.

The article presents the results of experimental studies of multilayer coatings MoN (MoZr) ZrN, obtained by vacuum-arc evaporation of cathodes in the installation Bulat-6. Polished A570 Grade stainless steel samples with a Ra roughness of up to 0.09 μ m were used as the substrate. After deposition of multilayer coatings, X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy revealed the formation of ZrN (111), ZrN (311), ZrN (400), ZrN (331), Mo₂N (111), Mo₂N (200) phases in the near-surface layers.

Ключевые слова: многослойные покрытия, катодная дуга, микроструктура, двухфазное состояние, вакуумно-дуговой метод.

Известно, что многие эксплуатационные характеристики металлических материалов, такие как коэффициент трения, износостойкость и коррозионная стойкость, усталостная прочность, зависят от структуры и физико-механических свойств поверхностного слоя материала. Качество поверхности материала определяет многие свойства, так как часто разрушение изделий начинается именно с его поверхности. Поэтому оптимизация по-

верхностных структур имеет большое значение для улучшения срока эксплуатации материалов. В этой связи большой интерес представляют методы, обеспечивающие модификацию металлических поверхностей, основанные на нанесении на них покрытий с нанокристаллической структурой. Анализ научных публикаций свидетельствует о том, что использование вакуумно-дуговых, магнетронных установок в качестве источников высокоионизированных, возбужденных атомов и соединений металлов позволяет создавать микрокристаллические и нанослойные покрытия на поверхности различных изделий и тем самым улучшать эксплуатационные свойства материалов [1-5].

Многослойные наноструктурные покрытия широко используются в современной технике для улучшения функциональных свойств. Получение защитных покрытий различными методами осаждения (CVD, PVD, магнетронное распыление) с ионно-стимулирующим испарением позволяет решать всевозможные проблемы в промышленных отраслях путем снижения коэффициента трения и увеличения износостойкости, а также усталостной прочности и защиты от коррозии [6-12]. Среди этих разновидностей упрочняющих технологий особое место занимают методы вакуумно-дугового осаждения, которые позволяют получать покрытия в среде с высокой температурой и давлением, используемые в агрессивных средах при интенсивном износе [13-15].

Нитридные покрытия на основе переходных металлов широко используются в современном материаловедении из-за их исключительных физических и трибологических свойств, таких как высокая твердость, высокая температура плавления, хорошая химическая и физическая стабильность и т.д. Типичными областями применения таких материалов являются защита от износа, коррозии и абразивности. Наиболее широко изученными однослойными покрытиями являются TiN, CrN, Mo₂N и ZrN, но свойства этих покрытий недостаточно хороши для современных требований в материаловедении. Уже доказано, что многослойные покрытия демонстрируют лучшие свойства, в том числе магнитные и электрические [16, 17], по сравнению с однослойными [18, 19].

Целью настоящей работы является получение многослойных покрытий MoN(MoZr)ZrN методом вакуумно-дугового осаждения, а также изучение влияния технологических параметров осаждения на формирование структуры приповерхностных слоев образца.

В качестве материала были выбраны многослойные покрытия на основе MoN(MoZr)ZrN, в качестве катода - молибден, цирконий. Для осаждения использовались полированные подложки из нержавеющей стали A570 Grade с шероховатостью поверхности Ra до 0,09 мкм. В качестве реакционного газа применялся газообразный азот.

Экспериментальные исследования проводили в научных исследовательских лабораториях Сумского государственного университета (Украина) и Национальной научной лаборатории коллективного пользования ВКГУ им. С. Аманжолова, Региональной университетской лаборатории инженерного профиля «IPGETAC» ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Многослойные покрытия осаждались путем вакуумно-дугового последовательного испарения катодов Mo и Zr в установке «Булат-6» с двумя испарителями. Эксперименты проводились при остаточном давлении камеры $P=10^{-3}$ Па. Напылительная установка была оснащена системой автоматического регулирования давления азота и двумя испарителями, состоящими из соответствующих металлов для каждого покрытия (чистота металлической мишени составляла 99,8%). Держатель подложки установлен на вращающейся пластине из нержавеющей стали размером 300x300 мм, на которой были размещены подложки. Значение постоянного напряжения варьировалось от 5 до 1000 В. Установка также была оснащена высоковольтным импульсным генератором с регулируемой амплитудой импульса напряжения 0,5-2 кВ и частотой повторения 5-7 кГц.

Структурно-фазовое состояние нанесенных покрытий исследовалось методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре XPert-PRO в Cu-K α -излучении. Элементный состав поверхностного и поперечного сечений покрытий исследовался с помощью растровой электронной микроскопии с системой микроанализа INCA (REM).

Вакуумно-дуговым испарением катодов Mo и Zr получено покрытие с плотной структурой, без явных дефектов и равной толщины (8 мкм) по всей поверхности образца. На рис. 1 представлена картина рентгеновского спектра полученных покрытий.

Данные расшифровки рентгеноструктурного анализа (табл. 1) показывают появление новых фаз. Наиболее интенсивный пик соответствует фазе ZrN с ГЦК-решеткой. Также идентифицирована фаза Mo₂N с простой кубической решеткой.

Наряду с четкой линией фазы (111) ZrN с максимальной интенсивностью, наблюдается появление уширенных пиков меньшей интенсивности, которые, по-видимому, указывают на разупорядочение атомов и формирование нанокристаллитов в структуре покрытий.

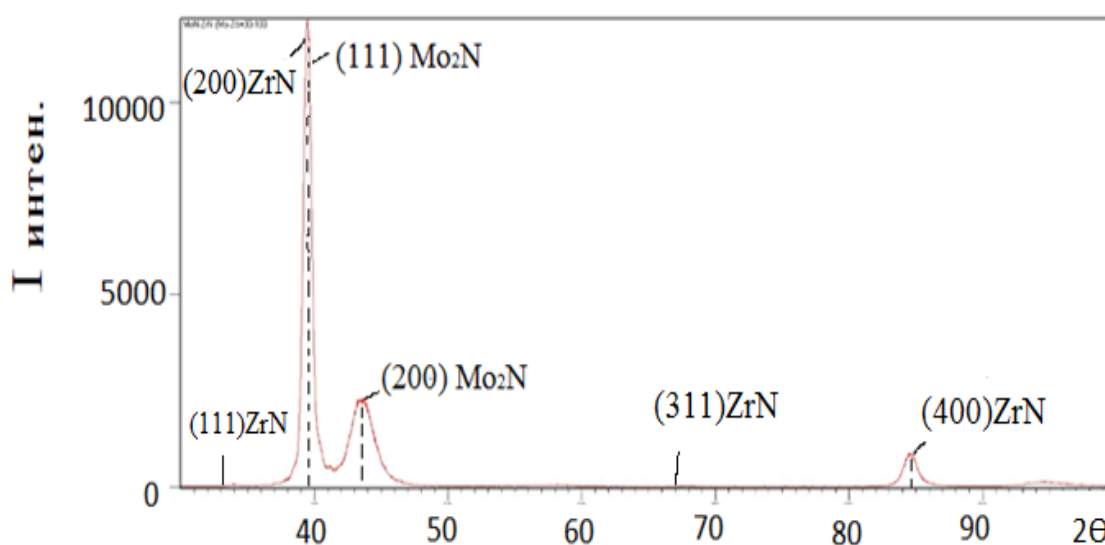


Рисунок 1 – XRD-спектры покрытий MoN(MoZr)ZrN (серия 3)

Таблица 1

Фазовый состав покрытия

№	Фазы	h k l	Тип решетки	d, Å
1	ZrN	111	Простая кубическая решетка	2,63939
2	ZrN	200	Простая кубическая решетка	2,28300
3	ZrN	311	Простая кубическая решетка	1,38241
4	ZrN	400	Простая кубическая решетка	1,14574
5	Mo ₂ N	111	Простая кубическая решетка	2,40024
6	Mo ₂ N	200	Простая кубическая решетка	2,08139

Данные растровой электронной микроскопии (рис. 2) показывают, что химический состав покрытий в исследуемых слоях различен. Расшифровка спектров послойного покрытия представлена в табл. 2.

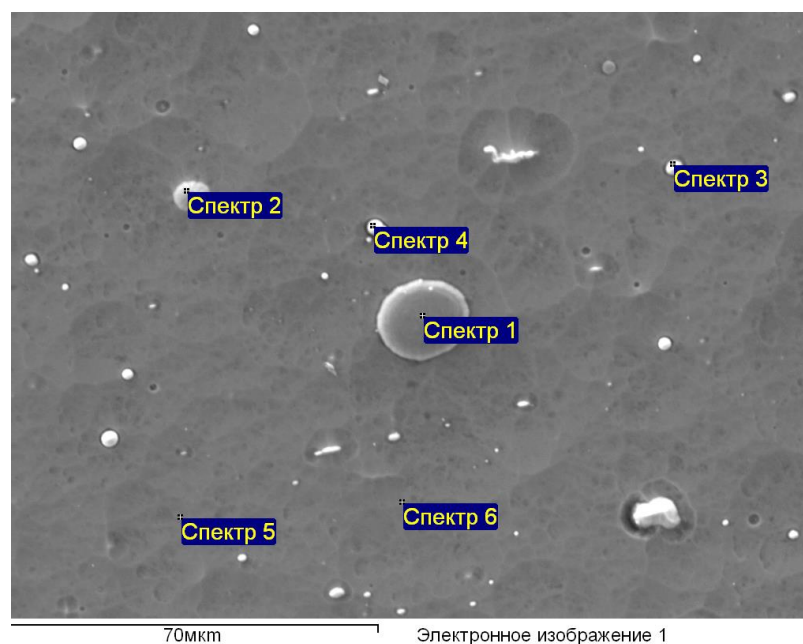


Рисунок 2 – РЭМ-изображение поверхности покрытия MoN(MoZr)ZrN

Таблица 2

Элементный состав покрытия

Спектр	N	Al	Ti	Cr	Fe	Zr	Mo	Итог
Спектр 1	12,64	0,53	0,00	0,43	1,00	50,52	34,87	100,00
Спектр 2	12,39	0,34	0,00	0,00	0,65	54,96	31,67	100,00
Спектр 3	12,89	0,68	0,00	0,00	0,79	59,49	26,16	100,00
Спектр 4	11,78	0,38	0,00	0,60	1,06	58,86	27,32	100,00
Спектр 5	0,00	0,60	0,00	0,00	1,04	58,59	39,76	100,00
Спектр 6	10,04	0,89	0,00	0,00	1,54	51,80	35,73	100,00
Среднее	9,96	0,57	0,00	0,17	1,01	55,70	32,58	100,00
Станд. отклонение	4,98	0,20	0,00	0,27	0,30	3,88	5,22	
Макс.	12,89	0,89	0,00	0,60	1,54	59,49	39,76	
Мин.	0,00	0,34	0,00	0,00	0,65	50,52	26,16	

По металлографическим снимкам поверхности покрытия можно увидеть, что в структуре имеются дисперсные частицы преимущественно сферической формы. Применяя метод соотношения площадей, занимаемых частицами, рассчитана объемная доля этих частиц, которая составила $\langle f \rangle = 3\%$. Период элементарной ячейки фазы составляет $a = 4,56 \text{ \AA}$. Анализ спектров показывает различное количественное распределение элементов в каждом слое. Из картины растрового изображения послойного покрытия видно выделение частиц микрометрового масштаба.

Химический состав дисперсных частиц (табл. 2, спектры 1-6) говорит о максимальном содержании молибдена, циркония и азота. Появление азота обусловлено остаточным содержанием газа в камере установки «Булат-6». Данные энергодисперсионного анализа (рис. 3) показывают присутствие Mo и Zr в стали A570 Grade.

Таблица 3

Элементный состав покрытия и подложки

Спектр	O	P	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Zr	Mo	Итог
Спектр 1	12,98			6,78		21,83	2,53	27,99	27,89	100,00
Спектр 2	16,46			6,93		22,82	2,18	26,82	24,78	100,00
Спектр 3	15,28			7,85		25,29	2,53	25,83	23,23	100,00
Спектр 4	6,18	0,42	0,46	17,30	1,53	65,94	8,16			100,00
Спектр 5	5,45	0,38	0,37	17,27	1,94	66,68	7,91			100,00
Макс.	16,46	0,42	0,46	17,30	1,94	66,68	8,16	27,99	27,89	
Мин.	5,45	0,38	0,37	6,78	1,53	21,83	2,18	25,83	23,23	

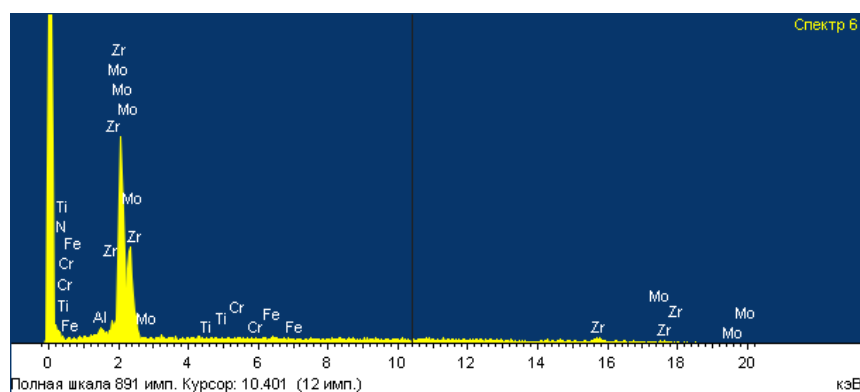


Рисунок 3 – Спектры ЭДС, полученные для образца с MoN(MoZr)ZrN покрытием

На рис. 4 представлено изображение растровой электронной микроскопии, полученное с поперечного шлифа исследуемого образца с MoN(MoZr)ZrN покрытием. Данные расшифровки спектра РЭМ-изображения представлены в табл. 3. Спектры 4 и 5 соответствуют химическому составу исходного образца подложки стали A570 Grade. Спектры 1-3, снятые со слоя толщиной 8 мкм, показывают присутствие Mo и Zr. По данным энергодисперсионного и рентгеноструктурного анализов эти фазы идентифицированы как ZrN, Mo₂N. Энергодисперсионный спектр, полученный от участия поперечного сечения образца, представлен на рис. 5.

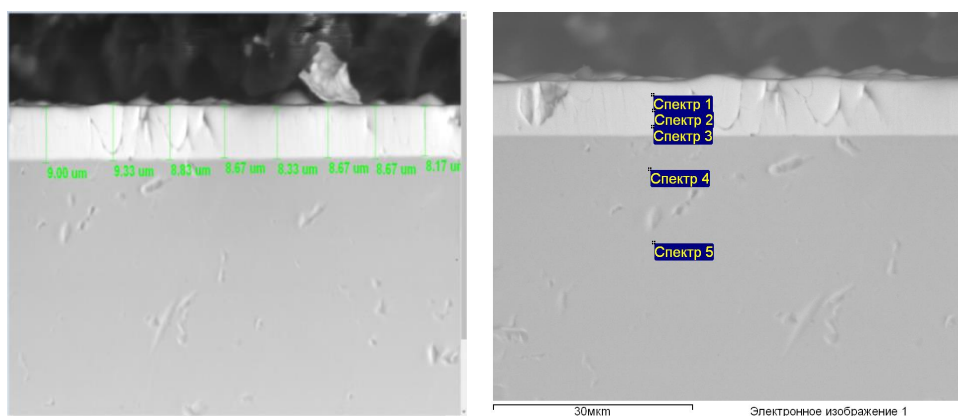


Рисунок 4 – РЭМ-изображение поперечного среза образца с MoN(MoZr)ZrN покрытием

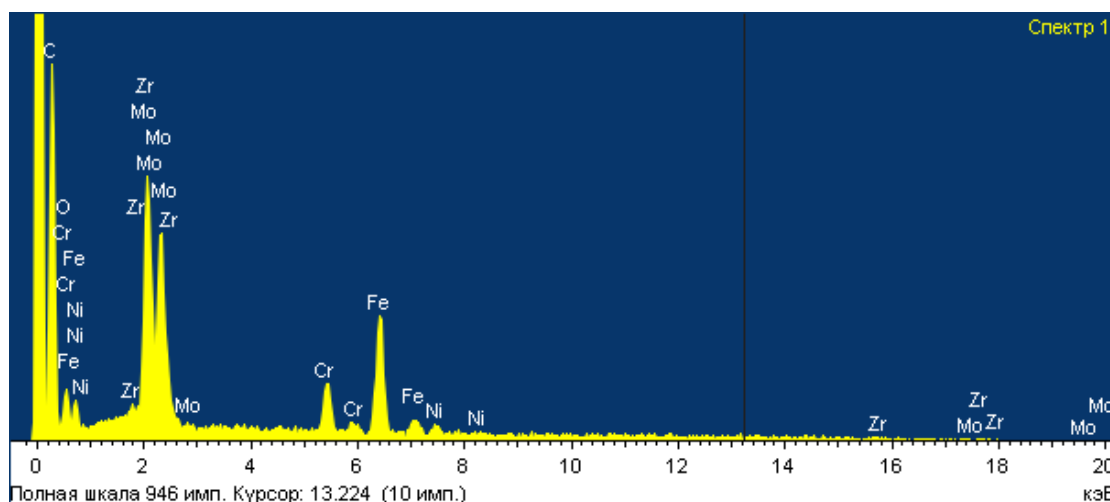


Рисунок 5 – Энергодисперсионный спектр, полученный от участка поперечного сечения образца

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Вакуумно-дуговым испарением катодов Mo и Zr получено покрытие с плотной структурой, без явных дефектов и равной толщины (8 мкм) по всей поверхности образца. Покрытие стали A570 Grade MoN/ZrN привело к появлению в приповерхностных слоях фаз ZrN, Mo₂N. Это подтверждают данные рентгеноструктурного анализа, изображение растровой электронной микроскопии, полученные с поверхности и поперечного среза образца A570 Grade с MoN(MoZr)ZrN покрытием.

2. Установлено выделение частиц нитридной фазы преимущественно сферической формы с объемной долей 3% и размерами 1-3 мкм и более крупными частицами до 12 мкм.

3. Расшифровка рентгеновских дифрактограмм показывает наличие в структуре нитридных фаз ZrN с ГЦК-решеткой и Mo₂N с простой кубической решеткой.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке ПЦФ Комитета науки МОН РК по теме «Разработка технологии производства изделий медицинского назначения из тантала и ниобия».

Список литературы

1. Кунченко Ю.В. О формировании микронанослойных покрытий методом вакуумно-дугового осаждения / Ю.В. Кунченко, В.В. Кунченко, Г.П. Картмазов и др. // Физическая инженерия поверхности. - 2004. - Т. 2. - № 1. - С. 102-108.
2. Кунченко В.В. Наноструктурные сверхтвердые nc-TiN/a-Si₃N₄ покрытия, полученные методом вакуумно-дугового осаждения / В.В. Кунченко, Ю.В. Кунченко, Г.П. Картмазов и др. // Вопрос атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. - 2006. - № 4 (89). - С. 185-190.
3. Кунченко Ю.В. Слоистые Ti-Cr N покрытия, получаемые методом вакуумно-дугового осаждения / Ю.В. Кунченко, В.В. Кунченко, И.М. Неклюдов и др. // Вопрос атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. - 2007. - № 2 (90). - С. 203-214.
4. Береснев В.М. Получение композиционных покрытий из потоков плазмы вакуумной дуги с использованием ВЧ-напряжения / В.М. Береснев, В.Т. Толок, В.И. Гриценко и др. // Матер. научн.-техн. конф. «Новые и нетрадиционные технологии и ресурсов-и энергосбережении». - Киев, 2004. - С. 11-15.
5. Береснев В.М. Особенности ввода высокочастотной энергии и поток металлической плазмы /

- В.М. Береснев, О.М. Шве́ц, Т.Н. Беляева // Физическая инженерия поверхности. - 2005. - Т. 3. - № 1-2. - С. 37-39.
6. Bersenev V.M., Geluh O.N., Kovalenko A.I. The study of friction and the ion-plasma coverings//Intern. Conf. Modification of Properties of Surface Layers MPSL.-Sumy (Ukraine), 1993.- P.90.
 7. PogrebnjakA.D., BratushkaS., BoykoV.I., ShamaninI.V., and. TsvintarnayaYu.V, "A review of mixing processes in Ta/Fe and Mo/Fe systems treated by high current electron beams," Nucl. Instrum. Meth. B, vol. 145, November 1998.-pp. 373-390.
 8. MusilJ., "Hard nanocomposite coatings: Thermal stability, oxidation resistance and toughness," Surf. Coat. Tech., vol. 207, 2012.-pp. 50-65.
 9. PogrebnjakA.D, PonomarevA.G., ShpakA.P, and KunitskiiYu. A., "Application of micro- and nanopores to the analysis of small-sized 3D materials, nanosystems, and nanoobjects," Phys.-Usp., vol. 55, 2012.-pp. 270-300.
 10. Albano Cavaleiro, Jeff Th. M. De Hosson, "Nanostructured Coatings," Springer New York, New York, 2006.
 11. PogrebnjakA.D., KravchenkoYu.A., KislytsynS.B., RuzimovSh.M., NoliF., MisaelidesP., and HatzidimitriouA., "TiN/Cr/Al₂O₃ and TiN/Al₂O₃ hybrid coatings structure features and properties resulting from combined treatment," Surf. Coat. Tech., vol. 201, December 2006.-pp. 2621-2632.
 12. KoshyR.A., Graham M.E. and MarksL.D., "Synthesis and characterization of CrN/Mo₂N multilayers and phases of Molybdenum nitride," Surf. Coat. Tech., vol. 202., 2007.-pp. 1123-1128
 13. EklundP., BeckersM., JanssonU., Högberg H.and HultmanL., "The Mn + 1AX_n phases: Materials science and thin-film processing," Thin Solid Films, vol. 518, 2010.-pp. 1851-1878.
 14. PogrebnjakA.D., BakharevO.G., Pogrebnjak N.A. Jr, TsvintarnayaYu.V., ShabljaV.T., SandrikR., and. ZeccaA, "Certain features of high-dose and intensive implantation of Al ions in iron," Phys. Lett. A, vol. 265, , January 2000.-pp. 225-232.
 15. NavinšekB., Panjan P.and Miloševl., "Industrial applications of CrN (PVD) coatings, deposited at high and low temperatures," Surf. Coatings Technol., vol. 97, 1997. -pp. 182–191.
 16. Kasiuk J. V. et al., "Correlation between local Fe states and magnetoresistivity in granular films containing FeCoZr nanoparticles embedded into oxygen-free dielectric matrix," J. Alloys Compd., vol. 586, no. SUPPL. 1, 2014.
 17. BoikoO., KoltunowiczT. N., ZukowskiP., FedotovA. K., and LarkinA. V., "The effect of sputtering atmosphere parameters on dielectric properties of the ferromagnetic alloy – ferroelectric ceramics nanocomposite (FeCoZr)_x(PbZrTiO₃)(100–x)," Ceram. Int., vol. 43, no. 2, 2017.-pp. 2511–2516.
 18. Ivashchenko V. I. et al., "First-principles quantum molecular calculations of structural and mechanical properties of TiN/SiN_xheterostructures, and the achievable hardness of the nc-TiN/SiN_xnanocomposites," Thin Solid Films, vol. 578, 2015.-pp. 83–92.
 19. Mei A. B. et al., "Physical properties of epitaxial ZrN/MgO(001) layers grown by reactive magnetron sputtering," J. Vac. Sci. Technol. A Vacuum, Surfaces, Film., vol. 31, no. 6, p. 061516, Nov. 2013.
 20. IvashchenkoV.I., PogrebnjakA.D., P.L. Skrynskii, V.N. Rogoz, A.A. Meilekhov, S.N. Dub, and A.I. Kupchishin, "Structure and Properties of Nanocomposite Nb – Al – N films," Phys. Solid State, vol. 57, no. 8, 2015.-pp. 1642–1646,
 21. PogrebnjakA.D., UglovV.V., Il'yashenkoM.V., BeresnevV.M., ShpakA. P., KaverinM.V., ErdybaevaN.K., KunitskyiYu A., TyurinYu.N, KolisnichenkoO.V., Makhmudov N.A. and ShpylenkoA.P., "Nano-microcomposite and combined coatings on Ti-Si-N/WC-Co-Cr/steel and Ti-Si-N/(Cr₃C₂)₇₅-(NiCr)₂₅ Base: Their structure and properties," Nanostructured Materials and Nanotechnology IV: Ceramic Engineering and Science Proceedings, vol. 31, 2010.-pp. 115-126,
 22. YousafM.I., PelenovichV.O., YangB., Liu C.S. and FuD.J., "Effect of bilayer period on structural and mechanical properties of nanocomposite TiAlN/MoN multilayer films synthesized by cathodic arc ion-plating," Surf. Coatings Technol., vol. 282, 2015.-pp. 94–102,
 23. Bondar O.V., Pogrebnjak A., Takeda Yo., Postolnyi B., Zukowski P., Sakenova R., Structure and Properties of Combined Multilayer Coatings Based on Alternative Triple Nitride and Binary Metallic Layers. Postolnyi B. Proceedings of the 2018 IEEE 8th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2018).

Получено 22.10.2018

УДК 621.777

А.Ф. Чекимбаев, Т.С. Макаев, А.З. Исагулов, А.М. Достаева, Д.А. Исагулова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СПЛАВА ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ ИЗ ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ

В работе исследован механизм совместного восстановления кремния и алюминия из высокозольных углей. Установлено, что восстановление алюминия происходит из муллита через образование промежуточных оксикарбидов, карбида и субоксида алюминия.

Бұл жұмыста жоғары күлді көмірден кремний мен алюминийді бірлесіп қалпына келтіру механизмі зерттелді. Аллюминийдің муллиттен аралық оксикарбидтер, карбид және алюминий субоксиді пайда болуы арқылы қалпына келтірілгені анықталды.

The mechanism of joint reduction of silicon and aluminum from high-ash coals has been studied. It has been established that the reduction of aluminum occurs from the mullite through the formation of intermediate oxycarbides, carbide and aluminum suboxide.

Ключевые слова: алюминий, сплав, термодинамический анализ.

По разработанной и опробованной технологии выплавки сплава ферросиликоалюминия (ФСА, FeSiAl) основным сырьем являются высокозольные угли зольностью 50-65% [1]. Возможной сырьевой базой для выплавки сплава ФСА могут являться высокозольные угли угольного месторождения «Кушоки» мощностью более 650 млн тонн. Для месторождения характерно наличие мощных углепородных слоев зольностью 55-65%, являющихся потенциальным сырьем для выплавки ФСА. В углестом веществе углей равномерно распределены минеральные примеси, представляющие собой глинистые включения каолинита, кварца и незначительных включений сидерита, пирита и кальцита. При этом сумма оксидов SiO_2 и Al_2O_3 составляет более 90%.

Для определения изменения свойств опытного угля при нагревании проведен термогравиметрический анализ на дериватографе Q-1500 в температурном интервале 25-1415 °С. Результаты исследования представлены на рис. 1.

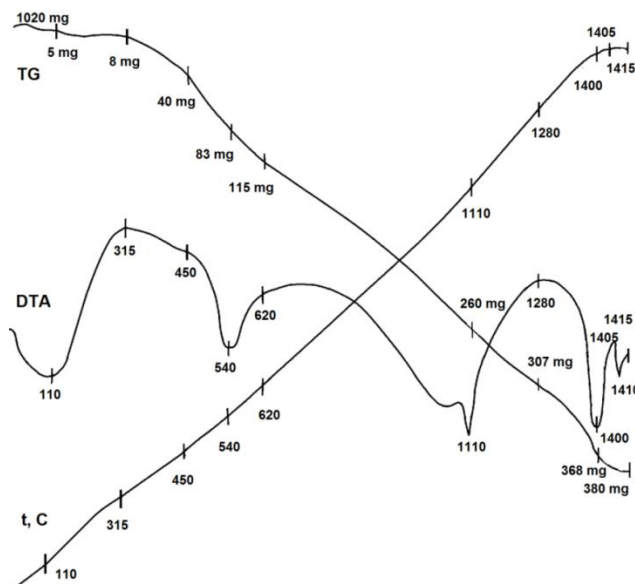


Рисунок 1 – Дериватограмма угля месторождения «Кушоки»

Эндотермические эффекты при 110 и 540 °С соответствуют процессам удаления влаги, разложения карбонатов и удаления влаги из каолинита с образованием переходной фазы типа шпинели $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$. Эндотермический при 1110 °С и экзотермический при 1280 °С эффекты идентифицируются как разложение переходной фазы и образование переходной фазы типа муллита ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Эффекты при 1400 и 1405 °С характеризуют образование муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и возможную перекристаллизацию SiO_2 по схеме – α -кварц $\rightarrow$ α -кристобалит.

Наиболее важным является температурный участок от 1100 вплоть до 1850 °С, где обычно реализуются реакции восстановления кремния и алюминия. Поэтому для уточнения реализующихся реакций и фазовых переходов в этом температурном интервале проведены изотермические выдержки опытного угля в восстановительных условиях.

Прокаливание опытных идентичных образцов угля проводилось в графитовых тиглях с графитовой засыпкой для исключения окисления в течение 1 часа при температурах 1100, 1300, 1480 °С и 50 минут при 1650 °С. Результаты прокаленных образцов показывают, что при 1480 °С с учетом улета влаги, летучих компонентов угля, разложения карбонатов кальция и магния, а также восстановления всего железа прореагировало 18,7% от общего количества SiO_2 до SiC. При 1650 °С общий улет составил 59,46% от начальной массы угля. При этом 41,24% – это оксид углерода (CO), образованный при восстановлении SiO_2 до SiC.

Опытные образцы после прокаливания исследовались методом рентгенофазового анализа для исследования фазового состава. Было установлено, что при 1100-1300 °С отмечается наличие явных пиков карбида железа и кварца. При температуре 1480 °С появляются пики муллита и незначительно карбида кремния. Рентгенофазовый анализ образцов, прокаленных при 1650 °С, показал образование карбида кремния, муллита, металлического железа и отсутствие пиков кварца и оксида алюминия.

Процессы выплавки высококремнистых сплавов, в частности кремнеалюминиевых сплавов углетермическим способом, характеризуются множеством происходящих одновременно реакций в ванне руднотермических электропечей. Прохождение тех или иных восстановительных реакций зависит от многих факторов, наиболее значимым из которых является температурный режим процесса выплавки, который в свою очередь зависит от свойств исходных сырьевых материалов.

Механизм восстановления оксидов железа и кремния из зольной части углей при выплавке ФСА аналогичен выплавке ферросилиция. Железо восстанавливается вначале до карбида железа и далее реагирует с восстановленным кремнием по реакциям (1) и (2) с формированием железокремниевого сплава:



Восстановление кремния по базовой реакции (3) по данным [2] не реализуется, а изменение температурной зависимости энергии Гиббса для этой реакции описывается уравнением $\Delta G_T = 167400 - 86,40 \cdot T$.

Начало прохождения реакции при 1665 °С. По нашим расчетам с привлечением данных [3], начало реакции (3) возможно при температуре выше 1835 °С.

В основном восстановление кремния реализуется по реакциям с образованием карбида

и субоксида кремния по реакциям (4) и (5):



Для реакции (4) по данным [2] температурная зависимость энергии Гиббса описывается уравнением $\Delta G_T = 159600 - 77,94 \cdot T$, а начало образования SiO возможно при температуре 1774 °С.

Начало образования карбида кремния по реакции (5) по данным [4] составляет 1523 °С, предложено уравнение $\Delta G_T = 151,98 - 0,0911 \cdot T$. Это подтверждается рентгенофазовым анализом, где для образцов угля, прокаленных при 1480 °С, были обнаружены пики, соответствующие SiC. Это, возможно, связано с тем, что в куске угля частички кварца находятся в тесном контакте с углеродом.

Дальнейшее восстановление кремния из его карбида реализуется по реакции (6) путем растворения SiC в металлическом железе с выделением графита. По данным [4], реакция начинается при 1000 °С и существенно ускоряется при 1227 °С с появлением жидкой металлической фазы. Разложение карбида кремния диоксидом кремния возможно при температурах более 2260 °С и может быть реализовано только в подэлектродной зоне ванны электропечей.

Образование субоксида кремния возможно и при взаимодействии паров кремния с диоксидом кремния по реакции (7) при 1897 °С, а также при взаимодействии карбида кремния с диоксидом кремния по уравнению (8) при 1987 °С:

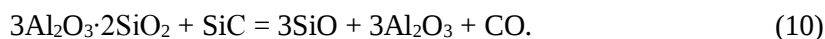


Улавливание возгонов $\text{SiO}_{\text{газ}}$ происходит углеродом высокосольного угля по реакции (9):

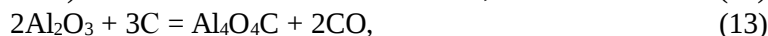
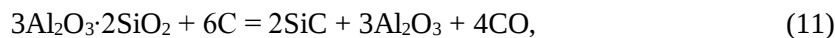


В работе [5] термодинамический анализ реакций восстановления оксидов кремния и алюминия при выплавке ФСА рассматривался в виде отдельных обособленных реакций восстановления диоксида кремния и оксида алюминия без образования муллита. Поэтому в данной работе термодинамическая оценка восстановления алюминия из высокосольных углей была рассмотрена через образование муллита. Муллит является тугоплавким соединением и плавится без разложения при температуре 1850 °С. Расчет температурной зависимости энергии Гиббса восстановления муллита был проведен с привлечением справочных данных [3] и [6].

Вариант взаимодействия муллита с карбидом кремния с образованием субоксида кремния по реакции (10) возможен при температуре 1791 °С:



Восстановление муллита углеродом с образованием карбида кремния, оксида алюминия и оксикарбидов алюминия описывается реакциями (11-13), из которых наиболее вероятной является реакция (11). Для нее расчетная температура взаимодействия составила 1494 °C:

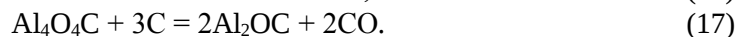
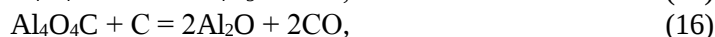
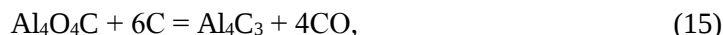


Расчетные температуры начала реакций (12-14) с образованием карбида кремния, тетраоксикарида и карбида алюминия составили 1578, 1675 и 1784 °C соответственно. Сопоставление расчетных температур образования карбида кремния из SiO_2 (1523 °C) по реакции (5) и из $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (1494-1578 °C) по реакциям (11 и 12) говорит о том, что особых затруднений при разложении муллита не происходит. То есть эти реакции возможны до процесса расплавления муллита по схеме твердофазного восстановления.

По результатам прокаливании угля определено, что при 1650 °C и выдержке 50 минут прореагировал весь свободный диоксид кремния (90%) по реакции (5) с образованием карбида кремния и до 10% по реакции (4) с образованием субоксида кремния. Это, возможно, также связано с тесным контактом углерода и минеральной части угля.

Восстановление муллита по реакции (11) смогло произойти только на 16%, что дает содержание Al_2O_3 менее 5% в общей массе прокаленной пробы. То есть содержание Al_2O_3 было на нижнем уровне чувствительности рентгенофазового дифрактометра, поэтому пиков Al_2O_3 после прокаливании при 1650 °C обнаружено не было.

Тетраоксикарид алюминия ($\text{Al}_4\text{O}_4\text{C}$) может восстанавливаться до Al_4C_3 , Al_2O_3 и $\text{Al}_2\text{O}_{\text{газ}}$ по реакциям (15-17) при температурах 2051, 2149 и 2341 °C соответственно:



Карбид алюминия может взаимодействовать с диоксидом кремния по реакции (18), начиная от температуры 1856 °C. Расчетная температура начала взаимодействия для реакции (19) составляет 1964 °C:



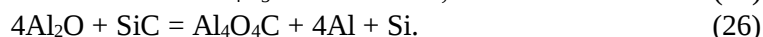
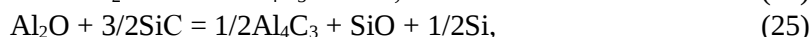
Карбид алюминия активно разрушается железокремнистым расплавом с формированием железокремнийалюминиевого сплава:



При температурах 1997-2007 °C возможно прохождение реакций (21-23) с получением газообразного субоксида алюминия:



При выплавке ферросиликоалюминия улавливание газообразного субоксида алюминия, также как и субоксида кремния, является одним из важных условий для получения оптимальных показателей производства. Субоксид алюминия при возгонке может взаимодействовать с углеродом высокозольного угля по экзотермической реакции (24) с образованием карбида алюминия. По данным [6], субоксид алюминия может взаимодействовать с карбидом кремния по реакциям (25, 26). При 1700 °С константа равновесия для реакции (25) составляет 1,18, а для реакции (26) $K_p = 1,86 \cdot 10^8$:



Таким образом, установлено, что нагревание угля приводит к неизбежному образованию муллита в составе золы, а восстановление алюминия при выплавке ФСА происходит через образование ряда промежуточных компонентов - $\text{Al}_4\text{O}_4\text{C}$, Al_2OC , Al_4C_3 и $\text{Al}_2\text{O}_{\text{газ}}$. Установлено, что взаимодействие муллита с углеродом начинается выше температуры 1600 °С по схеме твердофазного восстановления. Отмечается, что помимо углерода в восстановлении алюминия принимают активное участие диоксид кремния и карбид кремния. Рассмотренный механизм восстановительных реакций согласуется с практическими данными по промышленной выплавке сплава ферросиликоалюминий из высокозольных углей.

Список литературы

1. Байсанов С.О. Изыскание новых видов углистых пород для выплавки ферросиликоалюминия / С.О. Байсанов, М.Ж. Толымбеков, А.А. Жарменов и др. // Сталь. - 2008. - № 8.
2. Гасик М.И. Теория и технология производства ферросплавов: Учеб. для вузов / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев, Б.И. Емлин. - М.: Металлургия, 1988. - 784 с.
3. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. - М., Изд-во АН СССР, 1965. - Т. 2.
4. Толстогузов Н.В. Теоретические основы восстановления кремния: Учеб. пособие. - КузПИ: Новокузнецк, 1990. - 100 с.
5. Чекимбаев А.Ф. Совершенствование технологии выплавки ферросиликоалюминия с применением новых видов углистого сырья: Дисс... канд. техн. наук. - Караганда, 2010.
6. Климов В.Л. Термодинамические свойства оксикарбидов алюминия: Согласование с диаграммой состояния $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Al}_4\text{C}_3$ / В.Л. Климов, Г.А. Бергман, О.К. Карпина.
7. Кожевников Г.Н. Низшие окислы кремния и алюминия в электрометаллургии / Г.Н. Кожевников, А.Г. Водопьянов. - М.: Наука, 1977. - С. 1-145.

Получено 22.10.2018



ӨОЖ 331.4(075.8)

А.С. Байкенжеева

Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ.

**ЖҰМЫС ОРНЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МАҚСАТЫНДА
ЕҢБЕК ҚАУІПСІЗДІГІНЕ ҮЙРЕТУДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ**

В статье предлагается концепция полной ориентационной основы трудовой деятельности любого работника, которая будет способствовать развитию сотрудничества во всех элементах системы управления и устранению негативных проявлений в производстве.

Мақала менеджмент жүйесінің барлық элементтерінде ынтымақтастықты дамытуға және өндірістегі теріс көріністерді жоюға ықпал ететін кез келген қызметкердің жұмысын толық бағдарлау негізін ұсынады.

The paper presents the concept of full employment orientation basis of any employee, which will promote cooperation in all elements of the control system and eliminate the negative developments in the industry.

Түйін сөздер: еңбекті қорғау, инструктаж, еңбек қауіпсіздігі, нормативтер.

Қызметкердің жұмыс орнындағы гигиена және денсаулығын қорғау қауіпсіздігі және еңбек қауіпсіздігі. Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасының мақсаты мен міндеттері Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасының мақсаты еңбек қатынастарын және еңбек қатынастарымен тікелей байланысты өзге де қатынастарды еңбек қатынастары тараптарының құқықтары мен мүдделерін қорғауға, еңбек саласындағы құқықтар мен бостандықтардың ең төмен кепілдіктерін белгілеуге бағытталған құқықтық реттеу болып табылады ҚР еңбек кодексі 20183-бап.

Соңғы 5-10 жылда ҚР жұмыспен қамтушы ірі және орта ұйымдарының көпшілігі қызметкерлердің қауіпсіздік және денсаулық сақтау деңгейін жоғарылату үшін қауіпсіздік және денсаулық сақтау катерін басқару жүйесін енгізді. (кәсіби денсаулық және қауіпсіздік менеджмент жүйесі). Мұндай жүйелерді қолдану ұдайы жақсарту принципінің негізінде жасап шығарылатын жеке эпизодтық істен жүйелік процеске ауысуға мүмкіндік беретін маңызды потенциалдық тікелей байланысты екені белгілі. Жеке эпизодтық істер тұрақты табысқа қол жеткізбейтіндігін тәжірибе дәлелдеді!

Қызметкерлердің қауіпсіздігі және денсаулығын қорғау облысындағы жұмыспен қамтушылардың саясаты жаңа шарттарда «әсер ету және түзету» парадигмасынан бас тартып, қоғамға бағытталған концепцияға «болжау және ескерту» негізделеді. Жауапкершілігі жоғары жұмыспен қамтушыларда жапа шеккен қызметкерге экономикалық және моральды-этикалық түрде шығынын өтеудің орнына осы жапа шегу нәтижесіне әкеп соғатын факторлардың қауіптілік деңгейін азайту тиімдірек деген пікір қалыптасуда. Сонымен қатар, кәсіби денсаулық және қауіпсіздік менеджмент жүйесін функциялау анализі олардың Ресейлік ұйымдарда қызметкерлерді жаппай сақтану шараларын орындауға әкеп соқтырмағанын көрсетті. Денсаулық, гигиена және қауіпсіздік сақтау шараларымен ақпараттандыру және кеңес беру талаптарға сай жүргізілу керек.

Ұйымдарда пайдаланылатын қауіпті бағалаудың әртүрлі әдістемелері қызметкерге бір ғана нәтиже береді – ол қауіптер тізімі, қауіп деңгейін төмендету немесе қабылданатын

қауіп-қатерлер керек деңгейден асып кетпеуін бақылау үшін қабылданған шаралар болып табылады.

Айтылған нәтижелердің барлығы басшыларға және олардың міндеттеріне қатысты және басшылардың деңгейінде тұра береді. Және қызметкерлерге басқару жүйесінде қауіп-қатер төнсе де, олар жұмыс орнының аттестация картасына қол қояды, бұл шаралар қызметкерге жүктелген істі атқаруы кезінде қауіпсіздік және денсаулық сақтауына жеткіліксіз болып табылады. Әрине, әлі кейбір қадамдар жасалмаған. Мысалы, бұл жүйелерде қызметкердің жұмыс орнында қауіпсіз жұмыс істеуі үшін қажетті іс-қимылдардың практикалық сілтемелері жоқ.

Расында, жұмыс орындарында қауіп-қатерді толықтай жою практикалық жағдайда мүмкін емес. Сондықтан, жұмыс орнында қызметкердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету бағытындағы қадамдардың бірі оқыту, ақпараттандыру және кеңес беру болып табылады.

Мысалы, қызметкерді қауіпті құралды қауіпсіз түрде қолдану жайлы ақпарат беру, сонымен қатар, оны қолдану кезінде дұрыс қауіпсіз әрекеттерді анықтау. Қызметкердің белгілі өнімнің қауіпі және қажетті қорғаныс шаралары туралы «білместігі» жиі түрде кәсіби ауру немесе ауыр төтенше жағдайлардың негізгі себебі болып жатады.

Әрине, бұл жағдайдың шешімі бар күшті қызметкерлерге нұсқамалықтар жүргізуге арнау деген нәтижеге келеміз. Нұсқамалардың маңыздылығын қауіп белгілі және болжанған болған жағдайда бағалау қиын.

Нұсқама – қызметкерді еңбек қауіпсіздігіне үйретудің формаларының бірі деп қабылдаған дұрыс. Тәжірибеде нұсқама қызметкерді алдағы жұмыспен және қауіпті өндіріс факторларымен, сонымен қатар, ұйымның қауіпсіздікке байланысты негізгі талаптарымен таныстыруға арналған.

Алайда, тәжірибе нәтижесі бойынша, қауіпсіздік туралы ақпарат, нұсқамадағы хабарламалар жеткіліксіз, қызметкерлерді қауіпсіз жұмыс атқаруға дайындау керек (тренинг). Бұл жерде тренинг – (ағылшын тілінен training – үйрету, тәрбиелеу) жалпы білім алу ғана емес, қабілеттерді дамытып қалыптастыруды белсенді оқыту керек екенін қарастырады.

Тренинг еңбекті қорғауды үйретуде жүргізілуі мүмкін (мысалы, алғашқы көмек көрсету, манекенде жасанды тыныс беруді үйрену және т.б.). OHSAS 18001:2007 стандартының талаптарына сәйкес жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету және қауіпсіз әрекет жасау қызметкерге:

- денсаулыққа және қауіпсіздікке тәуекел етуді білу үшін;
- өз рөлі мен жауапкершілігін білу үшін;
- денсаулыққа және қауіпсіздікке байланысты қауіп төнген жағдайда;
- біліктіліктің қажетті деңгейінде сауаты болуы;
- біліктіліктің қажетті деңгейін білу үшін керек.

Қызметкерлерге жұмыс орнында мәлімет беру қауіпсіз жұмыстың кепілі болып табылады. Осы мақсатта, мына сұрақтар бойынша қызметкерлерге білім берілу керек:

- апат жағдайындағы әрекеттер реті;
- жұмыстарды атқару барысындағы қызметкерлердің дұрыс мінезі мен қарым-қатынасының әсері;
- жұмысты қауіпсіз орындаудың артықшылығы және қауіпсіз жұмыс орындаудан ауытқудың салдары;
- жарақаттану кезіндегі әрекеттер реті (алғашқы көмек).

Жоғарыда айтылған қауіпсіздік қамтамасыз ету проблемалары және жұмыспен қамтушыларға арналған талаптар жаңа болып табылмайды, олар үйреншікті.

Тәжірибеде жұмыс орнындағы қызметкердің күнделікті жұмысын орындауында бұл сұрақтарға жауап алу үшін еңбекті қорғау бойынша инструкцияны (әрі қарай – ЕҚ инструкция) қолдану керек. ЕҚ инструкцияның практика талаптарына сәйкестігін қарастырайық.

Еңбекті қорғау инструкцияларын әзірлеу ерекшеліктері және жұмыс орнында қызметкерлердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету талаптары. ЕҚ инструкция еңбекті қорғаудың мемлекеттік нормативтік талаптары бар Әдістемелік ұсыныс бойынша қызметкердің лауазымы немесе жұмыс түріне байланысты әзірленеді. ЕҚ инструкцияны әзірлеу еңбекті қорғаудың салааралық және салалық инструкциясы негізінде жасалады. Ондай болмаған жағдайда – еңбекті қорғаудың салааралық және салалық ережелер, құралды өндіруші ұйымның эксплуатация және жөндеу жүргізу құжаттарындағы қауіпсіздік талаптары негізінде, сонымен қатар өндіріс шарттары жазылған технологиялық құжаттар негізінде жасалады.

ЕҚ инструкцияны жасауға қажетті еңбекті қорғаудың салааралық және салалық типтік инструкцияларын әзірлеу:

- әрекет етуші заңдар мен өзге нормативтік-құқықтық актілер негізінде;
- инструкция әзірленіп жатқан жұмыс түрін үйрену;
- сәйкес қызмет, профессияға (жұмыс түрі) қатысты еңбек шарттарын үйрену;
- сәйкес қызмет, профессияға қатысты жұмыста қауіпті өндірістік факторларды анықтау;
- өндірістегі оқыс жағдайлар мен кәсіби аурулардың ықтимал себебінің қалыпты анализі;
- жұмыс орындаудың қауіпсіз әдістерін анықтау.

Қорытындылай келе, осылайша, еңбекті қорғаудың салааралық және салалық типтік инструкцияларына, ЕҚ инструкцияға мына бөлімдерді қосу ұсынылады:

1. Еңбекті қорғаудың жалпы талаптары.
2. Еңбекті қорғаудың жұмыс алдындағы талаптары.
3. Еңбекті қорғаудың жұмыс уақытындағы талаптары.
4. Еңбекті қорғаудың апат жағдайындағы талаптары.
5. Еңбекті қорғаудың жұмыс соңындағы талаптары.

Қажет болған жағдайда еңбекті қорғаудың салааралық және салалық типтік инструкцияларына өзге бөлімдерді қосуға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Қазақстан Республикасының еңбек кодексі. 2018 ж.
2. Михельс П.Е. Производственные инструкции при обращении с опасными веществами. – Профессиональное товарищество точной механики и электротехники. – Изд. 7-е перераб. – Кёльн, 2003.

Қабылданды 20.10.2018



УДК 004.89

А.Б. Нугуманова, Е.М. Байбурин, А.М. КиноятоваВосточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск**ЦИФРОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ КОНЦЕПТ-КАРТ**

В данной статье рассмотрено такое средство визуального представления текстов как концепт-карта. Описываются шаги построения концепт-карт и критерии оценки качества, а также выполнен обзор работ. Обосновывается использование концепт-карт в образовательных целях как простого и наглядного инструмента визуализации знаний при обучении.

Бұл мақалада мәтінді ұсынып және ашып көрсететін концепт-карта құралы туралы айтылады. Концепт-картаның құрылу қадамы суреттеледі және оның бағалау өлшемшарттары мен қызметіне шолу жасалған. Білім беру мақсатында концепт-картаны қолдану оқытудағы визуальді білімнің қарапайым және көрнекті құралы ретінде негізделеді.

This article considers such way of visual representation of texts as concept maps. Steps for constructing concept maps and criteria for assessing quality are described, as well as a review of the related work. The use of concept maps for educational purposes is justified as a simple and visual tool for visualization of knowledge in teaching.

Ключевые слова: концепт-карта, визуальное представление текста, distant reading.

Концепт-карты как инструменты визуализации знаний позволяют отобразить структуру предметной области на идейном (концептуальном) уровне. Благодаря этому они способствуют более глубокому пониманию предметной области, в чем и состоит их основное предназначение. Кроме того, концепт-карты являются эффективным инструментом систематизации и навигации внутри больших коллекций текстов. Они экономят время читателей при чтении и понимании текстов, тем самым снижают информационную перегрузку и ориентируют читателей в больших потоках информации. В силу чего преимущества использования концепт-карт в дидактических, методических и эргономических целях трудно переоценить.

Тем не менее ручное построение концепт-карт в силу высокой трудоемкости препятствует их массовому использованию в качестве инструментов визуализации знаний. «В процессе создания концепт-карты преподаватель анализирует структуру отношений предметной области, что помогает ему самому глубже понять ее природу. Зачастую приходится генерировать новые, ранее невербализованные связи» [1, 2]. Поэтому особую актуальность приобретает проблема автоматического или полуавтоматического построения концепт-карт на основе технологий Text Mining. Эта актуальность только возрастает в последнее время в связи с неуклонным ростом объемов цифровой информации.

Понятие концептуальной карты и основные принципы ее построения. Таким образом, концептуальная карта или сокращенно концепт-карта – это визуальное представление предметной области, которое включает в себя:

- концепты (понятия), обычно изображаемые в фигурах определенного типа (круги,

прямоугольники);

- отношения между ними (в виде линий, соединяющих два понятия).

Концепты (понятия) – это короткие формулировки (часто в одно слово), связанные с понятиями предметной области, описывающими исследуемую предметную область или проблемную ситуацию, а также закономерности в событиях, объектах и ситуациях. На линиях отношений указывают связующие слова или фразы, разъясняющие тип связи между понятиями. Слова-отношения, как правило, являются глаголами. Каждые два понятия вместе со связующим их словом-отношением образуют единицу смысла, короткое предложение. В некоторых случаях предложение может охватывать три и более понятия, но, как правило, данной ситуации стараются избегать, поскольку предложения могут стать размытыми и неопределенными [3].

Как отмечается в работе [4], построение концепт-карт основывается на следующих критериях восприятия:

1. Принцип близости (Principle of proximity). Элементы, расположенные близко во времени или пространстве воспринимаются совместно.

2. Принцип непрерывности (Principle of common fate). Связывание наблюдаемых элементов в непрерывную последовательность или придание им определенной ориентации.

3. Принцип сходства (Principle of similarity). Восприятие похожих объектов в виде групп.

4. Принцип замыкания (Principle of closure). Стремление завершить или дополнить представленный неполный образ.

5. Принцип симметрии (Principle of symmetry). Симметричное расположение элементов в процессе формирования образа.

6. Принцип включения В. Келлера. Тенденция воспринимать только большую фигуру, а не ту меньшую, которую она включает.

Применение концепт-карт в образовании. Как отмечается в работе [5], одним из передовых подходов к построению интеллектуальной образовательной системы является разработка в качестве центральной компоненты базы знаний с онтологической структурой, т.е. содержащей модель предметной области. Концептуальная карта представляет собой промежуточную модель такой базы знаний, которая, во-первых, помогает визуализировать онтологию на стадии дизайна, во-вторых, способствует лучшему пониманию целей и задач конструирования при обсуждении структуры онтологии [6]. Кроме того, концептуальные карты имеют и самостоятельную ценность как простой и наглядный инструмент визуализации знаний при обучении.

Основоположником идеи использования концепт-карт в педагогике является Д. Озубел, автор теории осмысленного обучения [7]. Согласно этой теории обучение имеет смысл, когда ученик понимает, как связаны его новые знания с тем, что он изучал ранее. Озубел предложил представлять учебный материал в виде понятийной сети, узлы-понятия которой связаны друг с другом отношениями вида причина-следствие, род-экземпляр, объект-свойство, функция-значение и т.д. Идеи Озубела были развиты Д. Новаком в 1970-х гг. в ходе выполнения научно-исследовательского проекта, посвященного изучению того, как формируются и развиваются представления детей о науке [8]. Пытаясь найти лучший способ визуализации когнитивных процессов, Новак и его коллеги пришли к идее представления детских знаний в виде концепт-карт.

В течение нескольких десятилетий после этого концепт-карты использовались в педа-

гогике в основном как способ контроля и самоконтроля усвоения знаний. Ученики использовали концепт-карты как инструмент, систематизирующий их знания, а педагоги как инструмент, позволяющий «заглянуть в ум ученика» [9]. Однако бурное развитие ИТ-отрасли и становление веба как новой коммуникационной среды перевели концепт-карты из разряда «один из многих» в арсенале педагогических приемов в мощный инструмент электронного обучения [9].

Во-первых, концепт-карты приобрели новую функцию поддержки коллабораций, не просто улучшающую взаимодействие между учениками и педагогами, но обеспечивающую синергетический эффект при решении проблем [10-12]. Например, система, описанная в [12], позволяет учащимся сообща искать информацию в интернете, дополняя и уточняя результаты друг друга, а затем консолидировать собранную информацию в форме концепт-карты. Эксперименты показали, что совместное концептуальное моделирование улучшило не только успеваемость учащихся и объем их когнитивной нагрузки, но также отношение к науке и самооэффективность. В [13] отмечается, что команды, использующие концепт-карты, получают больший объем знаний, особенно если состоят из разноуровневых учеников.

Во-вторых, за счет внедрения интерактивности, в т. ч. на базе сенсорных технологий, усилилась роль концепт-карт как инструментов гибкой организации контента [14-16]. Например, в [16] описан электронный учебник, в главы которого внедрены интерактивные задания с концепт-картами. Учащимся по прочтении главы предлагается достроить начатую концепт-карту, перетаскивая пальцем недостающие элементы или правильно соединив их между собой.

В [14] описана система обучения, которая интегрирует между собой печатные книги, смартфоны и дополнительные цифровые материалы. Печатные книги снабжены QR-кодами, содержащими веб-ссылки на цифровые материалы. Используя смартфоны, ученики сканируют QR-коды, расположенные на страницах книг, для доступа к соответствующим материалам. Черные QR-коды дают доступ к видео и аудиофайлам, а синие – к концепт-картам, синтезирующим информацию в форме понятий. Текущие и новые понятия на концепт-картах также выделяются разными цветами.

В-третьих, распространение идей семантического веба в образовательной среде привело к тому, что концепт-карты, наряду с электронными тезаурусами и онтологиями, стали использоваться как семантические указатели, отображающие топологию знаний предметной области [17-19]. Например, в [17] описывается опыт использования концепт-карт в качестве интерактивных тезаурусов для поддержки электронных курсов. Каждая запись в тезаурусе имеет семантическую связь с ранее заданными понятиями и снабжена гиперссылками на соответствующие темы в лекциях и практических пособиях.

В-четвертых, развитие искусственного интеллекта позволило использовать концепт-карты для автоматической проверки знаний [20-23]. Например, в [20] описывается система оценки знаний, интегрированная с инструментом создания концепт-карт *Smart Tools*. Концепт-карты, нарисованные учениками в *Smart Tools*, автоматически извлекаются и сравниваются с эталонной концепт-картой, составленной преподавателем. Основываясь на результатах проверки, система предоставляет ученику обратную связь в виде оценки и замечаний о структуре построенной карты. Например, система может сообщать, что в карте отсутствует понятие, связанное с понятием А, или отсутствует связь, соединяющее понятие А и некоторое другое понятие. Чем ближе концепт-карта ученика к эталонной,

тем выше оценка и тем меньше дополнительных материалов система рекомендует изучить ученику.

В-пятых, благодаря развитию технологий Text Mining концепт-карты приобрели новое важное свойство – теперь они могут генерироваться (строиться) автоматически [16, 17]. Данная возможность открыла широкие перспективы инновационного применения концепт-карт в массовом онлайн-обучении. Разумеется, в реализации этих перспектив существует немало вызовов, как в целом в обработке естественного языка, но тем ценнее такие инициативы.

Подходы distant reading и их реализация с помощью метода концепт-карт. В настоящее время разработано множество поистине новаторских подходов к организации и визуальному сопровождению текстов, представленных в цифровом виде. В основном такие подходы применяются в отношении учебных текстов (учебников, пособий, методических указаний и самоучителей). В то же время ряд исследователей рассматривает эти подходы и применительно к художественным текстам как способ не просто украшения текста, но и как средство, позволяющее глубже понять его содержание, окунуться в контекст эпохи или выделить основные жанровые и авторские характеристики.

Такой подход получил название Distant reading (далекое чтение) в отличие от Close reading (близкое чтение), под которым понимается традиционный способ чтения исходного текста, без вмешательства в его структуру. Моретти [24] описывает дистанционное чтение как “небольшой договор с дьяволом: мы знаем, как прочитать тексты, теперь давайте изучим то, как не прочитать их”. В 2005 г. он вводит свою идею дистанционного чтения [25] тремя примерами:

- чертежи и графики, чтобы проанализировать изменение жанра исторических романов;
- карты, чтобы иллюстрировать географические аспекты романов;
- деревья, чтобы классифицировать различные типы детективных романов.

Несмотря на то что предложенные методы и сама идея дистанционного чтения весьма спорна [26-28], множество работ в области цифровизации контента основаны на идее Моретти.

Один из достаточно интересных русскоязычных проектов, выполненных в парадигме Distant Reading – это проект «Живые страницы», инициированный компанией Samsung [29]. Первым произведением, содержание которого было обработано и визуализировано в рамках данного проекта, был роман «Война и Мир» Льва Толстого. Работа велась совместно компанией Samsung Electronics, лингвистами проектной группы Tolstoy Digital и школы лингвистики НИУ «Высшая школа экономики». Партнерами проекта «Живые страницы» выступили Государственный исторический музей, а также компания АBBYY, которая предоставила технологию Comreno для обработки информации. Роман был представлен читателям в трех измерениях:

- пространственном (ГИС, картография), которое позволило отобразить события, упоминаемые в тексте романа, на карте;
- временном (инфографика, таймлайны), которое позволило проследить развертывание событий на временной шкале, в историческом срезе, с привязкой к историческим датам;
- материальном (описания артефактов, визуализация), которое позволило читателям воочию увидеть уникальные артефакты эпохи и портреты основных исторических персонажей романа.

Интерактивные «сценарии» взаимодействия с текстом позволили читателям погрузиться в историческую эпоху и глубже понять родную культуру, контекст написания произведения, исторические события. По итогам реализации проекта было выпущено приложение для смартфонов «Живые страницы романа Толстого "Война и мир"».

В ВКГУ им. С. Аманжолова в рамках программы «Рухани жаңғыру» инициирован аналогичный проект «Цифровая антология поэзии казахских жырау (по мотивам произведения «Бес ғасыр жырлайды»», цель которого представить читателям в цифровом виде произведение М. Мағауина «Бес ғасыр жырлайды» [30]. Проект предполагает осуществить перенос на историческую и картографическую основу событий, излагаемых в произведениях жырау, показать жизнь тюрского населения и визуализировать артефакты эпохи. В качестве центрального элемента предполагается использование концептуальной карты произведения, элементами которой будут служить ключевые идеи и основные герои произведений жырау.

Список литературы

1. Муромцев Д. Разработка базы знаний по оптике для образовательных веб-приложений // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – №. 3. – С. 3-10.
2. Гаврилова Т.А. Использование моделей инженерии знаний для подготовки специалистов в области информационных технологий / Т.А. Гаврилова, И.А. Лещева, Д.В. Кудрявцев // Системное программирование. – 2012. – Т. 7(1). – С. 90-105.
3. Концептуальные карты или концепт-карты [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nitforyou.com/konceptualnye-karty>. - Дата обращения: 27.06.2017.
4. Артемова Г.О. Алгоритмизация разработки онтологий в сфере образования на основе промежуточных моделей с процедурой их оптимизации / Г.О. Артемова, Н.Ф. Гусарова, И.Ю. Коцюба // Компьютерные инструменты в образовании. – 2015. – №. 2.
5. Novak J.D., Bob Gowin D., Johansen G.T. The use of concept mapping and knowledge mapping with junior high school science students //Science education. – 1983. – Т. 67. – №. 5. – Pp. 625-645.
6. Canas A.J., Reiska P. and Novak J.D. Concept Mapping in e-Learning. – E-Learning, Ch. 22. – 2010. – Pp. 122 – 127.
7. Funaoi H., Yamaguchi E., and Inagaki E. Collaborative concept mapping software to reconstruct learning processes. – Proceedings of the ICCE-2012. – 2002. – Vol. 1. – Pp. 306–310.
8. Lorenzo, M. Rodriguez-Artacho, and B. B. Blanco. Using collaborative concept maps for coordination and knowledge-sharing in learning communities for science. – Proceedings of the 11th IEEE ICALT. – 2011 – pp. 558–562.
9. Chu H. C., Hwang G. J., Liang Y. R. A cooperative computerized concept-mapping approach to improving students' learning performance in web-based information-seeking activities //Journal of Computers in Education. – 2014. – Т. 1. – С. 19-33.
10. Douma M., Ligierko G., Romano J. Creating online mind maps and concept maps //25th Annual Conference on Distance Teaching & Learning. Madison, WI. – 2009. – С. 4-7.
11. Erdogan Y. Paper-based and computer-based concept mappings: The effects on computer achievement, computer anxiety and computer attitude //British Journal of Educational Technology. – 2009. – Т. 40. – №. 5. – С. 821-836.
12. Yang C. C. et al. An evaluation of the learning effectiveness of concept map-based science book reading via mobile devices //Journal of Educational Technology & Society. – 2013. – Т. 16. – №. 3.
13. Hwang G.J., Wu C. H., Fan-Ray K. Effects of touch technology-based concept mapping on students' learning attitudes and perceptions //Journal of Educational Technology & Society. – 2013. – Т. 16. – №. 3. – С. 274.
14. Hwang G.J., Chang H., Sung H.Y. Development of an interactive e-book for improving students' learning performance in law courses based on a fill-in-blank concept mapping approach // Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education. – 2015. – Pp. 396-400.

15. Vodovozov V., Raud Z. Concept maps for teaching, learning, and assessment in electronics // *Education Research International*. – doi:10.1155/2015/849678 – 2015. – 9 p.
16. Chen C. M., Peng C. J. Personalized e-learning system based on ontology-based concept map generation scheme // *Advanced Learning Technologies, 2007. ICALT 2007. Seventh IEEE International Conference on*. – IEEE, 2007. – С. 634-636.
17. Chu K. K., Lee C. I. Ontology-based concept map assistant learning system with rule-based reasoning mechanism // *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*. – 2013. – Т. 3. – №. 3. – С. 192-196.
18. Wu P. H. et al. An innovative concept map approach for improving students' learning performance with an instant feedback mechanism // *British Journal of Educational Technology*. – 2012. – Т. 43. – №. 2. – С. 217-232.
19. Myers B., Hudson S. E., Pausch R. Past, present, and future of user interface software tools // *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*. – 2000. – Т. 7. – №. 1. – С. 3-28.
20. Olney, A. M., Cade, W. L., & Williams, C. (2011). Generating concept map exercises from textbooks. In *Proceedings of the 6th workshop on innovative use of NLP for building educational applications* (pp. 111–119). Stroudsburg, PA, USA: Association for Computational Linguistics.
21. Arthur C. Graesser and Leslie C. Clark. 1985. Structures and procedures of implicit knowledge. Ablex, Norwood, NJ.
22. Kathleen M. Fisher, James H. Wandersee, and David E. Moody. 2000. Mapping biology knowledge. Kluwer Academic Pub.
23. Sallie E. Gordon, Kimberly A. Schmierer, and Richard T. Gill. 1993. Conceptual graph analysis: Knowledge acquisition for instructional system design. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(3):459–481.
24. MORETTI F.: Distant reading. Verso, 2013.
25. MORETTI F.: Graphs, Maps, Trees: Abstract Models for a Literary History. Verso, July 2005.
26. GOODWIN J., HOLBO J.: Reading graphs, maps, trees: responses to Franco Moretti. Parlor Press, Anderson, SC, 2011. Book, Whole.
27. MARCHE S.: Literature is not Data: Against Digital Humanities, 2012. <http://www.lareviewofbooks.org/article.php?id=1040> (Retrieved 2015-01-09).
28. CHRISTIE A., ROSS S., SAYERS J., TANIGAWA K., TEAM I.-M. R.: Z-Axis Scholarship: Modeling How Modernists Write the City. In *Proceedings of the Digital Humanities 2014* (2014).
29. Проект «живые страницы» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.psychologies.ru/archive/proekt-jivye-stranitsyi>, свободный. - Дата обращения: 25.05.2018.
30. В ВКО состоялось заседание Экспертного совета ВКО по реализации «Рухани жаңғыру» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.vkgu.kz/ru/newsitem/v-vko-sostoyalos-zasedanie-ekspertnogo-soveta-vko-po-realizacii-ruhani-zhangyru.html>, свободный. - Дата обращения 30.05.2018.

Получено 22.10.2018

**ВОЕННОЕ ДЕЛО
И БЕЗОПАСНОСТЬ**

МРНТИ 78.25.09

Е.Э. Таттыбаев

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

МЕТОДЫ РЕМОНТА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ПОВРЕЖДЕННОЙ В ХОДЕ БОЯ

В статье рассмотрены методы ремонта военной автомобильной техники, поврежденной в ходе боя.

Бұл мақалада шайқас кезінде бүлінген әскери техниканы жөндеу әдісі қарастырылған.

The article deals with methods of repairing military vehicles damaged during combat.

В военное время при организации ремонта машин осуществляется:

- прогнозирование ремонтного фонда автомобильной техники и его размещения в полосах действий войск;
- создание временных группировок ремонтно-восстановительных органов;
- распределение ремонтного фонда по ремонтно-восстановительным органам войск;
- выбор районов размещения и развертывания ремонтно-восстановительных органов, путей и порядка их перемещения в ходе боя (операции);
- определение и постановка задач по ремонту автомобильной техники;
- отработка взаимодействия ремонтно-восстановительных органов по задачам, направлениям, рубежам действий войск;
- определение потребности в автомобильном и другом имуществе;
- своевременное его истребование, получение и обеспечение им ремонтных работ;
- ведение учетной и отчетной документации по ремонту автомобильной техники.

Принятое решение должно предусматривать проведение согласованных по месту и времени мероприятий, обеспечивающих:

- рациональное распределение имеющихся сил и средств ремонтно-восстановительных органов, выбор целесообразного режима их использования (эшелонирование, выделение сил и средств в состав выездных бригад, ремонтно-эксплуатационных групп (РЭГ), места их размещения и порядок перемещения в ходе выполнения задач;
- наиболее полную загрузку ремонтно-восстановительных органов ремонтным фондом при рациональной специализации и наилучшем использовании рабочего времени;
- эффективное взаимодействие между ремонтными и эвакуационными силами и средствами, органами снабжения и управления, а также между ремонтно-восстановительными органами автомобильной техники и ремонтно-восстановительными органами других видов вооружения и военной техники;
- сооружение ремонтно-восстановительных органов автомобильным имуществом;
- снабжение ремонтно-восстановительных органов необходимой нормативно-технической документацией;
- целесообразное расходование имеющихся материально-технических средств;

- надежную защиту, охрану и оборону ремонтно-восстановительных органов, минимизацию их потерь.

В ремонтно-восстановительных органах для обеспечения бесперебойной работы создается оборотный фонд отремонтированных агрегатов, механизмов и приборов, а также необходимые запасы автомобильного имущества в соответствии с утвержденными планами (заданиями) ремонта или на основе их производственных возможностей.

Объемы и перечень работ для всех видов ремонта отражаются в дефектовочных ведомостях, составляемых по результатам контрольно-технических осмотров и технического диагностирования. Объем ремонта определяется на основе осмотра машин должностными лицами подразделений и (или) специалистами ремонтно-восстановительного органа части (соединения, объединения).

Своевременное и качественное выполнение задач по ремонту автомобильной техники ремонтными частями (подразделениями) достигается всесторонней технологической подготовкой ремонтного производства, правильной его организацией и систематическим контролем качества выполняемых работ.

Технологическая подготовка ремонтного производства включает: подготовку специалистов по ремонту машин и их составных частей; правильную расстановку ремонтников по видам работ; обеспечение нормативно-технической документацией; создание и поддержание необходимого запаса агрегатов, узлов, деталей и материалов в соответствии с производственным заданием; обеспечение производственных помещений, элементов парка, а также подвижных мастерских средствами технологического оснащения в соответствии с их назначением; рациональную организацию и оснащение рабочих мест.

Основными принципами организации войскового ремонта машин являются:

- ремонт автомобильной техники осуществляется в процессе повседневной деятельности войск в местах постоянной дислокации, в полевых парках, на местах выхода техники из строя, в ближайших укрытиях и на СППМ части (соединения);
- в первую очередь ремонтируются машины, в наибольшей степени определяющие боеспособность соединения (части), а из них – образцы с наименьшим объемом работ;
- чем ниже войсковое звено, тем меньший объем ремонтных работ устанавливается для его ремонтных подразделений;
- удаление сил и средств ремонта от боевых порядков войск должно обеспечивать максимальную эффективность их использования при сохранении управляемости и живучести.

Продолжительность работы РЭГ в районах, порядок перемещения и управления ими определяются условиями обстановки и устанавливаются приказом (распоряжением) по техническому обеспечению.

В ходе боя (операции) для сосредоточения поврежденного вооружения и военной техники и последующего развертывания основных сил и средств ремонтных подразделений (частей) с целью своевременного и качественного ремонта вооружения и военной техники, а также передачи невосстанавливаемых машин средствам старшего начальника организуются СППМ.

Автомобильная техника, поступившая на сборный пункт поврежденных машин (СППМ), учитывается по книге учета машин, поступивших на СППМ. Передача машин с СППМ в ремонтно-восстановительный орган своей части (соединения) оформляется под подпись приемщика в книге учета машин, поступивших на СППМ. Машины, сданные (собранные) на СППМ части (соединения), после ремонта возвращаются в свои подразделения (части). На машины, которые не могут быть восстановлены на СППМ в течение одних суток,

начальник СППМ выдает частям (подразделениям) соответствующие документы.

При передаче нескольких машин, находящихся на СППМ части (соединения) или в других местах их сосредоточения, силам и средствам старшего начальника может быть составлен акт произвольной формы с перечислением типов, марок, индексов и номеров всех передаваемых машин с указанием их технического состояния. Для учета, приема и передачи агрегатов, узлов, деталей и металлолома, полученных после разборки списанных машин на армейских и фронтовых СППМ, оформляются и ведутся учетные документы по установленной форме.

Автомобильная техника, восстанавливаемая в ходе боя штатными ремонтно-восстановительными органами до соединения включительно, остается в списках эксплуатирующих ее частей, если нет на это особых указаний, после возвращения из ремонта приводится в состояние готовности к использованию (боевому применению) силами и средствами своих подразделений. Автомобильная техника, которая не может быть восстановлена в ходе боя силами и средствами части (соединения), эвакуируется и передается без водителей (экипажей) силам и средствам старшего начальника для ремонта или хранения. При этом она исключается из списков соединения (части) и после ремонта распределяется по решению соответствующих начальников. Документальное оформление передачи, сдачи в ремонт неисправной, приема после ремонта и учет отремонтированной автомобильной техники в соединениях (частях) осуществляется в установленном в Вооруженных Силах порядке.

Передвижные ремонтно-восстановительные органы развертываются в указанных им районах сосредоточения ремонтного фонда, работают до завершения его восстановления, после чего, если не последует на то иных указаний, перемещаются к новым местам размещения с использованием временно придаваемого автомобильного подвижного состава или железнодорожным (водным) транспортом.

В военное время с установленной старшим начальником периодичностью представляются по команде сводки (донесения) по автотехническому обеспечению установленной формы, в которых, наряду с другими вопросами, отражаются сведения по восстановлению автомобильной техники, о состоянии ремонтно-восстановительных органов и местах размещения неосвоенного ремонтного фонда.

В отдельных случаях по особому указанию старших начальников представляется итоговое донесение (отчет) по техническому обеспечению с отражением обобщенных данных по осуществлению ремонта машин в ходе выполнения боевых задач, по объемам работ, выполненных за отчетный период и по дням (задачам), средней трудоемкости выполненных ремонтов и режимам использования ремонтно-восстановительных органов, а также по вопросам эвакуации и передачи поврежденных машин для восстановления силами и средствами старших начальников.

Ремонт машин общевойскового назначения организуют соответствующие начальники автомобильной службы, отдавая распоряжения о передаче ремонтного фонда подчиненным (приданным, поддерживающим) ремонтно-восстановительным органам и, кроме того, другим ремонтно-восстановительным органам по парадом (планам, графикам), выдаваемым старшими начальниками автомобильной службы.

Машины, подлежащие текущему и первому среднему ремонтам, направляются в ремонтное подразделение своей части на основании решения заместителя командира части по вооружению, которое письменно фиксируется в книге осмотра (проверки) вооружения, военной техники и боеприпасов роты с указанием вида ремонта и сроков его выполнения.

В ходе боя (марша) ремонт машин осуществляется непосредственно в местах выхода

их из строя, на маршрутах движения, в ближайших укрытиях силами и средствами отделений технического обслуживания подразделений, РЭГ части (соединения), замыканий колонн.

Машины, которые не могут быть отремонтированы в местах повреждения, эвакуируются на СППМ части (соединения). Машины (агрегаты) направляются в ремонт по нарядам, выдаваемым начальниками, которым подчинены ремонтно-восстановительные органы, назначенные для выполнения ремонтов.

Для отправки автомобильной техники в ремонтные предприятия военных округов производится на основании утвержденного начальником Главного автобронетанкового управления Министерства обороны годового плана ремонта. Наряды выдаются начальниками автомобильной службы военных округов (видов Вооруженных Сил). Преждевременно вышедшие из строя машины (агрегаты) в мирное время направляются в ремонт после административного расследования, которое назначается командиром части в течение трех суток с целью установления причин и виновных в нарушении правил эксплуатации автомобильной техники.

Различают следующие методы ремонта: индивидуальный, агрегатный и смешанный.

Индивидуальный метод ремонта состоит в том, что снятые с машины агрегаты, узлы и детали не обезличиваются, а после разборки, дефектации, ремонта, сборки и испытания устанавливаются на ту же машину.

Индивидуальный метод ремонта имеет следующие недостатки:

- длительный простой машины в ремонте;
- одновременный ремонт агрегатов машины, и машины в целом усложняет ремонтные работы;
- требуется большое количество оборудования, специалистов высокой квалификации и их узкая специализация.

Агрегатный метод ремонта заключается в том, что снятые с машины неисправные агрегаты и узлы заменяются новыми или заранее отремонтированными. При агрегатном методе простой машины в ремонте определяется временем, необходимым на замену неисправных агрегатов, и выполнением подгоночных, регулировочных и сварочных работ. При этом методе достигается высокое качество ремонта, требуется меньше высококвалифицированных специалистов, чем при индивидуальном методе. Однако агрегатный метод ремонта требует наличия обменного фонда новых или отремонтированных агрегатов и узлов.

Смешанный метод ремонта состоит в том, что ремонт машины выполняется с использованием как новых, так и ремонтируемых агрегатов, узлов и деталей.

В армии основным методом является агрегатный метод. В ремонтных частях и подразделениях создается запас отремонтированных агрегатов, механизмов, что является оборотным фондом, обеспечивающим бесперебойную работу.

Список литературы

1. Методы ремонта военной автомобильной техники, поврежденной в ходе боя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Сайт «Военная-энциклопедия, РФ».- Заглавие с экрана. – Дата обращения: 14.03.2018.
2. Герасимов А.Н. Ремонт военной автомобильной техники, организация и технические средства эвакуации ВАТ: Учеб. пособие. – Рязань, 2006. - С. 25-75 [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.03.2018.

Получено 22.10.2018

УКАЗАТЕЛЬ
научных статей, опубликованных в журнале
«Вестник ВКГТУ» в 2018 году

№ стр.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Абсеитов Е.Т., Сарсенов А.М., Ермаханова Ф.Р., Абылгазинова А.Т., Айтлесов К.К., Лепесов К.К.</i> Комплексное использование минерального сырья и повышение эффективности производства на предприятиях хромовой промышленности Казахстана	2	3
<i>Абсеитов Е.Т., Сарсенов А.М., Ермаханова Ф.Р., Абылгазинова А.Т., Айтлесов К.К., Лепесов К.К.</i> Исследование растений томатов в качестве биоиндикатора для определения соединений хрома в окружающей среде	2	8
<i>Акимбекова Н.Н., Жолмагамбетов Н.Р., Медеубаев Н.А., Ахметова А.Ж.</i> Исследование влияния дегазации пластов, состава и свойств угля на запыленность шахтного воздуха	2	14
<i>Акимбекова Н.Н., Сапарова Г.К., Байтуганова М.О., Какенова М.Ж.</i> Влияние аэродинамических параметров горных выработок на состояние проветривания и безопасности угольных шахт	2	17
<i>Акимбекова Н.Н., Жолмагамбетов Н.Р., Медеубаев Н.А., Нургалиева А.Д., Жолмагамбетов С.Р.</i> Исследование процесса сдвижения горных пород при закладке выработанного пространства	3	3
<i>Акимбекова Н.Н., Жолмагамбетов Н.Р., Медеубаев Н.А., Нургалиева А.Д., Жолмагамбетов С.Р.</i> Исследование процесса сдвижения горных пород при системах разработки с полным обрушением кровли	3	7
<i>Ананин А.И., Нуриайыкова Г.Т., Тунгушбаева З.К.</i> Совершенствование нисходящей слоевой системы разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства	1	8
<i>Ахметвалиева З.М., Куленова Н.А., Оналбаева Ж.С., Мамяченков С.В., Анисимова О.С., Такасаки Я.</i> Кинетические закономерности процесса выщелачивания свинца из электронных отходов	1	3
<i>Байбатша А.Б., Омарова Г.М., Дюсембаева К.Ш., Булегенов К.У.</i> Особенности вещественного состава руд месторождения Коккия	1	12
<i>Байкенжеева А.С.</i> Анализ существующих методов расчета пучинных деформаций для безопасности железнодорожного транспорта	4	3
<i>А.С. Байкенжеева</i> Исследование причин возникновения деформаций земляного полотна для безопасности линии Защита-Зыряновск и их связь с инженерно-геологическими условиями	4	8
<i>Бейсембаева Р.С., Найзабаева Ш.Х.</i> Географические особенности развития Усть-Каменогорского промышленного узла	1	18
<i>Бейсембаева Р.С., Абишев Т.Р., Найзабаева Ш.Х.</i> Особенности развития транспортной инфраструктуры Республики Казахстан	1	20
<i>Даумова Г.К., Давыдов Ю.Ф.</i> Изучение динамики процесса осветления хромсодержащих сточных вод	3	12
<i>Ермолов П.В., Мусина Е.В., Портнов В.С.</i> Изучение возраста и состава		

фундамента Иртышской зоны смятия в Калба-Нарымском террейне	3	16
Ипалаков Т.Т., Апишикур Б. Закономерности формирования параметров рабочей зоны карьера с изменчивыми геологическими условиями	1	23
Ипалаков Т.Т., Апишикур Б. Исследование уравнений характеристик плоского предельного состояния	3	20
Искаков К.Т., Боранбаев С.А., Оралбекова Ж.О., Ұзаққызы Н. Разработка алгоритмов и программного обеспечения обработки георадарных данных	4	13
Копобаева А.Н. Распределение бериллия в осадочных и метаморфических горных породах Центрального Казахстана	4	20
Мадишева Р.К., Пономарева М.В., Тунгышбаева А.Т. Определение гидродинамических параметров пластов-коллекторов Южно-Торгайского нефтегазозносного бассейна	3	27
Манучарян Л.С. Опыт и рекомендации по оценке обводненности месторождений твердых полезных ископаемых в Восточном Казахстане	3	32
Мукаев Ж.Т., Оралханов А.М., Озгелдинова Ж.О. Некоторые лимитирующие факторы рекреационной деятельности на территории бассейна озера Алаколь	4	27
Пяткова А.П., Мизерная М.А., Мирошникова А.П., Пятков А.В., Половко М.П. Закономерности формирования колчеданно-полиметаллических месторождений на примере месторождения Малеевское	4	32
Рудько Г.И., Мятченко А.В., Портнов В.С., Исатаева Ф.М. Совершенствование геолого-экономической оценки месторождений Казахстана	2	22
Саденова М.А., Утегенова М.Е., Әнуарбеков Т.Б. Характеристика некоторых природных и техногенных сырьевых ресурсов Республики Казахстан	4	38
Сапарғалиев Е.М., Кравченко М.М., Азельханов А.Ж., Сүйекпаев Е.С. Поисковые направления по выявлению титан-циркониевых россыпей озерного происхождения на территории Восточного Казахстана	4	45
Сейден А.Б. Оптимизация технологии подготовки воды для поддержания пластового давления на месторождении Узень	3	37
Серикбаева А.К., Самешова А.К. Исследование системы свинцовый шлам–сера	2	29

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Әбдугалиева Г.Ю., Имангазин М.Қ., Тұрғанбай Ж.А. Анализ систем менеджмента охраны труда и травматизма в чёрной металлургии	4	52
Абылкалыкова Р.Б., Батырханов А.С., Иманжанова К.Т., Жапарова М.С., Бектасова Г.С., Кантай Н. Исследования микроструктуры сваренных трением образцов стали 12X18H10T со сталью 34XH1M	1	30
Абдеев Б.М., Муслиманова Г.Е., Брим Т.Ф. Новое решение классической задачи механики твердого деформируемого тела о действии поперечной силы на полуплоскость	2	35
Абдикерова У.Б. Технология бетонирования облицовок каналов с применением сухих бетонных смесей	2	45

Абикенова Ш.К., Абдрахманова Н.Б. Оптимизация статистической информации по производственному травматизму в Республике Казахстан	2	47
Абикенова Ш.К., Айткенова Г.Т., Муканова Д.Б. Предоставление гарантий работникам, занятым во вредных и (или) опасных условиях труда, на основании результатов оценки профессионального риска на примере горнорудного предприятия	2	52
Абикенова Ш.К., Танабаева А.Е., Муканова Д.Б. Методические подходы в оценке рисков заболеваемости в Республике Казахстан	2	57
Абикенова Ш.К., Муканова Д.Б., Айткенова Г.Т. Новый подход в предоставлении гарантий работникам, занятым во вредных (тяжелых) условиях труда, на примере нефтеперерабатывающего предприятия	2	63
Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А. Исследование термодинамики и кинетики вакуумной возгонки селена из промпродуктов	2	67
Ақатап Қ., Рахадиллов Б.К., Оспанова Ж.А., Баяндинова М.Б., Байсеркенова Т.Н. Влияние электронно-лучевой обработки на структуру полимерных материалов	4	60
Амангелдиев Н.Е., Жунусбекова Ж.Ж. Анализ теории резания грунтов	2	73
Аманова М.В., Устемирова Р.С., Каскатаев Ж.А. Повышение тяговых свойств тепловозов	4	65
Аринова Д.Б., Тастанбекова А.А., Шуханова Ж.К., Шегенова Г.К., Охапова К.Т., Ибрагимова З.А. Утилизация отходов нефтеперерабатывающей промышленности путем использования их в производстве шинных резин	2	76
Аринова Д.Б., Аскарлов Е.С., Тастанбекова А.А., Шуханова Ж.К. Исследования конструктивных параметров центробежно-гирационной мельницы	2	80
Асанов Д.А., Запасный В.В. Исследование физико-химических свойств пылей металлургического производства	4	68
Баймолданова Л.С., Уазырханова Г.К., Ердыбаева Н.К., Погребняк О.Д. Микроструктура многослойных и многоэлементных покрытий на основе (TiAlSiY)N/CrN	4	72
Бакланов А.Е., Григорьева С.В., Елеусизова К.А., Пронина М.А. Разработка светодиодной системы освещения с функцией передачи данных на основе технологии VLC	2	84
Бергандер М., Капаева С., Тореханова М. Разработка теплового холодильного цикла для хранения свежесобранного урожая фруктов и овощей	3	44
Бисакаев С.Г., Омарова С.Т., Сактаганова Г.С. Роль финансового обеспечения в охране труда	2	89
Бисакаев С.Г., Джумагулова Н.Г. Об актуализации списка работ, на которых запрещается применение труда женщин	2	94
Блинаева Е.В., Блинаева Н.С., Ақбасова Д.Б. Акустическая кавитация в нефти при инфразвуковом воздействии	4	78
Вдовин В.Н. Автоматизация процесса выбора автомобилей рациональной грузоподъемности в логистической системе	4	83
Вдовин В.Н., Искакова М.М. Выявление объектов тяготения различных видов автомобильного транспорта и наиболее вероятных маршрутов		

следования	2	106
Галиева Г.Б., Ахметов Ж.О., Джанкулдукова А.Д., Маусумбаева А.М., Данабеков Е.А., Килыбаев К.К., Мухаметали Т. Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных спортсменов на различных этапах тренировочного процесса	3	52
Ганеева Л.М., Маусымбаева А.Д., Портнов В.С., Султанова Л.М. Возможности использования углей Шубарколя в качестве восстановителя для ферросплавов	4	90
Гурьянов Г.А., Додудкин М.В., Ввавилов В.А., Ким А.И. Начальные экспериментальные исследования процесса разрушения ударом льда на твердом покрытии дорог	2	99
Гученко С.А., Завацкая О.Н., Касымов С.С., Юров В.М., Лауринас В.Ч. Структура и свойства многоэлементных плазменных покрытий Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al	4	96
Давыдов А.А., Макенов А.А. Проектирование автомобильных дорог для пропуска большегрузных автомобилей в условиях Зайсанской низменности	1	37
Давыдов А.А., Макенов А.А. Совершенствование эксплуатационных свойств автомобиля внесением изменений в конструкцию	1	42
Долганов А.В., Русин Ю.Г., Еремеева Ж.В. Исследование влияния микролегирования на спекаемость порошков диоксида урана и усовершенствование на этой основе технологии получения топливных таблеток	1	47
Жакупов А.Н., Богомолов А.В. Влияние термоциклической обработки на механические свойства низколегированной стали 13ХФА	2	113
Жаркевич О.М. Повышение прочности и износостойкости шейки роликов цепного конвейера для транспортировки горячекатанных рулонов	2	118
Жукебаева Т.Ж., Куанышев А.Е. Термодинамика реакций конвертирования штейна	4	102
Закимова А.М., Конурбаева Ж.Т., Денисова О.К. Инновационные технологии переработки вторичного сырья как фактор безотходного производства в животноводческом секторе АПК	4	108
Ибатов М.К., Кадыров А.С., Пак И.А., Аскаров Б.Ш., Кенесов О.М. Анализ и предложение методов очистки газов от технических загрязнений в транспортной технике	4	114
Искакова М.М., Бакланова О.Е. Разработка математической модели для визуального контроля качества процесса напыления на изделия медицинского назначения	3	57
Кадыров А.С., Сулеев Б.Д. Определение сил сопротивления разрушения грунта фрезерованием	4	120
Кайрбаева А.Е., Джингилбаев С.С., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А. Анализ кинетических закономерностей процесса прессования семян тыквы и дыни методом холодного прессования	2	124
Капаева С.Д., Николаенко С.А. Упрочнение роликов станка для навивки пружин методом микроплазменного напыления	3	69
Каравайцева А.А., Квеглис Л.И., Герт С.С., Анфилофьев В.В. Поглощение ультразвука в марганцовистой стали 20ГЛ	4	129
Каравайцева А.А., Квеглис Л.И., Герт С.С., Анфилофьев В.В. Поглоще-		

ние ультразвука в марганцовистой стали 20ГЛ	3	63
Кашевкин А.А., Кошекova Б.В. Помехоустойчивость информационно-телекоммуникационных сетей удаленного контроля и мониторинга в условиях совместной работы с другими сетями в диапазоне 2,4 ГГц	4	130
Кенесбеков А.Б., Рахадilов Б.К., Сагдолдина Ж.Б., Буйткено Д.Б., Курбанбеков Ш.Р. Влияние электролитно-плазменной закалки на трибологические свойства стали 40ХН	4	136
Квон Св.С., Куликов В.Ю., Достaeва А.М., Адамова Г.Х. Исследование некоторых свойств металлосодержащей части металлургического шлака	3	75
Кухарчук Н.Л., Блинаяева Е.В. Влияние звуков низкой частоты на кинематическую вязкость казахстанской сырой нефти	3	80
Макенова Д.М., Макенов А.А., Бекболатов К.С. Совершенствование системы экологического мониторинга атмосферного воздуха городов	2	127
Махатов Ж.Б., Кедельбаев Б.Ш., Айменова Ж.Е., Долтаева Б.З., Тайжанова М.А., Оразова М.М. Исследование химического состава пшеничной соломы, произрастающей на территории Южного Казахстана	2	132
Миргородский С.И., Серая Н.В., Денисова О.К., Миргородский Л.С. Совершенствование технологического процесса изготовления и повышения износостойкости запорной арматуры нефтегазовой отрасли	4	143
Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С., Мырзабекова Д.М., Мухамедова А.И. Повышение безотказности узлов подвески и ходовой части транспортной техники	1	51
Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С., Мырзабекова Д.М., Мухамедова А.И. Экспериментальное исследование триботехнических свойств фрикционных накладок тормозных механизмов транспортной техники	1	57
Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С., Мырзабекова Д.М., Rogовский В.В., Ширишиков В.В. Обеспечение работоспособности гидромеханической трансмиссии транспортных машин	4	149
Муканов Р.Б., Мендебаев Т.М., Касенов А.Ж., Абишев К.К., Муканова А.С. Конструкции резцовых головок для обработки отверстий	2	136
Мякинин А.А., Тұрлыбекулы А., Жанысов С.А., Кимосов Р.Н., Сагидүгүмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В. Механические испытания, структура и распределение элементов в сплаве 316L после процесса SLM	4	154
Мякинин А.А., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А., Сагидүгүмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В. Отработка параметров термомеханической обработки заготовок сплава ниобий-титан	4	158
Набоко Е.П., Сидорина Е.А., Тимирбаева Н.Р. Исследование возможности применения тепловых насосов в металлургическом производстве	4	163
Нурайканов Е.А., Измайлов Р.Т., Жомарткызы Г., Кумаргажанова С. Разработка низковольтной системы светодиодного освещения с использованием солнечных батарей	1	63
Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К. Влияние температуры подложки на структурные и субструктурные характеристики пленок ZnO, MgO	4	167
Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К. Структура и морфология поверхности пленок SnS2 до и после отжига	4	172

Рахметуллина С.Ж., Бугубаева А.Ж. Применение технологии DATA MINING с целью прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха	4	177
Ревуцкий А.В., Онолбаева Ж.С., Кайназарова А.Э. Оптимизация технологии производства агломерированных порошков тантала (АГП) с улучшенными характеристиками	2	139
Савостин А.А., Савостина Г.В. Применение искусственной нейронной сети для бинарной классификации электрокардиографических данных	3	85
Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Ерболатулы Д., Погребняк О.Д., Абылкалыкова Р.Б. Исследование микроструктуры многослойных покрытий на основе MoN(MoZr) ZrN	4	183
Сапинов Р.В., Жакупов А.Н., Починок В.Ф., Саду А. Получение новых видов строительных материалов путем переработки техногенных отходов энергетического и металлургического производств	1	67
Сатыбалдина Д.Ж., Сайлауқызы Ж., Садыков А.А., Таиатов Н.Н. Аппаратная реализация кода Хэмминга на основе ПЛИС	2	144
Спанов С.С., Жунусов А.К., Толымбекова Л.Б. Исследование вязкости шлаков с использованием флюсов при внепечной обработке стали	1	73
Сулейменов А.Д., Гурьянов Г.А., Васильева О.Ю. Предварительная экспериментальная оценка интенсивности измельчения в вибровращательной мельнице новой конструкции	1	77
Такуадина А.И. Идентифицируемость моделей в фармакокинетических исследованиях	3	96
Таңжарықов П.Ә., Сарабекова Ұ.Ж., Дүйсенбеков Е.О. Технология подготовки технических масел на основе асфальто-смолисто-парафиновых отложений	3	101
Таскарина А.Ж., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж. Экспериментальные исследования обработки отверстий резцовой сборной развёрткой с жёстким креплением безвершинных зубьев	3	91
Толеуова А.Р., Балбекова Б.К., Нурумғалиев А.Х. Некоторые особенности структурообразования стали, раскисленной с применением комплексных сплавов	2	150
Тореханова М.Т., Капаева С.Д. Азотистая пористость и способы ее предупреждения в условиях дуговой наплавки в азотсодержащей атмосфере	2	154
Тұрлыбекұлы А., Плотников С.В., Шаймарданова Б.Х., Ердыбаева Н.К., Шушкевич Л.В., Кимосов Р.Н., Акатан К., Шаймардан Е., Кантай Н. Синтезирование микродисперсного гидроксипатита кальция	2	160
Тусупов Д.А., Абдикеримова Г.Б., Мурзин Ф.А. Сегментация полутоновых изображений по нестандартному подходу	3	106
Уразғалиева М.Д., Алмағамбетова М.Ж., Гилязов Е.Г., Сағинаев А.Т. Применение биоэтанола и его смеси в качестве высокооктановых компонентов бензинов	1	84
Халелов А.М., Куленова Н.А. Поиск оптимального способа извлечения ниобия из титаносодержащего сырья	3	113
Чекимбаев А.Ф., Макаев Т.С., Исагулов А.З., Достоева А.М., Исагулова Д.А. Исследование восстановления диоксида кремния и оксида алюминия при выплавке сплава ферросиликоалюминия из высокочольных углей	4	190

ЭКОЛОГИЯ

Адиканова С. Определение вредных примесей, выделенных автотранспортом в окружающую среду города Усть-Каменогорска	3	116
Байкенжеева А.С. Организация обучения безопасности труда в целях обеспечения безопасности рабочего места	4	195
Базарбекова Э.М. Особенности циркуляции атмосферы в зимний период в Восточном Казахстане	1	88
Мынбаева Б.Н., Оралбекова Ж.О., Исабаева Д.Н., Мухтарова Ш.О., Жукабаева Т.К., Хасенова З.Т. Исследование прогнозных моделей для экологического мониторинга атмосферного воздуха г. Алматы	2	166

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдугалиева Г.Ю., Имангазин М.К., Мыктыбаева Н.Н. Анализ безопасности шахты ТОО «Восход Трейдинг» Актыобинской области	3	124
Ауезова З.Т., Ауезова К.Т., Оспан Г.Т. Оценка демографических потенциалов Улытауского района Карагандинской области по методике расчета рейтинга конкурентоспособности	3	129
Куандық Е.Б., Еремін А.И., Жантасова Ж.З., Сыздыкпаева А.Р., Тлебалдинова А.С. Потенциальные угрозы безопасности майнинга криптовалют	1	93

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

Абдрахманов Р.Б., Рустамов Н.Т. Фрактальность управляющих воздействий в активных системах	1	98
Абдрахманов Р.Б., Рустамов Н.Т. Стратегическое планирование и управляемость в активной системе	1	102
Базарова М.Ж., Жомартқызы Г. Трансфер знаний вузов в семантическом образовательном портале	1	106
Бржанов Р.Т., Лакно В.А. Использование пакетов Matlab и Simulink для моделирования уязвимостей автоматизированных систем обработки информации	3	135
Елеукенов М.Т., Сейлгумаров К.К. Решение проблемы обеспечения навесным оборудованием при механизации работ малых фермерских хозяйств	1	111
Ибадильтин Б.Е., Исмаилова А.А. Роль чат-ботов в автоматизации сервисов	3	139
Кумаргажанова С.К., Серикпаев А.А. Миграция данных SAP – загрузка пользовательских полей с помощью стандартного инструмента миграции LSMW	3	143
Кушеккалиев А.Н., Касымова А.Х. Фильтрация интернет-трафика на основе Web content mining	1	114
Морозов Д.Ю., Вайс А.А. Программное обеспечение газоанализатора, построенное на основе Arduino Mega 2560 для передачи данных в мобильное приложение Microsoft Azure	1	117
Нугуманова А.Б., Байбурын Е.М., Киноятова А.М. Цифровые подходы к представлению текстов с помощью концепт-карт	4	198

Рыжкова Е.В., Бакланова О.Е., Бакланов А.Е. Разработка и исследование алгоритмов компьютерного зрения для визуального контроля геометрических параметров объектов (определения границ контура детали)	3	149
Сауырқанова Н.Е., Нұғыманова Ә.Б., Смаилова С.С. Наглядное сравнение метрик TF и TF-IDF с помощью средств визуализации в среде R	3	154
Темирбеков А.Н., Урмашев Б.А. Исследование разностных схем для трехмерных уравнений пограничного слоя атмосферы	2	169

ВОЕННЫЕ НАУКИ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Гроскоп Р.В. Обоснование процесса попадания атмосферного воздуха в топливную систему бронетранспортера БТР-80	2	179
Асанов И.С. Подходы к созданию альтернативной энергетической системы на государственной границе	3	161
Таттыбаев Е.Э. Методы ремонта военной автомобильной техники, поврежденной в ходе боя	4	204

МАЗМҰНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР	
<i>Байкенжеева А.С.</i> Теміржол көлігінің қауіпсіздігі үшін терең деформацияларды есептеудің қолданыстағы әдістерін талдау	3
<i>А.С. Байкенжеева</i> Защита-Зырян желісінің қауіпсіздігі үшін жер төсемінің деформациясының пайда болу себептерін және олардың инженерлік-геологиялық жағдаймен байланысын зерттеу	8
<i>Искаков К.Т., Боранбаев С.А., Оралбекова Ж.О., Ұзаққызы Н.</i> Георадар деректерін өңдеудің бағдарламалық қамтамасыз етілуі мен алгоритмдерін әзірлеу	13
<i>Копобаева А.Н.</i> Орталық Қазақстанның шөгінді және метаморфты тау жыныстарында бериллийдің таралуы	20
<i>Мукаев Ж.Т., Оралханов А.М., Озгелдинова Ж.О.</i> Алакөл көлі бассейнінің аумағындағы рекреациялық қызметтің кейбір шектеуші факторлары	32
<i>Пяткова А.П., Мизерная М.А., Мирошникова А.П., Пятков А.В., Половко М.П.</i> Малеев кен орны үлгісінде колчедан-полиметалл кен орындарының қалыптасу заңдылығы	50
<i>Саденова М.А., Утегенова М.Е., Әнуарбеков Т.Б.</i> Қазақстан Республикасының кейбір табиғи және техногендік шикізаттарының сипаттамасы	38
<i>Сапарғалиев Е.М., Кравченко М.М., Азельханов А.Ж., Сүйекпаев Е.С.</i> Шығыс Қазақстан аумағында титан-цирконийлі көлде пайда болған үйінділерді анықтау бойынша іздеу бағыттары	45
ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
<i>Әбдугалиева Г.Ю., Имангазин М.К., Тұрғанбай Ж.А.</i> Қара металлургиядағы жарақаттану және еңбекті қорғау жүйесі мен менеджментін сараптау	52
<i>Ақатан Қ., Рахадиллов Б.К., Оспанова Ж.А., Баяндинова М.Б., Байсеркенова Т.Н.</i> Полимерлік материалдардың құрылымына электронды-сәулелі өңдеудің әсері	60
<i>Аманова М.В., Устемирова Р.С., Каскастаев Ж.А.</i> Тепловоздардың тартымдық қасиеттерін жоғарылату	65

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>Байкенжеева А.С.</i> Анализ существующих методов расчета пучинных деформаций для безопасности железнодорожного транспорта	3
<i>А.С. Байкенжеева</i> Исследование причин возникновения деформаций земляного полотна для безопасности линии Защита-Зыряновск и их связь с инженерно-геологическими условиями	8
<i>Искаков К.Т., Боранбаев С.А., Оралбекова Ж.О., Ұзаққызы Н.</i> Разработка алгоритмов и программного обеспечения обработки георадарных данных	13
<i>Копобаева А.Н.</i> Распределение бериллия в осадочных и метаморфических горных породах Центрального Казахстана	20
<i>Мукаев Ж.Т., Оралханов А.М., Озгелдинова Ж.О.</i> Некоторые лимитирующие факторы рекреационной деятельности на территории бассейна озера Алаколь	27
<i>Пяткова А.П., Мизерная М.А., Мирошникова А.П., Пятков А.В., Половко М.П.</i> Закономерности формирования колчеданно-полиметаллических месторождений на примере месторождения Малеевское	32
<i>Саденова М.А., Утегенова М.Е., Әнуарбеков Т.Б.</i> Характеристика некоторых природных и техногенных сырьевых ресурсов Республики Казахстан	38
<i>Сапарғалиев Е.М., Кравченко М.М., Азельханов А.Ж., Сүйекпаев Е.С.</i> Поисковые направления по выявлению титан-циркониевых россыпей озерного происхождения на территории Восточного Казахстана	45
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Әбдугалиева Г.Ю., Имангазин М.К., Тұрғанбай Ж.А.</i> Анализ систем менеджмента охраны труда и травматизма в чёрной металлургии	52
<i>Ақатан Қ., Рахадиллов Б.К., Оспанова Ж.А., Баяндинова М.Б., Байсеркенова Т.Н.</i> Влияние электронно-лучевой обработки на структуру полимерных материалов	60
<i>Аманова М.В., Устемирова Р.С., Каскастаев Ж.А.</i> Повышение тяговых свойств тепловозов	65

Асанов Д.А., Запасный В.В. Металлургия өндірісі шандарының физикалық-химиялық қасиеттерін зерттеу	68	Асанов Д.А., Запасный В.В. Исследование физико-химических свойств пылей металлургического производства	68
Баймолданова Л.С., Уазырханова Г.К., Ердьбаева Н.К. Погребняк О.Д. (TiAlSiY)N/CrN негізіндегі көп қабатты және көп элементті жабындардың микрорұрылымдары	72	Баймолданова Л.С., Уазырханова Г.К., Ердьбаева Н.К. Погребняк О.Д. Микроструктура многослойных и многоэлементных покрытий на основе (TiAlSiY)N/CrN	72
Блинаева Е.В., Блинаева Н.С., Ақбасова Д.Б. Инфразвуктық әсер ету кезіндегі мұнайдағы акустикалық кавитация	78	Блинаева Е.В., Блинаева Н.С., Ақбасова Д.Б. Акустическая кавитация в нефти при инфразвуковом воздействии	78
Вдовин В.Н. Логистикалық жүйеде жүк көтергіштігі тиімді автомобильдерді таңдау процесін автоматтандыру	83	Вдовин В.Н. Автоматизация процесса выбора автомобилей рациональной грузоподъемности в логистической системе	83
Ганиева Л.М., Маусымбаева А.Д., Портнов В.С., Султанова Л.М. Феррокорытпа лар үшін қалпына келтіргіш ретінде Шұбаркөл көмірін пайдалану мүмкіндіктері	90	Ганиева Л.М., Маусымбаева А.Д., Портнов В.С., Султанова Л.М. Возможности использования углей Шубарколя в качестве восстановителя для ферросплавов	90
Гученко С.А., Завацкая О.Н., Касымов С.С., Юров В.М., Лауринас В.Ч. Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al көп элементті плазмалық жабындардың құрылымы мен қасиеттері	96	Гученко С.А., Завацкая О.Н., Касымов С.С., Юров В.М., Лауринас В.Ч. Структура и свойства многоэлементных плазменных покрытий Cr-Mn-Si-Cu-Fe-Al	96
Жукебаева Т.Ж., Қуанышев А.Е. Штейнді түрлендіру реакцияларының термодинамикасы	102	Жукебаева Т.Ж., Қуанышев А.Е. Термодинамика реакций конвертирования штейна	102
Закимова А.М., Конурбаева Ж.Т., Денисова О.К. АӨК мал шаруашылығы секторындағы қалдықсыз өндіріс факторы ретінде қайталама шикізатты өндеудің инновациялық технологиялары	108	Закимова А.М., Конурбаева Ж.Т., Денисова О.К. Инновационные технологии переработки вторичного сырья как фактор безотходного производства в животноводческом секторе АПК	108
Ибатов М.К., Кадыров А.С., Пак И.А., Аскаров Б.Ш., Кенесов О.М. Көлік техникасында газдарды техникалық ластанудан тазарту әдістерін талдау және ұсыну	114	Ибатов М.К., Кадыров А.С., Пак И.А., Аскаров Б.Ш., Кенесов О.М. Анализ и предложение методов очистки газов от технических загрязнений в транспортной технике	114
Кадыров А.С., Сулеев Б.Д. Фрезерлеумен топырақты бұзудың кедергі күштерін анықтау	120	Кадыров А.С., Сулеев Б.Д. Определение сил сопротивления разрушения грунта фрезерованием	120
Каравайцева А.А., Квеглиц Л.И., Герт С.С., Анфилофьев В.В. 20ГЛ марганецті болатта ультразвуктың сіңіру	129	Каравайцева А.А., Квеглиц Л.И., Герт С.С., Анфилофьев В.В. Поглощение ультразвука в марганцовистой стали 20ГЛ	129
Кашевкин А.А., Кошекova Б.В. 2,4 ГГц диапазонында басқа желілермен бірлесіп жұмыс істеу жағдайында қашықтықтан бақылау мен мониторингтің ақпараттық-телекоммуникациялық желілерінің кедергі тұрақтылығы	130	Кашевкин А.А., Кошекova Б.В. Помехоустойчивость информационно-телекоммуникационных сетей удаленного контроля и мониторинга в условиях совместной работы с другими сетями в диапазоне 2,4 ГГц	130
Кенесбеков А.Б., Рахадиллов Б.К., Сағдолдина Ж.Б., Бұйткено Д.Б., Қурбанбеков Ш.Р. 40ХН болаттың трибологиялық қасиеттеріне электролиттік-плазмалық шынықтырудың әсері	136	Кенесбеков А.Б., Рахадиллов Б.К., Сағдолдина Ж.Б., Бұйткено Д.Б., Қурбанбеков Ш.Р. Влияние электролитно-плазменной закалки на трибологические свойства стали 40ХН	136
Миргородский С.И., Серая Н.В., Денисова О.К., Миргородский Л.С. Мұнай-газ саласындағы бекіткіш арматураның тозуға төзімділігін арттыру және дайындаудың технологиялық процесін жетілдіру	143	Миргородский С.И., Серая Н.В., Денисова О.К., Миргородский Л.С. Совершенствование технологического процесса изготовления и повышения износостойкости запорной арматуры нефтегазовой отрасли	143

<i>Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С., Мырзабекова Д.М., Роговский В.В., Шириш-ков В.В.</i> Көлік машиналарының гидромеханикалық трансмиссиясының жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету	149
<i>Мякинин А.А., Тұрлыбекұлы А., Жанысов С.А., Кимосов Р.Н., Сагидұғұмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В.</i> SLM үдерісінен кейінгі 316L қорытпасының механикалық сынақтары, элементтердің үлестірілуі мен құрылымы	154
<i>Мякинин А.А., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А., Сагидұғұмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В.</i> Ниобий-титан қорытпаларының дайындамаларын термомеханикалық өңдеудің параметрлерін дамыту	158
<i>Набоко Е.П., Сидорина Е.А., Тимирбаева Н.Р.</i> Металлургиялық өндірісте жылу сорғыларын қолданудың мүмкіндігін зерттеу	163
<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К.</i> Субстрат температурасының ZnO, MgO пленкаларының құрылымдық және сұбқұрылымдық сипаттамаларына әсері	167
<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К.</i> Күйдіруге дейінгі және одан кейінгі SnS ₂ пленкалары бетінің құрылымы мен морфологиясы	172
<i>Рахметуллина С.Ж., Бугубаева А.Ж.</i> Атмосфералық ауаның ластануын болжау мақсатында DATA MINING технологиясын қолдану	177
<i>Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Ерболатулы Д., Погребняк О.Д., Абылкалыкова Р.Б.</i> MoN(MoZr) ZrN негізіндегі көп қабатты жабындардың микроқұрылымдарын зерттеу	183
<i>Чекимбаев А.Ф., Макаев Т.С., Исагулов А.З., Достоева А.М., Исагулова Д.А.</i> Жоғары күлді көмірден ферросиликоалюминий қорытпасын балқытқан кезде алюминий оксидін және кремний диоксидін қалыпқа келтіруді зерттеу	190

ЭКОЛОГИЯ

<i>Байкенжеева А.С.</i> Жұмыс орнының қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында еңбек қауіпсіздігіне үйретуді ұйымдастыру	195
---	-----

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА,
ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

<i>Нугуманова А.Б., Байбури Е.М., Киноятова А.М.</i> Концепт-карталардың көмегімен мәтіндерді ұсынудың сандық тәсілдері	198
---	-----

<i>Муздыбаев М.С., Муздыбаева А.С., Мырзабекова Д.М., Роговский В.В., Шириш-ков В.В.</i> Обеспечение работоспособности гидромеханической трансмиссии транспортных машин	149
<i>Мякинин А.А., Тұрлыбекұлы А., Жанысов С.А., Кимосов Р.Н., Сагидұғұмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В.</i> Механические испытания, структура и распределение элементов в сплаве 316L после процесса SLM	154
<i>Мякинин А.А., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А., Сагидұғұмар А.Н., Догадкин Д.С., Плотников С.В.</i> Отработка параметров термомеханической обработки заготовок сплава ниобий-титан	158
<i>Набоко Е.П., Сидорина Е.А., Тимирбаева Н.Р.</i> Исследование возможности применения тепловых насосов в металлургическом производстве	163
<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К.</i> Влияние температуры подложки на структурные и субструктурные характеристики пленок ZnO, MgO	167
<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К.</i> Структура и морфология поверхности пленок SnS ₂ до и после отжига	172
<i>Рахметуллина С.Ж., Бугубаева А.Ж.</i> Применение технологии DATA MINING с целью прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха	177
<i>Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Ерболатулы Д., Погребняк О.Д., Абылкалыкова Р.Б.</i> Исследование микроструктуры многослойных покрытий на основе MoN(MoZr) ZrN	183
<i>Чекимбаев А.Ф., Макаев Т.С., Исагулов А.З., Достоева А.М., Исагулова Д.А.</i> Исследование восстановления диоксида кремния и оксида алюминия при выплавке сплава ферросиликоалюминия из высокозольных углей	190

ЭКОЛОГИЯ

<i>Байкенжеева А.С.</i> Организация обучения безопасности труда в целях обеспечения безопасности рабочего места	195
---	-----

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА,
ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

<i>Нугуманова А.Б., Байбури Е.М., Киноятова А.М.</i> Цифровые подходы к представлению текстов с помощью концепт-карт	198
--	-----

ӘСКЕРИ ІС ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІК		ВОЕННОЕ ДЕЛО И БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>Таттыбаев Е.Э.</i> Шайқас кезінде бүлінген әскери техниканы жөндеу әдістері		<i>Таттыбаев Е.Э.</i> Методы ремонта военной автомобильной техники, поврежденной в ходе боя	
	204		204
«ШҚМТУ Хабаршысы» журналында 2018 жылы жарияланған ғылыми мақалалар көрсеткіші		Указатель научных статей, опубликованных в журнале «Вестник ВКГТУ» в 2018 году	
	208		208

**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
Корректорлар - Корректоры
С.Е. Волкова
Руководитель издательства О.Н. Николаенко

Материалдарды компьютерде терген
және беттеген

Набор, верстка,
изготовление оригинал-макета
С.Е. Волкова

Басуға 24.12.2018 қол қойылды.
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.
Көлемі: 26,11 есептік баспа табағы, 27,5 шартты баспа табағы
Таралымы 350 дана. № 2780-2018 тапсырыс.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано в печать 24.12.2018.
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.
Объем: 26,11 уч.-изд. л., 27,5 усл. печ. л.
Тираж 350 экз. Заказ № 2780-2018.
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