

MINISTRY OF EDUCATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS  
Belarusian National Technical University  
Tula State University  
Donetsk National Technical University

**SOCIO-ECONOMIC  
AND ENVIRONMENTAL  
PROBLEMS OF THE MINING INDUSTRY,  
BUILDING AND ENERGETICS**

Collection of materials  
The 15-th International Conference  
on the Mining Industry, Building  
and Power Engineering Problems

*29–30 October 2019  
Minsk – Tula – Donetsk*

In 4 Volumes

Volume 3

Candidate of technical science,  
Associate professor *I. Basalay*

Minsk  
BNTU  
2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет  
Тульский государственный университет  
Донецкий национальный технический университет

# СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ

Сборник материалов  
15-ой Международной конференции  
по проблемам горной промышленности,  
строительства и энергетики

*29–30 октября 2019 г.  
Минск – Тула – Донецк*

В 4 томах

Том 3

Под общей редакцией  
канд. техн. наук, доц. *И. А. Басалай*

Минск  
БНТУ  
2019

УДК 622:001.12/18:504.062(1/9);620.9+502.7+614.87

ББК 33

С69

Том 3 сборника научных трудов «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» содержит материалы **9-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее»** по направлениям: «Горнодобывающая промышленность и перспективы развития»; «Экология, охрана труда, промышленная безопасность».

Представлены материалы научных исследований молодых ученых и студентов в области горной промышленности, рационального использования природных ресурсов, рассмотрены экологические проблемы в горно-перерабатывающем производстве, энергетике и строительстве, предложены пути и возможности их решения.

Организационный комитет благодарит ученых, специалистов и руководителей производств, принявших участие в работе конференции, и надеется, что обмен информацией был полезен молодым ученым для решения актуальных задач в области фундаментальных и прикладных научных исследований, производственной деятельности и в образовательной сфере.

The collection contains materials of **9-International Scientific Conference young scientists and students «Past experience – a look into the future»**. Materials of scientific research of young scientists and students in the field of rational use of natural resources, industrial and civil construction, environmental and energy, the prospects for development of techniques and technologies in construction and mining of industry are presented.

The Organizing Committee thanks the scholars, and Chief Executives of production that took part in the conference, and hopes that the exchange of information – formation was useful for solving urgent problems in the area of fundamental – experimental and applied research, production activities and the educational sphere.

ISBN 978-985-583-502-9(Т.3)  
ISBN 978-985-583-500-5

© Белорусский национальный  
технический университет, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### *ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ*

<b>Алферова Д.А., Лукьянцева Е.С., Сергеев В.В.</b> Анализ влияния концентрации реагента на концентрирование и очистку экстракта тяжелой группы рзм из растворов переработки апатитового концентрата.....	10
<b>Амонова С.У.</b> Распределение золота в сульфидах золотоколчеданных руд месторождения в центральных Кызылкумах.....	14
<b>Амонова С.У., Асанов А.Т., Кадилова Н.М.</b> Исследование редкоземельных элементов в породах и минералах центральных Кызылкумов.....	17
<b>Болонев В.В., Мартыненко В.В.</b> Практическое применение ДШН-80 в контурных шпурах при проходке штреков в неустойчивых полиметаллических рудах.....	20
<b>Бучнев И.А.</b> Выбор и внедрение горно-геологической информационной системы на АО «Сафьяновская медь».....	28
<b>Ващенко В.Д., Вишневская А.И.</b> Горные породы и минералы как биофизические объекты.....	33
<b>Глотов Н.В.</b> Модель коэффициента использования по времени горных экскаваторов.....	38
<b>Грязнова О.В.</b> Определение оптимальной границы карьера с использованием ГИС.....	42
<b>Гусева А. М, Денисов А. С., Жуков Н. М.</b> Машина для комплексного ремонта картвых канав.....	48
<b>Жук В.В.</b> Современные машины и комплексы и их эксплуатация в условиях Старобинского месторождения калийных солей.....	52
<b>Зверев Д.И., Лукьянец Е.В.</b> Механизм образования очагов газодинамических явлений в складчатых структурах калийных пластов.....	58
<b>Курбанов У.К.</b> Повышение износостойкости буровых коронок с применением каталитического азотирования.....	63
<b>Мишин В.В.</b> Автоматизация контроля сложнопрофильных изделий горного машиностроения.....	72

<b>Лукашин И.А.</b> Оценка возможности применения самозагружающегося автосамосвала на открытых горных работах.....	77
<b>Прушак К.С., Жоров А.А.</b> Моделирование динамической нагруженности привода центрального ротора проходческого комбайна.....	82
<b>Левицкий А.С., Саротник В.М., Гук С.А.</b> Создание базы данных для работы имитационной модели.....	85
<b>Мостовая А.М.</b> Повышение эффективности соляно-кислотных обработок в скважинах на нефтяных месторождениях.....	91
<b>Муталлапов В.Р.</b> Оценка возможности применения набрызгбетонирования для условий Ново-Учалинского месторождения.....	96
<b>Зубко Д.О., Юрчик Е.С.</b> Анализ технологического оборудования для дробления гранита при производстве щебня.....	101
<b>Евстратиков Д.В.</b> Анализ работы ротора тоннелепроходческого щита.....	104
<b>Евстратиков Д.В., Семененко А.А.</b> Повышение эффективности работы проходческого комплекса в сложных горно-геологических условиях.....	107
<b>Маилян Армонд Р.</b> Расчет параметров торможения автомобиля МАЗ-4371Р2.....	109
<b>Маилян Арман Р.</b> Определение показателей устойчивости и управляемости автомобиля ГАЗ-32212.....	115
<b>Костылев И.А.</b> Определение пути и времени обгона автомобилем Lada Largus.....	120
<b>Олейников Ю.В.</b> Разработка системы управления тепловым воздействием на пласт с высоковязкой нефтью.....	125
<b>Пашкевич В.Ю., Дамарад П.А., Морозов Е.А.</b> Имитационное моделирование добычного забоя. Учёт и прогноз объёмов руды.....	130
<b>Терещенко А.Ю., Любимов А.А.</b> Повышение надежности редуктора мотор-колеса большегрузного карьерного самосвала.....	135
<b>Терещенко А.Ю.</b> Сравнительный анализ эксплуатационных показателей карьерных самосвалов.....	140
<b>Пинчук А.Д., Козенкова А.С., Кедрон К.В.</b> Моделирование геологической среды с применением геоинформационной системы Golden Software Surfer.....	143
<b>Садьков М.И., Досенко М.А., Яворская А.А.</b> Применение	

методики Института проблем механики Российской Академии Наук и программного расчета для проектирования скважины.....	147
<b>Скворцов М.В.</b> Опыт применения эмульсионных взрывчатых веществ при отработке глубоких горизонтов подземного рудника ПАО «Гайский ГОК».....	153
<b>Соловьев М.А.</b> Исследование процессов, связанных со сводкой леса при подготовке торфяных месторождений....	158
<b>Суханов А.Е.</b> Контроль качества калийной руды на этапе подземной добычи и транспортировки.....	162
<b>Писарев Д.Ю., Яковлев Е.С.</b> Технологическая схема подготовки калийной руды к флотации с использованием центробежно ударных дробилок.....	167
<b>Тархов А.В.</b> Скважинная дегазация метаносодержащих угольных пластов.....	169
<b>Тулешов Н.В.</b> Способ промышленной очистки фосфогипса методом электромагнитной УОМ.....	175
<b>Чекова А.В.</b> Прогнозирование склоновых процессов и явлений на территории Тульской области.....	179
<b>Черная А.О.</b> Особенности прокладки подземных коммуникаций методом микротоннелирования.....	184
<b>Писарев Д.Ю., Яковлев Е.С.</b> Технологическая схема подготовки калийной руды к флотации с использованием центробежно ударных дробилок.....	189
<b>Янковская А.В.</b> Основные способы обогащения и переработки минерального сырья.....	192
<b>Баева Е.К.</b> Свойства и прочностные характеристики морского льда.....	197
<b>Мищенко К.П., Тихомирова Е.А.</b> Эксплуатация беспилотных летательных аппаратов как тренд в промышленности и образовании.....	202

**ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА,  
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>Aleinikava D., Levachiova D.</b> Main directions to increase biogas production for organic wastes management.....	207
<b>Алейникова Д.</b> Использование биогазовых технологий для переработки органических отходов.....	210
<b>Baykovsky A.A.</b> Energy saving at the enterprises on production of medical products production.....	216

<b>Doroshko E.</b> Impact of wastes from the extraction and processing of non-natural minerals the environmental situation in the region.....	219
<b>Боровиков Д.О.</b> Возможности использования аэрогеля как перспективного теплоизоляционного материала с целью создания современных моделей спецодежды для критических температур.....	223
<b>Glebus N.A.</b> Emission of formaldehyde into atmospheric air in the process of woodworking.....	228
<b>Гусева А.А., Зеленцова А.А.</b> Анализ и методические рекомендации по снижению воздействия вредных производственных факторов на рабочих местах машиниста автомобильного крана и водителя.....	233
<b>Ивлиева М.С., Шабалина М.А.</b> Изучение картины многолетней динамики запылённости приземной атмосферы г. Тулы как фактора геоэкологических рисков.....	237
<b>Ивлиева М.С., Шабалина М.А.</b> Анализ сезонного влияния фитоценоза центрального парка г. Тулы на интенсивность воздушной миграции осаждения пыли.....	242
<b>Korytko D.</b> Impact of railway transport facilities on the environment.....	247
<b>Grek V.A.</b> The perspective of briquettes production on the base of peat and renewable biomass.....	250
<b>Жило И.А.</b> Использование биогаза как энергоносителя....	253
<b>Матвеева Е.Р.</b> Роль «зеленой экономики» в охране земельных ресурсов.....	259
<b>Никитина И.В.</b> Проблемы переработки твердых бытовых отходов в Туле и способы их решения.....	262
<b>Матюхина Е.А., Белоусов Р.О., Корнеева Н.Н.</b> Возможности использования гидравлических эрлифтных аэраторов в системах нитри – денитрификации.....	267
<b>Матюхина Е.А.</b> Биосорбционная очистка сточных вод.....	268
<b>Piotuh E.</b> The environmental problem of soil pollution by oil products in Belarus.....	270
<b>Тишковская Е.А.</b> Вторичное использование отходов бумаги и картона.....	274
<b>Фейсханова А.Е.</b> Проблемы загрязнения при производстве H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Метод влажной очистки отходящих газов.....	279
<b>Янина Н.А.</b> Влияние географо-ландшафтных факторов на ценность рекреационных земель.....	284
<b>Vargan M.</b> Environmental aspects of the production and use	

of pellets from biomass.....	289
<b>Плющенко Д.М.</b> Современные подходы к модернизации кабины оператора дробилки.....	393
<b>Корженевская М.В.</b> Разработка методики оценки уровня и динамики изменения показателей корпоративной социальной ответственности компаний нефтегазового сектора.....	397
<b>Кривошей А.Д.</b> Использование методологии «мозгового штурма» при принятии социально значимых решений в сфере экономики горного дела.....	301

# **ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

УДК 669

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕЭКСТРАГЕНТА НА КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ И ОЧИСТКУ ЭКСТРАКТА ТЯЖЕЛОЙ ГРУППЫ РЭМ ИЗ РАСТВОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

**Алферова Д.А., Лукьянцева Е.С., Сергеев В.В.**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

*Изучены параметры концентрирования и разделения редкоземельных металлов в процессе экстракции и реэкстракции из растворов ЭФК, очистка растворов от примесных компонентов и получение индивидуальных соединений металлов.*

### **Введение.**

Редкоземельные элементы являются стратегически важным сырьем, без которого невозможно ни одно наукоемкое производство. Главным экспортером редкоземельных металлов во всем мире является Китайская Народная Республика. Для того, чтобы ограничить зависимость от импортного сырья необходимо разработать отечественные методы получения индивидуальных оксидов РЗЭ. Данное направление является одним из наиболее приоритетных и поддерживается правительством РФ [1]. Одним из альтернативных источников металлов является апатитовый концентрат. Он не требует предварительной обработки, что обуславливает его потенциальную экономическую привлекательность, а также практически не радиоактивен, что делает производство из него более безопасным.

Целью работы является получение прототипов насыщенных индивидуальных растворов РЗЭ. Для этого были исследованы параметры концентрирования и разделения металлов на этапах экстракции и реэкстракции и очистка полученных экстрактов от примесей.

### **Актуальность.**

Апатитовый концентрат – фосфор содержащее сырье, используемое для производства фосфорных и сложных удобрений, кормовых фосфатов, а также для производства экстракционной фосфорной кислоты. Помимо основного компонента –  $P_2O_5$ , он содержит около 1 % редкоземельных элементов с повышенным

содержанием металлов тяжелой и средней групп [2]. Россия перерабатывает до 10 млн тонн апатита ежегодно. При условии извлечения металлов из всего объема перерабатываемого сырья, их количество превысило бы половину современной мировой потребности в РЗЭ.

В исследовании рассматривается извлечение РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), получаемой в процессе кислотной переработки апатита на фосфорные удобрения. Сырье характеризуется повышенным содержанием РЗЭ средней и тяжелой групп, нерадиоактивностью и удобством внедрения стадии получения металлов в производство минеральных удобрений. Этот источник является практически готовым сырьем РЗЭ, не требующим измельчения, растворения и обогащения, что повышает его рентабельность.

#### **Методы исследования.**

Использование экстракционных методов извлечения РЗЭ обусловлено малым содержанием РЗЭ и сложностью разделения их смеси на индивидуальные компоненты. В основе этого метода лежит комплексообразование с органическими реагентами, различная устойчивость получаемых соединений в различных условиях позволяет разделять близкие по химическим свойствам элементы.

#### **Объект исследования.**

В качестве объектов исследования механизма экстракции редкоземельных металлов (РЗЭ) средней и тяжелой групп органическим экстрагентом ди-2-этилгексилфосфорной кислотой (Д2ЭГФК) использованы растворы фосфорной кислоты, моделирующие состав ЭФК, содержащих 3,67 - 5,78 моль/кг  $H_3PO_4$ , 0,23 моль/кг  $H_2SO_4$  и 0,09-0,1 % Ln, где Ln – сумма РЗЭ. Для экстракции использованы растворы серной кислоты, полученные путем разбавления концентрированной (94 %) серной кислоты, а также растворы щавелевой кислоты, полученные растворением щавелевой кислоты марки ХЧ в соответствующем объеме воды.

#### **Основные результаты.**

Первым этапом исследований являлось изучение процесса очистки, получаемого в ходе экстракции раствора органической фазы от примесного железа и титана, которые оказывают негативное влияние на процесс экстракции редкоземельных металлов [3 - 5]. Очистка органического растворителя от примесей ионов железа осуществляется щавелевой кислотой concentra-

цией 0,75 М при соотношении фаз  $V_{aq}/V_{org}=2$ . При этом, учитывая, что РЗМ остаются в органической фазе, 99,9 %-ная очистка органического растворителя от примесей железа достигается за 8 стадий без потерь ценного компонента, что составляет менее 1 % примесей железа в органическом растворителе и менее 2 % в совокупности редкоземельных примесей.

Из полученного очищенного экстракта необходимо извлечь индивидуальные соединения металлов. Так как комплексные соединения РЗМ в органической фазе обладают различной устойчивостью, становится возможным их разделение. Эффективность реэкстракции находится в обратной зависимости от экстракции. Таким образом, лучше всего извлекаются ионы диспрозия, а слабее всего ионы иттербия. В качестве реэкстрагента была выбрана серная кислота. Оптимальной концентрацией для разделения тяжелых РЗМ и максимального насыщения являются концентрированные растворы серной кислоты 4 - 6 М. При этом коэффициенты разделения смежных пар достигают значения  $Yb/Er=12$ ,  $Y/Dy=9$ ,  $Er/Y=2$ .

Кроме того, на реэкстракцию оказывает влияние присутствие разбавителя (ТБФ) в органической фазе. Установлено, что при повышении его концентрации до 20 %, степень реэкстракции иттербия нелинейно растет, за счет образования менее прочных связей комплексного иона металла с ТБФ. При этом, для его использования необходимо дополнительно исследовать влияние добавление ТБФ в органическую фазу на экстракцию РЗМ и растворимость органической фазы в ПЭФК.

Суммировав полученные данные, была изучена возможность получения индивидуальных соединений  $Yb$  и  $Y$ . Установлено, что при соотношении фаз  $V_{aq}/V_{org}$  больше 0,07 степень реэкстракции иттрия достигает значения свыше 90 %. При этом, также, наблюдается уменьшение коэффициентов распределения в органическую фазу РЗМ с увеличением объема органической фазы. Таким образом, можно утверждать, что коэффициент разделения  $Y/Yb$  принимает значение в диапазоне (11 - 18), в зависимости от условий разделения. Наибольшее значение показатели реэкстракции достигают при соотношениях фаз 1/10 и 1/20, скорости перемешивания 450 об/мин, концентрации серной кислоты 6М.

Разработана схема извлечения и разделения рассматриваемых металлов (рис. 1). Получены прототипы соединений иттрия и иттербия с содержанием целевого компонента 83 % и 95 % соответственно.

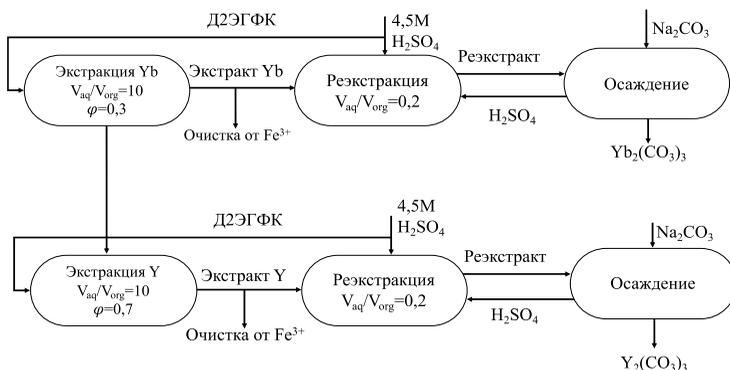


Рис. 1 – Схема экстракционного разделения Y и Yb

### Выводы.

1. Получены оптимальные параметры для очистки органического растворителя от примесей ионов железа и титана для увеличения емкости по РЗМ.

2. Получены зависимости влияния концентрации реэкстрагента ( $H_2SO_4$ ) на распределение, концентрирование и разделение Yb, Er, Y, Dy. Установлено, что с увеличением концентрации серной кислоты повышается коэффициент с различными показателями для каждого металла.

3. Получены зависимости влияния концентрации разбавителя ТБФ на очистку РЗМ. Установлено, что с увеличением концентрации ТБФ в органическом растворителе, степень реэкстракции нелинейно возрастает, что может упростить процесс реэкстракции.

4. Суммировав полученные данные была составлена схема извлечения и разделения Yb и Y. Получены их индивидуальные соединения с содержанием целевого компонента 83 % и 95 % соответственно.

Работа выполнена в рамках проекта № 19-19-00377 «Технологические основы извлечения и селекции стратегически значимых редкоземельных элементов из продуктов апатитового производства» от 22.04.2019, поддержанный РНФ в конкурсе 2019 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами».

### **Библиографический список**

1. *Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"*
2. *Литвинова Т.Е. Металлургия иттрия и лантаноидов/ Т.Е. Литвинова. Спб: РИЦ Горного университета, 2012. – 272 с.*
3. *Yang Liu Stripping of Fe(III) from the Loaded Mixture of D2EHPA and TBP with Sulfuric Acid Containing Reducing Agents/ Yang Liu, Sang-Ho Nam, Manseung Lee Bull. Korean Chem. Soc. 2014, Vol. 35, No. 7*
2. *Wayne C. Recovery of metal values from aqueous solution by solvent extraction with an organo-phosphorus extractant/ Wayne C., Hazen A., Henrickson V., Пат. США US3214239A. МПК C01G 31/003. заявитель и патентообладатель KERR MC GEE OIL IND Inc; Priority date 1962-07-02.*
3. *Fred J. Hurst Removing oxygen from a solvent extractant in an uranium recovery process/ Fred J. Hurst, Gilbert M. Brown, Franz A. Posey; Пат. США US4432945A. МПК C22B 60/026. заявитель и патентообладатель US Department of Energy; Priority date 1981-11-04.*

УДК 553.087

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В СУЛЬФИДАХ ЗОЛОТО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМАХ**

**Амонова С.У.**

**Научный руководитель Жиянов А.Б.**

*Навоийский государственный горный институт, Узбекистан*

*Изучено распределение золота в сульфидах золото-колчеданных руд месторождения в Центральных Кызылкумах.*

Исследуемые руды приурочены к зоне размещения типичных для региона «черносланцевых» месторождений пирит-арсенопирит-золоторудной формации. Самородное золото в них концентрируется главным образом в сульфидах, представлено тонкими классами, но резкое преобладание пирита, высокие концентрации его в центральных частях рудных зон, массивные,

густо вкрапленные текстуры части руд и другие признаки позволили авторам отнести их к новому типу.

Ранее известны единичные разноречивые значения пробности золота, полученные пробирным методом из руд одного из рудопроявлений месторождения окисленных, смешанных руд и сульфидного концентрата (Л.И. Швецова и Р.Ш. Рыжавская). Предпринятые нами систематические исследования состава золота выполнены на микроанализаторе MS-46. Геологическая характеристика месторождения представлена Касавченко Г.В., результаты минералогических работ микронзондирование значительной части исследуемого золота и обобщение материалов – Г.М. Чеботаревым.

Золото находится в виде микроскопической вкрапленности или просечек в сульфидах, иногда видимых в лупу включений в кварце, карбонате, лимоните, ярозите и в других минералах разных ассоциаций [1]. В пирите преобладают включения золота размером менее 100 мкм. Особый интерес представляют золотины до 10 мкм. Различаются две разновидности такого микронного золота.

Микронное золото второй разновидности нередко образует скопления в которых встречаются золотины до первых десятков микронов. Форма их угловатая, неправильная. Распространение их меньше зависит от мышьяковистых зон, хотя они часто ассоциируются с тонкими выростками арсенопирита.

Золото в рудном пирите образует устойчивый микро парагенезис с арсенопиритом халькопиритом, блеклой рудой (малосеребристым безтеллуристым фрейбергитом), пирротинном другими минералами, выделяющимися, подобно золоту, в виде тонких выростков, просечек, мельчайших метакристаллов, т. е. типично эпигенетических образований, которые однако не выходят за пределы зерен пирита. Оно характеризуется высоким значением пробности – от 861 до 876 при среднем – 869 %. Отметим, что пробность исследуемого золота близка к максимальным значениям пробности раннего тонкодисперсного золота в сульфидах Кокпатаса (720 – 880 %) и выше пробности золота в арсенопирите Мурунтау золота, а также близка к пробности тонкодисперсного золота ранней генерации в колчеданных рудах, которое, как и наше, образует микро ассоциацию с халькопиритом, блеклой рудой и др.

Характеризуя микронное золото, отметим, что в рудном пирите на участках повышенных концентраций рассеянной приме-

си мышьяка в микро ассоциации с ванадистым ильменитом установлено селен содержащее золото с примесью меди [2]. От известных оно отличается весьма низким содержанием серебра.

В зонах распространения микронного золота установлено повышенное содержание ультратонкого невидимого или субмикронного золота, распределение которого, как показывают замеры и растровые снимки, весьма неравномерно. В пирите оно тяготеет к мышьяковистым зонам, по пространственно несколько обособлено от присутствующих здесь же скоплений микронных золотин.

Результаты микрорентгеноспектральных определений состава золота показаны в работах Ю.А. Волковым М.Г. Чеботаревым [3].

В псевдоморфозах лимонита по пириту карбонат содержащих руд отмечено золото, не претерпевшее заметного перемещения. Здесь оно, видимо, сохраняет первичную морфологию и пробность.

Таким образом, сделаем определенные выводы:

1. Золото исследуемых руд преимущественно тонкодисперсное, пылевидное и очень мелкое, концентрируется в пирите и арсенопирите. В кварце, ярозите и других встречается мелкое золото.

2. В гипогенном золоте колчеданных руд пробность варьирует от средней до весьма высокой. С укрупнением тонкодисперсного до очень мелкого отмечается некоторое уменьшение пробности, т. е. от весьма высокой до высокой. До средних значений снижается пробность золота, образующего тонкие сростания с халькопиритом, блеклой рудой, пирротином и др.

3. В пирите в микро ассоциации с ванадийсодержащим ильменитом и халькопиритом установлены включения высокопробного медь- и селен содержащего золота, ранее не известного в рудах региона.

4. Наряду с тонким микроскопически диагностируемым самородным золотом в исследуемых рудах установлены повышенные концентрации неравномерно рассеянного невидимого золота.

5. Высокая пробность, дисперсность, преимущественная приуроченность к скоплениям пирита, характерный микро парагенезис с халькопиритом, пирротином, блеклой рудой и другими – важная совокупность типоморфных признаков изучаемого золота.

### **Библиографический список**

*1. Моргунова Л. Н. Применение рационального анализа для выявления форм золота в рудах одного из месторождений Зап.*

Узбекистана// Зап. Узб. отд. ВМО. Вып. 37. Ташкент: Фан. 1984. С. 75–78.

2. Назирова Р. И., Хамрабаев И. Х. и др. О селенистом электролите Средней Азии//Зап. Узб. отд. ВМО. Вып. 30. Ташкент: Фан. 1977. С. 73–77.

3. Чеботарев Г. М. и др. Типоморфные особенности золота и пирита золоторудных формации Зап. Узбекистана//В сб. Типоморфизм кварца, пирита и золота месторождения Узбекистана. Ташкент: Фан. 1981. С. 42–67.

УДК 553.087

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ**

**Амонова С.У., Асанов А.Т., Кадирова Н.М.**

**Научный руководитель Жиянов А.Б.**

*Навоийский государственный горный институт, Узбекистан*

*В работе выделяются общее повышение редкоземельных элементов (РЗЭ) с наиболее широкими вариациями величины распределение редкоземельных элементов минералы в породах  $d_e$ , как правило, более распространены в природе.*

В работе рассматриваются особенности распределения лантана, церия, самария, европия, тербия, иттербия и лютерия в породах до мезозойского мета терригенного комплекса, а также в минералах известных месторождений Центральные Кызылкумов по данным И.Х. Хамрабаева и А.С. Уклонский [1].

Геохимические особенности поведения редкоземельных элементов (РЗЭ), как правило, определяются спецификой строения электронных оболочек, одним из параметров которых является величина электронных плотностей  $d_e$  валентных орбит, рассчитанная по ранее предложенной методике и позволяющая объединить РЗЭ в следующие группы [2]: 1) Nd, La, Ce, Pr, Eu, Gd, Tb, Yb, ( $d_e = 0,09 - 0,11$ ); 2) La, Ce, Nd, Sm, Y, ( $0,13 - 0,14$ ); 3) Ho, Er, Tm, Lu, ( $0,15$ ); 4) La, Ce ( $0,16 - 0,17$ ).

Как видно из приведённого,  $d_e$  РЗЭ меняется в широких пределах (от 0,09 до 0,17), что, видно и обуславливает широкое рассеивание их в природе, а также химическую дифференциацию эле-

ментов, имеющих одинаковую степень окисления. С увеличением  $d_e$  уменьшается химическая активность и понижаются щелочные свойства РЗЭ, при этом элементы с наиболее широкими вариациями величины  $d_e$ , как правило, более распространены в природе. Некоторые лёгкие РЗЭ, например Ce, La, по химическим свойствам должны значительно отличаться, поскольку, обладая наиболее высокими величинами электронных плотностей, они характеризуются и максимальными кислотными свойствами. Сравнение  $d_e$  РЗЭ и других элементов свидетельствуют, что РЗЭ по химическим свойствам наиболее близки к щелочноземельным элементам, а также Li, Cu, Sc, Tl, Hg, Pb, Y, Ti, TR, Tl, Sb, Be, Cd, In, Bi, Sn.

Значительно более низкими содержания РЗЭ в кремнистых породах. При этом отмечается идентичность их независимо от стратиграфической приуроченности кремнистых пород. Близкие к ним значения характерны и для карбонатных пород девон – каменноугольного возраста. В терригенных породах РЗЭ относительно обогащены углистые сланцы, что можно объяснить сорбционными свойствами углистого вещества, органическое происхождение которого показано ранее в работе. Результаты анализа распределения РЗЭ в различных типах зон окисления по осадочной мета терригенным породам бесапанской свиты свидетельствуют о выносе их при формировании гидрослюдисто-карбонатной, гипсовой и особенно гидрокарбонатной зон гипергенеза и концентрации их в корах каолинитового состава (Таблица 1).

В каолининовых корах Кызылкумов, различных в гранитоидах, накапливается лишь РЗЭ промежуточной и иттриевой групп, а цериевые земли легко выносятся, практически все РЗЭ и особенно церий проявляют отчетливую тенденция к концентрации в продуктах кор выветривания независимо от состава магматических пород. Низкое содержание РЗЭ отмечается в минералах осадочной мета терригенных пород – кварце и пирите; в последнем вообще не обнаружены лантан, самарий, тербий, лютеций.

В то же время минералы из рудоносных минеральных ассоциаций гидротермальных появлений Кызылкумов характеризуются несравненно более высокими содержаниями РЗЭ и особенно церия, максимальное количество которого наблюдается в пиритах из колчеданного проявления участка Барханный.

Таблица 1 – Распределение редкоземельных элементов в породах Центральных Кызылкумов г/т [3, 4]

Порода	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Eu/Sm
Терригенные породы	24,0	31	8,1	1,5	1,4	2,2	1,6	0,18
Тасказганская свита	25,0	53,0	9,9	1,9	2,0	2,2	2,5	0,2
Бесапанская свита	63,0	112,0	52,3	4,1	5,5	6,1	16,7	0,08
Углистые сланцы бесапанской свиты	4,0	13,0	3,2	0,6	0,9	1,0	1,4	0,19
Тасказганская свита	3,8	16,3	2,2	0,4	1,2	0,5	1,6	0,18
Бесапанская известняк Д – С	5,1	10,5	1,6	0,3	0,45	0,5	0,7	0,19
Мета вулканыты основного состава	6,2	42,0	4,5	1,6	2,0	2,1	0,8	0,35
Гидрослюдисто – карбонатная	18,0	32,0	4,8	0,6	0,6	0,9	1,3	0,13
Гидрокарбонатная	11,0	31,0	3,2	0,6	0,4	0,8	1,3	0,20
Коалинитовая	66,0	119,0	16,5	3,4	2,7	3,2	4,0	0,20
Гипсовая	16,0	34,0	5,3	1,1	0,7	1,4	1,4	0,20

Высокое содержание церия наблюдается и в халькопиритах медноколчеданных проявлений, а в этом же минерале из скарнов количество церия довольно низкое. Однако иттербия в халькопиритах обеих генетических групп значительно больше, чем в пиритах, так же как в сфалеритах полиметаллических жил золоторудных формаций и молибденитах вольфрадного проявления Сарытау. В последнем отмечается больше церия.

Таким образом, стабильно высокие содержания РЗЭ в изученных сульфидных золоторудных проявлений Кызылкумов могут рассматриваться как поисковый признак оруденение, а их отсутствие в пиритах и кварце неизмененных мета терригенных пород – показатель отсутствия генетической связи эндогенного рудообразования с осадконакоплением и метаморфизмом. В поисковой практике следует обратить внимание на каолинитовый тип кор выветривания, а также на углистые сланцы как возможные концентраторы редких земель.

### **Библиографический список**

1. *Геохимия редкоземельных элементов. Балашов Ю.А. Наука, Москва, 1976 г., 267 с.*
2. *Электронные плотности валентных орбит и геохимические ассоциации элементов. Узбекский геологический журнал 1981 г. 210 с.*
3. *Одно из основных задач геохимия-изучения концентрации вещества. А.С. Уклонский. Узбекский геологический журнал 1981 г. 210 с.*
4. *Проблемы геологии полезных ископаемых ТашГУ И.Х. Хамрабаев. 1966 г.204 стр.*

УДК 622.063.23

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДШН-80 В КОНТУРНЫХ ШПУРАХ ПРИ ПРОХОДКЕ ШТРЕКОВ В НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУДАХ**

**Болонев В.В., Мартыненко В. В.**

**Научный руководитель Виноградов Е.А.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Представлена методика испытаний и результаты применения детонирующего шнура высокой мощности – ДШН-80 для увеличения соответствия фактических контуров выработок проектным.*

На сегодняшний день разработка месторождений ПИ связана с большим объемом горнопроходческих работ, поэтому в настоящее время остается перспективным направление повешения эффективности взрывных работ.

Весьма распространено при проходке горных выработок в шпурах применять рассредоточенный заряд из патронов аммонита № 6 ЖВ. Несмотря на частоту использования этого взрывчатого вещества, оно имеет ряд недостатков:

- избыточное трещинообразование в законтурном массиве и большое количество «заколов»;
- образование больших неровностей по кровле и бортам горных выработок;
- разногласия фактических и проектных контуров выработок (захваты контура фактической выработки в среднем 20-25 % от проектного контура).

Выше изложенные недостатки приводят к снижению технико-экономических показателей и скорости проходки; уменьшению устойчивости горного массива; снижению безопасности ведения горных работ.

Для того, чтобы избежать неточного оконтуривания горных выработок предлагается применять детонирующий шнур высокой мощности ДШН-80, работы с которым были проведены в производственных условиях рудника на Дальнем Востоке (Хабаровский край).

ДШН-80 применяется для передачи на расстояние инициирующего импульса для возбуждения детонации, а также в качестве самостоятельного оконтуривающего заряда при добыче полиметаллических руд, для непосредственного инициирования зарядов промышленного назначения взрывчатых веществ в шпурах и скважинах, в качестве самостоятельного шпурового или скважинного заряда, а также для инициирования накладных зарядов ВВ.

Технические характеристики шнура детонирующего высокой мощности ДШН-80 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ДШН-80

№	Параметры	Ед.изм	Данные
1	Масса сердцевины	г/м	80.0 ± 5.0
2	Скорость детонации	м/с	Не менее 6200
3	Температура применения	°С	От -4 до +60
4	Прочность на взрыв	Н (кгс)	1000.0 ± 50
5	Водостойкость		24ч на глубине 1м
6	Диаметр шнура	мм	12,5 ± 1.0
7	Цвет оболочки		красный
8	Длина шнура в бухте	м	40.0 ± 0.6
9	Длина шнура на катушке	м	40.0 ± 0.6

#### **Цели и задачи испытаний**

Целью испытаний является определение показателей качества взрывных работ с применением детонирующего шнура ДШН-80 в контурных шпурах, определение в натуральных условиях сохранность горного массива, что и обеспечит сохранение остальных параметров, таких как безопасность выполнения работ и сохранение проектного сечения.

Основными задачами испытаний являются:

- определение оптимального варианта параметров паспорта БВР с заряданием контурных шпуров ДШН-80 (расстояние между контурными шпурами, конструкция заряда);

- оценка достоинств и недостатков применения детонирующего шнура ДШН-80 в условиях рудника на Дальнем Востоке.

Дополнительными целями применения ДШН-80 в контурных шпурах при проходке рудных штреков являются:

- повышение качества проходки рудных штреков за счет увеличения показателя КИШ и соответствия фактических контуров выработок проектным;

- сокращение расхода взрывчатых веществ;

- уменьшение сейсмического воздействия на горную породу;

- снижение количества заколов, следовательно, увеличение безопасности ведения работ;

- упрощения конструкции контурных зарядов, следовательно, уменьшения трудоемкости;

- снижение захвата контура горных выработок.

Районом проведения испытаний являются объекты производственных работ рудника, расположенного на территории Дальнего Востока.

#### **Методика проведения испытаний.**

Основным видом испытаний принят метод промышленного эксперимента в реальных условиях рудника. Для проведения испытаний определяются опытные участки с разными горно-геологическими условиями.

Перед началом производства взрывных работ производится комиссионный осмотр фронта работ и проверяется:

- выработка на безопасное состояние для производства работ по зарядке забоя;

- соблюдение паспорта БВР;

- готовность к работам по заряданию шпуров (подъезд, чистота шпуров).

Во время испытаний должны фиксироваться все технологические параметры:

- геологические характеристики пород;

- маркшейдерская съёмка выработки (соблюдение направления, выдержка параметров сечения);

- актуальность паспортов управления кровлей и паспорта БВР.

Взрывники, производящие работы по зарядке забоя, где производятся испытания, каждую смену фиксируют следующие данные:

- место производства взрывных работ;
- количество, длину заряжаемых шпуров;
- фиксируют отклонения, возникшие в ходе производства взрывных работ;

Контроль за соблюдением проведенных испытаний с применением детонирующего шнура высокой мощности ДШН-80 в контурных шпурах, соблюдением технологий и ведением учёта расходных материалов производится членами рабочей комиссии.

#### **Промежуточные испытания.**

Задачей испытаний было отработать оптимальные параметры буровзрывных работ при проходке горных выработок с применением ДШН-80 в контурных шпурах для сохранения целостности законтурного массива.

Основные параметры БВР (таблица 2), которые необходимо вычислить для достижения задачи по сохранению целостности законтурного массива:

- расстояние между контурными шпурами;
- величина недозаряда контурных шпуров;
- конструкция заряда.

Разработан паспорт БВР (рис.1).

#### **Результаты испытаний.**

После производства первых взрывов, контур отработал полностью по всему периметру выработок, но остались стаканы от компенсационных шпуров  $L=0,3-0,5$  м.

Заряжание производилось при помощи капсуля детонатора и ДШН-80, вставленных в футляр от патрона боевика ДПМС-1. Результат состояния кровли и бортов выработок были положительными – вырисовывался контур, очерченный продольными срезами компенсационных шпуров по кровле выработок и частично по бортам (шпуры контура выработки заряжались, также как и весь забой, т.е. патрон боевик и 2/3 шпура гранулит-М), значительно снизился заколообразование по кровле забоя.

Изменение диаметра буровых коронок  $d=45-48$  мм к видимым изменениям не привело. Уменьшения глубины стаканов проводилось смещением вспомогательных шпуров в сторону компенсационных, а на последних 10 взрывах по обоим выработкам вместо футляров использовались детонаторы для ДПМС-1.

Результатом этих изменений стало уменьшение глубины стаканов до  $L = 0,3-0,5$  м.

Таблица 2 – Основные параметры БВР

Основные показатели	Ед. изм.	Паспортные значения
Сечение выработки	м <sup>2</sup>	До 13,0
Диаметр шпуров	мм	43/64
Общее количество шпуров	шт	52
Количество шпуров на взрыв	шт	35
масса заряда ПС-2 при пневматическом зарядании на 1 п.м.	кг	1,6
длина врубовых и компенсационных шпуров	м	3,3
длина вспомогательных, контурных, компенсационных шпуров	м	3,1
общ. кол-во шпурометров	шп.м	162,8
кол-во шпурометров на зарядку	шп.м	74,3
<b>количество ВВ на забой</b>	кг	82
· аммонит 6ЖВ Ø32 мм	кг	7,0
· ПС-2	кг	75
· детонирующий шнур(ДШ-80)	п.м.	71,5
· детонирующий шнур(ДШ-8)	п.м.	8
· электродетонаторы(ЭД)	шт	2
количество волноводов(ИСКРА-Ш,ДИН-Ш)	шт	22
кол-во магистрального провода (ВП 2*0,8)	м	50
объем отбиваем горной массы за цикл	м <sup>3</sup>	36,3
КИШ	-	0,9

Было произведено 2 взрыва и пройдено 6 п.м. по рудной зоне с повышенной трещиноватостью в рудном штреке № 1.

#### Результаты испытаний

После производства первого взрыва (Рудный штрек №1), контурные шпуры отработали не в полном объеме по всему периметру выработки, наблюдалась незначительная затяжка, в процессе механической обorkи, контур выработки был приведён в проектные параметры. Зарядание производилось при помощи ДШН-80 + детонатор ИСКРА-Ш. Результат состояния кровли и бортов выработки в удовлетворительном состоянии.

$S=12.1 - 12.5 \text{ м}^2$

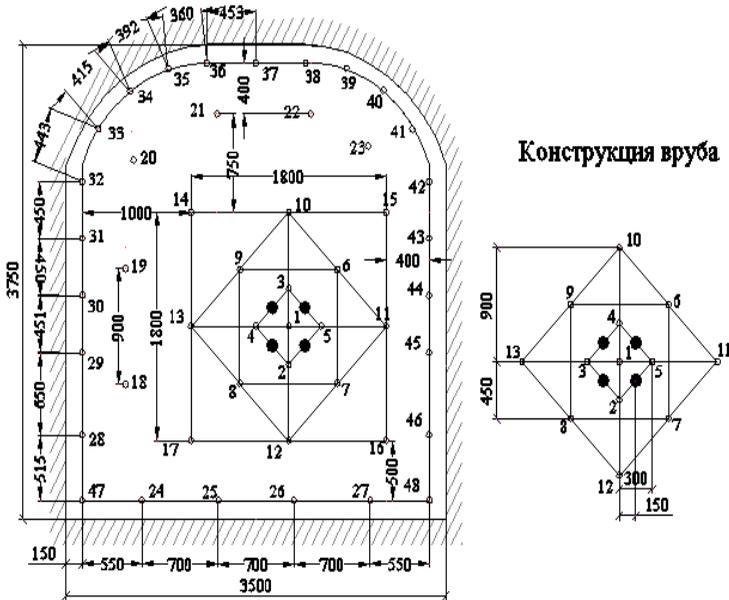


Рис. 1 – Паспорт БВР

Эффект при проведении испытаний с применением ДШН-80 достигнут положительный, горная выработка при неустойчивых типах пород после проведения БВР сохраняет проектное сечение.

Было произведено 2 взрыва и пройдено 6 п.м. по рудной зоне с повышенной трещиноватостью в рудном штреке № 2.

Эффект при проведении испытаний с применением ДШН-80 достигнут положительный, необходимо продолжить работы по подбору оптимальных параметров паспорта БВР, т.е. производим дальнейшее промышленное испытание с применением следующего типа паспорта БВР: без оконтуривающих шпуров.

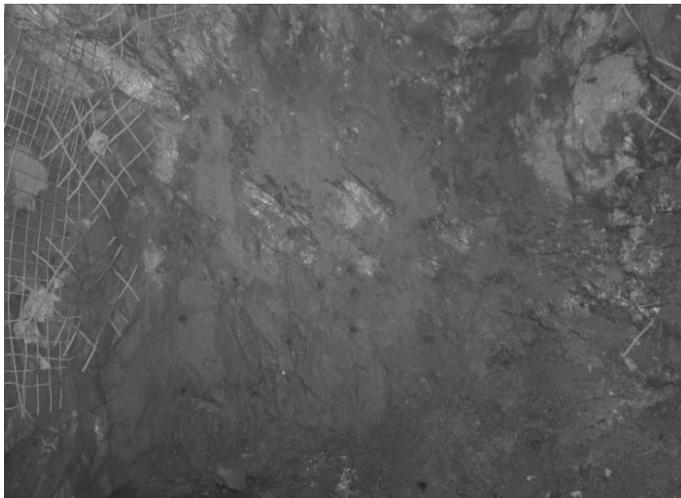


Рис. 2 – Фотоматериал забоя Рудного штрека № 1

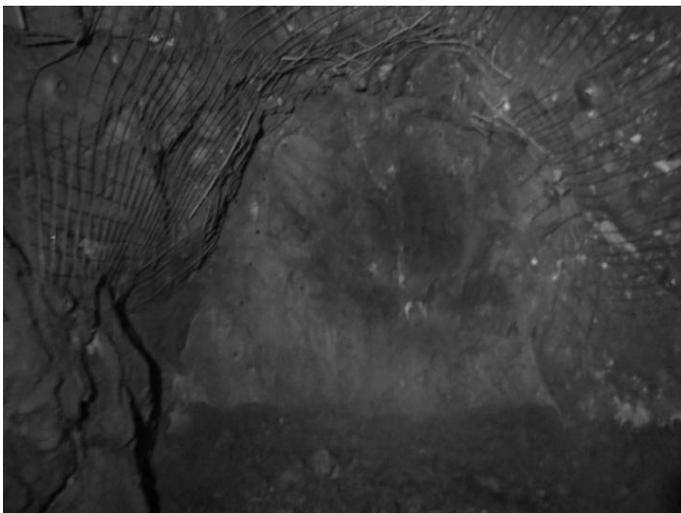


Рис. 3 – Фотоматериал забоя Рудного штрека № 2  
после БВР и отгрузки ГМ

## **Итоги**

Результаты испытаний детонирующего шнура высокой мощности демонстрируют его преимущества перед аммонитом № 6ЖВ по таким критериям:

- снижение сейсмического воздействия взрыва на горную породу;
- уменьшение количества заколов в разы (в среднем 4 - 5 раз);
- увеличение безопасности ведения работ;
- снижение захвата контура горных выработок на 2 – 3 %.

Качество оконтуривания с применением ДШН-80 остается стабильным в шпурах любого диаметра – от 38 до 51 мм, пробуренных как по ослабленным, так и по крепким породам.

Удовлетворительный результат работ говорит о том, что применение ДШН-80 более эффективно по сравнению с Аммонитов №6 ЖВ.

На основании результатов взрывных работ, применение детонирующего шнура высокой мощности позволяет работать более технологично.

## **Библиографический список**

1. Ушаков С.В., Гусев В.В. *Эффективность применения детонирующего шнура повышенной мощности ДШН-80 на проходке горных выработок и при взрывных работах по тушению и локализации лесных пожаров* / «Горная промышленность» №1 (125)/2016 (60 – 61 с.).
2. Матвейчук В.В., Чурсалов В.П. *Взрывные работы*. / Академический проект, Москва, 2002 г., – 384 с.
3. Комащенко В. И., Исмаилов Т. Т. *Технология взрывных работ 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для вузов*. / Научная школа: Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва), 2018 г., – 428 с.
4. Неверов А.А., Неверов С.А., Фрейдин А.М.: *Подземная разработка рудных месторождений*. / ИГД СО РАН, Новосибирск, 2010 г., – 372 с.
5. Бейсебаев А.М., Битимбаев М.Ж., Букейханов Д.Г., Даукеев С.Ж., Жаркимбаев Б.М., Крупник Л.А., Раскельдинов Б.У., Столповских И.Н., Съедин В.Ф., Тамбиев Г.И., Цой С.В., Юсупов Х.А.: *Горно-геологический справочник по разработке рудных месторождений. Том 1*. / Информационно-презентационный центр МСК РК, Алматы, 1997 г. – 252 с.

**ВЫБОР И ВНЕДРЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
НА АО «САФЬЯНОВСКАЯ МЕДЬ»**

**Бучнев И.А.**

**Научный руководитель Красавин А.В.**

*Технический университет УГМК*

*В горнодобывающей отрасли конкурентоспособность предприятий обусловлена эффективностью разработки, заключающейся не только в интенсификации добычи, а в непосредственном контроле каждого этапа разработки, оперативном и стратегическом планировании. Зачастую введение горно-геологических информационных систем вызывает затруднения; их потенциал не раскрыт целиком. Ниже приведена оценка эффективности и некоторые особенности внедрения ГГИС на АО «Сафьяновская медь».*

На сегодняшний день рассмотрение процесса внедрения и организации работы горно-геологических информационных систем на горных предприятиях представляет собой одно из ключевых направлений развития горнодобывающей отрасли. Данные системы позволяют оперативно выполнять сложные расчеты, моделирование и планирование с использованием персональных компьютеров. Помимо этого, современные ГГИС обладают множеством других функций, которые позволяют превратить горнодобывающее предприятие в высокотехнологичную информационную систему, предоставляющую неограниченный потенциал в области управления и планирования.

Целью работы является оценка эффективности внедрения горно-геологической информационной системы (ГГИС) на предприятии АО «Сафьяновская медь» в целях автоматизации и синхронизации работ служб в единой информационной среде.

Для решения данного вопроса были поставлены конкретные задачи, которые включили в себя:

- обзор производственной деятельности АО «Сафьяновская медь»;
- рассмотрение предпосылок внедрения ГГИС на предприятии;
- сравнение существующего программного обеспечения и выбор наиболее подходящей ГГИС;
- рассмотрение выбранного программного комплекса и анализ основных этапов внедрения;

- общая оценка эффективности внедрения, а также перспективы развития принятой ГГИС.

Основными предпосылками для внедрения горно-геологической информационной системы стали следующие факторы:

- переход к подземной разработке, влекущий за собой значительные капитальные затраты. Вследствие чего возникла необходимость использования специализированных программных инструментов, позволяющих тщательней контролировать расходы;

- ухудшение горнотехнических и горно-геологических условий при разработке глубоких горизонтов, и, как следствие, необходимость осуществления детального и безошибочного многофакторного анализа, включающего в себя мониторинг горных выработок и влияние очистной выемки на их устойчивость;

- систематизирование информации о техническом состоянии самоходных машин, используемых на проходке и на очистной выемке, позволяющее уйти от практики планово-предупредительных ремонтов к ремонту по фактическому состоянию (что повышает стабильность графика проходческо-добычных работ, снижая простои и связанные с ними издержки).

На сегодняшний день мировой рынок программных продуктов предлагает довольно большое количество ГГИС-систем, функциональный состав которых, в основном, сводится к:

- геостатистическому анализу (пространственно-временные данные, отражающие свойства объектов, процессов и явлений, происходящих в недрах Земли);

- формированию каталогов маркшейдерских точек и решению на их основе различных маркшейдерских и геодезических задач;

- подсчету объемных и качественных показателей выемочных единиц;

- созданию векторных, каркасных и блочных моделей объектов горной технологии;

- визуализации моделей объектов в трёхмерном пространстве;

- планированию подземных и открытых горных работ.

Для выбора наиболее подходящей системы была разработана методика сравнения, в которой наиболее важными критериями рассматривались такие функции как:

- цена модуля;

- количество поддерживаемых форматов и языков;

- наличие высокопроизводительной 3D-подсистемы;

- число поддерживаемых типов операционных систем;

- возможность интеграции с ERP-системами;
- возможность использования скриптов.

Каждый критерий оценивался от 0 до 3 баллов.

Рассматривались такие программные комплексы как «Майн-фрейм», «Datamine», «Micromine», «Surpac», «K-Mine» и «Credo Генплан» (рис.1).

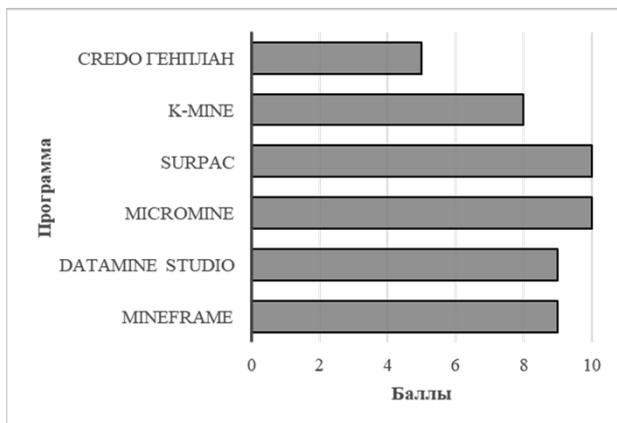


Рис. 1 – Бальный рейтинг ГГИС-систем по заданным критериям

Модули на базе систем «Micromine» и «Surpac» наиболее полно отвечают всем предъявляемым требованиям. Однако на данный момент практически все упомянутые горно-геологические системы обладают схожим инструментарием, поэтому наиболее рационально сравнивать их с позиций финансовых и технических возможностей.

Учитывая то, что на предприятии уже имелось ПО «Майн-фрейм», выбор был сделан в пользу развития именно этой ГГИС.

Развитие и продвижение получили 4 модуля.

В модуле «геология» создана база данных ГКЗ в геологическом редакторе GeoTools; построены модели рудных тел Сафьяновского месторождения; выполнен интерактивный ввод данных опробования; получена возможность представления 3D-моделей в виде разрезов и сечений с выводом их в графическом редакторе («AutoCAD») и получением справочной информации по ним (MS Office).

В модуле «маркшейдерия» создана актуальная база данных (каталоги координат, маркшейдерские сети); построена модель горных выработок Сафьяновского подземного рудника.

В модуле «технология открытых горных работ» созданы модели Сафьяновского, Хвощевского карьеров и промплощадок; построены модели отвалов вскрышных пород Сафьяновского карьера и прилегающей топоповерхности.

В модуле «технология подземных горных работ» ведется проектирование подготовительных работ в подэтажах; проектирование подготовительно-нарезных работ в камерах; проектирование отработки запасов камеры, в том числе буровзрывные работы; ведется организация проектирования проходческих и очистных работ.

В ходе исследовательской работы был проведен анализ затрат времени на выполнение проектных работ, который показал, что применение ГГИС «Майнфрейм» в среднем экономит фонд рабочего времени на 53 % (рис. 2 а).

Аналогично проведен анализ затрат времени на планирование горных работ. В результате можно наблюдать экономию фонда рабочего времени в среднем на 48 % (рис. 2 б).

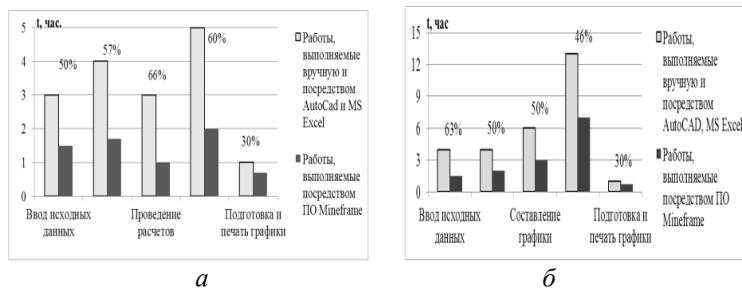


Рис. 2 – Анализ затрат времени на выполнение проектных работ (а) и на планирование горных работ (б)

Для анализа потерь и разубоживания были взяты очистные камеры горизонта -40м: К 25-1-40; К 23-2-40; К 24-3-40. По проектированию К 24-3-40 построены разрезы в ГГИС «Майнфрейм» и в «AutoCAD», которые приведены к одной плоскости.

На рисунке 3 представлены контуры отработанных очистных камер К 25-1-40 и К 23-2-40. Контур, построенный в ГГИС «Майнфрейм» выделен утолщенной линией. Контур, построенный в программе AutoCAD, в свою очередь, обозначен тонкой линией. Штриховкой представлена разница построения конту-

ров камер, которая в среднем составляет 3,5 %. При этом снижение разубоживания на 1 % по всему предприятию на текущую производительность ведет к снижению затрат приблизительно на 1 млн. рублей.

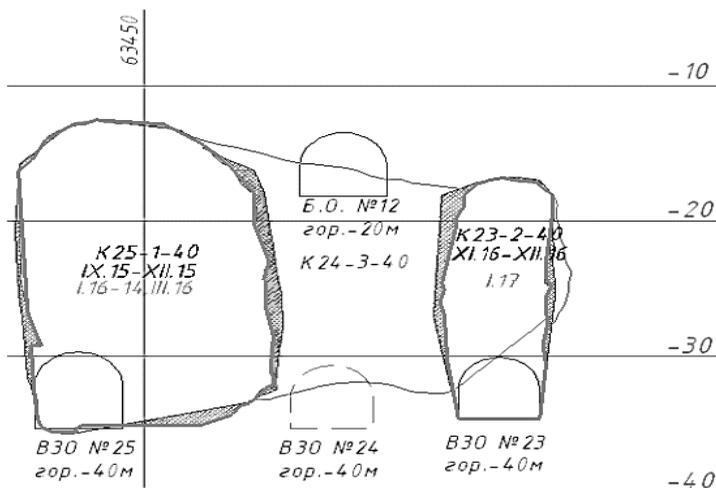


Рис. 3 – Разрез вкрест простирания камеры 24-3-40

Таким образом, применение современных горно-геологических информационных систем позволяет снизить потери и разубоживание, риски возникновения грубых ошибок, способствует росту производительности ИТР, а также приведет к сокращению затрат на геолого-маркшейдерское обеспечение ведения горных работ в связи с формированием оптимальных проектных и плановых решений. Вышперечисленные факторы приведут к значительному снижению финансовых рисков в условиях отработки Сафьяновского месторождения.

### Библиографический список

1. Штыкова И.В. Програмное обеспечение реального времени для предприятий горнодобывающей промышленности /

*И.В. Штыкова, Н.В. Мазур // Технические науки - от теории к практике. - №23. – 2013. - С. 87 – 96.*

2. *Технологический регламент на доработку Сафьяновского месторождения подземным способом, Екатеринбург: ОАО «Уралмеханобр», 2019.*

3. *Ломако Л.С. Майнфрэйм - современный инструмент для ведения горных работ / Ломако Л.С. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/maynfreyt-sovremennuu-instrument-dlya-vedeniya-gornyh-rabot>.*

4. *Кузнецов Ю.Н. Концепция проектирования и управления отработкой запасов выемочных участков на базе информационных технологий / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Стадник - М.: Изд-во МГТУ. ГИАБ. – 2009. – №4. – С. 279-285.*

УДК 552.1

## **ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И МИНЕРАЛЫ КАК БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**

**Ващенко В.Д., Вишневская А.И.**

**Научный руководитель Поликарпова Н.Н.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Горные породы и минералы обладают свойствами, которые характеризуют их как живые системы, находящиеся во взаимодействии с организмами*

В конце XX начале XXI века сформировалось научное направление, получившее название «медицинская геология», В марте 2005 г. была основана медико-геологическая секция (МГС РосГео) в результате встречи представителей медицинской и геологической общественности. В 2006 г. издана коллективная монография «Биокосные взаимодействия: жизнь и камень» (Изд-во СПбГУ, 2006).

Медицинская геология изучает воздействие геологических объектов таких как горные породы, минералы, вода, продукты эрозии и вулканической деятельности, а также объектов техногенного происхождения: сплавы, строительные материалы и др. на здоровье людей и состояние животных и растительных организмов. Важным вопросом медицинской геологии является

исследование геологических процессов и явлений на биологический мир.

Главную роль среди горных пород формирующих земную кору играют минералы, в состав которых входит оксид кремния – кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ). Кремний является основным химическим элементом таких широко распространенных минералов как кварц, халцедон, опал и полевые шпаты, составляющие такие осадочные породы как пески, глины, которые составляют основную массу вещества стратисферы – верхнего слоя земной коры. Кремний является также и основой неорганического мира. Он играет важную роль в живых организмах (например, входит в состав коллагена – основного белка соединительной ткани). Традиционно горные породы и минералы, составляющие твердую оболочку планеты, рассматриваются как косное вещество, лишённое тех свойств, которые характеризуют живую материю. В тоже время много факического материала свидетельствует, что кристаллы минералов имеют память. Они способны приспосабливаться к внешним условиям: кристаллы устают, стареют, отдыхают, издают звуки. Подобно живым существам кристаллы размножаются, восстанавливают отломанные части (регенерация). Они могут передавать информацию о своем строении на значительные расстояния и др.

В 1998 году российский учёный Альберт Боковиков выступил с сенсационным заявлением об открытии им новой формы жизни. Обширная, снабжённая убедительными цветными фотографиями статья на эту тему, была опубликована исследователем в журнале «Сознание и физическая реальность», №6 за 1998 год. Исследователь назвал открытую им форму жизни – крей. Кремниевая форма жизни в исследовании учёного представлена широко распространенными в природе агатами. В течении многолетних наблюдений за агатами был обнаружен большой ряд признаков и свойств у агатов, которые аналогичны биологическим формам жизни. Для организма агата, представленного в исследованиях образцами различного возраста, характерны четко выраженная анатомия: кожа (спиральная, многослойная); кристаллическое тело; полосатое тело; доньшко-зеркало (орган, назначение которого учёному установить не удалось; возможно, это некий аналог зрительного анализатора). У агатов есть кожа, которая линяет и может даже регенерироваться. Минерал, как и всё живое, болеет

и залечивает раны (сколы и трещины). Агаты питаются, захватывают новые жизненные пространства, а в динамике сохраняют свои сложные формы. Самым интересным является тот факт, что агаты двуполы: полосатое тело – мужское тело, кристаллическое тело – женское тело.

Революционная гипотеза, выдвинутая известным американским исследователем Дж. Лавлоком, привела к формированию в современном естествознании концепции живой планеты. Если спроецировать идею Циолковского о живом атоме на современные представления о структуре материи, то выходит, что все образующие живую клетку молекулы, атомы, элементарные частицы и поля также по-своему живы. На всех структурных уровнях обнаруживается жизнеорганизованная материя со своими особенностями и возможностью трансформаций. Общепринятая точка зрения, согласно которой все находящееся ниже белкового уровня и нуклеиновых кислот не может считаться живым, – нуждается в пересмотре. Живое организовано не только по горизонтали, но и по вертикали, проявляясь на различных уровнях реальности в присущих им формах. Подобная иерархия живого является закономерным отражением целостности и диалектического единства развивающейся Вселенной.

Теснейшая взаимосвязь между органической и неорганической составляющей является основой существования биотических систем всех уровней организации от отдельных организмов до биосферы в целом. В связи с этим возникает вопрос о механизмах такого рода взаимодействий. Поддержание жизнедеятельности организмов осуществляется посредством метаболизма, который обеспечивается веществом и энергией, поступающими из внешней среды. Изучение процессов взаимодействия минеральных и органических составляющих биосферы, главным образом, проводится на вещественном (химическом) уровне. В тоже время такой раздел медицинской геологии как литотерапия подразумевает энерго-информационное, а не химико-фармакологическое воздействие на организм. Кристаллы минералов создают вокруг себя невидимое силовое поле. Впервые на это обратил внимание в 1844 – 1867 годах австрийский химик Карл фон Рейхенбах. В дальнейшем исследователями было не только подтверждено наличие у минералов энергетических полей, но и возможность взаимодействовать с ними. Доказано, что физические приборы,

в схемах которых используются кристаллы, довольно остро реагируют на психофизическое воздействие экспериментатора. Например, кристаллы кварца при мысленном воздействии на них человека меняют свои частотные характеристики почти так же, как при облучении их лазерным лучом. Таким образом, прослеживается не только вещественная, но и энергоинформационная взаимосвязь между минеральными и органическими составляющими биосферы. Несмотря на большой интерес к применению природных минеральных веществ в лечебных целях механизмы их воздействия на живые организмы практически неизвестны.

На кафедре «Горные работы» в течение ряда лет проводятся эксперименты с целью обнаружения энергоинформационного воздействия горных пород на биологические организмы.

Целью проведенной нами работы явилось установление возможности воздействия минералов и горных пород на процесс развития растительных организмов при отсутствии обмена веществом между ними. Для этого в качестве испытуемых горных пород использовали хемогенную осадочную горную породу сильвинит, состоящую преимущественно из минерала сильвина и метаморфическую горную породу змеевик, состоящую из минералов тальк, хлорид и асбест. Породой заполняли пластиковые контейнеры объёмом 500 мл. Масса (М1) образца сильвинита составила 499,93 г, а (М1) змеевика - 477,33 г. Один из контейнеров оставался пустым и служил в качестве контроля. На каждый контейнер наклеивалась этикетка с присвоенным номером варианта и датой постановки опыта. Для создания одинаковых условий эксперимента контейнеры, заполненные породой, а также служащий контролем пустой контейнер (без породы), помещали на некотором удалении друг от друга (около 15 см) в шкаф с закрывающимися стеклянными дверцами. Соответственно количеству опытных вариантов и контроля брали одинакового объема прямоугольные пластиковые поддоны объёмом 100 мл. Их дно покрывали фильтровальной бумагой, сложенной в три слоя. Каждый поддон нумеровали и вместе с фильтровальной бумагой взвешивали (М2). На второй слой фильтровальной бумаги выкладывали по 100 семян овса посевного. Семена прикрывали третьим слоем фильтровальной бумаги и взвешивали поддоны с семенами (М3).

Измеренные значения масс (M1), (M2), (M3) представлены в таблице 1.

Каждый поддон по очереди помещали на электронные весы и добавляли по 10 г воды. Полученные значения масс поддонов с водой и семенами (M4) всех вариантов заносили в таблицу 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные (массы)

№	Вид породы	M1, г	M2, г	M3, г	M4, г	M5, г	M6, г
1	Сильвинит	499,93	6,11	9,40	18,74	16,54	12,48
2	Змеевик	477,33	5,33	8,52	18,39	16,04	12,94
3	Контроль	1,5	5,42	8,75	18,65	16,78	8,76

Соответственно варианту поддоны размещали сверху на закрытых крышками контейнерах с породами или контрольным пустом. Через 7 дней все поддоны освобождали от полиэтиленовых пакетов и крышек. Проростки дополнительно увлажняли одинаковым количеством воды (10 г) и оставляли развиваться в ранее описанных условиях еще на неделю. Через 14 дней поддоны с растительными проростками взвешивали и величину массы (M5) заносили в таблицу 1.

Проростки растений очень аккуратно, чтобы не оторвать корешки, извлекали из поддонов и взвешивали, на чистом сухом листке бумаги, массу которого обнуляли (для каждого взвешивания свой листок). Полученные величины масс проростков (M6) представлены в таблице 1 и в таблице 2.

Таблица 2 – Итоговые результаты эксперимента

№	Вид породы	Масса породы, г	Суммарная длина листьев, см	Суммарная длина корней, см	Кол-во проростков, штук	Масса проростков, г
1	Сильвинит	499,93	791,4	614,1	66	12,48
3	Змеевик	477,33	689,9	570,1	55	12,94
4	Контроль	1,5	417,5	157,5	34	8,76

С помощью линейки измеряли длину каждого зеленого листочка и корешка (измерение проводили от зерна до верхушки листа и от зерна до кончика корня).

Полученные значения длин листочков (дл. л.) и длин корешков (дл. к.) для каждого варианта суммировали. Полученные величины каждого из вариантов приведены в таблице 2.

Анализ полученных данных показал, что все варианты существенно различались по прорастанию семян и развитию листиков и корешков. Полученные результаты свидетельствуют, что в отсутствие непосредственного контакта между горными породами (представленными изолированными образцами массой менее 0,5 кг) и семенами (растительные организмы) наблюдается биофизическое (полевое) воздействие породы, на организм. При этом сильвинит и змеевик оказали положительный стимулирующий эффект на прорастание и процесс роста семян овса.

УДК 69.002.5

## **МОДЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ВРЕМЕНИ ГОРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ**

**Глотов Н.В.**

**Научный руководитель Кузнецов С.М.**

*Сибирский государственный университет путей сообщения*

*Построена модель коэффициента использования машин по времени в зависимости от коэффициента готовности.*

Для расчета организационно-технологической надежности работы горных экскаваторов при добыче строительных материалов [1] с помощью шагового регрессионного метода [2, 3] построена модель коэффициента использования машин по времени ( $K_v$ ) от коэффициента готовности ( $K_r$ ).

$$K_v = +0,0037 + 0,93789 K_r .$$

В таблице 1 приведены основные характеристики модели коэффициента использования машин по времени.

Модель коэффициента использования по времени является статистически значимой, т. к. вычисленный общий  $F$ -критерий регрессии значительно больше табличного значения  $F$ -критерия.

В таблице 2 приведена характеристика выборки остатков модели  $K_b$ .

Таблица 1 – Характеристики модели  $K_b$

Показатель	Величина
Доля объясненной вариации, %	97,662
Коэффициент множественной корреляции	0,98824
Средний отклик	0,80637
Стандартная ошибка в % от среднего отклика	2,58
Стандартная ошибка	0,02083
Общий F - критерий регрессии	19129,31
Табличное значение общего F - критерия	3,84
Дисперсия	0,0004
Сумма разностей	-0,0000
Средняя арифметическая разность	0,01770
Среднее квадратическое отклонение	0,02078
Максимальная разность	-0,04142
Максимальная разность в %	-7,46
Фактическое количество выбросов	0
Количество опытов с разностью 1 сигма	273
Количество опытов с разностью 2 сигма	187
Количество опытов с разностью 3 сигма	0

Таблица 2 – Характеристики выборки остатков модели  $K_b$

Показатель	Величина
Минимальное значение фактора	-0,0414
Максимальное значение фактора	0,0414
Выборочное среднее значение фактора	-0,0000
Среднее квадратическое отклонение фактора	0,0208
Средняя квадратическая ошибка фактора	0,00097
Эмпирическая дисперсия выборки	0,00043
Вычисленное значение критерия Пирсона	0,064
Табличное значение критерия Пирсона	14,07

Так как вычисленное значение критерия согласия Пирсона меньше его табличного значения, то можно сделать вывод, что

выборка подчиняется закону нормального распределения, а, следовательно, модель является статистически значимой. Плотность распределения остатка модели проиллюстрирована на рисунке 1.

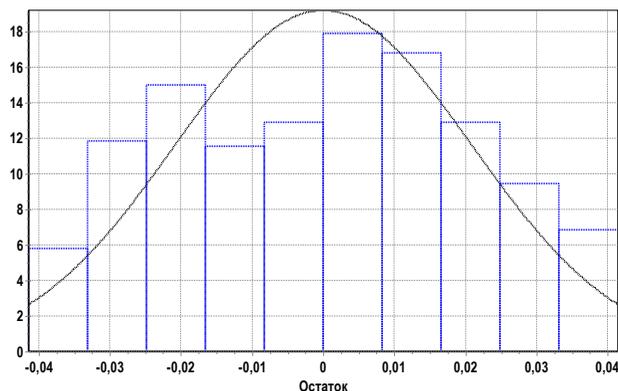


Рис. 1 – Плотность распределения остатка модели  $K_b$

В таблице 3 приведены данные построения доверительного интервала модели и на рисунке 2 проиллюстрирована сама модель.

Таблица 3 – Данные по доверительному интервалу модели коэффициента использования экскаваторов по времени

Наименование показателя	Величина
Уровень риска, %	5
Средняя величина X	0,85585
Средняя величина Y	0,80637
Сумма квадратов регрессии	8,29964
Сумма квадратов SS остатка	0,19871
Сумма квадратов SS общая	8,49835
$t(v, 1 - a / 2)$	1,970
$F(2, n - 2, 1 - a)$	3,048
Вычисленное значение F-критерия	19129,31
Остаточная дисперсия $s^2$	0,000434
Стандартное отклонение s	0,020830

В результате исследования установлено, что коэффициент готовности экскаваторов существенно влияет на коэффициент ис-

пользования машин по времени, а, следовательно, и на организационно-технологическую надежность производства [4–6].

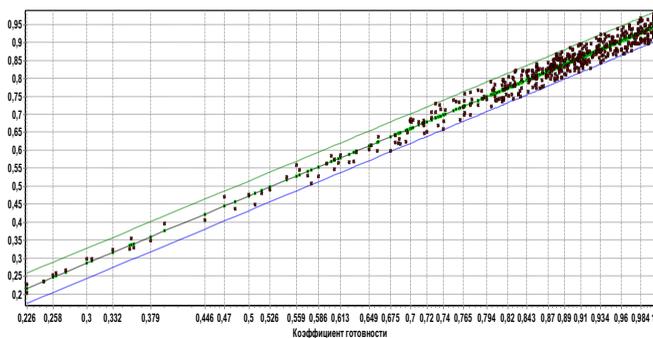


Рис. 2 – Модель коэффициента использования машин по времени

В заключении следует отметить, что использование регрессионных уравнений (моделей) позволяет усовершенствовать процесс оценки организационно-технологических решений [7–10].

### Библиографический список

1. Кузнецов С.М. *Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве* : монография – Москва : Директ–Медиа, 2015. – 271 с.
2. Редько Ю.М., Кузнецов С.М., Рогатин Ю.А. *Автоматизация технико-экономической оценки эффективности конструкций промышленных зданий // Бетон и железобетон.* – 1989. – № 1. – С. 12–14.
3. Рогатин Ю.А., Кузнецов С.М. *Экономико-математическая модель расчета на ЭВМ технико-экономических показателей зданий из сборного железобетона. Обзорная информация.* – Москва: ВНИИТПИ, 1991. – 64 с.
4. Анферов В.Н. *Организационно-технологическая надежность эксплуатации башенных кранов / В.Н. Анферов, С.М. Кузнецов, С.И. Васильев // Системы. Методы. Технологии.* – 2013. – № 2 (18). – С. 35 – 41.
5. Анферов В.Н. *Оценка надежности работы бульдозеров / В.Н. Анферов, С.М. Кузнецов, С.И. Васильев // Системы. Методы. Технологии.* – 2013. – № 3. – С. 16 – 21.

6. Есина Н.А. Оценка ОТН работы строительных машин при производстве свайных работ в мерзлых грунтах / Н.А. Есина, С.М. Кузнецов, И.Л. Чулкова // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 8. – С. 11 – 14.

7. Глотов В.А. Модели эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин / В.А. Глотов, А.В. Зайцев, С.М. Кузнецов // Научно-исследовательские публикации. – 2014. – № 13 (17). – С. 16 – 25.

8. Кузнецов С.М. Комплексная оценка организационно-технологической надежности работы парка строительных машин / С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова, Н.А. Сироткин // Экономика ж. д. – 2007. – № 4. – С. 68 – 76.

9. Круглова Н.Н. Концепция формирования парка машин / Н.Н. Круглова, К.С. Кузнецова, С.М. Кузнецов // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2006. – № 12. – С. 3 – 5.

10. Автоматизированная система формирования парка строительных машин / С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова, А.Д. Суворов, И.А. Маслов // Жилищное строительство. – 2007. – № 3. – С. 8 – 10.

УДК 622.221.3

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРАНИЦЫ КАРЬЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС**

**Грязнова О.В.**

**Научный руководитель Юсупов Х.А.**

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

*Использование современных компьютерных технологий позволяет определить оптимальные критерии границ перехода от открытой добычи полезных ископаемых к подземной. Оптимизационные расчеты в специализированных программах учитывают помимо горнотехнических условий и экономическую составляющую, что актуально в современной рыночной экономике.*

Современные условия проектирования горных работ, по сравнению с недавним прошлым, кардинально отличаются во многих аспектах. Научно-технический прогресс позволил динамично развить не только недропользование непосредственно на производстве, но в большей степени развитие в сфере недропользования связано с активной интеграцией в данную сферу

инновационных и многофункциональных информационных систем. Интеграция как в секторы, связанные непосредственно с разработкой месторождений, добычей и переработкой полезных ископаемых, так и в секторы, связанные с проектированием и моделированием. Все это в совокупности привело к значительному скачку в сфере проектирования горных работ.

Проектирование разработки месторождений полезных ископаемых, а также различных технико-экономических обоснований и прочих документов, предполагает всестороннее исследование, анализ и ряд сложных расчётов, которые в совокупности составляют один проект. Многолетний опыт деятельности разного рода проектных институтов и организаций показывает [3], что проектирование разработки месторождений проходит по ряду типовых алгоритмов, характерных для того или иного рода намечаемой деятельности.

Как правило, эти алгоритмы являются стандартизированными для данной сферы. К примеру, при создании проекта разработки месторождений подземным или комбинированным способом используется определенная структура проекта, ключевые различия которой могут изменяться в зависимости от особенностей ряда стандартных исходных данных, таких как система разработки, основные технико-экономические показатели, и прочее. Данные алгоритмы зачастую поддаются математической обработке, а следовательно и программной реализации. Учитывая эту специфику, с развитием информационных технологий, на основе вышеупомянутых алгоритмов был разработан ряд информационных систем, ориентированных на упрощение, систематизацию, оптимизацию и увеличение производительности, как в проектной, так и непосредственно в производственной сфере.

Одной из ключевых задач при проектировании открытой или комбинированной добычи является определение конечных контуров карьера. Одним из основных критериев определения границы открытых горных работ в настоящее время является граничный коэффициент вскрыши. Определение граничного коэффициента вскрыши основывается на сравнительном анализе себестоимости открытых и подземных горных работ при комбинированной системе и на оценке по условию погашения себестоимости вскрышных и добычных работ выручкой от реализации товарной продукции.

Многие современные карьеры являются настолько сложными системами, что требуют более ответственного и взвешенного

планирования и проектирования. Самая незначительная на первый взгляд погрешность может повлечь за собой крупные дополнительные затраты.

В период рыночной экономики, основным критерием оценки эффективности принимаемого проектного решения является приведенный во времени общий денежный поток, который учитывает все виды затрат за оцениваемый период, фактор времени, разницу в качестве добываемых из карьера руд, интенсивность отработки месторождения, цены на продукцию. Необходимо принять наилучшее из всех возможных распределений во времени объемов полезного ископаемого и вскрышной породы. В связи с громоздкостью данных решений в последнее время все актуальнее становится помощь автоматизированных систем.

Рынок программного обеспечения, позволяющего автоматически произвести оптимизацию карьеров, с каждым годом расширяется. Наиболее распространенными в настоящее время являются Micromine, Surpac и Whittle, общий принцип работы которых весьма схож [2]. Стадии процесса определения оптимальных границ карьеров с использованием современных компьютерных методов приведены на рисунке 1.



Рис.1 – Стадии определения оптимальных границ карьера

Лерч и Гроссман, создали первый метод оптимизации, который можно было применить в построении больших открытых карьеров за разумное время работы [1]. Метод Лерча-Гроссмана широко используется в программном обеспечении для проектирования открытых карьеров, как промышленный стандарт.

*Алгоритм Лерча-Гроссмана* основан на теории графов. Для каждого блока модели месторождения рассчитывают экономические параметры (обычно – прибыль), а затем программа выбирает комбинацию блоков, которая дает максимальное значение прибыли. Этот метод предполагает предварительное удаление материала, лежащего сверху каждого анализируемого блока руды.

При детальном проектировании конечные контуры карьера определяются из условия возможности получения максимального чистого дисконтированного дохода за весь срок отработки месторождения, либо максимального значения чистого дисконтированного дохода от комбинированной разработки месторождения открытым и подземным способами.

Исходными данными для оптимизации алгоритмом Лерча-Гроссмана служат: блочная модель месторождения, геометрические параметры проектируемого карьера (генеральные углы), геологические свойства месторождения, себестоимость работ (вскрышных, добычных, обогащения), коэффициенты потерь, разубоживания и обогатимости, цена на конечный продукт (металл/концентрат), затраты на продажу и налоги.

Принцип работы заключается в поиске набора блоков, наиболее выгодных к добыче. При том у каждого блока имеются ограничения – он может быть добыт только при условии отработки вышележащих блоков.

Схематически это показано на рисунке 2. Блок А можно отработать только тогда, когда добыт блок В. Блок В может быть добыт только после извлечения блока С.

Приведенный алгоритм легко программируется, в том числе в 3D пространстве, что сделало его столь популярным в программах технико-экономической оптимизации горных работ.

Оптимизатор карьеров используется для получения оболочки максимального оптимального карьера (или серии вложенных карьеров) на основании блочной модели рудных тел для определения того, какие блоки модели должны быть добыты, а какие из них добывать нецелесообразно.

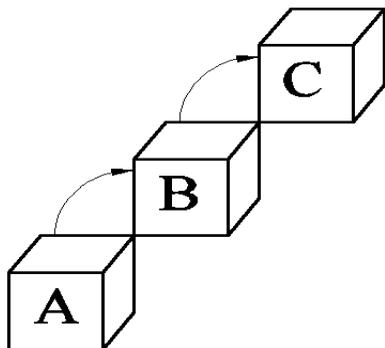


Рис. 2 – Схема ограничений на выемку карьерных блоков

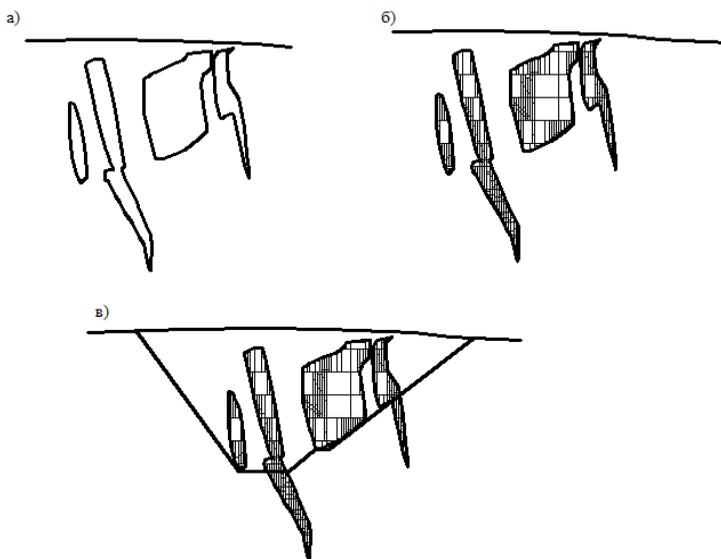


Рис. 3 – Визуализация стадий определения оптимальных границ карьера в ПО Micromine  
*a* – построение каркасной модели рудных тел;  
*б* – блочное моделирование рудных тел;  
*в* – оптимальная оболочка карьера.

Серия вложенных карьеров получается, если последовательно уменьшать цену металлов до какого-то минимума с заданным интервалом. На выходе формируется таблица, в которой формируются все экономические характеристики для каждой из оболочек карьера.

На основании данной таблицы выбирается предельная оболочка, которая позволит получить максимальную величину чистого дисконтированного дохода при учете риска возможного снижения мировых цен на металлы и/или не подтверждения геологической информации о качестве и количестве полезного ископаемого, после чего проектируется детальный карьер с бермами и съездами, который не должен существенно отличаться по форме от оптимальной оболочки.

Пакет программ с оптимизатором – мощный набор инструментов, дающий в руки грамотного пользователя массу возможностей для получения действительно оптимального проекта или плана. Но для того, чтобы правильно управлять этим инструментом, специалист должен иметь понятия о целом ряде дисциплин: экономике, горном деле, геологии и технологии.

### **Библиографический список**

1. *Бесимбаев Н.Г. Оптимизация этапов развития карьера [Текст] : Бесимбаев Н.Г., Нагибин А.А. / электронный журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело». – 2013. – №8.*

2. *Программы для оптимизации карьера: сравнительный анализ [Текст] : электронный научно-информационный журнал «Маркшейдерское дело». – 2012. – №4.*

3. *Определение оптимальных контуров открытой отработки и подсчет извлекаемых запасов из недр в соответствии с JORC [Текст] : доклад к обучению оптимизации в ПО Micromine, ООО «Мирамайн»; Никандров А.Н., Никитина М.Д., Роцин А.А. – М., 2019. – с. 3 – 11.*

УДК 504.5+674+661.727.1

УДК 622.23.05:622.7

## **МАШИНА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕМОНТА КАРТОВЫХ КАНАВ**

**Гусева А.М., Денисов А.С., Жуков Н.М.**

**Научный руководитель Фомин К.В.**

*Тверской государственный технический университет*

*Рассмотрена конструкция и принцип работы машины для комплексного ремонта картовых канав.*

При добыче фрезерного торфа производственные площади должны быть подготовлены соответствующим образом [1]. Существуют требования, определяющие качественные характеристики поверхности, ее влажность, которые зависят от состояния осушительной и водоотводящей сети, количества древесных включений и многих других факторов [1].

В результате выполнения технологических операций поверхность полей срабатывается, в среднем на 15-20 см за сезон [1]. При этом во избежание засорения картовых каналов, обваливания откосов края карт не фрезеруются. Ширина необрабатываемых полос (бровок) составляет до 0,5 м с каждой стороны канала. Со временем поверхность становится неровной, корытообразной, поля постепенно выходят из строя [1]. За бровками весной и после дождей скапливается вода, которая заливает края карт на значительную ширину, увлажняет залежь и затрудняет добычу торфа [1].

В процессе эксплуатации поперечные размеры и глубина картовых каналов так же уменьшаются. Происходит это из-за попадания крошки, кусков торфа, древесины на дно канала и обрушения откосов [1], поверхность полей приближается к уровню грунтовых вод, норма осушения уменьшается, повышая влажность фрезеруемого слоя залежи [1].

В настоящее время для поддержания полей в нормальном состоянии производится их периодический ремонт [1]. Он предусматривает выравнивание продольного профиля поверхности. В поперечном направлении его делают выпуклым [1] за счет срезания приканальных полос с помощью фрезы, расположенной под углом к горизонту, что позволяет перемещать грунт к середине карты [1, 3]. Фрезерование бровок должно осуществ-

ляться через каждые 4-5 циклов на ширину 0,7–1,2 м и на 0,2–0,3 м ниже поверхности карты с уклоном в сторону картового канала [1]. При этом торфяная крошка отбрасывается на карту на расстояние до 3 м [1].

Для восстановления профиля канала производится его очистка и углубление с помощью экскаватора или машины МТП-33А [2, 3]. Рабочий орган состоит из шнека и ротора. Нижняя часть шнека выполнена конусной с переменным шагом, а верхняя – цилиндрическая и закрыта кожухом [2, 3].

Недостатком используемых машин является выполнение только одной технологической операции, что снижает производительность и качество работы.

В статье рассматривается устройство для комплексного ремонта картовых канав с возможностью одновременного выполнения двух технологических операций – их очистки и профилирования ее края [4].

На рис. 1 и 2 представлен общий вид машины в рабочем положении и на рис. 3 в транспортном.

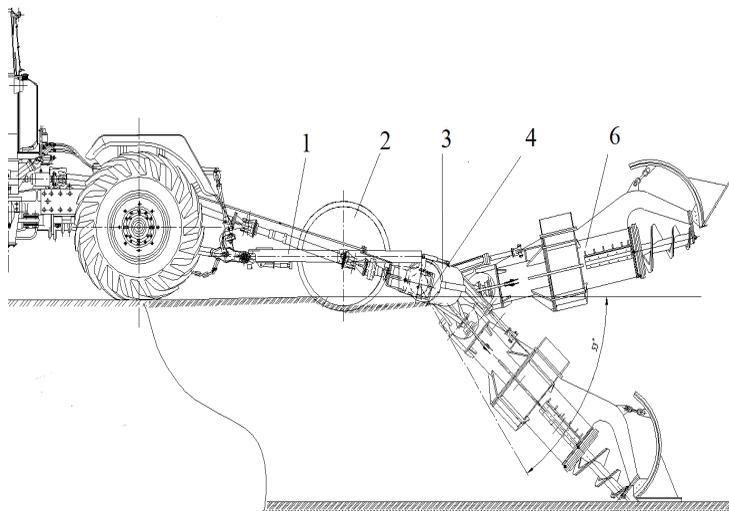


Рис. 1 – Общий вид машины. Вид сбоку

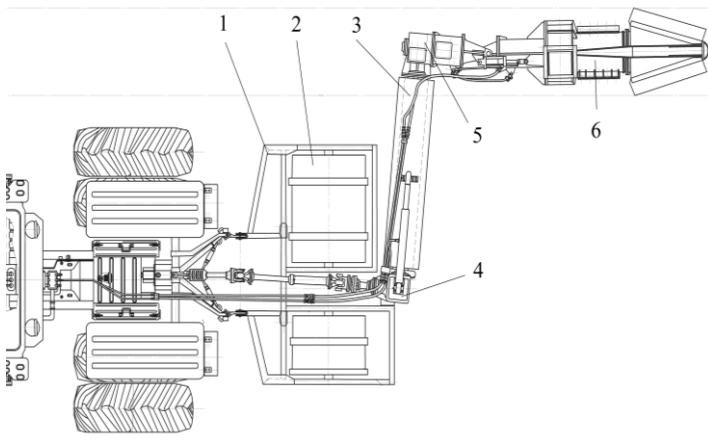


Рис. 2 – Общий вид машины. Вид сверху

Она состоит из рамы 1, двух опорных катков 2, фрезы для срезки бровки 3, установленной между центральным 4 и боковым 5 коническими редукторами под углом  $5-15^\circ$  относительно поперечной оси трактора, а так же шнек-фрезы 6 с лопастным метателем [4]. При этом, помимо выполнения основной функции – срезания бровки, фреза передает крутящий момент от центрального на боковой конический редуктор.

Боковой конический редуктор закреплен на несущей вращающейся трубе, смонтированной на раме машины. Шнек-фреза с лопастным метателем шарнирно соединена с боковым коническим редуктором с помощью вилки. Нижняя часть корпуса ротора выполнена открытой для приема торфомассы, а его верхняя часть заканчивается кожухом с выкидным отверстием.

Установка фрезы для срезки бровки под углом  $5 - 15^\circ$  относительно поперечной оси трактора, обеспечивает уменьшение попадания сфрезерованного торфа в картовую канаву при срезании бровки, что приводит к улучшению условий осушения карты и параметров сушки добываемого фрезерного торфа путём обеспечения поверхностного стока и повышению цикловых сборов фрезерного торфа. Установка фрезы под углом менее  $5^\circ$  приводит к попаданию сфрезерованного торфа в картовую канаву. При угле более  $15^\circ$  – снижается длина обрабатываемого

участка, что ухудшает качество выполнения операции, т.е. качество профилирования поверхности карты.

Сверху фреза прикрыта кожухом, который обеспечивает отброс крошки на карту и так же уменьшает попадание сфрезерованного торфа в картовую канаву.

Регулировка глубины фрезерования рабочего органа для срезания бровок осуществляется с помощью гидроцилиндров и опорных катков.

Ходовая часть состоит из рамы, правого опорного и левого вспомогательного катков.

Рама представляет собой сварную конструкцию из швеллеров и имеет площадки для крепления центрального редуктора, гидросистемы подъема и опускания шнек-фрезы и кронштейн для укладки рабочего органа в транспортное положение.

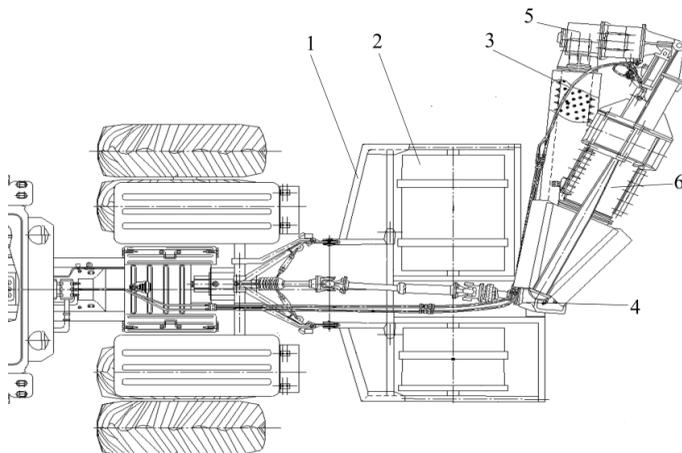


Рис. 3 – Машина в транспортном положении

Устройство работает следующим образом. Фрезу опускают на бровку карты с помощью гидроцилиндров, а шнек-фрезу с лопастным метателем в картовую канаву. При движении машины и при вращении рабочих органов одновременно осуществляется фрезерование бровки карты, очистка картовой канавы и частичное ее углубление. Грунт сфрезерованный шнек-фрезой, попадает на лопатки метателя и через специальное окно в кожухе выкидывается на поверхность карты.

Использование машины комплексного ремонта картовых канав позволит повысить производительность и качество выполняемых работ.

### **Библиографический список**

1. *Сергеев Ф. Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей: учебное пособие для вузов/ Ф. Г. Сергеев. М.: Недра, 1985. – 256 с.*
2. *Солопов, С. Г. Торфяные машины и комплексы: учебное пособие для вузов/ С. Г. Солопов, Л. О. Горцаколян, Л. Н. Самсонов, В. В. Цветков. М: Недра, 1981. – 416 с.*
3. *Зюзин, Б.Ф. Машины и оборудование торфяных производств: учебное пособие / Б.Ф. Зюзин, А.И. Жигульская, П.А. Яконовский, Т.Б. Яконовская. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2015. – 160 с.*
4. *Патент на полезную модель РФ № 190225. Устройство для ремонта картовых канав/ Фомин К. В., Гусева А.М., Жуков Н.М.; Заявл. 27.22019.*

УДК 34.7

## **СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ В УСЛОВИЯХ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

**Жук В.В.**

**Научный руководитель Миголеня В.М.**

*Филиал БНТУ «Солигорский государственный горно-химический колледж»*

*В статье рассматриваются современные горные машины и комплексы и эффективность их эксплуатации в условиях Краснослободского рудника Старобинского месторождения калийных солей*

В связи с исчерпанием запасов калийных солей на Втором калийном горизонте рудника 2РУ ОАО Беларуськалий, в отработку кондиционных запасов вовлечен Краснослободский участок Старобинского месторождения.

При строительстве рудника были реализованы новейшие

прогрессивные проектные решения: при креплении стволов в обводненной зоне были применены тубинги новой конструкции, а также добавки в бетон, значительно повышающие его водонепроницаемость, что впервые в практике сооружения подобных стволов позволило добиться нулевого остаточного водопритока по стволам; впервые примененная конструкция склада руды позволила значительно сократить расходы материалов на его строительство; для транспортировки руды на ЗРУ построен конвейер протяженностью 6,5 км с двумя перегрузочными узлами, не имеющий аналогов в Беларуси; применен новый тип установки вентилятора главного проветривания – осевой вентилятор 400XZ+4НКЕ фирмы «Howden», позволивший значительно сократить энергозатраты на проветривание рудника. При проектной производительности в 6,0 млн. тонн руды в год срок службы рудника определен до 2045 года.

Объектом исследования данной работы являются современные горные машины и комплексы и их эксплуатация в условиях Краснослободского рудника Старобинского месторождения калийных солей.

#### **Цель работы.**

Исследование возможности использования современных горных машин и комплексов и определение наиболее эффективного комбайнового комплекса.

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

- изучить горно-геологические характеристики Краснослободского участка Старобинского месторождения калийных солей;
- дать характеристику современным горным машинам и комплексам;
- исследовать возможности эксплуатации современных горных машин и комплексов и их влияние на ритмичную и высокопроизводительную работу предприятия;
- проанализировать полученные результаты и сделать вывод.

Краснослободский участок в границах горного отвода является крайней северо-западной частью Старобинского месторождения калийных солей. Третий калийный горизонт Краснослободского участка залегает моноклиально с падением в северо-восточном направлении и представлен тремя пластами: верхним сильвинитовым (непромышленным); глинисто-карналлитовым; нижним сильвинитовым (промышленным). Подготовка шахтного поля осуществляется системой главных и панельных штреков. Учитывая геологическое строение продуктивного пласта,

размеры и конфигурацию участка целесообразно применить столбовую систему разработки со слоевой выемкой пласта с закладкой разрушенной породы в выработанное пространство (селективная выемка) или на мощность пласта, которую обеспечивают параметры выемочно-погрузочного оборудования (валовая выемка), которая имеет ряд преимуществ над другими системами (камерной и комбинированной).

Для проведения подготовительных выработок целесообразно применить проходческий комплекс со сводчатой формой кровли забоя в составе: комбайна КРП-3 (ПКС-8М), бункера-перегрузателя БП-14 М, самоходного вагона 5ВС-15М, скребкового перегружателя СП-202, станка крепежного, вентилятора местного проветривания.

Комбайны КРП-3 предназначены для проведения горных выработок арочной формы сечением 8 м<sup>2</sup> с углом наклона ±15° по соляным породам с сопротивляемостью резанию до 450 Н/мм. Комбайны осуществляют отбойку горной массы, выгрузку ее из забоя и погрузку в транспортные средства, устанавливаемые за комбайнами. Комбайн отличается от аналогичных серии ПКС-8М тем, что вместо массивного главного цилиндрического редуктора использованы два малогабаритных планетарных редуктора, что позволило производить оперативные ремонты комбайна в подземных условиях. Бункер-перегрузатель БП-14М предназначен для обеспечения непрерывной работы комбайновых комплексов типа ПК-8 и Урал на пластах мощностью 3 м и более, в выработках с углом наклона ±12 градусов. В составе комплекса бункер принимает руду от комбайна и перегружает ее в самоходный вагон типа 5ВС-15М, предназначенный для транспортирования горной массы до места разгрузки на скребковый перегружатель СП-202 (ППС-1М), который перегружает калийную руду из самоходного вагона типа 5ВС-15М на конвейер ленточный типа КЛЗ.

Для механизации процессов с валовой очистной выемкой с полным обрушением кровли предусматривается применение комплекса, в состав которого входят: комбайн "SL-300NE" 2 шт., линейная крепь механизированная КЗ, крепь сопряжения КС-23/36 на вспомогательном транспортном штреке, забойный конвейер "СПЗ-1-228", крепь сопряжения КС-23/36 на конвейерном штреке, насосная станция "СНН 150/30", штрековый конвейер "СПШ-1-228", оборудование «энергопоезда».

Очистной одношнековый комбайн SL-300NE предназначен для выемки руды по односторонней схеме работы. Выемка пласта в лаве ведется двумя комбайнами, причем оба комбайна зарубаются от среднего штрека ("косой зарубкой") и ведут выемку в противоположных направлениях на полную вынимаемую мощность. Комбайн оснащен электрической подающей частью с электродвигателем постоянного тока. Двигатель резания встроен непосредственно в рукоять. На комбайне имеется бортовой компьютер и фара для освещения режущего органа. Комбайн может применяться в лавах с различной вынимаемой мощностью. Кроме очистного комбайна, в состав комплекса входят забойный и штрековые скребковые конвейеры, секции гидромеханизированной крепи, насосная станция, холодильная установка, дробилка и др. Скребковые конвейеры позволяют полностью механизировать процесс доставки руды на панельный конвейерный штрек. Кроме того, забойный конвейер является базой комбайна и служит для его направления вдоль забоя. Гидромеханизированные крепи предназначены для управления и поддержания кровли в забоях очистных выработок. Позволяют полностью механизировать следующие процессы: распираение секции между кровлей и почвой с предварительным подпором, поддержание кровли с постоянным рабочим сопротивлением, опускание секции, передвижка секции в направлении груди забоя, передвижка главного конвейера и корректировка секции. Насосные станции типа СНН 150 предназначены для питания механизированных крепей рабочей жидкостью. Холодильные установки типа РК 130 предназначены для нагнетания охлажденной водомасляной эмульсии в систему охлаждения двигателей очистных комбайнов.

Очистная выемка IV сильвинитового слоя осуществляется двумя узкозахватными комбайнами, перемещающимися по ставу забойного конвейера СПЗ-1-228. Выемка полос производится в направлении одним комбайном от вентиляционного штрека к транспортному и вторым комбайном к конвейерному штрекам лавы. Комбайны осуществляют одностороннюю механизированную выемку и отгрузку отбитой руды на забойный конвейер с последующей зачисткой призабойного пространства в процессе отгона комбайна после выемки каждой полосы.

Для механизации процессов выемки сильвинита, управления кровлей с частичным обрушением и закладкой выработанного пространства галитом, предусматривается применение механизированного комплекса с линейными крепями Фазос-12/28, К6,

К6-41, крепями сопряжения КС-23/36, КС-23/36М и комбайнами SL-500 S, а также закладочным оборудованием.

В состав комплекса входят: комбайн SL-500 S; забойный скребковый конвейер КС-300; штрековый конвейер СПШ-1-228; механизированная крепь Фазос-12/28; механизированная крепь К6; механизированная крепь К6-41(приштрековая); механизированная крепь "К6"с удлиненным верхняком; крепь сопряжения КС-23/36; крепь сопряжения КС-23/36М; конвейер закладочный КЗ-1-228; метатель «Универсал»; оборудование «энергопоезда».

Двухшнековый выемочный комбайн SL-500 S предназначен для работы в составе механизированных комплексов для селективной выемки сильвинита и галита в лавах со средней вынимаемой мощностью. Метатели входят в состав закладочных комплексов, представляющих собой совокупность машин и механизмов, объединенных общей технологической схемой, и предназначенных для селективной выемки сильвинита. Метательная установка служит для закладки галита в отработанное пространство лавы.

В современных очистных комбайнах применяются следующие средства автоматизации: 1) аппаратура дистанционного управления двигателями комбайна и конвейера, фидерным автоматом; 2) аппаратура предупредительной сигнализации перед пуском очистного комбайна; 3) аппаратура громкоговорящей связи рабочих в лаве между собой и между персоналом на штреке; 4) автоматический регулятор нагрузки; 5) система дистанционного управления режущим органом; 6) аппарат защиты электродвигателей при опрокидывании и несостоявшемся пуске; 7) аппаратура автоматического управления кровлей.

Для питания очистных комплексов применяют компактные станции, осуществляющие необходимые технологические блокировки. В комбайнах используются современные материалы, устойчивые к коррозии и механическим повреждениям. Все оборудование очистных комплексов взрывозащищено.

Таким образом, эффективность работы комплексно-механизированных очистных забоев оценивают системой абсолютных и удельных технических и технико-экономических показателей, обеспечивающих сравнительную оценку как самого оборудования, так и эффективность его использования.

Важно выбрать именно тот очистной механизированный комплекс, который в наибольшей степени соответствовал бы горно-

геологическим и технологическим условиям обработки конкретного выемочного столба.

На Краснослободском руднике наиболее перспективными при добыче калийной соли в длинных очистных забоях являются комплексы SL-500 S для селективной добычи и SL-300/400 для валовой отбойки руды. Для обработки слоев в низкой лаве используется SL-300NE.

### **Библиографический список**

1. *Пермяков, Р.С. Технология добычи калийных солей / Р.С. Пермяков, В.С. Ломаков; под ред. Р.С. Пермяков. – Минск: Недра, 1977 г.*
2. *Правила технической безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений РБ, Солигорск, 2012. – 34 с.*
3. *Пермяков, Р. С. Справочник по разработке соляных месторождений / Р. С. Пермяков - Минск: Недра, 1986 г.*
4. *Пухов, В. С. Рудничный транспорт / В. С. Пухов - Минск: Недра, 1983 г.*
5. *Медведев, Г.О. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий/Г.О. Медведев - Минск: Недра, 1988 – 406 с.*
6. *Тухто, А.А. Правила техники безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь/ Г.Г. Решко - РБ. Солигорск: МОУП, 2012г.*
7. *Сборник технических характеристик горного оборудования - Солигорск, горный отдел, 2001 г.*
8. *Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении: утв. Гл. инженер ОАО «Беларуськалий», Солигорск, 2013. – 90 с.*
9. *Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 27 декабря 2010 г. № 74. Минск 2010г.*
10. *Руководство по эксплуатации очистного комбайна SL-500 S ОАО «Беларуськалий», 2005. – 87 с.*

## **МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ОЧАГОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В СКЛАДЧАТЫХ СТРУКТУРАХ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ**

**Зверев Д.И., Лукьянец Е.В.**

**Научный руководитель Андрейко С.С.**

*Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет*

*При изучении газодинамических явлений в данный момент времени не сформирован механизм образования очагов в складчатых структурах. В связи с этим данная работа посвящена разработке механизма образования очагов газодинамических явлений в складчатых структурах калийных пластов. Формирования складчатых зон, опасных по газодинамическим явлениям, в калийных пластах связано с высвобождением связанных газов из массива пород из-за воздействия деформационных процессов, а так же последующей аккумуляцией уже свободных газов в трещинах отслоений и складок, и расслоениях по глиняным прослойкам в антиклинальных складках. Доказано, что расслоения и трещины в совокупности, образованные в пределах уже сформированной складчатой структуры и заполненные свободным газом под давлением, будут представлять собой потенциальный очаг газодинамического явления, который сформировался в соляном породном массиве.*

Разработка месторождений калийных солей подземным способом, во всем мире осложнена проявлением газодинамических явлений (ГДЯ), представляющих собой процесс разрушения приконтурной части горного массива и выноса раздробленной породы, потоком быстро расширяющегося газа в горную выработку.

Существует несколько видов ГДЯ:

- внезапные выбросы газа и соли из стенок выработок;
- обрушения пород кровли или разрушения пород почвы, сопровождающихся газовой выделением;
- внезапные отжимы призабойной части пород;
- явлений комбинированного типа.

Ударно-воздушная волна, внезапность, большая скорость разлета кусков породы, внушительное разрушение горных пород и выделение горючих газов – все эти факторы представляют

угрозу безопасности жизнедеятельности горно-рабочих, приводят к поломкам и разрушению дорогостоящего оборудования, нарушают параметры системы разработки, а так же ритмичность работы калийных рудников, приводящие к длительным простоям горнодобывающего оборудования.

Более 500 случаев проявления газодинамических явлений было зарегистрировано с момента разработки продуктивных пластов в условиях Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС). Эти явления могли приводить не только к поломке горнодобывающего оборудования, но и травме горнорабочих, а в худшем случае к гибели шахтеров с огромным материальным ущербом для предприятия.

Высокая степень изученности процесса газодинамических явлений не вызывает сомнений, но, к сожалению, в настоящее время для условий калийных рудников на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей отсутствует информация о механизме формирования опасных зон. В связи с этим исследования, приведенные в статье являются актуальными, имеют большое теоретическое и практическое значение.

На Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей антиклинальные складки третьего порядка представлены симметричными с пологим сводом или ассиметричными угловатыми и коробчатыми складками, претерпевшим продольное сжатие в сочетании с послойным сдвигом и срывом. Передача региональных напряжений по всей калийной залежи происходит из-за ее флюидоподобного состояния, т.е. складчатость Верхнекамского месторождения представляет собой кондиагенетическое образование [1 – 5].

Из геологических факторов в формировании зон, опасных по газодинамическим явлениям, играют роль зоны трещиноватости и расслоений по наиболее слабым галопелитовым прослойкам.

В виду тектонических процессов и процессов складкообразования происходит раскрытие трещин двух видов [6]. Первая группа – трещины складок, которые представлены секущими трещинами. По ориентировки к осям складок делятся на три группы поперечные, продольные и диагональные. Так как антиклинальные складки на Верхнекамском месторождении имеют преимущественную субмеридиональную ориентацию, то продольные секущие трещины обычно имеют так же субмеридиональное простирание, поперечные – субширотное, а диагональные направлены либо с севера на запад либо с запада на восток.

Продольные трещины развиты, главным образом, на соляных поднятиях и обычно приурочены к замковым частям антиклинальных и синклиналиных складок. Длина трещин колеблется в интервале 0,5 – 20,0 м, зияние – 2,0 – 20 см. Поперечные трещины являются крутопадающими (80-90°), их длина 1 – 16 м, а высота может достигать 2 м. Раскрытие поперечных трещин колеблется от 1 до 8 см. Они обнаружены между пластами от А до Г. Диагональные секущие трещины наиболее редко встречающийся вид из трех. Как правило, они встречаются в серии кулисообразных трещин длиной от 0,5 до 10 м, раскрытие не превышает 1 см [7].

Второй вид трещин – трещины отслоений. Наиболее часто встречаются на куполах складок различных порядков, сопутствуют формированию складок продольного сжатия. Длина трещин достигает нескольких метров, а величина зияния – обычно первые сантиметры, в отдельных случаях может достигать 20 см. Трещины отслоений, как правило, заполнены газом, выделение которого при вскрытии может продолжаться в течение нескольких суток. Реже трещины данного типа могут быть заполнены внутресолевыми рассолами бурового цвета.

Очевидно, что в процессе складкообразования и образования в пределах складки систем трещин, а так же расслоений внутри соляных пород, содержащие свободные газы, возникает перепад давления – называемый газовой депрессией (геологическим вакуумом). Величина газовой депрессия равна соотношению давления свободных газов на контуре раскрывшейся геологической трещины  $P_M$  и давления в полости раскрывшейся геологической трещины  $P_T$  [8]:

$$\Delta P = P_M - P_T,$$

Свободные газы в массиве соляных пород находятся в макропорах, микротрещинах, трещинах, на границах зерен, в слоях и прослойках соленосных глин, на контактах разностей соляных пород. Превышение давления свободных газов на контуре трещины  $P_M$  над давлением в полости данной трещины по проводникам флюида  $P_T$ , приводит к притоку свободных газов из окружающего породного массива в трещину или расслоение. Слои и прослойки соленосных глин, повышающую микротрещиноватость массива и границы зерен (наиболее слабые контакты калийной залежи) отнесем в флюидопроводникам. Исходя из этого, расслоение или раскрывшаяся трещина сконцентрируют в

себе все ближайшие свободные газы, а замкнутость полостей будет мешать передвижению свободных газов, как в горизонтальном направлении, так и вертикально по геологическому разрезу (см. рисунок 1).

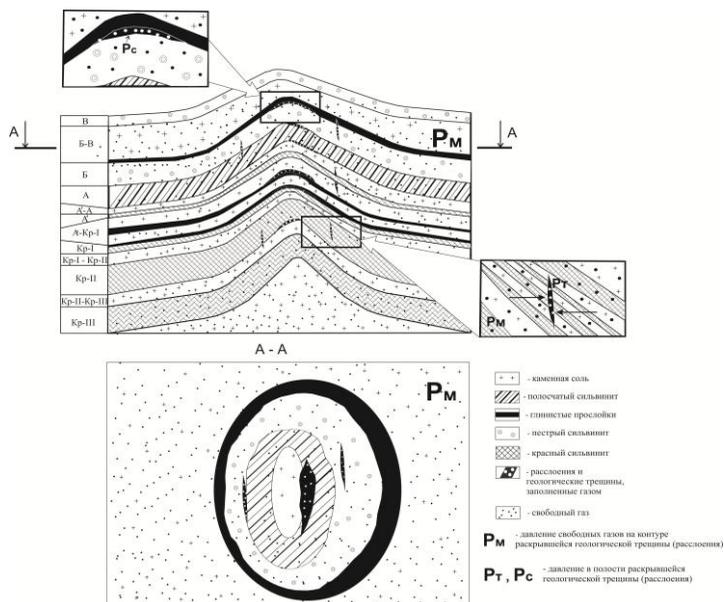


Рис. 1 – Модельная схема образования очагов газодинамических явлений в пределах складчатых структур на Верхнекамском месторождении калийно-магниево-солей

В процессе формирования в калийных пластах зон, опасных по газодинамическим явлениям, складчатые структуры несут две функции: формирование зоны пониженной прочности пород и так называемый «газового коллектора», а так же по принципу вакуумного насоса собирают газ с окружающих участков пласта.

Механизм формирования складчатых зон, опасных по газодинамическим явлениям, в калийных пластах связан с высвобождением части связанных газов за счет воздействия процессов деформации и последующей аккумуляцией уже свободных газов в трещинах отрыва и расслоениях по галопелитовым прослойкам в складках. В конечном итоге, совокупность трещин и расслоений, образовавшихся в пределах сформировавшейся складчатой струк-

туры и заполненных свободным газом под давлением, будет представлять собой потенциальный очаг газодинамического явления, сформировавшийся в соляном породном массиве.

### **Библиографический список**

1. Копнин В.И. Структурно-тектонические условия газодинамических явлений на Березниковских калийных рудниках и вопросы прогнозирования выбросоопасных зон / В.И. Копнин, А.Г. Пишеничников // Разработка калийных месторождений. Сб. научн. тр. Пермь, 1984. – С. 96 – 99.

2. Голубев Б.М. Морфологические особенности складок внутри калийной толщи Верхнекамского месторождения и условия их формирования. ДАН СССР, 1972. Т. 204, №3. – С. 671–673.

3. Копнин В.И. Этапы и условия складкообразования на Верхнекамском месторождении калийных солей // Геотектоника. 1983. № 6. – С. 46 –59.

4. Чайковский И.И. Разноранговость и природа пликативных структур в смьвинитах Верхнекамского месторождения // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. Пермь: ГИ УрО РАН, 2011. Вып. 9. – С. 3–6.

5. Анализ структурно-тектонических условий проявления газодинамических явлений в надвиговых и сдвиговых зонах на шахтном поле рудника БКПРУ-2 / С.С. Андрейко, Е.В. Лукьянец // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. Пермь, 2018. – С. 329–332.

6. Нестеров Е.А. Исследование и разработка методов прогнозирования и способов предотвращения внезапных отжимов призабойной части пород при отработке калийных пластов: дис. канд. техн. наук: 25.00.20. – ГИ УрО РАН, Пермь. 2017. – 152 с.

7. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / А.И. Кудряшов. 2-е изд., перераб. М.: Эpsilon плюс, 2013. – 368 с.

8. Полянина, Г.Д. Технология и безопасность разработки Верхнекамского калийного месторождения / Г.Д. Полянина, А.Н. Земсков, Ю.Н. Падерин. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1990. – 262 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ БУРОВЫХ КОРОНОК С ПРИМЕНЕНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

**Курбонов У.К.**

**Научный руководитель Муминов Р. О.**

*Навоийский государственный горный институт*

*В статье рассмотрена возможность повышения твердости и износостойкости на поверхности коронки буровой коронки НКР-100МА с использованием каталитического азотирования, позволяющее повысить ее производительность.*

В горно-геологических и горно-шахтных работах используются буровые установки.

Специфика эксплуатации горных машин обуславливается горно-геологическими и горнотехническими факторами. К специфическим условиям работы горных машин в подземных условиях можно отнести: стесненность рабочего пространства, расположение горной машины в процессе работы, непостоянство рабочего места, разнообразие физико-механических свойств разрушаемых пород, влажность окружающей среды и химическую активность шахтных вод, взрывоопасность шахтной атмосферы.

Буровой станок НКР-100МА предназначен для бурения в подземных условиях горизонтальных и наклонных скважин, глубиной до 50 м в породах крепостью 6...18 по шкале проф. М.М. Протодяконов.

Буровой станок НКР-100МА, показанный на рисунке 1, состоит из следующих основных узлов: колонки распорной, редуктора с пневмозахватом и двигателем, патрона подающего, пульта управления, става штанг, шламоотвода, ограждения штанги и соединительных рукавов. Два пневматических цилиндра подачи позволяют бурить скважины диаметром 110 мм глубиной до 50 м. Бурение осуществляется ударно-вращательным способом: пневмоударником, навинченным на став штанг. Пневмоударник работает на воздушно - водяной смеси при давлении сжатого воздуха 0,5-0,7 МПа. Вращение и подача става штанг осуществляется непрерывно с помощью последовательных перехватов пневматических зажимных устройств подающего патрона и редуктора с пневмозахватом. Перехват става штанг

осуществляется автоматически с пульта управления, клапанов прямого и обратного хода.

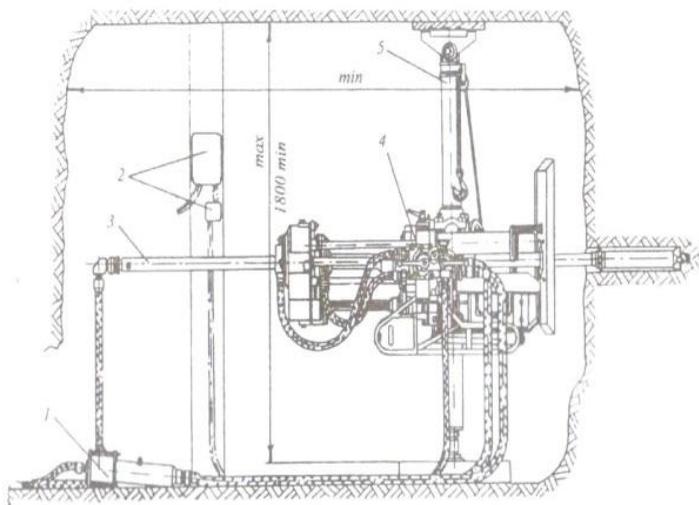


Рис. 1 – Буровой станок НКР-100МА:

- 1 – фильтр масленка, 2 – кнопочный пост управления электродвигателем, 3 – став штанг, 4 – станок с электродвигателем, 5 – распорная колонка

Основные характеристики станка приведены в таблице 1.

Принципиальная схема бурового станка НКР-110МА приведена на рисунке 2. Бурение в породах средней крепости и крепких ведется ударно-вращательным способом с помощью пневмоударника – 1, находящегося на конце става штанг – 9, который является также трубопроводом для подвода воздушно-водяной смеси к пневмоударнику.

Вращение и подача става штанг производится станком прерывно с помощью последовательных перехватов пневматических зажимных устройств подающего патрона – 12 и пневмозахвата редуктора – 5. Перехваты става штанг осуществляется автоматически специальной системой воздухораспределения, состоящей из пульта управления – 16 и клапанов прямого – 22 и обратного хода – 23.

Таблица 1 – Основные характеристики бурового станка

Параметры	НКР-110МА
Диаметр скважины, мм	110
Глубина скважины, м	50
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5-0,7 МПа
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	9
Рабочее давление воды, МПа	1...1,2
Расход воды, л/мин	15...20
Подача с автоматическими перехватами: ход подачика, мм	365±3
оптимальное усилие подачи на инструмент, кН	1,5
максимальное усилие подачи, кН	6
Частота вращения става штанг, мин <sup>-1</sup>	76
Тип двигателя	4А100 электр.
Мощность двигателя, кВт	3
Частота вращения двигателя, мин <sup>-1</sup>	1430
Крутящий момент двигателя, Нм, не менее	330
Диаметр штанги, мм	63,5
Масса штанги, кг	9,5±0,5
Рабочая длина штанги, мм	1213
Габариты станкам, не более: длина	1500
ширина	665
высота	672
Масса станка, кг	425
Масса распорной колонки, кг: для вертикального бурения	105±5
для горизонтального бурения	95±5
Масса бурового станка (без штанг), кг	690±35
Масса станка с буровым ставом, кг	1235

Вращение става штанг – 9 осуществляется следующим образом: электродвигатель – 2 через планетарный редуктор – 3 приводит во вращение шлицевой вал – 10, с которым связаны две шестерни: шестерня – 4 в редукторе с пневмозахватом и шестерня – 11 в подающем патроне, с которым она перемещается вдоль вала, скользя по шлицам. Шестерня – 4 зацепляется с зубчатым колесом – 6 в редукторе с пневмозахватом, а шестерня – 11 с таким же зубчатым колесом в подающем патроне. Зубчатое колесо – 6 является одновременно и цилиндром, в котором перемещается поршень, производящий зажим и разжим кулачков – 8, находящихся в гильзе – 7, соединяющейся с зубчатым колесом – 6.



17 перемещается с помощью поршней – 15 и 18 при открывании одного из концевых клапанов – 22 или 23.

В случае, когда концевые клапаны закрыты, подвижная система, состоящая из золотника – 17 и соединенных с ним поршней 15 и 18, находится в равновесии. Так как на внутренние поверхности обоих поршней, обращенных в сторону золотника, при работе станка постоянно действует сжатый воздух одинакового давления, при этом давление на наружный торец каждого из поршней также одинаково и создается сжатым воздухом, поступающим в полость цилиндра – 19 через питающее отверстие «а» в хвостовике поршня.

Эти же полости соединяются соответственно с концевыми клапанами 22 и 23. При нажиме на соответствующий вой клапан воздух из полости цилиндра выйдет в атмосферу и давление в ней резко упадет, равновесие сил нарушится, и под действием давления воздуха на внутренний торец этого поршня золотник – 17 передвинется. При закрытии концевого клапана воздух, поступающий через питающее отверстие «а», восстановит давление в полости цилиндра, система придет в равновесие и будет подготовлена для обратной передвижки золотника при нажатии на другой клапан.

Для включения автоматического устройства предусмотрен пусковой стоп-кран – 13, управление которым производится вручную. С его помощью можно сообщить с атмосферой одного из цилиндров золотника автоматического устройства. Пусковой стоп-кран имеет три положения рукоятки: среднее рабочее и два крайних. При среднем положении кран закрыт, и цилиндры с атмосферой соединяются только при нажатии на один из концевых клапанов 22 и 23. В этом положении работает автоматическое устройство. При крайних положениях рукоятки кран открывается и происходит остановка автоматической системы, причем в зависимости от положения командного золотника – 21, золотник автоматики – 17 останавливается в верхнем или нижнем положении. Поворачивая пусковой стоп-кран, можно принудительно передвигать золотник автоматики – 17 и дублировать работу концевых клапанов, перехватывая буровой став при промежуточном положении подающего патрона. С помощью крана можно останавливать подающий патрон в том положении, которое более удобно для проведения поющих операций.

Буровая коронка КНШ 110 предназначена для разрушения горных пород. Коронка состоит из головки и хвостовика. Хвостов-

вик служит для передачи импульса от ударника и крутящего момента головке и через твердосплавное вооружение – забой скважины. Коронка имеет шпоночное соединение с рабочим инструментом (пневмоударником), благодаря чему достигается возможность быстрой смены наконечника. Коронка изготавливается из легированных высококачественных стали 38ХНЗМФА с запрессовкой твердосплавных штырей. Для сохранения высокой скорости бурения штыри требуют периодической заточки для устранения образующихся на них площадок затупления и усталостных трещин.

Таблица 2 – Технические характеристики буровой коронки КНШ 110

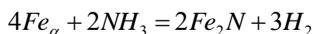
Параметр	Значение
Коронка для пневмоударника	П110
Способ крепления твердого сплава	Запрессовка
Диаметр номинальный, мм	110
Длина коронки, мм	179,8
Масса не более, кг	4,5
Тип соединения с пневмоударником	Шпонка
Центральные	7 шт., 14 мм.

При бурение крепких пород возникает проблемы как выхода из строя инструмента: выпадения лезвий, износ и поломка бурового коронки. Поломка инструмента в скважине всегда является аварийной ситуацией, значительно снижение производительности бурового оборудования.

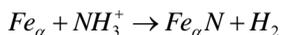
Для увеличения твёрдости и производительности коронки мы использовали каталитическое азотирование.

Две конкурирующие реакции перехода азота в железо

*Химическая, с образованием нитрида:*



*Адсорбционная, твердорастворная:*



Усиление одной реакции ведет к ослаблению другой.

Контакт платиноид-содержащего катализатора с потоком аммиака вызывает мощную эмиссию заряженных частиц в при-

легающую газовую среду. Ионы металла, сталкиваясь с молекулами аммиака, отдают им заряд и возвращаются на поверхность катализатора. Печная атмосфера получает уникальное количество ионизированных молекул аммиака. Это обеспечивает резкое усиление твердо растворной и ослабление химической реакций. Для реализации идеи создано каталитическое устройство «Оксикан».

Принципиальным отличием новой атмосферы явилось расширение области управления азотным потенциалом в сторону его уменьшения до 0,1 % (масс.) и ограничение его значения со стороны максимального значения до 8 – 9 % (масс.). Таким образом, создаются условия регулирования азотного потенциала в области диаграммы состояния железо-азот, где находятся  $Fe_a(N)$ ,  $Fe_4N$  и  $Fe_{2-3}N$ .

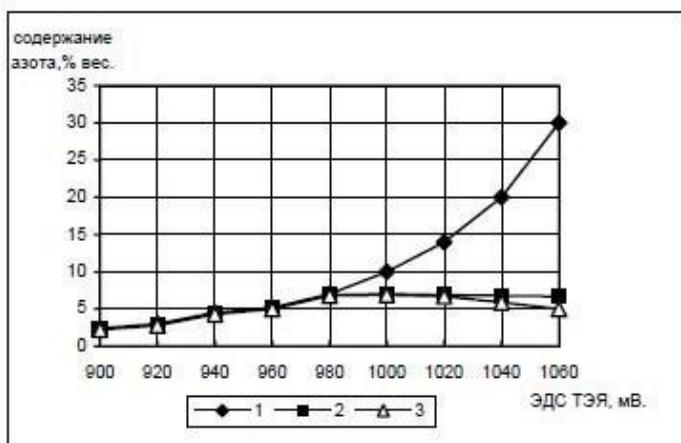


Рис. 3 – Зависимость между содержанием азота в фольговой пробе, определенным разными методами и ЭДС ТЭЯ кислородного зонда ТДК-1М6А. 560°C, азотирование в обычной атмосфере: 1 – вакуум плавление, 2 – рентгеноструктурный анализ, 3 – химическое растворение

При насыщении в атмосфере аммиака с добавкой воздуха, с ростом ЭДС ТЭЯ полное содержание азота в железе непрерывно растет и достигает величин 30 % по весу и более. Количество связанного азота до 7,5 % растет, а затем падает и при полном содержании 30 %, не превышает 5,5 % по весу. Содержание азота, опреде-

ленное рентгеноструктурными методами по достижении 7,5 % с дальнейшим увеличением ЭДС ТЭЯ практически не меняется.

Исследования содержания углерода в фольгах, обработанных в новой атмосфере показало ее полную нейтральность по углероду при температурах 500...700 °С и азотных потенциалах от 0,1 % до 6,5 % N. Фольги выдерживались в печи до 24 часов, и во всех случаях содержание углерода оставалось без изменения (0,08, 1,2 и 3,2 % C). Невероятно, но при температуре 700 °С и подаче через "Оксикан" в печь аммиака с воздухом в соотношении 1/3 атмосфера остается нейтральной по углероду.

Непонятно пока участие кислорода в процессах на границе раздела газ-металл в новых атмосферах. Исследования методом вакуум плавления показали, что при насыщении в новой атмосфере при азотирующих потенциалах 0,04...1,2 % содержание кислорода в образцах фольговой пробы колеблется в пределах 0,9...1,2 % по весу. При этом нет какой-то определенной корреляции с количеством азота. При повышении содержания азота более 1,2 % (масс.), содержание кислорода падает до 0,001 %, что ниже погрешности метода.

Можно предположить, что при взаимодействии оксидов азота с железом образующийся кислород на поверхности деталей соединяется с водородом в пары воды и удаляется в атмосферу. Рентгеноструктурный анализ показал при низких величинах азотного потенциала наличие в образцах фольговой пробы значительного количества оксидов железа, решетка может быть определена как Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, но со значительными искажениями. Металлографические исследования показали наличие оксидного слоя толщиной 4...5 мкм. Его толщина, так же, как и концентрация кислорода по анализу методом вакуум плавления, не меняется с увеличением времени процесса вплоть до 24 часов.

Можно предположить, что данный оксидный слой работает подобно макро-демону Максвелла, не мешая диффузии азота из газовой фазы, он блокирует реакции окисления и выноса углерода из металла. Однако этот вопрос нуждается в дополнительном подробном исследовании.

Перспективным с точки зрения практического использования является получение пересыщенного а-твердого раствора азота в железе с содержанием азота до 1,4 % (масс.). Отпуск полученных структур продемонстрировал эффект вторичного твердения при температурах 300...320 °С за счет выделения дисперсных нитридов Fe<sub>4</sub>N.

Предотвращение в процессе насыщения в новой атмосфере концентраций азота в тонком поверхностном слое железа, превышающих 8 % по весу обеспечивает отсутствие в зоне соединений свободного атомарного азота. Это в свою очередь снижает активность встречной диффузии азота и перераспределения легирующих элементов в диффузионном слое при старении, вызванном действием внешних условий эксплуатации. Что в конечном итоге повышает эксплуатационные характеристики деталей машин и инструмента.

Таким образом, при азотировании в новой насыщающей атмосфере насыщение начинается с образования твердого раствора азота в железе; затем с ростом содержания азота примерно до 2 % образуется пересыщенный твердый раствор.

При дальнейшем повышении азота в слое протекают фазовые превращения согласно диаграмме состояния Fe-N. Напомним, что при использовании традиционной атмосферы высоко азотистая фаза –  $Fe_{2-3}N$  образуется уже при минимально достижимых концентрациях азота. Предотвращение образования 8-нитрида на первоначальном этапе насыщения стали азотом отодвигает на более позднее время возникновение стабильной формы азота – молекулярного, что минимизирует или даже исключает процесс образования микропор в поверхностной зоне слоя обрабатываемых деталей.

Как показали последующие работы, это позволило значительно улучшить свойства азотированных деталей и резко расширить сферу применения газового азотирования. Применение новой способ азотирования это улучшает твердости и износостойкости коронки и увеличивает производительность буровой установки.

### **Библиографический список**

1. *Машины и оборудование для шахт и рудников: Справочник/ С.Х. Клорикьян, В.В. Старичнев, М.А. Сребный и др. - 7-е изд., репринтн., с матриц 5-го изд. (1994 г.). - М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2002, - 471 с.*

2. *Шубина Н.Б. «Оборудование для термической обработки деталей горных машин». Учебное пособие. - М: МГГУ, 2005, - 44 с.*

**АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ  
ИЗДЕЛИЙ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ****Мишин В.В.****Научный руководитель Ефимов А.Е.***Санкт-Петербургский горный университет*

*В представленной статье рассматриваются способы автоматизации контроля сложнопрофильных поверхностей изделий горного машиностроения. На данный момент существуют активные и пассивные способы контроля в автоматизированном производстве. Эти способы позволяют с высокой точностью передавать информацию о макро- и микрогеометрических параметрах сложнопрофильного изделия. Также для контроля поверхности широко распространена рентгеноскопия, позволяющая на стадии изготовления сложнопрофильного изделия выявить внутренние дефекты. Совокупность приведённых средств автоматизированного контроля позволяет увеличить надёжность и долговечность работы изделия в процессе эксплуатации.*

В современном горном машиностроении широко распространены прецизионные изделия со сложнопрофильными поверхностями [11, 13]. К таким изделиям со сложным геометрическим профилем стоит отнести: посадочные места под подшипники; цилиндры двигателей внутреннего сгорания; зубчатые колёса различного профиля и т.д. [2, 4]. От качества контроля в отклонении их формы, по макро- и микрогеометрическим параметрам, а также внутренних дефектов зависят эксплуатационные свойства изделия в целом [15].

В настоящий момент, измерение сложнопрофильных поверхностей изделий осуществляется с использованием средств автоматизированного контроля, так как такие технологии позволяют наряду с повышением производительности, устранить погрешности, что повышает точность контроля и качество выпускаемой продукции [1, 3, 14].

На сегодняшний день существует целый ряд способов контроля сложнопрофильных поверхностей в горном машиностроении. Прежде всего, их стоит подразделить на две группы – это активные и пассивные способы.

Наибольшее распространение получил способ активного контроля на станках с ЧПУ (Рисунок 1). Активный автоматический контроль на станках с ЧПУ при помощи контактных датчиков

позволяет контролировать размеры обрабатываемых изделий с целью обеспечения заданного допуска, предупреждения и исключения брака [5, 9].

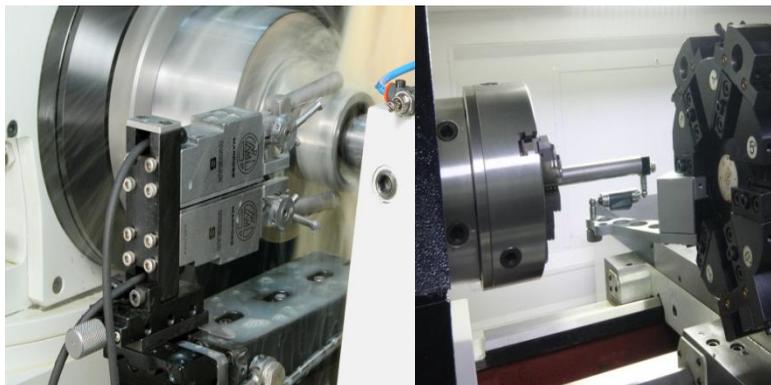


Рис. 1 – Приборы активного автоматического контроля на станках с ЧПУ

Применение приборов активного контроля позволяет повысить качество изделия любой геометрической конфигурации.

В свою очередь пассивный способ контроля можно разделить на контактный и бесконтактный [7]. Для считывания информации о геометрии исследуемого изделия на автоматизированных участках используются координатно-измерительные машины (КИМ) (рисунок 2, *а*), в которых задействованы трехкоординатные измерительные головки (щупы) (рисунок 2, *б*).

Измерительная головка со сферическим щупом позволяет контролировать методом касания линейные размеры, форму и взаимное расположение плоскостей заготовки с точностью  $\pm 5$  мкм. Недостаток такой системы контроля является высокая погрешность, обуславливаемая разностью в силе касания.

Альтернативным решением является бесконтактный способ, принцип действия которого основано на лазерном 3D-сканировании (рисунок 3) [6, 12].



Рис. 2 – Координатно-измерительная машина (а) и трехкоординатная измерительная головка (б)

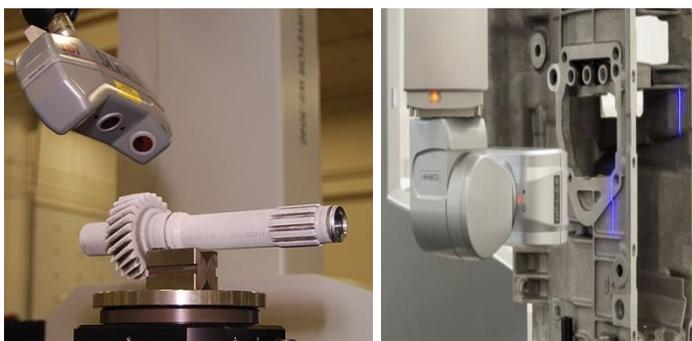


Рис. 3 – Лазерное 3D – сканирование сложнопрофильных изделий

В отличие от контактных приборов КИМ, на измеряемой поверхности генерируется множество точек с высокой плотностью (порядка 900 точек в линии, с частотой измерения до 40 Гц или 36000 точек в секунду) Это дает значительно больше информации об изделии и обеспечивает высокую точность измерения. Помимо макро- и микрогеометрического контроля сложнопрофильных поверхностей, на современном автоматизированном производстве для обнаружения внутренних дефектов изделия применяют способ рентгеноскопии (рисунок 4).

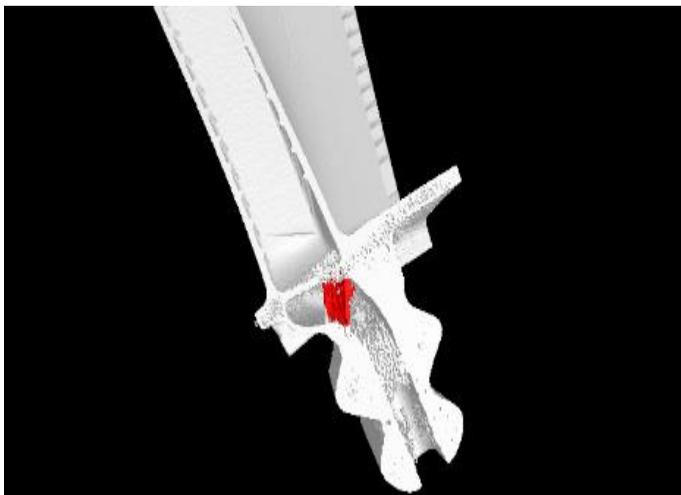


Рис. 4 – Дефект в лопатке турбины

Способ томографии позволяет на стадии изготовления прецизионных изделий в короткий срок не только определить наличие потенциального внутреннего дефекта, но и идентифицировать его местоположение, что позволит предотвратить преждевременный выход из строя изделия в процессе эксплуатации.

Подводя итоги можно сказать, что использование высокоточных средств автоматизированного контроля может повысить не только качество изготовления сложнопрофильных изделий [8, 10] за счёт увеличения точности измерения форм и размеров в сфере горного машиностроения, но и значительно сократить время на проведения такого рода операций.

#### Библиографический список

1. Maksarov V.V. *The formation of surface roughness of piston rings for the purpose of improving the adhesion of wear-resistant coatings* / V.V. Maksarov, V.A. Krasnyy, R.V. Viushin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. С. 022047.
2. Maksarov V.V. *The formation of surface roughness of piston rings for the purpose of improving the adhesion of wear-resistant coatings* / V.V. Maksarov, V.A. Krasnyi // *Key Engineering Materials*. 2017. Т 736. С. 73–78.
3. Maksarov V.V. *Technological Quality Assurance of Hydraulic Cylinder Stock Manufacturing Based on High- Energy Impact on*

*Product Surface / V.V. Maksarov, A.E. Efimov, A.I. Keksin // Advances in Engineering Research. 2018. № 1 Vol. 177. Pp. 321–327.*

4. Maksarov V.V. Technology of magnetic-abrasive finishing of geometrically-complex products / V.V. Maksarov, A.I. Keksin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 4. T 327. C 42068.*

5. Maksarov V.V. Simulation modeling of dynamic characteristics of machining in NI LabView software environment to improve processing technique of a rod component / V.V. Maksarov, A.E. Efimov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. № 2. Vol. 194. C 22021.*

6. Efimov A.E. Modeling dynamic processes at stage of formation of parts previously subjected to high-energy laser effects / A.E. Efimov, V.V. Maksarov, D.Y. Timofeev // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 1. Vol. 327. C. 22026.*

7. Zlotnikov E.G. Modeling and calculation of load on cutting inserts of disk milling cutters in software environment of Autodesk Inventor / E.G. Zlotnikov, A.D. Khalimonenko, D.Y. Kazakov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. № 194. T 22048. Pp 1–6.*

8. Khalimonenko A.D. Method of Calculating Intermediate Diametral Sizes and Allowances for Designing Technology of Manufacture of Details / A.D. Khalimonenko, D.Y. Timofeev, K.P. Pompeev // *AER-Advances in Engineering Research. 2017. № 133. T 1. Pp 312–317.*

9. Timofeev D.Y. Improving the quality of manufacturing parts from titanium alloys using the method of preliminary local plastic deformation / D.Y. Timofeev, E.V. Kosheleva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Sep. 2017. C. 082048.*

10. Максаров В.В. Технологическое обеспечение шероховатости поверхностного слоя на основе моделирования переходных процессов / В.В. Максаров, Р.В. Вьюшин, А.Е. Ефимов // *Металлообработка. 2017. №2. С. 39–45.*

11. Максаров В.В. Технологическое повышение качества сложнопрофильных поверхностей методом магнитно-абразивного полирования / В.В. Максаров, А.И. Кексин // *Металлообработка. 2017. №1 (97). С. 47–57.*

12. Максаров В.В. Обеспечение динамической стабилизации процесса резания труднообрабатываемых материалов на основе предварительной локальной метастабильности / В.В. Максаров, Ю.Ольт, А.Е. Ефимов // *Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. 2017. № 1 (40). С. 263–268.*

13. Тимофеев Д.Ю. Повышение точности изготовления прецизионных поверхностей детали штоков гидроцилиндров / Д.Ю. Тимофеев, А.Е. Ефимов // Инновации на транспорте и в машиностроении: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. 2016. Том 3. С. 142–145.

14. Тимофеев Д.Ю. Повышение качества изготовления деталей из титановых сплавов с применением метода предварительного локального пластического деформирования / Д.Ю. Тимофеев, Е.В. Кошелева // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики. 2017. С. 302–305.

15. Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков / М.Е. Эльясберг // Теория и практика. – СПб.: Изд. ОКБС. 1993. – 180 с.

УДК 622.85:622.271:629.113

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМОЗАГРУЖАЮЩЕГОСЯ АВТОСАМОСВАЛА НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

**Лукашин И.А.**

**Научный руководитель Коптев В.Ю.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Исследована возможность передачи функции загрузки кузова автосамосвалу, что позволит исключить из погрузочных работ экскаватор, тем самым уменьшить размеры рабочей площадки, время на погрузку и расход энергии, повысить безопасность погрузочных работ и производительность.*

Сегодня карьерные автосамосвалы в карьерах загружают горной массой карьерными экскаваторами. Такая технология применяется на всех горных предприятиях с открытым способом разработки месторождений. Экскаваторы и автосамосвалы в общей системе добычных работ составляют экскаваторно-автомобильные комплексы, и в общей структуре затрат на добычу полезного ископаемого на них приходится 60–90 % от всех затрат и до 70 % от общих расходов энергии. Из-за больших габаритов экскаватора площадь, отводимая под рабочую площадку в забое, достигает сотни квадратных метров.

Идея работы заключается в том, чтобы функцию загрузки кузова передать автосамосвалу. Конечно, обычный автосамо-

свал не способен выполнить эту работу. Однако если применить гидроцилиндры двойного действия в механизме подъема кузова, изменить заднюю кромку платформы для лучшего внедрения в штабель горной массы, то появляется возможность при движении автосамосвала задним ходом при подъеме ковша загружать его горной массой (рис. 1).

Для обоснования возможности использования самозагружающегося автосамосвала выполнены расчеты по определению усилия внедрению кузова в развал горной массы.

В работе принят автосамосвал БелАЗ 7513 грузоподъемностью 130 тонн, поскольку машины этой грузоподъемности на данный момент оцениваются экспертами, как наиболее перспективные для применения на многих карьерах.

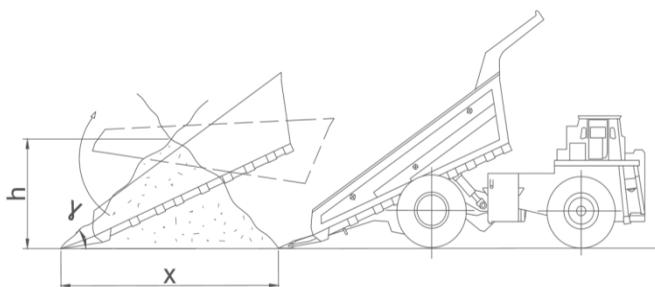


Рис. 1 – Схема загрузки кузова автосамосвала горной массой в забое при движении назад

Применение методов логистики обосновывается модернизацией системы погрузки на основе исключения из технологической цепочки экскаватора и передача функции погрузки автосамосвалу. В результате уменьшаются размеры рабочей площадки, время на погрузку, расход энергии, уменьшается время рейса и стоимость добычных работ, что является основной задачей логистики.

Начнем с расчета геометрии загружаемой горной массы для определения высоты стружки, а также необходимой глубины внедрения кузова в массив.

Вместимость кузова автосамосвала БелАЗ 7513 вместе с шапкой составляет  $67 \text{ м}^3$ , на это значение мы и будем опираться при расчете необходимого объема загрузки. Для расчетов примем угол естественного откоса хорошо сыпучих пород, например, песка. Объем горной массы, которую мы загрузим представим в

виде треугольной призмы, ширина которой будет равна ширине кузова, т.е. 6,4 м. Тогда объем загрузки будет равным:

$$V_3 = \frac{1}{2} \cdot x \cdot t \cdot b,$$

где  $x$  – глубина внедрения,  
 $t$  – толщина стружки,  
 $b$  – ширина кузова.

$$tg\alpha = \frac{2h}{x} \Rightarrow h = tg\alpha \cdot \frac{x}{2},$$

где  $\alpha$  – угол естественного откоса.

Подставив геометрические значения автосамосвала БелАЗ 7513, получаем, что для загрузки полного кузова необходимо углубиться в породу на 7,5 м, если взять во внимание, что порода будет еще ссыпаться в кузов при подъеме гидроцилиндров (рис. 2), при этом высота стружки будет составлять 2,2 м.

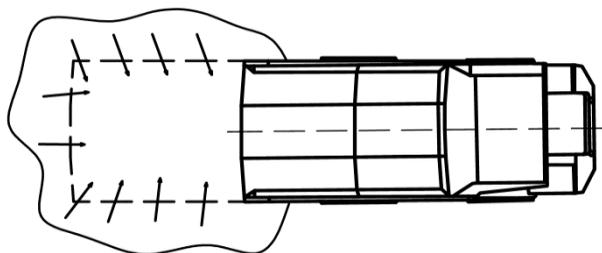


Рис. 2 – Схема засыпки кузова автосамосвала горной массой при внедрении в массив

Сила тяги автосамосвала рассчитывается по формуле:

$$F_k = \frac{3600 \cdot N_{дв}}{V} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_k \cdot \eta_{ом},$$

где  $N_{дв} = 1193$  кВт – мощность двигателя,

$V$  – скорость движения автосамосвала (примем равным 5 км/ч при внедрении в горный массив),

$\eta_{\text{тр}} = 0,85$  – КПД передачи для гидромеханической трансмиссии,  
 $\eta_{\text{к}} = 0,95$  – КПД колеса,  
 $\eta_{\text{ом}} = 0,9$  – коэффициент отбора мощности на вспомогательные нужды (привод вентилятора, компрессора и т.д.).

$$F_k = \frac{3600 \cdot 1193}{5} \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 624,3 \text{ кН}$$

Сила тяги  $F_k$ , не должна превышать силу тяги, определенную из условия сцепления колес с дорогой (условие отсутствия буксирования)

$$F_k \leq 1000 \cdot P_{\text{сц}} \cdot \psi$$

где  $\psi = 0,7$  – коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием, при условии обеспечения уборки льда бульдозерами и посыпки призабойного пространства щебенкой для лучшего сцепления колес.

$P_{\text{сц}}$  – сцепной вес автомобиля:

$$P_{\text{сц}} = \xi \cdot (m_a + m_{\text{гр}}) \cdot g,$$

где  $m_a = 110$  т – собственная масса автосамосвала,

$m_{\text{гр}} = 130$  т – масса груза в кузове (учитывать не будем т.к. самосвал будет внедряться в горную массу порожним),

$\xi$  – коэффициент, учитывающий часть веса автосамосвала с грузом, приходящегося на ведущие колеса.

$$P_{\text{сц}} = 1 \cdot 110 \cdot 9,8 = 1078 \text{ кН}$$

$$F_k \leq 1000 \cdot 1078 \cdot 0,7 = 754,6 \text{ кН}$$

$624,3 \text{ кН} \leq 754,6 \text{ кН}$  – условие выполняется.

Сила тяги должна быть достаточной для преодоления суммарного сопротивления движению автосамосвала.

$$F_k \geq \sum W = W_c + W_b,$$

где  $W_c$  – основное сопротивление движению автосамосвала,

$W_b$  – сопротивление внедрению кузова в развал горной массы,

$$W_c = \omega \cdot P = \omega \cdot (m_a + m_r)g ,$$

где  $\omega$  – коэффициент сопротивления движению (примем равным 50 Н/кН) [2].

$$W_c = 50 \cdot (110 + 130) \cdot 9,8 = 117600\text{Н}.$$

Рассчитаем сопротивление внедрению кузова в развал горной массы:

$$W_b = P_{01} = K_F t b,$$

где  $P_{01}$  – касательная сила,

$K_F$  – коэффициент сопротивления горной породы копанию (для песка 0,12 МПа) [1],

$t$  – толщина стружки,

$b$  – ширина кузова.

$$W_b = P_{01} = 0,12 \cdot 10^6 \cdot 6,4 \cdot 2,2 = 1,69 \text{ МН}.$$

$624,3 \cdot 10^3 \leq 1,8 \cdot 10^6$ - условие не выполняется.

В ходе расчетов выявлено, что силы тяги недостаточно для внедрения в хорошо сыпучую породу (в нашем случае песок). Однако в данных расчетах не была учтена сила инерции при внедрении, которая будет способствовать загрузке горной массы, а также возможно установить зубья на заднюю кромку кузова автосамосвала, благодаря чему снизится необходимое усилие внедрения, и увеличится ударная нагрузка на породу в 2-2,5 раза.

### **Библиографический список**

1. Подерни Р.Ю. *Горные машины и комплексы для открытых горных работ*. Москва, 1985 г., – 38 с.
2. Тарасов Ю.Д., Коптев В.Ю. *Транспортные машины периодического действия*, 2012 г., – 24 с.

УДК 622.063

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА ЦЕНТРАЛЬНОГО РОТОРА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА**

**Прушак К.С., Жоров А.А.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Проведен анализ эффективности фрезерования массива горной породы соосными роторами проходческого комбайна. Выполнено моделирование динамической нагруженности привода центрального ротора в виде распределений суммарных моментов сопротивления разрушению горной породы зубками в пределах его одного оборота. Предложена принципиально новая схема расстановки периферийных зубков с угловым смещением относительно радиусов трехлучевого ротора.*

Проходческие комбайны серии ПКС-8 и КРП-3 с соосными роторами наиболее востребованы на рудниках ОАО «ПО «Беларуськалий» [1 – 3]. Они обладают рядом достоинств – высокое качество поверхности получаемой выработки, постоянная толщина стружки. Однако в их работе следует отметить и несколько недостатков – закрытое резание, разные скорости резания резцов от центра к периметру, большая инерционность привода и роторов, высокая сосредоточенность резцов по забою, характерная для центрального бура.

Расположение резцов на лучах центрального ротора на радиальных линиях (рис. 1), является причинами динамических ударов в процессе работы не на полную площадь забоя, а также постоянные пульсации по величине суммарного момента сопротивления фрезерованию на приводном валу ротора. Характер их проявления значительной степени зависит от пропластов сильвинита и галита по сечению проходимой выработки (рис. 2).

Внешним критерием, влияющим на неравномерность сил сопротивления фрезерованию массива разрабатываемого пласта является его геологическое строение – напластование слоев сильвинита и галита. Лабораторными исследованиями установлено, что галитовые минеральные образования обладают большей до 5-7 % прочностью, по сравнению с сильвинитовыми. Это обстоятельство принято за основу при энергетическом анализе привода центрального ротора и оценке его динамической нагруженности по крутящему моменту.

В работе использованы данные из технологических проектов двух характерных строений геологических колонок на разрабатываемых пластах Старобинского месторождения калийных солей при проходке подземных выработок для подготовки к разработке очистными комплексами высокими и низкими лавами.



Рис. 1 – Расположение зубков на лучах центрального ротора КРП-3

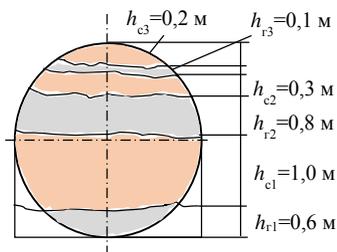


Рис. 2 – Строение геологической колонки для проходки при подготовке высокой лавы

Для проведения сравнительного анализа работы центральных роторов различного конструктивного исполнения по степени динамических проявлений в приводе от сил сопротивления фрезерованию массива выбраны три принципиальные схемы.

Первая схема – радиальное расположение зубков на двухлучевой планке проходческого комбайна ПК-8МА – отличается простотой конструкции, однако реализует закрытое резание; вторая схема – это действующая конструкция с радиальным расположением резцов на трехлучевом роторе комбайнов ПКС-8 и КРП-3; третья схема – схема расстановки периферийных зубков с угловым смещением относительно радиусов трехлучевого ротора.

Результаты анализа в получены в виде распределений суммарных моментов сопротивления разрушению горной породы зубками центрального ротора в пределах его одного оборота

Пример проявления моментов при расположении зубков на трехлучевом роторе по радиальной линии (без смещения) и с угловым смещением двух периферийных зубков на каждом луче представлен на рисунке 3.



Рис. 3 – Диаграммы распределения суммарных моментов сопротивления разрушению горной породы зубками центрального ротора в пределах его одного оборота

Количественная оценка степени динамической уравновешенности центрального ротора проводилась по величине среднеквадратического отклонения значений суммарного момента сопротивления фрезерованию в пределах одного его оборота.

Таким образом, можно утверждать, что с применением новой схемы расстановки зубков (с угловым смещением) пульсации суммарного момента можно снизить в пределах 3 %.

#### Библиографический список

1. *Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов [и др.]; Под ред. В.Я. Прушака. – Минск : Тэхналогія, 2010. – 175 с.*
2. *Казаченко, Г.В. Горные машины : учебное пособие. в 2 ч. ч. 1 Основы теории / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, В.Я. Щерба, Г.А. Басалай : Под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 183 с.*
3. *Казаченко, Г.В. Горные машины : учебное пособие. в 2 ч. ч. 2 Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г.В. Казаченко, В.Я. Прушак, Г.А. Басалай : под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 228 с.*

УДК 622.363.2.013.3-021.465:004.94(045)(476)

## **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

**Левицкий А.С., Саротник В.М., Гук С.А.**

**Научный руководитель Гец А.К.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Современные информационные технологии, применительно к задачам управления сложными объектами, предполагают использование разнообразных баз данных, в том числе и баз данных об элементах технологических процессов, из которых состоит сложная технологическая цепочка горнодобывающего предприятия.*

Практика объективной и документальной фиксации положения добычного комбайна на начало следующей добычной смены относительно крепи, конвейера или транспортных (вентиляционных) выработок носит условный характер и является не обязательной. Записи в соответствующих журналах горного участка рудника производятся горным мастером отработавшей смены после его прибытия в помещение нарядной участка. Это происходит через 30-40 минут после окончания предыдущей смены, т.е. следующая смена уже начинает работу. Причем добычной комбайн, на момент окончания смены, может находиться в любой из операций технологического цикла: очистная выемка, перегон, перегон с зачисткой, зарубка, подготовительно-заключительные операции на штреках, ремонт и т.д.

То есть существующая система фиксации объективного положения оборудования в забоях, и привязка его координат к каким-то контрольным точкам в лаве, не позволяет объективно моделировать его работу для получения прогноза объёма руды в течение будущей смены и, как следствие, оперативно планировать работу добычных горизонтов и рудника в целом.

Поскольку практически все технологические операции и процессы подземного горного производства носят стохастический характер, определяемый горно-геологическими, горнотехническими и другими условиями, то параметры имитационных моделей этих процессов и операций также должны быть стохастическими и определяться по результатам статистической обработки объективных данных.

Для корректной работы программы по моделированию очистной выемки, необходимо создать отдельные таблицы для хранения схожей информации.

База данных будет состоять из отдельных таблиц, содержащих уникальную информацию (рисунок 1):

- Общие сведения о лаве;
- Оборудование в лаве;
- Параметры лавы;
- Значения измерений ультразвукового датчика (УЗД) на ленточном телескопическом конвейере (КЛТ);
- Данные для расчета поперечного сечения насыпи руды на КЛТ;
- Данные для расчета количества руды, добытой лавой;
- Данные времени, затраченного на выполнение технологических операций и др.;
- Сведения об администраторах БД, их логины и пароли.

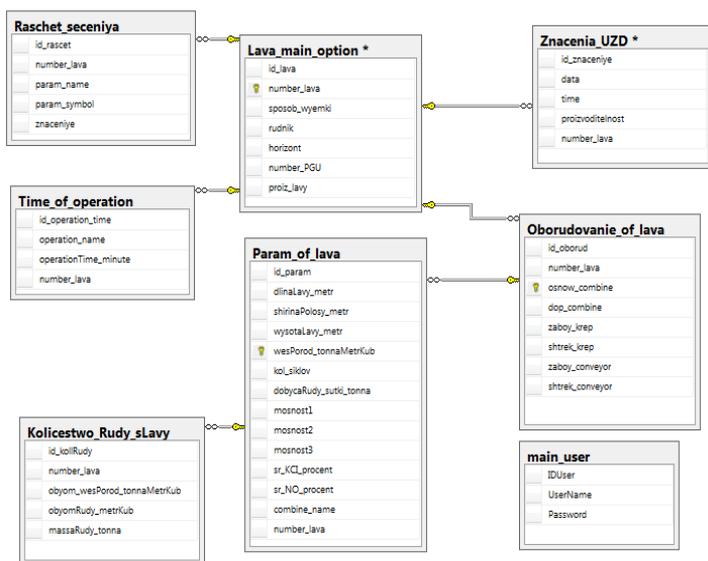
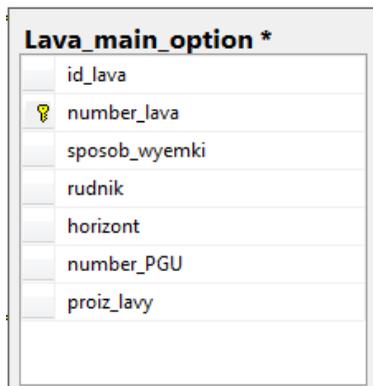


Рис. 1 – Структура базы данных в MS SQL

Опишем назначение каждой таблицы подробнее.

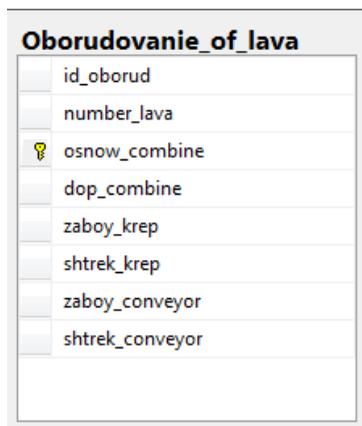
В таблице общих данных о лаве содержится информация о способе выемки полезного ископаемого, на каком руднике и горизонте производится отработка лавы, а также указывается номер участка ПГУ и производительность.



Lava_main_option *	
id_lava	
number_lava	
sposob_wyemki	
rudnik	
horizont	
number_PGU	
proiz_lavy	

Рис. 2 – Таблица «Общие сведения о лаве»

В таблице «Оборудование в лаве» хранится информация об оборудовании, которое находится в забое: очистном комбайне, забойной крепи, крепи сопряжения, забойном и штрековом конвейерах. Так же может быть указан дополнительный очистной комбайн.



Oborudovanie_of_lava	
id_oborud	
number_lava	
osnow_combine	
dop_combine	
zaboy_krep	
shtrek_krep	
zaboy_conveyor	
shtrek_conveyor	

Рис. 3 – Таблица «Общие сведения о лаве»

В таблице «Параметры лавы» описаны данные о самой лаве: ее длине, высоте, ширине снимаемой стружки комбайном, мощности залегаемых слоев, процентное содержание КСl и Н.О. в руде, объемный вес породы и количество добываемой руды в сутки.

<b>Param_of_lava</b>	
id_param	
dlinaLavy_metr	
shirinaPolosy_metr	
wysotaLavy_metr	
wesPorod_tonnaMetrKub	
kol_siklov	
dobycaRudy_sutki_tonna	
mosnost1	
mosnost2	
mosnost3	
sr_KCl_procent	
sr_NO_procent	
combine_name	
number_lava	

Рис. 4 – Таблица «Параметры лавы»

В таблице «Значения измерений ультразвукового датчика» отмечаются дата, время и значение датчика, зафиксированное на данный момент.

<b>Znachenia_UZD *</b>	
id_znaceniye	
data	
time	
produzvoditelnost	
number_lava	

Рис. 5 – Таблица «Значения измерений УЗД»

В таблице «Расчет поперечного сечения насыпи руды на КЛТ» будут отображены данные об имени переменных, символах, которые им присвоены и значение, которые они принимают.

<b>Raschet_seceniya</b>	
<input type="checkbox"/>	id_rascet
<input type="checkbox"/>	number_lava
<input type="checkbox"/>	param_name
<input type="checkbox"/>	param_symbol
<input type="checkbox"/>	znaceniye

Рис. 6 – Таблица «Расчет сечения насыпи руды»

В таблице «Данные для расчета количества руды, добытой лавой» хранится информация об объеме руды в метрах кубических и тоннах, которая была добыта в лаве.

<b>Kolicestwo_Rudy_sLavy</b>	
<input type="checkbox"/>	id_kollRudy
<input type="checkbox"/>	number_lava
<input type="checkbox"/>	obyom_wesPorod_tonnaMetrK...
<input type="checkbox"/>	obyomRudy_metrKub
<input type="checkbox"/>	massaRudy_tonna

Рис. 7 – Таблица «Расчет количества руды»

В таблице «Время, затраченное на выполнение технологических операций» хранится обо всех технологических операциях, которые выполняются в лаве и время, которое затрачивается на выполнение каждой из них.

<b>Time_of_operation</b>	
	id_operation_time
	operation_name
	operationTime_minute
	number_lava

Рис. 8 – Таблица «Время, затраченное на выполнение технологических операций»

В таблице «Администраторы БД» доступны сведения об логинах и паролях пользователей, которые имеют доступ к базе данных.

<b>main_user</b>	
	IDUser
	UserName
	Password

Рис. 9 – Таблица «Администраторы БД»

### **Библиографический список**

1. *«Microsoft Office Excel для студента» - Л.В. Рудикова: издательство – «БХВ-Петербург», 2007.*
2. *Душан Петкович – Microsoft SQL Server. Руководство для начинающих. Издательство – «БХВ-Петербург» (2013).*
3. *Наследов А. - IBM SPSS Statistics 20 и AMOS. Профессиональный статистический анализ данных. Издательство – Питер, 2013.*
4. *Аблязов В.И. - Проектирование баз данных в среде Microsoft Office Access 2003, 2007 и 2010. Издательство – Санкт-Петербургский Политехнический университет, 2014.*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛЯНО-КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК В СКВАЖИНАХ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**Мостовая А.М.**

**Научный руководитель – Мигунова С.В.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Обычная соляно-кислотная обработка (СКО), применяемая для интенсификации добычи нефти, не всегда бывает эффективна, что связано с высокой неоднородностью коллекторов. В таких условиях закачиваемая кислота поглощается высокопроницаемыми интервалами, а низко проницаемые пропластки не подвергаются, или слабо подвергаются воздействию кислоты. Особо остро стоят данные вопросы при обработке скважин с горизонтальными окончаниями, имеющими значительную протяженность.*

Обзор имеющегося опыта СКО в горизонтальных скважинах (ГС) показал, что при закачке кислоты в скважину с горизонтальным окончанием химической обработке подвергается не вся поверхность ГС, а лишь 5 – 10 м интервала ствола, который расположен вблизи башмака насосно-компрессорных труб. Таким образом, кислотная обработка ГС большой протяженности без применений специальных технологий чаще всего является неэффективной, ввиду недостаточного и несогласованного распределения кислотного состава, а увеличение давления и объема закачиваемой кислоты не приводит к улучшению качества обработки.

Эффективность кислотных обработок (КО) зависит не только от длины ГС, а также от геолого-физических особенностей месторождения, способа заканчивания скважины, кислотного состава и т. п. При рассмотрении примеров использования различных КО в горизонтальных скважинах наиболее часто применяют следующие технологии:

- жидкости-отклонители – кислоты с повышенной вязкостью;
- отклонения кислот с помощью вспомогательные волокон;
- самоотклоняющиеся кислоты;
- дисперсные системы, содержащие твердые частицы;
- нефтекислотные гидрофобные эмульсии;

- кислотные пены (аэрированный раствор кислоты и ПАВ).

Для более эффективного воздействия на продуктивный пласт необходимо одновременно применять комплекс специального оборудования (гибкие НКТ (ГНКТ) – колтюбинг, разбухающие пакеры, устройства контроля притока т. п.) и одну или несколько технологий из вышеперечисленных.

Проектирование КО для определённого продуктивного пласта подразумевает правильно подобранную кислоту с определенной концентрацией, совместимую со свойствами породы. Одним из базовых методов повышения эффективности СКО является уменьшение скорости фильтрации кислот с целью отклонения рабочих жидкостей в низкопроницаемые интервалы. Примером такого метода является использование самоотклоняющихся кислотных систем (СКС), содержащих поверхностно-активные вещества (ПАВ).

В основе действия СКС лежит способность ПАВ преобразовывать несущую их кислоту в вязкоупругий гель в ходе реакции кислоты с карбонатной породой. Образовавшийся гель создает эффективное локальное отклонение новых порций кислотного состава к ранее необработанным участкам пласта. Благодаря восприимчивости цилиндрических мицелл ПАВ к контакту с углеводородами, вязкоупругий гель разрушается и легко выносится из скважины при освоении. Таким образом, применение СКС обеспечивает равномерную интенсификацию всего продуктивного интервала нефтяного пласта в процессе обработки и низкую степень загрязнения пласта. По сравнению с обычной кислотной стимуляцией с вязким отклонителем, КО с применением СКС требует меньшее число стадий и меньший общий объем закачки, так как СКС обеспечивает одновременно кислотную стимуляцию и отклонение. СКС может быть использована, как в качестве самостоятельной технологической жидкости, так и в сочетании с другими реагентами [1].

При изучении имеющегося опыта мониторинга и исследований горизонтальных скважин было выявлено, что для поддержания темпов нефтеотдачи на всех этапах разработки очень важно получать информацию о состоянии коллектора и вскрывающих ее скважин с помощью постоянного мониторинга последних. При исследовании вертикальных скважин практически не возникает никаких трудностей. Однако, последнее время все больше месторождений разрабатывается с помощью горизонтальных скважин, ввиду их эффективности при добыче нефти и

газа. Из-за отличий горизонтальных скважин от вертикальных при проведении промыслово-геофизических исследований (ПГИ) возникает ряд сложностей:

- разнообразие методов заканчивания ГС;
- разнообразие форм траекторий ствола и многофазное расслоение потока под действием гравитации;
- сложность доставки приборов ГИС к забою скважин;
- специальные требования к скважинной аппаратуре.

Задачи, стоящие перед промыслово-геофизическими исследованиями в действующих горизонтальных скважинах, включают в себя:

- оценку качества освоения интервалов горизонтальной скважины;
- выделение работающих интервалов, оценку поинтервальных дебитов и состава притока;
- выделение интервалов прорыва воды;
- оценку профиля приемистости в нагнетательных скважинах;
- определение работоспособности систем заканчивания.

Таким образом, для получения полной картины работы горизонтальных скважин необходимой вести мониторинг на протяжении всей их жизни.

Большинство проблем, связанных с исследованием горизонтальных скважин может быть решено с помощью технологии индикаторных исследований скважин, путем закачки индикаторов в нагнетательные скважины вместе с закачиваемой водой или с помощью стационарных интеллектуальных химических индикаторов притока, установленных на элементах заканчивания.

Первый метод основан на введении в контрольную нагнетательную скважину заданного объема меченой жидкости, которая оттесняется к контрольным добывающим скважинам вытесняющим агентом путем последующей (после закачки меченого вещества) непрерывной подаче воды в контрольную нагнетательную скважину. Одновременно из устья добывающих скважин начинают производить отбор проб. Отобранные пробы анализируются в лабораторных условиях для определения наличия трассера и его количественной оценки. По результатам анализа строятся кривые зависимости изменения концентрации трассера в пробах от времени, прошедшего с начала закачки трассера для каждой контрольной добывающей скважины.

Второй метод предполагает установку специальных полимерных матриц, содержащих интеллектуальные индикаторы, в

каждую зону горизонтальной скважины на оборудовании заканчивания. При этом можно использовать данную технологию с любой системой заканчивания скважин, в том числе с противопесочными фильтрами, с оборудованием МГРП, с гравийной набивкой, цементируемыми хвостовиками, а также с устройствами контроля притока [4].

Технология интеллектуальных химических индикаторов разработана для непрерывной работы с целевыми пластовыми флюидом (нефтью или водой) в течении достаточно длительного периода времени (до десяти лет для интеллектуальных индикаторов на нефть и до семи лет на воду в зависимости от пластовых условий).

Для анализа каждого интервала горизонтальной скважины разработано достаточно большое количество уникальных (различных при химическом анализе пробы флюида) «интеллектуальных» химических индикаторов: 80 для маркировки нефти и ещё 80 для маркировки воды. Таким образом, можно проводить постоянный мониторинг работы горизонтальных скважин с большим количеством зон, а также целого месторождения (рисунок 1) [2, 3].

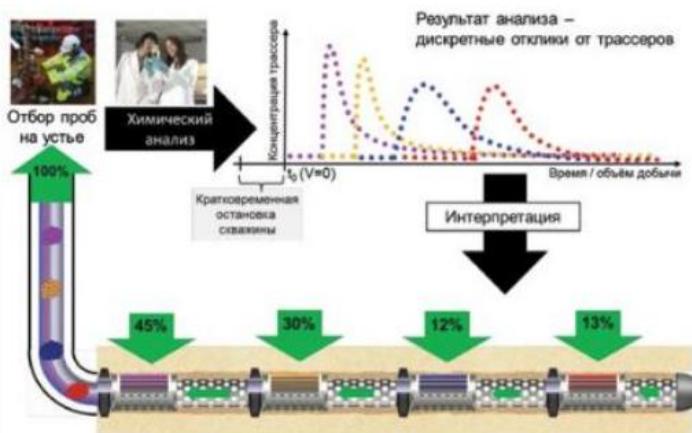


Рис. 1 – Цикл работ по количественной оценке профиля притока

Для получения более полной картины о состоянии пласта, для построения гидродинамической модели кроме трассерных исследований используют данные по керну и результаты интерпретации ГДИС. Трассерные исследование определяют профиль

притока по стволу скважины, а результаты ГДИС дают интегральную оценку дренируемой зоны.

Интерпретация гидродинамических исследований в горизонтальных скважинах имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать для получения достоверных параметров. К этим особенностям относятся наличие горизонтального ствола, влияние на график КВД зон двух- и трехфазной фильтрации, высокий газовый фактор [5].

ГДИ в горизонтальных скважинах отличаются от вертикальных тем, что датчики (манометры) устанавливаются не только на забое скважины, но и вдоль горизонтального ствола скважины [4, 5]. Ведутся разработки в области методик исследований, совмещающие подходы ПГИ и ГДИС.

#### **Выводы.**

Для увеличения эффективности проведения СКО в горизонтальных скважинах, необходимо учитывать особенности данных скважин, например, разнообразие форм траектории ствола, многофазное расслоение потока жидкости и т.п. Перечисленные в статье современные технологии учитывают эти особенности и позволяют решить ряд задач, связанных с увеличением эффективности СКО. Рассмотренные методы исследования и мониторинга горизонтальных скважин позволяют получать более подробную и точную информацию о параметрах и состоянии последних.

#### **Библиографический список**

1. Пестриков А. В., Политов М. Е. Самоотклоняющиеся кислотные системы на основе вязкоупругих ПАВ: эксперимент и модель // *Нефтегазовое дело: электронный научный журнал*. 2013. № 4. С. 529 – 562.

2. Штунь С.Ю., Сеньков А.А., Абраменко О.И., Мацашик В.В. и др. 3-летний опыт компании «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» по постоянному мониторингу длинной горизонтальной скважины с помощью системы интеллектуальных маркеров. *EAGE Horizontal Wells*. Казань, 2017.

3. Semikin D., Senkov A., Surmaev A., Prusakov A., Leung E. Autonomous ICD well performance completed with intelligent inflow tracer technology in the Yuri Korchagin field in Russia. *SPE 176563*. Российская нефтегазовая техническая конференция. Москва, 2015.

4. Морозов О.Н., Андиянов М.А., Колода А.В., и др. Опыт внедрения индикаторов притока на Приразломном месторождении для исследования горизонтальных скважин. 2017.

5. Зейн Аль-Абидин М.Д., Сохошко С.К., Саранча А.В., Кочерга Н.П. Особенности интерпретации гидродинамических исследований горизонтальных нефтяных скважина в нефтегазоконденсатных коллекторах. Тюмень, 2015.

УДК 622.274

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАБРЫЗБЕТОНИРОВАНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ НОВО-УЧАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Муталлапов В.Р.**

**Научный руководитель Красавин А.В.**

*Технический университет УГМК, г. Верхняя Пышма*

*Использование высокопроизводительных комплексов «мокрого» набрызгбетонирования позволяют повысить экономическую эффективность при креплении горных выработок за счет минимального отскока, интенсификации проходки выработок, использовании меньшего количества обслуживающего персонала.*

В настоящее время на медно-колчеданных месторождениях Южного Урала применяется набрызгбетонная крепь горно-геологических условий в виде самостоятельной конструкции (в породах с коэффициентом крепости  $f > 4$ ), а также в сочетании с анкерами или арками с покрытием непосредственно по породе или по сетке, используемой в качестве затяжки.

Набрызгбетон решает проблемы устойчивости породы в тоннелях и других подземных сооружениях. Сегодня набрызгбетон является ключевой технологией при креплении горных выработок:

- при проходке тоннелей;
- в горно-добывающей промышленности;
- в гидротехническом строительстве;
- при креплении откосов строительных котлованов и береговых сооружений.

На сегодняшний день существует две технологии набрызгбетонирования: «сухая» и «мокрая». Первоначально применялся только «сухой» способ. При этом способе сухая смесь цемента и заполнителей загружаются в машину и подается сжатым возду-

хом через шланги. Вода, необходимая для гидратации цемента, вводится лишь у сопла машины.

Важным аспектом для сухого способа является естественная влажность. Там, где смесь слишком сухая, распыление приводит к значительному пылеобразованию. Если степень содержания влаги чрезмерно высока, это приводит к технологическим сложностям связанные с проблемами «зависания» бетонной смеси при ее подачи по шлангам и резко понижает производительность работ, а иногда и полностью блокирует работы (возникает «пробки»). В идеальном случае содержание естественной влаги должно быть в пределах 3-6 %.

Недостатки при использовании «сухой» технологии набрызга - это относительно высокие затраты вследствие износа роторных машин, особенно с резиновыми уплотнителями на дисках трения. Правильная установка машин и своевременная замена деталей могут значительно снизить затраты.

Еще одним недостатком является пылеобразование. Этот недостаток можно значительно уменьшить, обеспечив естественное содержание влаги в смеси, а также используя пылеподавляющие добавки. Также могут быть эффективны насосы повышения давления воды. Эти насосы усиливают давление воды в процессе смешивания в сопле.

Еще одной важной проблемой в процессе сухого набрызгбетонирования является относительно высокая степень отскока. В зависимости от поверхности нанесения теряется от 15 % до 35 % бетона. Средняя величина потерь обычно составляет от 20 % до 25 %, в сравнении с 5-10 % в процессе мокрого набрызгбетонирования.

Применение мокрого способа набрызгбетонирования значительно возросло при переходе от машин сухого способа к новейшим роботизированным установкам, работающим по мокрой технологии. Средняя 8-часовая сменная производительность при мокром способе обычно превышает производительность при сухом способе в 4 – 5 раз.

Инвестиционные затраты на новые установки-роботы для мокрого набрызгбетонирования резко увеличились, но одновременно снизилась себестоимость уложенного набрызгбетона. Одной из главных причин этого явилось сокращение времени набрызгбетонирования. Благодаря применению интегрированных автоматических систем набрызг можно производить за считанные минуты после установки оборудования в забое. С введением высокопроизводительных бурильных машин скорость бу-

рения повысилась примерно на 80 %. В связи с этим затрачивается меньше времени на цикл буровзрывных работ. Следовательно, экономится больше времени. Время, расходуемое на набрызг, также должно быть меньшим. Поэтому, ключевым фактором явилось повышение производительности набрызгбетонных работ. Снижение отскока примерно на  $\frac{1}{4}$  на м<sup>3</sup> также имеет важное экономическое значение.

При сухом способе набрызга операторы обычно сталкивались с огромным объемом пыли. Пыль образовывалась не только у сопла, но также в самой машине. При измерении содержания пыли в воздухе в рабочей зоне обнаружилось превышение норм более чем в 3 раза.

С началом использованием мокрого способа пылеобразование значительно уменьшилось и рабочие бригады обычно выражали удовлетворение по поводу этого преимущества. Одним из факторов, который способствовал внедрению мокрого способа набрызга, была необходимость безопасной проходки горных выработок в сложных горно-геологических условиях. Риск обрушения породы был зачастую очень высок, и безопасность персонала не могла быть обеспечена без роботов для набрызгбетонирования, а также без армирования набрызгбетона стальными фибрами.

Достоинствами «мокрого» способа набрызгбетонирования по сравнению с сухим являются:

- значительное улучшение условий труда благодаря снижению пылеобразования и практическому исключению ручного труда;
- более толстые слои вследствие эффективного употребления добавляемых материалов;
- возможность нанесения набрызгбетона на большую высоту горных выработок;
- улучшенное сцепление;
- более высокая прочность на сжатие и незначительные отклонения в результатах;
- высокая производительность (до 4 м<sup>3</sup>/ч при «сухом» способе и до 15-20 м<sup>3</sup>/ч при «мокром» способе);

Недостатки:

- ограниченная дистанция подачи (максимально 300 м);
- повышенные требования к качеству заполнителей;
- ограниченные возможности прервать работу;
- затраты на очистку оборудования.

Сравнив два способа, рассматривается внедрение «мокрого» способа набрызгбетонирования на Ново-Учалинское месторождение АО «Учалинский ГОК».

Согласно Технического проекта разработки Ново-Учалинского месторождения к горно-капитальным выработкам отнесены выработки, проходимые с целью вскрытия запасов месторождения:

- «Вентиляционный» наклонный съезд (ВНС);
- «Транспортный» наклонный съезд (ТНС).

Согласно Руководству по креплению капитальных, подготовительных и нарезных выработок на рудниках Учалинского ГОКа крепление выработок выполняется следующими типами крепи:

- в устойчивых породах (II категория) проходку выработок допускается вести без временной крепи, на участках повышенной трещиноватости пород применять анкерную с шагом 0,7\*0,7 м (0,9\*0,9 м) или набрызгбетонную крепь, в породах склонных выветриванию, возводить набрызгбетонную крепь толщиной 20-30 мм;

- в породах средней устойчивости (III категория) принимать анкерную крепь (ЖБШ или СЗА) с сеткой и набрызгбетоном, а в сильнотрещиноватых породах, склонных к выветриванию,

- комбинированную крепь из анкеров и набрызгбетона с металлической сеткой или без нее;

- в неустойчивых породах (IV категория) применять анкерную крепь (ЖБШ или СЗА) 0,5\*0,5 м (0,7\*0,7 м) с сеткой и набрызгбетоном.

Окончательный выбор типа и параметров крепления выработок производится непосредственно по месту работ комиссионно, с учетом фактического горно-геологического состояния массива.

С 2019 года породы Ново-Учалинского месторождения будут отнесены к III и ниже категории по устойчивости, что сокращает возможное время стояния выработки без крепи.

Крепление штангами/анкерами предусматривает применение аналогичного проходческим работам оборудования, буровая установка «Мonomatic 105-40» или аналогичное оборудование, имеющее схожие технические характеристики.

Крепление набрызгбетоном осуществляется торкрет-установкой БМ, Aliva. Данные установки относятся к так называемому «сухому» способу набрызгбетонирования. Паспортная производительность данных установок не превышает 6 м<sup>3</sup>/ч, а фактическая производительность не превышает 1,5 – 2 м<sup>3</sup>/ч тор-

крет смеси. Проведенные хронометражные измерения временных затрат на транспортирование, приготовление и нанесение набрызгбетона при «сухом» способе набрызгбетонирования по всем технологическим операциям на крепления на Учалинском, Озерном, Молодежном, Узельгинском рудниках АО «Учалинский ГОК» показали следующие результаты: часовые производительности работ по нанесению слоя набрызгбетона «сухим» способом на Учалинском подземном руднике – 1,58 м<sup>3</sup>/ч, Озерном руднике – 1,5 м<sup>3</sup>/ч, Молодежном подземном руднике – 2 м<sup>3</sup>/ч, Узельгинском подземном руднике – 0,9 м<sup>3</sup>/ч.

На горнодобывающих предприятиях УГМК имеется положительный опыт применения «мокрого» способа набрызгбетонирования. На Гайском ГОКе применяется высокотехнологичное оборудование по нанесению мокрого набрызгбетона в составе установки для крепления SPRAYMEC 1050 и 2 автобетоносмесителя UTIMEC MF 500 TRANSMIXER производства компании Normet. Данный комплект оборудования применяется при строительстве шахт, тоннелей и обладает высокой производительностью, обеспечивает высокую безопасность и качество нанесения набрызгбетона. Производство торкерт-смеси осуществляется в подземном выработанном пространстве при помощи бетонно-растворного узла (БРУ) расположенного вблизи места производства работ.

Производительность комплекса «мокрого» набрызгбетонирования при условии непрерывной подачи торкерт-смеси автобетоносмесителями, ограничивается производительностью насоса, объемами автобетоносмесителей и достигает 12 м<sup>3</sup>/ч.

Использование высокопроизводительных комплексов «мокрого» набрызгбетонирования позволяют повысить экономическую эффективность при креплении горных выработок за счет минимального отскока, интенсификации проходки выработок, использовании меньшего количества обслуживающего персонала.

### **Библиографический список**

1. *Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. Утверждены Приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 г., № 599, зарегистрированы Минюстом России 02.07.2014 г., регистрационный № 32935.*

2. *Технологическая инструкции по возведению крепей подземных горных выработок на рудниках Учалинского горно-обогатительного комбината. ОАО «Унипромедь». – Учалы-Екатеринбург, 2000.*

3. Каплунов, Д.Р. Комбинированная геотехнология / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 560 с.

4. Перспективы повышения полноты и комплексности освоения месторождений. Абдрахманов И.А., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. и др., – Недропользование, №3-2008, – С. 28.

УДК 621.926.9

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЩЕБНЯ**

**Зубко Д.О., Юрчик Е.С.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрено основное оборудование для дробления гранита при производстве щебня. Предложены варианты модернизации дробилок.*

В Республике Беларусь успешно функционирует предприятие по производству щебня. Производственная мощность Республиканского унитарного производственного предприятия «Гранит» составляет свыше 16 млн. тонн щебня в год.

Технологический процесс включает в себя трехстадийное (крупное, среднее, мелкое) дробление горной массы до необходимых размеров, а также предварительное и товарное грохочение щебня.

Взорванная масса гранитного камня из карьера транспортируется автотранспортом на дробильно-сортировочные линии, где проходит предварительное дробление в щековых дробилках. Размер приемного зева щековых дробилок составляет 1500 x 2100 мм. Продукт дробления на выходе имеет максимальный размер до 300 мм.

Вторичное дробление материала до размеров кусков не более 100 мм происходит в конусных дробилках.

Перед конусной дробилкой мелкого дробления материал проходит предварительное грохочение, в результате которого выделяется готовый по крупности продукт.

Мелкое дробление направлено на осуществление выпуска продукции фракций 5 – 10 мм, 10 – 20 мм, 5 – 20 мм, либо любой другой комбинации продукции внутри этого диапазона.

Товарная сортировка щебня производится на трехкаскадных грохотах. Продукция на выходе распределяется на фракции +40 мм, 20 – 40 мм и менее 20 мм.

Для получения кубовидного щебня применяются центробежно-ударные дробилки производства НПО «Центр» [1].

В производственной деятельности ДСЗ РУПП «Гранит» можно выделить 16 основных технологических операций, для которых используется различное технологическое оборудование и транспорт. Весь технологический процесс переработки горной массы на заводе автоматизирован. Управление и контроль за ходом процесса осуществляется с центрального пульта дробильно-сортировочного завода.

Авторами проведен анализ эффективности работы щековых и конусных дробилок на операциях дробления строительного камня и по основным эксплуатационным показателям: производительности, надежности и удельному энергопотреблению.

Щековые дробилки в технологических линиях производства строительных материалов чаще всего применяются для крупного и среднего дробления кусковых материалов. Они отличаются простотой и надежностью конструкции и не сложны в обслуживании. Дробление материала в щековых дробилках происходит между подвижной и не подвижной щеками путем периодического нажатия подвижной щеки на материал [2].

Все существующие типы щековых дробилок классифицируют по методу подвеса щеки – дробилки с верхним подвесом и с нижним подвесом подвижной щеки. Основной недостаток щековой дробилки с простым движением щеки – неравномерное распределение усилия дробления во времени. Для сглаживания пиковых нагрузок щековым дробилкам необходимы мощные маховики. Неуравновешенная масса подвижной щеки требует установки массивных фундаментов и затрудняет размещение дробилок крупного дробления на вторых этажах зданий.

Конусные дробилки широко используются в нерудной промышленности для дробления камня на щебень, получения искусственного песка, подготовки сырья для цементных мельниц, производства удобрений и химического сырья. Обычно используются на второй стадии дробления материалов высокой абразивности с прочностью на сжатии до 300 МПа. Конусные дро-

билки изготавливаются в трех различных модификациях: ККД (крупного дробления), КСД (среднего дробления), КМД (мелкого дробления), отличающихся друг от друга лишь узлами, образующими дробящее пространство.

В конусных дробилках раздавливание кусков материала происходит между внешним конусом 1 и внутренним конусом 2 путем нажатия внутреннего конуса на материал.

При расчете параметров щековой и конусной дробилок следует особое внимание уделять повышенной энергоемкости технологии дробления, громоздкости и металлоемкости конструкций, а также надежности элементов привода и исполнительного органа, степени загрузки рабочей камеры горной породой. Угол захвата щековой дробилки так же, как и валковой на практике принимают несколько меньшим ( $24^\circ$ ), чтобы уменьшить вероятность выброса куска из рабочей зоны.

В результате анализа авторами разработаны две новые схемы: привод с использованием коническо-цилиндрического редуктора, а также рабочий орган с профильными пазми на рабочих поверхностях конусов, обеспечивающие повышение эффективности работы, снижение металлоемкости и улучшение обслуживания установок в производственных условиях.

### **Библиографический список**

1. Денисов Д.Г. Моделирование процесса измельчения в дробилках ударного действия. -Журнал «Вестник ИГЭУ», Вып. 2, 2006. – С.1-4.
2. Чирков, А.С. Добыча и переработка строительных горных пород/ А.С. Чирков – М.: Недра, 2005. – 510 с.

## АНАЛИЗ РАБОТЫ РОТОРА ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА

**Евстратиков Д.В.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Представлен анализ конструктивных и эксплуатационных параметров ротора тоннелепроходческого щита, используемого при строительстве метрополитена. Определены основные направления повышения эффективности работы комплекса за счет модернизации исполнительного органа.*

В настоящее время при строительстве Третьей линии Минского метро, (Строительное коммунальное унитарное предприятие «Минскметрострой») используется по прямому назначению тоннелепроходческий механизированный комплекс фирмы BESSAC (Франция). Одним из основных оборудований проходческого комплекса является проходческий щит (6000T038PT / 2001030) закрытого типа с грунтопригрузом на полное сечение туннеля с удержанием забоя под давлением грунта. Он обеспечивает весь комплекс работ по закреплению грунта, удержанию забоя, разработке забоя и установке окончательной обделки.

Разработка грунта на полное сечение производится рабочим органом, диаметр экскавации которого составляет 6250 мм. Рабочий орган установлен на силовой установке проходческого щита. Ротор представляет собой сварную конструкцию, передняя сторона которой защищена от износа пластинами из стали HARDOX (толщина 20 мм), устойчивыми к абразивному износу. Рабочий орган оборудован различного типа породоразрушающими элементами: простые шарошки 14''; двойные шарошки 14''; периферические скребки; зубья шириной 120 мм; центральные зубья; центральный инструмент. Основной режим работы ротора – периодическое реверсивное вращение. С учетом этого на роторе симметрично установлены по восемь периферийных скребков левого и правого исполнения, а также по 52 зуба шириной 120 мм с лево- и правосторонним направлением резания.

Степень открытия ротора – 30 %. Для проходки тоннелей на таких комплексах также используется полимер и бентонит для

снижения сил трения и налипания породы к режущему инструменту в глинистых грунтах.

Эксплуатационные показатели ротора в значительной степени зависят от физико-механических свойств разрабатываемого грунта: тип грунта, прочность породы в массиве, образивность, влагонасыщенность, фракционный состав, природные и искусственные включения в грунте.

Надежность ротора как системы следует оценивать единичными показателями, входящими в комплексные показатели по безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости изделий. В качестве основных подлежали анализу:

- геометрические параметры металлоконструкции ротора;
- тип и размеры применяемого породоразрушающего инструмента;
- свойства материала металлоконструкции ротора и породоразрушающего инструмента, а также виды упрочняющих процессов на их рабочих поверхностях;
- схема расположения породоразрушающего инструмента и ограничительных зубьев на поверхности ротора;
- расположение инжекторов (форсунок) для подачи пены на забой и в призабойную камеру;
- режимы работы системы подачи пены в рабочую зону;
- конструктивные параметры ротора и корпуса щита в призабойной камере;
- кинематические параметры ротора в рабочем режиме;
- цикличность работы ротора по времени и по направлению вращения;
- пространственная ориентация ротора в составе проходческого комплекса в процессе проходки тоннеля;
- соответствие параметров и режимов работы ротора и шнека.

Эффективность использования породоразрушающего инструмента по долговечности оценивается ресурсом, который представляет собой объем экскавируемого грунта при определенной степени переработки породы [1].

Комплект инструмента, которым оснащен ротор, можно разделить на две группы по принципу взаимодействия с массивом горной породы на забое:

- фронтальные зубья относятся к истирающе-режущим для работы на породах прочностью до 2 по шкале Протодряконова;
- шарошки относятся к наиболее распространенной группе инструмента при ведении буровых работ, т. е. дробяще-

скальвающим и применяются для проходки в горных породах прочностью до 5 по шкале Протодьяконова. В связи с этим следует отметить, что комплект породоразрушающего инструмента в целом обеспечивает исполнительному органу выполнять основную функцию – фрезерование песчано-гравийных и глинистых пород, с включениями мелких и средних размеров валунов, а также проходить бетонные стенки в грунте. Однако, как показывает опыт эксплуатации комплекса, рабочие поверхности инструмента интенсивно изнашиваются.

Применение буровых растворов на основе бентонита и пенного реагента является экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов [2].

В качестве основных направлений повышения эффективности работы комплекса можно выделить следующие:

- оптимальный тип и размеры шарошек для оборудования ротора по периферийной части;
- насыщение периферийной части породоразрушающим инструментом итирающе-режущего и дробяще-скальвающего типа для переработки породы с прочностью до 5 единиц по шкале Протодьяконова в больших объемах;
- новая схема распределения фронтальных зубьев по лучам ротора с учетом его реверсивного вращения и увеличение пропускной способности каналов;
- оптимизация формы и размеров каналов для обеспечения эффективного проталкивания породы от режущих кромок зубков и скребков через свободные окна в металлоконструкции в призабойную зону щита;
- обоснование расположения и количества форсунок по передней плоскости ротора для обработки породы по забою пенным раствором;
- возможность оперативного мониторинга за режимами работы элементов ротора, например, вращение шарошек, температура рабочих поверхностей и степень заштыбовки каналов.

### **Библиографический список**

1. *Анализ рабочего процесса тоннелепроходческого комплекса. Часть 2. Исследование процесса проходки на основе математической модели и экспериментальных данных /*

*Г.В. Казаченко [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2012. – № 1. – С. 47 – 58.*

*2. Басалай И.А. Изучение возможности использования бурового раствора на основе сапропеля в тоннелепроходческом механизированном комплексе // И.А. Басалай. Горная механика и машиностроение. – 2018. – № 1. – С. 1 – 7.*

УДК 622.063

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**Евстратиков Д.В., Семененко А.А.  
Научный руководитель Басалай И.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Проведен анализ факторов, влияющих на стабильность и эффективность проходческого щита в сложных горно-геологических условиях. Предложено использовать для стабилизации работы щита буровой раствор на основе сапропеля и производить его приготовление до экслютационной консистенции пенообразователь.*

Технология прокладки микротоннелей бестраншейным методом на тоннелепроходческом щите зависит от ряда факторов. Одним из главных факторов является геологические свойства грунта, в которых будет идти проходка. Особо сложными являются песчаные грунты, пльвуны, из-за большой вероятности перебора грунта ротором.

В результате исследований, проведённых практическим методом, было установлено, что путём добавления бентонитового раствора в состав воды для выноса разрушаемой и выносимой породы, получается укрепить грунт «связать» на уровне забоя, тем самым, получив возможность ведения проходки на более высоких скоростях и снизив риск перебора грунта. Однако, анализ показывает, что применение вышеуказанных буровых растворов на тоннелепроходческом комплексе являются экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, технико-экономическая эффективность проходки скважин и подземных коммуникаций зависит от режима

промывки и технологических свойств буровых растворов. Стоимость бентонитовых буровых и тампонажных растворов в ряде случаев достигает трети общих затрат на ведение проходческих и буровых работ. Поэтому понятна необходимость в определении оптимальных режимов промывки и подборе высокоэффективных и дешевых по стоимости буровых растворов. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов.

Авторами предлагается вместо бентонитового раствора, используемого для снижения сил трения при проходке, использовать экологически чистый буровой раствор на основе сапропеля.

Сапропели, как и торф, угли, горючие сланцы – это органическое вещество биогенного происхождения, т. е. каустобиолиты. Для приготовления бурового раствора применительно к проходческому комплексу вполне достаточно из экскавируемой сапропелевой массы удалить только часть свободносвязанной воды естественным обезвоживанием (в тонких слоях), доведя влажность продукта до 50-60%. Для этого разработана технология смешивания сапропеля и воды при помощи устройства в виде инжектора, представленного на рисунке 1.



Рис. 1 – Устройство для смешивания бурового раствора (пенообразователь)

Таким образом можно получить однородный состав бурового раствора в короткий промежуток времени, определяемый 2 – 3 минутами, по сравнению с классическим замешиванием бурового раствора на основе бентонита, который требует времени для замешивания порядка 15 минут на 0,8 м. куб. раствора.

Таким образом, в результате применения бурового раствора на основе сапропеля и используя для его приготовления на проходческом щите достигается:

- экономия времени для замешивания раствора;
- экономия средств на закупку бентонита (т.к. бентонит импортный, а сапропель добывают на территории Беларуси);
- сапропель – экологически чистый продукт, не загрязняющий окружающую среду.

### **Библиографический список**

1. *Рязанов, Я.А. Энциклопедия по буровым растворам / Я.А. Рязанов. – Оренбург: Изд-во Летопись, 2005. – 664 с.*
2. *Евстратиков Д.В., Мехрякова А.О. Применение экологически чистых буровых растворов на основе сапропеля при проходке подземных коммуникаций механизированными комплексами / Международный форум-конкурс молодых ученых «Проблемы недропользования»: Сборник научных трудов. Ч.2, Санкт-Петербург, С-П.ГУ, 2017. – С. 115 – 118.*
3. *Басалай И.А. Изучение возможности использования бурового раствора на основе сапропеля в тоннелепроходческом механизированном комплексе / Горная механика и машиностроение, 2018. – №1. – С. 12 – 19.*

УДК656.135.2

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ МАЗ-4371Р2**

**Маилян Армонд Р.**

**Научный руководитель Бородина Ю.В.**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

*В статье представлены результаты расчетов параметров торможения автомобиля МАЗ-4371Р2*

Целью данной работы является определение параметров торможения автомобиля МАЗ-4371Р2.

Техническая характеристика и чертеж автомобиля представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Параметры автомобиля МАЗ-4371Р2

Параметры	Усл. обоз.	Ед. изм.	Значение параметра
Максимальная мощность двигателя	$N_e \max$	кВт	124
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	$n$	мин <sup>-1</sup>	3000
Радиус колеса	$r$	м	0,45
Снаряженная масса автомобиля, в т.ч. приходящаяся на переднюю ось приходящаяся на заднюю ось	$M_c$	кг	5600 3200 2400
Полная масса автомобиля, в т.ч. приходящаяся на переднюю ось приходящаяся на заднюю ось	$M_p$	кг	10100 3800 6300
Габаритная длина автомобиля	$L_a$	м	7,25
Габаритная ширина автомобиля	$B_a$	м	2,55
Габаритная высота автомобиля	$H_a$	м	3,56
База автомобиля	$L$	м	3,7
Колея автомобиля	$B$	м	2
Передний свес	$C$	м	1,23
Лобовая площадь	$F_a$	м <sup>2</sup>	9
Коэффициент сопротивления воздуха	$k_v$	Нс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	0,65
Высота центра тяжести: с нагрузкой без нагрузки	$h_{ц}$	м	1,5 1,14

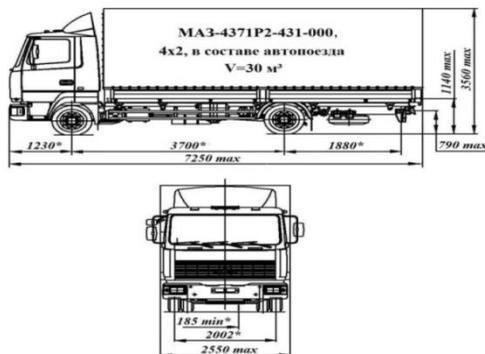


Рис. 1 – Чертеж МАЗ-4371Р2

Расстояние от задней оси автомобиля до центра тяжести рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{M_1}{M} \cdot L,$$

где  $M_1$  – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось, кг;

$M$  – масса всего автомобиля с данной нагрузкой, кг.

Расчёт расстояния от задней оси до центра тяжести:

– для пустого автомобиля:

$$b = \frac{3200}{5600} \cdot 3,7 = 2,11 \text{ м}.$$

– для полного автомобиля:

$$b = \frac{3800}{10100} \cdot 3,7 = 1,39 \text{ м}.$$

Время нарастания замедления определяется по формуле:

$$t_n = \frac{G(b + \varphi_x h_n)}{k_1 L} \varphi_x, \text{ с}$$

где  $G$  – вес автомобиля с данной нагрузкой, Н;  $b$  – расстояние от задней оси автомобиля до центра тяжести, м;  $h_n$  – расстояние от центра тяжести автомобиля до поверхности дороги, м;  $L$  – база автомобиля, м;  $k_1 = 25 \dots 100$  кН/с (пневматический привод тормозов);  $k_2 = 1,1 \dots 1,3$  (без нагрузки),  $k_3 = 1,5 \dots 1,6$  (с полной нагрузкой).

Расчёт времени нарастания замедления:

– для пустого автомобиля:

$$t_n = \frac{5600 \cdot 9,81 \cdot (2,11 + 0,6 \cdot 1,14)}{60000 \cdot 3,7} \cdot 0,6 = 0,42 \text{ с}.$$

– для полного автомобиля:

$$t_n = \frac{10100 \cdot 9,81 \cdot (1,39 + 0,6 \cdot 1,5)}{60000 \cdot 3,7} \cdot 0,6 = 0,59 \text{ с}.$$

Остановочное время автомобиля определяется по следующей формуле:

$$t_o = t_p + t_c + 0,5t_n + \frac{k_3 v_0}{g \varphi_x}, \text{ с}$$

где  $t_p$  – время реакции водителя, с ( $t_p=0,8$ );  $t_c$  – время срабатывания тормозной системы, с (для автомобилей с пневматическим приводом тормозов 0,6...0,8 с;  $t_n$  – время нарастания замедления, с;  $k_3$  – коэффициент эффективности торможения;  $v_0$  – скорость автомобиля непосредственно перед началом торможения (11,11 м/с);  $\varphi_x$  – коэффициент сцепления колёс автомобиля с поверхностью дороги;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Остановочное время автомобиля:

– для пустого автомобиля:

$$t_o = 0,8 + 0,7 + 0,5 \cdot 0,42 + \frac{1,2 \cdot 11,11}{9,81 \cdot 0,6} = 3,98 \text{ с.}$$

– для полного автомобиля:

$$t_o = 0,8 + 0,7 + 0,5 \cdot 0,59 + \frac{1,55 \cdot 11,11}{9,81 \cdot 0,6} = 4,72 \text{ с.}$$

Определение остановочного пути автомобиля производим по следующей формуле:

$$S_0 = (t_p + t_c + 0,5t_n)v_0 + \frac{k_3 v_0^2}{2g \varphi_x}, \text{ м.}$$

Определение остановочного пути автомобиля

– для пустого автомобиля:

$$S_0 = (0,8 + 0,7 + 0,5 \cdot 0,42) \cdot 11,11 + \frac{1,2 \cdot 11,11^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} = 31,58 \text{ м}$$

– для полного автомобиля:

$$S_0 = (0,8 + 0,7 + 0,5 \cdot 0,59) \cdot 11,11 + \frac{1,55 \cdot 11,11^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} = 36,19 \text{ м}$$

Формула для расчета замедления автомобиля на уклоне и подъеме имеет следующий вид:

$$j_3 = \left( \frac{\varphi_x \cdot \cos \alpha}{k_3} \pm \sin \alpha \right) \cdot g, \text{ м/с}^2.$$

Расчёт замедления автомобиля при подъёме при  $\alpha = 8^\circ$ :

$$j_3 = \left( \frac{0,6 \cdot 0,998}{1,55} + 0,14 \right) \cdot 9,81 = 3,8 \text{ м/с}^2.$$

Расчёт замедления автомобиля при уклоне:

$$j_3 = \left( \frac{0,6 \cdot 0,998}{1,55} - 0,14 \right) \cdot 9,81 = 3,8 \text{ м/с}^2$$

Для построения графика показателей тормозной динамики необходимо определить значения тормозного пути, времени торможения и замедления для автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки.

Для этого используем следующие формулы:

$$j_3 = \frac{g\varphi_x}{k_3}, \text{ м/с}^2,$$

$$t_0 = t_c + 0,5t_n + \frac{k_3 V_0}{g\varphi_x}, \text{ с},$$

$$S_0 = (t_c + 0,5t_n)V_0 + \frac{k_3 V_0^2}{2g\varphi_x}, \text{ м}.$$

Расчёт производится для диапазона скоростей движения автомобиля от 0 до 70 км/ч через каждые 10 км/ч.

Примеры расчета представлены ниже:

$$j_3 = \frac{9,81 \cdot 0,6}{1,2} = 4,9 \text{ м/с}^2,$$

$$t_0 = 0,7 + 0,5 \cdot 0,44 + \frac{1,2 \cdot 2,78}{9,81 \cdot 0,6} = 1,48 \text{ с},$$

$$S_0 = (0,7 + 0,5 \cdot 0,44) \cdot 2,78 + \frac{1,2 \cdot 2,78^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} = 3,33 \text{ м}.$$

Результаты расчёта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели тормозной динамики автомобиля

Скорость автомобиля		Автомобиль с полной нагрузкой			Автомобиль без нагрузки		
Км/ч	м/с	$j_3, \text{м/с}^2$	$S_T, \text{м}$	$t_T, \text{с}$	$j_3, \text{м/с}^2$	$S_T, \text{м}$	$t_T, \text{с}$
10	2,78	3,8	3,78	1,72	4,9	3,33	1,48
20	5,56	3,8	9,58	2,45	4,9	8,2	2,03
30	8,33	3,8	17,35	3,17	4,9	14,6	2,59
40	11,11	3,8	27,16	3,89	4,9	22,56	3,14
50	13,89	3,8	38,97	4,61	4,9	32,07	3,7
60	16,67	3,8	52,8	5,33	4,9	43,13	4,25
70	19,44	3,8	68,57	6,05	4,9	55,67	4,81

Зависимость времени торможения автомобиля от скорости представлена на рисунке 2.

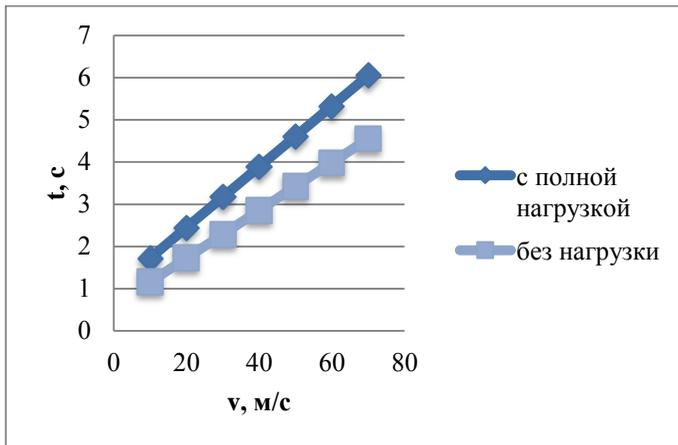


Рис. 2 – График времени торможения для автомобиля с нагрузкой и без нее

Зависимость тормозного пути автомобиля от скорости представлена на рисунке 3.

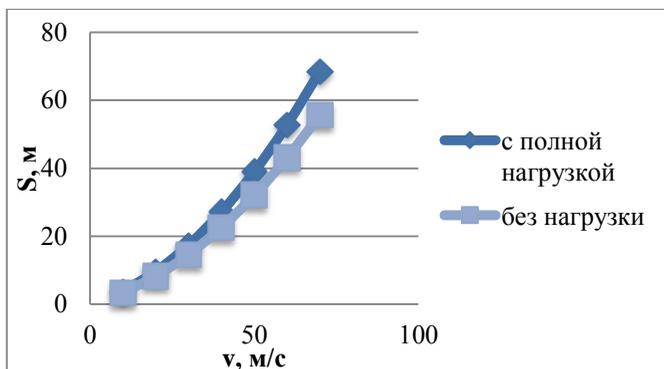


Рис. 3 – График значения тормозного пути для автомобиля с нагрузкой и без нее

### Библиографический список

1. *Безопасность дорожного движения* : сборник научных трудов /Федерал. казен. учреждение "Науч - исслед. центр проблем безопасности дорож. движения". – Москва : ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2016.

УДК656.135.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ ГАЗ-32212

**Маилян Арман Р.**

**Научный руководитель Бородина Ю.В.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*В работе представлены результаты определения критических скоростей и показателей устойчивости для автомобиля ГАЗ-32212.*

Целью данной работы является определение показателей устойчивости и управляемости автомобиля ГАЗ-32212.

Техническая характеристика и чертеж автомобиля представлены в таблице 1 и на рисунке 1 соответственно.

Таблица 1 – Параметры автомобиля ГАЗ-32212

Параметры	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение параметра
Максимальная мощность двигателя	$N_{max}$	кВт	78,5
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	$n$	мин <sup>-1</sup>	2500
Радиус колеса	$r$	м	0,342
Снаряженная масса автомобиля, в т.ч. приходящаяся на переднюю ось приходящаяся на заднюю ось	$M_c$	кг	2500 1220 1280
Полная масса автомобиля, в т.ч.: приходящаяся на переднюю ось приходящаяся на заднюю ось	$M_{п}$	кг	3260 1700 1560
Габаритная длина автомобиля	$L_a$	м	5,54
Габаритная ширина автомобиля	$B_a$	м	2,075
Габаритная высота автомобиля	$H_a$	м	2,2
База автомобиля	$L$	м	2,9
Колея автомобиля	$B$	м	1,7
Передний свес	$C$	м	1,03
Лобовая площадь	$F_a$	м <sup>2</sup>	4,565
Коэффициент сопротивления воздуха	$k_v$	Нс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	0,4
Высота центра тяжести: с нагрузкой без нагрузки	$h_{ц}$	м	1,3 1,2

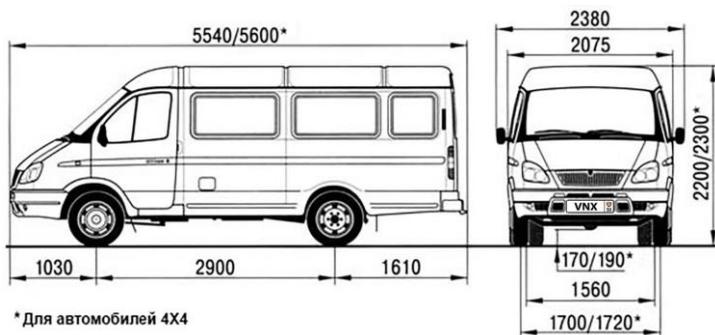


Рис. 1 – Автобус ГАЗ-32212

Критическая скорость по опрокидыванию определяется по формуле:

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{gRB}{2h_{\text{ц}}}}, \text{ м/с},$$

где  $R$  – радиус поворота, м;

$B$  – передняя колея автомобиля, м;

$h_{\text{ц}}$  – высота центра тяжести автомобиля, м.

Расчет следует вести для полностью груженого и порожнего автомобиля при радиусе поворота  $R = 50$  м.

Расчет критической скорости по опрокидыванию:

– для пустого автобуса:

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 50 \cdot 1,7}{2 \cdot 1,2}} = 18,63 \text{ м/с}.$$

– для полного автобуса:

$$v_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 50 \cdot 1,7}{2 \cdot 1,3}} = 17,91 \text{ м/с}.$$

Критическая скорость по заносу определяется по формуле:

$$v_{\text{зан}} = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y}, \text{ м/с}$$

где  $\varphi_y$  – коэффициент поперечного сцепления колёс автомобиля с поверхностью дороги.

Расчёт необходимого вести при радиусе поворота  $R = 150$  м,  $\varphi_y = 0,6$  и  $\varphi_y = 0,2$ .

Расчет критической скорости по заносу:

$$v_{\text{зан}} = \sqrt{9,81 \cdot 150 \cdot 0,6} = 29,7 \text{ м/с},$$

$$v_{\text{зан}} = \sqrt{9,81 \cdot 150 \cdot 0,2} = 17,1 \text{ м/с}.$$

При движении автомобиля на повороте на него действует поперечная составляющая центробежной силы и сила, действу-

ющая на переднюю часть автомобиля, которая вызвана поворотом управляемых колёс.

Расчет времени, в течение которого центробежная сила увеличится до опасного предела:

$$t = \frac{g \cdot \varphi_y \cdot L - b \cdot \omega_{y,к}}{\omega_{y,к} \cdot v^2}, \text{ с}$$

Расчет следует вести для автомобилей с полной нагрузкой и без нагрузки при следующих исходных данных:

$$\varphi_y = 0,6 \text{ и } \varphi_y = 0,2;$$

$$V = 60 \text{ км/ч} = 16,67 \text{ м/с};$$

$$\omega_{y,к} = 0,1 \text{ рад/с} = 0,016 \text{ с}^{-1}.$$

Расчёт времени, в течение которого центробежная сила увеличится до опасного предела:

– для пустого автобуса:

$$t = \frac{9,81 \cdot 0,2 \cdot 2,9 - 1,42 \cdot 0,016}{0,016 \cdot 16,67^2} = 1,28 \text{ с}$$

– для полного автобуса:

$$t = \frac{9,81 \cdot 0,6 \cdot 2,9 - 1,51 \cdot 0,016}{0,016 \cdot 16,67^2} = 3,84 \text{ с}$$

Критический угол косогора по опрокидыванию автомобиля, рад, ( $\beta_{\text{опр}}$ ) определяется по формуле:

$$\beta_{\text{опр}} = \arctg g \frac{B}{2h_{\text{ц}}}, \text{ рад}$$

Расчет критического угла косогора по опрокидыванию автомобиля, рад, ( $\beta_{\text{опр}}$ )

– для пустого автобуса:

$$\beta_{\text{опр}} = \arctg g \frac{1,7}{2 \cdot 1,2} = 0,62 \text{ рад}$$

– для полного автобуса:

$$\beta_{\text{опр}} = \text{arctg} \frac{1,7}{2 \cdot 1,3} = 0,58 \text{ рад.}$$

Критический угол косогора, рад, по условию бокового скольжения определяется по формуле:

$$\beta_{\text{ск}} = \text{arctg} \varphi_y, \text{ рад.}$$

Расчет произведем для значений коэффициента сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги  $\varphi_y = 0,6$  и  $\varphi_y = 0,2$ .

Расчет критического угла косогора по условию бокового скольжения для  $\varphi_y = 0,6$ :

$$\beta_{\text{ск}} = \text{arctg} 0,6 = 0,54 \text{ рад.}$$

Расчет критического угла косогора по условию бокового скольжения для  $\varphi_y = 0,2$ :

$$\beta_{\text{ск}} = \text{arctg} 0,2 = 0,2 \text{ рад.}$$

Для определения критической скорости автомобиля по условиям управляемости ( $v_{\text{упр}}$ ) используем формулу:

$$v_{\text{упр}} = \sqrt{\left( \frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{\text{tg} \theta} - f \right) \cdot g \cdot L \cdot \cos \theta},$$

где  $\theta$  – угол поворота управляемых колес автомобиля, рад, определяется из выражения:

$$\theta = \text{arctg} \frac{L}{R},$$

Расчет необходимо вести для  $\varphi = 0,2$ ;  $R = 125$  м;  $f = 0,02$ .

$$\theta = \text{arctg} \frac{2,9}{125} = 0,023 \text{ рад;}$$

$$v_{\text{упр}} = \sqrt{\left( \frac{\sqrt{0,2^2 - 0,02^2}}{\text{tg} 0,023} - 0,02 \right) \cdot 9,81 \cdot 2,9 \cdot \cos 0,023} = 15,6 \text{ м/с.}$$

Таким образом, в данной работе были определены критические скорости и показатели устойчивости для автомобиля ГАЗ-32212.

#### **Библиографический список**

1. Гудков В. А., Комаров Ю. Я., Рябчинский А. И., Федотов В. Н. *Безопасность транспортных средств : (автомобили) : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Организация и безопасность движения (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Организация перевозок и управление на транспорте" / В.А. Гудкови др. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. – 430 с.*

2. Иванов, С. Е. *Организация и безопасность движения [Текст]: учеб.-метод. комплекс, информ. ресурсы дисциплины, учеб. пособие / С. Е. Иванов – СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. – 202 с.*

УДК 656.131

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТИ И ВРЕМЕНИ ОБГОНА АВТОМОБИЛЕМ LADA LARGUS**

**Костылев И.А.**

**Научный руководитель Бородина Ю.В.**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

*Представлены результаты расчета пути и времени, необходимого для совершения обгона автомобилем LADA Largus.*

Целью данной работы является определение пути и времени обгона автомобиля LADA Largus.

Техническая характеристика представлена в таблице 1.

Обгон – самый опасный манёвр, и самые страшные аварии случаются именно при обгонах. Обгону посвящён целый раздел в правилах дорожного движения. Обгон — опережение одного или нескольких движущихся транспортных средств, связанное с выездом из занимаемой полосы. Обгоном не считается движение по соседним полосам с разной скоростью.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметры	Усл. обозн.	Ед. изм.	Знач. параметра
Максимальная мощность двигателя	$N_{e\ max}$	кВт	78
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	$n$	мин <sup>-1</sup>	5600
Передаточное число главной передачи	$u_T$	-	4,5
Радиус колеса	$r$	м	0,31
Снаряженная масса автомобиля, в т.ч.:			1269
приходящаяся на переднюю ось	$M_c$	кг	723
приходящаяся на заднюю ось			546
Полная масса автомобиля, в т.ч.:			1784
приходящаяся на переднюю ось	$M_{п1}$	кг	892
приходящаяся на заднюю ось			892
Габаритная длина автомобиля	$L_a$	м	4,470
Габаритная ширина автомобиля	$B_a$	м	1,750
Габаритная высота автомобиля	$H_a$	м	1,636
База автомобиля	$L$	м	2,905
Колея автомобиля	$B$	м	1,469
Передний свес	$C$	м	0,795
КПД трансмиссии	$\eta_{TP}$	-	0,85
Лобовая площадь	$F_a$	м <sup>2</sup>	2,38
Коэффициент сопротивления воздуха	$k_v$	Нс <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	0,42
Высота центра тяжести: с нагрузкой	$h_{ц1}$	м	0,5
без нагрузки			0,3

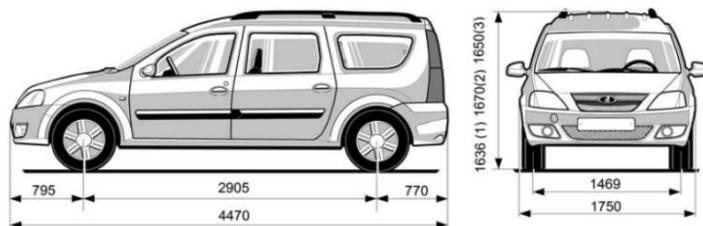


Рис. 1 – Схематичное изображение автомобиля LADA Largus

Для простоты расчетов время, затраченное на поперечное смещение обгоняющего автомобиля и переход его с одной полосы движения на другую, не учитывают, так как это время невелико по сравнению с общим временем обгона. Не учитывают и увеличение пути автомобиля, вызванное этим смещением.

В зависимости от условий движения на дороге обгон может совершаться либо с постоянной, либо с возрастающей скоростью.

Путь обгона вычисляется по формуле

$$S_{об1} = D_1 + D_2 + S_2 + L_1 + L_2$$

или

$$S_{об1} = v_{a1} \cdot t_{об1},$$

где  $S_{об1}$  – расстояние, необходимое для безопасного обгона (путь обгона) с постоянной скоростью, м;

$D_1$  и  $D_2$  – дистанции безопасности между обгоняющим и обгоняемым автомобилями в начале и конце обгона, м;

$L_1$  и  $L_2$  – габаритные длины обгоняющего и обгоняемого автомобилей, м.

$v_{a1}$  – скорость обгоняющего автомобиля, м/с;

Путь обгоняемого автомобиля вычисляется по формуле:

$$S_2 = v_{a2} \cdot t_{об1} = \frac{v_{a2} S_{об1}}{v_{a1}},$$

где  $S_2$  – путь обгоняемого автомобиля, м;

$t_{об1}$  – время обгона, с;

$v_{a2}$  – скорость обгоняемого автомобиля, м/с.

Отсюда следует

$$S_{об1} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_{a1} - v_{a2}} v_{a1},$$

а время обгона можно определить как

$$t_{об1} = \frac{S_{об1}}{v_{a1}} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{v_{a1} - v_{a2}}.$$

Первая дистанция безопасности может быть представлена в виде функции скорости обгоняющего автомобиля

$$D_1 = a_{об}v_{a1}^2 + 4,0$$

вторая – в виде функции скорости обгоняемого автомобиля

$$D_2 = b_{об}v_{a2}^2 + 4,0$$

где  $a_{об}$  и  $b_{об}$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа обгоняемого автомобиля (легковой, следовательно,  $a_{об} = 0,33$ ,  $b_{об} = 0,26$ ).

Скорость обгоняемого автомобиля 60 км/ч (16,67 м/с); обгоняющего – 80 км/ч (22,22 м/с).

$$D_1 = 0,33 \cdot 22,22^2 + 4,0 = 166,93 \text{ м},$$

$$D_2 = 0,26 \cdot 16,67^2 + 4,0 = 76,25 \text{ м},$$

$$t_{об1} = \frac{166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47}{22,22 - 16,67} = 45,4 \text{ с},$$

$$S_{об1} = \frac{166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47}{22,22 - 16,67} \cdot 22,22 = 1009,4 \text{ м},$$

$$S_2 = 16,67 \cdot 45,4 = 757,27 \text{ м},$$

$$S_{об1} = 166,93 + 76,25 + 757,27 + 4,47 + 4,47 = 1009,4 \text{ м},$$

$$S_{об1} = 22,22 \cdot 45,4 = 1009,4 \text{ м}.$$

Значения пути обгона, рассчитанные по трем формулам, совпадают, следовательно, расчеты верны.

Вторая дистанция безопасности короче первой, так как водитель обгоняющего автомобиля стремится быстрее возвратиться на свою полосу движения и иногда «срезает угол». Кроме того, скорость  $v_{a1}$  обгоняющего автомобиля больше скорости  $v_{a2}$  обгоняемого, поэтому, если в момент завершения обгона дистанция между автомобилями окажется короче допустимой, то она очень быстро увеличится.

Определяем минимальное расстояние  $S_{св1}$ , которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем в начале обгона

$$S_{\text{св}} = S_{\text{об1}} \left( \frac{v_{\text{а3}}}{v_{\text{а1}}} + 1 \right),$$

где  $v_{\text{а3}}$  – скорость встречного автомобиля, м/с.

Скорость встречного автомобиля принимаем  $v_{\text{а3}} = (1,0 \dots 1,2)v_{\text{а1}}$

$$v_{\text{а3}} = 1,05 \cdot 22,22 = 23,33 \text{ м/с}$$

$$S_{\text{св}} = 1009,4 \cdot \left( \frac{23,33}{22,22} + 1 \right) = 2069,26 \text{ м}.$$

При расчете пути и времени обгона обгоняющего автомобиля ускорение принимают близким к максимально возможному для данных дорожных условий. Путь обгона определяется по формуле:

$$S_{\text{об1}} = v_{\text{а2}} \cdot t_{\text{об1}} + \frac{j_3 t_{\text{об1}}^2}{2},$$

где  $j_3$  – замедление ТС, м/с<sup>2</sup> (с нагрузкой  $j_3 = 5,97$  м/с<sup>2</sup>, без нагрузки  $j_3 = 6,24$  м/с<sup>2</sup>).

При отсутствии встречного автомобиля путь обгона определяется следующим образом:

$$S_{\text{об1}} = D_1 + D_2 + L_1 + L_2 + v_{\text{а2}} \cdot t_{\text{об1}}.$$

Следовательно, формула по вычислению времени обгона будет иметь вид:

$$t_{\text{об1}} = \sqrt{\frac{2(D_1 + D_2 + L_1 + L_2)}{j_3}}.$$

Расчет для автомобиля с нагрузкой:

$$t_{\text{об1}} = \sqrt{\frac{2(166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47)}{5,97}} = 9,18 \text{ с},$$

$$S_{\text{об1}} = 166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47 + 16,67 \cdot 9,18 = 405,3 \text{ м},$$

$$S_{\text{об1}} = 16,67 \cdot 9,18 + \frac{5,97 \cdot 9,18^2}{2} = 153,19 + 252,11 = 405,3 \text{ м}.$$

Расчет для автомобиля без нагрузки:

$$t_{об1} = \sqrt{\frac{2(166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47)}{6,24}} = 8,99 \text{ с},$$

$$S_{об1} = 166,93 + 76,25 + 4,47 + 4,47 + 16,67 \cdot 8,99 = 401,9 \text{ м},$$

$$S_{об1} = 16,67 \cdot 8,99 + \frac{6,24 \cdot 8,99^2}{2} = 149,8 + 252,1 = 401,9 \text{ м}.$$

В данной работе был найден путь и время необходимое для совершения обгона автомобилем LADA Largus.

### **Библиографический список**

1. Боровский Б.Е. *Безопасность движения автомобильного транспорта*. – Л.: Лениздат, 2014. – 304 с.

2. Иванов, С.Е. *Организация и безопасность движения [Текст] : учеб.-метод. комплекс, информ. ресурсы дисциплины, учеб. пособие / С. Е. Иванов. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. – 202 с.*

3. Коноплянко, В. И. *Организация и безопасность дорожного движения [Текст] : учеб. для вузов / В. И. Коноплянко. – М. : Транспорт, 2011. – 182 с.*

4. Ройтман Б.А. и др. *Безопасность автомобиля в эксплуатации*. – М.: Транспорт, 2017. – 207 с.

УДК 622.276.652

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПЛАСТ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ**

**Олейников Ю.В.**

**Научный руководитель Зырин В.О.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Описан принцип работы системы управления тепловой обработки скважин. Предложен способ определения и борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями.*

Для поддержания уровня добычи на высоком уровне требуется применение современных методов и технологий. Один из

основных факторов, задающих тенденцию добычи, является увеличение доли трудноизвлекаемой нефти. Рост объемов трудноизвлекаемых запасов обусловлен физическими свойствами нефти, геологией пласта. Коэффициент нефтеотдачи в России ниже среднего и варьируется от 25 до 35 %.

На стадии эксплуатации месторождения приходится сталкиваться с рядом нежелательных факторов. Одним из таких факторов является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). Эта проблема существует более полувека, но ее актуальность сохраняется и на сегодняшний день [1].

Для повышения коэффициента нефтеотдачи на месторождениях с высоковязкой нефтью применяют третичные методы добычи, среди которых особого внимания заслуживают тепловые и газовые методы. В свою очередь, борьба с АСПО также может происходить с использованием тепловых методов (обработка паром, закачка горячей воды) [2].

Целью работы является разработка системы управления тепловой обработки скважины, которая будет осуществлять дистанционное управление закачкой теплоносителя в пласт, мониторинг параметров добычи, расчет и сигнализацию о наличии АСПО с последующей тепловой обработкой, сбор и архивирование данных. Система обеспечит снижение финансовых затрат на разработку месторождения и повышение коэффициента нефтеотдачи при эксплуатации месторождений.

Дебит скважины, вязкость и температура нефти в пласте являются основными параметрами системы. Влияние пластового давления и количество растворенного газа не учитывается.

Таблица 1 – Эмпирические коэффициенты для расчета вязкости

$\mu$ , мПа·с	$\mu \geq 1000$	$10 \leq \mu < 1000$	$\mu < 10$
$C$ , 1/мПа·с	10	100	1000
$a$ , 1/°C	$2,52 \cdot 10^{-3}$	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$0,76 \cdot 10^{-3}$

На основании одного известного экспериментального значения вязкости  $\mu_0$  при соответствующей температуре  $t_0$  определим значение вязкости при любой другой температуре:

$$\mu_t = \frac{1}{C} \cdot (C\mu_0)^x, \quad (1)$$

$$\chi = \frac{1}{1 + a(t - t_0) \cdot \lg(C\mu_{t_0})}, \quad (2)$$

где  $\mu_t$ ,  $\mu_{t_0}$  – динамическая вязкость нефти при температурах  $t$  и  $t_0$  соответственно, мПа·с;

$a$ ,  $C$  – эмпирические коэффициенты.

Необходимо отметить, что в данном примере рассматривается жесткий режим течения жидкости, т.е. дебит рассчитывается по формуле Дюпюи (3). Контроль дебита позволяет судить об уровне вязкости нефти и необходимости применения тепловой обработки.

$$Q(\mu) = \frac{2\pi kh}{\mu} \cdot \frac{(P_{пл} - P_з)}{\ln\left(\frac{r_k}{r_c}\right)}, \quad (3)$$

где  $P_{пл}$ ,  $P_з$  – пластовое и забойное давления нефти, МПа;

$r_k, r_c$  – радиус контура питания и скважины соответственно, м;

$k$  – проницаемость пласта, м;

$h$  – толщина пласта, м;

$\mu$  – динамическая вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с.

Чаще всего добыча высоковязкой нефти осуществляется при помощи погружных насосов, у которых КПД тесно взаимосвязан с подачей. Таким образом, система должна осуществлять контроль и регулирование дебита в диапазоне с высоким КПД [3].

Принцип работы системы управления заключается в следующем В скважину спускается система датчиков, осуществляющих мониторинг параметров нефти. Информация с датчиков поступает на микроконтроллер по оптическому кабелю, расположенному на поверхности. В память микроконтроллера закладываются требуемые данные и принимаются как эталонные. Система производит сравнение эталонных параметров с параметрами, которые поступили на микроконтроллер. Строится вязкостно-температурная характеристика и происходит подбор оптимальной функции изменения вязкости. Затем система производит регулировку скорости вращения электрического двигателя, который связан с погружным насосом. Скорость подбирается таким образом, чтобы значение дебита находилось в диапа-

зоне с высоким КПД. При помощи беспроводной технологии Zigbee сигналы с добывающих скважин поступают на общий сервер, а затем на диспетчерский пост.

Во время эксплуатации скважины возникают внешние факторы, оказывающие влияние на величину дебита, среди которых выделяют АСПО. Предлагаемый метод является косвенным методом определения АСПО.

Для его реализации необходимы следующие эксплуатационные параметры: температура в пласте, дебит скважины, динамическая вязкость нефти. На выход НКТ устанавливается датчик расхода для измерения текущего дебита скважины. В работе рассматриваются две причины его снижения – повышение вязкости нефти и уменьшение рабочего диаметра НКТ. Зная закон распределения температуры, можно спрогнозировать значение вязкости нефти.

На основании полученных данных строится «нормальный» прогнозируемый закон снижения дебита скважины (3). Если значение дебита скважины начинает снижаться, а вязкость находится в допустимых пределах (соответствует прогнозам), то можно судить о наличии АСПО, которые влияют на эксплуатационный диаметр НКТ.

Рассчитаем теоретическую зависимость дебита нефти от диаметра трубы:

$$Q_m = \frac{V}{t} = \frac{\pi d_m^2 l}{4t}, \quad (4)$$

где  $d_m$  – теоретический диаметр НКТ, м;

$t$  – время эксплуатации, ч;

$l$  – длина НКТ, м.

Тогда, зная фактический дебит скважины  $Q_\phi$ , можно рассчитать фактический диаметр  $d_\phi$  и толщину АСПО  $h_{АСПО}$ :

$$d_\phi = \sqrt{\frac{4Q_\phi t}{\pi l}}, \quad (5)$$

$$h_{АСПО} = \frac{d_m - d_\phi}{2}, \quad (6)$$

Для реализации данного метода определения АСПО основными этапами работы системы являются две проверки.

1. Сравнение  $Q_m(\mu)$  и  $Q_\phi(\mu)$ .

Рассмотрим дебит скважины в точке  $a$  на рисунке 1. В случае с прямой 1 фактический диаметр скважины соответствует теоретическому, чего нельзя сказать в случае с прямой 2, где диаметр уменьшился из-за образования АСПО. Видно, что при одной и той же вязкости происходит снижение дебита скважины.

2. Сравнение  $Q_m(d)$  и  $Q_\phi(d)$ .

Для того, чтобы судить о снижении дебита из-за наличия АСПО необходимо, чтобы в первой проверке выполнялось равенство  $Q_m(\mu) = Q_\phi(\mu)$ . Затем система осуществляет вторую проверку. Если полученные значения дебита  $Q_m(d)$  и  $Q_\phi(d)$  равны, то АСПО не оказывают влияния на дебит и существует иная причина его снижения. Но если в результате сравнения фактический дебит  $Q_\phi(d)$  ниже теоретического  $Q_m(d)$ , то можно судить о наличии АСПО, которые вызвали сужение рабочего диаметра НКТ.

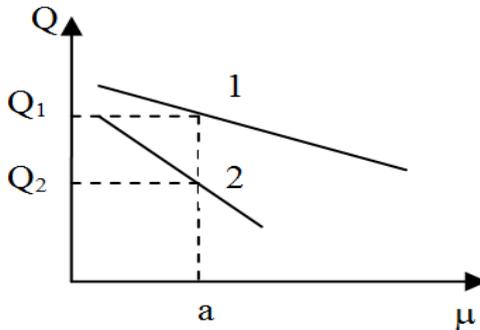


Рис. 1 – Упрощенная зависимость дебита скважины от вязкости при изменении диаметра трубы

Разработанный принцип управления является основой для создания интеллектуальной цифровой системы управления комплексом повышения нефтеотдачи, осуществляющей сбор и анализ информации о технологических параметрах при различных режимах работы и выработку управляющего воздействия, осуществление профилактики АСПО, регулирование системы заправки теплоносителя в пласт, т.е. происходит управление комплексом при помощи одного управляющего устройства. Предложенная система управления позволит повысить энергоэффективность, снизить затраты на прокладку кабеля, а также позволит вести управление скважиной в режиме реального времени. Рассматривается возможность управления группой скважин при помощи одного контроллера.

### **Библиографический список**

1. *Иванова, Л.В. Асфальтосмолопарафиновые отложения в процессах добычи, транспорта и хранения / Л.В. Иванова, Е.А. Буров, В.Н. Кошелев // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 1. – С. 268-284.*
2. *Рузин, Л.М. Разработка залежей высоковязких нефтей и битумов с применением тепловых методов: учебное пособие для вузов / Л.М. Рузин. Ухта: Изд. УГТУ, 2015. – 165 с.*
3. *Ивановский, В.Н. Скважинные насосные установки для добычи нефти. / В.Н. Ивановский. М.: Изд. «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – 824 с.*

УДК: 622.363.2:658.562.4

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОБЫЧНОГО ЗАБОЯ. УЧЁТ И ПРОГНОЗ ОБЪЁМОВ РУДЫ**

**Пашкевич В.Ю., Дамарад П. А., Морозов Е.А.**

**Научный руководитель Гец А.К.**

*Белорусский национальный технический университет*

*В статье рассмотрено имитационное моделирование добычного процесса в лаве на основе метода вентильного преобразования ресурсов. Показана и описана модель работы очистного забоя при валовой выемке калийной руды по односторонней схеме с зарубкой «косым заездом».*

Имитационное моделирование (ИМ) – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с доста-

точной точностью, описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе. Это удобный инструмент для анализа: он нагляден, прост для понимания и проверки.

Многие процессы, происходящие на производстве, можно описать при помощи имитационного моделирования. В нашем случае описывается имитационное моделирование технологического процесса очистной валовой выемки калийной руды однокомбайновой лавой по односторонней схеме методом вентиляльных преобразований ресурсов.

Процесс добычи полезного ископаемого (ПИ) представляет собой совокупность основных и вспомогательных операций, начиная от выемки ПИ из массива горных пород, заканчивая выдачей его на поверхность. При выполнении очистных работ примерами операций могут быть: выемка, перегон комбайна, зарубка, передвижка конвейера, крепи и др., взаимосвязь которых отражает динамику функционирования отдельного процесса во времени и пространстве.

В соответствии с конкретными горно-геологическими и горно-техническими условиями, могут применяться различные технологические схемы очистной выемки: с разделением пластов на слои (слоевая выемка) с общей и отдельной подготовкой слоевых лав и без разделения на слои (валовая, селективная).

Для более наглядного представления причинных связей и существенного влияния одних параметров на другие, используется метод вентиляльного преобразования ресурсов. Имитационная модель, построенная на основе концепции вентиляльного преобразования ресурсов, представляет собой отображение объективно существующих закономерностей преобразования ресурсов определенной системы (процесса, подпроцесса, операции). Модель служит для определения количественных характеристик материальных или информационных потоков, связывающих между собой отдельные процессы, подпроцессы и операции.

В имитационной модели вентилями (рис. 1) служат основные операции, выполняемые комбайном в процессе добычного цикла. Вентиль состоит из 4 секторов, из которых 2 сектора имеют числовую характеристику, это его номер и производительность (интенсивность преобразований), записанные в секторах 1 и 3 соответственно. Сектора 2 и 4 обозначены как вход и выход вентиля.

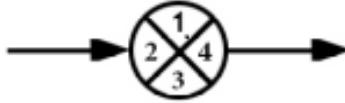


Рис. 1 – Вентиль

Между вентилями в схеме располагаются накопители (рис. 2), которые представлены прямоугольником, разбитым на 5 условных ячеек.

Первая ячейка это – наименование характеристического признака для перехода к вентилю, в ней записываются основные данные для перехода от одного вентиля к другому. Каждый  $k(j)$ -й накопитель характеризует определенную фазу преобразования ресурсов и имеет минимальную, максимальную и текущую емкость, которая обозначается через  $Z_k$ ,  $\hat{Z}_k$  и  $Z_k(t)$  соответственно, где  $k$  – номер накопителя или индекс ресурса.

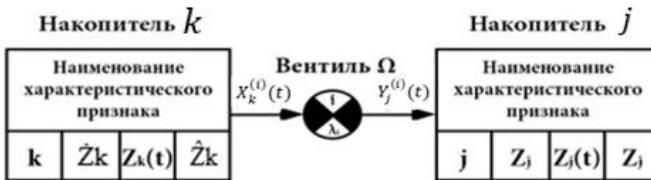


Рис. 2 – Условное графическое изображение накопителей

В статье представлена схема (рис. 3), на которой показано осуществление односторонней валовой выемки с зарубкой «ко-сым заездом».

При описании имитационной модели можно выделить 2 цикла основной и вспомогательный. Основной цикл включает в себя только те операции, из которых формируется материальный поток (руда), примером таких операций могут быть: зарубка, выемка, отгон с подбором просыпи руды. Вспомогательный цикл состоит из таких операций как: передвижка крепи, передвижка конвейера и т.д.

Валовая выемка – один из способов добычи полезного ископаемого на такую мощность пласта, жилы, которую обеспечивают параметры очистного оборудования, т.е. отбойка ПИ идет без выделения отдельных слоев руды в массиве ПИ.



Очистной цикл для данной односторонней схемы состоит из следующих операций:

- 1) выемка;
- 2) вырубка на КШЛ в два приёма. Для упрощения схемы, два приема вырубki были объединены в одну операцию - вентиль с увеличением времени выполнения операции (вырубка-отгон-вырубка);
- 3) отгон комбайна на ТШЛ с зачисткой почвы забоя с одновременной передвижкой за комбайном забойного конвейера;
- 4) зарубка «косым заездом» в два приёма.

Далее очистной цикл повторяется.

Для настройки имитационной модели (задания числовых значений вентилей и накопителей), используют массив параметров забоя (МПЗ).

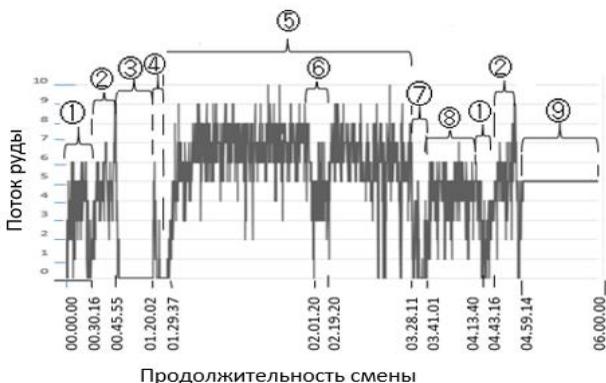


Рис. 4 – Анализ графика (тренда) на основе массива параметров забоя и паспорта лавы

1 – зарубка «косым заездом» (I-я часть); 2 – концевые операции по снятию уступа (опускание режущего для снятия уступа, снятие уступа, отгон, зачистка отбитой руды) + подрубка кровли; 3 – замена зубков, проверка и заливка при необходимости смазки + организационная пауза;

4 – зарубка “косым заездом” (II-я часть); 5 – выемка;

6 – проходжение вспомогательного вентиляционного штрека;

7 – концевые операции (вырубка на ТШЛ); 8 – отгон комбайна с подбором руды; далее цикл повторяется; 9 – организационный момент, конец смены, конвейер выключен, УЗ работает.

Массив параметров забоя – массив данных, в котором описаны все необходимые для имитационной модели операции и приведены их числовые значения. На выходе модели, то есть по мере прохода одного цикла, будет формироваться массив возможностей забоя (МВЗ).

Поток руды из забоя поступает на скребковый забойный конвейер, далее на скребковый панельный конвейер и из него на ленточный штрековый конвейер, на котором в месте перегрузки на магистральный ленточный конвейер, установлен ультразвуковой датчик (УЗ), регистрирующий уровень потока руды из забоя лавы.

Поток руды, регистрируемый отображается в виде графика (тренда) (рис.4), сопоставив который с паспортом и МПЗ лавы можно разделить на операции добычного цикла в лаве. В дальнейшем, методом обратного пересчёта, возможно спрогнозировать, с высокой вероятностью, объём руды, поступающей из забоя лавы на смену, сутки и др. периоды времени.

#### **Библиографический список**

1. Гец А.К. *К вопросу управления качеством руды на калийном руднике / А.К.Гец, С.Г.Оника // Горная механика и машиностроение. – 2016. – № 1, – С. 27 – 30.*
2. Гец А.К. *Организация оперативного управления горными работами в условиях калийного рудника п/о «Беларуськалий»: автореф. дис. ... канд.техн.наук: 08.00.05 / А.К. Гец, Московский горный институт. – М., 1978. – 18 с.*
3. Акопов, А.С. *Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / М.: Издательство Юрайт, 2014. – 389 с.*

УДК 629.114

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ**

**Терещенко А.Ю.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Выполнен сравнительный анализ работы двух карьерных самосвалов грузоподъемностью 180 тонн по основным эксплуатационным показателям: по степени загрузки горной породой, по времени прохождения*

*отдельных циклов рейса, по скорости движения в течение одного рейса, а также по удельному расходу топлива.*

Значительный объем горных работ, а также большие энергозатраты на добычу и переработку горных пород требуют применения в технологических процессах современных высокопроизводительных и энергоэффективных машин.

Во всем мире на карьерах для транспортирования горной массы широко применяются большегрузные самосвалы, ведущими производителями которых являются фирмы Caterpillar, Komatsu, Volvo, а также «Белорусский автомобильный завод» (БелАЗ). Авторами выполнен комплексный анализ данных сервисного мониторинга двух самосвалов 75180 (Рис. 1).



Рис. 1 – Общий вид карьерного самосвала БелАЗ 75180

Основные технические параметры машины представлены в таблице 1. Результаты сравнительного анализа работы двух самосвалов 75180 в карьере представлены в таблицах 2 – 6.

Таблица 1 – Основные технические параметры карьерного самосвала БелАЗ 75180

№ п/п	Наименование параметра	Един. измер.	Значение параметра
1.	Масса эксплуатационная	кг	140 000
2.	Грузоподъемность	кг	180
3.	Емкость кузовов: 1. геометрическая 2. Номинальная (с шапкой)	М куб.	78.5 108.5
4.	Мощность двигателя	кВт	2027
5.	Удельный расход топлива	г/кВт*ч	199
6.	Емкость бака	л	2300
7.	Скорость движения, max	км/ч	60
8.	Тип трансмиссии	электромеханическая	
9.	Колесная формула	6 x 4	

Таблица 2 – Общие результаты анализа данных сервисного мониторинга двух самосвалов 75180

№ п/п	Параметр	Един. измер.	Номер машины	
			8	16
1	Календарный период времени	дата	23.11.2018 – 11.01.2019	22.12.2018– 06.02.2019
2	Суммарное время работы машины	часы	770	525
3	Общая масса перевезенного груза	тыс.т	178,6	140,0
4	Количество рейсов (выборки)	шт	1066	857
5.1	Общий пройденный путь, в т. ч.:	км	9194,4	6921,3
5.2	- порожний	км	4740,8	3518,2
5.3	- гружёный	км	4453,6	3403,1
6	Общий расход топлива	л	53392	39529
7	Общее количество дозаправок	шт	37	30
8	Средняя ёмкость одной дозаправки	л	1424	1313
9.1	Удельный расход топлива	л/(т*км)	$3,25 \cdot 10^{-5}$	$4,08 \cdot 10^{-5}$
9.2	Удельный расход топлива	л/т	0,299	0,282
10	Среднее плечо рейса груз./ порожн.	км	4,2 / 4,5	4,0 / 4,1
11	Средняя продолжительность рейса	мин	41,1	37,9
12	Количество рейсов с недопустимой перегрузкой (>196т):	шт	106	43
12.1	- максимально перевозимый груз	т	238,*(261)	223
13	Кол-во случаев перегрузки	шт	310	181
14	Скорость движения в гружёном / порожнем состоянии	км/ч	14,82 / 15,20	15,88/14,35

Таблица 3 – Анализ работы машин по степени загрузки горной породой



Таблица 4 – Анализ работы машин по времени прохождения отдельных циклов рейса



Таблица 5 – Анализ работы машин по скорости движения в течение одного рейса

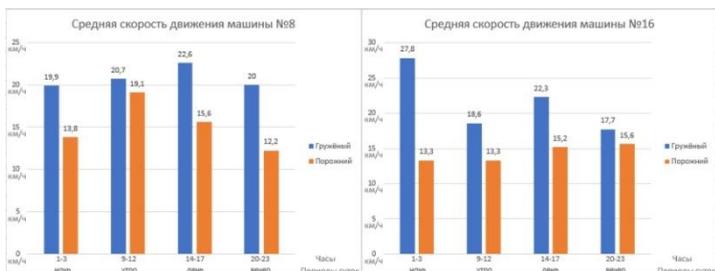
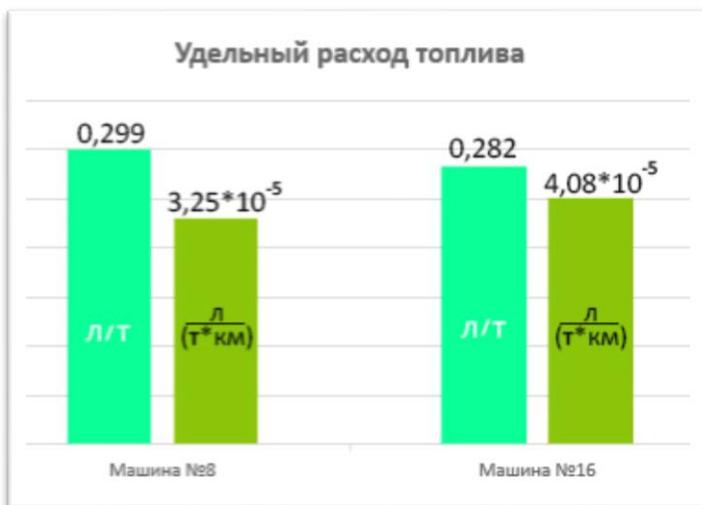


Таблица 6 – Анализ работы машин по удельному расходу топлива



### Выводы

1. Машины эксплуатируются с допустимым перегрузом горной породой в 15-19 % рейсов, а с недопустимым – 5 – 10 %.
2. Средние скорости движения самосвалов по трассе: порожнего в карьер – 12–19 км/ч; груженого из карьера – 17 – 28 км/ч.
3. Удельный расход топлива составляет 0,28 – 0,30 л/т.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕДУКТОРА МОТОР-КОЛЕСА БОЛЬШЕГРУЗНОГО КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА**

**Терещенко А.Ю., Любимов А.А.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрены способы организации диагностики редуктора мотор-колеса большегрузного карьерного самосвала. Предложена схема РМК, оборудованного автономной системой «климат-контроль» с одновременной диагностикой по изменению интенсивности нагрева масла.*

Объект исследования – редуктор мотор-колеса (РМК) карьерного самосвала БелАЗ 75180 грузоподъемностью 180 т.:

- тяговый электродвигатель ТАД 5;
- мощность, кВт – 610;
- редуктор электромотор-колеса – двухрядный, замкнутый дифференциал с прямыми зубчатыми цилиндрическими шестернями;
- передаточное число = 38,67.

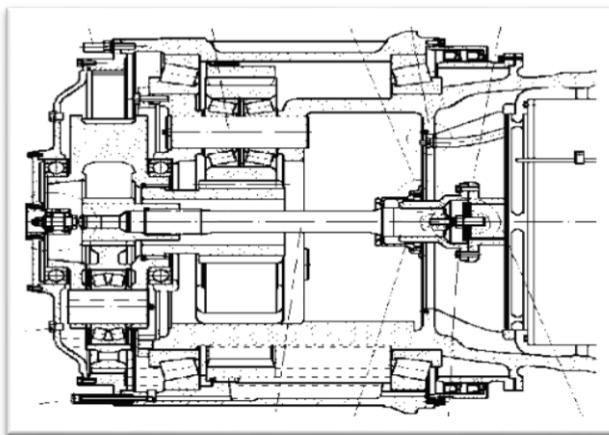


Рис. 1 – редуктор мотор-колеса  
карьерного самосвала БелАЗ 75180

В процессе эксплуатации бортовые редукторы мотор-колес самосвалов БелАЗ с электромеханической трансмиссией подвержены необратимым процессам изнашивания зубьев шестерен и шлицев. Это ведет к изменению их геометрических размеров. В настоящее время условия эксплуатации и техническое обслуживание машин не предусматривают мероприятий по контролю общего состояния механической части бортового редуктора.

Результаты анализа различных вариантов диагностики редукторов трансмиссий машин показывают, что в качестве основных параметров при диагностике можно использовать следующие: температура (масла, корпуса), шум, вибрация, качество рабочей жидкости в картере, мониторинг состояния рабочих поверхностей основных элементов редуктора при разборке. При этом эффективными могут быть следующие способы диагностики: тепловизор, стендовые испытания агрегатов, контроль параметров работающего масла, диагностика параметров суммарных угловых люфтов и шлицевых соединений, спектрально-акустический метод контроля корпусов ступиц, контроль за износом подшипника при ТО.

Тяжелые условия работы карьерных самосвалов предъявляют повышенные требования к используемым при эксплуатации горюче-смазочным материалам. Масло является наиболее эффективным, гибким, изменяемым и контролируемым элементом и накопителем информационных признаков состояния техники и ее систем. Состояние масла, уровень его параметров изменяются значительно быстрее, чем наступает отказ техники. Это обосновывается тем, что в условиях развития предотказного состояния резко повышается содержание продуктов износа и, как следствие, увеличивается температура. В связи с этим считается целесообразным использование температуры в качестве индикатора состояния системы. Температура нагрева масла имеет большое значение при эксплуатации редуктора, т.к. при повышенных температурах трансмиссионное масло теряет свои смазывающие свойства. Вследствие этого, происходит повышенный износ шестерен и подшипников редуктора.

Для поддержания рабочей температуры масла в эксплуатационном диапазоне в редукторе предлагаем оснастить механизм активной системой охлаждения корпуса, в качестве которого выступает неподвижная опорная ступица. Для этого по цилиндрической поверхности корпуса выполняется спиралевидный канал (трубка). В результате циркуляции охлаждающей жидкости от

активной системы подачи машины будет происходить управляемый теплообмен через неподвижный корпус (ступицу) с активным воздействием на масло в редукторе.

На основании вышеизложенного для повышения эффективности эксплуатации РМК предлагаем следующие мероприятия:

1. Оборудовать РМК автономной системой «климат-контроль» с одновременной диагностикой по изменению интенсивности нагрева масла (рис. 2);

2. Оборудовать редукторы мотор-колес гидравлической системой для периодической очистки масла из картеров РМК при статическом положении машины, т. е. методом отсоса его из картера, очистки от продуктов износа деталей в центрифуге с возвратом очищенного масла в картер. (Следует отметить, что если проводить это в движении машины, то может происходить кавитация масла в системе, что недопустимо).

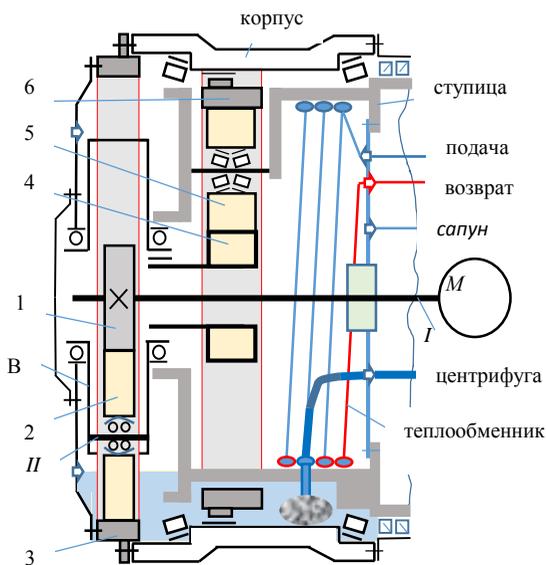


Рис. 2 – Схема РМК, оборудованного автономной системой «климат-контроль» с одновременной диагностикой по изменению интенсивности нагрева масла

УДК 622.271.332

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ GOLDEN SOFTWARE SURFER**

**Пинчук А.Д., Козенкова А.С., Кедрон К.В.**

**Научный руководитель Нарыжнова Е.Ю.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрена общая информация о трехмерном моделировании месторождений полезных ископаемых с помощью геоинформационной системы Golden Software Surfer*

Планирование горных работ связано со значительным объемом вычислений площадей и объемов горных работ, выполнение которых традиционными методами трудоемко и неэффективно. Для решения вопросов планирования горных работ в современных геоинформационных системах создаются геологические модели. Для их создания используют информацию о залегающих месторождений, получаемую при бурении разведочных выработок. Подсчет запасов полезного ископаемого производится на основе создаваемых в ГИС Surfer так называемых сеточных файлов кровли и почвы залежи полезного ископаемого. Сеточные файлы создаются из экспериментальных данных, которые описывают поверхность тремя измерениями  $(x, y, z)$ . В узловых точках сети с помощью математических методов вычисляются значения функции поверхности.

Пакет Surfer работает в двух режимах: «Plot Document» и «Worksheet». Режим «Worksheet» позволяет вводить, редактировать и делать различные арифметические преобразования над исходными данными, а режим «Plot Document» – получать сеточные цифровые модели геологических полей, визуализировать их и выполнять различные преобразования цифровых моделей.

После запуска программы Surfer по команде «File-New» в окне «New» предоставляется возможность выбора одного из двух режимов. В процессе работы ПК Surfer можно открыть несколько окон в обоих режимах, что позволяет быстро переходить из Worksheet в Plot Document и наоборот.

При вычислении значений функции поверхности используются геостатистические методы. Наиболее распространенным методом

моделирования функций пространственно распределенных данных являются метод Криге (Kriging – метод).

Для построения карты основы необходимо из программы AutoCAD импортировать исходное месторождение в геоинформационную систему Surfer. Для этого необходимо, при сохранении файла в программе AutoCAD, указать тип файла DXF. Затем запустить Surfer и открыть сохраненный файл. В рабочей зоне появиться изображение месторождения (рис. 1).

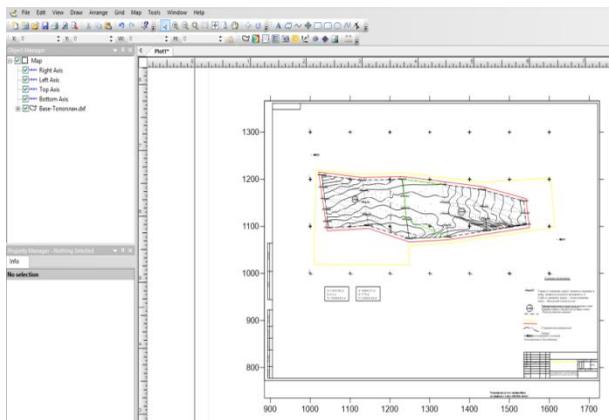


Рис. 1 – Исходное месторождение

Для сбора данных и дальнейшего построения карты-основы необходимо выполнить оцифровку карты. Для этого выполняем следующие действия: «Map→digitize», при помощи появившегося курсора оцифровываются все скважины, расположенные на исходном месторождении. В результате создается карта исходных данных (Post Map) (рис. 2).

Следующим шагом создается сеточный файл. Построение сеточного файла представляет собой интерполяцию (экстраполяцию) значений исходных точек данных на равномерно распределенные узлы в области, которая исследуется. Чтобы указать необходимый метод нужно выполнить следующие операции: «GRID→DATA». В результате появиться окно со свойствами, в котором в графе *Gridding Method* выбирается нужный метод.

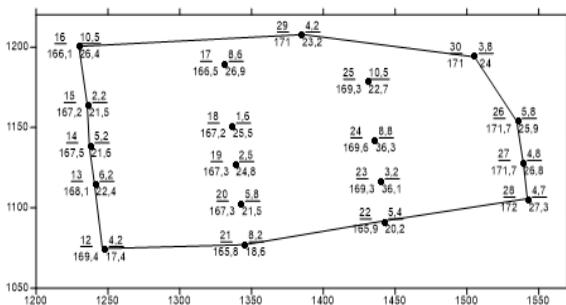


Рис. 2 – Фрагмент карты исходных данных

Далее проверяется соответствие значений  $X$  и  $Y$ , а для значения  $Z$  – выбирается необходимое значение для построения, т.е. абсолютную отметку, отметка кровли либо дна карьера. Выполнив все действия, получаем необходимые сеточные файлы для дальнейшей работы.

После создания сеточного файла можно приступить к непосредственному моделированию месторождения. На его основе создаются карты изолиний (рис. 3), векторные, карты теневое рельефа, каркасные (рис. 4) и объемные поверхности, а также рассчитывается объемы заданных областей.

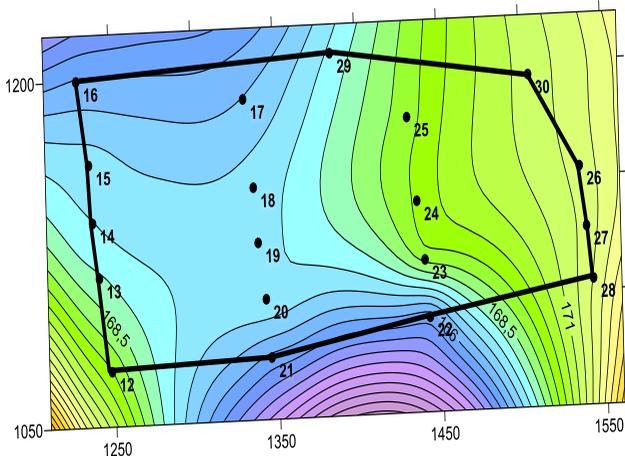


Рис. 3 – Карта изолиний поверхности

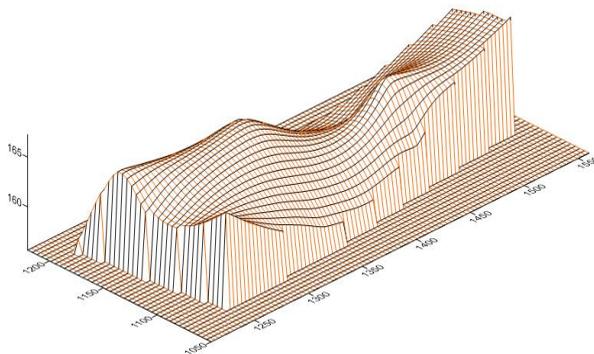


Рис. 4 – Каркасная карта

Данный программный комплекс вычисляет объемы трехмерных тел, ограниченных верхней и нижней поверхностями. Каждая из этих поверхностей может быть либо горизонтальной плоскостью, либо сеточной функцией, определяемым сеточным [GRD]файлом. Если обе поверхности определяются сеточными файлами, то эти файлы должны одинаковые диапазоны изменения X,Y-координат и одинаковый размер( т.е. одно и тоже число строк и столбцов).

По результатам вычислений составляется сводный отчет, в котором приводятся сведения об объемах, а также о площадях плоских областей поверхностей.

#### **Библиографический список**

1. Силкин, К.Ю. *Геоинформационная система Golden Software Surfer 8* / К.Ю. Силкин. – издательско-полиграфический центр воронежского государственного университета, 2008. – 66 с.
2. Иванова И.А. *Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология»* / И.А. Иванова, В.А. Чеканцев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ  
МЕХАНИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
И ПРОГРАММНОГО РАСЧЕТА  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКВАЖИНЫ**

**Садыков М.И., Досенко М.А., Яворская А.А.**  
**Научные руководители Блинов П.А., Цыгельнюк Е.Ю.**  
*Санкт-Петербургский горный университет*

*При бурении скважин, особенно разведочных, одним из наиболее часто встречающихся видов осложнений является проблема устойчивости стенок скважины при бурении интервалов неустойчивых и проницаемых горных пород [1, 2]. Одним из способов решения данной проблемы является создание изоляционных составов на основе водонабухающих полимеров и/или применение буровых растворов, в состав которых введены добавки, увеличивающие устойчивость стенок скважины.*

Авторское исследование устойчивости стенок скважины при бурении наклонно-направленных скважин в проницаемых и неустойчивых горных породах опираются на оценку действия фильтра бурового раствора и водонабухающих полимеров (ВНП). В качестве буровых растворов авторами рассматриваются различные растворы, как на водной основе, так и на безводной основе. В работах, как правило, оценивается действие компонентов бурового раствора, обладающих вяжущей способностью.

Актуальность данной работы заключается в изучении действия водонабухающего полимера и буровых растворов на устойчивость стенок скважины. Испытания на определение устойчивости стенок скважины проводятся на устройстве одноплоскостного среза. Целью работы является повышение эффективности бурения наклонно-направленных скважин в интервалах залегания неустойчивых и проницаемых горных пород в условиях репрессии на пласт.

Лицензионный блок находится в восточной части Северного моря в 40 км от Нидерландов. Скважина бурится на шельфе с платформы, поэтому необходимо проектировать траекторию в программном обеспечении Landmark таким образом, чтобы из одной точки привязки максимально изучить интересующую залежь. Траектория прокладывается так, чтобы скважина не затрагивала ближайшие продуктивные скважины, при этом попадая в резервуар с условным номером 22. Скважина проходит через

зону осложнений (1590 – 2489 метров), таких как: обрушение стенок скважины, зоны слабосцементированных песчаников, трещиноватых ангидритов, а также пропластков глины.

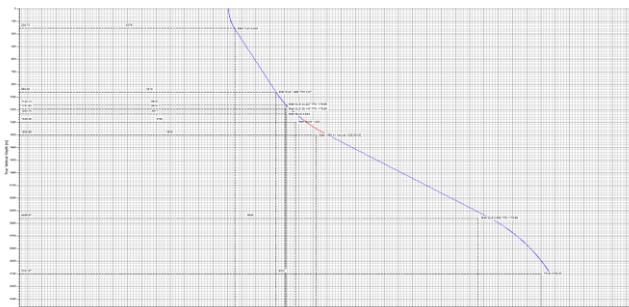


Рис. 1 – Результаты проектирования нового профиля с увеличенным отходом

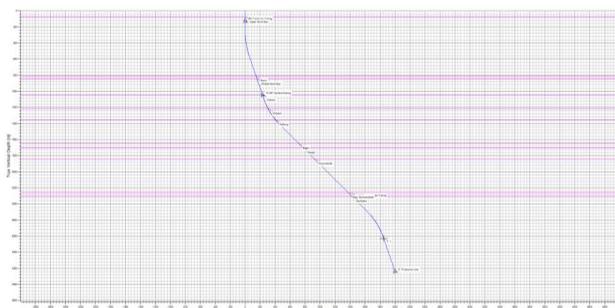


Рис. 2 – Исходный профиль бурения

Наклонная секция спроектирована таким образом, чтобы не задеть резервуар с условным номером 32, принадлежащий другому недропользователю, который может быть потенциальной угрозой для бурения в случае вскрытия зоны слабосцементированных песчаников.

#### **Результаты испытаний моделей горной породы и расчет коэффициента запаса прочности стенки скважины.**

Испытание составов происходило на модели проницаемой горной породы влажностью 18 % – 20 %.

Используемые составы буровых растворов для модели №1:

1 состав: Вода + Мел ( $\text{CaCO}_3$ ) 50 мкм; 2 состав: Вода + Жидкое стекло 5 %; 4 состав: Вода + Мел + Комета-Метеор 3 %; 5 состав: Вода + Ксантановая смола 5 %.

Таблица 1 – Результаты испытаний и рассчитанный коэффициент запаса прочности

Образец	Контр. образец ГП (влажность 18%-20 %)	Вода + $\text{CaCO}_3$ (50 мкм)	Вода + 5 % жидкое стекло	Вода + 5 % латекс	Вода + $\text{CaCO}_3$ (50 мкм) + КМ-ПВР 3 %	Вода + ксантановая смола 5 %
С, кПа	27,43	15,9	14,47	24,19	14,01	31
$\rho$ , град	27,57	30,22	32,93	27,45	33,58	39,7
Зенитный угол, $\theta$	К <sub>зап</sub> – коэффициент запаса прочности					
60°	0,942	1,051	1,172	0,937	1,202	1,536
75°	0,816	0,907	1,007	0,812	1,032	1,306
90°	0,779	0,864	0,958	0,775	0,982	1,238

С – сцепление горной породы;  $\rho$  – угол внутреннего трения.

Используемые составы ВУС (вязко-упругий состав) для модели №2:

1 состав: Вода+ВНП 5 %; 2 состав: Полиэконол-Флора+ВНП 5 %; 3 состав: Вода +РНРА 5 %; 4 состав: DrillLine2+ВНП 5 %.

Таблица 2 – Результаты испытаний и рассчитанный коэффициент запаса прочности

Образец	Контрольный образец ГП (влажность 18 %-20%)	Вода + ВНП 5 %	Полиэконол-Флора + ВНП 5 %	Вода + 5 % ВНП (12 часовой отстой в эксикаторе)	Вода + РНРА 5 %
С, кПа	4	11	3	14	3
$\rho$ , град	22	25	30	31	38
Зенитный угол, $\theta$	К <sub>зап</sub> – коэффициент запаса прочности				
60°	0,92	1,01	1,041	1,084	1,434
75°	0,798	0,891	0,899	0,935	1,223
90°	0,762	0,820	0,857	0,891	1,16

С – сцепление горной породы;  $\rho$  – угол внутреннего трения

### Методика расчета устойчивости стенок скважины

К главным вопросам при решении задачи расчета устойчивости стенки ствола скважины относится правильный выбор геомеханической модели горного массива. Для глинистых и слабых слоистых пород наиболее подходящей является упругопластическая трансверсально-изотропная среда с критерием разрушения Кулона – Мора.

Несущая способность горных пород обусловлена в основном сопротивлением сдвигу и отрыву. Критическую величину сопротивления сдвигу в среде, которую в среднем считают однородной по всем направлениям, на данной ориентированной площадке, т.е. критерий местного разрушения, представляют обычно в виде  $\tau \leq [\tau]$ , где  $[\tau]$  – предел прочности,

$$[\tau] = k - \sigma_n \operatorname{tg} \rho, \quad (1)$$

где  $\sigma_n$  – нормальное напряжение на площадке,

$k$  – величина сцепления горной породы;

$\rho$  – угол трения прочностными характеристиками породы.

Абсолютная величина касательных напряжений в плоскости ослаблений (горизонтальной плоскости) может быть вычислена путем преобразования компонент тензора напряжений к системе координат, связанной с плоскостью напластования следующим образом

$$\tau = -(q + p_c) \sin \theta \sqrt{1 - \cos^2 2\varphi \sin^2 \theta}. \quad (2)$$

Сжимающие напряжения, нормальные к плоскости напластования, будут:

$$\sigma_n = q - (q + p_c) \cos 2\varphi \sin^2 \theta. \quad (3)$$

Следовательно, наиболее опасными точками контура будут те точки, для которых раньше всего выполняется условие  $\tau = [\tau]$ , где  $[\tau]$  определяется соотношением (1). В этих точках комбинация

$$Q(\theta, \varphi) = \tau + \sigma_n \operatorname{tg} \rho = \max \quad (4)$$

будет максимальной. Для нахождения данного локального максимума по  $\varphi$  необходимо подставить выражения (2), (3) в (4), продифференцировать по  $\varphi$ , приравнять результат дифференци-

рования к нулю и решить полученное уравнение относительно  $\varphi$ . Результат получается неочевидным. Величина критического угла  $\varphi$ , условие разрушения даются следующими формулами:

$$\varphi = 0, \text{ для } 0 \leq \theta < \rho, \quad (5)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \arccos \left[ \frac{\sin \rho}{\sin \theta} \right], \quad (6)$$

для  $\rho \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ .

Величины действующих в стенке максимальных касательных  $\tau_{max}$  и нормальных  $\sigma$  напряжений зависят от значительного числа факторов, а поэтому для удобства принятия решения предлагается рассчитывать запас прочности  $n$  в рассматриваемой точке стенки скважины по формуле:

$$n = \frac{[\tau]}{\tau_{max}}. \quad (7)$$

Проверка возможности использовать величину запаса прочности в качестве обобщенной характеристики напряженного состояния породы, слагающей стенку скважины, проведена по экспериментальным данным, опубликованным Н.С. Тимофеевым и др. [4].

В результате данных вычислений можно наблюдать динамику изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) и запас прочности породы в рассматриваемой точке скважины в зависимости от состава бурового раствора и зенитного угла. Данная методика позволяет не только определить опасные сечения скважины, но и влияние того или иного реагента на устойчивость ствола. В перспективе, с помощью этой методики определения устойчивости возможна оптимизация профиля скважины, исключая протяженные интервалы опасных зенитных углов.

#### **Выводы:**

1. При исследовании буровых растворов наилучшие результаты по упрочнению стенок скважины показал буровой раствор на основе воды и ксантановой смолы. Ксантановая смола увеличивает, как сцепление горной породы, так и угол внутреннего трения, что благоприятно сказывается на устойчивости стенок скважины.

2. Состав ВВП на водной основе при малом времени на раскрытие увеличивает сцепление горной породы, но понижает угол внутреннего трения. При 12 часовой выдержке состава увеличивается, как сцепление, так и угол внутреннего трения, что позволяет сказать об увеличении коэффициента устойчивости.

3. Состав ВВП в растворе на углеводородной основе (Полиэконал-Флора) показал свою эффективность, увеличив коэффициент устойчивости, при снижении сцепления и увеличения угла внутреннего трения.

4. Наилучшие результаты показал ВУС на основе РНРА, увеличив коэффициент устойчивости в опасных точках на 50 % – 60 % (коэффициент запаса при зенитном угле 70 – 90 градусов).

5. По результатам расчета коэффициента запаса прочности стенок скважины, исходя из действия фильтра, как раствора, так и ВВП, можно сделать вывод, что с помощью применения специальных технологических жидкостей, действительно, возможно упрочнить ствол скважины, что ведет к повышению эффективности наклонно-направленного бурения.

### **Библиографический список**

1. *Бабаян Э.В. Конструкция нефтяных и газовых скважин. Осложнения и их преодоление: Учебное пособие – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 252 с.*

2. *Кореняко А.В., Петров Н.А., Давыдова И.Н., Комлева С.Ф. Исследование водонабухающего полимера с целью расширения области применения реагента [Электронный ресурс]// Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2007. 16 с. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/PetrovNA/PetrovNA\\_8.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/PetrovNA/PetrovNA_8.pdf)*

3. *Николаев Н.И. Буровые промывочные жидкости: Учеб. пособие / Н.И. Николаев, Ю.А. Нифтонов, П.А. Блинов. – Санкт-Петербург: СПГУ, 2002. – 103 с.*

4. *Киреев А.М. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин: Монография /А.М. Киреев, В.С. Войтенко. – Тюмень, 2006. – Т. 1. – 280 с; Т. 2. – 286 с.*

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ  
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОТРАБОТКЕ  
ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ПОДЗЕМНОГО  
РУДНИКА ПАО «ГАЙСКИЙ ГОК»**

**Скворцов М.В.**

**Научный руководитель Красавин А.В.**

*Технический университет УГМК, г. Верхняя Пышма*

*Подземная разработка месторождений полезных ископаемых предусматривает работы по вскрытию, подготовке, выемке сырья. Этот комплекс процессов основан на разрушении горного массива. Буровзрывной способ остается основным для отбойки руд крепких и средней крепости. Его эффективность, помимо свойств пород, зависит от типа взрывчатого вещества (ВВ). Перспективной альтернативой классическим ВВ является применение эмульсионного ВВ.*

Разнообразие условий ведения взрывных работ в промышленности с целью разрушения горных массивов определяет необходимость поиска наиболее эффективных типов ВВ.

Для повышения эффективности взрывных работ необходима точная оценка результатов ранее проведенных взрывов и проектирование параметров буровзрывных работ на основе имеющихся ВВ. Выбор ВВ должен осуществляться по результатам технико-экономического анализа.

На основании результатов отбойки руды гайского месторождения проводился анализ особенностей применения эмульсионных ВВ типа «Сабтэк».

Гайский ГОК построен на базе крупнейшего медно-колчеданного месторождения и занимается добычей руд и их обогащением. Это самое крупное предприятие сырьевого комплекса Уральской горно-металлургической компании.

Месторождение вскрыто девятью вертикальными стволами. Для отработки Гайского месторождения применяется этажно-камерная система разработки с твердеющей закладкой. Ширина камер составляет 20 м, длина камер обычно равна мощности рудного тела и достигает 70 – 80 м и более, высота камер – 80 м. В настоящее время ведутся работы по отработке запасов в этажах 990 – 1310 м.

С увеличением глубины разработки Гайского медно-колчеданного месторождения меняется минеральный состав, тип

руд, физико-механические свойства руд и пород, увеличивается объём сплошных сульфидных руд. Сплошные колчеданные руды в своём составе содержат свыше 35 % пиритной серы. Сера является одним из сульфидных минералов, склонных к окислению, которое сопровождается выделением тепла.

В случае разогрева рудного массива, для предупреждения самопроизвольных загораний и взрывов ЭВВ необходимо применение особых мероприятий или использование специальных ЭВВ, предназначенных для производства взрывных работ в сульфидных рудах.

Одним из таких специальных ЭВВ является эмульсионное взрывчатое вещество (ЭВВ).

ЭВВ изготавливаются путем обработки горячего раствора селитры (смеси аммиачной, кальциевой или натриевой селитры) при температуре 80 °С с добавкой эмульгатора в аппарате эмульгирования, за счет чего образуется обратная эмульсия. При этом раствор селитры диспергируется до капель микронного размера, которые обволакиваются пленкой масла, за счет чего обратная эмульсия становится абсолютно водоустойчивой сметанообразной консистенции.

Для активации эмульсии (матрицы) в нее добавляют газогенерирующую добавку (ГГД) или пористые материалы (стеклянные или полимерные полые микросферы, перлит).

ГГД предназначена для химической газогенерации (сенсibiliзации) промышленных эмульсионных взрывчатых веществ. В ее состав входит: вода, нитрат натрия, тиоцианат натрия, моноэтиленгликоль, нитрат магния, нитрат кальция, краситель.

ПАО «Гайский ГОК» при отработке глубоких горизонтов для зарядки скважин с повышенной температурой массива применяет ЭВВ марки «Сабтэк». Оно состоит из компонентов в следующем соотношении:

- эмульсионная матрица  $\approx 97,7 \%$
- газогенерирующая добавка  $\approx 2,3 \%$

ЭВВ «Сабтэк» предназначено для производства взрывных работ в подземных условиях при отбойке сухих и обводненных горных пород с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодяконова до 20, методом скважинных и шпуровых зарядов в температурном диапазоне окружающей среды от -50 °С до +50 °С.

Технологический процесс изготовления ЭВВ «Сабтэк» состоит из следующих стадий:

1. Эмульсионная матрица и газогенерирующая добавка изготавливаются и закачиваются в отдельные пластиковые контейне-

ры на стационарном пункте производства невзрывчатых компонентов эмульсионных ВВ компании “Орика”;

2. Производится доставка компонентов на предприятие и спуск к месту зарядания;

3. Загрузка невзрывчатых компонентов и изготовление ЭВВ «Сабтэк» в смесительно-зарядной машине «МСУ» непосредственно на заряжаемом блоке;

4. Контроль качества, производимого ЭВВ с занесением результатов измерений в журнал работ по заряданию на блоке;

5. Управление процессом зарядки скважин ЭВВ «Сабтэк».

Процесс приготовления и зарядания ЭВВ «Сабтэк» производится автоматически с помощью смесительно-зарядной машины.

Смесительно-зарядная машина «МСУ» – это насосное устройство с гидравлическим приводом, предназначенное для зарядки качаемых водоустойчивых эмульсионных взрывчатых веществ в горизонтальные и вертикальные (в том числе и в восстающие) скважины в подземных условиях. В качестве транспортной базы навесного оборудования могут использоваться шасси автомобилей, самоходные шасси, автоприцепы и др., допущенные к постоянному применению в подземных условиях Ростехнадзором.

Приготовление ЭВВ происходит на месте зарядания скважин. Оно начинается с перекачки компонентов в смесительно-зарядную машину при помощи насосов в требуемом соотношении. Правильность дозирования компонентов определяется точностью настройки узлов смесительно-зарядной машины и их нормальной работой. Таким образом, исключен человеческий фактор.

Зарядное устройство приводится в действие при помощи энергии отбираемой мощности двигателя автомобиля. Зарядка скважин начинается с запуска гидравлического насоса. Затем включается дистанционное радиуправление, выбирается режим зарядания ВВЕРХ/ВНИЗ, регулируется скорость соответственно диаметру скважины и количеству заряжаемого ВВ (кг).

С помощью манипулятора оператор подводит зарядный шланг с боевиком к скважине. На дисплее пульта фиксируется фактическая длина скважины, оператор устанавливает недозаряд, после чего в автоматическом режиме происходит зарядка. На экране выводится заряжаемое количество ВВ. В готовом виде ЭВВ «Сабтэк» получают в скважине через 30 минут после её зарядания. Формируется отчёт расхода взрывчатых веществ за смену.

Отбойка рудной массы осуществляется с помощью зарядов ВВ, размещаемых в скважинах глубиной до 40 м и диаметром 85–130 мм. Для бурения скважин применяется самоходный буровой станок типа Sandvik DL 410-15 (Solo 7-15С).

Для диаметра скважин 102 мм получены следующие параметры отбойки руды (таблица 1) для ЭВВ и гранулированного ВВ соответственно: линия наименьшего сопротивления – 2,1 и 2,2 м; удельный расход ВВ на дробление – 1,9 и 1,8 кг/м<sup>3</sup>; выход руды с 1 м скважины – 3,6 и 3,7 м<sup>3</sup>/м.

Анализ фракционного состава отбитой руды показал, что в результате отбойки с использованием ЭВВ «Сабтэк» получена лучшая дробимость руды. Преобладающий размер отбитого куска руды составляет менее 500 мм, при использовании Граммонита ТММ – менее 750 мм.

Таблица 1 – Показатели буровзрывных работ

Основные показатели	ЭВВ «Сабтэк»	Граммонит ТММ
Сечение камеры, м <sup>2</sup>	500	
Крепость породы (по Протодяконову)	10-14	
Диаметр скважин, мм	102	
Количество скважин, шт	20	
Длина скважин, м	279,8	
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup>	1,9	1,8
ЛНС, м	2,1	2,2
Расстояние между концами скважин в веере, м	2,3	2,4
Общий расход ВВ, кг	1932,8	1918
Отбиваемый объем руды, м <sup>3</sup>	1017,2	1065,7
Выход руды с 1 м скважины, м <sup>3</sup> /м	3,6	3,7
Общая длина заряда, м	194,2	
Расход ДШ, м	392	

Выход негабарита по сравниваемым типам ВВ также составил 5,65 и 5,85 % соответственно.

Основные преимущества ЭВВ «Сабтэк»:

- Безопасность транспортировки компонентов. Компоненты до заряжания не являются взрывчатыми веществами;
- Улучшение условий труда (снижение трудоёмкости заряжания, т.к. процесс зарядки автоматизирован и отсутствие пыли ВВ, по сравнению с применением гранулированных ВВ);
- Увеличение чистого времени зарядки, за счет сокращения подготовительно-заключительных работ;
- Уменьшение себестоимости отбойки 1 м<sup>3</sup> рудной массы за счет повышения производительности более чем на 15% по сравнению с применяемым типом ВВ «Граммонит ТММ» и сокращения затрат на оплату труда рабочего персонала;
- Уменьшение необходимого количества хранилищ взрывчатых веществ на базисных и расходных складах ВМ, сокращение их площади, а соответственно затрат на их содержание и ремонт с общим снижением логистических затрат.

Таким образом, по энергетическим характеристикам, производительности рабочих, величине основных материальных и трудовых затрат, условиям работы персонала, качеству дробления руды, а также безопасности процессов хранения, транспортированию и заряжанию – применение ЭВВ «Сабтек» является более эффективным по сравнению с применяемым на руднике гранулированным ВВ «Граммонит ТММ».

### **Библиографический список**

1. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах», утвержденные приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 №605, Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, от 09.06.2014 г. №23.*
2. *Руководство по предупреждению самопроизвольных загораний и взрывов взрывчатых веществ на основе аммиачной селитры при производстве взрывных работ в медно-колчеданных рудах (утв. 06.06.91г.). – Екатеринбург: ОАО «Унипромедь», 1991.*
3. *Кутузов Б.Н. Проектирование взрывных работ. – М. : Недра, 1974.*
4. *Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов: в 2 т. т. 2., М.: Горная книга, 2013. – 720 с.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ,  
СВЯЗАННЫХ СО СВОДКОЙ ЛЕСА ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Соловьев М.А.**

**Научный руководитель Копенкина Л.В.**

*Тверской государственный технический университет*

*В статье представлены сведения о машинах, разработанных ВНИИТП для механизации операций по сводке леса, даны их характеристики, рассмотрены недостатки. Приведены данные о научных исследованиях, проводимых в области механизации сводки леса.*

Сводка древесной растительности является одной из операций подготовки торфяного месторождения. В истории развития торфяной отрасли для валки леса были применены машины: ЭСЛ-4 на базе экскаватора ТЭ-2М (экскаватор для срезки леса), усовершенствованный экскаватор со сменным оборудованием ЭТУ-0,75 (экскаватор торфяной универсальный с ковшем емкостью 0,75 м<sup>3</sup>) и МТП-43, созданная заводом «Ивторфмаш» на базе крана КПТ-1 [1].

Решая задачу механизации сводки леса на торфяных месторождениях, конструкторы Всесоюзного научно-исследовательского института торфяной промышленности (ВНИИТП) применили на этой операции оборудование в виде дисковой фрезы.

Машина ЭТУ-0,75 предназначена для срезки древесной растительности. Она успешно срезала деревья диаметром по линии среза до 31 см, при высоте деревьев до 18 м и укладывала их в валы, располагающиеся параллельно движению машины. Крупные деревья (диаметром у шейки пня до 60 см и высотой до 25 м) срезались индивидуально с двусторонним подводом фрезы. Хорошая проходимость экскаватора ТЭ-2М, на базе которого создана машина, позволяла выполнять работы и на неосушенных торфяниках.

Кроме оборудования для срезки леса, экскаватор ЭТУ-0,75 имеет стандартное экскаваторное оборудование с ковшами емкостью 0,5 и 0,75 м<sup>3</sup>. Это оборудование состоит из стрелы с усиленной рукоятью для работы обратной и прямой лопатами и решетчатой стрелы для работы драглайном.

Машина ЭТУ-0,75 состояла из узлов рабочего оборудования для срезки древесной растительности и узлов, заимствованных от экскаватора ТЭМ-2М. Оборудование для срезки леса вклю-

чало рабочий аппарат, откладчик, стрелу со стойкой, силовую установку, трансмиссию для привода рабочего аппарата и рычаги управления.

Машина МТП-43 в отличие от машины ЭТУ-0,75 снабжена дизель-электрическим индивидуальным приводом механизмов. Имея в виду более легкие условия работы на срезке мелкокошарных верховых торфяных месторождений, на привод фрезы установлен электродвигатель МТВ-412-6 кранового типа, мощностью 30 кВт. Это в значительной степени снизило производительность машины на срезке среднего и крупного древостоя средней полноты, хотя фреза машины была оборудована резами с усовершенствованной геометрией режущей кромки, что уменьшило энергоемкость процесса на 20 %.

Для предохранения электродвигателя фрезы от частых перегрузок окружная скорость поворота центра фрезы была уменьшена с 3,03 м/с (машина ЭТУ-0,75) до 1,9 м/с (машина МТП-43). Уменьшение скорости поворота платформы и отсутствие на стреле у фрезы малого нижнего клыка несколько ухудшило качество откладки срезанных деревьев в навалы. Для получения большего эффекта от применения машины МТП-43 велись работы по увеличению установленной мощности на привод фрезы, модернизировались другие узлы [1].

Несмотря на то, что дизель-электрический привод механизмов машины МТП-43 мощностью 30 кВт позволил заменить рычажное управление кнопочным, снижение мощности на привод фрезы за счет усовершенствованной геометрии режущей кромки не оправдалось, поскольку машина имела меньшую производительность и ухудшенное качество откладки срезанных деревьев [1].

Изыскания в исследовательских работах по сводке древесной растительности на торфяных месторождениях, как правило, проводились в области передачи мощности на режущий инструмент и рассмотрения формы и размеров ножей и фрезы для выявления оптимальных условий работы. В ряде проведенных исследований [2 – 4] получен большой объем технических показателей работы машин.

Изыскание путей комплексной механизации рабочих процессов по сводке леса в торфяной промышленности было начато В.В. Гашинским в 1953 году. С помощью специального лабораторного оборудования была проведена серия опытов, позволяющих убедиться в реальной возможности осуществить наме-

ченный принцип действия машины и получить исходный материал для ее расчета и проектирования [2].

Гашиным были разработаны проекты опытного (РОП-1) и производственных (РОП-2 и РОП-3) образцов машин для обрезки сучьев. Все они были изготовлены заводом опытных машин ВНИИТП и подверглись всесторонним испытаниям. После продолжительных испытаний в производственных условиях опытно-промышленным образцом машины РОП был принят и рекомендован Государственной комиссии к серийному изготовлению.

Комплексный агрегат РОП-4, созданный на основании материала, накопленного В.В. Гашиным в процессе выполнения указанных выше работ, полностью механизировал сложный процесс разборки навалов и обрезки сучьев.

В работе [2] рассмотрены исходные положения для разработки комплексного агрегата, проводилось исследование с целью изыскания некоторых параметров ножей петлевой сучкорезки и обрезающего устройства. Проведено изучение технологического процесса по разборке навалов спиленных деревьев и изучение требований степени непрерывности и поточности технологического процесса обработки дерева.

Основная проблема состояла в определении положения агрегата относительно навала и изыскание размера, положения и диаметра ножей. Вследствие эксперимента было установлено, что ножи петлевой сучкорезки должны иметь отрицательный угол наклона плоскости ножей  $3-5^\circ$ , для чего линия контакта ножа со стволом должна лежать на некотором расстоянии от режущей кромки.

В процессе комплексной механизации операций по подготовке торфяных полей к добыче торфа ВНИИТП разработал новую схему освобождения полей от древесной растительности [4].

В ходе анализа работы машины для срезки деревьев МТП-43 были выявлены недостатки, связанные с уменьшением рабочей скорости перемещения рабочего органа, вследствие чего деревья выпадали из отладчика в результате возникающих сил инерции. Добиться устранения этого недостатка можно было обеспечением высокого уровня кинетической энергии вращающейся фрезы, преобразуемой при срезке дерева в работу резания [4].

В процессе создания оборудования для срезки деревьев были проведены опыты по определению усилия резания жив.орастущей сосны и березы с использованием режущих кромок зубьев различной формы. Опыты выполнялись с зубьями плоской, вогнутой и боковой режущей кромкой. Ширина

режущей кромки во всех случаях 42 мм. В результате опытов установлено, что наименьшее усилие у пилообразных зубьев, однако из-за сложности изготовления малой прочности и незначительного усилия резания при подаче на зуб 4 мм приняли конструкцию с плоской формой режущей кромки.

Задача определения мощности привода при проектировании машины для сводки леса является основной. Аналитические методы решения этой проблемы трудоемки. Поэтому В.Ф. Сеницыным было разработано математическое описание процесса взаимодействия фрезы с древостоем в виде имитационной модели [5].

Предлагаемая имитационная модель реализуется комплексом компьютерных программ. Комплекс состоит из двух программ. Первая программа осуществляет моделирование древостоя, срезаемого при рабочем проходе фрезы. Вторая программа непосредственно реализует имитационную модель процесса взаимодействия фрезы с древостоем.

#### **Библиографический список**

1. Кудимов, Л.П. *Технология и комплексная механизация подготовки торфяных месторождений к разработке* / Л.П.Кудимов, Ю.Д. Кусков, К.Е. Сафонов. М. : Недра, 1974. – 216 с.
2. Гашинский, В.В. *Исследование и разработка комплексной механизации рабочих процессов связанных со сводкой леса, при подготовке торфяных месторождений к эксплуатации: автореф. дисс. канд. техн. наук по спец. 179 - машины для добычи и транспортирования торфа* / В.В. Гашинский. Калинин, 1970. – 22 с.
3. Шейде, В.П. *Определение параметров машины для сводки леса при подготовке торфяных полей* / В.П. Шейде// *Торфяная промышленность*. 1973. №8. С. 16–18.
4. Кусков, Ю.Д. *Новая схема освобождения поверхности торфяных месторождений от древесной растительности* / Кусков Ю.Д., Овсякова Е.И., В.П. Шейде и др.// *Торфяная промышленность*, 1971. №1. – С. 12.
5. Сеницын, В.Ф. *Имитационная модель процесса взаимодействия с древостоем фрезы машины для срезки древесной растительности типа ЭСЛ* / В.Ф. Сеницын // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009. №10. С. 164 – 174.

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КАЛИЙНОЙ РУДЫ НА ЭТАПЕ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ**

**Суханов А.Е.**

**Научный руководитель Шишлятников Д.И.**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

*Рассмотрена возможность управления качеством руды на этапе добычи и транспортирования. Предложены мероприятия, позволяющие снизить экономические затраты на шихтовку калийной руды.*

Процесс добычи калийной руды состоит из отдельных технологических этапов, включающих отделение руды от забоя, транспортирование, обогащение на фабриках. При этом конечной целью любого горнодобывающего предприятия является извлечение максимальной экономической выгоды при минимальных вложениях.

Извлечение полезного компонента из поступившей горной массы с рудника является наиболее энергоемким и материально затратным этапом на добычном предприятии, что обуславливает необходимость разработки мероприятий по снижению затрат на обогащение калийной руды. Одним из таких мероприятий является внедрение технических решений по управлению составом калийной руды на этапе добычи и транспортирования в условиях рудника, что является актуальной научно-технической задачей. Примером компаний, которые заинтересованы в решении задачи контроля качества руды являются «Уралкалий», «Беларуськалий», «ЕвроХим».

Наладку оборудования каждой обогатительной фабрики горнодобывающих компаний выполняют под геологические условия месторождения. Зная среднюю величину содержания полезного компонента в рудном теле шахтного поля, фабрику настраивают под определенное соотношение «полезное ископаемое – пустая порода». Так, например, содержание полезного компонента KCl в рудном теле Гремячинского месторождения (АО «МХК «ЕвроХим - ВолгаКалий») варьируется от 26% до 40%, а обогатительная фабрика настроена на 36%-ый состав полезного компонента KCl в единице массы руды. При работе рудника горная порода, поступающая на обогатительную фабрику,

должна содержать только заданное процентное соотношение КСІ. Подавая более «богатый» состав, содержащий в себе процент полезного компонента больше заданного, фабрика будет нести убытки, поскольку полезный компонент пойдет в солеотвал. При поступлении на обогатительную фабрику горной массы с низким содержанием КСІ произойдет значительное снижение качества итоговой продукции.

Для обеспечения требуемого параметрами обогатительной фабрики содержания КСІ в руде, на складах производят процесс смешивания пустой породы и полезного ископаемого, который носит название – шихтовка руды. Второй важной частью рудо-подготовки является снижение поступления мелкой, пылевидной фракции размером менее 0,25 мм. Согласно [1] содержание в перерабатываемой руде пылевидных частиц затрудняет работу обогатительных фабрик и влечет снижение прибыли горнодобывающих предприятий.

Уменьшение затрат на шихтование калийной руды может быть обеспечено посредством управления составом руды на этапе добычи и транспортирования. Рассмотрим мероприятия, которые необходимо применять для обеспечения возможности управления составом руды.

В связи с тем, что разные участки шахтного поля содержат в себе разный количественный состав полезного компонента, на склад поступает руда неоднородного состава. Для обеспечения подачи более равномерного состава горной массы необходимо заранее планировать горные работы. Перспективным способом решения данной задачи является применение имитационного моделирования. Специалистами лаборатории аэрологии и рудничной теплофизики «УрО РАН Горный институт», активно ведется разработка программно-вычислительного комплекса «Рудопоток», которая содержит в себе недостающие аспекты ранее разработанных систем моделирования.

Получив идеальную имитационную модель рудопотоков, можно не только правильно распределять грузопотоки, но и отслеживать такие моменты, как наличие просыпей при работе конвейера, производить правильный подбор горнотранспортных машин, подбор вспомогательного оборудования для перегрузки транспортируемой массы, производить прогноз технического состояния оборудования и многое другое.

Вторым немаловажным аспектом в области управлением составом руды является контроль количества и качества руды, приходящей в околоствольный двор с разных конвейеров.

Для контроля содержания руды, необходимо адаптировать в ленточные транспортеры конвейерные весы. Весы конвейерные состоят из грузоприемного устройства, имеющего одну или две весовые роликоопоры, со встроенными тензодатчиками и датчиком скорости (рисунок 1).

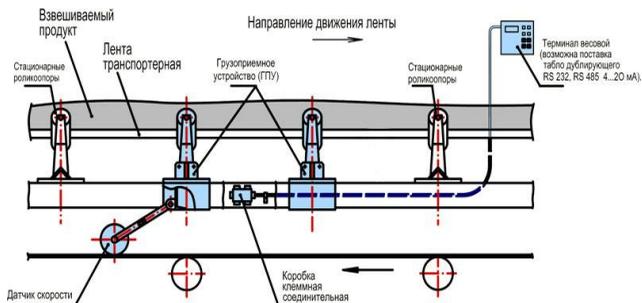


Рис. 1 – Конструкция конвейерных весов

Принцип действия весов основан на преобразовании деформации упругих элементов весовых датчиков, возникающих под действием силы тяжести взвешиваемого груза, в аналоговый сигнал, а также на измерении скорости движения конвейерной ленты. После преобразований и обработки сигналов, на табло индикатора выводится суммарная масса взвешиваемого материала, производительность конвейера, линейная плотность материала и скорость конвейерной ленты.



Рис. 2 – Схема транспортирования горной массы конвейерами в околоствольном дворе

Зная массу транспортируемого материала и результаты отбора пробы (рисунок 2) по содержанию полезного компонента предполагаемых забоев, была получена следующая формула для усреднения процентного состава полезного компонента:

$$\Delta X = \frac{m_1 \cdot X_1 + m_2 \cdot X_2}{(m_1 + m_2) \cdot 100\%}$$

где  $\Delta X$  – усредненное содержание полезного компонента с двух конвейеров;  $m_1$  и  $m_2$  – перемещаемая масса груза конвейерами 1 и 2 соответственно, кг;  $X_1$  и  $X_2$  – содержание полезного компонента в 1 тонне руды перемещаемой конвейерами 1 и 2, соответственно, %.

Контроль качества руды должен включать в себя не только отслеживание содержания полезного ископаемого в перемещаемой горной массе, но и гранулометрический состав руды.

Увеличение количества необогатимой фракции по мере транспортировки из забоя до обогатительной представлен на рисунке 3.

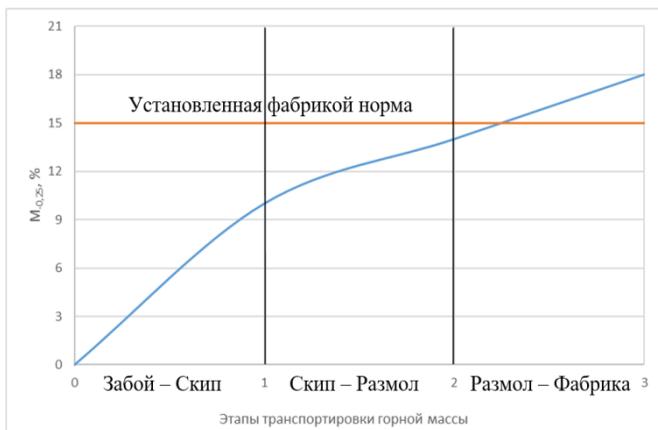


Рис. 3 – Изменение количества необогатимой фракции на разных этапах транспортировки

По графику видно, что в результате транспортирования отбитой горной массы из забоя до обогатительной фабрики, доля необогатимой горной массы возрастает до 18 %. В ПАО «Уралкалий»,

например, принят регламент, нормирующий гранулометрический составы для сильвинитовой руды, поступающей на обогатительные фабрики: массовая доля фракции менее 0,25 мм установлена не более 15 % [2].

Используя имитационную модель рудопотоков можно реализовать систему транспортирования руды с минимальным числом перегрузочных пунктов как на этапе проектирования рудника, так и на этапе эксплуатации.

Процесс переизмельчения руды в большей степени проявляется на этапе отбойки руды и её погрузки шнековыми исполнительными органами проходческо-очистных комбайнов. Интенсивность указанного процесса снижается, когда комбайновый комплекс проводит выработку по направлению снизу вверх (отрицательный угол наклона выработки). Также снижение пылеобразования наблюдается при разрушении калийного массива стружками крупного сечения с рациональными отношениями шага резания  $t$  к толщине стружки  $h$ , которое, в соответствии с данными ранее выполненных исследований, находится в диапазоне  $t/h = 2 \dots 4$ .

Вопросы уменьшения пылеобразования при погрузке отбитой руды шнеками [3].

Таким образом, разработка имитационной модели рудопотоков для горнодобывающих предприятий является актуальной темой для научно-исследовательской работы. Благодаря моделированию грузопотоков появляется возможность планирования горных работ. Предложенные подходы позволят снизить затраты на процессы добычи и обогащения калийной руды и снизить себестоимость продукции.

### **Библиографический список**

1. Тетерина Р.Х., Сабиров Л.Я., Кириченко Л.Н. *Технология флотационного обогащения калийных руд* – Пермь, «Соликамская типография», 2002 г. – 485 с.
2. *Разработка мероприятий по улучшению гранулометрического состава калийной руды, отделяемой от массива резами исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов: отчет о НИР / ФГБОУ ВУ ПНИПУ; рук.: Г.Д. Трифанов; исполн.: Н.В. Чекмасов, Д.И. Шишлянников, М.Г. Трифанов, А.Б. Максимов. Пермь, 2018, – 145 с.*
3. *«Обоснование параметров погрузочного оборудования проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» / А.Е. Суханов,*

*А.Б. Максимов // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых: материалы XI Всероссийской научно-технической конференции / М-во образования и науки Рос. Федерации, Пермский нац. исслед. политехн. ун-т – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018, – с. 433–436.*

УДК 621.926

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ  
КАЛИЙНОЙ РУДЫ К ФЛОТАЦИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНЫХ  
ДРОБИЛОК**

**Писарев Д.Ю., Яковлев Е.С.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрена эффективность технологической схемы подготовки калийной руды к флотации с использованием только молотковой дробилки и стержневой мельницы. Предложены два варианта обустройства отделения подготовки калийной руды к обогащению с использованием центробежно-ударных дробилок.*

Руда, поступающая на обогатительную фабрику, подвергается предварительной классификации на грохоте. Надрешетный продукт подается на дробилку, а подрешетный продукт отправляется на дуговое сито. Для классификации используется грохот. Дробление руды осуществляется до крупности 0 – 10 мм [1].

После дробления руда смешивается с маточником, и полученная пульпа подается в дуговое сито 3. Надрешетный продукт подается в стержневые мельницы 4, где происходит измельчение пульпы, а подрешетный продукт направляется на обезшламливание. После измельчения пульпа подается на сита 5 для классификации. Надрешетный продукт подается обратно в стержневые мельницы.

Однако при такой рудоподготовке к флотации качество ее не оптимально: много частиц с размером  $-0,2$  мм и большое количество частиц с размером, превышающим  $+5$  мм, которые необходимо дополнительно измельчать после отсева на дуговых си-

тах в стержневых мельницах, а затем вновь пропускать через дуговые сита.

Данная технология имеет ряд недостатков:

- значительное переизмельчение материала в молотковой дробилке, вследствие чего получается большой процент шламовых фракций размером меньше  $-0,2$  мм;
- из-за неравномерного фракционного состава подаваемая в мельницу руда после измельчения тоже имеет неравномерный фракционный состав, что и приводит к сложности флотации;
- переизмельченная в мельницах руда трудно поддается флотации.

Таким образом, степень качества рудоподготовки к флотации калийной руды в основном оценивается содержанием частиц в пульпе в диапазоне от  $-0,2$  мм до  $+5$  мм. А это означает, что необходимо дробяще-размольное оборудование, в наибольшей степени соответствующее этому требованию.

Имеющийся успешный опыт использования центробежно-ударных дробилок «Титан Д-250» (РФ) на уральских калийных предприятиях показал целесообразность как полной замены такими дробилками молотковых, так и, при мокром измельчении, – замены также и стержневых мельниц, что обеспечивает снижение доли, так называемых, шламовых фракций до  $9..11,5$  % и повышение эффективности подготовки калийной руды к обогащению [2, 3].

В связи с изложенным возможны, практически реализуемы и экономически, возможно, оправданы различные варианты схем рудоподготовки калийной руды к флотации.

По одному из вариантов, предлагается использовать молотковые дробилки [2, 4] для крупного дробления исходной руды до крупности  $40$  мм, а после них добавить в технологическую цепь центробежно-ударную дробилку для мелкого дробления руды до крупности  $1 - 5$  мм, оптимальной применительно к последующей флотационной технологии обогащения. Основной из особенностей центробежно-ударных дробилок является возможность получение узкого фракционного состава дробленой руды, что позволит использовать стержневые мельницы меньшей производительности.

По второму варианту предлагается использовать только центробежно-ударные дробилки, сначала для дробления по-сухому, а затем, после классификации на дуговых ситах, для измельчения по-мокрому.

Такой вариант технологической схемы предъявляет существенно более высокие требования к эффективности классификаторов – в данном случае дуговых сит, которые, как оказалось на практике, не идеальны [4]. Поэтому развитие такой схемы может идти по пути замены дуговых сит на более эффективные из имеющихся уже на рынке зарубежных «мокрых» грохотов [5].

### **Библиографический список**

1. Печковский В.В., Александрович Х.М., Пинаев Г.Ф. *Технология калийных удобрений*. Мн. : Выш. школа, 1968. – 264 с.

2. Абрамов А. А. *Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: учеб. для вузов. В 3 т. Т. 2: Технология обогащения полезных ископаемых*. М.: Изд. МГГУ, 2004. 510 с.

3. *Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы.* / Под ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. 2-е изд. - М.: Недра, 1982. – 366 с.

4. Андреев С.Е. *Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых* / С.Е. Андреев, В.А. Зверевич, В.А. Перов. М.: Недра, 1980. – 415 с.

5. Интернет-ресурс: [http://www.ntds.ru/statyi/054\\_opyti\\_po\\_snizheniyu\\_shlatovyh\\_fraktsii\\_pri\\_tsentrobezhno-udarnom-izmelchenii\\_kaliynou\\_rudy.pdf](http://www.ntds.ru/statyi/054_opyti_po_snizheniyu_shlatovyh_fraktsii_pri_tsentrobezhno-udarnom-izmelchenii_kaliynou_rudy.pdf) - Кравцов Е.Д., Игнатов В.И. *Опыты по снижению выхода шламовых фракций (-0,2 мм) при центробежно-ударном измельчении калийной руды.*

УДК 622.817.49

## **СКВАЖИННАЯ ДЕГАЗАЦИЯ МЕТАНОСОДЕРЖАЩИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**Тархов А.В.**

**Научный руководитель Купавых К.С.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Важной проблемой подземной угледобычи, предопределяющей низкую эффективность последней, является высокая аварийность подземной отработки пластов угля, содержащих метан. В статье рассматривается возможность применения импульсного разрушения угольного пласта с целью его дегазации. Импульсный способ дегазации удобен тем, что применяются относительно низкие давления закачки,*

*малое количество закачиваемой жидкости, техники и сложного оборудования.*

Аварийная опасность подземной отработки метаносодержащих пластов угля является серьезной проблемой подземной угледобычи, обуславливающей ее низкую эффективность [2, 4, 5, 10, 11, 12].

Наибольшие перспективы применения способов и технологий активного воздействия на пласт связаны с заблаговременной дегазацией, осуществляемой через скважины с поверхности [19].

Предлагается использовать способ гидродинамической обработки, в частности метод импульсного воздействия через скважины. Ударные и вибрационные действия на пласт позволяют выровнять давление по объему пласта и создать условия для выделения метана [1].

Технология импульсной обработки включает [8]:

- импульсный гидроразрыв, который создает новые трещины в угольном массиве и развивает по размерам существующие;
- импульсное воздействие, приводящее к выделению скважинной жидкости, последующему уменьшению пластового давления и смыканию трещин;
- возвратно-поступательное движение скважинной жидкости, приводящее к размыву породы.

На рис. 1. представлена схема осуществления технологии, которая, за счет последовательных гидроударов в скважине способствует развитию вокруг дегазационной скважины сети трещин и разрушению массива угольного пласта [7].

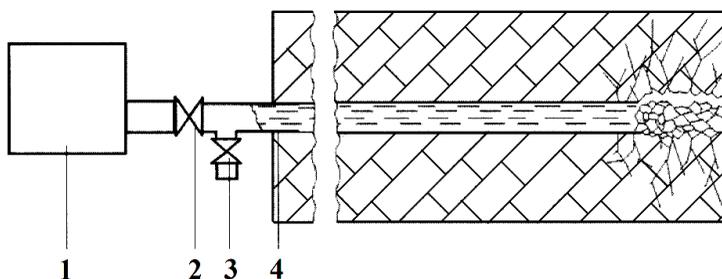


Рис. 1 – Схема импульсного создания трещин и разрушения массива угольного пласта

Устройство содержит источник воды под высоким давлением 1, быстродействующий 2 и сливной 3 клапаны. Источник находящейся под давлением жидкости 1 через быстродействующий клапан 2 подключают к устью скважины 4. Сливной клапан 3 помещается в устье скважины.

Открытие быстродействующего клапана приводит к образованию на устье скважины области высокого давления. Многократное повторение импульса высокого давления приводит к множественному образованию и развитию трещин до их слияния в пространственную сетку.

Удар – это мгновенное наложение на материальную систему неосвобождаемых связей [3, 6]. Гидравлические удары повторяют до заполнения угольными обломками до устья скважины.

Анализ математической модели гидродинамического процесса показывает зависимость перепада давления на забое от частоты прилагаемых импульсов на устье:

$$\Delta p = \pm 4n\pi EK \frac{2n-1}{2n} = 2\pi \cdot p_0(2n-1),$$

где  $E$  – амплитуда колебания давления на забое, м;  $K$  – модуль объемного сжатия скважинной жидкости, для воды принят 2109 Па;  $n$  – число гидроимпульсов;  $p_0$  – начальное давление в зоне приложения гидроимпульсов, Па.

С помощью данного уравнения можно оценить зависимость перепада давления на забое скважины от числа гидроимпульсов.

Так, при  $p_0 = 1$  МПа,  $n = 1$ , перепад давления на забое скважины составит 6,3 МПа. Графический анализ полученной зависимости (рисунок 2) показывает, что при скорости распространения акустической волны  $c = 1000$  м/с, давление  $p_0$  порядка  $1 \div 10$  МПа, деформация в допустимых пределах согласно прикладываемому усилию с учетом модуля упругости.

Из графика видно, что при сложении перемещающихся по скважине прямых и отраженных волн образуются волны повышенного давления. При этом перепад давления увеличивается с 60 до 180 атм в случае сложения двух волн и до 320 атм – при сложении трех.

Предельное давление, прикладываемое на устье скважины ( $P_0$ ), определяется техникой безопасности и оптимальным трещинообразованием.

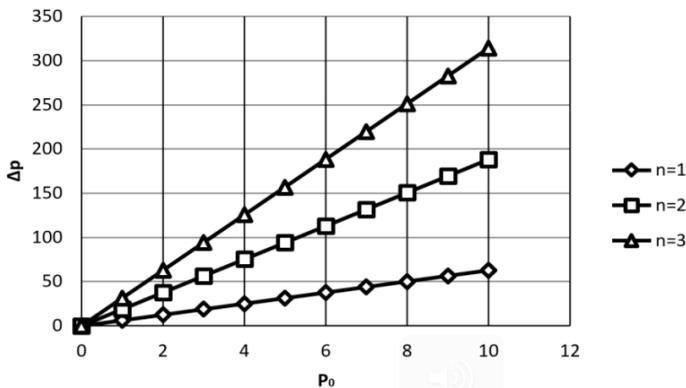


Рис. 2 – Зависимость перепада давления от начального давления и частоты ударов на устье

Исходя из опыта проведения экспериментов, прочностных свойств угля и размеров скважины давление  $P_0$  не должно превышать величину 10 МПа.

Для проверки вышеописанных способов обработки на кузбасской шахте им. Кирова был проведен эксперимент. Необходимо было оценить, возможно ли на пласте «Поленовский» увеличение газоотдачи одиночных, пробуренных параллельно очистному забою, дегазационных скважин. Обработке подвергалась скважина 1 в кусте № 41, обсаженная на 10 м и герметизированная эпоксидной смолой.

Была проведена серия из 22 циклов обработок. Среднее давление подачи жидкости составляло 70 атм., давление в скважине – 30 – 35 атм. В процессе проведения обработки время закачки жидкости в скважину до рабочего давления в 30 атм. увеличилось с 10 до 25 сек, что свидетельствует о развитии системы трещин. После 40 сек. проведения циклов закачки максимальное значение импульсов давления в скважине составило 50 атм. По окончании циклов обработки в угольном массиве была зафиксирована вертикальная трещина, проходящая всей мощности пласта. При последующей серии обработок, состоящей из 15 циклов, давление в скважине не поднималось выше 20 атм., затем, при последующих 5 циклах – 10 – 15 атм. Ширина обнаруженной трещины к концу обработки увеличилась с 1 – 2 до 3 – 4 мм.

Повторная обработка была проведена на скважине №38-1, находящейся на 24 метра выше предыдущей по восстанию пласта. Время заполнения скважины водой до начала роста давления составило 2 минуты. Было проведено 15 циклов обработки, затем еще 6 циклов, после чего на высоте 0,5 м произошел прорыв воды из скважины и образовалась промоина площадью 0,5 м<sup>2</sup>. После обработки скважины №38-1 концентрация газа составила 13,6 %, в соседней скважине №42-2 – 9,96 %.

**Заключение.** Согласно проведенным расчетам, при гидроударах происходит образование трещин в угольном массиве, сопровождающееся разупрочнением угольного массива с его частичным обрушением. При проведении работ были получены результаты, подтверждающие действенность предлагаемого способа газоотдачи. После проведения работ по повышению газоотдачи участковых кустовых скважин можно подвести итоги:

– эксперимент по гидроимпульсному воздействию на угольный пласт для повышения газоотдачи участковых дегазационных скважин целесообразно проводить на одиночных горизонтальных и наклонных скважинах, пробуренных параллельно очистному забою, так как расходящиеся кустовые скважины затрудняют оценку эффективности обрабатываемой дегазационной зоны отдельной скважины;

– для сохранения сечения скважины целостным (не допуская осыпания растрескавшегося угля, смыкания выработки и т.д.) и заполнения её жидкостью гидроимпульсное воздействие следует проводить сразу же по окончании буровых работ.

### **Библиографический список**

1. Васючков Ю.Ф. Разработка способа увеличения газоотдачи из низкопроницаемого газоносного угольного массива / Ю.Ф.Васючков, М.В.Павленко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 4. – С. 261-269.

2. Викторов С.Д. Крупномасштабное взрывное разрушение горный массивов сложной структуры с селективной выемкой полезного ископаемого / С.Д.Викторов, В.М.Закалинский // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск 1. – 2013. – С. 70-79.

3. Нигматуллин Р.И. Эффект аномальных колебаний с интенсивными всплесками давления в ударной волне, распространяющихся по водной суспензии бентонитовой глины /

*Р.И.Нигматуллин, В.А.Пыж, И.Д.Симоненков // Изв. Вузов. Нефть и газ. – 1983. – № 11. – С. 45-47.*

4. Николаев Н.И. Повышение энергоэффективности процесса освоения скважин / Н.И.Николаев, А.В.Шипулин, К.С.Купавых // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2015. № 2(219). – С. 48-57.

5. Пучков Л.А. Извлечение метана из угольных пластов / Л.А.Пучков, С.В.Сластунов, К.С.Колтков. – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 383 с.

6. Ханукаев А.Н. О распространении волн напряжения при взрыве в твердых породах / А.Н.Ханукаев, И.Ф.Ванягин, В.М.Гоголев, В.Г.Мыркин // Записки Горного института. – 1962. – Т. 44. – № 1. – С. 3-12.

7. Шипулин А.В. Патент РФ № 2540709. Способ ударно-волнового разрушения угольного пласта через скважины, пробуренные из горных выработок / А.В.Шипулин, Г.И.Коришунов, А.А.Мешков, Е.В.Мазаник. 2015.

8. Шипулин А.В., Коришунов Г.И., Пальцев А.И., Серегин А.С. Создание блочно-трещиноватой структуры в угольном пласте при гидродинамическом воздействии с помощью импульсно-волнового воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012, №11. С.109-112.

9. Jolly D.C, Morris L.H., Hinsley F.B. An investigation into the relationship between the methane sorption capacity of coal and gas pressure // *Miningengineer*, 2010. – Vol. 127. – № 94. – P. 539-548.

10. Palmer I. Coalbed methane completion: a world view // *International of Coal Geology*. – 2011. – Vol. 82. – P.184-195.

11. Tagiyev S.M. Extraction of coalbed methane in the world and the prospects of production in Kuzbass // *Materials of XI International Research and Practice Conference*. – Sheffield UK. 2015. Vol. 10. – P. 77-80.

12. Zhang J. Borehole stability analysis accounting for anisotropies in drilling to weak bedding planes // *International journal of rock mechanics and mining sciences*. – 2013. – № 60. – P. 160-170.

## СПОСОБ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЧИСТКИ ФОСФОГИПСА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ УОМ

Тулешов Н. В.

Научный руководитель Алексеев А. И.

*Санкт-Петербургский горный университет*

В процессе работы предприятий перерабатывающей и горнодобывающей отраслей, как правило, образуется значительное количество отходов, не поддающихся переработке и дальнейшему использованию. На территории бывшего СССР и России, в частности, одним из самых крупнотоннажных побочных продуктов является, в зависимости от метода разложения природного сырья, фосфогипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) или фосфополугидрат ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). По имеющимся данным, на данный момент на территории РФ накоплено свыше 200 млн. т. фосфогипса, и ежегодно эта цифра увеличивается на 7,5 – 8 млн. т.

Главными лидерами-производителями фосфатного сырья и изготавливаемой из него продукции являются США (43,97 млн. т), Китай (29,0 млн. т), Марокко (23,59 млн. т) – данные на 2000 г. и Россия (10,29 млн. т) – данные на 2006 г. Следует отметить, что наша страна традиционно занимает одно из ведущих мест на мировом рынке фосфатного сырья. В России крупнейшими холдингами в промышленности минеральных удобрений являются «Фосагро», «ЕвроХим» и «Акрон».

Экстракционная фосфорная (ортофосфорная) кислота (ЭФК) является базовым продуктом при производстве большей части элементарного фосфора, концентрированных простых и сложных удобрений, кормовых фосфатов. В нашей стране для ее производства используется хибинский апатитовый концентрат.

Процесс разложения апатитового концентрата серной кислотой описывается следующим уравнением (сернофосфорнокислотное растворение фторапатита):

$$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 + m\text{H}_3\text{PO}_4 + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow (n+3)\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{CaSO}_4 \cdot m\text{H}_2\text{O} + \text{HF}.$$

В ходе реакции экстрагируется фосфорная кислота, и также образуются сульфат кальция и фторсодержащие газы.

В зависимости от температурно-концентрационных условий процесса кристаллогидраты сульфата кальция (твердая фаза) могут выпадать в осадок в виде дигидрата, полугидрата или ангидрита. Эти формы существования сульфата кальция при из-

менении режима ведения процесса могут переходить из одной в другую. Соответственно выделяют дигидратный, полугидратный и ангидритный методы производства фосфорной кислоты.

Образующийся в качестве побочного продукта дигидрат или полугидрат сульфата кальция в связи с содержанием в них примесей  $P_2O_5$  (неразложненного фосфата, недоотмытой фосфорной кислоты, сокристаллизованного  $P_2O_5$ ) называют соответственно фосфогипсом или фосфополугидратом. Но при рассмотрении проблемы транспортирования, хранения и использования оба продукта обычно называют фосфогипсом

Фосфогипс представляет собой от белого до серого цветов тонкодисперсный, близкий к мономинеральному порошок, имеющий при выходе с химзавода высокую влажность по разным данным от 25 до 45 %. Его химический состав может зависеть от вида фосфатного сырья, способа производства и способа складирования.

Одной из основных задач научных изысканий сегодня является поиск и разработка экономически и экологически выгодного способа переработки и дальнейшего использования фосфогипса в различных сферах промышленности

На сегодняшний день отвалный гидрат сульфата кальция находит свое применение во многих областях, например, как гипсовое вяжущее цементных растворов при строительстве, как наполнитель в бумажной и лакокрасочной промышленности, также в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур, в частности, хлопчатника. Наряду с вышеперечисленным, фосфогипс используется как сырье для дальнейшей переработки химическим способом: из него получают концентрат редких земель, сульфат аммония, и т.д.

Однако для любого из способов переработки гидрата сульфата кальция требуется его предварительная очистка от примесей в виде серной кислоты, солей калия и натрия, фторидов и кремнефторидов, оксидов кремния, редкоземельных элементов, пентоксида фосфора, солей тяжелых металлов, физической влаги.

В России был разработан способ предварительной обработки фосфогипса методом электромагнитной установки обработки материалов (ЭУОМ).

Предложенная технология переработки фосфогипса представлена на рисунке 1 и включает следующие этапы:

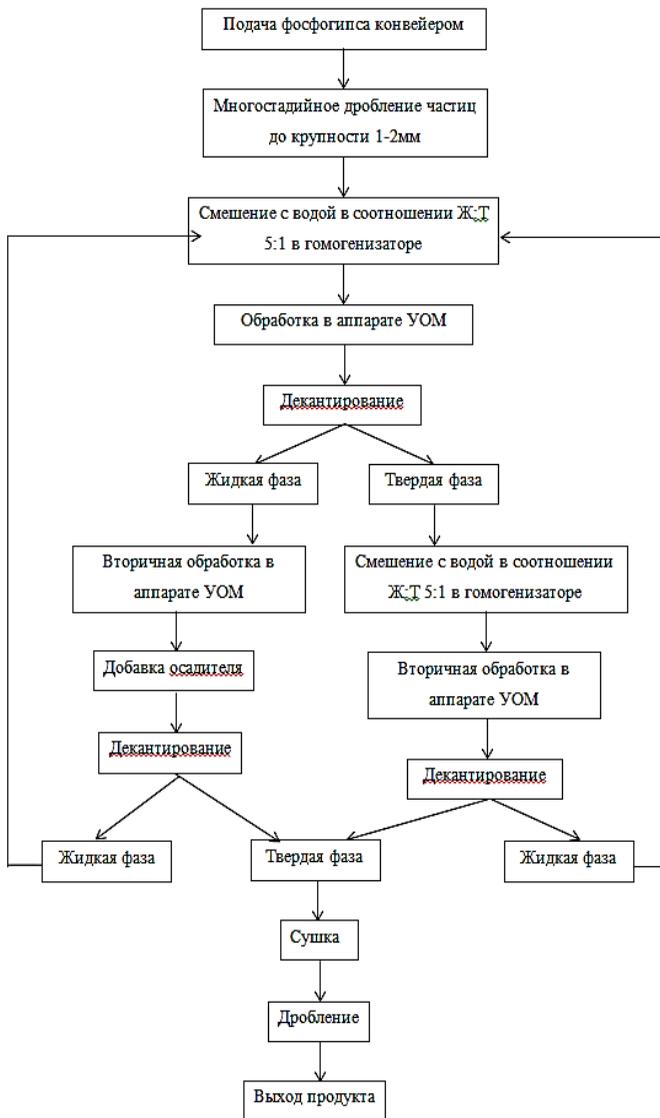


Рис. 1 – Принципиальная схема предприятия

Фосфогипс подается в молотковую дробилку для измельчения всех комков до размера 1-2 мм. После этого, измельченное сырье элеватором транспортируется в гомогенизатор, где смешивается с водой.

Очищенная вода, с помощью насоса, подается в начало процесса (в гомогенизатор) и используется повторно. Выделенный шлам является экологически безопасным и может быть применен как добавка в органические удобрения или наполнитель при производстве строительных материалов.

В гомогенизатор второй ступени очистки с фосфогипсом, прошедшим первую стадию обработки, подается вода и перемешивается. Далее, образовавшаяся суспензия поступает на повторную обработку в УОМ. Обработанная суспензия подается в центрифугу, где происходит ее частичное обезвоживание. Затем смесь поступает в вакуум-сушилку, где доводится до влажности 40 %, а вода направляется на очистку в ЭУОМ и повторно используется в технологическом процессе.

Одновременно с этим влажный двуводный гипс из центрифуги ленточным транспортером подается в барабанную вакуум-сушилку, где происходит сушка шлама до влажности 6 %. Из сушилки обезвоженный двуводный гипс поступает в молотковую дробилку, откуда измельченное сырье шнековым транспортером подается на хранение. Результаты химического анализа обработанного в ЭУОМ фосфогипса показали, что после его обработки фосфогипса по предлагаемой технологии, содержание оксида фосфора в нем снижается с 1,5 % (у исходного продукта) до 0,0001 % (у обработанного). При этом в очищенной после переработки воде содержание  $P_2O_5$  менее 0,00002 %.

После очистки такого рода фосфогипс готов к использованию в большинстве способов его переработки. К преимуществам разработанной технологии можно отнести: высокую производительность линии по очистке техногенных отходов фосфогипса; предполагаемая площадь под предприятие в 5 раз меньше, чем у известных аналогов; безотходность предлагаемой технологической линии; экономическая и экологическая эффективность разработки в 2 раз выше, чем у известных аналогов.

### **Библиографический список**

*1. Коробанова Т.Н. Российский и зарубежный опыт утилизации фосфогипса // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по*

*матер. XL междунар. науч.-практ. конф. № 11(33). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 63-71.*

*2. А.И. Шуйский, А.А. Новожилов, Е.А. Торлина – Методы и способы переработки фосфогипса в кондиционное сырье с учетом экологических факторов, Ростовский ГСУ, 2015*

*3. Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.А. и др. Фосфогипс и его использование /.; под ред. С.Д. Эвенчика, А.А. Новикова. – М.: Химия, 1990.*

УДК 624.131.543

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Чекова А. В.**

**Научный руководитель Чекулаев В. В.**

*Тульский государственный университет*

*В статье изучается геология Тульской области как фактор образования оползней, рассматриваются основные методы прогнозирования оползней*

Прогнозирование оползней – это одна из важнейших задач органов МЧС Тульской области, ведь смещение масс горных пород может нанести непоправимый вред народному хозяйству и жизнедеятельности человека.

Так 20 апреля 2018 года в селе Беломестное Тульской области на единственную дорогу, соединяющую населенный пункт с Новомосковским районом, сошел оползень, и местные жители и дачники не могли долгое время выехать оттуда. Из-за теплой погоды и дождей произошло замыкание грунтов, затем глина замерзла, а при оттаивании произошло изменение объема, и сполз большой массив [7].

На территории Тульской области оползневые процессы имеют почти повсеместное распространение и разнообразны по своей форме проявления. В восточной и западной частях области оползни распространены менее широко [1].

В соответствии с классификацией Ф. П. Саваренского генетически распространенные на территории области оползни относятся к консекветным, поверхность скольжения которых совпадает с контактом оползающих пород и подстилающим субстратом. По

характеру смещения большинство оползней может быть отнесено к деляпсивным (соскальзывающим). Инсеквантные оползни – это оползни, у которых поверхность скольжения режет поверхность напластования, встречаются в области гораздо реже. Детрузивные (толкающие) оползни не встречаются [3].

Габариты и морфологический облик оползней определяются составом обуславливающих оползание пород (глины или обводненные пески). Форма оползней чаще циркообразная или фронтальная. Они также представлены мелкими оплывинами, которые обуславливают всхолмленный микрорельеф долинных склонов.

Формирование оползней на территории Тульской области связано с участками выходов или близкого залегания к дневной поверхности (поверхности современного рельефа) песчаных, песчано-алевритистых, песчано-глинистых, глинистых пород различного возраста. Опираясь на эти данные, оползни можно классифицировать по принадлежности к четвертичным и дочетвертичным (коренным) отложениям.

Оползни четвертичных отложений - самая распространенная и многочисленная группа оползней, развитая практически повсеместно по всей территории Тульской области. Они нередко связаны с глинистыми разностями покровных образований. Эти оползни имеют циркообразную форму и незначительные размеры. Их протяженность вдоль склона составляет от 5 до 20 м. В местах оползневых проявлений характер склонов чаще всего мелкобугристый, реже бугристо-ступенчатый. Нередко из-под основания оползней отмечается высачивание воды. Свежие оползни в четвертичных покровных образованиях сравнительно редко повторяются. Развиваются они обычно при весеннем снеготаянии [5].

В дочетвертичных отложениях в формировании оползней принимают участие меловые, юрские, средне- и нижнекарбонные отложения. От оползней в четвертичных породах эти оползни отличаются большими размерами, большей амплитудой смещения пород в стенке отрыва, многократностью оползнепроявлений на одних и тех же участках, нередко ступенчатым характером залегания оползших блоков пород. Длина одиночных оползней по факту обычно составляет 50 – 100 м, иногда больше. По морфологическому типу встречаются как циркообразные, так и фронтальные. В целом поверхность оползней, связанных с дочетвертичными отложениями обычно крупнобугристая [2].

Оползни в меловых отложениях представлены преимущественно песчаниками и песчано-глинистыми породами. В образовании этих

оползней, большую роль играют подземные воды, выходящие по контакту, и наличие глинистых пластов в разрезе отложений. Эти оползни по своей структуре и форме поверхности смещения очень близки к инсеквентным оползням и развиваются при значительном участии суффозии. Такие оползни распространены в долинах рек бассейна реки Проня [5].

Оползни, связанные с юрскими отложениями, относительно немногочисленны и приурочены к участкам выходов на склонах речных долин и балок глинистых пород келловея, в меньшей степени баткелловея. Оползшая порода залегает чаще всего буграми, поверхность между которыми заболочена, реже ступенчатыми площадками [4].

Оползни, связанные с волжскими отложениями (северная и северо-восточная части Тульской области), отличаются меньшей длиной по сравнению с оползнями в других отложениях эры, имеют циркообразную форму. Среди оползней имеются как старые закрепленные, так и молодые.

Оползни в келловей-окофордских глинах отличаются значительной протяженностью (север области). Поверхность таких оползней часто крупнобугристая, и они, в большинстве случаев, фронтального типа, часто с многократным оползанием на одних и тех же участках.

Оползни, приуроченные к отложениям карбона, многочисленны. Они широко распространены на склонах долин рек, балок и оврагов, вскрывающих отложения карбона. Оползание пород часто происходит ступенчато. Между оползшими ступенями в их основании и на концах оползшей части происходит высачивание вод с образованием мочажин.

При проведении рекогносцировочных маршрутов установлены факты активизации оползневых процессов техногенным воздействием. Например, образование свежих (молодых) оползней, происходящих в настоящее время и усиленно проявляющихся в пределах склонов долин эрозионной сети, связано с участками прошлого или современного проведения подземных горных работ и с посадками отработанных лав после выемки угольного пласта [3].

В зависимости от стадии инженерно-геологических изысканий прогноз оползневых явлений может быть качественным и количественным.

Качественные прогнозы устойчивости откосов основываются на анализе инженерно-геологических условий склонов, их кру-

тизны, высоты, особенностей рельефа и сейсмической активности местности, условий залегания горных пород, их состава, водопроницаемости толщи горных пород и др. Все это позволяет дать оценку устойчивости склона в форме описания.

Количественная оценка базируется на конкретных методах - моделировании и расчетах.

Часто первым признаком дальнейших оползневых смещений служит появление одной или нескольких трещин, расположенных выше берегового склона. Эти трещины срыва постепенно увеличиваются, и отчлняющийся участок склона начинает оползать вниз. Помимо форм рельефа, создаваемых оползневыми процессами, прямым показателем являются неправильно ориентированные деревья на поверхности оползневого тела. Они в процессе смещения выводятся из вертикального положения, приобретают наклон и изгибаются, а местами расщепляются и образуют так называемый «пьяный лес». Опасность оползневых явлений состоит в том, что они могут повторяться на одном и том же участке неоднократно.

Для более точного прогноза возможности возникновения оползня используют коэффициент устойчивости склона, показывающий соотношение сил сопротивления оползневому смещению и активных сдвигающих сил. В различных условиях он рассчитывается по-разному. Так если поверхность скольжения плоская, коэффициент устойчивости склона равен отношению сумм проекций вышеуказанных сил на плоскость скольжения. При круглоцилиндрической поверхности скольжения коэффициент устойчивости склона равен отношению сумм моментов соответствующих сил относительно оси вращения. Если поверхность смещения имеет любой вид, то коэффициент устойчивости склона равен отношению суммарной прочности пород вдоль этой поверхности (на сдвиг) к сумме касательных сил вдоль той же поверхности. Оползни наиболее вероятны, когда коэффициент устойчивости склона (меняющийся во времени в зависимости от различных факторов), уменьшается и постепенно становится равным единице [6].

Регулярные наблюдения за оползневыми явлениями ведутся в таких районах, где они могут нанести непоправимый ущерб народному хозяйству. Исследования разрабатываются по специальным реперам, установленным в теле оползня. Время от времени проверяя инструментальную съемку, следят за переменами отметок планового положения реперов, что позволяет определить ско-

рость перемещения оползней. Вместе с тем наблюдают за режимом подземных вод в скважинах, расходами родников, влажностью пород, осадками, водоносностью рек.

Таким образом, одним из самых важных рельефообразующих факторов Тульской области на склонах речной и овражно-балочной сети является оползнеобразование. Оползни происходят чаще всего при совместном действии двух факторов: в результате потери опоры и смачивания поверхности скольжения. К основным причинам, определяющим развитие оползневых процессов на территории области, относятся: эрозионная деятельность водотоков, наличие водоносных процессов среди глинистых пород на склонах и хозяйственная деятельность человека.

Прогнозирование оползневых процессов является одним из важнейших этапов, как при строительстве новых объектов, так и при эксплуатации уже возведенных. Систематическое наблюдение за оползнями позволяет предотвратить разрушение откосов и склонов, не допустить угрозы чрезвычайных ситуаций, что впоследствии может помочь избежать негативных последствий как для населения, так и для государства.

### **Библиографический список**

1. Дымов В. С., Сычев А. И., Гуркин В. В., Ваулин Л. Л., Никулин В. Я., Пристягин А. И. Недра Тульской области: монография / Сычев А. И. – Т.: «Гриф и Ко», 2000. – 117 с., ил. (дата обращения 10.10.2019).

2. Комарова Н.Г. Геоэкология и природопользование: Учеб.пособие для вузов / Н.Г.Комарова. – М.: Академия, 2003. – 192 с (дата обращения 09.10.2019).

3. Покладенко С.И., Курбаниязов Р.Л., В.П.Заленская, Ю.Ф. Филимонов, А.С.Кобзева. Отчет по изучению экзогенных геологических процессов в Тульской области (в 3-х томах). Министерство геологии РСФСР, Производственное геологическое объединение «Центргеология», Подмосковская геологоразведочная экспедиция Государственный регистрационный №-34-83-34/104. Тула, 1987. Фонды ПГРЭ.

4. Покладенко С.И., Петрова А.И. – Проект на изучение экзогенных геологических процессов на территории Тульской \ области. Тула, 1983г. Фонды ПГРЭ.

5. Чекулаев В.В., Цибулькина К.А. Изученность распространения экзогенных геологических процессов на территории Тульской области // Сборник научных трудов 3-ей Международной научно-

*технической интернет конференции «Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов : сб. научн. тр. / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. И.А.Басовой. Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – с. 228-232 (дата обращения 10.10.2019).*

6. Оползни. Прогнозирование оползней причины и решения [Электронный ресурс] // Учебное пособие [сайт]. [2019]. URL: <https://topuch.ru/prognozirovanie-opolznej-prichini-i-resheniya/index.html> (дата обращения 08.10.2019).

7. Ситуация в Беломестном [Электронный ресурс] // Информационное агентство Новомосковск сегодня [сайт]. [2018]. URL: <http://www.nmosktoday.ru/news/society/43029/> (дата обращения 08.10.2019).

УДК 622.692

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЯ**

**Черная А.О.**

**Научный руководитель Басалай И.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрен технологический процесс прокладки подземных коммуникаций методом микротоннелирования*

Микротоннелирование является одним из способов бестраншейной прокладки коммуникаций. Основная особенность технологии – высокая точность проходки и возможность постоянного контроля ее траектории. Микротоннелирование позволяет выполнять задачи по прокладке коммуникаций в сложнейших условиях.

Метод микротоннельной проходки по сравнению с традиционными технологиями открытой разработки траншей имеет определенные преимущества. В частности, отсутствие необходимости выноса существующих коммуникаций из зоны работ и выполнения дорогостоящих водопонижений вдоль трассы коллектора [1].

Технологический процесс прокладки коммуникаций методом микротоннелирования включает в себя подготовительные, вспомогательные и основные работы.

Основные работы включают следующие этапы.

На первом этапе, с применением высокоточного микротоннеле проходческого щита, прокладывается пилот-тоннель из металлических секций. Щит управляется из контейнера управления, стоящего вблизи стартового котлована. Порода перемещается с водой, подаваемой при помощи грунтового насоса в забойную камеру. Затем при помощи шламowego насоса вода с породой попадает на сепаратор, где отсеивается, и чистая вода сливается в контейнер-отстойник.

На втором этапе устанавливается оборудование щита-расширителя, состоящее из 4-х жестко связанных между собой стабилизационных секций; пред щитовой домкратной станции, установленной за пилот-тоннелем, перед стабилизационными секциями; собственно щита-расширителя, представляющего собой прямоугольный щит, жестко связанный спереди лучами с пилот-тоннелем. Вслед за щитом устанавливается щитовая домкратная станция, обеспечивающая движение пилот-тоннеля. В домкратной станции расположен экскаваторный телескопический орган, ведущий разработку грунта в забое и перемещающий грунт на ленточный транспортер-перегрузатель.

На третьем, основном, этапе, вслед за щитом-расширителем в грунт последовательно вдавливаются секции тоннеля, при этом из забоя через уже проложенный тоннель вагонетками по наращиваемым рельсовым путям ведется отгрузка породы. Процесс завершается после демонтажа щита-расширителя из приемной камеры, всех коммуникаций из построенного тоннеля и оборудования, расположенного в стартовой камере.

В состав комплекса, используемого в микротоннелировании, входят: тоннелепроходческая машина; основная и промежуточные домкратные станции; линии гидротранспорта вынимаемых пород и подачи жидкости в призабойное пространство; сепарирующая установка; комплект железобетонных колец; крановое оборудование; стартовая и приемная шахты; энергетическая станция; система управления; комплект контейнеров технического и социального обеспечения.

На раму домкратной станции устанавливается железобетонное кольцо, наращиваются системы гидротранспорта, комплекс включается и осуществляется проходка отрезка тоннеля равного длине кольца. Таким образом, циклы проходки отрезков тоннеля повторяются. Набор железобетонных колец и составляет участок колллектора между двумя смежными по трассе шахтами.

При проходке длинных участков и недостаточности усилия основной домкратной станции для продвижения тоннеля можно использовать промежуточные домкратные станции и проталкивать комплект железобетонных колец по частям. Обеспечение требуемого направления проходки коллектора осуществляется специальной системой навигации.

Удаление разрабатываемой породы выполняется гидротранспортной системой, содержащей линии транспорта породы, подачи воды в призабойное пространство и сепарирующую установку. В призабойном пространстве порода смешивается с потоком жидкости. Образовавшаяся гидросмесь по транспортной линии подается в сепарирующую установку, где происходит отделение частиц породы от воды. Очищенная от частиц породы вода по линии питания поступает обратно в призабойное пространство.

С поверхности грунта строятся шахты: стартовые и приемные, расстояние между ними может составлять от 50 до 1500 м, а глубина – порядка 8 – 12 м. В плане шахты могут быть круглыми или квадратными с размерами сторон до 6 м в зависимости от типа микрощита.

Из стартовой шахты рабочий орган микротоннельного комплекса микрощит осуществляет проходку при избыточном давлении воды в забое. Осуществляется подача воды к режущему рабочему органу микрощита и отсос образовавшейся пульпы выполняются тремя насосами, установленными на поверхности грунта рядом со стартовой шахтой либо рядом с рамой продавливания в стартовой шахте микротоннельного комплекса. В стартовую шахту подаются также отдельные звенья железобетонной либо стальной обделки, которые вдавливаются в грунт домкратами, что позволяет осуществлять горизонтальную проходку коллектора. Корректируют точность проходки наземной станции управления по лазерному лучу. Отработанная пульпа насосами подается в сепаратор микротоннельного комплекса, состоящий из вакуумных гидроциклонов, гидроциклонов и грохотов с модульной системой контейнеров [2].

Полное удаление воды для достижения низкого уровня остаточной влаги в разработанном грунте, а также бентонита и других присадок, наличие которых зависит от конкретных грунтовых условий, являются определяющими параметрами эффективного процесса сепарации. Чем ниже уровень содержания воды, а следовательно, и вес разработанного грунта, тем ниже затраты на сепарацию. На выходе из сепарационной установки

имеется три различных фракции: песок, глина, щебень. Вода повторно используется в проходке.

Фракции грунта после сепарационной установки представлены на рисунке 1.

Вся проходка коллектора осуществляется в автоматическом режиме, под контролем операторов, находящихся в блоке управления. Автоматизированный режим проходки позволяет управлять скоростью вращения ротора, горизонтальной подачей звеньев собираемой трубы, давлением подаваемой воды и раствора бентонитовой глины.



Рис. 1 – Фракции грунта после сепарационной установки

В данном способе прокладки используется бентонитовая суспензия, представляющая собой смесь воды, бентонита и различного вида добавок. Такой раствор служит для структурообразования, увеличения вязкости, уменьшения фильтрации, стабилизации стенок скважины, улучшения смазочных свойств.

Технология микротоннелирования позволяет прокладывать трубопроводы в грунтах любой категории – от неустойчивых суглинков и водоносных песков до скальных пород. В зависимости от категории грунта подбирается, прежде всего, соответствующий режущий орган проходческой машины, что позволяет добиться оптимальных скоростей и параметров проходки. Не менее важным фактором качества проходки является выбор определенного состава бурового раствора. Рекомендуемый состав буровых растворов для разных категорий грунта представлен на рисунке 2 [3].

Следует отметить, что при проходке коммуникаций с большим поперечным сечением канала подлежат экскавации из забоя на дневную поверхность большие объемы породы, а соответственно и значительные по объему использование бурового раствора.

Глина	Суглинок	Супесь	Песок	Гравий
				
Сода 0,2 – 0,5 кг; Бентонит (UNI-GEL) 12 – 15 кг; Полимер (UNI-RHPA) 0,3 – 1,0 кг; Добавка (UNI-LUB) 0,5 – 1,0 л	Сода 0,2 – 0,5 кг Бентонит (UNI-GEL) 20 – 25 кг Добавка (UNI-LUB) 0,5 – 1,0 л при необ-сти; Полимер (UNI-RHPA) 0,2 – 0,5 кг	Сода 0,2 – 0,5 кг Бентонит (UNI-GEL) 20 – 25 кг Добавка (UNI-LUB) 0,5 – 1,0 л при необ-сти; Биополимер (UNI-VIS) 0,2 – 0,5 кг	Сода 0,2 – 0,5 кг Бентонит (UNI-GEL) 25 – 30 кг Биополимер (UNI-VIS) 0,3 – 1,0 кг Полимер (UNI-PAC) 0,3 – 1,0 кг Добавка (UNI-LUB) 0,5 – 1,0 л	Сода 0,2 – 0,5 кг Бентонит (UNI-GEL) 30 – 35 кг Биополимер (UNI-VIS) 0,5 – 1,5 кг Полимер (UNI-PAC) 0,3 – 1,0 кг Добавка (UNI-LUB) 0,5 – 1,0 л

**Рис. 2 – Составы буровых растворов для разных категорий грунта**

В микротоннелировании используются дорогостоящие буровые растворы на основе бентонита и, в особенно больших количествах, – буровая пена.

Опасными с точки зрения токсичности являются органические составляющие бурого раствора с низкой относительной молекулярной массой, а также ПАВ, нефть и нефтепродукты [4]. Применение буровых растворов на основе бентонита и различных полимеров являются вредными для окружающей среды, так как являются токсичными продуктами длительного действия. Поэтому экскавируемый грунт необходимо транспортировать за пределы города на расстояние до 20 – 30 км, с последующим захоронением в отработанных песчано-гравийных карьерах с проведением гидроизоляционных мероприятий.

Таким образом, применение вышеуказанных буровых растворов являются экономически затратным и экологически небезопасным, ввиду необходимости утилизации экскавируемой породы, из-за негативного воздействия на окружающую среду. В связи с этим, актуальным является разработка альтернативных видов экологически безопасных буровых растворов.

### **Библиографический список**

1. Дубенских М.С., Каргин А.А., Гилязидинова Н.В. *Технологии бестраншейной прокладки коммуникаций // Россия молодая: II Всерос., 55 науч.-практ. конф. – Кемерово, 2010. – 397-399 с.*
2. Рыбаков, А.П. *Основы бестраншейных технологий / А.П. Рыбаков. – М.: ПрессБюро № 1, 2005. – 304 с.*

3. Кистер, Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. / Э.Г. Кистер. – М.: Недра, 1972. – 392 с.

4. Кузьмина, Р.И. Химические реагенты бурения нефтяных и газовых скважин / Р.И. Кузьмина, С.В. Малышев. – Саратов: СГУ, 2008. – 27 с.

5. Рязанов, Я.А. Энциклопедия по буровым растворам / Я.А. Рязанов. – Оренбург: Изд-во Летопись, 2005. – 664 с.

УДК 621.926

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНЫХ ДРОБИЛОК ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**Писарев Д.Ю., Яковлев Е.А.**

**Научный руководитель Басалай Г.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрены конструктивные и технологические особенности центробежно-ударных дробилок, применяемых в горной отрасли. Определены основные направления исследований по модернизации конструкций и оптимизации режимов работы этих аппаратов.*

Основное применение центробежно-ударных дробилок связано с переработкой горной массы в щебень или руды для рудо-подготовки в стадии мелкого дробления на обогатительных фабриках. На центробежно-ударных дробилках получают продукт (щебень) с низким содержанием лещадных зерен (до 10 %) преимущественно кубовидной формы, так как дробилки используют принцип «свободного удара» (удара «камень о камень»). Также дробилки этого типа применяются для дробления абразивных материалов и прочных материалов: стекла, кварцита, шлаков, клинкера, некоторых ферросплавов.

Другая важная сфера применения центробежно-ударных дробилок – это рудоподготовка, при которой сухое дробление по принципу «камень о камень» дает на ряде руд существенно лучшее раскрытие зерен минералов из породы, т. е. позволяет построить более эффективную технологию обогащения, чем при традиционном дроблении раздавливанием.

В регионах, где затруднена добыча или нет пригодного песка, центробежно-ударные дробилки позволяют нарастить его количество. При этом дробление идёт об отбойное кольцо и с повышенными оборотами.

В ряде высокоразвитых зарубежных стран в течение последнего двадцатилетия масштабы изготовления и использования вертикальных центробежно-ударных дробилок резко и существенно возросли. Производится широкий спектр типоразмеров этих машин производительностью от 50 до 450 т/ч.

В дробилках центробежного типа реализуется принцип дробления свободным ударом. Подлежащий дроблению материал подается на быстровращающийся ротор, установленный на вертикальном валу. Ротор снабжен разгонными элементами (ребра, лопасти, каналы и т.д.). Материал ускоряется разгонными элементами и выбрасывается на отражательную поверхность, расположенную на периферии камеры дробления, где разрушается при ударе.

Основными преимуществами этих аппаратов являются:

- Высокая энергонапряженность в зоне дробления, что обеспечивает высокую степень сокращения;
- Изометричность формы зерен получаемого продукта;
- Возможность селективного дробления, связанная с тем, что разрушение материала при ударе происходит по плоскостям спайности;
- Стабильность гранулометрического состава получаемого продукта. Состав продукта дробления центробежно-ударных дробилок не зависит от производительности, от износа рабочих органов, от влажности перерабатываемого материала;
- Простое и эффективное воздействие на гранулометрический состав продукта путем изменения скорости вращения ротора, что не приводит к снижению производительности по питанию;
- Простой контроль износа рабочих органов, низкая трудоемкость технического обслуживания;
- Высокая производительность на единицу массы дробилки (до 20 – 50 т/ч на тонну);
- Равномерный износ рабочих органов, ротора, позволяющий избежать резкого повышения уровня динамичности, шума, вибрации в процессе эксплуатации, что характерно для молотковых и роторных дробилок и связано с неравномерными, преимущественно ударным характером износа их элементов.

Основными недостатками, в течение длительного времени сдерживающими развитие центробежно-ударных дробилок, является низкий ресурс элементов ротора, связанный с износом, что ограничивало сферу применения этих машин для дробления материалов большой крепости и абразивности, снижало их эксплуатационные показатели.

Кроме этого, не найдены эффективные пути решения проблемы дисбалансов разгонного ротора, что не позволило создать работоспособную конструкцию центробежного аппарата для горнорудной промышленности. Поэтому решение этих проблем является, по-прежнему, актуальной научно-технической задачей.

Таким образом, как отмечается в работе [1], в качестве перспективных можно выделить следующие направления научно-исследовательских и конструкторских работ по дробилкам центробежного типа.

В мировой практике уделяется большое внимание модернизации техники и совершенствованию технологии рудоподготовки, наиболее трудоемким и энергоемким процессом которой является дробление (измельчение) руд, на долю которой приходится 50 – 70 % энергозатрат, капитальных и эксплуатационных расходов.

В настоящее время основным оборудованием для дробления минерального сырья являются конусные дробилки и барабанные мельницы, технический уровень которых не в полной мере отвечают современным требованиям и уровню рудоподготовки, а также качеству продукции обогатительного передела.

Прослеживается тенденция к широкому внедрению мельниц самоизмельчения в соответствующих областях рудоподготовки, но для эффективного их применения необходимо коренное совершенствование их конструкции с целью повышения эффективности и надежности.

Ведутся активные поиски новых способов дезинтеграции минерального сырья и разрабатывается соответствующее оборудование, среди них следует отметить следующее: струйные, планетарные, башенные, вибрационные мельницы, мельницы интенсифицированного размола, мельницы динамического самоизмельчения, центробежные дробильно-измельчающие аппараты.

В зарубежной практике рудоподготовки в стадиях мелкого дробления все более широкое применение находят дробилки центробежного типа, реализующие принцип разрушения материала свободным ударом в поле центробежных сил и позволяющие получить крупность дробленого продукта 5-10 мм. Бла-

годаря этому представляется возможным перераспределить трудоемкость и энергозатраты между циклами дробления и измельчения в направлении увеличения удельного веса циклов дробления в общем процессе дезинтеграции руд, так как каждый миллиметр снижения крупности циклов дробления позволяет на 1,5 % снизить энергоемкость и на столько же повысить производительность циклов измельчения.

Создание работоспособных конструкций отечественных дробилок центробежного типа сдерживается нерешенностью проблем эффективной компенсации дисбалансов и интенсивного износа разгонного ротора. Решение этих проблем позволит создать работоспособные конструкции центробежных дробилок для эффективного их применения как на солеобогатительных фабриках в технологических процессах производства калийных удобрений, так и на дробильно-сортировочных линиях по производству кубовидного щебня.

#### **Библиографический список**

1. Печковский В.В. *Дробление и измельчение руд.* – Донецк : 2001. – 254 с.

УДК 502.654

### **ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Янковская А.В.**

**Научный руководитель Басалай И.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Представлены основные технологические схемы обогащения природных ресурсов. Рассмотрены способы переработки минерального сырья. Отмечено, что эффективность использования полезных ископаемых зависит, прежде всего, от содержания в них ценного компонента и наличия вредных примесей.*

Обогащение полезных ископаемых – совокупность процессов механической переработки минерального сырья с целью извлечения ценных компонентов и удаления пустой породы и вредных примесей, которые не представляют практической ценности. В результате данного процесса получают два основных продукта: концентрат и хвосты. Возможно также получение

концентратов различных сортов. В ряде случаев получают комплексные концентраты, компоненты которых разделяются уже в металлургическом процессе. Из руды получают концентрат, качество которого выше, чем качество руды. Качество концентрата характеризуется содержанием ценного компонента (оно выше, чем в руде), содержанием полезных и вредных примесей, влажностью и гранулометрической характеристикой [1].

Причины возникновения и развития обогащения природных ресурсов обусловлены тем, что минеральное сырье обычно встречается в виде, исключающем возможность его непосредственного использования вследствие недостаточно высокого содержания полезных компонентов или наличия вредных примесей [2].

Обогащение полезных ископаемых осуществляется с помощью ряда последовательных подготовительных, основных и вспомогательных операций. Все эти операции составляют так называемую схему обогащения природных ресурсов (рис. 1), которая выбирается преимущественно в зависимости от минерального состава сырья и содержания в нем полезных компонентов.

Предварительное обогащение полезных ископаемых позволяет:

- увеличить промышленные запасы сырья за счет использования месторождений бедных полезных ископаемых с низким содержанием ценных компонентов;
- повысить производительность труда на горных предприятиях и снизить стоимость добываемой руды за счет механизации горных работ и сплошной выемки полезного ископаемого вместо выборочной;
- повысить технико-экономические показатели химических и металлургических предприятий при переработке обогащенного сырья за счет снижения расхода топлива, электроэнергии, флюсов, химических реактивов, улучшения качества готовых продуктов и снижения потерь полезных компонентов с отходами;
- комплексно использовать полезные ископаемые, так как предварительное обогащение позволяет извлечь не только основные полезные компоненты, но и сопутствующие, содержащиеся в малых количествах;
- снизить расходы на транспортирование к потребителям более богатых продуктов, а не всего объема добываемого полезного ископаемого;
- выделить из минерального сырья те вредные примеси, которые при дальнейшей его переработке могут загрязнять окру-

жающую среду и тем самым угрожать здоровью людей и ухудшать качество конечной продукции [3].



Рис. 1 – Схема обогащения природных ресурсов

Процессы обогащения полезных ископаемых по своему назначению делятся на подготовительные, вспомогательные и заключительные (рис. 2).

Подготовительные процессы предназначены для раскрытия или открытия зёрен полезных компонентов, входящих в состав полезного ископаемого, и деления его на классы крупности. К ним относят процессы дробления, измельчения, грохочения и классификации.

Основные процессы обогащения предназначены для выделения из исходного минерального сырья одного или нескольких полезных компонентов. Исходный материал в процессе обогащения разделяется на соответствующие продукты – концентраты, промышленные продукты и отвальные хвосты.

В процессах обогащения используют отличия минералов полезного компонента и пустой породы в плотности, магнитной восприимчивости, смачиваемости, электропроводности, форме зёрен, крупности, химических свойствах и др.



Рис. 2 – Процессы обогащения полезных ископаемых

Заключительные операции в схемах переработки полезных ископаемых предназначены, как правило, для снижения влажности до кондиционного уровня, а также для регенерации оборотных вод обогатительной фабрики. Основными заключительными операциями являются сгущение пульпы, обезвоживание и сушка продуктов обогащения.

Переработка минерального сырья – включает в себя много различных процессов и является самой важной частью во всей работе по добыче минеральных ресурсов [2, 3].

В зависимости от вида минерального сырья применяют комплексную переработку (для твердых ископаемых) или комбинированную (для твердых и жидких ископаемых).

Комплексная переработка – разделение полезных ископаемых на конечные продукты с извлечением всех содержащихся в исходном сырье ценных компонентов, производство которых технически возможно и экономически целесообразно. При комплексной переработке необходим детальный анализ вещественного состава полезных ископаемых, продуктов обогащения и химико-металлургической переработки. На основе такого анализа рассчитывается баланс распределения полезных компонентов по продуктам переработки и разрабатывается технология их рационального извлечения. Выделяют четыре уровня комплексной переработки твердого минерального сырья:

- выделение из сырья методами обогащения одного концентрата, содержащего один или несколько основных ценных компонентов;
- дополнительные выделения методами обогащения самостоятельных концентратов, не являющихся основными для данной подотрасли;
- выделение элементов - спутников, не образующих самостоятельных минералов;
- использование отходов обогащения и металлургии для получения строительных материалов, удобрений и другой сопутствующей продукции.

Также, в некоторых случаях целесообразно применение комбинированной переработки, которая представляет собой сочетание методов и процессов обогащения в металлургии для наиболее эффективного разделения компонентов. Комбинированная переработка достигается комбинацией физических полей в одном аппарате или в ряде последовательно расположенных аппаратов.

### **Библиографический список**

1. Авдохин В.М. *Основы обогащения полезных ископаемых. Обоганительные процессы. Т.1.* – 2006. – 556 с.
2. *Обогащение полезных ископаемых // Горная энциклопедия. Т.Т. 1–5:– М.: Советская энциклопедия, 1984–1991.*
3. *Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Том 3//Учебное пособие для вузов. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2005. – 470 с.*

## **СВОЙСТВА И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОРСКОГО ЛЬДА**

**Баева Е. К.**

**Научный руководитель Трушко В. Л.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*В статье представлены основные сведения о классификациях и типах морских льдов, перечислены физико-механические свойства морского льда, методы определения и способы повышения несущей способности ледяного покрова, а также рассмотрены методы моделирования ледяного поля.*

Вопросы рационального проектирования разнообразных ледовых морских сооружений являются крайне важными на сегодняшний день в связи с растущим геополитическим и экономическим интересом к арктическому региону. Вследствие возможного использования льда как материала для различных инженерных решений для безопасности работ на льду особое значение имеет оценка несущей способности ледяного покрова.

Методы определения ледовых нагрузок основываются на математических моделях, описывающих механику деформирования и разрушения льда.

### **Используемые классификации морских льдов**

В ледовых исследованиях применяют несколько основных видов классификации морских льдов. Среди них структурно-генетическая классификация, предложенная Н.В. Черепановым, где за основу берется кристаллическая структура и условия образования/происхождения льда, а также классификация по возрастным категориям.

В соответствии со структурно-генетической классификацией морской лед разделяется на девять основных (В1-В9) типов и четыре дополнительных (Г1-Г4). Основные типы характерны для однолетних льдов, а дополнительные – для многолетних, структуры которых связана с происшедшими в периоды повторного выхолаживания процессами декристаллизации.

Наибольшее распространение в Арктике, по оценкам ААНИИ, имеют льды типов В2, В3 и В4.

В зависимости от стадии развития льды делятся на начальные виды, молодые, однолетние, двухлетние и паковые льды.

### Физико-механические свойства льда

Для оценки влияния физико-механических характеристик льда на напряженно-деформированное состояние ледяного покрова вначале рассмотрим реально возможные диапазоны изменения интересующих параметров.

Плотность льда в значительной степени определяется структурой льда. В зависимости от возраста льды имеют различную соленость, а, следовательно, и плотность. Наиболее велика изменчивость солености и плотности у молодых льдов (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики льдов различных возрастных категорий

Вид льда	Толщина, см	Соленость, ‰	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Нилас	3-10	13-18	830-916
Серый лед	10-15	7-10	810-890
Серо-белый лед	15-30	2-7	780-890
Белый лед	30-70	2-7	700-900

Плотность морского льда незначительно отличается от пресноводного. По данным исследований В. В. Богородского [3], В. В. Лаврова [10], М. И. Серикова [14], В. Н. Смирнова [16] плотность морского льда колеблется в пределах  $\rho_{\text{л}}=840\pm 930$  кг/м<sup>3</sup>.

Пористость льда определяется условиями его образования и роста. В общем можно отметить тенденцию к образованию максимум пористости верхних и нижних слоев ледяного покрова.

Энергия деформирования, отнесенная к единице массы льда, даже при его разрушении на порядок меньше внутренней энергии кристаллической решетки [22]. Это свидетельствует о том, что упругие деформации льда невелики.

Механические свойства льда, определяемые его упругими константами, сравнительно слабо зависят от его солености и температуры, в то время как влияние этих факторов на остальные механические характеристики велико.

Значения упругих характеристик морского льда, полученные различными исследователями с помощью сейсмических, ультразвуковых и акустических методов, неплохо согласуются между собой.

В таблице 2 приведены упругие константы однолетних и многолетних морских льдов, определенные В. В. Богородским.

Таблица 2 – Экспериментальные значения упругих констант морского льда, в дин/см<sup>2</sup>

	Значения в разных слоях по толщине ледяной пластины									
	однолетний лед					многолетний лед				
$E \cdot 10^{-10}$	2,70	7,50	4,08	5,95	5,85	8,95	5,30	7,96	4,56	
$G \cdot 10^{-10}$	1,02	2,86	1,54	2,25	2,20	3,36	2,04	2,96	1,69	
$E/G$	2,66	2,62	2,65	2,66	2,66	2,66	2,65	2,70	2,70	
$\mu$	0,33	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,32	0,35	0,35	

Интересно, что величина коэффициента Пуассона, а также отношение модуля упругости к модулю сдвига получается примерно постоянным от слоя к слою.

Морской лед по сравнению с пресным отличается большей пластичностью. Наполняя на берег и следуя форме уступов и ступеней, он может подниматься вверх до 15 м.

Инженерный подход к расчету ледовых нагрузок основывается на традиционных испытаниях прочности образцов льда. Однако масштабный эффект не позволяет однозначно судить о реальной прочности льда и ледяных образований.

Напряжения, вызывающие разрушение льда при изгибе и растяжении, являются основными критериями оценки прочности ледяного покрова. Существует ряд экспериментальных методов определения этих прочностных характеристик.

#### **Методы определения грузоподъемности ледяного покрова**

Российскими специалистами созданы методы расчета ледяного покрова под нагрузкой, которые можно разделить на приближенные и точные. Приближенные методы рассматривают одиночную нагрузку (короткие передачи) и основываются на эмпирических зависимостях (П. И. Лебедев), принципе аналогии (М. М. Корунев) или являются упрощением точных методов (М. М. Канский и А. Р. Шульман).

Точные методы основаны на положениях строительной механики, и плавающий ледяной покров рассматривается как упругая плита неограниченных размеров на упругом основании. Нужно отметить, что величина грузоподъемности ледяного покрова, подсчитанная точными методами, является все же приближенной.

Прочность льда на изгиб определяется несколькими способами: по разрушению балок, свободно лежащих на двух опорах, по разрушению консолей, либо по разрушению круговых плит.

#### **Способы повышения несущей способности ледяного покрова**

При практическом использовании ледяного покрова его грузоподъемность в естественном состоянии не всегда обеспечивает потребность. В этом случае обеспечить необходимую грузоподъемность ледяного покрова можно только путем его усиления.

Наиболее рациональным представляется усиление ледяного покрова путем намораживания дополнительного ледяного слоя. Также эффективными методами повышения несущей способности льда являются уменьшение температурного градиента, армирование и применение свай.

### **Моделирование основных ледовых процессов**

Для моделирования ледовых процессов используются два типа моделей ледяного покрова: физико-математические и физико-статистические.

В настоящее время в России и за рубежом разработан широкий комплекс физико-математических моделей морского ледяного покрова, позволяющий рассчитывать изменения во времени и пространстве разных характеристик состояния морских льдов в разных регионах Северного и Южного полушарий Земли.

Помимо физико-математических моделей для расчета эволюции состояния морского ледяного покрова могут быть использованы физико-статистические модели, которые широко используются в ледовых расчетах и прогнозах для ледовитых морей.

### **Библиографический список**

1. Беккер А.Т., Анохин П.В., Сабодаш О. А., Коваленко Р.Г., Уварова Т.Э., Помников Е. Е. *Экспериментальное исследование физико-механических свойств модельного льда и их влияния на абразию материала конструкции ледостойких платформ* // ГИАБ. 2014.

2. Богородский В. В. *Упругие характеристики льда.* – «Акустический журнал», 1958, т. 4, вып. 1, С. 19 – 23.

3. Богородский В. В. *Физические методы исследования ледников* / Богородский В. В. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 214 с.

4. Богородский В.В., Гаврило В.П. *Лед: Физические свойства: Современные методы гляциологии*, Гидрометеоиздат, 1980. – 384 с.

5. Бурке А.К. *Морской лед Л; Главсевморпути*, 1940. – 96 с.

6. Бычковский Н.Н., Гурьянов Ю.А. *под общ. ред. Н.Н. Бычкового Ледовые строительные площадки, дороги и переправы*, Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. – 260 с.

7. Войтковский К.Ф. Основы гляциологии, М, Наука, 1999. – 256 с.
8. Гольдштейн Р. В., Осипенко Н. М. Некоторые вопросы механики прочности морского льда // Физ. мезомех., 2014;
9. Доронин Ю.П., Хейсин Д.Е., Морской лед. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 318 с.
10. Лавров В.В. Деформация и прочность льда /Лавров В.В и др.-Л.: Гидрометеизд,1969. – 206 с.
11. Линьков Е. М. Упругие свойства льда и методы их изучения. – «Вестн. ЛГУ», 1957, No 16, серия физ. и хим., вып. 3, с. 57 – 68.
12. Линьков Е. М. Изучение упругих свойств ледяного покрова в Арктике. – «Вестн. ЛГУ», 1958, No 4, серия физ. и хим., вып. 1, – С. 138-145.
13. Патерсон У.С.Б. Физика ледников, М, Мир, 1984. – 472 с.
14. Сериков М. И. Определение модуля упругости льда резонансным методом//Проблемы Арктики, 1959 - вып. 6.
15. Смирнов В. Н. Определение упругих характеристик ледяного покрова с помощью динамических и статических методов. – «Труды ААНИИ», 1971.
16. Смирнов В.Н. Некоторые вопросы натурального исследования деформаций и напряжений в ледяном покрове: Труды ААНИИ.-Л.:Гидрометеизд,1976.
17. Смирнов В.Н., Миронов Е.У. Исследования прочности, морфометрии и динамики льда в инженерных задачах при освоении шельфа в замерзающих морях, СПб, ААНИИ, 2010.
18. И.А. Степанюк Технологии испытаний и моделирования морского льда. СПб, Гидрометеиздат, 2001. – 78 с.
19. Петров И.Г. Выбор наиболее вероятных значений механических характеристик льда: Труды ААНИИ.-Л.: Гидрометеизд, 1976.
20. П. Трюде Физика и механика льда пер. с англ. под ред. Р.В. Гольдштейна, М, Мир, 1983. – 348 с.
21. Тышко К.П., Черепанов Н.В., Федотов В.И. Кристаллическое строение морского ледяного покрова СПб, Гидрометеиздат, 2000. – 66 с.
22. Хейсин Д.Е., Лихоманов В.А. Экспериментальное определение удельной энергии механического дробления льда при ударе. – «Проблемы Арктики и Антарктики», 1973.
23. Якименко О.В., Сиротюк В.В. Лабораторные испытания ледяных балок, армированных геосинтетическими материалами // Вестник СибАДИ. 2008.

24. Langleben M. P. Young's modulus for sea ice. – "Canad. J. Phys.", 1962, vol. 40, N 1, p. 1 – 8.

25. Perey F. G., Pounder E. R. Crystal orientation in ice sheets. – "Can. J. Phys.", 1958, vol. 36, N 4, p., 494 – 503.

УДК 372.862

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК ТРЕНД В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ**

**Мищенко К.П., Тихомирова Е.А.**

**Научный руководитель Сагирова Л.Р.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Беспилотные летательные аппараты на сегодняшний день имеют широкий спектр различных функций. Рассмотрены задачи, решаемые с помощью беспилотных летательных аппаратов в различных сферах, рассмотрена методика подготовки специально обученных кадров для эксплуатации и обслуживания дронов.*

В статье рассмотрены задачи различных сфер деятельности, решаемые с привлечением беспилотных летательных аппаратов, отмечена растущая потребность работодателей в кадрах, владеющих навыками управления и обслуживания беспилотных летательных аппаратов, необходимость методического обеспечения и образовательной деятельности в этом направлении.

За последние пять лет функционал беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) существенно расширился, в то же время улучшились их характеристики, понизилась себестоимость. Относительно низкая стоимость – основное достоинство БПЛА, наряду с оперативностью выполнения поставленных задач и эргономичностью. Рассмотрим более подробно, для каких целей используются сегодня беспилотные летательные аппараты в различных сферах.

Возможность получения фото и видео высокого разрешения с мультикоптеров – дистанционно управляемых летательных аппаратов вертолетного типа, которые сегодня доступны широкому кругу лиц благодаря относительной простоте конструкции и управления, значительно облегчает мониторинг многих явлений. Особенно актуальна эта функция при обнаружении и отслеживании чрезвычайных происшествий и стихийных бедствий – лесных пожаров, наводнений, разливов нефти, а также

определения координат их границ. БПЛА различных типов (самолетного, вертолетного), используемые Министерством Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям, помимо фото- и видеосъемки с трансляцией в режиме реального времени осуществляют также слежение за статичными и движущимися объектами, экологический и метеорологический мониторинг [1].

Аэросъемки нашли применение в геодезии и картографии для создания карт, планов, в том числе, детальных трехмерных моделей местности. Для этих же целей БПЛА применяются и в горнодобывающей промышленности, облегчая построение трехмерных моделей месторождений полезных ископаемых и подсчет запасов, оценку динамики разработки месторождений карьерным способом.

В нефтедобывающей отрасли, дроны используются для контроля состояния технологических объектов, в частности, наземных нефте- и газопроводов. Более того, уже существуют разработки БПЛА, направленные на идентификацию и устранение неполадок на трубопроводе: аппарат устраняет разгерметизацию путем нанесения пенополиуретановой заплатки [4]. Актуально применение беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за работами, проводимыми подрядными организациями.

В строительной отрасли дроны становятся незаменимым средством. Почти все крупные компании имеют дроны для мониторинга процесса строительства в режиме реального времени, благодаря постоянному наблюдению компании получают снижение рисков за счет раннего обнаружения опасности, сокращение временных затрат на сбор данных, повышение точности измерений, улучшение коммуникации и кратную экономию средств. Некоторые компании пошли дальше и создали концепцию «умной стройки», которая предполагает использование БПЛА как части цепочки всего процесса строительства. С помощью дронов создаются 3D карты местности и сопровождается роботизированное землеройное оборудование, погрешности в работе достигают минимальных значений. В дальнейшем планируется использование дронов для переноса грузов различной тяжести.

Так в России существует БПЛА, имеющий грузоподъемность 400 кг и способный пролететь до 350 км на скорости до 75 км/ч. Дрон имеет обширный список сфер применения – это обработка полей, перевозка грузов в условиях повышенных и пониженных температур и использование при тушении пожаров [2]. В нефтегазовой промышленности такой агрегат позволит решить многие проблемы, в первую очередь, задачу срочной доставки грузов в

условиях крайнего севера, когда из-за погодных условий пилотируемые летательные средства использовать запрещено, но доставить груз необходимо срочно, потому что простой оборудования из-за поломки какой-нибудь детали весом 100 кг обходится компании в миллионы рублей.

В электроэнергетике существует разработка квадрокоптера, выполняющего монтаж устройств мониторинга линии электропередачи. Обычно эти работы выполняются монтажниками вручную, они сопряжены с большим риском для жизни и здоровья (работа на высоте с объектами, находящимися под высоким напряжением), а также временными затратами на регламентные работы. Таким образом, БПЛА в данном случае помогает ускорить работы и сделать их безопаснее [3].

Преимущества привлечения беспилотных летательных аппаратов для выполнения различных задач очевидны: они зачастую повышают оперативность проведения работ, экономят материальные и трудовые ресурсы, снижают риск для жизни и здоровья человека. В настоящее время отмечается устойчивый тренд на роботизацию технологических операций среди горно- и нефтедобывающих компаний. Однако внедрение дронов на производстве сопряжено с некоторыми трудностями, такими, как подготовка специально обученного персонала и закупка соответствующего оборудования. По мнению авторов, эта проблема может быть частично решена путем обеспечения рынка труда кадрами, владеющими навыками эксплуатации и обслуживания БПЛА. В настоящее время в России уже существует спрос на специалистов этого профиля, работодателями выступают МЧС, геодезические, агрономические, нефтедобывающие и другие компании.

В то же время, обучение профессии «оператор БПЛА» по-прежнему недостаточно методически обеспечено и доступно. В МЧС существует внутренний курс по управлению дронами для работников. Появились и частные курсы на коммерческой основе, различные по длительности и стоимости. Авторами предлагается следующая концепция: обучение эксплуатации беспилотных летательных аппаратов может происходить на базе высших учебных заведений в рамках студенческих объединений, коммерческих курсов или предметов, предлагаемых на выбор студентов. Студенческие объединения для этой цели – наиболее простой для осуществления вариант, поскольку среди молодежи распространен интерес к мультироторным беспилотным аппара-

там – квадрокоптерам, которые за последние годы стали намного доступнее благодаря низкой стоимости и простоте управления. Знакомство с профессиональными беспилотниками, используемыми для целей геодезии, МЧС и в других сферах может происходить с помощью привлеченных специалистов из компаний-производителей этих аппаратов.

В предполагаемый курс обучения предлагается включить ознакомление с принципами работы устройств, составляющих БПЛА, с целью выработки навыков устранения неполадок в условиях аварийных ситуаций; изучение программного обеспечения и интерфейса систем управления беспилотными аппаратами; несколько этапов практического обучения, которые строятся на принципе перехода от управления более простыми и бюджетными дронами к управлению сложными дорогостоящими аппаратами, это позволит минимизировать аварийность, обеспечит экономию средств и безопасность. Практическому обучению должно сопутствовать овладение методиками обработки результатов. Курс завершается итоговым экзаменом, включающим выполнение определенного задания в реальных условиях и обработку полученных результатов.

Данная система позволяет:

- наладить связи университета и компаний-производителей и/или пользователей беспилотных летательных аппаратов, это дает возможность для прохождения практик и дальнейшего трудоустройства выпускников;
- расширить набор навыков и умений выпускников-инженеров, которые наряду со специфическими профильными знаниями будут обладать возможностью управления беспилотными устройствами, что актуально на нынешнем рынке труда;
- усилить интерес студентов к процессу обучения, благодаря преобладающим практическим занятиям;
- создать новую платформу для социального развития учащихся, которая поможет им проявлять себя.

Таким образом, беспилотные летательные аппараты постепенно вовлекаются во многие процессы в промышленности и других сферах, позволяя сделать их дешевле, быстрее и безопаснее. Специалисты, владеющие навыками работы с БПЛА, требуются уже сегодня многим компаниям разных профилей. Проблема нехватки этих специалистов на рынке труда может быть частично решена введением в высших учебных заведениях специального курса, включающего обучение эксплуатации и

обслуживанию беспилотных летательных аппаратов, обработке полученных с их помощью данных. Подобный курс также способствует подготовке кадров, востребованных на рынке труда, а также построению связей ВУЗов с компаниями, которые производят или используют БПЛА для своих целей.

### **Библиографический список**

1. *Беспилотные аппараты МЧС России: виды и классификация [Электронный ресурс]. – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya/> (дата обращения: 07.09.2019)*

2. *Дрон-великан и его грузы. В Татарстане нашли замену обычной авиации / [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/v-strane/5854609> (дата обращения: 05.09.2019)*

3. *Урбанов В.А. Применение беспилотного летательного аппарата для монтажа устройств мониторинга линии электропередачи // V Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов АО «ГРПЗ»: сб. статей. – 2017. – С.73-78.*

4. *Шихмагомедова С.М. Использование беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №6. – С.48 – 49.*

# **ЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 611.57

## **MAIN DIRECTIONS TO INCREASE BIOGAS PRODUCTION FOR ORGANIC WASTES MANAGEMENT**

**Aleinikava D., Levachiova D.  
Supervisor Belskaya H.**

*Belorussian National Technical University*

*Main analysis of efficiency of biogas production from organic waste in the frame of pretreatment are presented in the article.*

Biogas technologies today are one of the promising fields of renewable energy to provide solutions for both energy-related and environmental tasks. The biogas production is a well-known technology that brings many benefits, both economic and environmental because biogas is a renewable energy source that comes from cheap and environmentally friendly recycling of organic waste and it lowers the greenhouse gas emission. The biogas production is also a sanitation process that reduces pathogen microorganisms in organic waste, removes odours and flies and produces an organic fertilizer that brings economic benefits for the farmers. The availability at low costs and ability to use the broad spectrum of feedstocks makes biogas a very usable fuel that can be used to produce heat, steam, electricity, hydrogen or even as a transportation fuel [1].

According to the information of the Department for Energy Efficiency of the State Standardization Committee of the Republic of Belarus, the country has 18 operating biogas plants with a total installed capacity of over 26 MW. The most plants have electric power up to 2 MW, which ensures better efficiency in solving the tasks of their effective use. In particular, they are mostly using animal waste as raw materials for biogas production. Six plants work on landfill gas.

Biogas is produced in a process known as anaerobic digestion (AD). The AD is a process during which complex organic matter is decomposed by diverse types of microorganisms through a series of metabolic stages (hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis) in the absence of oxygen. The result of the AD process is two main products: biogas and digestate. Biogas is a mixture of

CH<sub>4</sub> (50 – 70 % (v/v)), CO<sub>2</sub> (25 – 50 % (v/v)), H<sub>2</sub>S (0 – 5000 ppm (v/v)), NH<sub>3</sub> (0-500 ppm (v/v)), N<sub>2</sub> (0 – 5 % (v/v)) and traces of water vapour [2]. Digestate is the decomposed substrate full of macro- and micronutrients which can be applied on the soil as a fertiliser due to its good homogeneity and C/N ratio, nutrient availability and significantly reduced odours.

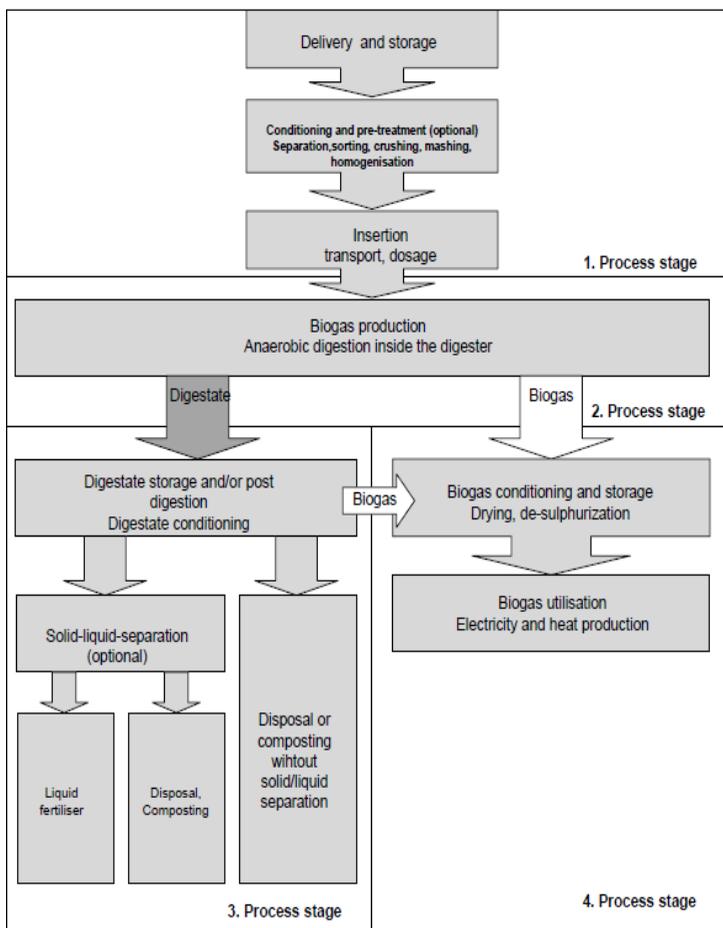


Fig. 1 – Process stages of biogas plant

The first process stage (storage, conditioning, transport and insertion of feedstock) includes the storage tank for manure, the collection bins, the sanitation tank, the drive-in storage tanks and the solid feedstock feeding system.

The second process stage includes the biogas production in the biogas reactor also referred to as the digester.

The third process stage is represented by the storage tank for digestate and the utilisation of digestate as fertiliser on the fields.

The fourth process stage (biogas storage, conditioning and utilisation) consists of the gas storage tank and the CHP- unit (combined heat and power generation).

Efficiency of operating biogas plants in Republic of Belarus is quite low. Some pretreatment methods may be used in the aim to increase biogas production efficiency:

1. Physical pretreatment methods do not use chemicals or microorganisms. The main functions of physical pretreatment of raw material are to increase the surface area and size of the pores, rupture the structure of the biomass, and decrease the crystallinity [3].

2. Chemical pretreatments are widely used with lignocellulosic biomasses and are generally viewed as satisfactory. It is generally less expensive and is faster and more efficient at increasing the degradation of complex organic waste materials. Commonly used chemical pretreatments are acid, basic, oxidation, ionic liquid, and organosolv processes [4].

3. The biological pretreatment of biomass to increase biogas production in anaerobic digestion mostly uses fungi, microbial consortium, and enzymes. Pretreatment with the microbial consortium is performed by microorganisms selected from natural environments whose substrate is the lignocellulosic biomass [4].

4. Enzymatic hydrolysis is another biological pretreatment. Pretreatment by enzymatic hydrolysis may provide an alternative to energy-demanding thermal and mechanical pretreatments and to chemical pretreatments because enzymes are safer compounds than chemicals [4].

5. Combined pretreatment is a combination of several pretreatment types described above. For example, plant substrate can be crushed (mechanical pretreatment), exposed to the effect of acid solution (chemical pretreatment), placed in an autoclave (mechanical pretreatment) and hydrolyzed by fungi and enzymes (biological/enzymatic pretreatment).

## References

- 1 Weiland P. *Biogas production: Current state and perspectives. Appl Microbiol Biotechnol.* 2010;85(4):849 – 60.
- 2 Surendra K., Takara D., Hashimoto A.G., Khanal S.K. (2014) *Biogas as a sustainable energy source for developing countries: opportunities and challenges. Renew Sust Energ Rev* 31:846 – 859.
- 3 Wang F., Zhang D., Wu H., Yi W., Fu P., Li Y., Li Z. (2016) *Enhancing biogas production of corn stover by fast pyrolysis pretreatment. Bioresour Technol* 218:731 – 736.
- 4 Rodriguez C., Alaswad A., Benyounis K.Y., Olabi A.G. (2017) *Pretreatment techniques used in biogas production from grass. Renew Sustain Energy Rev* 68:1193 – 1204.

УДК 504.054

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

**Алейникова Д.**

**Научный руководитель Зеленухо Е.В.**

*Белорусский национальный технический университет*

*В работе определены энергетические, экологические и агротехнические аспекты использования биогазовых технологий для переработки органических отходов*

Рост объемов производства и потребительской способности приводит к увеличению образования отходов. Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 1400 наименований отходов с широким спектром морфологических и химических свойств. В данной работе рассмотрена группа органических отходов, к основным видам которых относятся: отходы животноводства; отходы растениеводства; отходы очистки и подготовки вод; отходы перерабатывающей промышленности (сахарной, целлюлозно-бумажной и др.).

Существенным источником образования органических отходов в республике являются сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия. Они обеспечивают страну продукцией, а также занимают лидирующие позиции по объемам экспорта. Выращивание сельскохозяйственной продукции (растениевод-

ства и животноводства) сопровождается увеличением образования отходов, в первую очередь, органических, которые подлежат (в основном) долговременному складированию и, частично, вторичному использованию. Сложившиеся тенденция осложняется тем обстоятельством, что объемы производства сельскохозяйственной продукции будут стабильно увеличиваться в ближайшее время, что способствует увеличению объемов образования отходов. Так, согласно Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы, объемы производства продукции животноводства должны вырасти к 2020 году на 18,3 %.

Органические отходы представляют серьезную угрозу окружающей среде, загрязняя поверхностные и грунтовые воды, почвы, атмосферный воздух нитратами, органическими веществами, меркаптанами и др. соединениями.

Одним из способов переработки органических отходов является использование биогазовых технологий. Процесс получения биогаза называют ферментацией, или метановым сбраживанием. Биогаз образуется, в результате разложения органического вещества микроорганизмами в условиях отсутствия кислорода, так называемый процесс анаэробного брожения.

К условиям, необходимым для переработки органических отходов внутри реактора биогазовой установки, относятся: соблюдение бескислородного режима; соблюдение температурного режима; доступность питательных веществ для бактерий; необходимое время сбраживания и своевременная загрузка и выгрузка сырья; соблюдение кислотно-щелочного баланса; соблюдение соотношения содержания углерода и азота; соблюдение пропорций твердых частиц и жидкости в сырье; отсутствие ингибиторов процесса.

В настоящее время существует много различных конструкций биогазовых установок. Различают их [1]:

- по методу загрузки сырья;
- по внешнему виду;
- по составным частям конструкции и материалам, из которых они сооружаются.

По методу загрузки сырья выделяют установки порционной и непрерывной загрузки, которые отличаются временем сбраживания и регулярностью загрузки сырья. Наиболее эффективными с точки зрения выработки биогаза и получения биоудобрений являются установки непрерывной загрузки.

По внешнему виду установки различаются в зависимости от способа накопления и хранения биогаза. Газ может собираться в верхней твердой части реактора под гибким куполом или специальном газгольдере, плавающем или стоящем отдельно от реактора.

Получаемый в результате анаэробной ферментации любого органического субстрата биогаз, представляет собой смесь газов, основным компонентом которой является метан. Основные характеристики биогаза в соответствии с [2] приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики биогаза

Низшая теплота сгорания, МДж/м <sup>3</sup>	Нормальная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Содержание компонентов, %					
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
21,77	1,16	60	33,5	3	0,5	1	2

Использование биогазовых технологий для переработки органических отходов обусловлено следующими основными аспектами: энергетическим, экологическим и агротехническим.

Энергетический аспект заключается в возможности использования биогаза в качестве топлива для обеспечения собственных нужд сельскохозяйственного предприятия тепловой и электрической энергией. Так, производимая по биогазовым технологиям энергия, может быть использована, например, для обогрева производственных помещений, теплиц, использования для хозяйственно-бытовых нужд и т.п.

По составу и энергетическим характеристикам биогаз наиболее схож с природным газом, состоящим на 98 % из метана.

Важнейшей характеристикой, определяющей тепловую ценность любого топлива, является теплота сгорания. Под теплотой сгорания понимают количество тепла в кДж, которое выделяет при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива при нормальных физических условиях. Теплота сгорания обычно выражается в кДж, а иногда приводится в килокалориях (1 ккал = 4,187 кДж).

Сравнительные данные по теплотворной способности различных видов топлива, используемых для производства энергии в республике, представлены на рисунке 1.

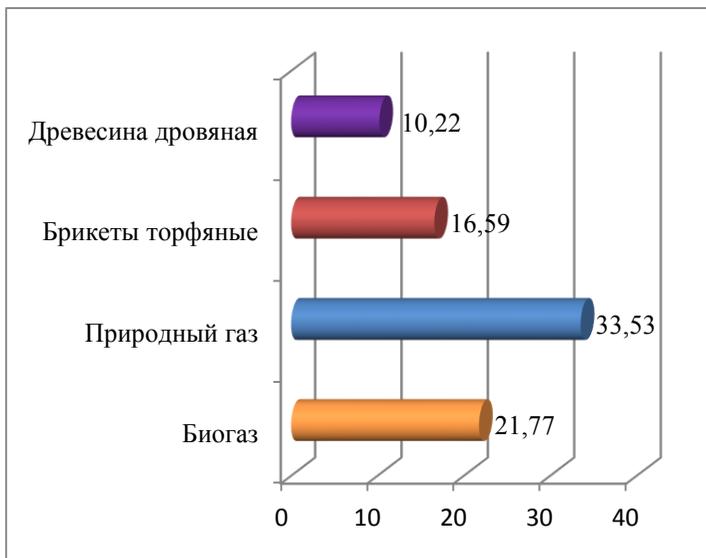


Рис. 1 – Теплотворная способность различных видов топлива, МДж/кг (МДж/м³)

Анализ данных, представленных на рисунке 1, показывает, что биогаз по теплотворной способности превосходит твердые виды топлива, однако, уступает природному газу. Теплотворная способность биогаза ниже, чем у природного газа вследствие содержания в нем углекислого газа (иногда до 30% по объему). Поскольку биогаз является возобновляемым ресурсом, это делает его использование перспективным для получения электрической и тепловой энергии.

Экологический аспект применения биогазовых технологий для переработки органических отходов имеет глобальный и локальный характер. К глобальным преимуществам относятся следующие [3]:

- сокращение потребления ископаемых видов топлива, что способствует увеличению срока их исчерпания;
- получение возобновимого источника энергии, так как биомасса (включая биоорганические отходы) постоянно возобновляется;
- сокращение выбросов парниковых газов в атмосферный воздух, что способствует защите климата.

Для конкретных территорий основными экологическими преимуществами использования биогазовых технологий являются:

- уменьшение количества отходов и объемов их накопления, что приводит к снижению нагрузки на окружающую среду;
- снижение выбросов загрязняющих в атмосферный воздух по сравнению с ископаемым топливом, а также и от навозных лагун за счет внедрения новой системы уборки, хранения и использования навоза;
- экологическая безопасность местности, расположенной в непосредственной близости от предприятий агропромышленного комплекса;
- уменьшение содержания органических веществ в отходах и сточных водах;
- экологическая замкнутость производства;
- сокращение территорий, отводимых под хранение и захоронение отходов, а в сельской местности – более рациональное использование сельскохозяйственных угодий;
- повышение плодородия почвы или восстановление нарушенных земель за счет использования переброженного осадка;
- решение ряда санитарно-гигиенических задач, таких как улучшение эпидемиологической обстановки в результате гибели патогенной микрофлоры, содержащейся в отходах, уменьшение неприятных запахов и т.п.

В качестве агротехнической составляющей можно выделить получение и использование биогумуса – продукта, получаемого после биогазовой переработки отходов. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с не переработанной органикой, так как содержит более доступные для растений формы азота, а также очищен от семян сорняков и болезнетворных организмов.

В настоящее время в республике функционирует 18 биогазовых установок общей установленной электрической мощностью более 26 МВт. Шесть установок работают на свалочном газе [4]. Так, одним из примеров использования биогазовых технологий для переработки органических отходов является введенный в эксплуатацию в 2016 г. биогазовый комплекс в д. Пережир Пуховичского района Минской области. Электрическая мощность комплекса составляет 250 кВт, тепловая мощность – 280 кВт. Для получения биогаза здесь используются отходы животноводства, образующиеся в результате функционирования молочно-товарной фермы, где содержится порядка 1200 голов крупного рогатого скота. Для повышения выхода биогаза добавляет-

ся кукурузный силос. Предварительно силос проходит через измельчитель, который выдает кукурузную фракцию оптимального размера. Измельченный кукурузный силос либо отходы комбината хлебопродуктов загружаются при помощи погрузчика в дозатор, который подает сырье по шнеку в ферментер в соответствии с выбранной программой. Насос подает в ферментер жидкое биосырье, и все компоненты биомассы оказываются включенными в протекающие одновременно биологические реакции сбраживания.

Таким образом, использование биогазовых технологий для переработки органических отходов сопровождается рядом энергетических, экологических и агротехнических аспектов.

### **Библиографический список**

1. Кононенко С.И., Ледин Н.П., Мурадова Е.Л. Производство биогаза и удобрений на животноводческих фермах // *Вестник аграрной науки Дона*. - №1, 2013. – С. 45 – 53.

2. ТКП 17.02-05-2011 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов».

3. Найман С.М., Тунакова Ю. А. Экологические и экономические аспекты применения биогазовых технологий для переработки органических отходов // *Вестник Казанского технологического университета*, 2013. – С. 191 – 196.

4. Басалай И.А., Зеленуха Е.В., Кацило В.В. Определение эффективности использования отсева фрезерного торфа в качестве топлива мини-ТЭЦ торфобрикетного завод / *Сборник науч. трудов «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»*, Минск, БНТУ, 2013. Т.2, С. 295 – 301.

4. Величко В.В., Кундас С.П., Капустин Н.Ф. Повышение эффективности биогазовых технологий // *Энергоэффективность*. №7, 2017. – С. 10 – 16.

**ENERGY SAVING AT THE ENTERPRISES ON  
PRODUCTION OF MEDICAL PRODUCTS PRODUCTION**

**Baykovsky A.A.**

**Scientific adviser Skuratovich I.V.**

*Belarusian National Technical University*

*The article discusses energy conservation measures of the Unitary Enterprise "FreBor".*

An important element in the cost of production of any enterprise are the costs associated with the provision of fuel, heat and electricity, including the cost of maintenance, repair and depreciation of power equipment. This problem is also relevant in connection with the constant increase in the cost of energy carriers in the Republic of Belarus: natural gas, oil products, electric energy.

Unitary enterprise "Frebor" for production annually consumes about 9 thousand tons of conventional fuel. The company produces energy-intensive products-chemical fibers and threads, compressed air, as well as synthetic resins and plastics. Unitary enterprise "Frebor" is one of the most energy-intensive enterprises of the Minsk region, which means that energy saving is a paramount task.

The company uses more than 10 types of energy: electricity, natural gas, steam, hot water, compressed air, chilled water, distillate. At UE "Frebor" the combined power supply is applied, thus the electric power and natural gas the enterprise receives from the regional power system, and heat and other types of fuel and energy resources (TER)-from own generating installations.

Thermal power generation is carried out in its own gas boiler (efficiency is not less than 93 %), compressor and refrigeration stations (1 kW of electricity consumed produces up to 7 kW of cold), recycling (re) water supply systems circulate up to 1000 m<sup>3</sup> of water per hour.

Energy saving measures at the enterprise can be divided into the following areas:

- development and implementation of energy saving management system;
- organization of work of technological and auxiliary equipment to increase its load, reduce the maximum load and equalize the daily schedule of power consumption;

- introduction of devices and systems of accounting of consumption of fuel and energy resources;
- improvement of existing and introduction of new energy-efficient technological processes, equipment and materials;
- improving the efficiency of heating and ventilation systems;
- increasing the efficiency of own energy sources; reactive power compensation.

The energy-saving effect can be achieved through the implementation of measures practically without additional capital investments (control over the operating modes of equipment, increasing its load, stimulating personnel, etc.) and modernization and reconstruction of production with the introduction of highly efficient energy-saving technologies, equipment and materials.

One of the measures for energy saving is thermal insulation of reinforcing and connecting heat engineering units with high temperature background of the surface.

At the Unitary enterprise "Frebor" the facts of presence of the raised thermal losses on butt sections of pipelines, valves and other fittings of thermal knots are established. Elimination of these heat losses can be carried out by the introduction of removable thermal covers (figure 1).



Fig. 1 – Thermal insulation cover

The main advantage of thermal covers over disposable insulation made of mineral wool with a metal casing is the possibility of reusable use, convenience during repair, audit and periodic inspection. Thermal covers operate at temperatures from  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+550\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

At the enterprise the facts of work of outdated lighting devices with high installed capacity were revealed. In this regard, it is necessary to replace a number of the most energy-intensive lamps with modern led (figure 2).

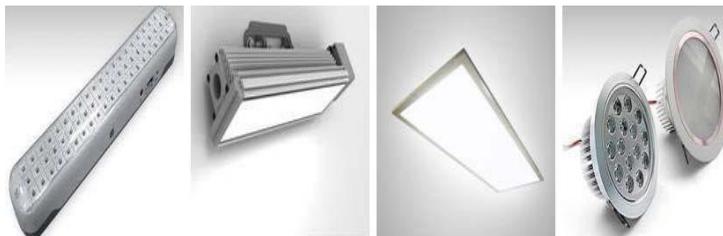


Fig. 2 – Led indoor lighting fixtures

The economic effect of replacing incandescent lamps, fluorescent lamps, arc mercury lamps with led lamps is achieved by reducing the installed power while maintaining the operating light characteristics and increasing the average life of the lighting device.

Economy of led lamps consists in small consumption of the electric power. The led lamp is 3 times more economical than the energy-saving one and 7.5 – 9 times more economical than the incandescent lamp.

Another important advantage is the response time: they have an instant start, do not need heating. It is also possible to note the long service life. Led bulbs have a lifespan of 30,000 to 50,000 hours of operation.

The most effective energy-saving measures planned for implementation in the coming years at UE "Frebor" is the use of a waste gas heat recovery boiler at a waste incineration furnace.

Systematic implementation of both organizational and technical (low-cost and medium-cost) energy saving measures at the enterprise will significantly reduce (up to 322 tons) annual energy consumption, respectively, reduce emissions of pollutants from fuel combustion.

**IMPACT OF WASTES FROM THE EXTRACTION  
AND PROCESSING OF NON-NATURAL MINERALS  
THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE REGION**

**Doroshko E.**

**Scientific supervisor Basalay I.A.**

*Belarusian National Technical University*

*Influence of waste of extraction and production of a construction stone, rock salt and oil on biosphere components is considered.*

At present, stocks with poor content of useful components are increasingly being used, resulting in increased energy consumption for their extraction and processing, increased waste and pollution. Modern ecosystems of mining, metallurgical enterprises and fuel and energy complexes are very dangerous to human life. This is due to the enormous emissions of gases and dust into the atmosphere; the formation of hazardous runoff that degrades water and soil resources; with the disruption of the balanced state of ecosystems; with a fundamental change in historical landscapes with their biocenosis.

Waste remaining after mining or processing of minerals is usually stored in special storage facilities. Solid mineral waste stores have a negative impact on the environment. Their placement causes pollution of the atmosphere, soil, surface and underground water bodies. Pollutants often have toxic or radioactive properties. Reaching 100 meters high, waste storage facilities affect the wind regime and thus change the climatic conditions of the area in which they are located. They have considerable mass, and their placement causes changes in mountain pressure in the subsoil and hydrogeological regime [1].

Solid wastes from mining occupy large areas, thus preventing the use of potentially beneficial lands that could provide additional material benefits to the society. And for waste-generating enterprises, this results in payments for land.

The volume of accumulated waste at storage facilities (in departmental storage areas and on the territory of enterprises) increased by 4 % in 2015 and amounted to about 1094.2 million tons at the end of the year (Table 1). The largest accumulation volumes are typical for halite wastes and clay-salt slimes, the amount of which in saltwater and sludge storage facilities is given in Table 1.

The problem of mining wastes is considered in various aspects. From an environmental point of view, gas wastes, such as sulphur gas and other sulphur compounds, carbon oxides and nitrogen oxides, amounting to more than 1 billion tons per year, are the most alarming. Emissions of dust containing metal compounds are tens of times higher than emissions of natural sources (volcanoes, forest fires, dust carried by wind, etc.). Consumption and pollution of water by mining industries is about 10 m<sup>3</sup> per 1 tons of extracted minerals. On average, 0,1 hectares of land for every 1000 tonnes of raw material is allocated to rock dumps, and they occupy hundreds of millions of hectares, most often uncomfortable and in some cases quite fertile land. Nature's recreational ability is no longer coping with increasing amounts of mining-produced waste, leading to irreversible habitat pollution [2].

The extraction of construction stone and the production of products of its crushing and grinding are very important in Belarus. In Brest region RUE Granit is developing a field of construction stone Mikashevichi (Luninecki district). It refers to the Zhitkovichsky-Mikashevichsky ledge of the Poleskaya saddle, represented by diorites, granodiorites and granites, which lie at depths from 7.3 m to 41.2 m. The volume of production of construction stone is 15-16 million m<sup>3</sup> annually.

In the process of granite production, there are a number of problems affected on the environment. In its extraction, processing and use, agricultural land and forest land are seized; the habitat of some living organisms is destroyed; soil erosion occurs; this natural resource is exhausted and not renewed; the composition of explosives used in the open development of quarries has a negative impact on the environment; a significant amount of water is consumed (granite polishing); waste water is contaminated; the working area is contaminated with dust. Granite also includes uranium, which, as a result of radioactive decay, is the source of radon formation [3].

Stone salt is one of the most important minerals in Belarus. Its resources, timed to the Devonian salt thicknesses of Pripyat deflection, are almost inexhaustible.

Currently, three largest fields have been explored: Mosyrskoe, Starobinsky and Davydovsky. The two first ones are operated. Total reserves - about 22 billion tons. During the decades of operation of the potash deposit in Soligorsk, more than half a million tons of waste have accumulated on the surface on the area of more than a thousand hectares (for the sake of clarity, it is about ten territories of the Minsk botanical garden, which is one of the largest in Europe).

Potash waste cannot be isolated from the area around it. They consist of water-soluble salts that easily penetrate groundwater and negatively affect the health of local residents. When exposed to atmospheric precipitation, wind and water erosion, terricons are sources of environmental pollution. Huge amounts of gases and dust aerosols are released into it. The deposition capacity of salt particles per year is approximately 600 tons. The total area of salted soils - about 900 hectares, of which the share of dust and gas pollution accounts for 85 %, the rest of the territory is salted with terricone brine [4].

Table 1 – Quantity of potash fertilizer production wastes in salt and sludge storage facilities of JSC "Production association "Belaruskali"

Year	Total waste in saltwater	Total amount of clay-salt sludge
2010	807159,5	96704,8
2011	832323,5	99655,9
2012	854587,4	702150,4
2013	873723,3	104254,4
2014	902873,8	107332,0
2015	932722,6	110484,1

Settling on soil, emissions contaminate the upper fertile arable soil layer with salts and heavy metals. Maximum pollution is observed in spring, when there is no continuous vegetation cover, and the amount of precipitation is minimal. For this reason, salt dust and heavy metals settling from smoke waste accumulate on the soil surface. In autumn, salts falling on the soil surface dissolve under the influence of precipitation and migrate from the upper layers to the deeper ones.

Salinization of soil, surface and groundwater is observed at salt waste storage sites. Fresh groundwater is the most vulnerable to intensive man-made contamination, as there are no clay water supports in the geological section of this region [5]. The ground water salinization front is almost universally expanded beyond the contours of salt tanks and sludge storage facilities. Salinization areas increase every year and spread to surface waters. Thus, in the water of Soligor reservoir increased content of sulphates, chlorides, hydrogencarbonates was found.

Drilling wells are used to develop deposits of fresh and mineral groundwater, table salt (by underground dissolution method) and oil extraction.

More than 2,000 wells with a depth of more than 2,500 m have been drilled for oil exploration and production in Belarus, including 7 wells with a depth of more than 5,000 m. More than 600 hectares of land in the area of oil production have been disturbed and contaminated with spent drilling fluids, wastewater and drilling mud. Oil in Pripyat deflection is referred to as inter-salt or salt deposits; therefore, all wastes are salted. The volume of drilling waste water at each well is about 4 – 5 thousand m<sup>3</sup>. 20 years after drilling, no wells have recovered soil fertility and have not been completely salted.

There are 2 main methods for storing and burying drilling drains:

- To accumulate in special earth barns (pits) with a depth of about 2 m and a volume of more than 2 thousand m<sup>3</sup>. The depth of the pits does not reach 2 m, but their area increases significantly. Research of Rechitsky, East Pervomaysky and other fields showed that the area of salinization ranges in them reaches 4 – 5 hectares. Salt content in soils is 0.5 to 30 g/kg depending on distance from barns. Water mineralization at depth 2 – 5 m is 50 – 60 g/l, while natural mineralization – 0.5 – 1 g/l;

- Pumping into deep aquifers (more efficient). In 1974-1975 drilling waters were buried in the thickness of Perm and Triassic deposits. Intake capacity of absorbing wells is – from 120 to 1060 m<sup>3</sup>/day. At mouth pressure 20 – 60 kg/cm<sup>2</sup>. Drilling drains were pumped for 3 – 3.5 months. Volume of injected effluents – from 1600 to 5250 m<sup>3</sup>. As a result, the salinity range was 5 – 6 times less than in wells with barns. For example, at Demehovsky field - only 0.8 hectares [6].

During extraction, enrichment and processing of ores of ferrous and non-ferrous metals, mining-chemical and coal raw materials a huge amount of wastes is generated, which differ by a great variety of physical and mechanical, technological and other properties. At the stage of ore mining solid wastes are formed in the form of overburden and containing rocks, empty mine rocks, non-standard ores, wastes of flotation, gravity, dumps of flotation washing are generated at the stage of enrichment of the extracted raw materials.

On the one hand, the prevention of a possible ecological catastrophe consists, in the method and amount of extracted energy, on the other hand, in an integrated approach to the rational use of natural resources, in the extraction of minerals, in the use of the whole volume of extracted ores, most of which are stored in tailings and in the contours of deposits already developed according to the operating conditions.

## References

1. Шимова, О.С. Проблемы оценки экологизации производства и потребления / О.С. Шимова. Белорусский экологический журнал. – №1. – 2005
2. Аронова, Т.И. Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси – Литосфера / Т.И. Аронова. 2006. – № 2 (25). – 103–110 с.
3. Азарова, С.В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды / С.В. Азарова. Томск, 2005. – 260 с.
4. Кадацкая, О.В. Состояние природной среды Беларуси / О.В. Кадацкая, Е.В. Санец – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2009.
5. Экологический бюллетень за 2015 год. Глава 11. Отходы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
6. Мартинович В.О., Басалай И.А. Анализ воздействия отходов горнорудных предприятий на окружающую среду на примере ОАО «Беларуськалий» / Материалы 6-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее», Тула, ТулГУ, 2016. – С. 174 – 178.
7. Бурдзиева О.Г, Шевченко Е.В. Эколого-экономические аспекты хранения отходов горного производства / М. Горный информационно-аналитический бюллетень. – № 8. – 2010.

УДК 544.774.2

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОГЕЛЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**Боровиков Д.О.**

**Научный руководитель Гридина Е.Б.**  
Санкт-Петербургский горный университет

*В настоящее время отмечается тенденция активного освоения месторождений Крайнего Севера. Статья посвящена аэрогелю, свойства которого позволят благоприятно повлиять на работоспособ-*

*ность сотрудников при ведении работ на данной территории. Создание спецодежды на основе аэрогеля позволит не только уменьшить толщину слоя одежды, тем самым повысить производительность труда работника, но и снизить вероятность возникновения заболеваний.*

Аэрогель (от лат.*aer* - воздух и *gelatus* - замороженный) - класс материалов, представляющий собой гель, из которого в результате критической сушки происходит замещение жидкой фазы на газообразную, впоследствии которого не происходит нарушения изначальной структуры вещества. Полученное вещество состоит на 90-98 % из воздуха, оставаясь весьма прочным, но в тоже время очень хрупким материалом. Размер частиц, из которых состоит аэрогель составляет 4-6 нм, с объемом занимаемых пор в 4 – 14 см<sup>3</sup>/г, совокупность кластеров с размерами в несколько нанометров, соединенных между собой сетью мезопор, заполненных воздухом, обуславливает уникальные свойства аэрогеля, такие как:

- легкий вес;
- прочность;
- низкая теплопроводность;
- гидрофобность;
- отражающая способность;
- шумоизоляция.

Преимуществами данного материала являются следующие показатели:

- негорючесть;
- экологичность;
- долговечность.

С точки зрения использования материала как основы для создания спецодежды сотрудников в осложненном микроклимате, наиболее важна теплоизоляция, так как полученный материал должен обеспечивать требуемое сопротивление теплопередаче при минимальной толщине для сохранения комфортной температуры тела человека, с чем аэрогель прекрасно справляется.

Эти положительные качества позволяют использовать аэрогель в различных сферах обслуживания, например, в качестве теплоизоляционного, звукопоглощающего материала, даже в космических аппаратах для улавливания космической пыли. Разнообразное, но все же ограниченное применение обусловлено сложностью и дороговизной производства и дальнейшего усовершенствования материалов на основе аэрогеля. Такое положение вещей не должно останавливать работу с этим матери-

алом, а, наоборот, стимулировать развитие в этом направлении, находя всё новые способы получения аэрогеля, включения в состав других материалов, открывая при этом совершенно новые отрасли применения.

В современном мире уже широко используются композиты с применением аэрогеля в качестве отличных теплозащитных материалов как от высоких, так и низких температур. Это способствует упрощению технологического процесса, поскольку современные композитные материалы являются довольно тонкими, прочными, податливыми к деформациям, не теряя при этом своих теплоизоляционных свойств, чем так и понравились ведущим компаниям. Перспектива использования таких материалов хорошо прослеживается на примере теплоизоляции отопительных трубопроводов. Аэрогель можно сделать гидрофобным, что позволит забыть о проблемах разрушения полотна от чрезмерной влаги, выделяемой от испарения с поверхности трубопровода. Помимо этого композитные материалы на основе аэрогеля являются очень легкими, что, в свою очередь, благоприятно для экономических показателей компаний по укладке трубопроводов по морскому дну, так как снижение веса позволяет ускорить время доставки и укладки самого трубопровода, повышая производительность выполняемых работ. Примерами таких теплоизоляционных материалов могут послужить разработки компаний «Lavita» в Южной Корее и «Aspen Aerogels, Inc» в Соединенных Штатах. Эти компании тесно взаимодействуют с Российскими, в частности, с «ООО ТД Корда» и ООО «Объединенная промышленная инициатива», которые получили возможность быть официальными представителями на территории Российской Федерации.

Таблица 1 – Характеристика Insuflex 650

Плотность	200 кг/м <sup>3</sup>
Температура применения, max	+ 650°С
Температура применения, min	-40°С
Группа горючести	НГ (не горючий)
Гидрофобность	99 %
Коэффициент теплового расширения	1 %
Свойство сжимаемости	60 кПа при 10 %
	120 кПа при 25 %

Таблица 2 – Состав Insuflex 650

Метилсилированный кварц	40-50 %
Стекловолоконный холст	40-50 %
Диоксид титана	1-5 %
Гидроксид алюминия	1-5 %

Таблица 3 – Теплопроводность Insuflex 650: Вт/(м x К)

Температура, °С	25	200	300	400	500	650
Значение	≤0,020	≤0,022	≤0,025	≤0,029	≤0,049	≤0,065

Таблица 4 – Толщина теплоизоляции стального трубопровода

Температура поверхности трубопровода $T_{в}, °С$	Толщина теплоизоляционного слоя (аэрогель) $\delta_{из}, мм$	Толщина теплоизоляционного слоя (МТБ-43) $\delta_{из}, мм$
500	40	110
450	32	95
400	27	80
350	22	68
300	18	55

Если наука шагнула достаточно далеко и на сегодняшний день возможно получать такие уникальные теплоизоляционные свойства материалов, внедряющихся в повсеместное использование, то почему бы не создать подобную теплоизоляцию, но уже для одежды? Подобным вопросом в свое время задались американские компании Lukla Apparel, создав на основе аэрогеля куртку Endeavor, и OROS Orion, продвинувшиеся в своем развитии дальше, создав целую линию одежды Orion Parka. Оба изобретения успешно прошли испытания в реальных условиях, доказав, что человеку не грозит опасность как на улице в холодное время года, так и в горах, на примере альпинистов, благополучно вернувшихся после восхождения на Эверест в одежде из аэрогеля. Все же одежда от компании OROS Orion является более адаптированной к различным физическим и климатическим нагрузкам благодаря своей запатентованной технологии изготовления ткани «Solarcore», которая сохраняя основные свойства аэрогеля, остается гибкой и дышащей.

Данные прототипы могут послужить отличным подспорьем для создания одежды специализированного назначения, которую можно будет применять не только при средних отрицательных температурах, но и в условиях Крайнего Севера. Производство современной спецодежды позволит повысить производительность труда, путем снижения нагрузки на человека, вызываемой тяжестью, громоздкостью и неудобством нынешней теплоизолирующей одежды.

Комфортные условия нахождения человека в подобной одежде за период рабочей смены благоприятно скажутся не только на физиологическом и психологическом состоянии работника, но и на показателях компании в целом, поскольку работодатели заинтересованы в сохранении профессиональной пригодности сотрудников. Восприятие человеком отрицательных температур в данной одежде позволит снизить риск заболеваний, связанных с переохлаждением организма и вытекающими заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

По данным OSHA, EPA и OECD аэрогель не представляет опасности для здоровья человека, ткань на основе аэрогеля является экологически чистым и безвредным материалом.

Развитие исследований в данном направлении является весьма актуальным на сегодняшний день, но, к сожалению, продвижение, как и создание самой идеи, требует значительных финансовых вложений, останавливающих потенциальный прогресс. В связи с этим, необходимо привлекать как можно больше партнеров и организаций, заинтересованных в итоговом продукте, повышая спрос, но снижая при этом стоимость самого товара.

Более подробное исследование, связанное с созданием такой спецодежды и ее испытанием в условиях с пониженными температурами, приближенными к критическим, а также опытные испытания по анализу физиологических нагрузок при эксплуатации полученного прототипа спецодежды на основе современных методов оценки физиологического состояния и функциональной подготовленности человека, будут представлены в последующих статьях.

### **Библиографический список**

1. *Бабашов, В.Г. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор) / В.Г. Бабашов, Н.М. Варрик, Т.А. Карасева // Труды ВИАМ. – 2019. – № 6. – С. 33 – 41.*

2. Меньишутина, Н.В. Получение аэрогелей на основе диоксида кремния методом сверхкритической сушки / Н.В. Меньишутина, А.М. Катаевич, И. Смирнова // *Сверхкритические флюиды: теория и практика*. – 2013. – Т. 8, № 3. – С. 49-55.

3. Васильева, И.Л. Перспективы применения аэрогелей в строительстве / И.Л. Васильева, Д.В. Немова // *Alfabuild*. – 2018. Т. 4, № 6. – С. 135-142.

4. Rosizol.com: поставщик теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс]. – СПб.: Корда, 2019. – Режим доступа: <https://www.rosizol.com>, свободный. – Загл. с экрана.

UDC 621.

## **EMISSION OF FORMALDEHYDE INTO ATMOSPHERIC AIR IN THE PROCESS OF WOODWORKING**

**Glebus N.A.**

**Scientific supervisor Khrypovich A.A.**

*Belarusian National Technical University*

*It was established that the main air pollutants in the woodworking process are formaldehyde and phenol. Using the example of Rechitsadrev OJSC, it is shown that 40% of the gross amount of formaldehyde contained in resins enters the atmosphere. The greatest emission occurs when applying resin and pressing chipboards.*

Woodworking is one of the fast-growing and promising industries. Woodworking products are the most popular and cover virtually all branches of the national economy, as more than twenty thousand different products and products are currently produced from wood raw materials [1].

The woodworking industry is engaged in processing and processing of wood, mainly specializes in the production of sawmill materials, furniture, fiberboard and chipboard, matches, door and window blocks, parquet, plywood, sports equipment, etc. To a simple tree turned into a high-quality material, it is necessary to process it correctly. For this purpose, enterprises use special equipment and raw materials. In addition, thanks to advances in wood processing, it is possible to start up the whole tree, down to its last knot [2].

It is possible to increase profit, diversify the list of products and make the enterprise more waste-free and environmentally friendly – for this purpose there is a deep processing of wood.

The sources of release of pollutants into the atmosphere at the enterprises include technological equipment involved in the production of works [3].

In the process of shaving and veneering of panels with natural and synthetic veneers, adhesive resins containing free phenol and formaldehyde are used. The main sources of pollution of the working area and ventilation emissions at enterprises for the production of chipboard and plywood (composite materials made of wood) are the following processes and premises [4]:

- site of the main conveyor and press;
- site preparation of binders;
- finished goods warehouse;
- site placement of adhesive rollers;
- site of placement of driers of the smeared interline interval and hot presses;
- site of placement of cooling chambers;
- site of the adhesive rollers and hot presses;
- site of exposure of veneered products;
- site of priming and painting of finished products.

Let's consider the modern enterprise of JSC Rechitsadrev specializing in production of office and household furniture, chipboard and laminated plates, plywood glued, latoflex, briquettes fuel.

The allocation of pollutants by stages of the technological process of plywood production is presented in table 1.

In the finished product remains 70 % of free phenol and formaldehyde (5 % of them go to waste water). Consequently, only 30 % of the gross amount of free phenol and formaldehyde, which are distributed to the sites, enters the atmosphere. Possible distribution of the gross amount of formaldehyde and phenol by sources and sites.

By source: – point sources-90 %;  
– linear sources-10 %.

By sites: – on glue rollers-10 %;  
– on driers of the smeared veneer and hot presses-75 %;  
– from cooling chambers-15 %.

The content of free phenol and formaldehyde in adhesive materials is presented in table 2 [6].

Removal of harmful substances is carried out by local suction exhaust and General ventilation.

Table 1 – Release of pollutants in plywood production

Site of production of plywood	Pollutants			
	Dust	Phenol	Formaldehyde	Ammonia
Plywood raw material cutting section	+	-	-	-
Site of hulling of churak	+	-	-	-
Site of sorting of an veneer	+	-	-	-
Site of repair of an veneer	+	-	-	-
Site of cutting of puff plywood	+	-	-	-
Site of sorting of plywood	+	-	-	-
Site of packing of plywood	+	-	-	-
Wood laminated plastics production site	+	+	+	-
Site of pasting of an veneer	-	+	+	+
Site of preparation of resins	-	+	+	+

The technology of gluing and facing of wood and wood materials based on urea and phenol-formaldehyde resins is associated with the release of free formaldehyde and phenol vapors when performing technological operations on applying glue to the workpieces, their exposure to the applied glue, gluing in presses and exposure after gluing (facing) [4].

Urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde adhesives, resins are made on the basis of phenol and formaldehyde. They are much cheaper than alternative resins (PVA emulsion, epoxy) and at the same time provide acceptable strength, but phenol and formaldehyde belong to the 2nd class of danger and affect humans at very low concentrations on the respiratory system, skin and eyes.

In the process of chipboard production, the main technological operations, during which the release of free formaldehyde, phenol and ammonia, depending on the brand of resin used, are chip tarring, hot pressing and aging of finished products.

Table 2 – Content of free phenol and formaldehyde in adhesive materials

Name of resins, brand	Mass fraction, %		Relative amount of formalde- hyde,%
	free formaldehyde	free phenol	
carbamide-formaldehyde			
CF- low-toxic	0,30		0,3
CF - liquid fast-solidifying	0,90		0,3
CF fast- solidifying	0,80		0,3
CF - liquid	1,00		0,3
urea-formaldehyde			
UCR-A	1,20		0,4
U-19-62-A	1,00		0,4
CF-68A	1,00		0,4
UF	3,0-4,0		-
U-60	1,0-1,5		-
U-70	1,5-3,0		-
phenol-formaldehyde liquid			
RPL -3011	1,00	2,50	0,5
RPL -3013	0,18	0,18	0,5
RPL -3014	0,15	0,10	0,5
RPL -3015	1,50	1,00	0,4
RPL -3016	4,00	5,00	0,4
RPL -3024	0,08	0,08	0,4
impregnation resins			
MFPC-1	no more than 0,20		0,4
MFPC -2	no more than 1,00		0,5
PMF-1	no more than 1,00		0,5
PNF-2	no more than 1,00		0,5
MMPK-25	1,40		0,5
MMPK-50	1,10		0,5
MFP	0,75		0,5

The atmosphere receives 40 % of the gross amount of free formaldehyde or phenol contained in the resin of this brand, which is distributed in the following way:

1. The site of the main conveyor and press – 36 %.
2. The site of preparation of binders – 3.7 %.
3. Finished products warehouse (exposure) – 0.3 %.

Of this amount, the atmosphere is emitted:

1. Ventilation systems of local suction from technological equipment – 90 %.
2. General exchange exhaust ventilation from the upper zone of the premises – 10 %.

In the manufacture of synthetic veneer, the release of free formaldehyde occurs during the impregnation of the tecopaper and subsequent drying.

Phenol, formaldehyde and other chemicals can simply be removed from the work area and industrial premises by means of exhaust ventilation and released into the atmosphere. But there are two main difficulties:

- the need to supply and, accordingly, to heat the supply air to the premises;
- restrictions of state bodies on emission of harmful substances into the atmosphere [7].

As a result, many manufacturers of plywood and chipboard are faced with the task of cleaning the ventilation emissions and the air of the working area from formaldehyde and phenol. At the moment, there are several technologies for air purification: absorption (activated carbon), scrubbers (absorption into liquid), bio-cleaning, after-burning, catalytic, photocatalytic and gas-discharge-catalytic. All these technologies have both positive and negative sides.

### References

1. Volynsky, V.N. *Technology of wood boards and composite materials: educational manual / SPb.: Publishing house "Lan," 2010. – 336 PP.*
2. Boldyrev, V.S. *Technology of sawmilling and woodworking, M., 2011. 99 PP.*
3. Kakareka S.V., Ashurko Yu. G. *Analysis and assessment of sources of formaldehyde emissions into the atmospheric air in Belarus. Environmental management. Issue. 21. 2012. – P. 75 – 81.*

4. *Temporary methodological guidelines for calculating emissions of pollutants into the atmospheric air from the woodworking industry. Petrozavodsk, 1992.*

5. *Technological regulations of production of particle boards at JSC "Rechitsadrev" – Rechitsa, 2007.*

6. *Inventory of sources of emissions of pollutants into the atmosphere for JSC "Rechitsadrev". Gomel. 2018.*

7. *Anokhin, A.E. Reducing the toxicity of furniture / A.E. Anokhin. Moscow, 2002. – 128 PP.*

УДК 331.446.4

**АНАЛИЗ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ  
НА РАБОЧИХ МЕСТАХ МАШИНИСТА  
АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА И ВОДИТЕЛЯ  
ПОГРУЗЧИКА**

**Гусева А.А., Зеленцова А.А.**

**Научный руководитель Смирняков В.В.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Выполнен анализ условий труда на рабочих местах машиниста автомобильного крана и водителя погрузчика, рассмотрены действия вредных производственных факторов на организм человека, предложены методы снижения воздействия вредных производственных факторов на рабочих местах*

В настоящее время среди вопросов санитарии и гигиены труда актуальным продолжают оставаться проблемы воздействия вредных факторов производственной среды. Правильно организованная работа по оптимизации условий труда повышает дисциплинированность работников, что, в свою очередь, ведет к повышению производительности.

Профилактика профессиональных заболеваний, организация полноценного отдыха и питания работников, обеспечение их спецодеждой, выполнение социальных льгот и гарантий, приводит к снижению воздействия вредных производственных факторов [1].

Так, согласно ст. 209 Трудового кодекса РФ, вредный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести его к заболеванию.

В ходе специальной оценки условий труда рабочих мест машиниста автомобильного крана 6 разряда и водителя погрузчика 6 разряда в Транспортном управлении – Участка автотранспортной и тяжелой техники были выявлены вредные производственные факторы (таблица 1) и установлены классы условий труда: водителя погрузчика – 3.2 и машиниста автомобильного крана 3.2.

Анализируя результаты СОУТ, были установлены следующие определяющие вредные факторы для машиниста крана и водителя погрузчика: шум, общая и локальная вибрация, тяжесть трудового процесса. Они пагубно влияют на здоровье человека.

Шум способствует раздражительности, головной боли, головокружению, снижению памяти, повышенной утомляемости, понижению аппетита, нарушению сна, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, тугоухости [1, 2].

Для борьбы с шумом в первую очередь используются средства индивидуальной, например, шлемы, вкладыши, наушники, и коллективной защиты [2].

Рассматривая методы коллективной защиты, значительный эффект наблюдается при улучшении точности обработки, сборки зубчатых передач и изготовления подшипников, у шестерен заменой их материала, более совершенными смазками. Снижение шума достигается акустическими средствами, например, звукоизоляцией, звукопоглощением, глушители шума [3].

Одно из наиболее простых технических средств – звукоизолирующий кожух. Кожух закрывает отдельный шумный узел машины или машину полностью. Увеличение звукоизоляции достигается за счет нанесения на поверхность кожуха вибродемпфирующей мастики [5].

Также можно рассмотреть такие варианты, как дистанционное управление, автоматический контроль, использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. У рабочих часто случаются боли в пояснице, конечностях, в области желудка, отсутствие аппетита, быстрая утомляемость, бессонница, раздражительность, снижение чувствительности [1].

Таблица 1 – Вредные производственные факторы с оценкой

Фактор	ПДУ и ПДК		Фактический уровень фактора		Класс условий труда	
	Водитель погрузч	Машинист крана	Водитель погрузчика	Машинист крана	Водитель погрузч	Машинист крана
Химический, мг/куб, м						
Углерод оксид	20	20	Менее 5	Менее 5	2	2
Углеводор. алифатиче-скпредельные C1-10 (пересч. на С)	900/300	900/300	Менее 50	Менее 50		
Азота оксиды (пересч. на NO <sub>2</sub> )	5	5	Менее 2	Менее 2		
Акролеин	0,2	0,2	Менее 0,1	Менее 0,1		
Шум, дБА	80	80	80	83,3	2	3.1
Вибрация общая, дБ	112	112	115	116	3.1	3.1
Вибрация локальная	126	126	124	129	2	3.1
Тяжесть трудового процесса						
Рабочее положение тела работника за смену	Периодическое, до 25% времени смены, в неудобном и (или) фиксированном положении, в положении "стоя" до 60 % времени рабочего дня (смены)		Периодическое, более 50% времени смены в фиксированном положении. Периодическое, до 50% времени смены в фиксированном положении.		3.2	3.1
Напряженность трудового процесса						
Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций, ед.	>9 - 6	>9 - 6	9	7	2	2
Итоговый класс (подкласс) условий труда					3.2	3.2

Уменьшение параметров вибрации достигается путем подтяжки креплений, зазоров, качественной смазки поверхностей, применения вибродемпфирования, виброгашения, виброизоляции [4]. При вибродемпфировании происходит уменьшения амплитуды колебаний деталей рабочих агрегатов, вследствие нанесения слоя упруговязких материалов (резины, пластика).

Тяжесть труда – эмпирическая нагрузка на организм при физическом труде. Оценивается по 7 показателям. Из таблицы 1 видно, что тяжесть труда у машиниста крана 3.1 водителя погрузчика 3.2.

Этот показатель присвоен:

1. Водителю погрузчика из-за фиксированной рабочей позы на протяжении большей части рабочего времени, а также продолжительной повышенной физической нагрузки.

2. Машинисту автомобильного крана из-за статичной рабочей позы.

Оценка рабочей позы происходит визуально. Позы подразделяются на четыре категории: свободные, фиксированные, неудобные и вынужденные. Свободными позами считаются позы, в которых есть возможность изменить положение тела. Фиксированными позами, наоборот, относятся те, в которых отсутствует возможность изменения положения тела. Неудобными считаются позы, в которых тело находится в "не естественном" положении, например, с сильно наклонённой головой или скрюченной спиной. К вынужденным позам относятся рабочие позы на корточках, лёжа, верх ногами и так далее.

Оценка тяжести труда проводится по более типичной позе для этого вида работы с учётом абсолютного времени пребывания в данной позе. Эта величина рассчитывается в процентном в процентном соотношении к 8-часовой смене, несмотря на то, что смена может быть, как короче, так и длиннее данного времени.

Таким образом, чтобы снизить вредное воздействие на организм человека и повысить производительность труда следует придерживаться рекомендациям по улучшению производственного процесса, использовать СИЗы, улучшать конструкции машин.

### **Библиографический список**

1. Белов С.В. *Безопасность жизнедеятельности. Учебник для техникумов и вузов.* - М.: Высшая школа, 2004.

2. Юдина Т.В. *Борьба с шумом на производстве.* – М.: Просвещение, 2004г.

3. Поспелов П.И. Проблемы акустического обоснования при проектировании шумозащитных экранов // *Наука и техника в дор. отрасли.* – 2001. – № 4. – С. 12 – 14.

4. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Решения актуальных проблем виброзащиты на автопогрузчиках // *Сборник статей II Международной научно-технической конференции «Проблемы исследования проектирования машин».* – Пенза, 2006, – 194 с.

5. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Снижение шума автопогрузчиков // *Сборник материалов Второй Всероссийской студенческой научно-технической конференции «Экология и безопасность».* – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006, – 120 с.

6. Данилов-Данильян В.И. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие для системы повышения квалификации и переподготовки государственных служащих. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2002.

УДК 502.1: 502.3

## **ИЗУЧЕНИЕ КАРТИНЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЗАПЫЛЁННОСТИ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ Г. ТУЛЫ КАК ФАКТОРА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**

**Ивлиева М.С., Шабалина М.А.**

**Научный руководитель Волков А.В.**

*Тульский государственный университет*

*Рассмотрены принципы и основные результаты изучения картины загрязнения приземной атмосферы г. Тулы инертной пылью, выступающей важным фактором формирования интегрального геоэкологического риска селитебных территорий. Сделано заключение о многолетней устойчивости основных параметров данного геохимического поля.*

Обработка и истолкование результатов исследований, проводимых в предметных областях «Техносферная безопасность» и «Науки о Земле», базируется на применении вероятностно-статистических методов исследований.

Исходные данные, получаемые путём регистрации каких-либо физических, химических или иных полей, генерируемых различными по природе, мощности и особенностям функциони-

рования источниками, в отдельные моменты времени или в отдельных точках пространства, рассматривают как совокупности случайных величин. В силу наличия помех, обусловленных погрешностями измерений, локальными неоднородностями и неучтёнными возмущениями среды, изучаемое поле реализуется случайным образом. Поэтому исследователь вынужден оперировать данными, которые с большим основанием описываются случайными величинами и случайными процессами, чем аналитическими функциями. Изучение случайных процессов требует привлечения различных приложений теории вероятностей, в том числе математической статистики, корреляционного анализа, методов разделения полей на составляющие, спектральных преобразований и других.

Главными этапами обработки исходных данных являются:

- обоснование модели изучаемого поля и соответствующая ей постановка задач трансформации данных;

- выявление корреляционных и спектральных характеристик изучаемого поля;

- фильтрация поля с целью выявления его компонент; детектирование аномалий поля;

- оценка качества обработки данных [1].

В большинстве случаев поле  $F(t)$  представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где  $F_{\text{ф}}(t)$  – фоновая составляющая поля;

$F_{\text{сигнал}}(t)$  – полезный сигнал, или аномалия поля;

$n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента.

Итак, обработка результатов лабораторных и натуральных экспериментов базируется на следующих допущениях:

- случайном характере наблюдаемого поля;

- аддитивной модели поля, включающей фон, сигнал и помеху;

- нормальном законе распределения помехи  $n(t)$ ;

- независимости, некоррелированности сигнала и помехи.

Методология применения вероятностно-статистических методов обработки и интерпретации данных не зависит от типа анализируемого физического поля [2 – 3].

На первом этапе нами рассчитывались средние за месяц значения учитываемых параметров, включая необходимые для ана-

лиза градиенты параметров, и далее определялась матрица их взаимных линейных корреляций. На этом основании формулировалось предварительное заключение о наличии статистически значимых связей между параметрами.

На втором этапе рассматривались эффекты сезонного хода изучаемых параметров и формулировалось заключение о возможном взаимодействии параметров, т.е. координации их внутригодового хода.

Далее выполнялось разделение изучаемых полей на компоненты – фоновую и диагностическую, устанавливались сезонные закономерности их согласованного изменения, а для диагностических компонент рассчитывались значения функции взаимной корреляции двух параметров (ФВК), выполнялся спектральный анализ компонент и другие статистические преобразования.

В качестве исходных данных для расчёта матрицы корреляций в наших исследованиях принимались: средние за месяц величины дневной температуры воздуха ( $T$ ); направления ветра ( $Ru$ ); скорости ветра ( $V$ ); атмосферного давления ( $P$ ); относительной влажности воздуха ( $Fi$ ); интенсивности осаждения пыли на горизонтальный планшет, установленный в ЦПКиО ( $Mprc$ , мг/м<sup>2</sup>·с); интенсивности осаждения пыли у дороги с оживлённым движением ( $Mdor$ , мг/м<sup>2</sup>·с); величины разности ( $DeltaM = Mdor - Mprc$ ), предположительно, отражающей массу наиболее грубодисперсной пыли ( $PM_{10...50}$ ), генерируемой дорогой; доля грубодисперсной пыли в составе эмиссии источника – дороги ( $PM_{50}$ ); величины 24-часового градиента осаждения пыли в парке ( $GMprc$ , сут<sup>-1</sup>) и вблизи дороги ( $GMdor$ ).

Результаты расчёта взаимных линейных корреляций указанных параметров представлены в табл. 1.

В столбце Means указаны средние за расчётный период величины, а в столбце Std.Dev (SD) – величины средних квадратических отклонений.

По результатам расчёта установлены параметры, объединенные наиболее сильными связями. В дальнейшем именно эти параметры использовались в качестве входных данных прогнозных моделей.

Величины периодов, выявленные в спектрах процессов осаждения пыли на горизонтальные планшеты, одновременно экспонируемые в нескольких точках наблюдения в различные годы, сведены в табл. 2.

Таблица 1 – Матрица взаимных линейных корреляций факторов, определяющих годовую динамику загрязнения приземной атмосферы инертной пылью в центральном районе Тулы в 2018 году

Correlations (CorrMatr -pil 2018; 2 var)															
Marked correlations are significant at $p < 0,05$															
N=11 (Casewise deletion of missing data)															
Variable	Means	Std.Dev.	T	Ru	V	P	Fi	Mprc	Mdor	DeltaM	PM50	GMprc	GMdor	GT	GP
T	12,0475	11,23651	1,000000	0,672852	0,401244	-0,370380	-0,735650	0,235239	-0,395437	-0,438136	-0,466773	0,225153	0,012107	-0,052462	-0,049409
Ru	182,2834	40,01433	0,672852	1,000000	0,054005	0,056692	-0,408317	0,317819	-0,237724	-0,283043	-0,455101	0,155418	0,005904	-0,096749	-0,113591
V	4,1164	0,88836	0,401244	0,054005	1,000000	-0,453915	-0,646491	-0,137408	-0,039859	-0,026244	0,216128	0,022185	-0,514011	0,596073	-0,152875
P	742,4745	3,76327	-0,370380	0,056692	-0,453915	1,000000	0,461784	-0,091598	-0,235548	-0,235199	-0,115109	-0,347879	-0,144975	-0,572329	0,162237
Fi	72,2582	9,27328	-0,735650	-0,408317	-0,646491	0,461784	1,000000	-0,187132	0,036040	0,058372	-0,149099	0,260922	0,128331	-0,470049	0,361580
Mprc	0,0094	0,00152	0,235239	0,317819	-0,137408	-0,091598	-0,187132	1,000000	0,420950	0,327146	0,068400	0,009305	0,674930	-0,191593	0,434067
Mdor	0,0310	0,01420	-0,395437	-0,237724	-0,039859	-0,235548	0,036040	0,420950	1,000000	0,994883	0,712976	-0,062665	0,314464	0,281070	0,092074
DeltaM	0,0216	0,01363	-0,438136	-0,283043	-0,026244	-0,235199	0,058372	0,327146	0,994883	1,000000	0,735136	-0,066321	0,252436	0,314140	0,047557
PM50	0,6192	0,11132	-0,466773	-0,455101	0,216128	-0,115109	-0,149099	0,068400	0,712976	0,735136	1,000000	-0,334860	-0,211506	0,502487	0,010101
GMprc	-0,0000	0,00014	0,225153	0,155418	0,022185	-0,347879	0,260922	0,009305	-0,062665	-0,066321	-0,334860	1,000000	-0,048854	-0,249068	0,561830
GMdor	-0,0000	0,00047	0,012107	0,005904	-0,514011	-0,144975	0,128131	0,674930	0,314464	0,252436	-0,211506	-0,048854	1,000000	-0,310505	0,130520
GT	-0,0076	0,34882	-0,052462	-0,096749	0,596073	-0,572329	-0,470049	-0,191593	0,281070	0,314140	0,502487	-0,249068	-0,310505	1,000000	-0,592476
GP	0,0715	0,40975	-0,049409	-0,113591	-0,152875	0,162237	0,361580	0,434067	0,092074	0,047557	0,010101	0,561830	0,130520	-0,592476	1,000000

По результатам сопоставления величин периодов выделяемых в спектрах колебательных мод сделано заключение о многолетней устойчивости картины загрязнения приземной атмосферы г. Тулы инертной пылью.

В частности, во всех временных рядах имеется блок колебательных мод с периодами, близкими к 25, 31, 41 и 73...93 суткам, причем данное заключение справедливо и для Тулы, и для Калуги. В целом, как в многолетнем, так и в региональном аспектах, структура спектров изучаемых параметров остаётся практически неизменной, что свидетельствует об устойчивости аэрологической ситуации в регионе, в т.ч. об устойчивости факторов, определяющих эту ситуацию.

В работе установлено, что максимальная энергия диагностических блоков рядов приходится на колебательные моды с периодами 73...93 суток, достоверное выделение которых по привлекаемым данным невозможно.

Поэтому данное заключение носит характер гипотезы и требует верификации иными методами статистической обработки данных. Одним из них является корреляционный анализ, результаты применения которого не противоречат ранее сделанным заключениям.

Таблица 2 – Величины периодов основных колебательных мод в спектрах процессов, отражающих степень запылённости атмосферы регионов среднего течения Оки в различные годы

Условный № Т [дни]	2015 год		2017 год			2018 год	
	Парк	Дорога	Парк	Дорога	Калуга	Парк	Дорога
1		21,53↓		19,16↓	20,12↓	23,12	23,13↓
2	25,00↓	24,40↓	25,00↓	24,27		26,43↓	
3	31,82	30,50	31,82	33,09↑ <sub>1</sub>	28,50	30,83↓	33,64
4		36,60					
5	43,75	45,75	Нет разрешения	40,44	38,00	41,11	41,11
6			50,0		57,00	61,67↑	52,86
7	87,50↑	73,20↑	87,50↑	72,80↑ <sub>2</sub>	85,5↑	92,5	92,5↑

Обозначения: энергия моды – минимальная (↓), максимальная (↑).  
 Примечание: в таблице указаны величины периодов, устанавливаемые в спектрах т.н. диагностических компонент изучаемых рядов (без низкочастотного тренда).  
 По годовым рядам достоверность выделения мод с T > 50 дней низкая.

В работе для целей разработки прогноза сезонной динамики запылённости воздуха применялись линейные поликомпонентные модели. В подобных моделях единичные моды, как правило, приближаются не гармониками, а единичными циклами. Трансформация гармоник в единичный цикл достигается наложением дополнительных флуктуаций на амплитуду и начальную фазу компоненты.

Согласно прогнозу, сезонная структура ряда осадения пыли в парке сохранится в 2019 году. Однако, даже если сезонная сумма осадков в 2019 году изменится незначительно, то режим осадков будет иной, обеспечивающий возможность быстрого восстановления процесса генерации и выноса пыли.

Анализ динамики изменения регионального фона запылённости приземной атмосферы позволяет сделать общее заключение о характере поведения факторов, контролирующих процесс генерации пыли *TSP*, а также динамики других процессов, на которые эти факторы могут влиять.

К последней группе мы отнесли процессы вегетации растений и дополнительно сформулировали гипотезу о некотором снижении урожая зерновых в 2019 году, по сравнению с 2018 годом.

### **Библиографический список**

1. *Гравиразведка: Справочник геофизика/ под ред. Е.А. Мудрецов, К.Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 607 с.*
2. *Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 498 с.*
3. *Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ под ред. В.П. Номоконова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. – 400 с.*

УДК 502.1: 502.3

### **АНАЛИЗ СЕЗОННОГО ФЛИЯНИЯ ФИТОЦЕНОЗА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА Г. ТУЛЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОЗДУШНОЙ МИГРАЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛИ**

**Ивлиева М.С., Шабалина М.А.**

**Научный руководитель Волков А.В.**

*Тульский государственный университет*

*Изложены методология и результаты экспериментального изучения характера влияния фитоценоза селитебной территории на интенсивность воздушной миграции и осаждения на горизонтальную поверхность инертной пыли.*

Проблемы загрязнения среды проживания и хозяйственной деятельности человека с наибольшей остротой проявились в 1960-х годах. Теоретической основой их разрешения стали идеи и методы фундаментальной геохимии, в том числе её прикладных направлений – геохимии техногенеза и геохимии ландшафта. Предмет изучения дисциплины – выявление, анализ и практическое использование закономерностей миграции веществ в природных и техногенных системах.

Общим результатом миграции является концентрация и рассеяние элементов, а также формирование геохимической зональности. То есть, система расчленяется на химически разнородные области и таким образом структурируется. Различают зональность субгоризонтальную и вертикальную.

Определяющие ход миграции факторы делят на внутренние и внешние. К первой группе относят свойства химических эле-

ментов, определяемые строением атомов, и свойства соединений. К внешним факторам относят параметры обстановок миграции, в том числе температуру и давление воздушной среды, скорость и направление ветра, суммы и сезонный режим осадков, характеристики источников эмиссии веществ.

Согласно теории профессора МГУ имени М.В. Ломоносова А.И. Перельмана, участки местности, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции и потому концентрация элементов и веществ, именуется геохимическим барьером. По сути, речь идёт о локализованной зоне, в пределах которой одна геохимическая обстановка сменяется другой. На барьерах формируются техногенные геохимические аномалии, зачастую определяющие условия жизни и хозяйственной деятельности человека. В роли подобного барьера может выступать фитоценоз селитебной территории.

Исследования закономерностей и результатов миграции служат основанием для оценки экологического потенциала ландшафта, медико-геохимического районирования территории и нормирования техногенной нагрузки на среду.

Главными этапами обработки результатов проведённого натурного эксперимента являются: обоснование модели изучаемого поля и соответствующая ей постановка задач трансформации данных; выявление корреляционных и спектральных характеристик поля; фильтрация поля с целью выявления его компонент; установление закономерностей взаимодействия компонент, рассматриваемых как факторы, определяющие временную динамику изучаемых ситуаций природопользования.

В качестве исходных данных для расчёта матрицы корреляций в наших исследованиях принимались: средние за месяц величины дневной температуры воздуха ( $T$ ); направления ветра ( $Ru$ ); скорости ветра ( $V$ ); атмосферного давления ( $P$ ); относительной влажности воздуха ( $Fi$ ); интенсивности осаждения пыли на горизонтальный планшет, установленный в ЦПКиО ( $Mprc$ ,  $mg/m^2 \cdot c$ ); интенсивности осаждения пыли у дороги с оживлённым движением ( $Mdor$ ,  $mg/m^2 \cdot c$ ); величины разности ( $DeltaM = Mdor - Mprc$ ), предположительно, отражающей массу наиболее грубодисперсной пыли ( $PM_{10..50}$ ), генерируемой дорогой; доля грубодисперсной пыли в составе эмиссии источника – дороги ( $PM_{50}$ ); величины 24-часового градиента осаждения пыли в парке ( $GMprc$ ,  $сут^{-1}$ ) и вблизи дороги ( $GMdor$ ).

Результаты расчёта взаимных корреляций изучаемых параметров геохимической ситуации представлены в табл. 1.

Анализ результатов расчёта матрицы взаимных корреляций позволяет предположить отсутствие горизонтальной миграции грубодис-персной пыли ( $PM_{10...50}$ ) от её источника – дороги в направлении внешней границы фитоценоза ЦПКиО и, тем более, миграции такой пыли через данный барьер.

Таблица 1 – Матрица взаимных линейных корреляций факторов, определяющих годовую динамику загрязнения атмосферы инертной пылью в центральном районе г. Тулы в 2018 г.

Correlations (CorMatr-pil 2018)													
Marked correlations are significant at $p < 0,05$													
N=11 (Casewise deletion of missing data)													
Variable	Means	Std.Dev.	T	Ru	V	P	Fi	Mprc	Mdor	DeltaM	PM50	GMprc	GMDor
<b>T</b>	12,0474545	11,23631	1,000000	0,672852	0,401244	-0,370380	-0,735650	0,235239	-0,395437	-0,438136	-0,466773	0,225153	0,012107
<b>Ru</b>	182,2833636	40,01433	0,672852	1,000000	0,054005	0,056692	-0,408317	0,317819	-0,237724	-0,283043	-0,455101	0,155418	0,005904
<b>V</b>	4,1163636	0,88836	0,401244	0,054005	1,000000	-0,453915	-0,646491	-0,137408	-0,039859	-0,026244	0,216128	0,022185	-0,514011
<b>P</b>	742,4745455	3,76327	-0,370380	0,056692	-0,453915	1,000000	0,461784	-0,091598	-0,235548	-0,235199	-0,115109	-0,347879	-0,144975
<b>Fi</b>	72,2581818	9,27328	-0,735650	-0,408317	-0,646491	0,461784	1,000000	-0,187132	0,036040	0,058372	-0,149099	0,260922	0,128131
<b>Mprc</b>	0,0094073	0,00152	0,235239	0,317819	-0,137408	-0,091598	-0,187132	1,000000	0,420950	0,327146	0,068400	0,009305	0,674930
<b>Mdor</b>	0,0309959	0,01420	-0,395437	-0,237724	-0,039859	-0,235548	0,036040	0,420950	1,000000	0,994883	0,712976	-0,062665	0,314464
<b>DeltaM</b>	0,0215873	0,01363	-0,438136	-0,283043	-0,026244	-0,235199	0,058372	0,327146	0,994883	1,000000	0,735136	-0,066321	0,252436
<b>PM50</b>	0,6192182	0,11132	-0,466773	-0,455101	0,216128	-0,115109	-0,149099	0,068400	0,712976	0,735136	1,000000	-0,334860	-0,211506
<b>GMprc</b>	-0,0000364	0,00014	0,225153	0,155418	0,022185	-0,347879	0,260922	0,009305	-0,062665	-0,066321	-0,334860	1,000000	-0,048854
<b>GMDor</b>	-0,0000055	0,00047	0,012107	0,005904	-0,514011	-0,144975	0,128131	0,674930	0,314464	0,252436	-0,211506	-0,048854	1,000000

Вовлекаемая в трансграничный – по отношению к характерным масштабам ландшафта ( $10 \times 10$  км) относительно тонкодисперсная пыль ( $PM_{10}$ ), измеряемая на открытом участке ЦПКиО, также, видимо, не взаимодействует с барьером (не мигрирует непосредственно через барьер), а оседает на планшет в виде субвертикального потока. Поэтому уже на начальном этапе следует предположить слабое влияние свойств механического геохимического барьера – фитоценоза ЦПКиО – на динамику запылённости воздуха, по крайней мере, измеряемой на открытых участках парка, а не под кронами деревьев. Иными словами, отсутствует сам механизм интенсивной миграции пыли (как грубодисперсной, так и мелкодисперсной) через барьер, а потому не наблюдаются и заметные эффекты влияния сезонных характеристик барьера на поток пыли.

Задача уточнения характера сезонного влияния древесного фито-ценоза ЦПКиО Тулы на динамику загрязнения приземной атмосферы инертной пылью фракции  $TSP$  потребовала привлечения данных о скорости осеннего листопада, рассчитанных

на основе приближения величин ещё удерживаемой деревьями листвы ( $L$ , %) логистической моделью вида:

$$L = 100/[1 + \exp(54,85081 - 0,191199 \cdot d)],$$

где  $d$  – число дней, начиная с 1-го января 2018 года;

$$R = 0,995.$$

На основе данной модели и рассчитывался искомый градиент (рис. 1).

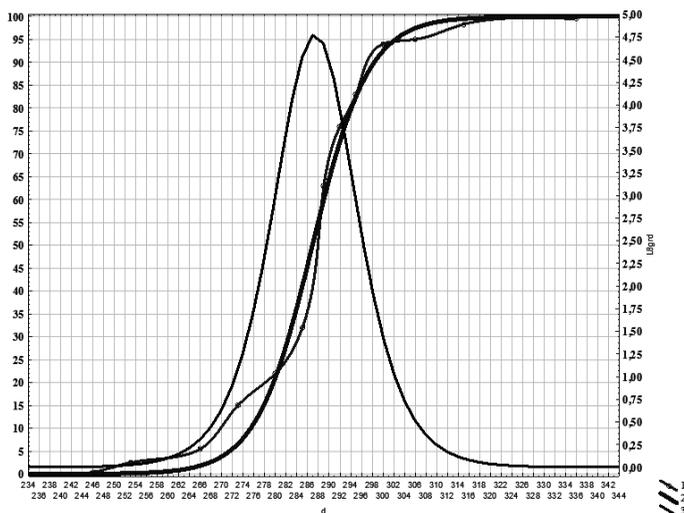


Рис. 1 – Фактические (1) и модельные (2) величины ещё удерживаемой деревьями ЦПКиО листвы (%; ось – слева); расчётный градиент листопада (3; %/сут; ось – справа)

Итак, в 2018 году максимум градиента пришёлся на «пикет»  $d = 287$ , которому соответствовало 14 октября. В качестве гипотезы допущалось, что максимальная скорость появления листвы пришлась на середину мая ( $d = 135$ ).

По результатам проведённых исследований сделаны следующие заключения.

1. В парке экстремальные положительные градиенты интенсивности осадения пыли наблюдаются в июле и в октябре. Однако именно в середине октября фитоценоз наиболее

быстро теряет листву. Возможно, что, в некоторой степени, этот процесс облегчает миграцию тонкодис-персной пыли через барьер и способствует увеличению скорости её осаждения на планшеты. Тогда следующее уточнение исходной гипотезы о роли механического барьера в накоплении пыли таково: изменение свойств барьера, скорее, сказывается на скорости формирования гео-химической аномалии ( $dC/dt$ ), чем на её абсолютной величине. Однако экспериментальных данных для её верификации пока недостаточно.

2. В 2018 году максимальная скорость листопада совпала с периодом стабильно сухой и тёплой погоды, а также с некоторым увеличением запылённости воздуха в ЦПКиО. Однако подобные совпадения прямо не свидетельствуют, что процессы – листопад и запылённость воздуха – находятся о отношении причины и следствия. Тёплая и сухая погода, безусловно, повысила региональный фон мелкодисперсной пыли. Возможно, дополнительно на это наложился эффект листопада, который снизил контрастность геохимического барьера (повысил его проницаемость для субгоризонтальной составляющей потока мелкодис-персной пыли). Тем не менее, поскольку на планшеты оседает преимущественно вертикальный поток пыли, изменения факторов, контроли-рующих региональный фон, должно проявлять себя сильнее изменения характеристик самого барьера.

Иными словами, под кронами деревьев состояние листвы, возможно, и играет заметную роль в формировании запылённости воздуха, но на открытой местности эта роль несущественна. При этом горизон-тальная миграция пыли по линии водоёмов парка вполне допустима, особенно в пиковые моменты автомо-бильного трафика.

3. В качестве рабочей гипотезы принято, что максимальная скорость появления листвы весной приходится на середину мая. Однако в этот интервал времени никакого заметного влияния геохимического барьера на динамику осаждения пыли не выявлено. Точнее говоря, связывать невыраженный максимум запылённости, зарегистрированный на открытом участке парка, с изменением свойств барьера оснований либо нет, либо их явно недостаточно для подобного заключения.

4. Весенняя картина динамики запылённости воздуха вблизи дороги отличается от таковой в парке: на фоне общего снижения интен-сивности осаждения пыли ряд значений

запылённости в середине мая проходит очевидный локальный минимум (в парке – слабо выраженный максимум). Поскольку в составе замеров в двух точках наблюдения имеется общая фракция пыли – тонкодисперсная пыль, всё заключения, которые касались динамики фона пыли, остаются в силе. Следовательно, минимум на планшете «дорога» связан с уменьшением доли именно грубодисперсной фракции, на горизонтальный перенос которой, гипотетически, мог повлиять геохимический барьер. Однако подобное (оперативное) влияние могли оказать и кратковременные осадки, которые больше влияют на грубодисперсную пыль, чем на мелкодисперсную.

УДК 502.13

## **IMPACT OF RAILWAY TRANSPORT FACILITIES ON THE ENVIRONMENT**

**Korytko D.**

**Scientific supervisor Basalay I.A.**

*Belarusian National Technical University*

*The article considers the sources of pollution of the atmosphere, water, soil in railway transport.*

Factors of influence of objects of railway transport on environment can be classified on the following signs:

1. mechanical (solid waste, mechanical impact on the soil of construction, road, track and other machines);
2. physical (thermal radiation, electric fields, electromagnetic fields, noise, infrasound, ultrasound, vibration, radiation, etc.);
3. chemical substances and compounds (acids, alkalis, metal salts, aldehydes, aromatic hydrocarbons, paints and solvents, organic acids and compounds, etc.), which are classified as not extremely dangerous, highly dangerous, dangerous and low-risk;
4. biological (macro-and microorganisms, bacteria, viruses).

These factors can affect the natural environment for a long time, relatively short, short and instantaneous. The effect of the duration of the factors activity does not always determine the amount of harm done to nature. On scales of action harmful factors are subdivided on operating on small areas, operating on separate sites of the district, global. Chemicals and compounds can migrate and disperse in air, water, soil, causing reversible, partially reversible and irreversible

damage to nature. Transport plays an important role in the migration of chemicals and infectious microorganisms. The main directions of reducing the amount of environmental pollution are: rational choice of technological processes for the production of finished products and its transportation; the use of environmental protection and maintaining them in good condition. The degree of disturbance of the natural balance in the region serves as an integral criterion of ecological efficiency of production activities of railway transport facilities.

The danger of disturbance of natural balance is quantitatively connected with anthropogenic factors of production and economic activity of people in the region. If the natural environment is not able to cope with the impact of rail transport, it is necessary to provide treatment facilities or carry out restoration work. Equilibrium in the natural environment is ensured by maintaining energy, water, biological, biogeochemical balances and their change in a certain period of time. The quantitative characteristics of these balances depend on the geographical location of the regions, climatic conditions, the magnitude of resource use, natural phenomena and the degree of environmental pollution. It is possible to provide balance in the nature by means of legal, socio-economic, organizational, technical, sanitary-hygienic, biological and other methods. Legal methods regulate the rules and procedure of nature management based on the conditions of preservation of relative equilibrium in the environment. Social methods are based on the responsibility of all sectors of society for the state of environmental protection. Economic methods provide for certain types of costs to maintain the balance of the environment, rational.

Payment for resources, compensation for damage [1]. Organizational methods are based on the scientific organization of nature management and the implementation of administrative and law enforcement measures to prevent harmful effects on the environment.

The functioning of any element of the technosphere, including rail transport, should be based on the following principles:

1. Quantitative and qualitative assessment of total and local consumption of natural resources based on local regional and Federal opportunities;
2. Quantitative and qualitative assessment of the impact of various activities of the company on the state of environmental systems, natural complexes and natural resources;
3. Regulation of the level of anthropogenic impacts from various activities of the company, including railway transport facilities on the natural environment;

4. Ensuring equilibrium in the circulation of substances and energy by limiting the impact on nature, based on its capabilities for self-purification and reproduction;

5. Limiting the impact on the natural environment through various methods and means of cleaning emissions into the atmosphere, effluents into water bodies, industrial waste, physical radiation;

6. Creation of environmentally friendly industries, technologies, rolling stock, equipment and transport systems;

7. Use of methods of ecological prevention of functioning of branches and objects of railway transport by performance of nature protection actions and introduction of technological means;

8. Continuous monitoring of the environment;

9. The use of economic methods in the management of environmental protection and environmental management;

10. Inevitability of liability for violation of rules, norms, laws on environmental protection.

To assess the level of impact of transport objects on the ecological state of nature the following integral characteristics are used:

1. Absolute environmental losses expressed in specific units of biocenosis (flora, fauna, people);

2. Compensatory opportunities of ecosystems characterizing their recoverability in the natural or artificial mode created forcibly;

3. The risk of disruption of the natural balance, the occurrence of unexpected losses and local environmental shifts that can cause environmental risk and crisis situations in the natural environment;

4. The level of environmental losses caused by the impact of transport facilities on the environment [2].

*Atmospheric air pollution.* In railway transport, the sources of emissions of harmful substances into the atmosphere are objects of industrial enterprises and rolling stock. When solid fuel is burned, oxides of sulfur, carbon, nitrogen, fly ash and soot are released into the atmosphere. Fuel oil during combustion in boiler units emit sulfur oxides, nitrogen dioxide, solid products of incomplete combustion of vanadium with flue gases.

Locomotive engines can contribute significantly to air pollution in urban areas, especially near freight stations. Globally, approximately 60 % of passenger trains and 80 % of freight trains are diesel locomotives emitted into the atmosphere the products of combustion, including nitrogen oxides and particulate matter, creating health problems, and carbon dioxide, which is greenhouse gas. Transportation and handling of dry granular materials (e.g. minerals and grains) can cause

dust emissions, and storage and handling of fuels or volatile chemicals can cause unorganized emissions [3].

*Pollution of water bodies.* Water is used in many technological processes of the railway economy. In order to save this valuable natural resource, water consumption and diversion standards have been developed. After use in enterprises, water is contaminated with various impurities and passes into the category of industrial wastewater. Many substances polluting the effluents of enterprises are toxic to the natural environment. Qualitative and quantitative composition of effluents depend on the nature of technological processes of the enterprise.

*Noise and vibration.* The main sources of noise in railway transport are moving trains, track machines, production equipment.

A common source of noise is the locomotive. Noise in certain environments can have a significant impact on human health and behavior. Noise can cause irritation and aggression, hypertension (high blood pressure), tinnitus, hearing loss.

### **References**

1. *Правовые основы охраны природы на железнодорожном транспорте. Коллектив авторов. Методическое пособие. М.: "Калейдоскоп", 1997. – 96 с.*
2. *Павлова Е.И. Экология транспорта М.: Транспорт 1998.*
3. *Ишков А. Г. Проблемы охраны окружающей среды на ж/д транспорте. Железнодорожный транспорт. Изд.«Транспорт» М., 1995. № 2. – С.53 – 54.*
4. *Развитие реформ на железнодорожном транспорте в 1996г. Железнодорожный транспорт. Изд. «Транспорт» М.,1996. № 2. – С.3 – 4.*

УДК 620.95

## **THE PERSPECTIVE OF BRIQUETTES PRODUCTION ON THE BASE OF PEAT AND RENEWABLE BIOMASS**

**Greк V.A.**

**Scientific Supervisor Rodzkin A.I.**

*Belarusian National Technical University*

Briquettes are special type of solid fuel which may be produced from different type of feedstock. The traditional raw for briquettes is peat. Peat as a fuel for energy production are using in Finland, Rus-

sia, Belarus and other countries [1]. According to statistical data collected by the International Peat Society, energy peat production in Europe in 1999 was 21,5 million tons of air-dried peat. Finland was a leading energy peat producer in terms of volume, with some 7.5 million tons of production. The second in rank was Ireland with 4,7 million tons and the third the Russian Federation with 3,7 million tons of production. Belarus, Sweden and Estonia followed as the next largest producers [2].

There are some problems with peat using as an energy resource. The first, it is fossil fuel, but not renewable feedstock and peat is not endless, but exhaustible resource. The second, peat mining is finishing if the layer of the peat not enough deep and as the result degraded lands are forming on drained wetlands areas. After peat excavation finishing the biggest problem is to use these lands for other practice [3]. This type of soils is very heterogenic, with high level of acidity, poor contents of nutrients, low fertility and bad structure. At the result it is very problematic to grow traditional agricultural crops that have high demand to soil fertility on these areas. A soil condition after peat mining are not favorable and once peat harvesting has ceased it is impossible to grow any cultural plants for several years, with the most critical period being the time after planting.

The perspective direction is production of composite briquettes from mixture of peat and biomass. Production of composite briquettes fuel from renewable and fossil fuels enable to reduce the burden on the environment due to renewable biomass, at the same time, without compromising fuel specifications. There are some different sources of biomass: residues of wood and crops, solid waste or special agricultural crops growing for energy. For composite briquettes also using waste wood (sawdust, chips, shavings, pine needles, leaves, etc.), residues of agricultural production (hay, straw, husks of sunflower seeds, rice, buckwheat, etc.), The big potential for bioenergy has a straw of cereal crops, flax residues, hay and others. It connected as with big area of cereal, rape, rice and other crops in agricultural sector and also with cost of unit of energy which may be produced from the straw. There are several technologies of straw utilization as a biomass for energy, including biogas production, straw gasification, straw briquette and pellets production and so on, which are already commercialized and popularized. Nevertheless, direct combustion of biomass is the main and traditional way of the utilization of biomass energy. The problems for direct combustion of straw it is a high content of elements in biomass, which may damage

boilers. For instance, high content of chlorine, potassium, sodium in straw biomass which are highly aggressive and causes slagging of pipes and accelerates corrosion of the metal surfaces of the boiler during combustion. The big potential for bioenergy has a straw of cereal crops which occupy the biggest part of arable lands in European countries. In Europe, the leader in using straw for energy is Denmark. The annual utilization of straw for energy in the country is about 1,3-1,4 mln. tons [4]. Ash straw application has a positive effect for soil fertility [5]. Such as, it was concluded that recycling rice-straw ash had positive effects on soil, which could improve the saturated water-holding capacity of soil, pH value, the content of available potassium and the content of available phosphorus had little effect on the content of soil organic matter. The special attention at the result of ash straw application was given to phosphorus (P) availability in soil. Straw ash may be successfully used both for forestry and agriculture. So, the composition of 79 samples of straw ash from seven heating plants in Sweden was analyzed with the aim of evaluating straw ash as a fertilizer and liming agent. Ash from rape straw had a higher Ca content and liming effect compared with ash from cereal straw.

Briquettes production of high quality defines the special requirements for feedstock [6]. The key positions here are moisture and size of fraction of biomass. It is necessary to dry biomass to get humidity not more than 15%. The basis of the production technology of composite briquettes is compaction of mass with high pressure (with or without heating). The production process consists of crushing raw material, drying and pressing. The temperature during compaction must promote the melting of briquettes surface which thereby becomes more robust. This characteristic is important for the transportation of briquettes. Of course, it is necessary to follow special standards for composite briquettes. The most important parameters are included in the table 1.

Table 1 – Technical parameters of composite briquettes

Technical parameter	Unit of metering	Indicator
Density of the briquettes	t / m <sup>3</sup>	1.0-1.2
Calorific value	MJ / kg	19-20,5
Ash content	%	0.5-1.5

Manufacturing of composite briquettes is a rational alternative as for peat fuel, so and direct firing of straw and other types of biomass. In contrast to peat fuel, composite briquettes may be used as a solid fuel for fireplaces and stoves of all kinds, including solid fuel boilers heating systems without limits. Composite briquettes are eco-friendly type of energy which emit smokeless and it is good choice for houses heating, baths, tents, greenhouses and other purpose.

### References

1. Moilanen M., Issakainen J. and Silfverberg K. 2012. *Peat ash as a fertilizer on drained mires – effects on the growth and nutritional status of Scots pine. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, P. 20.*
2. *Peat as an Energy Resource. 2001 WEC Survey of Energy Resources. World Energy Council: [Electronic resource]. – electronic data. – Access mode: [http:// www.peatociety. org/peatlands-and-peat/peat-energy-resource](http://www.peatociety.org/peatlands-and-peat/peat-energy-resource)*
3. Kundas S., Wichtman W., Rodzkin A., Pashinsky V. 2015. *Use of biomass from wet peatland for energy purpose. Int. Sc. Conf., Lviv, pp. 77 – 813.*
4. *Straw for energy production. Technology – Environment – Economy. 1998. The center for biomass technology. P. 53.*
5. Schiemenz K., Kern J., Paulsen H., Bachmann S. and Eichler-Lobermann B. 2011. *Phosphorus Fertilizing Effects of Biomass Ashes. Recycling of Biomass Ashes, DOI 10.1007/978-3-642-19354-5\_2, C. 17– 31.*
6. Rodzkin A. *Life cycle assessment of biomass production from drained wetlands areas for composite briquettes fabrication / Aleh Rodzkin, Semjon Kundas, Wendelin Wichtmann // Energy Procedia 128 (2017), pp. 61 – 67.*

УДК 620.952

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОГАЗА КАК ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

Жило И.А.

Научный руководитель Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

*Рассмотрены текущее состояние и перспективы развития биогазовых технологий.*

В современных условиях энергосбережения, рациональное использование всех материальных ресурсов, возобновляемых

источников приобретает особое значение и становится не просто обязательным принципом хозяйствования, но и важнейшим требованием национальной энергетической безопасности страны [1].

Деятельность человека приводит к образованию огромного количества отходов, содержащих органические вещества. Это бытовые стоки и отходы животноводства, полеводства, пищевой, деревообрабатывающей и целого ряда других отраслей промышленности. Образование органических отходов сопровождается загрязнением атмосферного воздуха, почв, грунтовых и поверхностных вод. В значительной степени устранить экологические проблемы возможно с использованием биогазовых технологий [2].

Современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, однако наиболее эффективно использование биогазовых технологий для переработки отходов животноводческих, птицеводческих ферм и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора [3].

Получение горючего газа из отходов животноводческих комплексов и переработки растительности называют экологической биотехникой. Биологическая переработка органических отходов в горючий газ представляет собой сложный микробиологический процесс, в котором принимают участие несколько групп бактерий. Одни из них гидролизуют углеводы, белки, липиды с выделением водорода, углекислого газа, жирных кислот и других продуктов брожения. Другие разлагают жирные кислоты, образуя ацетат и смесь водорода с диоксидом углерода. Из жирных кислот другие бактерии синтезируют тот же ацетат. В процессе биоконверсии участвует группа бактерий, синтезирующая метан из ацетата, углекислоты, водорода и других продуктов разложения органического вещества. Этому процессу препятствует присутствие водорода, все участвующие в нем бактерии-анаэробы. Поэтому процесс переработки отходов в газ называют анаэробным (без доступа кислорода).

Биогаз получается в анаэробных условиях путём разложения органического вещества – субстрата – группой микроорганизмов и представляет собой смесь метана и диоксида углерода, а также незначительного количества аммиака, водорода, сероводорода и некоторых других веществ в зависимости от исходного биосырья (субстрата) и технологии получения биогаза.

Горючий компонент биогаза – метан, которого содержится в разных случаях от 55 до 85 %, остальное – диоксид углерода

(CO<sub>2</sub>), являющийся балластом, снижающим качество биогаза как топлива. По этой причине снижается удельная теплота сгорания биогаза, требуется дополнительный объем при его хранении.

Преимущества использования биогазовых технологий следующие:

- производство электрической энергии из собственного сырья. Биогаз после предварительной обработки может применяться в качестве топлива для автомобилей, работающих на газе;

- снижение экологической нагрузки на окружающую среду в местах расположения животноводческих комплексов и сокращение выброса диоксида серы за счёт переработки отходов животного происхождения; предотвращение выбросов метана в атмосферу;

- получение высококачественных, обеззараженных и хорошо усваиваемых растениями органоминеральных удобрений, богатых азотом, фосфором, калием и питательными микроэлементами; урожайность растений при применении биоудобрений повышается на 15 – 20 % в зависимости от вида сельскохозяйственных культур;

- улучшение условий труда на животноводческих комплексах и создание дополнительных высококвалифицированных рабочих мест [4].

Основным недостатком биогазовой технологии является значительный вес удельных капитальных затрат (в расчёте на единицу мощности).

Биогазовые технологии являются одним из перспективных направлений возобновляемой энергетики, обеспечивающих решение энергетических и экологических задач. Этим обусловлен возрастающий интерес к получению биогаза во всем мире. Биогазовые технологии получили широкое распространение в США, Японии, Китае, Индии и европейских странах [5].

Возможности роста доли биогаза в энергетическом балансе ряда стран предполагается увеличить за счет расширения сырьевой базы, в том числе и переработки специально выращенных растений. Это будет эффективное использование солнечной энергии – через биосинтез и последующую биоконверсию.

В мировом сообществе возрастает интерес к получению энергии и топлива из биомассы, которая представляет собой дешёвую форму запасённой в большом количестве и перерабатываемой с использованием новейших технологий энергии, является возобновляемым источником энергии. Разработано

большое количество технологических решений конверсии биомассы для получения энергии и топлива.

Одним из направлений переработки биомассы является разложение в анаэробных условиях осадка сточных вод и прочих органических отходов растительного и животного происхождения с целью получения биогаза. Этот процесс метанового сбраживания представляет собой набор химических реакций, поочередно протекающих в определённых условиях.

Анаэробное сбраживание осадка сточных вод является повсеместно распространённой технологией, позволяющей сокращать объём осадка, стабилизировать органическое вещество, вырабатывать биогаз. Уменьшение массы осадка позволяет значительно сократить расходы на его обезвоживание и складирование, достигающие 40 % от общих затрат на очистку воды [6].

Отходы сельского хозяйства, твердые отходы производства, мусор городского хозяйства и другие отходы являются источником достаточного количества высокосортного топлива. Они могут включать пищевые отходы – ботву овощей, остатки пищи, а также использованную оберточную бумагу, картон, обрезки тканей, органический мусор и др.

За счет преобразования биомассы получают твердые (древесный уголь), жидкие (нефть и спирт), газообразные (метанол, углеводород) виды топлива или электроэнергия.

Биогаз применяется для приготовления пищи, освещения и генерирования электрической мощности. Биогазовые двигатели работают полностью на биогазе или потребляют 80 % биогаза и 20 % дизельного топлива. Эти моторы производятся в Индии.

При использовании неочищенного биогаза в качестве моторного топлива наполнение цилиндров двигателя горючим (метаном) значительно снижается.

Использование неочищенного биогаза может приводить к значительной коррозии газо-топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания, трубопроводов и оборудования компрессорных заправочных станций.

Наиболее значительные колебания состава биогаза наблюдаются при переработке сельскохозяйственных отходов, когда содержание метана может изменяться в пределах от 50 % до 70 % объема.

Экономически не выгодно очищать биогаз свыше 95 % содержания метана, так как на каждый дополнительный кубометр извлекаемого диоксида углерода необходимо затратить энергии более 11732 кДж. Результаты исследований и опыт применения

показали, что для нормальной работы газобаллонного автомобиля на биогазе достаточно очистить его до содержания метана 93 % объема. Такая степень очистки биогаза не требует применения дорогостоящих методов химической очистки или адсорбционных методов. Очистка биогаза до требуемых концентраций может осуществляться простыми процессами физической абсорбции.

Технологические процессы образования биогаза протекают в стационарных аппаратах, в которых установлены технологические параметры. Исключение составляют городские свалки, где процесс образования биогаза практически неуправляем, так как на него оказывают влияние многие природные факторы. По этой причине содержание метана в таком биогазе может изменяться в широких пределах порядка 35 – 80 % объема. Кроме метана и балластных компонентов в виде азота и диоксида углерода, в нем присутствуют также сернистые соединения, меркаптаны, галогеносодержащие соединения и ароматические углеводороды.

Внедрение биогазовых технологий в развитых и развивающихся странах, повышение эффективности и рентабельности внесли значительные изменения в переориентировку этих технологий от энергетических к экологическим и агрохимическим (производство удобрений), особенно при переработке разнообразных органических отходов.

Дания стала первой страной, успешно продемонстрировавшей коммерческие биогазовые заводы по переработке отходов животноводства и других сельскохозяйственных отходов для получения тепловой и электрической энергии. Эта страна – мировой лидер в индустриальном производстве биогаза. Около 8 % современного потребления энергии в стране приходится на возобновляемые источники энергии, их доля к 2025 году увеличиться до 35 %.

Биогазовые технологи помогут решить актуальную для Республики Беларусь экологическую проблему: сократить эмиссию парниковых газов, так как сельское хозяйство – второй сектор по величине выбросов парниковых газов. Количество этих выбросов достаточно высокое по сравнению с другими странами. Удельные выбросы парниковых газов на один гектар сельскохозяйственной земли больше чем в США в 2,5 раза.

Биогазовые установки являются современным, экологически безопасным источником энергии, получившим широкое распространение по всему миру. Республика Беларусь обладает значительным потенциалом для развития биогазовых технологий, а

комплексное применение методов повышения их эффективности наряду с организацией производства отечественного оборудования может сделать использование биогазовых установок экономически более выгодным.

Таким образом, биогазовая установка – это уникальное средство для производства энергии, благоприятно влияющее на окружающую среду.

### **Библиографический список**

1. Кундас, С.П. Оценка потенциала производства биогаза в Республике Беларусь / С.П. Кундас // *Энергоэффективность: научно-практический журнал*. Выпуск № 4 / под ред. Л.В. Шенец; учредитель Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Департамент по энергоэффективности, Инвестиционно-консультационное республиканское унитарное предприятие «Белинвестэнергосбережение». – Минск, 2013. – С. 32 – 36.

2. Огурцов, А.П. Энергия и энергосбережение / Огурцов А.П. – Днепропетровск : Системные технологии, 2010. – 865 с.

3. Осадчий, Г.Б. Биогазовые установки и их модернизация / Г.Б. Осадчий // *Энергия: экономика, техника, экология = Energy: научно-популярный и общественно-политический иллюстрированный журнал*. Выпуск № 3 / под ред. О.Н. Фаворский; учредитель Российская академия наук, Объединенный институт высоких температур, Российская академия наук. – М., 2015. – С. 57 – 68.

4. Капустин, Н.Ф. Опыт работы биогазовых комплексов в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь / Н.Ф. Капустин // *Энергоэффективность: научно-практический журнал*. Выпуск № 7 / под ред. Л.В. Шенец; учредитель Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Департамент по энергоэффективности, Инвестиционно-консультационное республиканское УП «Белинвестэнергосбережение». – Минск, 2017. – С. 17 – 22.

5. Величко, В.В. Повышение эффективности биогазовых технологий / В.В. Величко // *Энергоэффективность: научно-практический журнал*. Выпуск № 7 / под ред. Л.В. Шенец; учредитель Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, Департамент по энергоэффективности, Инвестиционно-консультационное республиканское унитарное предприятие «Белинвестэнергосбережение». – Минск, 2017. – С. 10 – 16.

6. Кевбрина, М.В. *Высокоэффективная технология метанового сбраживания осадка сточных вод с рециклом биомассы / М.В. Кевбрина // Водоснабжение и санитарная техника: научно-технический и производственный журнал. Выпуск № 10 / под ред. В.Н. Швецов; учредитель МГП «Мосводоканал», ГП «Союзводоканалпроект». – Москва, 2012. – С. 61 – 67.*

УДК 502.131

## **РОЛЬ «ЗЕЛеной ЭКОНОМИКИ» В ОХРАНЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

**Матвеева Е.Р.**

**Научный руководитель Иватанова Н.П.**

*Тульский государственный университет*

*Рассмотрены проблемы эффективности землепользования и охраны земель в рамках «зеленой экономики»*

В настоящее время во многих странах мира, в том числе и в России свое стремительное распространение получает концепция «зеленой экономики».

ЮНЕП определяет «зеленую» экономику как экономику, повышающую благосостояние людей и создает социальную справедливость, и при этом кардинально сокращает риск для окружающей среды и ее обеднение [5].

«Зеленый» подход в экономике направлен на решение проблем дефицита природных запасов страны, ликвидации опасности загрязнения воды, воздуха и земельных ресурсов, сбережение природного богатства.

Самым большим и наиболее важным компонентом природного потенциала России являются земельные ресурсы. В наибольшей степени весомой частью земельного потенциала составляют именно сельскохозяйственные угодья, эти земли располагаются на 220 млн. га и на их долю приходится 13 % общей площади страны. Сельскохозяйственные угодья по размерам проигрывают лесным землям, занимающим больше половины всей территории России. На расположение водно-болотных угодий приходится 13 % всей площади. Преимущественно антропогенно измененные и много потребившие зем-

ли населенных пунктов и промышленности, их площадь составляет около 2 % [3].

Значительная часть территории страны не освоена хозяйственной деятельностью (по оценкам 60-65%), что позволяет этим территориям исполнять важную роль в регулировании стабильности биосферы всей планеты. К наиболее важной проблеме использования земельного потенциала следует отнести деградацию сельскохозяйственных угодий. Почти во всех регионах нашей страны остается неизменной тенденция стабильного ухудшения ситуации земель. Усиленно развиваются опустынивание, подтопление, дефляция, заболачивание, засоление, эрозия, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником, а так же много других процессов, ведущих к утрате плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота. Снижение качества сельскохозяйственных земель влечет к существенной нехватке урожая в аграрном секторе, что грозит продовольственным кризисом, если продукт не будет продаваться за рубежом [1].

Основным достоинством не только экономического плодородия, но и других хозяйственно охваченных природных систем, является то, что сравнивая их с другими средствами производства, что в процессе их эксплуатации изнашиваются, природные системы при рациональном использовании, наоборот, развивают свои естественные, а следовательно и экономические характеристики.

Задача состоит в том, чтобы на базе основательного изучения способностей экосистем, обеспечить их рациональное использование. Экономической меркой такой оценки является снижение производственного влияния на природные системы до такой степени, при которой не нарушается способность экосистем к самовосстановлению и при этом получается максимальная экономия суммарных затрат на ликвидацию экологических нарушений и восполнение их последствий.

По информации из «Доклада о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» сумма расходов федерального бюджета по разделу «охрана окружающей среды», составляет 115 978 млн. руб., что на 26 % больше, чем в 2017 г. Инвестиции, направленные на охрану и рациональное использование земель, в 2017 г. составили 10174297 тыс. рублей, в т. ч. из федерального бюджета 2 197 353 тыс. рублей (или 21,6 % от общего объема), из бюджетов субъектов Российской Федерации 980966 тыс. рублей (или 9,64 % от общего объема), из собствен-

ных средств предприятий 6 976270 тыс. рублей (68,57 % от общего объема) [4].

Данные результаты говорят о том, что на охрану земель (рекультивация нарушенных земель, восстановление почв после различных воздействий, загрязнений и т.д.) направляются огромные средства, что несомненно затрагивает экономическую сторону данного вопроса.

По мнению некоторых экспертов Порфирьев Б.Н., Соколов В.И., Виноградова А.Е. [2], нам следует обратить внимание на опыт высокоразвитых государств. Так, страны Западной Европы активно переходят от экологической политики по устранению последствий загрязнений и разрушений, а так же к их предупреждению. Для решения аналогичных проблем в США и Канаде задачи охраны окружающей среды введены в планы социальные-экономического развития, а так же вовсе процессуальные акты, предвещающие принятие решений. В Швеции и Великобритании основным средством предупреждения загрязнений является планирование землепользования и т.д. [2].

Таким образом, переход к «зеленой экономике» способствует увеличению входных ресурсов естественного, физического и человеческого капитала. Благоприятно влияет на повышение эффективности природных ресурсов за счет гораздо эффективного управления естественным капиталом, на повышение качества человеческого потенциала, а так же на снижение экономического ущерба от потерь физического капитала вследствие более мудрого управления экологическими рисками.

### **Библиографический список**

1. Бобылев С.Н. *«Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития* / Бобылев С.Н., Захаров В.М. / г. Москва, 2012 №60 – 90.

2. Порфирьев Б.Н. *Управление природоохранной деятельностью и меры по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов в зарубежных странах* / Порфирьев Б.Н., Соколов В.И., Виноградова А.Е. / М., 2000 – С 36.

3. *Навстречу «зеленой» экономике России (обзор). Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ. Центр экологической политики России, 2012, – С 82.*

2. *Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» г. Москва, 2018. – 887 с.*

3. Сайт Обобщающего доклада ЮНЕП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.unep.org/greenecomputy](http://www.unep.org/greenecomputy), свободный. – (Дата обращения: 12.10.2019).

УДК 67.08

## **ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ТУЛЕ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Никитина И.В.**

**Научный руководитель Коряков А.Е.**

*Тульский государственный университет*

*В статье рассматривается настоящее положение вывоза и переработки твердых бытовых отходов в Туле, городах России и СНГ. Характеризируются преимущества и недостатки полигонов по обработке твердых бытовых отходов, используемых в Туле. Выполнена сравнительная оценка способов переработки ТБО в России и во всем мире.*

Для Тулы твердые бытовые отходы (ТБО) – это важная проблема, связанная и с вывозом большого количества, что характерно для каждого города, и с их переработкой и утилизацией. Человек каждый год создает 300–400 кг ТБО, которые образуют городской мусор. Задержка его удаления и ликвидации недопустимо, так как это может привести к глобальным эпидемиям, к значительному загрязнению городов. С другой стороны, ТБО содержат ценные компоненты (металлы, стекло, бумагу, органические вещества и т.д.), а также являются потенциальным источником энергии [1, 2].

Проблема переработки ТБО является актуальной, так как, ее решение связано с необходимостью обеспечения нормальной жизнедеятельности населения, санитарной очистки городов, охраны окружающей среды и ресурсосбережения. К сожалению, до сих пор злободневной является тема нелегальных свалок мусора на территории Тулы и области. В 2018 году в Тульской области было выявлено 1783 места несанкционированного размещения ТКО, из них ликвидировано 1569. Кроме того, в прошлом году началась разработка проектной документации для рекультивации четырех закрытых объектов размещения отходов в Арсеньевском, Богородицком (два), Одоевском районах [2].

Главной задачей для города Тулы на ближайшие годы будет являться поиск эффективных способов переработки ТБО – как промышленных, так и опасных отходов. Решением этой проблемы станет строительство нового полигона. Это будет не просто полигон – целый технопарк по переработке и утилизации ТКО. Современный, соответствующий всем экологическим требованиям объект размещения и захоронения отходов. По проекту здесь подразумевается создание хозяйственно-бытовой зоны, подъездных путей, въездной группы, зоны размещения автотранспортных средств и спецтехники. Входная группа подразумевает пост весового контроля, а еще – радиологического: какого класса опасности везут отходы, определяют на месте. В случае, если на полигон доставят отходы, класс которых не соответствует допустимым категориям, на новый объект их не допустят.

После того как транспортное средство проверят, оно пройдет на площадку выгрузки отходов и на само тело полигона. Площадка будет представлять собой котлован с системой дренажа и отводным каналом вывода фильтрата. Это не даст возможность выходу загрязняющих веществ со сточными водами и атмосферными осадками за границы полигона.

Все сведут в контрольные емкости, куда под давлением на очистные сооружения подается фильтрат. Пруд-испаритель «за-циклит» процесс. В результате в очистных станциях будет образовываться чистая техническая вода. В дальнейшем весь объем свозимых на полигон отходов будет проходить через переработку. В конечном итоге это позволит значительно уменьшить объем захораниваемых отходов, а переработанные ТКО (пластик, стекло, бумага, картон) получат «вторую жизнь». Вторсырье, получаемое при переработке древесных отходов, станет поставляться на производства, которые в этом сырье нуждаются.

Таким образом, без сжигания планируется достигнуть наибольшего объема непосредственно переработанных, а не захороненных ТКО.

Исходя из мирового опыта, достаточно многие компоненты ТБО имеют все шансы перерабатываться в полезные продукты. Приведем пример: стекло обычно перерабатывают путем измельчения и переплавки, а стеклянный бой низкого качества после измельчения используется в качестве наполнителя для строительных материалов. Во многих отечественных городах имеются предприятия по очистке и повторному использованию стеклянной посуды. Подобная, бесспорно, позитивная практика

существует, например, в Дании. Стальные и алюминиевые банки переплавляются с целью получения соответствующего металла. При этом выплавка алюминия из баночек для прохладительных напитков требует только 5% от энергии, необходимой для изготовления того же количества алюминия из руды, и является одним из наиболее выгодных видов переработки [2, 5]. Бумажные отходы различного типа уже многие десятки лет используют наравне с обыкновенной целлюлозой с целью производства пульпы - сырья для бумаги. Из смешанных или низкокачественных бумажных отходов изготавливают туалетную или оберточную бумагу и картон. К великому сожалению, в России только лишь в скромных масштабах присутствует методика выпуска высококачественной бумаги из отходов. Бумажные отходы также используются в строительстве для производства теплоизоляционных материалов и в сельском хозяйстве - вместо соломы на фермах. Что касается пластика, то переработка пластика, в общей сложности, затратный и непростой процесс, однако уже после переработки он может использоваться в качестве строительного материала и сырья для производства мебели. Кроме того, возможно с пользой перерабатывать большой объем разных металлов и сплавов.

Каким образом складывается ситуация с переработкой и утилизацией ТБО в России? К несчастью, на данный момент захоронение ТБО так и остается главным способом его утилизации. Многочисленные предприятия созданы десятки лет назад и применяют технологии старого образца, соответственно, в городах накапливаются отходы, по массе и вредности являющиеся опасными для жителей, как близлежащих районов, так и города в целом. Накопление отходов в больших количествах и невозможность удаления их для захоронения или использования влечет за собой то, что предприятия зачастую прибегают к их несанкционированному удалению.

С целью переработки ТБО обширно используется метод компостирования – это биохимический процесс разложения органической части ТБО микроорганизмами. В биохимических реакциях взаимодействуют органический материал, кислород и бактерии, а выделяются углекислый газ, вода и тепло. В следствии саморазогрева вплоть до 60÷65 °С случается ликвидация многих болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух. Продуктом компостирования считается органическое удобрение - компост или биопливо. Компостирование

более обширно используется с целью обработки отходов органического, в первую очередь, растительного происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава. Имеются технологии компостирования пищевых отходов и неразделенного потока ТБО. В нашей стране компостирование с помощью компостных ям зачастую используется населением в частных домах или на садовых участках. Имеется ряд технологий компостирования, отличающихся по стоимости и сложности. Наиболее простые и недорогие технологические процессы предполагают больше места, и процедура компостирования забирает много времени, как следует из приводимой классификации технологий компостирования. Окончательным результатом компостирования будет компост, которому находят разное использование в городском и сельском хозяйстве [3].

В Российской Федерации, равно как и во всем мире, широко применяется метод мусоросжигания (мусоросжигающие заводы МСЗ) – это непростой и высокотехнологичный вид обращения с отходами. Сжигание потребует предварительную обработку ТБО. В ходе данной процедуры из ТБО следует убрать крупные объекты, металлы и необходимо дополнительно его измельчить. Сжигание неразделенной массы отходов на текущий момент считается чрезвычайно опасным. Отсюда следует, что сжигание мусора является едва лишь одним из компонентов комплексной программы утилизации. Сжигание дает возможность приблизительно в 3 раза снизить число отходов, ликвидировать некоторые неприятные свойства: запах, выделение токсичных жидкостей, бактерий, притягательность для птиц и грызунов, и кроме того, получить дополнительную энергию, которую возможно применить с целью извлечения электричества или отопления. Экологические влияния МСЗ, главным образом, объединены с загрязнением атмосферы, в первую очередь - мелкодисперсной пылью, оксидами серы и азота, фуранами и диоксинами. Основные трудности появляются также с захоронением золы от сжигания мусора, которая по весу составляет до 30 % от изначальной массы отходов и которая ввиду своих физических и химических свойств не может быть захоронена на простых полигонах [4]. Для безопасного захоронения золы используются специализированные хранилища с наблюдением и очищением стоков.

Недочеты складирования ТБО на полигонах: значительная требуемая площадь территории; трудность организации новых свалок ввиду того, что отсутствуют свободные земельные

участки; существенные расходы на транспортировку ТБО; утрата ценных компонентов ТБО; экологическая угроза (загрязнение грунтовых вод и атмосферы, распространение неприятных запахов, потенциальная опасность в отношении пожаров и распространения инфекций и пр.).

Удаление ТБО на полигоны стоит воспринимать как необходимое, немедленное решение проблемы, в принципе, противоречащее экологическим и ресурсным требованиям. Так как свалки все дальше отдаляются от городов, а безграничным полигон вывоза ТБО быть не может, для всех городов важна задача промышленной переработки ТБО. Согласно данным из-за рубежа, методика прямого сжигания ТБО предполагает природоохранную угрозу вследствие токсичных выбросов [4].

В России позабыта перерабатывающая индустрия, не систематизирован порядок сбора вторичных ресурсов, не оборудованы в населенных пунктах места для сбора вторичных ресурсов (металл), не везде отлажена структура вывоза образующихся отходов. Подобное создает вред состоянию окружающей среды, отрицательное влияние на здоровье человека.

Полигоны еще продолжительный период останутся в России главным способом переработки ТБО. Первостепенная цель - обустройство имеющихся полигонов, продление их существования, снижение их вредного влияния. Лишь в больших городах уместно возведение МСЗ или мусороперерабатывающих заводов с предварительной сортировкой ТБО. Целесообразна эксплуатация небольших МСЗ для сжигания специфических отходов, например больничных, лабораторных и т.д. Это подразумевает диверсификацию как технологий переработки отходов, так и их сбора и транспортировки. В различных частях города следует использовать подходящие методы удаления ТБО. Это сопряжено с видом застройки, степенью доходов жителей, другими социально-экономическими факторами [5].

### **Библиографический список**

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. «Переработка отходов производства и потребления», М.: Интермет инжиниринг, 2000. – 495 с.
2. Экологическое право: учебник /под ред. С.А. Боголюбова., 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011. – 482 с.
3. Постановление Правительства Тульской области №579 об утверждении Правил осуществления деятельности региональных операторов по обращению с твердыми коммунальными

*отходами на территории Тульской области, контроль за их исполнением. 28.12.2018.*

4. Иванов О.П. Основные направления реформирования современной природно-ресурсной политики России// *Использование и охрана природных ресурсов в России*, №3, 2006. – С. 110–114.

5. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. *Утилизация промышленных отходов.* – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.

УДК 631.95

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭРЛИФТНЫХ АЭРАТОРОВ В СИСТЕМАХ НИТРИ – ДЕНИТРИФИКАЦИИ**

**Матюхина Е. А., Белоусов Р.О., Корнеева Н. Н.**

**Научный руководитель Сальников Б. Ф.**

*Тульский государственный университет*

*Предложены возможности использования гидравлических эрлифтных аэраторов в системах нитри - денитрификации*

Традиционные сооружения аэробной биологической очистки сточных вод в аэротенках в настоящее время, как правило, дополняются блоком биологической нитри – денитрификации и удаления фосфора. Такая технология предъявляет дополнительные требования к конструктивному и энергетическому оформлению работы сооружений. Энергетическая составляющая работы этих сооружений – аэрационное оборудование – является наиболее важным элементом в осуществлении реконструкции традиционных аэротенков, особенно с учётом многократно возросшей стоимости электроэнергии.

В традиционных сооружениях аэраторы обеспечивали подачу кислорода воздуха активному илу и его перемешивание в аэротенках. В работающем сооружении указанные функции аэраторов реализуются стабильной работой аэрационной системы в установленном режиме в течение длительного периода времени. При биологическом удалении соединений азота методом нитрификации – денитрификации рекомендуется периодическая аэрация. Осуществление такого режима аэрации иловых смесей в традиционных аэротенках с пневматической системой аэрации вызывает ряд затруднений. В схемах работы аэротенков при удалении соединений

азота необходимы зоны с аэрацией и без неё (аноксидные зоны). Технически создание таких зон можно обеспечить путём включения и отключения подачи сжатого воздуха в пневматическую аэрационную систему, а чтобы избежать осаждения иловой смеси, нужно осуществлять механическое перемешивание. Но тогда потребуется оборудовать зоны механическими мешалками. К тому же прерывистая работа пневматической системы аэрации нежелательна по эксплуатационным показателям.

Считаем перспективным инженерным оформлением в реконструкции традиционных аэротенков для биологической нитри – денитрификации оборудование их коридоров гидравлическими эрлифтными аэраторами (ГЭА). Путём регулирования подачи воздуха (от 0 до оптимальных для процесса аэрации значений) в каждый аэратор можно обеспечить аэрируемый (аэробный) и анакксидный режим в соответствующих зонах аэротенка.

Выводы. Реконструкция системы аэрации в аэротенках для биологической нитрификации и денитрификации рекомендуется путём замены пневматической системы на гидравлические эрлифтные аэраторы (ГЭА).

#### **Библиографический список**

1. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения.
2. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.
3. Сальников Б.Ф. Разработка гидравлических и пневматических аэраторов для биологической очистки сточных вод. Диссертация на соискание учёной степени к.т.н., М – 1986.

УДК 628.1

### **БИОСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД**

**Матюхина Е.А.**

**Научный руководитель Сальников Б.Ф.**

*Тульский государственный университет*

*Рассмотрены биосорбционная очистка, биосорбер, сорбционный метод, регенерация активированных углей*

В последнее время большое внимание уделяется биосорбционной очистке, которая включает в себе совмещение в пространстве и во времени процессов сорбции загрязнений на ак-

тивном сорбенте с их биологическим окислением. Аппарат для реализации такой очистки назван биосорбером.

Такое сооружение как биосорбер [2] относится к комбинированному устройству для обработки сточных вод, и может быть использовано для глубокой биологической очистки и доочистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод от органических веществ и биогенных элементов. Одним из технологических достоинств в использовании биосорбера является то, что он работает без загрузки из регенерации сорбционных материалов.

Кроме того, совмещение в одном сооружении сорбционные и биологические технологии обеспечивают высокое качество очищенных сточных вод, что вызывает повышенный интерес к такому типу сооружения.

Рассмотрим основные физико-химические процессы данной технологии. Как известно, сорбция – это явление поглощения вещества из окружающей среды твёрдым телом. Биосорбция – это процесс, в котором в качестве сорбента используют оборудование, представляющие собой биоценоз типа биоплёнки. Клетка способна сорбировать на себе мельчайшие нерастворённые тела и коллоидные вещества.

В качестве сорбентов, наиболее часто, применяют активированные угли, являющиеся эффективными материалами для извлечения органических веществ из водных растворов. Методы регенерации активированных углей очень разнообразны, но каждый из них имеет свои неудобства, так как адсорбированные вещества не могут быть полностью удалены с поверхности угля.

При поступлении на сорбционные фильтры биологически очищенных сточных вод с целью их доочистки в верхних слоях сорбционного фильтра развивается биоценоз микроорганизмов. Благодаря развитию такой биоплёнки обволакивающей гранулой активированных углей, значительно повышается качество очищенных сточных вод. С другой стороны, отмечаем, что наличие биоплёнки на поверхности активированных углей значительно продлевает период регенерации.

Известно, что практически единственным методом, способным на практике обеспечить очистку огромного количества сточных вод, является биологический метод с использованием микроорганизмов. Среди применяемых методов очистки сточных вод биологическая очистка является наиболее дешевой, доступной и надёжной в санитарном отношении, поэтому очист-

ные сооружения крупных городов в качестве основной ступени очистки реализуют этот метод очистки сточных вод.

В нашей стране проблемой очистки сточных вод занимались многие ученые. За последние годы сделан большой шаг вперед в технологии очистки сточных вод, ужесточились требования, предъявляемые к очистным сооружениям предприятий.

В последние годы особое внимание уделяется биологической очистке сточных вод, технологиям очистки сточных вод с использованием микроорганизмов. Однако такие технологии на сегодняшний день разработаны в недостаточной мере. Поэтому решение данной проблемы является актуальным в современных условиях.

### **Библиографический список**

1. Сироткин, А.С. *Технологические и экологические основы биосорбционных процессов очистки сточных вод: Автореф. дисс... д-ра техн. наук / А.С. Сироткин. Казань, 2003. – 40 с.*

2. Морозов, Д.Ю. *Исследование адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ионы тяжёлых металлов / Д.Ю. Морозов, М.В. Шулаев, И.А. Храмова, Л.И. Хабибуллина // Химическая промышленность. – Т.83, №3. – 2007. – С.141–144.*

3. Брындина Л.В. *Биосорбционная очистка сточных вод / Л.В. Брындина, А.Н. Пономарев, К.К. Полянский // Молочная промышленность. – 2013. – № 2. – С.22–23.*

УДК 504.06

## **THE ENVIRONMENTAL PROBLEM OF SOIL POLLUTION BY OIL PRODUCTS IN BELARUS**

**Piotuh E.**

**Scientific supervisor Rodzkin O.I.**

*Belarusian National Technical University*

*The problem of oil pollution of soils of the Republic of Belarus is considered*

Oil pollution it is really significant environmental problem for every country. The industrial development and transport intensification require increasing of oil production as a source of energy and raw materials. Oil production and reprocessing is one of the most dangerous field of industry for natural ecosystems including air pol-

lution. One more environmental problem is spills of oil and leaking into the surface and underground waters and soils.

Relevance of the topic due to the fact that the Republic of Belarus for environmental activities is essential, due to the fact that the potential environmental hazard has any production process, especially oil industry. In the Republic of Belarus are companies producing, processing and transportation of oil and oil products, actively develop the petrochemical, energy and other industries widely used personal and public transport.

Once in the ground, oil may interact with aquifers and enter into the drinking water. Also, the soil structure itself deteriorates, increases its acidity, accumulate in the soil pathogens (especially root rot pathogens), degradation of soil microflora and depression, disturbed soil microbiocenosis and biocoenosis as a whole. The total economic damage as a result of these processes is estimated at hundreds of billions of rubles annually. Meanwhile, natural soil fertility restoration with oil pollution occurs much more slowly than with other technological impurities

The main sources of hydrocarbon contamination are: vehicles, businesses refining and petrochemical industry; gaseous emissions and wastewater industry; hazardous waste industrial and municipal landfills (settling ponds, swimming pools); petroleum hydrocarbon spills caused by accidents at oil (Gomel region) and oil pipelines, oil storage tanks, and oil refineries, etc. [1].

Monitoring of oil pollution in the environment is one of the most challenging tasks. Providing a reliable economic control is impossible without the development and application of modern measurements. In quantitative assessment of the level of oil contamination the most widely used methods of infrared spectrophotometry, ultraviolet luminescence, gas and gas-liquid chromatography [2].

Monitoring of soil settlements and industrial zones are carried out on the territory of 44 areas. Monitoring of soil contamination of roadside strips of highways of Belarus held on 23 soil profiles (92 points up) in the zones of influence of roads of national importance with varying intensity vehicular traffic and the duration of the road operation for at least 20 years. Background soil monitoring is conducted on a network that includes 90 points of observation [3].

According to the results of the 2017 soil monitoring, values in excess of maximum permissible concentration of oil products in the soil, marked for the five surveyed in 2018 in seven cities (Fig. 1). The largest areas of contamination are typical for Minsk, Krichev, Soli-

gorsk and Mozyr (42.0 %, 27.6 %, 20.0 % and 16.1 % of the analyzed samples of the city, respectively) Average values of oil content in soils are at 0.4-1.4 MAC. The maximum values are registered in Krychau, Minsk, and Mosyr Baranovichy at 5.2 MPC, MPC 4.9, 2.4 and 1.5 MPC MPC respectively [4].

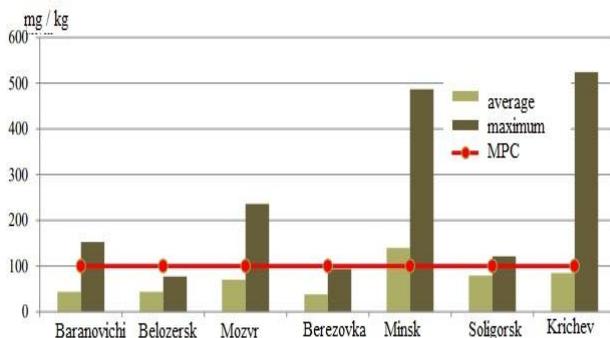


Fig. 1 – The petroleum content in the soils of the city in 2018

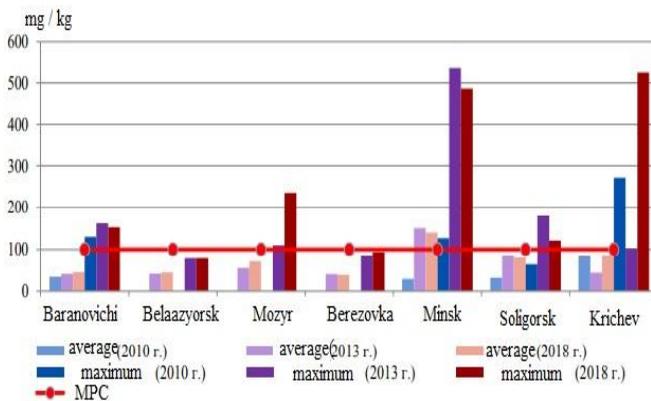


Fig. 2 – Content of petroleum products in the soil for years in cities

For all localities can also trace the dynamics of changes in the degree of oil contamination of urban soils (Fig. 2). In Minsk, exceeding the average values observed at the level of 1.4 –1.5 MAC in 2013 and 2018 The mean values in other cities were at the level of 0.3-0.8 MPC. Significant excess of the maximum values (from 1.3 to

5.4 MAC) typical for Minsk, Krichev, Mozyr, Baranavichy and Salihorsk in different years of observations [4].

The results of monitoring studies carried out on the territory of Belarus, revealed widespread and high levels of soil contamination and soil with oil products. Wherein the oil content have considerable variability: from background (less than 5 mg / kg) to hurricane (more than 100 000 mg / kg) values. The last characteristic of leaks (spills) of petroleum products.

The high content of oil (more than 5000 mg / kg) recorded in areas of impact of oil, gas stations, depots and warehouses lubricants, storage of solid household and industrial waste, the former bases, highways, the MTS et al.

Soil pollution with oil and petroleum products is one of the complex and multifaceted ecology and environmental issues. Oil and petroleum products are a common contaminant of soil on the territory of the Republic of Belarus due to the development in the country various industries, oil and neftetransportirovki, as well as extensive vehicle fleet.

Monitoring of soil contamination is carried out regularly and records that in recent years the situation has remained stable without any significant improvements. For the control of soil pollution with oil and oil products are used norms approved by the Ministry of Health of Belarus.

### References

1. *Geology and Mineral Resources of Quaternary sediments: materials VIII Collegiate geol. Readings, 3 – 4 April. 2014, Minsk, Belarus / the Editorial Board. AF Sanko (responsible. Ed.) [Et al.]. in 2 parts – Minsk: "Digital printing" 2014 – Part 2. 86.* 2. *Environmental monitoring of oil and gas / MA Saxony and others. // Physico-chemical and biological methods. – Irkutsk Irkut. University Press, 2005. – 114 p.*

3. *Soil contamination in Belarus. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://rad.org.by/monitoring/soil>*

4. *National Environmental Monitoring System of the Republic of Belarus: results of observations, 2018 / Edited by EP Bogodyazh – Minsk, Republican Center for Hydrometeorology, control of radioactive contamination and environmental monitoring. – 2019. – 450 s, yl.. 318.*

## **ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БУМАГИ И КАРТОНА**

**Тишковская Е.А.**

**Научный руководитель Басалай И.А.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрены группы и марки макулатуры, в зависимости от её состава, а также способы переработки макулатуры в зависимости от предполагаемого типа изделий, производимых из получаемого вторичного волокнистого сырья.*

Вторичные материальные ресурсы (ВМР) – отходы, которые после их сбора могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве вторичного сырья. Одним из самых выгодных видов вторичного сырья для переработки является макулатура. Её различают по составу, качеству и способностью для переработки.

В Республике Беларусь макулатуру следует разделять на три основные группы:

- А – высокого качества;
- Б – среднего качества;
- В – низкого качества.

В зависимости от состава, источников поступления, цвета и способности к роспуску насчитывают 13 марок вторичного волокнистого сырья макулатуры.

В таблице 1 представлены группы, марки и состав макулатуры РБ в соответствии с ГОСТ 10700-97 [1].

Увеличение количества ВМР с каждым годом растёт, но несмотря на это, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [2], количество отходов бумаги и картона составляет практически половину из общего числа вторичных материальных ресурсов, что видно на рисунке 1.

Использование вторичного волокнистого сырья имеет экологический эффект. Так, например, для производства 1000 листов бумаги из исходного сырья необходимо 15 кг древесины и 300 – 350 л. воды, а из вторичного волокнистого сырья: 5 – 6 кг макулатуры и 200 – 250 л. воды.

Макулатуру используют в качестве сырья для производства таких товаров как изделия полиграфии, писчая бумага, коробочный и контейнерный картон, крафт-бумага, одноразовую

посуду, газеты, тепло- и звукоизоляционные материалы, топливные пеллеты и брикеты, ткань для одежды, строительные материалы и др.

Таблица 1 – Состав и марки макулатуры

Группа	Марка	Состав
А	МС-1А	Отходы производства белой бумаги
	МС-2А	Отходы производства всех видов белой бумаги в виде обрезков с линовкой и черно-белой или цветной полосой
	МС-3А	Отходы производства бумаги из сульфатной небеленой целлюлозы
	МС-4А	Использованные мешки бумажные невлагопрочные (без битумной пропитки, прослойки и армированных слоев)
Б	МС-5Б	Отходы производства и потребления гофрированного картона, бумаги и картона, применяемых в его производстве
	МС-6Б	Отходы производства и потребления картона всех видов с черно-белой и цветной печатью
	МС-7Б	Использованные книги, журналы, брошюры, проспекты, каталоги, блокноты, тетради, записные книжки, плакаты и другие виды продукции полиграфической промышленности и бумажно-беловых товаров с однокрасочной и цветной печатью, без переплетов, обложек и корешков, изданные на белой бумаге
В	МС-8В	Отходы производства и потребления газет и газетной бумаги
	МС-9В	Бумажные гильзы, шпули, втулки
	МС-10В	Литые изделия из бумажной массы
	МС-11В	Отходы производства и потребления бумаги и картона с пропиткой и покрытием

	МС-12В	Отходы производства и потребления бумаги и картона черного и коричневого цветов, бумага с копировальным слоем, для вычислительной техники, бумага-подложка с нанесенным дисперсным красителем разных оттенков, а также кровельный картон
	МС-13В	Отходы производства и потребления различных видов картона, белой и цветной бумаги (кроме черного и коричневого цветов), обложечной, светочувствительной, в том числе запечатанной на аппаратах множительной техники, афишной, обойной, пачечной, шпульной и др.
<p>Примечания 1. По согласованию с потребителем допускается в составе макулатуры марки МС-4А наличие бумажных мешков из-под каолина, цемента, мела, соды, асбеста, гипса, минеральных удобрений и других химических нетоксичных продуктов без остатка затариваемых веществ.</p> <p>2. По согласованию с потребителем допускается в макулатуре марок МС-5Б, МС-6Б наличие этикеток, торговых ярлыков и трудноотделяемой бумажной клеевой ленты (кроме полиэтиленовой ленты).</p>		

В зависимости от предполагаемого типа изделий, производимых из получаемого вторичного волокнистого сырья, для переработки макулатуры применяют:

- первичный роспуск и очистку;
- вторичный роспуск и обработку.

Для превращения макулатуры в целлюлозную массу, первоначально её сортируют по маркам (цвету, степени загрязнения, длине волокон целлюлозы). Сортировка необходима для того, чтобы пустить в производство только те марки макулатуры, которые отвечают требованиям технологии. Первичный роспуск на волокна служит для растворения клея, связывающего отдельные волокна в целостную структуру и освобождение волокон. Для этого макулатуру помещают в гидроразбиватели (рис. 2), заливают водой и перемешивают.



Рис. 1 – Сбор вторичных материальных ресурсов по отдельным ресурсам в Беларуси (разработка автора)

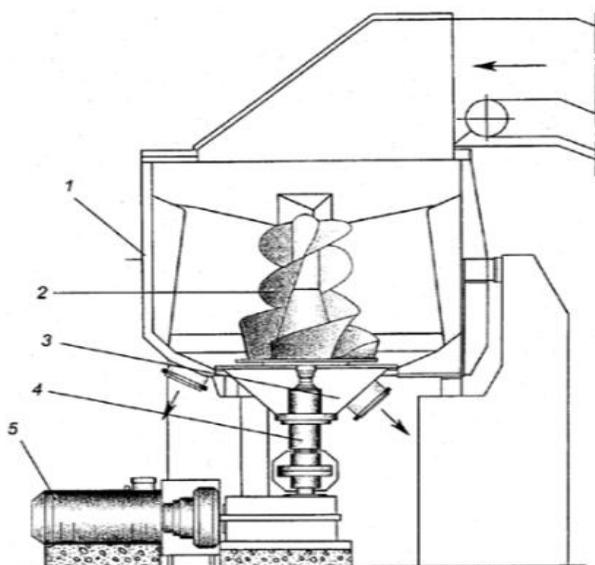


Рис. 2 – Схема гидроразбивателя для роспуска макулатуры:  
 1 – ванна; 2 – ротор; 3 – подроторная зона;  
 4 – муфта; 5 – привод

При данной операции от целлюлозы отделяется грязь, песок и жир, текстильные отходы макулатуры. Затем сливают воду, а пульпу (оставшуюся в баках жидкую массу), подают в соответствующее оборудование, которое производит готовые изделия. На этом этапе сырье можно использовать для получения недорогого картона, упаковок для яиц, различной тары и мягких наполнителей [3].

Для получения качественной бумаги различной фактуры и другой ценной для промышленности продукции применяют вторичный роспуск и обработку. Целлюлозная масса еще раз замачивается, разбивается на волокна и очищается с помощью дермодисперсионного и сортировочного оборудования. Далее производят необходимую химическую и механическую обработку, в зависимости от характеристик конечного продукта, и поступает в оборудование производящие виды конечного продукта.

Сбор отходов бумаги и картона и переработка макулатуры снижают расход растительных ресурсов; требует значительно меньше расхода энергии, топлива и воды, по сравнению с процессом изготовления изделий древесины.

### **Библиографический список**

1. *Макулатура бумажная и картонная. Технические условия: ГОСТ 10700 – 97. – Введ. 01.01.2001 – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2001. – 16 с.*

2. *Медведева И.В. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: Статистический сборник / И.С.Кангро, Ж.Н.Василевская, О.А.Довнар, Е.И.Кухаревич, Т.В.Лапковская, Е.М.Палковская, И.А.Мазайская, З.В.Якубовская. Минск: Национальный статистический комитет РБ, 2019 – 200 с.*

3. *Ванчаков М.В., Кулеиов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учебное пособие. – 2-е изд-е, испр. и доп. - СПб.: СПбГТУРП, 2011. – Ч. I. – Ч. II. – 84 с.*

4. *Букин А. А., Хабаров С. Н., Беляев П. С., Однолько В. Г. Тара и ее производство: Учебное пособие. Часть I. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2006. – 88 с.*

5. *Переработка макулатуры: технологии, оборудование // Режим доступа: <https://fb.ru/article/254657/pererabotka-makulaturyi-tehnologii-oborudovanie><https://fb.ru/article/254657/pererabotka-makulaturyi-tehnologii-oborudovanie> – (Дата обращения: 12.10.2019).*

**ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  $H_2SO_4$ .  
МЕТОД ВЛАЖНОЙ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ**

**Фейсханова А. Е.**

**Научный руководитель Алексеев А.И.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

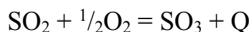
*Одной из самых актуальных в настоящее время проблем является загрязнение окружающей среды, в первую очередь при промышленном производстве. Серная кислота – важнейший продукт химической промышленности. Она находит применение в производстве минеральных удобрений, волокон, пластмасс, красителей, взрывчатых веществ, в металлургии, используется и как осушитель газов.*

Загрязнение воды в большинстве своем происходит при непосредственном сбросе отходов производства в реки, различные водоемы и через атмосферу.

Химическое производство с каждым годом набирает все большие обороты, совершенствуется в плане технических и научных методов, но проблему экологии всегда обходят стороной, потому что это требует значительных изменений и усовершенствований в самой структуре производства и технической оснащенности. Практически все вещества, содержащие сульфаты, при некачественной их утилизации прямым или косвенным образом оказывают негативное влияние на людей. Загрязняются пресные водоемы, происходит отравление животных и рыб. Улетающие в атмосферу газы связываются с молекулами воды и выпадают в виде кислотных дождей.

Серная кислота имеет такое огромное значение в промышленности в силу своей высокой химической активности: она реагирует со всеми металлами и их оксидами, вступает в реакции обменного разложения и обладает сильнейшими окислительными свойствами. После использования серной кислоты образуются отходы, наличие которых создает затруднения, так как их нельзя непосредственно сбрасывать в канализацию. В большинстве случаев из отработанной серной кислоты возможно извлекать вторичную серную кислоту.

Для окисления диоксида серы по реакции:



газ приводят в соприкосновение с катализатором, находящимся в стационарном или в псевдооживленном состоянии. В заводских условиях выгоднее использовать катализаторы, при помощи которых достигается наибольшая степень превращения (окисления), так как остаточное количество неокисленного диоксида не улавливается в абсорбционном отделении, а удаляется в атмосферу вместе с отходящими газами.

Основное количество молекул  $\text{SO}_3$  диффундирует к поверхности серной кислоты и абсорбируется ею, но часть их встречается с молекулами воды, испаряющимися с поверхности серной кислоты. Сталкиваясь, эти молекулы соединяются с образованием паров серной кислоты, которые затем конденсируются в объеме с образованием мельчайших капель (тумана) серной кислоты:



Этот туман плохо улавливается в обычной абсорбционной аппаратуре и в основном уносится с отходящими газами в атмосферу.

Компания Haldor Topsoe A / S разработала свою технологию WSA, которая преобразует сернистые выбросы из отходящих газов в высококачественную серную кислоту. Технология влажного газа и серной кислоты (WSA) обрабатывает отходящий газ печи непосредственно из газоочистных установок. Дальнейшая сушка не требуется, поскольку влажность, присутствующая в отходящем газе, используется для гидратации  $\text{SO}_3$ , образующегося в конвертере, и производства серной кислоты. Тепло, выделяемое во время процессов окисления, гидратации и конденсации, в основном повторно используется в процессе для предварительного нагрева отходящего газа до требуемого уровня температуры, а также для создания перегретого пара высокого давления для технологического использования.

Процесс каталитической конверсии  $\text{SO}_2$  в установке WSA аналогичен конверсии  $\text{SO}_2$  в обычной кислотной установке, основанной на абсорбции, за исключением того, что каталитическая реакция происходит во влажном газе.

Технологический газ покидает последний слой катализатора с температурой, как правило, между  $400 - 450^\circ\text{C}$  и, как правило, содержит  $\text{SO}_3$  и водяной пар. Перед тем, как технологический газ поступает в конденсатор WSA, температуру необходимо снизить до уровня, приемлемого для материала. Однако в равной степени важно, чтобы температура технологического газа

поддерживалась значительно выше точки росы серной кислоты, таким образом, гарантируя, что вне конденсатора WSA не происходит конденсация кислоты. Запатентованный конденсатор WSA представляет собой вертикальный кожухотрубный конденсатор/концентратор с падающей пленкой с трубками из кислотоустойчивого и ударопрочного боросиликатного стекла. В то время как технологический газ течет вверх внутри труб, которые охлаждаются на стороне оболочки окружающим воздухом, серная кислота конденсируется на стенках труб. При движении вниз и при встрече с горячим поднимающимся технологическим газом кислота концентрируется до 98 мас. %. Конденсатор WSA генерирует горячий воздух при температуре приблизительно 220 °С, который может использоваться либо для предварительного нагрева технологического газа, либо в качестве воздуха для горения, таким образом, восстанавливая тепло конденсации серной кислоты.

Чистый технологический газ покидает конденсатор при температуре около 100 °С и обычно может быть отправлен непосредственно в штабель без дальнейшей обработки, поскольку отличительной особенностью технологии WSA является то, что чистый газ содержит только очень небольшое количество кислотного тумана.

Управление теплом осуществляется с помощью системы циркулирующей расплавленной соли. Соль состоит из безводной смеси калия и нитрата и нитрита натрия с температурой плавления 150 – 160 °С. Расплав охлаждает технологический газ, покидающий первый слой катализатора, до оптимальной температуры на входе во второй слой катализатора, и дополнительно охлаждает технологический газ, покидающий второй слой катализатора, до температуры 280 – 290 °С до того, как газ входит в Конденсатор WSA. Избыточное тепло отводится в солевой охладитель/бойлер, а избыточная энергия экспортируется в виде пара.

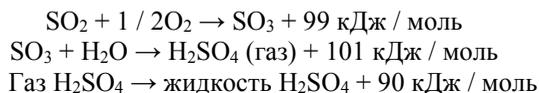
Сохранение ресурсов является неотъемлемой частью процесса проектирования установки WSA в отношении электроэнергии, тепловой энергии и охлаждающей воды.

С учетом необходимости сушки технологического газа перед дальнейшей обработкой и использования теплообменников, встроенных в оболочку конвертера SO<sub>2</sub>, очевидно, что общее количество перечисленного оборудования очень мало, и поэтому количество воздухопроводов также сокращается до минимум. Это вместе с низким перепадом давления в конденсаторе WSA по сравнению с перепадом давления в обычных поглотителях приводит к общему падению давления. Это приводит к потреб-

ляемой мощности только 45–50 кВт-ч/т произведенной кислоты при обработке газа.

Химические реакции, участвующие в производстве серной кислоты из диоксида серы, являются сильно экзотермическими.

Реакции в процессе WSA следующие:



Очень немногие технологии способны восстановить тепло гидратации  $\text{SO}_3$  и тепло конденсации серной кислоты. В технологии WSA они восстанавливаются в очень высокой степени.

Технологический газ, покидающий последний слой катализатора в конвертере  $\text{SO}_2$ , охлаждается до температуры приблизительно 290 °С в конечном газовом охладителе, который встроен в конвертер. При этой температуре большая часть  $\text{SO}_3$  будет гидратирована до  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в газообразной форме. Таким образом, соответствующее количество теплоты гидратации будет восстановлено в системе замещения тепла расплавленной соли и будет доступно для предварительного нагрева технологического исходного газа во втором предварительном нагревателе технологического исходного газа и / или для производства пара.

Оставшаяся гидратация  $\text{SO}_3$  вместе с конденсацией серной кислоты будет происходить в конденсаторе WSA, в котором технологический газ охлаждается до 100 °С. Соответствующее количество тепла будет удалено с помощью окружающего воздуха, что приведет к образованию потока горячего воздуха с температурой примерно 210 – 220 °С. Этот горячий воздух, как описано выше, доступен для подогрева технологического газа в первом подогревателе технологического газа.

Следовательно, технология WSA чрезвычайно эффективна для сохранения тепловой энергии. Это иллюстрируется тем фактом, что установка WSA способна работать автотермически, то есть без использования вспомогательного топлива для предварительного нагрева технологического газа, при обработке исходного газа с содержанием  $\text{SO}_2$  всего 3 %.

Охлаждающая вода используется только для охлаждения произведенной серной кислоты от температуры конденсации, обычно 250 – 260 °С, до температуры хранения, обычно 30 – 35 °С. Следовательно, потребность в охлаждении составляет всего 80000 – 90000 ккал/т произведенной кислоты, что соответствует расходу

охлаждающей воды 8 – 9 м<sup>3</sup>/т произведенной кислоты при повышении температуры охлаждающей воды на 10 °С.

Когда проектируют и эксплуатируют сернокислотную установку, экологические проблемы в основном заключаются на выбросах в атмосферу SO<sub>2</sub> и кислотного тумана.

Все новые установки WSA в металлургической промышленности имеют два слоя катализатора, при этом можно достичь конверсии SO<sub>2</sub> между 98 – 99 %. Если этой цифры недостаточно, то установку оснащают третьим слоем. При такой конфигурации достигается конверсия SO<sub>2</sub> 99,6 %.

Для обеспечения отвода кислоты также в периоды низкого спроса на рынке серной кислоты предлагается построить завод по нейтрализации кислоты, производящий товарный гипс.

Данная технология отличается очень высокой степенью энергоэффективности. Кроме того, потребление электроэнергии, охлаждающей воды является чрезвычайно низким. Единственные потоки продукта с завода WSA – концентрированная серная кислота, чистый технологический газ и пар. При этом не производится никаких твердых или жидких стоков, требующих последующей обработки.

#### **Библиографический список**

1. *Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. – М.: 1999. – 472 с.: ил.*
2. *Амелин А.Г., Яшке Е.В. Производство серной кислоты: учебник для проф.-техн. учеб. заведений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1980. – 245 с., ил.*
3. *Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985. 320с.*
4. *В.В. Курилкин Основы химической технологии и лесопереработки: учебно-методический комплекс.*
5. *Справочник сернокислотчика, под ред. К.М. Малина, 2 изд., М., 1971.*

## **ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФО-ЛАНДШАФТНЫХ ФАКТОРОВ НА ЦЕННОСТЬ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Янина Н.А.**

**Научный руководитель Чекулаев В.В.**

*Тульский государственный университет*

*Рассмотрены основные факторы ландшафта, их характеристики. Проведено исследование влияния каждого из факторов, как по отдельности, так и всех вместе на возможную оценку земельных участков, в частности – эстетический фактор ландшафта.*

Важнейшими проблемами землепользования в населенных пунктах и землях особо охраняемых территорий и объектов в целом являются обеспечение высокого качества жизни людей, расширение многообразия возможностей использования земель и ресурсов, с ними связанных, удовлетворение потребности людей, как в нормальных условиях жизни, так и в возможности общения с природой, поддержанием здоровья населения [5].

Несмотря на положительные тенденции, связанные с проведением земельной реформы в РФ, всё ещё остаются проблемы стоимостной оценки таких земель, которые до настоящего времени остаются самыми неотработанными и проблематичными как в большинстве стран мира, так и в России.

Тульская область относится к группе субъектов РФ, которые изменены антропогенной деятельностью, но имеют незначительный вес [5]. Сейчас для определения кадастровой стоимости применяются методы массовой оценки, которые представляют собой осуществление построения единых для групп объектов недвижимости, отличающихся схожими характеристиками. Но не все индивидуальные особенности той или иной рекреационной территории учитываются в ходе такой оценки. Данная проблема явилась следствием отсутствия методики, в которой были бы выработаны критерии, позволяющие более точно определить стоимость объекта недвижимости. В связи с этим, актуальность исследования влияния природных факторов и особенностей ландшафтного зонирования обусловлена необходимостью совершенствования методики кадастровой оценки земель населенных пунк-

тов и особо охраняемых территорий и объектов с учётом Тульской области [7].

На стоимость земель при оценке территорий влияет множество факторов, из различных областей. В этой статье рассмотрено влияние ландшафтных (природных) факторов с целью совершенствования кадастровой оценки земель населенных пунктов и особо охраняемых территорий.

К природным факторам можно отнести рельеф территории, её геологическое строение, климат, растительность, почвенный покров и прочие. Сами по себе отдельно взятые природные факторы совершенно незначительно могут повлиять на кадастровую стоимость территории [5]. Однако в совокупности они сформировываются в один значительный критерий – ландшафт.

Для того, чтобы понять структуру и внутриландшафтные связи – необходимо изучить подробнее ландшафтообразующие факторы – природные компоненты и их свойства, определяющие характеристику данного ландшафта [3].

Их изучение подлежит особому вниманию, ведь каждый из них играет особую роль в формировании ландшафта, из их влияния, как из частей пазла, собирается ясная картина. А она уже, в свою очередь, в дальнейшем будет подвержена аналитике и исследованию, используемых для достижения поставленных целей, таких как оценка стоимости земель.

Среди ландшафтообразующих факторов одного и того же уровня существует иерархия, которая определяется мерой влияния одних факторов на другие [4]. В таких ситуациях факторы подразделяются на ведущие и ведомые. Ведущие сильно влияют на другие, но сами от них не зависят. Ведомые подвержены зависимости от ведущих, но сами мало на них влияют.

К ведущим факторам относят рельеф (как свойство горных пород литосферы) и абиотические факторы: климат (как свойство газов тропосферы) [3]. На конечной ступени иерархии расположена почва – как продукт взаимодействия растительности и животных [4]. В этой схеме биотические факторы: почва, растения и животные – представляются ведомыми.

Солнечная радиация является основным фактором. Она напрямую регулирует фотосинтез, а с помощью температуры определяет вероятность и условия появления растений и животных [7].

Температура определяет режим гидросферы, агрегатное состояние воды, влияет на рельеф.

Ветер воздействует на транспирацию растений, их опыление, распространение семян и плодов. Параметром оценки скорости движения воздуха является количество дней в году, когда скорость движения воздуха достигает значений, превышающих 7,4 м/с.

Осадки в совокупности с температурой определяют водный режим территории, возможность наличия и развития растений, ограничивают или регулируют жизнедеятельность животных) [4]. Осадки напрямую влияют на режим и формирование водных объектов и поверхностных стоков, а через них - на рельеф. Параметром оценки этого фактора является определение среднегодового количества выпадаемых осадков [7].

Влажность воздуха – показатель влияния температуры воздуха на тело человека. При наличии одной и той же температуры изменение количества водяного пара в приземном слое атмосферы оказывает значительное воздействие на состояние организма. Параметром оценки влажности воздуха является: % отклонения значения относительной среднегодовой влажности от комфортного значения – 40 до 60 % [3].

Вода показывает себя как ландшафтообразующий фактор не только в форме осадков, но и в виде поверхностных водоемов и подземных вод. Важной характеристикой для текучих поверхностных вод является частота гидрографической сети - протяженность рек и ручьев на единицу. Она зависит в основном от строения геологического фундамента и от современного рельефа [7].

Используя вышеперечисленные особенности климата и его составляющих, можно сделать вывод о том, что определённые типы климата могут поспособствовать продуктивному повышению физических и духовных сил человека. Усилить этот эффект может взаимодействие с другими природными ресурсами, которые, в свою очередь, могут быть отнесены к рекреационным и лечебно-оздоровительным в данном регионе.

Описание ландшафта и его динамики имеет особое значение в оценке антропоэкосистемы. Рациональная планировка предполагает максимальное сохранение естественной среды, что обеспечивает такие положительные аспекты, как тесный контакт человека с живой природой, создание инфраструктуры, способной объединить жильё, работу и отдых. Сохранение природного нахождения растений и животных в среде создает необходимые условия для поддержки стабилизации качества жизни, формирования положительных санитарно-гигиенических условий [1 – 3].

Ландшафт оказывает особое влияние на жизни людей во всём мире. Он отличается перцепционным (от лат. *perceptio* - представление), эстетическими и терапевтическими свойствами. Мы воспринимаем ландшафт через наши органы чувств, именно поэтому он оказывает такое влияние на уровень нашего благополучия [6, 7]. Существует множество описанных опытов, свидетельствующих о роли ландшафта в лечении, восстановлении и поддержании уровня здоровья человека. Нахождение человека в неблагоприятной среде приводит к повышению артериального давления, нарушению сердечного ритма, увеличение содержания кортизола в сыворотке крови, нарушение дыхания и другое [3]. И наоборот, благоприятный ландшафт способствует снятию стресса, и стабильности нервной системы, что объясняется эффектом лицезрения естественных природных видов, природной цветовой гаммы [6].

Связь между здоровьем и ландшафтом отмечено в документах Комиссии потенциальным детерминантам здоровья ООН (CSDH) [18, 19]. В них заключено призывание к «здоровым местам для здоровья людей».

Для городской застройки характерно такие изменения рельефа, как засыпание оврагов, строительство многоэтажных домов (однообразного вида), формирование промышленных зон (за счет вырубки лесов), расширение микрорайонов [2]. Соответственно, изменена шумовая нагрузка улиц, а в зависимости от этого – особенности жизни и психологии людей.

Нерациональная, однообразная застройка маленькие по площади пространства повышение этажности домов, изменения характера растительности – все эти изменения неизбежно приводят к появлению у жителей синдрома хронической усталости, болезни адаптации, и в первую очередь – стресса [2]. Особенно на негативные последствия влияет однообразие и монотонность пейзажей ландшафта осенью и зимой. Англичане назвали такое явление «грустью новых родов» [4].

Таким образом, ландшафт оказывает определяющее влияние на психическое и эмоциональное состояние человека, а также на жизнеспособность всей антропоэкосистемы. А так как здоровье – это основополагающий фактор нашей жизни, то на ценообразование участков эстетический фактор ландшафтов будет влиять в первую очередь, особенно в населённых пунктах и на особо охраняемых территориях. Поэтому помимо рационального сочетания температурного режима, ветра, осадков, рельефа, при определении стоимости земли следует учитывать сохранение

естественного ландшафта, его развитие в условиях городской среды, внедрение компонентов ландшафтного дизайна, что сейчас является важнейшей составляющей муниципальной политики [3].

### **Библиографический список**

1. Минэкономразвития России от 07.06.2016 № 358 «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке»

2. Бочаров В. Л., Бугреева М. Н., Батов В. М. Экологические проблемы малых городов России // II Всероссийская научно-практическая конференция. Антропогенное воздействие и здоровье человека. Тезисы докладов. – Калуга –2018.

3. Вдовюк Л. Н., Мотошина А.А. Методические приемы оценки эстетических свойств ландшафтов Тюменской области [Электронный ресурс] / Л. Н. Вдовюк, А.А. Мотошина// Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования, – 2017 – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodicheskie-priemyotsenki-esteticheskikh-svoystv-landshaftov-tyumenskoj-oblasti>;

4. Петрова Н.В., Радченко Л.К., Буйдашева С.В. Комплексная оценка земель особо охраняемых территорий с учетом их гидроресурсного потенциала и ее картографическое отображение. Гео-Сибирь, том 7/2016, с.8;

5. Чекулаев В.В., Клейменов А.Н. К вопросу совершенствования методики кадастровой оценки земель рекреационного назначения и лечебно-оздоровительных местностей и курортов с учетом природных факторов. / «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» 12-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2016. – Т2. С. 229 – 234

6. Биоклиматический паспорт лечебно-оздоровительных местностей. Рекомендации Министерства здравоохранения РФ от 7 февраля 1997 года № 96/226 (Д);

7. Министерство природных ресурсов и Экологии РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/maps/> – (Дата обращения 13.10.2019);

8. Manjari Rai. Sustainable Urban Landscape Practices: A New Concept to Reduce Ecological Degradation. International Journal of Scientific & Engineering Research. 2016. Vol. 7. No. 12. P. 495 – 499.

## **ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE PRODUCTION AND USE OF PELLETS FROM BIOMASS**

**Vargan M.**

**Scientific supervisor Rodzkin O.I.**

*Belarusian National Technical University*

Global climatic changes, including an increase in the Earth's surface temperature are caused by the emission of greenhouse gases into the atmosphere, the main source of which is energy. In this regard, at present, much attention is paid to renewable energy sources around the world. Bioenergy based on the production of energy from biomass (oilseeds, straw, wood, manure, organic waste, etc.) is one of the more perspective energy source for the nearest future in Europe [1]. One of the directions of bioenergy for the transport is the production of biodiesel from rapeseed. Engines of a special design can work on rapeseed oil, and conventional diesel engines adapted to such fuel can work on mixtures with diesel fuel of petroleum origin. The development of biofuel technologies will reduce the dependence of the economies of the EU countries on oil imports.

For the heating energy the main alternative to fossil fuels which used for the production of thermal energy (coal, firewood, peat, gas, fuel oil) is pellets from biomass.

Pellets are made from wood processing industry waste (sawdust, shavings, wood chips, substandard products), and agricultural production (sunflower husk, buckwheat, rice, straw of various crops, etc.). Pellets have a cylindrical shape and small size, which allows to automate the heating process. For this type of fuel, special thermal boilers are used, in which pellets are automatically fed from the storage hopper.

In the EU countries, pellets are widely used for heating industrial and domestic premises, due to the possibility of automation of the process, as well as environmental and economic advantages of fuel. Pellets are most actively used in the Scandinavian countries (Sweden, Austria and Denmark), which are also European leaders in the production of equipment that is used for the manufacture and burning of pellets.

Standards for pellet sizes may vary in depends of country. Generally, pellets can be from 5 to 10 mm in diameter and 6 to 75 mm long. Not only dimensions are standardized, but also the ash content of the product. These standards also have a certain range of parameters. So, for example, in the USA, high-class pellets should have an

ash content of no more than 1 %, in most European countries - no more than 1.5 %. [2]. The class "standard" is limited to an ash content of 3 %. A larger indicator is not allowed and is not used: it is unrealistic to conclude a contract for the supply of pellets with an ash content above 3 % in Europe.

Pellet production takes place in several stages:

1. At first, the incoming raw materials go through the first stage of grinding, breaking into fragments 25 \* 25 \* 2mm. This step is necessary for more uniform and faster drying. Raw materials are supplied to the crusher with a scraper; it must be stored on concrete flooring to prevent the ingress of soil, sand and stones.

2. The semi-finished product in belt or drum type dryers is brought to a moisture content of 8-12 %.

3. The resulting mass is finely crushed (particles no more than 4 mm, for high-quality granules 1.5 mm) using hammer mills.

4. If during the drying process the moisture content of the raw material drops below 10 %, the semi-finished product is moistened with finely dispersed water or steam. Steam is needed for hardwood (oak, etc.) or for stale raw materials. There is enough water for softwood or quality raw materials. At this stage, screw mixers are commonly used.

5. The resulting product is pressed. The press may have a flat or cylindrical matrix. The size of the matrix determines the performance of the installation. The amount of raw materials produced per unit time also depends on the diameter of the granules.

6. The pellets heated during pressing are cooled. During cooling, their humidity decreases, which improves the quality.

7. The granules are sieved and packaged. In order to maintain the quality of the pellets unchanged, pack the products in large bags - big bags, which are delivered to the consumer. The highest quality products are packed in 20-25 kg bags.

During the burning 1 ton of wood pellet, the same amount of energy is released as when burning 1.6 tons of wood, 480 m<sup>3</sup> of gas, 500 liters of diesel fuel or 600 liters of fuel oil. The calorific value of wood pellets is comparable to coal and amounts to 4300 – 4500 kcal / kg. The combustion products of coal significantly affect air pollution. The sulfur content in coal slag is more than 30 times than in briquette ash, and slag is formed (requiring disposal) 20 times more. Diesel fuel and fuel oil contain almost all the elements of the periodic table. When burned, a huge amount of substances harmful to the human body, including carcinogens, is released.

Table 1 – Calorific value of fuel [3]

Type of fuel	Calorific value, MJ / kg
wood (wet)	10
wood (dry)	12
brown coal	16
wood waste pellets	18
black coal	20
natural gas	32

Table 2 – Emissions of pollutants into the atmosphere when burning various types of fuel [4]

Type of fuel	Pollutant emissions in atm. air without purification systems, tons per 1 thousand tons of Nat. fuel				
	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	particles	Total Emissions
Natural gas	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Wood briquettes, pellets	4,68	9,31	0,28	4,11	17,69
Wood	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Sawdust	5,0	9,6	0,5	5,0	20,0
Wood waste, trimming	5,2	9,9	0,4	5,2	20,7
Fast growing wood	4,8	9,5	0,0	8,4	22,7
Chips, bough, bark	5,6	11,4	0,8	13,4	31,3
Fuel oil	5,20	5,20	35,30	0,30	45,90
Peat briquette	8,04	26,81	3,00	13,02	50,87
Coal	9,58	63,56	9,20	65,32	147,66

Table 1 shows a comparative characteristic of the calorific value of the briquette in comparison with other types of fuel.

The levels of pollutant emissions into the atmosphere during the combustion of various energy carriers are given in table 2.

From the table it follows that wood fuel (primarily pellets and briquettes) is more preferable, in terms of air pollution, compared to fuel oil (especially coal). Wood fuel also has virtually no effect on greenhouse gas emissions, especially CO<sub>2</sub>.

The use of wood fuel as an energy carrier is fully consistent with the provisions of the Kyoto Protocol regarding the limitation and reduction of greenhouse gas emissions. Pellets are part of the natural CO<sub>2</sub> cycle in the environment and environmentally friendly fuels, unlike coal, etc. In addition, pellets are renewable fuels, unlike coal, oil and gas.

Pellets during burning do not emit a smell, and, as a rule, due to the high efficiency of boiler equipment, the smoke from pellets is practically colorless. Due to the low sulfur content in the pellets, sulfur dioxide emissions into the atmosphere are reduced, which, in turn, leads to a decrease in the amount of acid rain.

When burning pellets, the specific emission of a number of harmful compounds is reduced compared to coal and liquid fuel (fuel oil).

### References

1. *The Assessment of Cost of Biomass from Post-Mining Peaty Lands for Pellet Fabrication* / Aleh Rodzkin, Semjon Kundas, Yauheniya Charnenak, Boris Khroustalev, Wendelin Wichtmann // *Environmental and Climate Technologies*, 2018, vol. 22, P. 118–131.
2. *Business for the production of pellets, its prospects and features* [Electronic resource]. – electronic data. – Access mode: <http://img59.ru/2013/10/07/biznes-po-proizvodstvu-pellet-ego-perspek-tivy-i-2/>.
3. *Environmental aspects of the use of wood fuel resources* [Electronic resource]. – electronic data. – Access mode: <https://bio.ukr.bio/ru/articles/3590/>.
4. *Renewable energy sources* [Electronic resource]. – electronic data. – Access mode: <http://www.energsovet.ru/stat803.html>
5. *Fuel pellets from waste* [Electronic resource]. – electronic data. – Access mode: <http://gkx.by/poleznye-sovety/>.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ КАБИНЫ ОПЕРАТОРА ДРОБИЛКИ**

**Плющенко Д.М.**

**Научный руководитель Гридина Е.Б.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*В статье представлено потенциальное решение по улучшению условий труда оператора роторной дробилки Назетаг за счет снижения уровней шума и вибрации в кабине. Осуществлен анализ и обоснованный выбор конкретных методов борьбы с данными производственными факторами. С целью подтверждения результативности выполнен расчет снижения шума и вибрации после применения определенных конструктивных элементов и материалов.*

Известно, что горнодобывающая промышленность является одной из самых востребованных отраслей в России. При этом количество обрабатываемых месторождений увеличивается. В тоже время развитие технических средств с увеличением габаритных размеров машин, их мощности и производительности, создает предпосылки для усиления влияния таких производственных факторов, как шум и вибрация, на сотрудников горных предприятий.

Анализ карт специальной оценки условий труда в рамках горного предприятия показал, что рабочее место оператора дробилки подвержено воздействию вредных физических производственных факторов, таких как шум и вибрация. Для решения указанных проблем можно предложить несколько подходов, одним из которых является конструктивное предложение в виде ограждения из акустических панелей и каркаса из звукопоглощающей конструкции. Данная конструкция должна состоять из жесткой и перфорированной стенок, между которыми расположен звукопоглощающий элемент, состоящий из двух прилегающих к стенкам звукопоглощающих слоев и из трех центральных комбинированных слоев, причем осевой слой из звукопоглощающего, а два - из звукоотражающего материала сложного профиля. При этом звукоотражающий материал должен состоять из равномерно распределенных пустотелых тетраэдров, ко-

торые способны отражать падающие во всех направлениях звуковые волны (рис. 1).

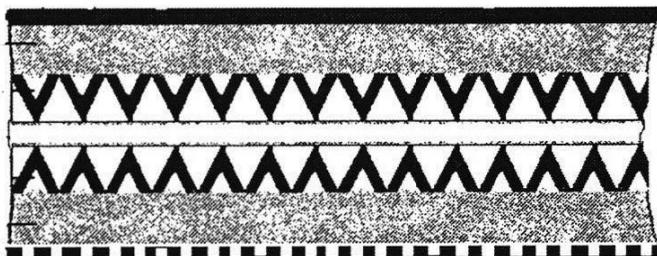


Рис. 1 – Схема звукопоглощающей конструкции

Кабина оператора содержит основание, которое установлено на фундамент. К нему крепится каркас кабины, выполненный в виде многоугольной призмы с ребрами, перпендикулярными основанию, состоящий из передней стенки с остеклением, потолочной части со светильниками, задней стенки, расположенной параллельно плоскости передней стенки, и четырех боковых стенок, в одной из которых установлена дверь (рис. 2).

Одну из стенок конструкции рекомендуется выполнить из конструктивных материалов с нанесенным на их поверхности слоем вибродемпфирующего, мягкого материала. Одним из возможных материалов является мастика ВД-17-58. Вторую стенку можно выполнить из перфорированных листов нержавеющей стали или оцинкованного листа с полимерным защитно-декоративным покрытием типа «Пурал». При этом коэффициент перфорации листов стоит принять равным или более 0,25. Звукопоглощающие слои рекомендуется выполнить на основе алюминесодержащих сплавов с последующем наполнением их воздухом. Одним из таких материалов является пеноалюминий. В качестве звукоотражающего материала можно использовать плиты, облицованные стеклотканью типа ЭЗ-100 и заполненные внутри минеральной ватой Акустик Баттс фирмы «Rockwool».

Далее был выполнен расчет снижения шума после установки в кабине предложенных конструкций и материалов.

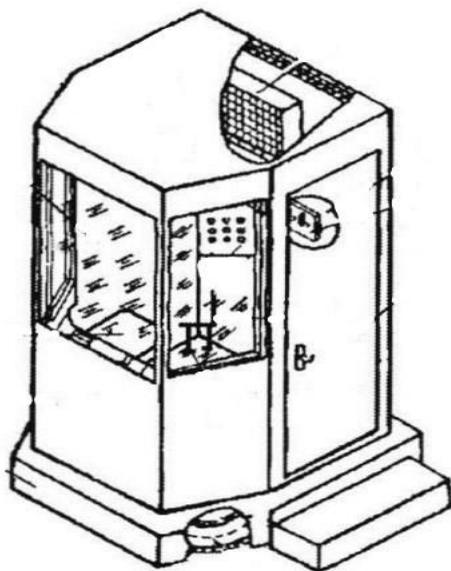


Рис. 2 – Кабина оператора

Таким образом, на основе произведенных расчетов можно сделать вывод, что после установки звукоизолирующей облицовки в кабине оператора дробилки уровень шума на рабочем месте снижается в среднем на 19,6 %.

Помимо высокого уровня шума на оператора кабины воздействует общая вибрация. Подходы к снижению вибрации тоже многоплановы. Самым простым и экономичным вариантом решения можно считать использование пружинных виброизоляторов. Их достоинствами являются: меньшая собственная частота; способность обеспечивать достаточную виброизоляцию на низких частотах. При этом располагать их необходимо так, чтобы центр жесткости находился на одной вертикали с центром масс виброизолированной установки, но при этом виброизоляторы должны быть с одинаковой осадкой. Также для виброизоляции стыков в конструкции рекомендуется использовать уплотнительную ленту.

Таблица 1 – Результаты вычислений по снижению уровня шума

Показатель	Ед. изм	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Превышение нормы УЗД $\Delta L_{\Phi} = L_{\Phi i} - L_{дi}$	дБ	4	9	11	14	14	13	11	6
Снижение уровня шума $\Delta L_i = 10 \lg(A_{0i}/A)$	дБ	-	15,4	16,8	17,8	17,8	19,1	16,4	16,8
	%	-	16	18	19,3	20	22,3	20	22,1
Уровень шума на рабочем месте после применения звукопоглощения $L_i = L_{\Phi i} - \Delta L_i$	дБ	-	80,6	76,2	74,2	71,2	66,9	65,6	59,2

Оператор в кабине имеет непосредственно контакт с креслом, которое рекомендуется снабдить виброизоляторами в виде пластин из эластомера, прикрепленным к его ножкам.

В качестве эластомера можно использовать акустический материал – пластины эластомерные вибродемпфирующие типа «ВЭП» (ТУ 2534-001-32461352-002), которые способны обеспечить снижение уровней вибрации от механизмов и машин до 85 %, а также осуществить уменьшение воздушного, структурного и ударного шумов на 17-22 дБ.

Установка подобной плиты с пружинами позволит снизить уровень виброскорости на рабочем месте оператора до допустимого уровня (согласно ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»).

Выводы, полученные в работе, свидетельствуют о технической возможности и потенциальной экономической целесообразности использования предложенных конструкций и материалов для снижения шума и вибрации на рабочем месте оператора дробилки в горной отрасли, что создаст предпосылки для снижения выявляемости профессиональных заболеваний, таких как нейросенсорная тугоухость и виброблезнь.

УДК 338.001.36

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ  
И ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
КОРПОРАТИВНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТИ КОМПАНИЙ НЕФТЕГАЗОВО-  
ГО СЕКТОРА**

**Корженевская М.В.**

**Научный руководитель Пономаренко Т.В.**

*Санкт-Петербургский горный университет*

*Разработана методика оценки корпоративной социальной ответственности и с помощью неё проанализирована деятельность крупнейших нефтегазовых компаний. Авторская методика может использоваться компаниями при анализе и планировании своей деятельности, она позволяет повысить эффективность управления для достижения стратегических целей и оценить уровень социальной значимости компании.*

В последнее время, время технического прогресса, усиления конкуренции, обострения экологических и социальных проблем теме корпоративной социальной ответственности (КСО), ее интегрирования в систему управления организацией уделяется все возрастающее внимание.

Оценка и контроль КСО остается одной из слабо структурированных задач управления. Необходимым становится однородная оценка социальной деятельности компаний. Для нефтегазовых компаний оценка КСО приобретает особую актуальность, поскольку деятельность данных компаний ежедневно сопряжена с пагубным влиянием на экологию и затрагивает интересы населения регионов присутствия.

Корпоративная социальная ответственность - это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, беря на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров, местные сообщества и прочие заинтересованные стороны общественной сферы [1].

В целях комплексной оценки уровня КСО компаний нефтегазового сектора и получения объективных результатов в данной работе автором разработана и проведена методика оценки достигнутого уровня и динамики изменения показателей корпоративной социальной ответственности компаний нефтегазового комплекса (НГК).

Для проведения методики автором были изучены отчёты по устойчивому развитию нефтегазовых компаний, представленные на сайте РСПП [2], и самостоятельно сформирована информационная база для расчета баллов по показателям, характеризующим уровень КСО компаний.

На основе проведенного анализа существующих подходов к оценке, рекомендаций стандарта GRI G4, а также практики раскрытия нефинансовой информации предлагается следующий комплекс показателей для оценки КСО:

- коэффициент частоты производственного травматизма;
- рост расходов на поддержку местных сообществ;
- потребление энергии на единицу продукции / деятельности (энергоёмкость);
- водопотребление на единицу продукции /деятельности;
- масса образованных отходов на единицу продукции /деятельности;
- расходы и инвестиции на охрану окружающей среды.

В процессе исследования были проанализированы 3 крупнейших российских нефтегазовых компаний: ПАО «Газпром», ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «Лукойл» и зарубежная компания BP p.l.c. Исследуемый период времени включает 2011 – 2015 годы.

В целях оценки динамики уровня КСО по вышеуказанным показателям рассчитывались темпы прироста значений по каждой компании и приписывались баллы: изменению значения на 1-10 % соответствовал балл 1 или -1 в зависимости от того, положительный или отрицательный смысл несёт данное изменение с точки зрения оценки КСО компании. Следующим шагом является оценка достигнутого уровня КСО, которая позволяет сопоставить анализируемые компании друг с другом по абсолютному значению показателей КСО. Производилось сравнение нефтегазовых компаний друг с другом по отдельным показателям. Наибольшему значению каждого показателя из всех компаний приписывалось 10 баллов, баллы по остальным значениям были получены исходя из соотношения данного значения с максимальным.

По итогам расчётов были построены графики, отображающие динамику изменения показателей КСО компаний и оценку достигнутого уровня КСО соответственно.

Представим их ниже (рисунки 1, 2).



Рис. 1 – Оценка уровня КСО  
по динамике изменения показателей



Рис. 2 – Оценка достигнутого уровня КСО  
(абсолютные значения)

В результате исследования были сделаны следующие выводы: по динамике изменения показателей лидером является ПАО «Газпром» (в среднем балл составил 8,3). Однако по значениям достигнутого уровня КСО ведущие позиции занимает ПАО «Лукойл», т.к. в среднем оценка составляет 39,1 балла. Это позволяет сделать заключение, что данная компания является наиболее социально-ответственной, т.к. абсолютное значение показателя играет более важную роль, нежели динамика его изменения, поскольку оно отражает фактическое состояние компании по определённому показателю КСО. Компания ВР демонстрирует также значительные результаты, в частности, по темпу прироста значений балл достиг уровня 5,8.

Авторская методика оценки КСО имеет практическое значение. В частности, по методике можно выявить так называемые «узкие места», определить, в чём у компании есть пробелы в области КСО, наметить ориентиры развития.

Нефтегазовые компании могут использовать методику оценки КСО для достижения стратегических целей, укрепления своих позиций на рынке за счёт инвестирования средств в определённые направления, обозначенные в качестве проблемной области.

В связи с этим компаниям НГК рекомендуется проводить постоянный мониторинг своего уровня корпоративной социальной ответственности согласно авторской методике оценки уровня и динамики изменения показателей КСО компаний, а также прибегать к помощи различных заинтересованных сторон и вовлекать местное население в решение проблем экологического и социального характера.

Данную тему и методику автор планирует развивать в дальнейших исследованиях, расширяя охват информационной базы.

### **Библиографический список**

1. Белоусов К. Ю. *Современный этап эволюции концепции устойчивого развития и формирование парадигмы корпоративной устойчивости // Проблемы современной экономики – СПб., 2015, N1 (45). – С. 47 – 50.*

2. *Российский союз промышленников и предпринимателей*  
<http://rspp.ru/simplepage/159>.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ «МОЗГОВОГО ШТУРМА» ПРИ ПРИНЯТИИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ЭКОНОМИКИ ГОРНОГО ДЕЛА**

**Кривошей А.Д.**

**Научный руководитель Солодовников С. Ю.**

*Белорусский национальный технический университет*

*Рассмотрены актуальные проблемы, связанные с воздействием горнодобывающей промышленности на окружающую среду и жизнедеятельность населения, внутренние риски, возникающие в процессе профессиональной деятельности сотрудников горнодобывающего предприятия. Рассмотрены также механизмы принятия решений в горнодобывающей промышленности и возможность применения в процессе принятия решений методологии «мозгового штурма».*

«Мозговой штурм» – определенным образом организованное обсуждение проблемы, направленное на наиболее полное ее рассмотрение, которое «позволяет находить решения сложных проблем путем применения специальных правил обсуждения» [1, с. 269]. Методика «мозгового штурма» представляет собой генерацию максимального количества идей, из которых затем путем анализа отбираются те, которые возможно и целесообразно применить на практике. Традиционный мозговой штурм заключается в том, что собирается группа специалистов, сфера деятельности которых каким-то образом связана с предметом обсуждения. За определенный промежуток времени необходимо предложить как можно больше способов решения проблемы. Существует множество разновидностей «мозгового штурма», таких, как, например, обратный «мозговой штурм», целью которого является выявление недостатков уже существующего предмета или технологии, индивидуальный «мозговой штурм», когда один и тот же человек сначала генерирует идеи, а затем самостоятельно их анализирует. Существует также вид «мозгового штурма», называемый «краудсорсингом». Под краудсорсингом понимается «привлечение к решению тех или иных проблем инновационной производственной деятельности широкого круга лиц для использования их творческих способностей, знаний и опыта <...> на добровольных началах с применением коммуникационных технологий, образован от англий-

ских слов «толпа» и «использование ресурсов» [1, с. 270]. В этом проявляется специфика метода: возможность рассмотреть проблему с разных точек зрения, объединить мнение компетентных специалистов и наблюдения работников.

Горнодобывающая промышленность оказывает значительное влияние на экологическую систему. Наряду с воздействием путем вредных выбросов предприятий, использованием природных ресурсов и возникновением отходов, характеризующих деятельность промышленности в целом, особенностями именно горнодобывающей промышленности являются непосредственное, прямое воздействие на земную поверхность и недра, а также сложность утилизации больших объемов химических отходов, возникающих в процессе горнодобывающей деятельности. Нерациональная разработка минеральных ресурсов приводит к истощению земель и потере ими своих качественных характеристик, а отходы накапливаются, образуя терриконы и отвалы, которые занимают обширные территории, что негативно сказывается на экономике, и загрязняют атмосферный воздух выбросами токсичных газов. Так, например, О. Г. Ишхинели, А. В. Лиманский и Г. Я. Воронков отмечают, что «горящие углепородные отвалы еще генерируют выделение значительных объемов токсичных (окиси углерода и др.) и иногда радиоактивных газовых смесей» [2, с. 68].

Основопологающим направлением экологизации хозяйственной деятельности человека в современном мире является концепция устойчивого развития, которая сочетает в себе не только экологическую и экономическую, но и социальную составляющую. Соответственно, рассмотрение возможностей снижения рисков, связанных с ведением добычи минеральных ресурсов включает в себя рассмотрение механизма принятия социально значимых решений.

Последствия проведения горнодобывающих мероприятий можно рассматривать как с точки зрения внешнего влияния на жизнедеятельность населения, так и с точки зрения внутреннего влияния на сотрудников горнодобывающего предприятия в процессе осуществления профессиональной деятельности. Неограниченное химическое и физическое воздействие может привести к нарушению экосистем попадающих под него территорий. Разрушение земель, загрязнение воздуха и вод не позволяет максимально вовлечь их в хозяйственную деятельность и извлечь максимальную пользу. Л.А. Колесникова по этому поводу отмечает, что осуществление горнодобывающей деятельности и размещение отходов перерабатывающих предприятий вблизи опре-

деленной территории «проявляется в угнетении и уничтожении естественной растительности, миграции и сокращении численности диких животных, снижении продуктивности сельского и лесного хозяйства, животноводства и рыбного хозяйства»[3, с. 69]. В то же время обращается внимание на то, что «широкое использование машин и оборудования для осуществления деятельности горных предприятий предопределяет серьезные угрозы для работников предприятий»[4, с. 28]. Несоблюдение или недостаточная проработка техники безопасности, недостаточно организованная система мер по предотвращению несчастных случаев в силу специфики горнодобывающей промышленности может привести к причинению вреда жизни и здоровью сотрудника.

Поскольку по законодательству Республики Беларусь недра являются исключительной собственностью государства, то и полномочия, связанные с принятием решений относительно разработки новых месторождений, ликвидации уже отработанных, строительства новых горнодобывающих предприятий принадлежат государству. Задачей государственного регулирования является обеспечение одновременно экономической обоснованности и максимальной экологической и социальной безопасности её деятельности. С экономической точки зрения при принятии решения о поддержке того или иного проекта в горнодобывающей промышленности необходимо учитывать целесообразность его осуществления, соответствие целей проекта государственным целям, а также обеспеченность проекта финансовыми ресурсами. Государство также может регулировать структуру экономики, поддерживая ту или иную отрасль горной промышленности, при условии, что государство располагает несколькими видами минеральных ресурсов, реализация которых имеет значительный удельный вес в экономике. Это может достигаться при помощи инструментов налогообложения, в том числе налоговых льгот, государственных дотаций и государственного кредитования. В то же время для обеспечения социальной безопасности необходимо регулярно производить экологический мониторинг и принимать меры по недопущению или уменьшению потенциального ущерба.

Вопросы же, связанные с обеспечением безопасности профессиональной деятельности сотрудников могут решаться непосредственно на предприятии. Риски, возникающие в процессе добычи природных ресурсов, могут быть связаны как с эксплуатацией крупногабаритного оборудования, так и со сложными физическими условиями труда, так, например, «температура

выше 26 °С, влажность от 85 до 98 %, повышенное барометрическое давление от 800 до 850 мм рт. ст., характерные для глубоких рудных шахт, ухудшают условия труда и снижают его производительность» [5, с. 29]. Для того, чтобы наиболее полно изучить существующие проблемы и выявить наибольшее количество недостатков обеспечения безопасности труда целесообразно использовать метод «мозгового штурма». В данном случае будет целесообразно использование как прямого, так и обратного «мозгового штурма», для того чтобы вначале обозначить актуальные проблемы, а затем предложить возможные пути их решения. Таким образом будет учтено мнение сотрудников, непосредственно работающих в изучаемых условиях, следовательно, будет повышено качество мер, принимаемых для их улучшения. Важным аспектом успешного проведения «мозгового штурма» является взаимное доверие между участниками, отсутствие каких-либо психологических барьеров. В данном случае это может быть достигнуто путем проведения мозгового штурма в письменной или электронной форме.

#### **Библиографический список**

1. *Святелик, Н.П. Краудсорсинг как эффективный метод «мозгового штурма»/ Н.П. Святелик // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы I Междунар. науч. конф., Донецк, 16 – 18 мая 2016 г. / Южный федеральный университет; под общ. ред. С.В. Беспаловой. – Ростов-на-Дону, 2016. – С. 269–271.*
2. *Иихинели, О.Г., Лиманский, А.В., Воронков, Г.Я. Снижение загрязнения окружающей среды при ликвидации углеродных отвалов / О.Г. Иихинели [и др.] // Уголь. – 2013. – №10 (1051). – С. 68 – 71*
3. *Колесникова Л.А. Анализ состояния окружающей среды в регионах с горнодобывающими предприятиями / Л.А. Колесникова // Уголь. – 2017. – №4 (1093). – С.68 – 69.*
4. *Осипова, К.Г., Осипов Г.Н. Некоторые особенности управления рисками в горнодобывающей промышленности / К.Г. Осипова, Г.Н. Осипов // Корпоративная экономика. – 2018. – №4(16). – С. 28 – 40.*
5. *Лапшин, А.А., Лапшин, А.Е., Ляшенко, В.И. Повышение безопасности и улучшение охраны труда в глубоких шахтах при камерных системах с твердеющей закладкой выработанного пространства / А. А. Лапшин [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – №6. – С. 29–34.*

Научное издание

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ**

Сборник материалов  
15-ой Международной конференции  
по проблемам горной промышленности,  
строительства и энергетики

*29–30 октября 2019 г.  
Минск – Тула – Донецк*

В 4 томах

Том 3

Компьютерная верстка *И. А. Басалай*

Подписано в печать 24.12.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 17,79. Уч.-изд. л. 13,90. Тираж 50. Заказ 895.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.