

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 1

Under the editorship of Doctor of science,
Professor *A. Kopilov*
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 1

Под общей редакцией
д-р. техн. наук, проф. *А. Б. Копылова*,
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

В сборнике представлены материалы научных исследований по эффективным технологиям в области изучения и освоения недр, геоэкологии и рациональному использованию природных ресурсов. Рассмотрены вопросы переработки и хранения отходов производства, мониторинга природно-техногенной среды, экономики природопользования, предложены способы оценки, прогнозирования и контроля техногенного загрязнения окружающей среды. Отражены вопросы механики материалов; технологий и экологических проблем строительных материалов; эксплуатации, обследования и усиления строительных конструкций; архитектуры и архитектурного проектирования; организации, управления и экономики производства. Ряд статей посвящен актуальным проблемам энергетики, энергосбережения, электроснабжения; теплогазоснабжения. Обсуждены социально-экономические проблемы в минерально-сырьевом секторе, строительстве и энергетике, а также инновационные технологии в сфере подготовки кадров и иноязычного обучения студентов технико-технологических специальностей.

This collected book of scientific articles contains research materials on effective technologies in the field of studying and developing the subsoil, geoecology and rational use of natural resources.

The issues of processing and storage of production wastes, monitoring of the natural and technogenic environment, environmental management economics are considered, methods for assessing, forecasting and controlling technogenic environmental pollution are proposed.

The issues of material mechanics are reflected; technologies and environmental issues of building materials; operation, inspection and strengthening of building structures; architecture and architectural design; organization, management and economics of production.

A number of articles are devoted to urgent problems of energy, energy conservation, electricity supply; heat and gas supply.

Social and economic problems in the sphere of mineral and natural resources, construction and energy, as well as innovative technologies in the field of personnel training and foreign language training for students of technical and technological specialties are discussed.

ISBN 978-985-583-499-2(Т.1)

ISBN 978-985-583-500-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ГЕОТЕХНИКА

Харитончик С.В., Кологривко А.А. Интеграция горнопромышленных комплексов государств-членов ЕАЭС..	11
Аверин Е.А. Некоторые аспекты устойчивого развития компаний в горной отрасли (на примере опыта Австралии)...	16
Аверин Е.А., Жабин А.Б., Поляков А.В. Методика предварительной оценки технико-экономического эффекта от применения проходческого комбайна на проекте.....	23
Гаврилкович Э.Г., Орловский В.Ч., Бабак Д.И., Василевич С.А., Оника С.Г. Актуальные направления исследований открытой добычи нерудного сырья в Беларуси.....	32
Гец А.К. Долгих А.С. Система оперативного учёта добычи, прогнозирования и управления качеством калийной руды в ОАО «Беларуськалий».....	37
Головин К.А., Жеребятъев А.А., Копылов А.Б. Организационно технические решения при проведении работ по бестраншейной прокладке коммуникаций методом управляемого прокола.....	42
Волошина Р.И. Обоснование реконструкции узла сильвиновой флотации обогатительной фабрики ОАО «Беларуськалий».....	47
Ботиров Т.В., Бобоев А.А., Буранов Б.М. Формализация задачи синтеза систем оптимального управления процессами дробления горных руд.....	57
Жумаев О.А., Махмудов Г. Б. Современные методы контроля гранулометрического состава измельченного продукта.....	60
Ерохин К.А., Мисников В.А. Проблемы поддержания подготовительных выработок Старобинского калийного месторождения в особо неустойчивых породах на больших глубинах.....	62
Жумаев А.А., Мансуров Ю.Н., Барановский К.Э., Улугов Г.Д. Повышение ресурса работы деталей центробежных дробилок «СЕМКО KEV 96» за счет ускоренного охлаждения отливок	70
Eshmurodov Z.O., Arziev E.I., Ismoilov M.T., Vinokurova A.N., Malikov S.SH. Ways to control asynchronous motor with phase rotor of mining machines.....	73

Зюзин Б.Ф., Миронов В.А. Дистортность в геотехнологических системах	79
Казаченко Г.В., Басалай Г.А. О буксовании движителей мобильных технологических машин	88
Кан А.Н., Сериков А.Е., Ефименко С.А., Ли Е.С., Исатаева Ф.М. Мониторинг содержаний серебра по стенкам забоев на подземных рудниках ТОО «Корпорация КАЗАХМЫС»	92
Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Хужакулов А.М. Технология проходки выработок на Тюбегатанском месторождении калийных солей	100
Кахаров С.К., Басалай Г.А. Анализ работы технологического оборудования, используемого при разработке золоторудного месторождения «МУРУНТАУ»	104
Казанин О.И., Миронович М.П. Обоснование объемов проходки выработок для подготовки выемочных участков больших размеров при интенсивной отработке угольных пластов	112
Конгар-Сюрюн Ч.Б. Механизация смолоинъекционного упрочнения приконтурных массивов выработок	119
Кочергин А.Ю., Ивашечкин В.В., Кондратович А.Н. Результаты регенерации скважин устройством для импульсно-реагентной обработки	128
Крицкая В.И., Ивашечкин В.В., Ануфриев В.Н. Научные основы проведения комплексных расчетов водозаборов подземных вод, находящихся в эксплуатации	132
Кузнецов С.М., Глотов В.А. Доверительные интервалы моделей горных бульдозеров	139
Купавых К.С., Тархов А.В. Способ дегазации угольных пластов	143
Купрева Н.Ю. Обоснование эффективности работы самосвалов	148
Медведева Ю.А., Ивашечкин В.В. Полевые испытания двухколонной водозаборной скважины	154
Муханов А.М., Юсупов Х.А., Мырзахметов С.С. Технология отработки весьма мощных хромитовых месторождений системой блочного обрушения	159
Нагорский А.В., Казаченко Г.В. Анализ перспективы автоматизации управления режимными параметрами установок шнекового бурения	166

Норов Ю.Д., Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Боймуродов Н.А. Вскрытие и подготовка при валовой выемке сложных рудных тел с прослоями и включениями пород на месторождении «ЗАРМИТАН»	173
Пак С.В. Состояние выработанного пространства и подработанной толщи шахты Молодежной	178
Сидоров Д.В., Пономаренко Т.В. Оценка влияния инновационных проектных решений на эффективность разработки удароопасных рудных месторождений	186
Рахимбеков С.М. Инновационный подход к решению геодинамических задач. II.	192
Столбченко Е.В., Пугач С.И. Обоснование параметров участков труб шахтных сетей	198
Тройнич В.А., Дворник А.П. Современные тенденции развития горного машиностроения на ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством»	205
Тюляева Ю.С. Применение галитовых отходов в закладочной смеси после активационной обработки в дезинтеграторах, как один из способов использования промежуточных продуктов в замкнутом цикле производства... ..	211
Уринов Ш.Р., Махмудов Д.Р., Норов А.Ю. Исследование и разработка способа взрывного дробления горных пород с регулируемыми формами и параметрами зажатой среды... ..	220
Фролов А.А. Определение рационального диаметра скважин для проведения буровзрывных работ на карьерах.... ..	229
Хайруллаев Н.Б., Абен Х.Х., Рахманбердиев А. К вопросу повышения извлечения урана при подземном скважинном выщелачивании	235
Хайрутдинов А. М. Механизация процесса доставки закладочной смеси с использованием галитовых отходов обогащения, позволяющей создать безотходный цикл горного производства	239
Хакбердиев А.Л., Басалай Г.А. Анализ применяемых проходческо-очистных комплексов при камерной разработке Тюбегатанского калийного месторождения	246
Халывкин Ф.Г. Организация водоотлива на карьерах с высокой обводненностью месторождения.....	250
Хужакулов А.М., Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Номдоров Р.У., Хаккулов С. Исследование режима детонационных волн в скважинных зарядах с осевой воздушной полостью.....	255

Шишляников Д.И., Трифанов М.Г. Оценка нагруженности приводов проходческо-очистных комбайнов «Урал-20Р» в реальных условиях эксплуатации	264
Эшмуродов З.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т., Махмудов Г.Б., Саидова Ф.А. Модернизация систем управления электроприводов шахтных подъемных машин.....	271
Эшмуродов З.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т. Системно-индивидуализированные принципы управления горных машин и механизмов.....	277
Эшмуродов З.О., Холбоев Ғ.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т. Орипова У.З. Системы управления электроприводов шахтных подъемных машин	285

***ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭНЕРГЕТИКИ***

Аронбаев Д.М., Нармаева Г.З., Аронбаев С.Д. Мониторинг тяжелых токсичных металлов в объектах природно-техногенной сферы с применением вольтамперометрического анализа с экологически чистыми электродами	292
Бобов С.М., Келдиярова Г.Ф., Бурханов Х.Ф., Файзиев З.Х. Оценка эффективности пылегазоочистных установок на асфальтобетонных заводах	299
Bondarenko S., Vishnyakov N. Modern air quality monitoring systems for environmental evaluation of pollution levels in the area of road intersections	304
Gadaev A., Juraev A., Boboeva G. Sustainable water resources management in uzbekistan: transboundary issues	309
Gadaev A., Niyazov I., Juraev A., Alibekova N. Water related environmental issues in central asia	312
Денисова В.Е., Ковалев Р.А. Использование региональных допустимых концентраций как способ решения проблемы экологического нормирования	319
Денисова В. Е. Современное состояние реки Упа	322
Епифанцев К.В. Бесперебойное функционирование шнековой машины для стабильного баланса природно-технической системы	327
Ивлиева М.С. Рециклинг резинотехнических изделий в экологическом аспекте сокращения загрязнения атмосферного воздуха	331

Калаев Р.Э., Макаров В.М., Калаева С.З., Маркелова Н.Л. Переработка и утилизация отработанного токсичного медьсодержащего раствора	339
Киреева А.С., Ковалев Р.А. К вопросу о мембранных технологиях и необходимости их внедрения в существующую систему очистки природных вод	342
Киреева А.С. К вопросу о влиянии форм угольной кислоты в системах водоподготовки	346
Логачева Е.А., Жданов В.Г., Ярош В.А., Шунина А.А. Методы и средства обеспечения безопасности воздействия электромагнитного поля СВЧ диапазона на организм человека	349
Молдован Д.В., Чернобай В.И., Ястребова К.Н. Факторы загрязнения атмосферы угольных карьеров и угольных разрезов при ведении буровзрывных работ и методы их определения	355
Морзак Г.И., Сидорская Н.В., Мартынюк С.С. Анализ показателей по достижению целей устойчивого развития Республики Беларусь	360
Островская Ю.А., Онищенко С.А. Прогнозирование экологических чрезвычайных ситуаций техногенного характера на теплоэлектростанции	368
Попова Н.С., Онищенко С.А. Прогнозирование экологических чрезвычайных ситуаций техногенного характера на металлургическом заводе	376
Пушилина Ю.Н. Применение экологичных строительных материалов	384
Родькин О.И., Кундас С.П., Глуховский В.И., Черненко Е.В. Использование ресурсов выбывших из эксплуатации торфяных месторождений для производства композитного топлива	387
Рожков В.Ф., Соколова С.С. Экологические аспекты загрязнения окружающей среды при подземной разработке угольных шахт	393
Савинова Л.Н., Вакунин Е.И., Коряков А.Е. Мониторинг содержания радона в родниках Тульской области	400
Савинова Л.Н., Вакунин Е.И., Коряков А.Е. Биологические последствия от воздействия излучения радона на организм человека	408
Серёгина О.В. К вопросу воздействия горного производства на природные ресурсы	413

Скуратович И.В. Технические нормативные правовые акты в системе источников экологического права Республики Беларусь	417
Слепнева Л.М., Горбунова В.А. Адсорбционная способность отходов водоподготовки электростанций местного значения...	420
Фролова С.В., Пыльнева Т.Г. Институциональное влияние на решение экологических проблем и проблем нерационального использования природных ресурсов	424
Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Абдукодилов А.А., Мухаммаджонова Ш.А. Исследование процесса очистки сточных вод металлургического производства от ионов тяжелых цветных металлов	428
Хрипович А.А. Применение наилучших доступных технологий при рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых	436
Чекулаев В.В., Татаринев С.О. Анализ состояния неиспользуемых сельскохозяйственных угодий зарастающих кустарником и мелколесьем	441

ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ГЕОТЕХНИКА

УДК 622.693.2.004.4

ИНТЕГРАЦИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ ЕАЭС

Харитончик С.В.¹, Кологривко А.А.²

¹*Ректор Белорусского национального технического
университета,*

²*Декан факультета горного дела и инженерной экологии
Белорусского национального технического университета,
г. Минск, Республика Беларусь*

Изложена потребность в интеграции потенциала горнопромышленных комплексов государств-членов ЕАЭС. На примере калийного производства представлен системный подход к прогнозированию результатов техногенных воздействий.

Минеральные ресурсы являются важнейшим фактором развития экономики для государств-членов ЕАЭС. С учетом стремительного роста требований, предъявляемых к промышленности, минерально-сырьевой сектор стоит перед серьезной альтернативой: с одной стороны необходимо увеличивать добычу полезных ископаемых для того, чтобы покрыть постоянно растущий спрос на минеральное сырье, а с другой стороны необходимо минимизировать воздействие техногенеза на геологическую среду и обеспечить высокие стандарты социально-экономического благополучия. Решить этот вопрос можно только путем поиска новых подходов к использованию природных богатств и привлечением в отрасль лучших технологий с их последующим совершенствованием.

Именно такое основание постановки вопроса диктует целесообразность проведения научных исследований, которые имеют направленность на развитие технологий в минерально-сырьевом секторе экономики на ближайший период.

Считаем, что внедрение систем комплексной добычи в сочетании с глубокой переработкой минерального сырья для увеличения коэффициента извлечения как основных, так и попутных компонентов на месторождениях обеспечит значительное по-

вышение эффективности переработки и сокращение объемов образования отходов производства.

Открытие новых генетических типов месторождений, а также расширение географии поиска и разведки месторождений полезных ископаемых приведет к изменению географии стран – экспортеров и импортеров, росту конкуренции на рынке.

Развитие ресурсосберегающих технологий комплексного обогащения руд, безусловно, приведет к снижению минимального промышленного содержания, что сделает целесообразным вовлечение в отработку забалансовых руд, даст возможность рентабельно использовать отходы обогатительных фабрик. Помимо этого, внедрение новых разработок будет способствовать снижению уровня загрязнения окружающей среды, в том числе минимизации площадей под складирование и захоронение отходов на территориях промышленных предприятий, что позволит исключить риск попадания высокотоксичных соединений в грунты, сточные воды, атмосферу.

Внедрение оборудования для предварительного обогащения на борту карьера или в шахте (руднике), работающего на разных принципах – гравитационном, магнитном, электрическом, флотационном, импульсном радиационном и радиационно-термическом позволит значительно снизить себестоимость переработки за счет сокращения затрат на перевозку руды до обогатительных фабрик.

Создание оборудования для вовлечения в разработку нетрадиционных углеводородов обеспечит условия для промышленного освоения их новых источников. Применение этих технологий предопределяет многократное увеличение объема извлекаемых запасов, расширение географии добычи, ввод на рынок новых видов углеводородного сырья, альтернативных традиционной нефти и природному газу (газогидратов, сланцевого газа, тяжелой нефти и битуминозных песков, метана высокогазоносных угольных пластов).

Будет возрастать роль систем и методов увеличения коэффициента извлечения нефти, включая направленное изменение коллекторских свойств пластов, в том числе на истощенных месторождениях углеводородов и месторождениях низконапорного газа. Это составляет совокупность технологических решений, приборов и комплексов для химического и физического воздействия на углеводородсодержащие коллекторы в целом и их отдельные компоненты (углеводороды породы, сами углево-

дороды, воду). Новые технологии помогут повысить эффективность добычи углеводородов на действующих месторождениях, вернуть в эксплуатацию те, которые ранее считались отработанными, вовлечь в разработку трудноизвлекаемые запасы. В долгосрочной перспективе это заметно продлит срок эксплуатации уже известных залежей и на десятилетия отодвинет момент исчерпания промышленных запасов традиционного углеводородного сырья.

Изложенное выше определяет интеграционный потенциал для горнопромышленных комплексов государств-членов ЕАЭС. Так, например, в части отходов обогатительных фабрик, интеграционный потенциал можно рассматривать в аспекте производства калийных удобрений странами СНГ, где основное производство калийных удобрений базируется на эксплуатации руд Старобинского месторождения калийных солей (ОАО «Беларуськалий») и Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей (ПАО «Уралкалий»). Нарращивание мощностей в области производства калийных удобрений следует рассматривать за счет Гремячинского, Непского и Эльтонского месторождений (Российская Федерация), Петриковского и Октябрьского (Республика Беларусь), Гарлыкского (Туркменистан), Тюбегатанского (Узбекистан) месторождений.

Анализ развития техники и технологии подземной разработки калийных месторождений и последующего обогащения руд, показывает сохранение негативного, иногда масштабного или катастрофического изменения геоэкологической ситуации в промышленных районах.

Геоэкологическим последствиям калийного производства подвергаются все элементы биосферы: ее минеральная основа – геологическая среда с подземными водными ресурсами, земельные угодья, поверхностные водные ресурсы, воздушный бассейн и растительный мир. В результате ведения подготовительных и очистных работ наблюдаются сдвиги и деформации горного массива, вызывающие оседания, обрушения и провалы земной поверхности. Например, оседания поверхности, особенно для территорий с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод, приводят к затоплению и заболачиванию отдельных участков. При провалах земной поверхности, вызванных, например, затоплением калийных рудников, при самом неблагоприятном развитии событий, возможна миграция газов в приповерхностные области горного массива и на поверхность.

Отходы калийного производства, образующиеся при обогащении руд, складированы в солевые отвалы и шламохранилища, устраиваемые вблизи промышленных площадок. Хранение на поверхности земли в больших количествах и на значительных площадях легко растворимых солевых отходов, особенно в районах, относящихся к климатической зоне с избыточным увлажнением, приводит к образованию насыщенных по NaCl рассолов в результате растворения отходов атмосферными осадками. В результате скопления избыточных рассолов на участках солевых отвалов и шламохранилищ происходит их утечка в пресные водные горизонты.

На современном этапе развития калийного производства проводится большой комплекс исследований по снижению негативного влияния производства на геологическую среду. Вместе с тем, эти исследования направлены, в основном, на ликвидацию локальных последствий негативного влияния калийного производства и не решают комплексно вопросы прогнозирования геоэкологических последствий. Их развитие является катализаторами социальных и экономических последствий.

Так, социальные последствия проявляются в необходимости переселения населения из опасных зон, ухудшение транспортной инфраструктуры населенных пунктов, возможные несчастные случаи на производстве. Снижение объемов производств и закрытие калийных предприятий вызывает необходимость сокращения персонала, снижение оплаты труда работников, требование компенсации. При миграции горючих газов на поверхность возможно их скопление в подвалах жилых зданий с соответствующими негативными последствиями для населения.

Экономические последствия включают экологические штрафы, штрафные санкции за нарушение условий договоров, досрочное прекращение контрактов, прекращение инвестиций в транспортную инфраструктуру, разрушенную аварией, дополнительные расходы по консервации или ликвидации калийных рудников, в том числе дополнительные расходы на проведение научных исследований и мониторинг последствий аварий, снижение капитализации предприятия на фондовых рынках, увеличение транспортных расходов в связи с ростом расстояния транспортировки, ограничения транспортировки грузов, необходимость изменения организации производств. Потеря части промышленных запасов и оборудования ведет к снижению объ-

емов добычи и производства товарной продукции и, как следствие, общее ухудшение экономических показателей предприятия.

Масштабность негативного влияния калийного производства на биосферу требует системного подхода к решению актуальной проблемы снижения геоэкологических последствий на основе их прогнозирования в процессе проектирования, строительства, эксплуатации, ликвидации и (или) консервации калийных предприятий.

Например, снизить геоэкологические последствия в процессе ведения подготовительных и очистных работ возможно минимизацией эксплуатационных потерь калийной руды за счет внедрения бесцеликовой выемки калийных пластов с использованием технологических схем подготовки и отработки участков шахтных полей ограниченных размеров, в том числе на локальных участках, для условий ограниченных объемов шахтного строительства, для сложных условий разработки, принимая во внимание применение эффективных дегазационных мероприятий и мероприятий по разгрузке массива от горного давления.

Минимизацию рисков затопления калийных рудников следует рассматривать за счет эффективных средств предотвращения неконтролируемых водопритокков в горные выработки, которыми должны стать предупредительные мероприятия, в частности, сооружение гидроизоляционных перемычек, позволяющих изолировать потенциально опасные участки.

Снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий в процессе обогащения калийных руд следует рассматривать за счет разработки новых способов складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения этих отходов. Одновременно снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий возможно за счет реконструкции действующих шламохранилищ калийного производства.

Снижение или предотвращение геоэкологических последствий в процессе эксплуатации калийных месторождений может быть реализовано только при системном подходе к прогнозированию результатов техногенных воздействий, что диктует потребность в интеграции потенциала горнопромышленных комплексов государств-членов ЕАЭС.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИЙ В ГОРНОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА АВСТРАЛИИ)

Аверин Е.А.

ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод»

В статье приводятся краткие сведения общего характера о концепции устойчивого развития и корпоративной социальной ответственности. Основываясь на анализе опыта австралийских компаний в этой области, сделан акцент на важности получения социальной лицензии на осуществление деятельности. Показана сложность и неоднозначность критериев ее получения. Продемонстрирована несостоятельность подхода к получению компанией социальной лицензии, отталкиваясь только лишь от ее стратегии развития.

Введение

В современном мире добыча и переработка полезных ископаемых является жизненно важной отраслью для существования и развития общества. Основными задачами горнодобывающих компаний являются поиск, разведка и разработка месторождений минеральных ресурсов, которые обычно представляют собой естественные концентрации минералов в горной породе (например, руды металлов) или резервуары (например, углеводородов) [1]. В мире существует множество месторождений, но проблема заключается в обнаружении таких, освоение которых было бы экономически целесообразным. При этом следует иметь в виду высокие риски, связанные с ведением горных работ, к которым в последнее время все чаще прибавляются социальные риски, обусловленные нежеланием общества испытывать на себе негативные проявления деятельности горных компаний.

Вследствие высокой значимости для России горной отрасли, изучение зарубежного опыта минимизации социальных рисков в странах с развитой горной промышленностью представляется целесообразным. Одной из наиболее интересных стран с этой точки зрения является Австралия.

Основная часть

Горная промышленность – наиболее важная отрасль богатой минеральными ресурсами Австралии, являющейся одним из крупнейших их экспортеров в мире [2]. Среди экспортируемых этой страной полезных ископаемых уголь, бокситы, железная

руда, олово, золото, медь, уран, вольфрам и др. Важность Австралии на мировом рынке минеральных ресурсов подтверждается ее членством на государственном уровне, а также на уровне отдельных крупных компаний в таких международных организациях как IBA (от англ. International Bauxite Association), APEF (от франц. Association des Pays Exportateurs de Minerai de Fer), CIPEC (от франц. Conseil Intergouvernemental des Pays Exportateurs de Cuivre), UI (от англ. The Uranium Institute), CDA (от англ. Copper Development Association) и др. [3]. В таблице приведены сведения, позволяющие оценить место Австралии на глобальных рынках по некоторым основным для нее видам полезных ископаемых.

Таблица 1 – Австралия в структуре глобального рынка полезных ископаемых на 2011 год [4]

Вид полезного ископаемого	Доля от мировых запасов, %	Доля от мировой добычи, %	Доля от мирового экспорта, %
Уголь	9,66	5,41	26,62
Железная руда	7,28	16,6	38,29
Бокситы	15,79	27,02	9,96
Медь	9,15	5,95	34,76
Золото	26,36	10,19	17,45
Нефть	5,66	0,61	0,82
Газ	2	1,7	2,49

Добыча полезных ископаемых ведется практически по всей территории Австралии [5], оказывая существенное влияние на многие аспекты жизни социума. Поэтому важным является отношение населения к горнодобывающим компаниям и их деятельности. Хотя в основном люди говорят о том, что понимают важность горной промышленности для страны и в целом поддерживают ее, однако к строительству и запуску в эксплуатацию новых горнодобывающих предприятий вблизи мест их проживания они относятся настороженно или негативно [6]. Чаще всего в качестве причин такого отношения указываются опасения относительно ухудшения экологической обстановки в регионе: повышение уровня пыли и шума вследствие увеличения трафика большегрузных автомобилей, загрязнение атмосферы, почвы и водоемов, негативное влияние на биосферу и пейзажи. Все это, в свою очередь, может иметь экономические

последствия. В частности, снижение туристического интереса к региону и негативное влияние на сельское хозяйство. Вообще, несмотря на ожидание повышения экономических показателей региона, в котором планируется запуск горного предприятия, большинством (примерно 75%) австралийцев, менее 20% из них ощущают возможность положительного влияния деятельности горной компании вблизи места их проживания на собственное материальное благополучие. Авторы исследования [6] связывают это с неспособностью местных жителей оценить косвенные выгоды от функционирования горного предприятия. Это подтверждается тем фактом, что среди людей, осведомленных о планах компании по развитию предприятия и прилегающей территории было гораздо больше тех, кто благосклонно относился к планируемому проекту, особенно если компания предлагала комплексные решения по развитию региона.

Таким образом, решением проблемы по формированию у населения представления о деятельности компаний горной отрасли как не только социально-значимой, но и социально-приемлемой может быть принятие ими (компаниями) концепции устойчивого развития путем перехода на принципы корпоративной социальной ответственности (КСО). Устойчивое развитие представляет собой интеграцию деятельности в следующих трех ключевых областях, что должно способствовать удовлетворению потребностей общества в целом, а не только отдельных физических или юридических лиц:

- технико-экономические мероприятия, обеспечивающие экономический рост;
- экологическая деятельность, обеспечивающая рациональное использование природных ресурсов и защиту окружающей среды;
- социальная активность, выражающаяся в заботе о рабочих и содействии развитию общества в сфере защиты окружающей среды.

Согласно современным представлениям соответствие деятельности компании принципам КСО должно подтверждаться нефинансовой отчетностью, для чего были разработаны специальные международные стандарты AA1000S и GRI, отражающие системный характер взаимодействия со всеми заинтересованными сторонами по перечисленным выше ключевым направлениям, благодаря чему деятельность компании легитимизируется в восприятии общества, его институтов и представителей [7 – 10]. При этом социальные институты, в первую оче-

редь государственные организации, уполномочены выдавать регламентированные законодательством лицензии на ведение деятельности компаний. Однако в последнее время также укореняется понимание необходимости получения так называемой «социальной лицензии на осуществление деятельности» (СЛОД, англ. SLO – Social License to Operate) [11 – 13]. Под социальной лицензией понимается неформальное разрешение со стороны социума как абстрактного, не всегда формализованного и/или имеющего юридическое оформление в отличие от государства (в любой его форме), но заинтересованного в собственном комфорте и устойчивом развитии участника. Таким образом, следование принципам КСО с публикацией необходимой отчетности – это не только публичная декларация о добросовестном выполнении формализованных стандартов и процедур при осуществлении компаниями своей деятельности, но и демонстрация вовлеченности компании в проблемы устойчивого развития общества и территории его проживания.

Из вышесказанного возникают закономерные вопросы: «А как выявить, получил ли проект или компания социальную лицензию на осуществление деятельности? И что нужно делать для ее получения?». Несмотря на признание важности получения СЛОД крупнейшими горнодобывающими компаниями мира вследствие снижения социальных рисков для них [14], это понятие остается в значительной степени метафоричным, что осложняет принятие управленческих решений в контексте добросовестного выполнения принципов КСО [15].

Часто горные компании самостоятельно определяют для себя критерии получения СЛОД. В работе [16] приводятся выдержки из отчетов австралийских горных компаний в области устойчивого развития. Например, в отчете компании ВНР Billiton’s за 2007 год критерий получения социальной лицензии сформулирован следующим образом:

«Для того чтобы общество предоставило нам нашу «лицензию на осуществление деятельности», мы должны продемонстрировать местным сообществам и государственным учреждениям, что мы можем и будем защищать их ценности в отношении экологических и социальных ресурсов, и что они смогут разделить с нами успехи нашего бизнеса».

В то же время компания Oxiana определяла для себя критерии получения социальной лицензии иначе:

«Для сохранения нашей лицензии на осуществление деятельности и достижения целевых показателей, Oхiana считает, что она всегда должна действовать в соответствии с принципами «Четверной нижней границы»; то есть, используя самые высокие стандарты в управлении, а также достижения экономических, социальных и экологических показателей».

В целом же австралийские горные компании вполне ожидаемо формулируют для себя критерии СЛОД, исходя из собственной стратегии устойчивого развития [16].

В научном сообществе прилагаются усилия для выявления более общих критериев. Например, в работе [17] выделяют четыре состояния СЛОД, разделенных тремя границами: отсутствие «лицензии» ← легитимность → принятие деятельности компании в регионе ← надежность → подтверждение (закрепление) позиций компании в регионе ← доверие → психологическая идентификация с ценностями компании. Причем переход из одного состояния в другое происходит постепенно как результат кумулятивного эффекта (здесь можно провести аналогию с пирамидой ценностей Маслоу) вследствие регулярного взаимодействия компании с обществом. Однако эмпирического подтверждения своей модели авторам получить не удалось [18]. В качестве подтверждения ее несостоятельности можно привести следующую довольно широко растиражированную в публикациях по теме СЛОД цитату топ-менеджера одной из австралийских нефтяных компаний [19]:

«Моя компания ежегодно тратит \$7 млн. на общественные программы. Однако мы по-прежнему сталкиваемся с проблемами со стороны сообществ, которым мы помогаем. Очевидно, что деньги не покупают нам их расположение в той мере, которая нам нужна, но я понятия не имею, что мы делаем не так».

По мнению авторов работы [20], тщетность реализуемых программ обусловлена тем, что они исходят из стратегии развития компании и ориентированы на ее ценности (см., например, первые две цитаты в статье и следующий за ними комментарий), которые зачастую кардинально расходятся с ценностями и оценками перспектив развития у членов местных сообществ. Именно на стадии «психологической идентификации с ценностями компании» выявлено наибольшее несоответствие представленной выше модели с эмпирическими данными. Дело здесь может быть в том, что для формирования доверия авторы этой модели предлагали увеличивать количество контактов компа-

нии с местными сообществами с целью донесения и разъяснения своей позиции. Однако если повестка каждого такого контакта является односторонней, то вряд ли следует ожидать развития доверительных отношений [21]. В связи с этим предлагается [20, 21] увеличить степень вовлеченности представителей сообщества в вопросы непосредственной реализации проектов вплоть до стадии принятия решений. Реальных кейсов пока не зафиксировано.

Заключение

Горная промышленность традиционно является одной из важнейших для экономического развития общества. Однако деятельность горных предприятий связана также негативными проявлениями. Самыми очевидными, но не единственными, являются экологические проблемы. В связи с этим общество, особенно в местах ведения горных работ, весьма настроено относительно к горным проектам, что приводит к возникновению социальных рисков для горных компаний. С целью их минимизации горные компании по всему миру стараются действовать согласно принципам корпоративной социальной ответственности. Для оценки уровня социальной ответственности компаний в настоящее время разработаны международные стандарты нефинансовой отчетности AA1000S и GRI, отражающие системный характер взаимодействия со всеми стейкхолдерами по нескольким ключевым направлениям: экономическому, экологическому и социальному.

Австралия является одной из ведущих горнодобывающих стран и при этом обладает развитыми социальными и политическими институтами. По многим аспектам КСО австралийские горные компании задают тон всему миру. На основании их опыта в настоящее время сложилось понимание того, что следования принципам КСО недостаточно для снижения социальных рисков для своих проектов. Действительной гарантией этому может являться только получение, так называемой, социальной лицензии на осуществление деятельности. Однако выполнение критериев СЛЮД осложнено отсутствием понимания, в чем же именно они заключаются. При этом сами компании формулируют для себя критерии СЛЮД, исходя из собственных стратегических планов и понимания устойчивого развития, что однако зачастую не приводит к сколько-нибудь заметным улучшениям в формировании доверительных отношений с обществом. Поэтому в последнее время «набирает вес» представление о необ-

ходимости подключения местных сообществ к принятию решений относительно развития проектов горной компании на соответствующей территории.

Библиографический список

1. Rudenno V. *The mining valuation handbook: mining and energy valuation for investors and management*. Milton: John Wiley & Sons. 2012. – 609 с.
2. Asafu-Adjaye J., Mahadevan R. *How cost efficient are Australia's mining industries?* // *Energy economics*. 2003. Т. 25. – №. 4. – С. 315-329.
3. Gocht W.R., Zantop H., Eggert R. *International mineral economics: mineral exploration, mine valuation, mineral markets, international mineral policies*. New York, London, Paris, Tokyo: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. – 279 с.
4. Ma Y. *Uncertainty and investment dynamics in the Australian mining industry: PhD thesis*. Wollongong, Australia: University of Wollongong, 2016. – 182 с.
5. Hajkowicz S.A., Heyenga S., Moffat K. *The relationship between mining and socio-economic well being in Australia's regions* // *Resources Policy*. 2011. Т. 36. – №. 1. С. 30-38.
6. van der Plank S., Walsh B., Behrens P. *The expected impacts of mining: Stakeholder perceptions of a proposed mineral sands mine in rural Australia* // *Resources Policy*. 2016. Т. 48. С. 129 – 136.
7. Deegan C. *Introduction: The legitimising effect of social and environmental disclosures—a theoretical foundation* // *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. 2002. Т. 15. №. 3. С. 282 – 311.
8. Cho C.H., Patten D.M. *The role of environmental disclosures as tools of legitimacy: A research note* // *Accounting, organizations and society*. 2007. Т. 32. №. 7. С. 639 – 647.
9. Bebbington J., Larrinaga-González C., Moneva-Abadía J.M. *Legitimizing reputation/the reputation of legitimacy theory* // *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. 2008. Т. 21. №. 3. С. 371-374.
10. Pineiro-Chousa J. et al. *Managing Reputational Risk through Environmental Management and Reporting: An Options Theory Approach* // *Sustainability*. 2017. Т. 9. №. 3. С. 376.
11. Hall N. et al. *Social licence to operate: understanding how a concept has been translated into practice in energy industries* // *Journal of Cleaner Production*. 2015. Т. 86. С. 301 – 310.
12. Zhang A. et al. *Understanding the social licence to operate of mining at the national scale: a comparative study of Australia, China and Chile* // *Journal of Cleaner Production*. 2015. Т. 108. С. 1063-1072.

13. Wright S., Bice S. *Beyond social capital: A strategic action fields approach to social licence to operate* // *Resources Policy*. 2017. Т. 52. С. 284 – 295.

14. Prno J., Slocombe D.S. *Exploring the origins of 'social licence to operate' in the mining sector: Perspectives from governance and sustainability theories* // *Resources Policy*. 2012. Т. 37. №. 3. С. 346-357.

15. Owen J.R., Kemp D. *Social licence and mining: A critical perspective* // *Resources policy*. 2013. Т. 38. №. 1. С. 29 – 35.

16. Bice S. *What gives you a social licence? An exploration of the social licence to operate in the Australian mining industry* // *Resources*. 2014. Т. 3. № 1. С. 62 – 80.

17. Thomson I., Boutilier R.G. *Social licence to operate* // *SME mining engineering handbook*. 2011. Т. 1. С. 1779 – 1796.

18. Boutilier R.G., Thomson I. *Modelling and measuring the social licence to operate: fruits of a dialogue between theory and practice* // *Queensland, Australia: International Mine Management*. 2011.

19. Zandvliet L., Anderson M.B. *Getting it Right: Making Corporate-Community Relations Work*. Greenleaf Publishing Limited, Sheffield, UK. 2009.

20. Moffat K., Zhang A. *The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining* // *Resources Policy*. 2014. Т. 39. С. 61 – 70.

21. Walsh B., van der Plank S., Behrens P. *The effect of community consultation on perceptions of a proposed mine: A case study from southeast Australia* // *Resources Policy*. 2017. Т. 51. С. 163 – 171.

УДК 622.062

МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА НА ПРОЕКТЕ

Аверин Е.А.¹, Жабин А.Б.², Поляков А.В.²

¹ ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод»

² Тульский государственный университет

Приведена методика для предварительной оценки технико-экономического эффекта от применения проходческого комбайна на проекте, основанная на показателях эквивалентной прочности горных пород и интегральной оценки сложности походки горной выработки. Для указанной методики приведен пример расчета с обоснованием выбора комбайна для конкретного проекта.

Введение

Обеспечение высоких темпов горнопроходческих работ позволяет получить более ранний доступ к основным залежам полезного ископаемого, если речь идет о добыче минеральных ресурсов, или раньше завершить строительство социально значимых объектов инфраструктуры (метро, тоннели, инженерные коммуникации и пр.) [1, 2]. Одним из наиболее широко распространенных технических средств ведения горнопроходческих работ являются проходческие комбайны. Выбор конкретного проходческого комбайна является критически важным шагом в планировании работ по проекту или какому-либо из его этапов. При этом номенклатура машин, выпускаемых различными производителями в настоящее время, необычайно велика, что делает нецелесообразным тщательный анализ каждой модели комбайна с точки зрения его адекватности требуемым для успешной реализации проекта параметрам. Таким образом, возникает необходимость в достаточно простой и быстро проводимой предварительной оценке машин уже на предпроектной стадии.

Методика

Представленная методика основана на широко известной и неоднократно апробированной модели Колорадского горного университета [4], позволяющей определять теоретическую производительность разрушения горного массива. Модель основана на многочисленных лабораторных испытаниях, а в ее основе лежит следующая формула:

$$Q_m = k_e \cdot \frac{P_{uo}}{Hw_{opt}}, \quad (1)$$

где Q_m – теоретическая производительность, м³/ч;

P_{uo} – установленная мощность исполнительного органа проходческого комбайна, кВт;

Hw_{opt} – оптимальная энергоемкость разрушения, кВт·ч/м³;

k_e – коэффициент передачи энергии.

Значение коэффициента k_e следует принимать равным 0,45 для комбайнов, оснащенных продольно-осевым режущим органом, и 0,55 для комбайнов с поперечно-осевым режущим органом.

Для определения значения Hw_{opt} существуют эмпирические формулы, связывающие данную величину с прочностными ха-

рактическими горных пород [5, 6]. Например, можно воспользоваться формулой из работы [6]:

$$Hw_{opt} = 0,37 \cdot \sigma_{сж}^{0,86}, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности горной породы на сжатие, МПа.

В представленных выражениях (1) и (2) отсутствуют показатели, которые бы учитывали не только прочностные показатели, но и трещиноватость горных пород. Вместе с тем известно, что этот трещиноватость оказывает существенное влияние на производительность разрушения горного массива [7]. Таким образом, необходим расчетный метод (или подход), основанный на достаточно простом, интуитивно понятном, легко интерпретируемом показателе, адекватно отражающем сложность ведения горнопроходческих работ и зависящим от физико-механических свойств горных пород, слагающих месторождение. К числу прочностных характеристик и факторов нарушенности горного массива должны, как минимум, относиться прочности горных пород на сжатие и показатель их трещиноватости [8]. Последняя в российской практике, как правило, выражается не количественно, а качественно.

Решение поставленной задачи возможно за счет использования интегральных показателей, объединяющих в себе прочностные и ослабляющие свойства горных пород. К таким показателям относится интегральная оценка сложности проекта проходки горных выработок.

Для начала определяем совокупную сложность проекта, для чего вся выработка (или все выработки на горном предприятии) разбивается на относительно однородные по горно-геологическим условиям участки, каждому из которых присваивается категория числом от 1 до 10 согласно таблице 1.

Таблица 1 – Разбиение на категории сложности по пределу прочности на сжатие [8]

Кат.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_{сж}$, МПа	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210	210-240	240-270	>270

Затем осуществляется поправка категории по критерию трещиноватости горных пород на участке выработки [8]:

Монолитные породы.....+1

- Слаботрещиноватые породы.....+1
- Трещиноватые породы.....±0
- Сильнотрещиноватые породы.....-1
- Весьма и исключительно трещиноватые породы.....-1

Оценка сложности всей выработки определяется как средне-взвешенная по относительной протяженности сложности всех ее участков

$$C_{Int} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i \cdot c_i}{L}, \quad (3)$$

где C_{Int} – интегральная оценка сложности проходки всей выработки;

i – номер участка;

n – количество участков;

l_i – протяженность i -го участка;

c_i – оценка сложности проходки i -го участка;

L – протяженность всей выработки.

Чем больше значение показателя C_{Int} , тем сложнее осуществление проекта и выше ожидаемые затраты на его реализацию.

Разделив показатель интегральной сложности проекта проходки горной выработки на оценку максимально сложного ее участка c_{max} , получим:

$$C_d = \frac{C_{Int}}{c_{max}}. \quad (4)$$

Чем ближе значение C_d к единице, тем более однородные горно-геологические условия наблюдаются на объекте. Данное обстоятельство следует рассматривать как оказывающее положительное влияние, поскольку в неоднородных горно-геологических условиях повышается вероятность дополнительных простоев оборудования, связанных с его переоснащением в соответствии с текущими требованиями технологии ведения работ на конкретном участке горной выработки, что снижает вероятность своевременного завершения проекта.

Значения показателя интегральной сложности могут иметь разброс от 0 до 11. В первом случае весь проект реализуется в слабых, прочностью до 30 МПа, сильно и весьма трещиноватых горных породах. Во втором – проект состоит исключительно из

весьма крепких, предел прочности на сжатие больше 270 МПа, монолитных или слаботрещиноватых пород.

Если умножить полученное по формуле (3) значение интегральной оценки сложности на 30 (величину, на которую мы изначально делили значение $\sigma_{сж}$), то получим усредненный прочностной показатель всей выработки с учетом степени индивидуального состояния (трещиноватости массива) отдельных ее участков, то есть показатель эквивалентной прочности горных пород [9] на всем проекте

$$\sigma_{сж}^{экв} = 30 \cdot C_{Int} . \quad (5)$$

После вычислений по уравнению (5) следует последовательно воспользоваться выражениями (2) и (1), что позволит получить приблизительное значение теоретической производительности проходческого комбайна на проекте [10]. Зная значение теоретической производительности, можно определить объем разрушенной горной породы в кубометрах за день работы

$$V = Q_m \cdot k_m \cdot N_{см} \cdot T_{см} , \quad (6)$$

где k_m – коэффициент использования машинного времени, %/100;

$N_{см}$ – количество рабочих смен в день;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах.

Коэффициент использования машинного времени k_m показывает часть времени от общих временных затрат на ведение работ, затрачиваемого только на горнопроходческие работы. Данный коэффициент зависит от множества факторов и обычно составляет 0,25-0,5.

Дневная эксплуатационная производительность по проходке (темпы походки в сутки) определяется по формуле

$$Q_{эн} = \frac{V}{S_{выр}} , \quad (7)$$

где $S_{выр}$ – площадь поперечного сечения выработки, м².

Пример расчета по методике

Предположим, что существует необходимость в проведении выработки длиной 120 м и площадью поперечного сечения 15,9 м²,

составленной из четырех различных участков, сложенных относительно однородными горными породами в пределах одного участка.

В таблице 2 представлены некоторые сведения из геологических справоч, касающиеся свойств и характеристик горных пород в рассматриваемой выработке для каждого участка, включающие описание пород с учетом трещиноватости и диапазон пределов прочности на сжатие для пород на участке, а также протяженность каждого участка.

Присвоим каждой породе класс сложности в зависимости от прочности согласно таблице 1 и сделаем поправку на трещиноватость согласно геологическому описанию из таблицы 2, в результате чего получим оценку сложности проходки каждого участка. Результаты отобразим в таблице 3.

Отметим, что согласно таблице 3 максимальная оценка сложности для рассматриваемой выработки C_{\max} составляет 3.

Кроме того, более прочная порода известняк имеет меньшую оценку сложности, чем менее прочные алевролит и песчаник вследствие того, что последние являются монолитными или слаботрещиноватыми, в то время как известняк сильнотрещиноват.

По формуле (3) определим интегральную оценку сложности проходки всей выработки

$$C_{int} = \frac{42,5 \cdot 3 + 23,9 \cdot 2 + 37,8 \cdot 2 + 15,6 \cdot 3}{120} = 2,48.$$

По формуле (4) получим значение коэффициента однородности сложности проходки для рассматриваемой выработки

$$C_d = \frac{2,48}{3} = 0,83.$$

По формуле (5) определим показатель эквивалентной прочности горных пород для рассматриваемой выработки

$$\sigma_{сж}^{экв} = 30 \cdot 2,48 = 74,4.$$

С учетом эквивалентной прочности горных пород определим средневзвешенную для выработки энергоемкость разрушения

$$Hw_{opt} = 0,37 \cdot 74,4^{0,86} = 15,1.$$

Таблица 2 – Геологическое описание выработки

Порода	Геологическое описание породы	Длина участка l_{ij} , м	Прочность породы $\sigma_{сж}$, МПа
Алевролит	Серый с бурыми пятнами и прослоями мощностью 2-7 см песчаника серого, мелкозернистого. Плотный, крепкий, слаботрещиноватый.	42,5	35-47
Аргиллит	Тёмно-серый с бурыми и желтоватыми пятнами с примесью алевритового материала, известковистый, комковато-слоистый, плотный, крепкий. Трещиноватый.	23,9	31-38
Известняк	Известняк серый, скрытокристаллический, слоистый, местами плитчатый. С прослоями песчаника серого, тонкозернистого, мелкозернистого мощностью до 5-10 см. Сильнотрещиноватый.	37,8	59-71
Песчаник	Песчаник серый, подмиктовый, тонко- и мелкозернистый, известковистый. Массивный, плотный, крепкий, видимых трещин нет.	15,6	42-55

Таблица 3 – Оценка сложности каждого участка выработки

Порода	Класс по $\sigma_{сж}$	Поправка на трещиноватость	Оценка сложности c_i
Алевролит	2	+1	3
Аргиллит	2	± 0	2
Известняк	3	-1	2
Песчаник	2	+1	3

Предположим, что для проходки пород на данном проекте рассматриваются три варианта комбайнов разных производителей: MT340 (Sandvik), EBZ160 (SANYHE), ET210 (Eickhoff).

Для каждого комбайна по формуле (1) определим теоретическую почасовую производительность, а затем по формулам (6) и (7) соответственно суточную эксплуатационную производительность по разрушению и суточную эксплуатационную про-

изводительность по проходке. Для расчета примем, что работа ведется в три смены по 8 часов, а коэффициент использования машинного времени находится в пределах 0,25-0,5.

Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение прогнозной производительности комбайнов для рассматриваемой выработки

Комбайн	MT340 (Sandvik)	EBZ160 (SANYHE)	ET210 (Eickhoff)
Тип коронки	Поперечно-осевая	Продольно-осевая	Продольно-осевая
$P_{ио}$, кВт	200	160	200
Q_m , м ³ /ч	7,3	4,8	6,0
V , м ³ /сутки	43,8-87,7	28,7-57,4	35,9-71,7
$Q_{эп}$, м/сутки	2,8-5,5	1,8-3,6	2,3-4,5

Выбор конкретного комбайна зависит от множества факторов. Однако из таблицы 4 очевидно, что при необходимости обеспечения темпов проходки на уровне, например, не менее 3,5 м/сутки от варианта покупки комбайна EBZ160 (SANYHE) следует отказаться, поскольку заданные темпы он может выдерживать только при высоком значении коэффициента использования машинного времени.

Заключение

Представленная методика, учитывающая обобщенный международный опыт в области ведения горнопроходческих работ при помощи проходческих комбайнов с рабочим органом стреловидного типа, может служить в качестве предварительного научно обоснованного способа отбора техники для конкретного проекта в горнодобывающей отрасли или подземном строительстве по критерию производительности. Ее основным достоинством является простота и понятность.

Однако стоит отметить, что рассмотренную методику не следует применять на этапе окончательного технико-экономического обоснования проекта, тем более в отрыве от других производственных факторов (совместимость с прочим оборудованием, наличие персонала с необходимой для эксплуатации и обслуживания комбайна квалификацией и т.д.).

Библиографический список

1. Жабин А.Б., Поляков А.В., Аверин Е.А. Краткий анализ проблем и путей решения при обеспечении горнодобывающего предприятия современными техническими средствами ведения горных работ //Уголь. 2018. №. 1. С. 13-16.
2. Seker S. E., Ocak I. Performance prediction of roadheaders using ensemble machine learning techniques //Neural Computing and Applications. 2017. С. 1-14.
3. Ozfirat K.M., Malli T., Ozfirat P.M., Kahraman B. The performance prediction of roadheaders with response surface analysis for underground metal mine //Kuwait Journal of Science. 2017. Т. 44. №. 2. С. 112-120.
4. Rostami, J., Ozdemir, L., Neil, D.M. Performance prediction: A key issue in mechanical hard rock mining //Mining Engineering. 1994. № 11. С. 1263-1267.
5. Copur H., Tuncdemir H., Bilgin N., Dincer T. Specific energy as a criterion for the use of rapid excavation systems in Turkish mines //Mining Technology. 2001. Т. 110. №. 3. С. 149-157.
6. Balci C., Demircin, M.A., Copur, H., Tuncdemir, H. Estimation of optimum specific energy based on rock properties for assessment of roadheader performance //The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. 2004. Т. 104. №. 11. С. 633-642.
7. Bilgin N., Yazici S., Eskikaya S. A model to predict the performance of roadheaders and impact hammers in tunnel drivages // Proceedings of the International Eurock '96 Symposium, Torino. 1996. С. 715-720.
8. Жабин А.Б., Аверин Е.А., Поляков А.В. Интегральная оценка сложности проекта проходки горных выработок //Уголь. 2017. № 11 (1100). С. 60-63.
9. Жабин А.Б., Аверин Е.А., Поляков А.В. Показатель эквивалентной прочности горных пород // Горная промышленность. 2018. № 5. С.
10. Averin E., Zhabin A., Polyakov A., Linnik Y., Linnik V. Preliminary Assessment of Roadheaders Efficiency Based on Empirical Methods and Index of Equivalent Rock Strength //Mining of Mineral Deposits. 2019. Т. 13. № 3. С. 113-118.

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ
В БЕЛАРУСИ**

**Гаврилкович Э.Г.¹, Орловский В.Ч.¹, Бабак Д.И.²,
Василевич С.А.², Оника С.Г.³**

¹*Республиканское унитарное производственное предприятие
«Гранит»*

²*Открытое акционерное общество «Доломит»*

³*Белорусский национальный технический университет*

Рассмотрены актуальные вопросы исследований открытой разработки нерудных месторождений в Беларуси, выполнено обобщение результатов значимых для отрасли исследований в области открытой добычи нерудного сырья.

Горнодобывающая промышленность в Беларуси представлена добычей и переработкой широкого спектра полезных ископаемых, среди которых значительное место, как по объему разрабатываемого сырья, так и по его значению для промышленного развития Республики, занимают открытые разработки карбонатного сырья, природного камня, а также песчаных и песчано-гравийных месторождений.

Сложные горно-геологические условия залегания месторождений полезных ископаемых на первый план выдвигают ряд задач перед наукой и производством от решения, которых зависит эффективность и безопасность горных работ. В их числе, в качестве первоочередных, стоят задачи геомеханического обеспечения устойчивости уступов и бортов карьеров. К сожалению, понимание актуальности научных исследований по данному направлению, да и по многим другим, имеется не у всех руководителей горнодобывающих предприятий, что иногда приводит к серьезным последствиям. В полной мере это можно отнести к обрушению борта карьера «Колядичи» ОАО «Красносельскстройматериалы», эксплуатирующего линзу №2, которое произошло 11.10 2006 года, в результате которого не только предприятие понесло экономические потери, но и погиб водитель автосамосвала, заваленный обрушившейся породой.

Добычу мела и мергеля, являющегося сырьем для цементной промышленности, ведут и другие предприятия, в частности,

ОАО Белорусский цементный завод. Завод ведет разработку двух участков: «Высокое» и «Коммунары Западные».

Исследованиями ВНИМИ, выполненные для этих месторождений, были установлены предельные углы рабочих углов откосов уступов на карьере «Коммунары Западные», которые составили 50 градусов [1]. По заданию предприятия, кафедрой «Горные работы» БНТУ в рамках хозяйственного договора исследовался вопрос увеличения допустимых углов откоса уступов. С этой целью были проведены графоаналитические исследования устойчивости откосов с учетом фильтрации, выполнено моделирование устойчивости с применением компьютерного комплекса GeoStudio. Для повышения надежности полученных положительных результатов дополнительно, с применением аналитического метода, исследована устойчивость откосов по методу плоского откоса без учета и с учетом нагрузки от работы оборудования [2].

В соответствии с заданием, выданном предприятием установлены, допустимые значения углов рабочих уступов при достижении уступом предельной высоты, равной 22 метра (для экскаватора ЭШ- 6,5/45, работающего нижним черпанием). В зависимости от категории трещиноватости полезного ископаемого эти значения варьируют от 50 до 68 градусов. Таким образом, установление безопасных значений углов откосов уступа позволило обосновать техническую возможность достижения предельной высоты уступа на добыче мергеля шагающим экскаватором ЭШ- 6,5/45.

Исследования устойчивости уступов дали возможность установить и ее влияние на ширину экскаваторной заходки и высоту уступа. В частности, нами пересмотрено устоявшееся представление о том, что углы рабочего разворота драглайна в каждую сторону от оси его движения следует принимать не более 30 – 45. При отработке уступов с небольшими значениями устойчивых углов откосов уступов торцевым забоем значения допустимых углов разворота драглайна необходимо уточнять расчётом, с учётом расположения оси движения экскаватора, угла устойчивого откоса уступа и радиуса черпания экскаватора. Если принять значение угла разворота драглайна в нагорную сторону равным нулю, то можно легко установить, что угол разворота драглайна в сторону выработанного пространства может превысить 45°. Важным результатом исследований является также установленное нами положение, что допустимая высота уступа зависит не от рабочего угла откоса уступа, а опре-

деляется радиусом черпания, шириной хода драглайна, шагом передвижки и углом устойчивого откоса уступа [3].

Многие месторождения Беларуси обводнены, а условия залегания продуктивного пласта характеризуются сложной гипсометрией кровли и почвы, изменчивостью высоты уступов, содержанием крупных каменистых включений. Указанные факторы влияют на параметры системы разработки, технически достижимую производительность карьера, а также на производительность добычного оборудования. Для таких сложных условий целесообразно изучение изменчивости высоты уступа и других параметров систем разработки. Изучение вариации высоты уступа, одного из важнейших параметров системы разработки обеспечивается компьютерным моделированием, а визуализация результатов с применением ГИС (рис. 1).

Указанные подходы реализованы в проекте расширения карьера «Гралево», выполненного с нашим участием.

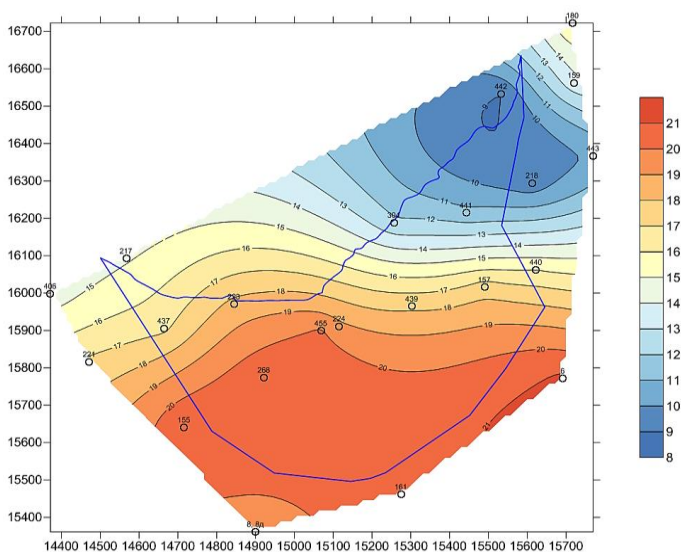


Рис. 1 – План изовысот вскрышного уступа по добыче доломитов на южном участке карьера «Гралево» в условной системе координат

Случайные изменения высоты уступов оказывают влияние на производительность экскаваторов. Исследованиями установлено, что вариация высоты уступов применительно к песчано-гравийным месторождениям можно описать теоретическим распределением Вейбулла, что позволило предложить усовершенствованную методику определения производительности экскаватора с заданной надежностью. Влияние случайных изменений высоты уступа оценивается коэффициентом относительной высоты уступа (k_h), зависящего от отношения фактической высоты уступа к ее рациональному значению, называемого относительной высотой уступа. Эта зависимость носит, экстремальный характер (рис. 2).

Для определения прогнозной (ожидаемой) относительной высоты уступа предложена формула: $\bar{h} = \sigma^\eta \sqrt{-\ln(1 - P(\bar{h}))}$, где σ и η – параметры формы теоретического распределения.

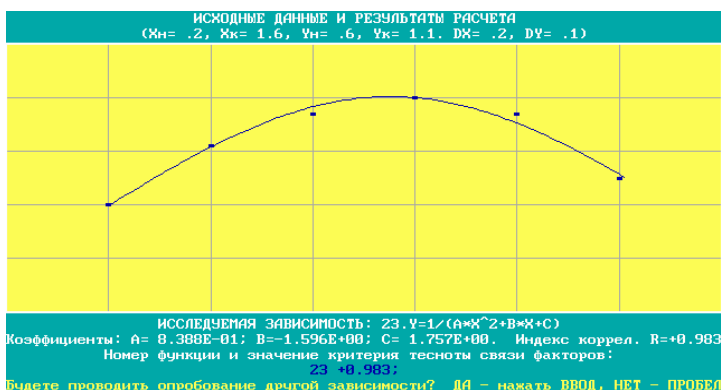


Рис. 2 – Зависимость коэффициента высоты уступа от относительной высоты уступа

Важным направлением исследований является повышение безопасности взрывных работ. Это в полной мере можно отнести к сейсмическому действию взрывов и разлету осколков. В настоящее время по заданию РУПП «Гранит» нами разрабатываются научно-практические рекомендации по выбору оптимальных параметров буровзрывных работ в условиях ограничения их параметров требованиями безопасности.

Основной причиной, сдерживающей эффективное применение взрывных работ в условиях их приближения к охраняемым объектам, является расхождение требований сейсмической безопасности с необходимостью эффективного выполнения горных работ. Нарастивание объемов горных работ предполагает увеличение допустимой массы взрываемого взрывчатого вещества, а требования сейсмической безопасности обуславливают ее ограничение [4]. Для условий РУПП «Гранит» разработана методика дифференцированного ограничения массы взрываемых зарядов в поле карьеров, отличительными особенностями которой является:

- использование установленных закономерностей распределения коэффициента сейсмичности;
- многообразие способов определения оценок параметров формы теоретических распределений коэффициента сейсмичности;
- возможность прогнозируемого изменения интенсивности сотрясений без предварительных сейсмометрических замеров.

Оперативная оценка сейсмической безопасности взрывов без предварительных промышленных опытов возможна за счет проведения вычислительных экспериментов на основе формирования выборки по соответствующим параметрам из базы данных «Параметры взрывов - параметры колебаний», а также применения в качестве альтернативного метода определения безопасных условий взрывов установленных зависимостей параметров теоретического распределения коэффициента сейсмичности от параметров взрывных работ.

В настоящее время ведется работа по обеспечению локального ограничения разлета осколков при приближении взрывов к технической границе карьера и жилым домам г. Микашевичи. Исследования показывают, что ограничение разлета за счет исключительного снижения коэффициента заполнения скважин взрывчатым веществом, приводит к увеличению длины забойки и ухудшению дробления горных пород. Исследования показывают, что ограничение разлета кусков породы целесообразно добиваться не только за счет радикального и одностороннего снижения коэффициента заполнения скважин ВВ., а его более мягкого ограничения с одновременным расширением сетки скважин и уменьшением диаметра заряда.

Библиографический список

1. *Заключение о допустимых углах откосов Коммунарского карьера мергелей. – ВНИМИ. – 1978 г.*

2. Оника, С.Г. Геомеханическое обоснование увеличения допустимых углов откосов рабочих уступов на месторождении цементного сырья «Коммунарское» / С.Г. Оника, Ф.Г. Халявкин и др. // Горная механика и машиностроение. – 2013. - №4 – С.5-12.

3. Оника, С.Г. Технология и параметры системы разработки месторождений с использованием драглайнов при значительной мощности вскрыши / С.Г.Оника, С.Н.Березовский // Горная механика. – 2005. – №2. – С. 13-18.

4. Единые правила безопасности при взрывных работах. / Редкол.: М.П. Васильчук, и др.; Утв. Госгортехнадзором России. – М.: НПО ОБТ, 1992 г. – 238 с. ил.

УДК 622.363.2:658.562.4

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УЧЁТА ДОБЫЧИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ КАЛИЙНОЙ РУДЫ В ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Гец А.К.¹ Долгих А.С.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Беларуськалий»

В статье рассмотрен организационно-технический подход к оперативному управлению горнодобывающим предприятием по заданным критериям управления

Система оперативного учёта добычи, прогноза и управления качеством калийной руды на рудоуправлении будет состоять из подсистем двух уровней:

– уровень 1 – подсистема подземного комплекса (рудник, схема 1).

– уровень 2 – подсистема поверхностного комплекса (отделение дробления, склад руды, обогатительная фабрика, схема 2).

Подсистемы уровней 1 и 2 объединяются в систему через единую иерархическую базу данных, комплекс технических средств и программное обеспечение.

Обе подсистемы имеют одинаковую целевую функцию – минимум максимального отклонения фактического показателя качества руды от планового или прогнозного. Но средства достижения целей у каждой подсистемы разные. В подсистеме 1 уровня прогноз и стабилизация качества достигается организационными, а в подсистеме 2 уровня – техническими мероприятиями. Но в том и другом уровнях и прогноз и стабилизация

качества достигается на базе соответствующих программно-технических комплексов.

Анализ производственной структуры калийного рудника и существующего метода управления ей показывает, что такая вероятностная, сложная и многомерная система должна быть исследована и формализована с использованием методов имитационного моделирования, математического программирования и современных методов оптимизации стохастических систем. В свою структуру система должна включать следующие виды обеспечения:

- техническое (датчики оперативного учета параметров работы забоев, транспортных звеньев и необходимые надежные каналы связи с забоями)
- информационное (базы данных);
- программно-алгоритмическое;
- организационное (инструкции, положения, обучение персонала и т.д.).

Работа подсистемы 1 уровня состоит из двух этапов:

– на первом этапе, на основе *имитационных моделей*, вычисляются прогнозные технологические показатели работы забоев (качество, Н.О., объёмы горной массы), т.е. определяются качественно-количественные возможности каждого забоя;

– на втором этапе, производится *математическое моделирование* конвейерной транспортной системы рудника, представляющей собой сеть, объединяющую забои (источники руды), узлы (места перегрузки/ слияния потоков руды) и приемные бункеры стволов (окончательная шихтовка руды перед выдачей на поверхность). В каждом узле производится расчет средневзвешенного качества, начиная от наиболее удаленных узлов. Результатом расчетов является средневзвешенное качество руды в приемных бункерах стволов.

Работа подсистемы 2 уровня определяется особенностями работы отделения дробления. Отделение дробления – это сложный промышленный объект управления, включающий в себя: поверхностные бункеры стволов, накопительные бункеры отделения, приемные бункеры фабрики, склады, сложную систему перегрузочных узлов и шиберов, а также конвейерный транспорт, обеспечивающий перемещение рудных потоков. Достижение регламентных показателей руды по качеству и количеству при подаче её на обогащение, возможно в условиях калийных производств за счет рационального управления потоками руды, поступающей с различных горизонтов рудника и реко-

мендуемого порядка складирования. Исходя из этого, задача управления подсистемы этого уровня формулируется следующим образом: посредством соответствующей системы управления (схема 2) необходимо организовать распределение потоков руды от стволов и складов таким образом, чтобы при минимальных затратах подать на обогащение руду заданных качества и объёма. Принцип работы системы – управление средневзвешенным качеством руды, подаваемой на обогащение, посредством изменения нагрузок от находящихся в работе источников руды (бункеров, складов, поточно-транспортной системы, шиберов и т.д.).

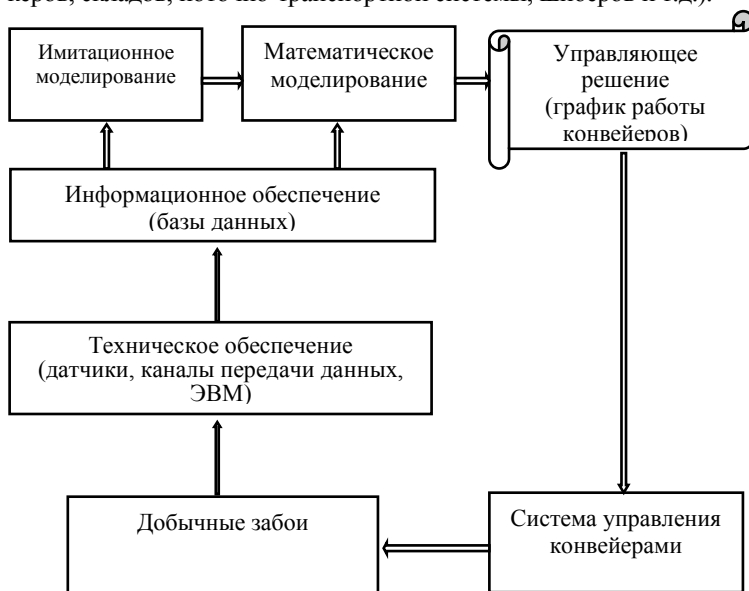


Рис. 1 – Структурная схема организации оперативного учёта добычи и прогноза качества руды при управлении горными работами калийного рудника

Принцип работы подсистемы – управление средневзвешенным качеством руды, подаваемой на обогащение, посредством изменения нагрузок от находящихся в работе источников руды. Работа этой подсистемы основывается на программно-аппаратном комплексе, управляющим потоками руды, поступающей на обогащение, с помощью соответствующих исполнительных механизмов.

Работа подсистемы также будет проходить в 2 этапа:

– на первом этапе, на основе *имитационных моделей*, вычисляются технологические показатели качества и объема руды, находящейся в текущий момент в приёмных бункерах стволов на поверхности, в промежуточных бункера, на конвейерах отделения дробления и на складе руды;

– на втором этапе, производится математическое моделирование совокупности конвейеров, бункеров, складов руды, представляющей собой сеть, объединяющую источники руды, узлы (места перегрузки/ слияния потоков руды) и приемные бункеры на входе СОФ (окончательная шихтовка руды перед выдачей в технологический процесс обогащения). В каждом узле производится расчет средневзвешенного качества, начиная от наиболее удаленных от СОФ узлов. Результатом расчетов является средневзвешенное качество руды в приемных бункерах СОФ.

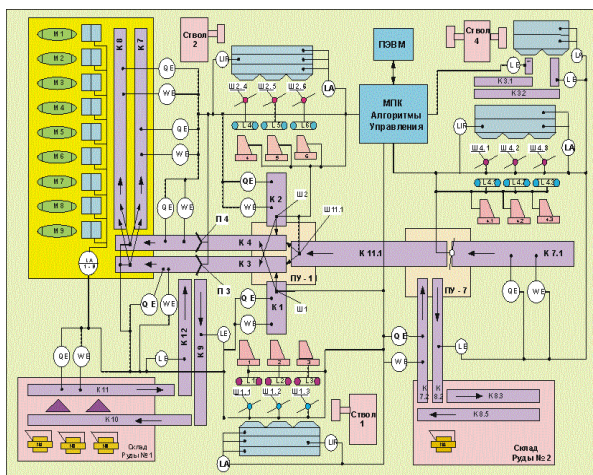


Рис. 2 – Функциональная схема подсистемы управления потоками руды отделения дробления ЗРУ, обеспечивающей стабилизацию ее качества

Экономическая эффективность от стабилизации качества руды. Колебания качества руды, поставляемой на обогатительную фабрику, создают значительные трудности в ее обогащении, связанные с необходимостью изменять технологические режимы обогатительной фабрики, что приводит к увеличению затрат на переработ-

ку, ухудшает качество продукции (конечного концентрата), снижает извлечение при обогащении, растёт себестоимость продукции.

С учётом выше перечисленного, а также перспективы ухудшения качества добываемой руды, стабилизация её качества является одной из основных задач для калийного горнодобывающего предприятия.

Стабилизация качества должна производиться, как комплекс важных рудоподготовительных мероприятий по всей технологической цепи «добыча-транспортировка-обогащение». Такие мероприятия дают значительно больший эффект по сравнению с теми, которые решаются локально, по отдельным переделам этой технологической цепи.

Снижение колебания качественного состава рудного сырья является одной из важнейших задач горнодобывающих предприятий. В связи с этим большое значение приобретает разработка и внедрение автоматизированных систем управления процессами усреднения руд при их добыче и переработке.

От качества рудного сырья и стабильности его уровня в значительной степени зависит эффективность работы обогащательных фабрик. Отечественный и зарубежный опыт, аналитические расчеты и специальные эксперименты свидетельствуют о том, что уменьшение колебаний качественного состава рудного сырья, поступающего на обогащение, ведет к повышению производительности предприятия и улучшению качества конечной продукции при одновременном удешевлении производства. Для калийного производства стабилизация качества руды по содержанию КС1 позволяет получить большой экономический эффект за счет повышения извлечения из руды полезного компонента, уменьшения расхода реагентов, снижения удельных расходов электроэнергии и топлива, уменьшения потерь КС1 с хвостами, снижения нагрузки на солеотвалы и шламохранилища и, в конечном счете, на окружающую среду.

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.

**ОРГАНИЗАЦИОННО ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО БЕСТРАНШЕЙНОЙ
ПРОКЛАДКЕ КОММУНИКАЦИЙ МЕТОДОМ
УПРАВЛЯЕМОГО ПРОКОЛА**

Головин К.А., Жеребятъев А.А., Копылов А.Б.

Тулский государственный университет

В работе рассмотрены организационно технические решения при проведении работ по бестраншейной прокладке коммуникаций методом управляемого прокола, подробно описан процесс работы и представлены положительные и отрицательные черты данного процесса в строительстве. Результаты исследования опубликованы при финансовой поддержке ТулГУ в рамках научных проектов № госрегистрации АААА-А19-119011490144-3 «Установление закономерностей износа струеформирующих насадок при эксплуатации установок высокого давления» и № госрегистрации АААА-А19-119011090033-4 «Обоснование параметров оборудования для гидроструйной цементации горных пород со спутным потоком воздуха».

Методом прокола называют технологию, при которой можно получить отверстие без разработки и выемки грунта путем его уплотнения.

Такой способ подходит для прокладки стальных конструкций. Диаметр может варьироваться в пределах 100-500 мм, длина отверстия – 30-50 м. Прокол под дорогой – это один из самых востребованных методов бестраншейной прокладки коммуникаций.

Таким образом устраивают подземные ветки водопровода, канализации, подводят к участку магистральный газ.

Управляемый прокол используют для прокладки:

- коммуникаций из металла и пластика;
- футляров, в которые затем укладывают газовые и водопроводные трубы;
- футляров для силовых, телефонных кабелей и т.п.

Прокол используется не только в тех случаях, когда необходимо безболезненно пересечь трассу или железнодорожные пути.

Метод подходит для прокладки отверстий в колодец (при условии, что диаметр этого колодца не менее полутора метров), подвал дома, при необходимости провести провода под каким-либо относительно небольшим объектом и т.п.



Рис. 1 – Метод управляемого прокола

Чаще всего управляемый прокол выполняют в толще глинистого грунта под различными дорогами, например, под автотрассой или железнодорожным полотном. Для этого используют насосно-домкратный нажимной агрегат.

Кроме того, понадобится набор расширителей, штанг, головок и другого инструмента, с помощью которого выполняют буровые работы.

Обязательно используют гидравлическую станцию. Необходимое силовое воздействие обеспечивает гидроцилиндр, приемлемая мощность агрегата составляет порядка 36 тонн. Работу станции должен обеспечивать двигатель внутреннего сгорания. Для наблюдения за ходом работ в толще грунта применяют средства беспроводной локации.

Информация поступает на локатор. Здесь данные анализируются, в результате чего определяется точное расположение бурового инструмента в толще грунта, угол наклона буровой головки, соответствие ее движения составленному ранее плану работ. Одновременно контролируется состояние батареи зонда, с которого поступают сведения.

Буровая головка ассиметрична. Ее разворот по азимуту при осевой подаче обеспечивает управляемость бурения.

Из-за скоса при продвижении в толще грунта положение головки будет постоянно отклоняться от вектора воздействия. Оператор должен постоянно корректировать траекторию движения головки, сверяясь с результатами локации.



Рис. 2 –Установка горизонтального направленного бурения

Чтоб инструмент двигался строго по прямой, его необходимо вращать с постоянной скоростью. Первую стадию выполнения прокола начинают в стартовом котловане, а завершают – в приемном. Здесь вместо буровой головки на установку закрепляют конусный расширитель.

Это устройство проходит образовавшуюся горизонтальную скважину в обратном направлении, что позволяет расширить ее и уплотнить стенки.

После этого в получившееся длинное отверстие вставляется труба необходимого диаметра или футляр для прокладки коммуникаций. В зависимости от ситуации можно прокладывать не одну, а несколько труб. Дальнейшие действия состоят в том, чтобы эти коммуникации проложить и подключить к общей системе.

Во время подготовительных работ также необходимо продумать место хранения труб, которые должны находиться рядом с местом проведения бурения.

Обычно площадку для труб предусматривают рядом со стартовым котлованом. Размеры площадки для хранения зависят от длины труб, которая может достигать шести метров. Желательно, чтобы выбранные для прокладки трубы хранились в горизонтальном положении. Это упростит монтаж и снизит вероятность повреждения конструкции.

Кроме того, нужно обеспечить подъездные пути к стартовому котловану, чтобы беспрепятственно доставлять материалы и необходимую для проведения работ технику.

Сначала выполняется предварительное обследование места проведения работ на местности. Специалисты при этом используют проектную документацию, основываясь на которой, а также на результатах анализа объекта, составляется план выполнения прокола.

Если необходимо выполнить прокол под объектом, испытывающим серьезные транспортные нагрузки (трамвайные пути, автотрасса, железная дорога, метро и т.п.), трубы укладывают в специальных футлярах.

Такой футляр должен иметь диаметр, превышающий размеры труб примерно на 15-20 см. Сначала кладут футляр, затем в него монтируют трубы, а пространство между этими коммуникациями заливают раствором, для которого можно использовать недорогой цемент М-100. Футляры уменьшают нагрузки на подземные коммуникации и снижают риск их повреждения.

Типы проколов.

Различают гидро- и вибропроколы. В первом случае в качестве инструмента для продавливания грунта используют водяную струю, которая под большим напором бьет из специального наконечника.

Этот метод особенно эффективен на несвязных песчаных грунтах, легко размываемых под воздействие струи. Он позволяет проделать отверстие диаметром около 50 см за минимальное количество времени. Но максимальная длина скважины при гидропроколе – 30 м.

Вибропрокол, как понятно из названия, осуществляется с помощью вибрационного воздействия. В устройстве для выполнения прокола используются ударно-вибрационно-вдавливающие установки с возбудителями продольно-направленных колебаний.

Статическое вдавливание сочетают с воздействием на грунт ударных импульсов вибромолота. Метод применяется на водонасыщенных и маловлажных песчаных грунтах как для прокладки труб, так и для их извлечения. Диаметр скважины может достигать 50 см, а ее протяженность – 60 м.

Метод продавливания осуществляется с помощью домкратов, как и прокол. Но в этом случае труба направляется в грунт открытым концом. В процессе продвижения конструкции в трубе образуется плотная пробка из грунта, которая затем удаляется.

Для выполнения этого типа работ используют от двух до восьми мощных (на 200-400 т.) гидродомкратов, для работы которых необходим монтаж упорной стенки с рамой и наголовником.

За смену такое устройство может пройти до 10 метров грунта, а общая длина скважины обычно не превышает 80 метров.

Если требуется проложить более длинную трассу, ее разбивают на отдельные участки не более 80 метров.

Этот метод также требует устройства начального и финишного котлована, в которых и устанавливают необходимую гидравлику. Проходку каждого участка выполняют дважды: в прямом, а затем в обратном направлении. Контроль работы механизмов и качества продавливания ведет оператор, который находится в котловане.

Технически этот метод сложнее, чем обычный прокол, но его можно применять практически на любых грунтах. Диаметр конструкции может достигать 172 см. Выборка керна, сформированного внутри трубы, может производиться вручную или механизированными средствами.

Востребованность метода прокола объясняется его значительными преимуществами по сравнению с другими вариантами выполнения работ этого типа. Например, прокол доступен в любое время года, высокая или низкая температура наружного воздуха и грунта большого значения не имеет.

Работа установки не требует использования бентонитового раствора, подачи в скважину воды или бурового раствора. Это компактный и мощный агрегат, который оснащен надежной системой электробезопасности. Его не сложно доставить к объекту и установить. При этом компактные размеры не мешают устройству работать с высокими показателями мощности.

Сроки работ также меньше, чем при применении других методов. Даже если на участке, где выполняется прокол, наблюдается повышенный уровень грунтовых вод, нет необходимости проводить мероприятия по отведению воды с участка.

Во время прохождения расширительного конуса производится и уплотнение стенок траншеи, поэтому дополнительные работы в этом отношении не требуются.

Сложность и скорость работ этого типа во многом зависит от условий, т.е. от местности и характеристик объекта, под которым выполняется прокол. Для бурения под железнодорожным полотном обычно требуется достаточно серьезное оформление. Сначала нужно согласовать бурение с целым рядом служб железной дороги. В итоге, можно сделать вывод, что управляемый прокол – высокоточный и относительно недорогой способ проложить коммуникации под дорогой или другим объектом. При этом важно правильно спроектировать все работы и точно соблюдать технологию.

Библиографический список

1. Головин К.А. *Обоснование параметров и создание оборудования для гидроструйной цементации неустойчивых пород в горном производстве*. - Дис. докт. техн. наук.- Тула, 2007 г., 250 с.
2. Головин, К.А. *Разработка оборудования для укрепления дорожного полотна методом гидроструйной цементации* / К.А. Головин. – Тула: Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2015.
3. <http://www.jet-grouting.ru/>
4. Белякова Е.В., Головин К.А., Ковалев Р.А., Копылов А.Б. *Гидроструйная цементация в дорожном строительстве*. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 120-126
5. Ковалев Р.А., Головин К.А., Копылов А.Б., Аккуратнов Е.А. *Способ укрепления слабых грунтов основания дорожного полотна*. Патент на изобр. RUS 2627347 15.06.2016
6. Golovin K., Kovalev R., Kopylov A. *The issues of cryojet technology application for rock cutting*. В сборнике: E3S Web of Conferences Electronic edition. 2018.
7. <https://sovet-ingenera.com/kanaliz/truby/prokladka-trub-metodom-prokola.html>
8. <http://www.mining-enc.ru/b/burovye-dolota>
9. <http://www.tehnoprok.com/production/oborudovanie-gnb/rasshiriteli-gnb>
10. <https://maxi-exkavator.ru/articles/encyclopedia/~id=218>
11. <https://files.stroyinf.ru/Data1/11/11823/>

УДК 661.832.321.2

ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ УЗЛА СИЛЬВИНОВОЙ ФЛОТАЦИИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Волошина Р.И.

Филиал БНТУ «Солигорский государственный горно-химический колледж»

В статье рассматриваются современные флотационные машины, требования к ним, обоснование реконструкции схемы флотации в условиях обогатительной фабрики ОАО «Беларуськалий»

Аппаратурное оформление схемы флотации во многом определяется конструкцией применяемых для процесса флотационных машин. Объектом исследования данной работы является узел сильвиновой флотации с применением флотомашин современных конструкций в условиях обогатительной фабрики ОАО «Беларуськалий».

Цель данной работы – исследовать возможности узла флотации для повышения технико-экономических показателей работы фабрики. Для реализации цели поставлены следующие задачи: дать сравнительную характеристику современным флотационным машинам, рассмотреть требования к ним; исследовать возможности схемы сильвиновой флотации, определить пути повышения качества концентрата и снижение потерь хлористого калия; проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Практика промышленного применения флотационных машин для обогащения различных полезных ископаемых, исследование процессов, происходящих во флотационных машинах при пенной флотации и изучение гидроаэродинамики машин позволяют сформулировать следующие требования к современным конструкциям флотационных машин: равномерная аэрация пульпы при высокой степени диспергирования воздуха и оптимальном соотношении тонкодисперсных и более крупных (не-сущих) пузырьков; нахождение во взвешенном состоянии и в условиях тесного контакта с пузырьками воздуха твердых частиц в пульпе, энергичное перемешивание в нижней зоне камеры и спокойное состояние в верхней зоне; оптимальное соотношение между количеством флотационной пены и скоростью ее удаления; непрерывность флотации; возможность регулировки высоты уровня пульпы и пены, величины внутрикамерной циркуляции и аэрации пульпы. Кроме этих требований, к флотационной машине предъявляются общетехнические требования. Работу флотационных машин характеризуют технологические и технико-экономические показатели: извлечение и содержание полезных компонентов в концентратах и хвостах, продолжительность флотации, производительность, удобство ремонта, занимаемая площадь и т.д..

Высокоглинистые сильвинитовые руды Старобинского месторождения перерабатываются флотационным методом после 5-ти стадийного гидромеханического и флотационного обесшламливания. Рассмотрим конструкцию флотационных машин,

применяемых для флотации крупного зерна $-1,25(1,0) + 0,18$ мм: ФМ-6,3 КСМ, ФМ-6,3 КСА и ЭФМ-41.

Флотационная машина ФМ-6,3 КСМ представляет собой ванну, разделенную перегородками на ряд прямоугольных камер. Основные сборочные узлы флотомашин: карман загрузочный; камеры; блок импеллера. Между камерами перегородки. Днище камеры футеровано плитками каменного литья. В днище имеется отверстие для выпуска пульпы. В каждой камере на уровне центра всасывающей или циркуляционной трубы установлены решетки «кипящего слоя» - металосварные конструкции, выполненные из уголков. Площадь живого сечения решетки – 15-20%. Решетка составлена из четырех карт. Блок импеллера устанавливается на корпусе камеры и состоит из вращающейся и неподвижной частей. Неподвижная часть состоит из корпуса шпинделя, внутри которого установлены два стакана – верхний и нижний для подшипников качения. Корпус шпинделя соединяется с трубой статора, к которой болтами крепится гуммированный статор. Для регулирования зазора между нижней плоскостью статора и импеллером предусмотрены прокладки. В нижней части трубы статора имеются четыре отверстия для циркуляции пульпы. В промежуточных камерах машины в отверстие вставляется труба, соединяющая блок импеллера с циркуляционным карманом. На статоре также имеются циркуляционные отверстия. Вращающаяся часть блока импеллера состоит из вала, на верхнем конце которого закреплен шкив, а на нижнем – гуммированный импеллер. Вращение импеллеру передается через клиноременную передачу от индивидуального двигателя. Пружинные амортизаторы гасят толчки, возникающие при работе импеллера.

К недостаткам применяемых машин ФМ-6,3 КСМ относят: отсутствие достаточной и регулируемой аэрации; большой расход электроэнергии; отсутствие надежного регулирования съема пены; несовершенство успокоительных устройств. Однако, несмотря на это, флотационные машины с кипящим слоем нашли широкое применение на калийных фабриках, что объясняется более высокой удельной производительностью, способностью флотировать более крупные частицы и увеличенным сроком службы импеллеров. Используемый способ минерализации пульпы воздуха в кипящем слое приводит к повышению технологических и эксплуатационных показателей.

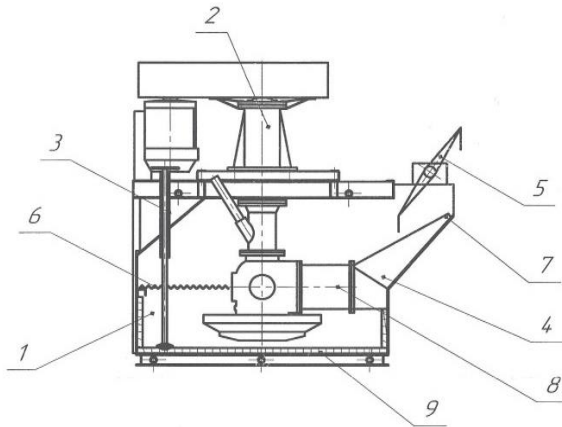


Рис. 1 – Камера флотационной машина ФМ-6,3 КСМ:

1 – корпус секции; 2 – блок импеллера КСМ; 3 – дренажный клапан;
 4 – рециркуляционный канал; 5 – пеногон; 6 – решетка «кипящего
 слоя»; 7 – щель для циркуляции пульпы; 8 – циркуляционная труба;
 9 – футеровка

Флотационная машина ФМ-6,3 КСА применяется для проведения основной и контрольной флотации крупной фракции силвина. Камера флотационной машины состоит из корпуса 1 с пенным порогом 2, аэрационного блока 3, размещенного в корпусе 1 между его продольной осью, и противоположной пенному порогу стенкой корпуса 1.

Аэрационный блок включает цилиндроконическую трубу с вырезанными щелями с установленными на конце снаружи лопастями 7 и воздушным импеллером 8, приводимым во вращение электродвигателем 9. Снаружи лопастей 7 коаксиально ему установлено направляющее приспособление, выполненное из коаксиальных цилиндров 10 и 11, образующих цилиндрический карман 12, в котором установлены направляющие пластины 13 и лопасти 7 выполнены наклонными с образующим цилиндром 10 и 11 в противоположные стороны.

При включении привода 9 электродвигателя создается сходящий осевой поток пульпы и перепад давлений – в зонах всасывания и нагнетания аэрационного блока 3, из-за чего уровень пульпы в циркуляционной трубе 4 становится ниже уровня пенного порога 2 в корпусе. Поток растекается вдоль дна корпу-

са 1, перемешивая проходящий через камеру поток исходной пульпы, и разделяется на две составляющие.

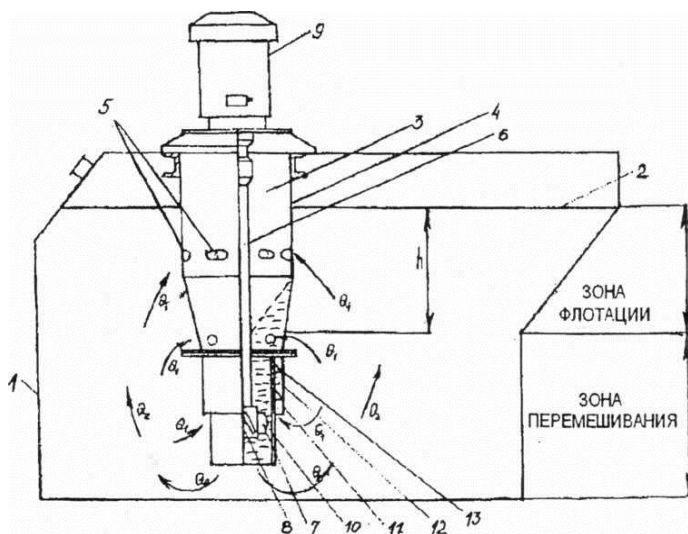


Рис. 2 – Камера флотационной машина ФМ-6,3 КСА

Поток через циркуляционный клапан 12 возвращается в зону всаса лопастного импеллера 7. Поток вертикально движется вверх и через щели 5 в виде разгонных струй направляется тангенциально на слой жидкой фазы в зоне всаса импеллера 7. Аэрация осуществляется частично за счет струй истекающих через верхние щели 5. На своем пути они разгоняются под действием сил тяжести и ударяются о слой жидкости на всасе лопастного импеллера. Во время удара возникает бурление верхних слоев пульпы и захват воздуха из атмосферы. Основная часть воздуха засасывается через образующийся в циркуляционной трубе 4 воронку вращения. Захваченный воздух движется потоком, поступающим на импеллер 1, диспергируется и поступает на вакуумный импеллер через полый вал 6 с потоком пульпы в приточную зону корпуса.

Флотомашини данной конструкции отличаются от ФМ-КСМ лучшими аэродинамическими параметрами, что повышает селективность процесса и даёт возможность получить черновой концентрат более высокого качества (на 2-3 %) и, следовательно-

но, снижает потери хлорида калия с хвостами; снижается расход флотационных реагентов.

Флотационная машина типа ЭФМ относится к классу пневматических флотационных машин и сконструирована на основе технологии пневматической флотации IMHOFLOT. Фирма - Maelgwyn Mineral Services.

Камера флотомашин представляет собой сварную конструкцию, во внутренней цилиндрической ёмкости которой осуществляется процесс флотации, а во внешней ёмкости, в форме усечённого цилиндра, осуществляется сборка пенного продукта. К нижней части корпуса крепится днище 2, а к верхней части, через опоры 5 и раму 4, крепится конус регулирующей 12 и аэратор 6.

Днище представляет собой коническую конструкцию, к нижней части которой крепится выпуск 3. Внутри днища расположен конус распределительный 11 и распределитель 10 аэрированной суспензии. В колонне 6 крепится аэратор 7, предназначенный для аэрирования исходной суспензии, гидроцилиндров привода регулирующего конуса и штоков 15 для фиксации его в верхнем положении. Колонна предназначена для транспортировки аэрированной пульпы от аэратора через трубопровод 9 в распределитель 10, который предназначен для равномерного распределения аэрированной суспензии между эжекторами. Конус регулирующей 12 предназначен для задания оптимальной площади области образования пены. Он установлен внутри камеры и при помощи гидроцилиндров может перемещаться вдоль трубопровода 9 в вертикальном направлении. Эжекторы 14 предназначены для равномерного распределения пульповоздушной смеси по всему объёму камеры флотации, а также для дополнительного подсоса нефлотированного минерального материала с нижней части флотационной камеры.

Флотомашин устанавливается в технологическую линию, которая должна включать в себя следующие системы: систему подачи исходного материала для обеспечения равномерной подачи материала во флотомашину; систему поддержания заданного разрежения в аэраторе; узел разгрузки камерного продукта для обеспечения регулирования высоты пенного слоя; систему подачи воды в эжектор и камеру, которая обеспечивает периодическую промывку эжектора и камеры; гидропривод перемещения регулирующего конуса, обеспечивающего перемещение конуса в вертикальном направлении и подъем его в крайнее

верхнее положение при обслуживании эжекторов внутри камеры; систему управления для обеспечения регулирования работы флотомашины посредством контрольно-измерительной аппаратуры, исполнительных механизмов и устройств. Питание во флотомашину поступает через бак-деаэратор.

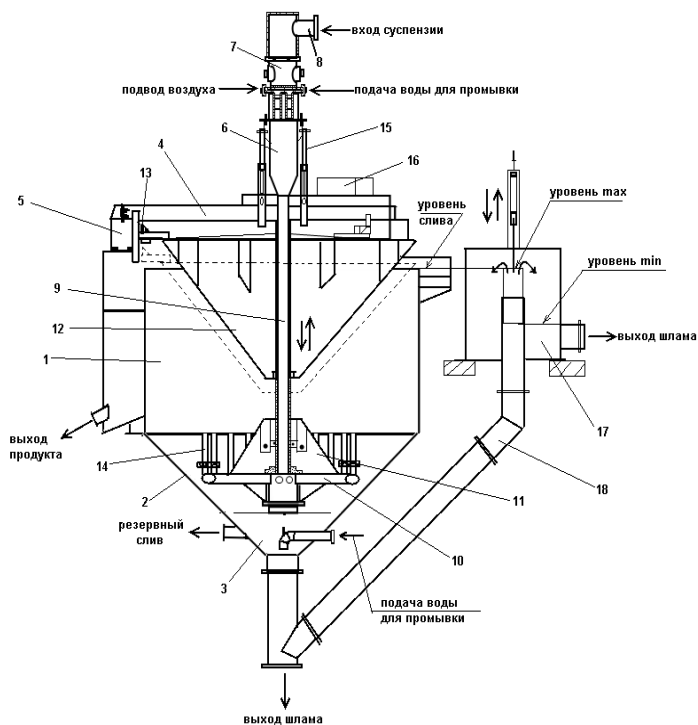


Рис. 3 – Флотационная машина ЭФМ-41

К основным достоинствам флотомашины данного типа относятся: высокая удельная производительность; достаточная универсальность при решении задач обогащения материалов различной флотационной крупности; относительно незначительные занимаемые производственные площади; использование эжекторных аэраторов, обеспечивающих оптимальное дисперги-

рование самозасасываемого воздуха; возможность регулирования степени аэрации; минимальная турбулизация потоков в камере.

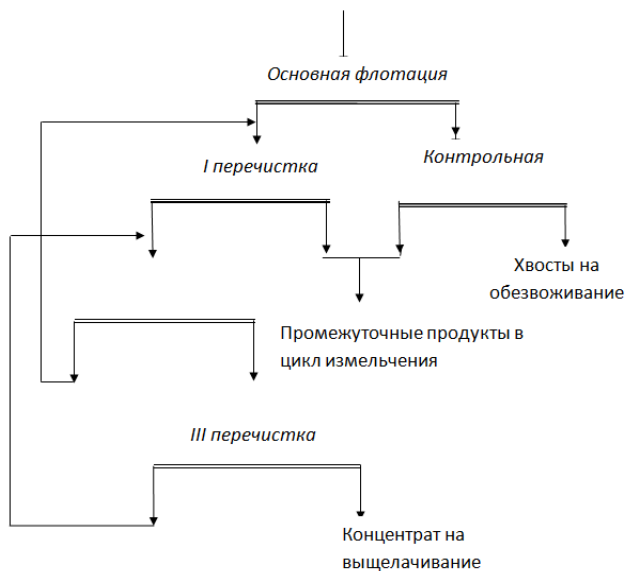


Рис. 5 – Схема узла флотации до реконструкции

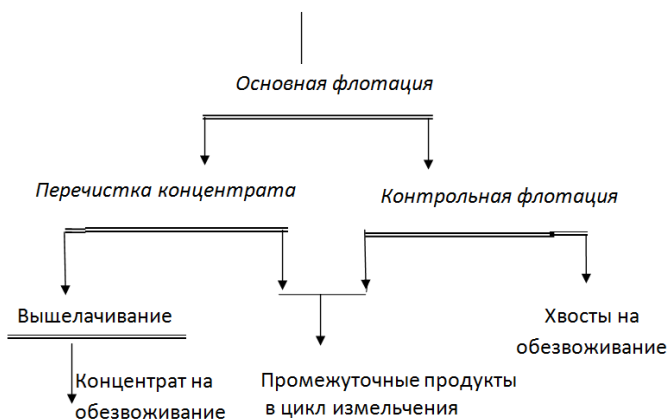


Рис. 6 – Схема узла флотации после реконструкции

Таблица – Сравнительные технологические показатели

Показатели	До реконструкции	После реконструкции
Содержание KCL в черновом концентрате, %	72,54	78,43
Потери KCL с хвостами, %	4,36	3,49
Снижение потерь KCL с хвостами, %	0,87	
Содержание KCL в концентрате после флотации, %	89,5	91,5
Повышение качества флотационного передела, %	2,0	
Расход выщелачивающего раствора т/100т	6,99	6,04
Снижение расхода для выщелачивания, т	0,95	
Потери KCL в узле выщелачивания, %	3,7	3,23
Снижение потерь хлористого калия в узле выщелачивания, %	0,47	
Количество камер для перемешки концентрата на секцию	8	1
Суммарная мощность, флотомашин, кВт	240	200 (для насоса)
Годовая потребляемая мощность, млн. кВт	1,836	1,53
Годовая потребляемая мощность, млн. кВт	14,69	12,24
Общая экономия электроэнергии, млн. кВт	2,448	
За счёт снижения потерь хлористого калия в узле выщелачивания за год можно выпустить концентрата, тонн	14842,1	

Применение флотомашин данной конструкции при перемешивании черного концентрата даёт возможность получить концентрат с массовой долей КСЛ до 91,5 %.

Технические и технологические параметры работы флотомашин позволили провести реконструкцию аппаратурного оформления узла флотации:

1. Основная и контрольная флотации проводятся с применением восьмикомпартной флотомашин ФМ-6,3 КСА;

2. Анализ технических и технологических показателей работы флотомашин в условиях обогатительной фабрики позволил провести реконструкцию узла флотации: замена флотомашин, применяемых для основной и контрольной флотации типа ФМ-6,3 КСМ на флотомашин ФМ-6,3 КСА (флотомашин механического типа каскадной струйной аэрации с объёмом камеры 6,3 м³), что позволило повысить селективность процесса флотации и, как следствие, повысить качество черного концентрата с 72,54 до 78,43); уменьшились потери КСЛ с твёрдой фазой хвостов (до реконструкции извлечение КСЛ 4,36 % и после реконструкции 3,49); применение пневмоэжекторных флотомашин ЭФМ-41 для перемешивания позволило провести одну перемешивку вместо трёх при применении флотомашин ФМ-6,3 КСМ; повысилось качество концентрата флотации с 89,5 до 91,5; снизился расход выщелачивающего раствора, применяемого для повышения качества концентрата с 6,99 тонн/тонну руды до 6,04 тонн/тонну руды и, следовательно, уменьшились потери КСЛ в узле выщелачивания до реконструкции 3,7 и после реконструкции 3,23 %; снизился расход электроэнергии.

Библиографический список

1. *Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. – М.: Московский государственный горный университет, Горная книга, Мир горной книги. – 2008. – 710 с.*

2. *Мещеряков, Н.Ф. Кондиционирующие и флотационные аппараты и машины. – М.: Недра, 1990.*

3. *Промышленный технологический регламент № 1-11 производства флотационного калия хлористого мелкого и гранулированного на СОФ Первого рудоуправления ОАО «Беларуськалий».*

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА СИСТЕМ
ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ
ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ РУД**

Ботиров Т.В., Бобоев А.А., Буранов Б.М.

Навоийский государственный горный институт, Узбекистан

Вопросы автоматизации технологических процессов дробления горных пород в условиях интервальной неопределенности исходной информации отличаются особой актуальностью. Целью работы является формализация задачи синтеза систем управления процессами дробления горных руд в условиях интервально-параметрической неопределенности и реализации оптимального управления в процессе функционирования автоматизированных систем управления на основе идентификации.

Многие задачи горнодобывающей промышленности приводят к необходимости изучать или синтезировать математические модели, содержащие неточные или неизвестные до определенной степени параметры. Это связано с тем, что математические модели объектов не всегда точно описывают технологические или иные процессы вследствие погрешностей в измерениях, потерь точности при построении модели, влияния случайных факторов и т.п. Как правило, изучаемые математические модели часто поддаются исследованию только с помощью численных методов. Среди серьезных вопросов возникающих при этом, являются вопрос контроля точности полученного численного решения, а также гарантированной точности, обеспечивающей учет влияния всех погрешностей, в том числе и ошибок округления. Следовательно, для задач указанного типа необходим математический аппарат адекватного описания самых процессов и представления множеств решений.

В зависимости от источника неточности и неопределенности данных строятся различные модели описания неопределенных параметров и методы решения таких задач. К методам решения задач в условиях неопределенности относятся вероятностно-статистические методы, основанные на понятии "нечеткое множество и нечеткая логика", и методы интервального анализа. Каждая из этих групп методов имеет свою парадигму, базируется на соответствующем теоретическом аппарате, имеет свои методы анализа и область применения.

Широкий класс систем управления технологическими процессами дробления характеризуется функционированием в условиях различного рода отказов, изменений внешней среды, внутренних преобразований с неполной и неточной исходной и текущей информацией. Сложность построения систем управления технологическими процессами данного класса обусловлена необходимостью решения задач, связанных с преодолением параметрической неопределенности.

Большое количество исследований посвящено проблемам определения поведения и интервалов изменения неопределенных параметров динамической системы. Существуют успешные решения по определению возможных значений параметров с использованием вероятностных методов, субъективных знаний экспертов и интервального анализа. Из разработанных в настоящее время направлений продуктивным является интервальный подход, когда неопределенность величины описывается в терминах интервала ее возможных значений. В связи с этим актуальной является задача построения моделей и решения прикладных задач управления технологическими процессами дробления в условиях неопределенности интервальными методами. Основное содержание идеи интервального подхода состоит в том, что неизвестное точное значение заменяется не единственным числом, а конечно представимым множеством элементов, содержащим в себе неизвестный элемент. Простейшим видом такого множества является интервал, представимый обычно парой рациональных чисел – границ. Поэтому такой подход получил название – *интервальный*.

Анализ проведенных исследований показывает, что несмотря на разнообразие рассмотренных выходных параметров, вопросы выбора критерия эффективности процесса дробления рудных материалов и математического описания дробильного агрегата как объекта автоматического управления по выбранному критерию в условиях неопределенности не получили достаточного развития, продолжают оставаться актуальными и требуют изучения.

Анализ процессов многостадийного дробления в условиях неопределенности исходных данных показывает, что разработка интервальных методов и программных средств синтеза систем оптимального управления процессами дробления горных руд предполагает решение следующих конкретных, существенных и малоизученных задач исследования:

- анализ современного состояния теории и практики автоматизации дробления горных руд и выявление тенденций их дальнейшего развития и совершенствования;
- разработка методологии синтеза системы оптимального управления процессами дробления горных пород в условиях интервального-параметрического неопределенности;
- разработка алгоритмы синтеза системы оптимального управления процессами дробления горных пород на основе концепций интервальной представления информации;
- разработка метода интервальной идентификации режимов работ нелинейного процесса дробления рудных материалов;
- разработка комплекса интервальной программной обеспечения для моделирования и синтеза систем оптимальной управления процессами дробления рудных материалов.

Библиографический список

1. *Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П. Новое оборудование для дробления и измельчения материалов // Горный журнал. - № 3. - 2000. - С. 49-50.*
2. *Ибрагим Б.Х. Автоматизация процесса первичного дробления конусной дробилки // Сб. науч. тр. МАДИ «Моделирование и оптимизация в управлении» - М.: 2001, с. 24-29.*
3. *Крупна П.И., Нестеров П.О. Модернизация технологических процессов рудоподготовки на базе использования современного отечественного оборудования // Горный журнал, 2003 – Спец. выпуск.- С. 56-57.*
4. *Бердус В.В. Возможности производства щебня кубообразной формы на дробильно-сортировочных заводах России // Строительные материалы.- 1998, №10, с. 36-37.*
5. *Линч А.Дж. Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление - М.: Недра, 1981.-343 с.*
6. *Ибрагим Б.Х. Автоматизация процесса первичного дробления конусной дробилки // Сб. науч. тр. МАДИ «Моделирование и оптимизация в управлении» - М.: 2001, с. 24-29.*

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ПРОДУКТА**

Жумаев О.А., Махмудов Г. Б.

Навоийский государственный горный институт, Узбекистан

В основе имеющихся на обогатительных фабриках гранулометров пульп лежат ситовый, седиментационный и статический методы измерения. В статье приводится обзор методов контроля гранулометрического состава измельченного продукта, применяемых при исследовании параметров сорбционного цианирования.

Весь цикл обогащения, от добычи до выдачи продукции, состоит из многих операций, которые технологически взаимосвязаны между собой и выполняются определенной последовательности. Нарушение режима работы какого-либо оборудования отражается на ходе всего процесса обогащения.

Чтобы своевременно обнаружить отклонения технологического процесса от заданного режима, необходимо систематически контролировать основные показатели, работы отдельных аппаратов и получать информацию о текущих значениях физических величин факторов, характеризующих процесс. Полученные данные, по опробованию и контролю, можно использовать при оптимизации процессов обогащения, составлении технологических и товарных балансов металлов (продуктов обогащения), расчетах с поставщиками и потребителями товарной продукции, анализе работы фабрики, разработке мероприятий по совершенствованию процесса обогащения, исследованию полезных ископаемых на обогатимость и др. [1].

Устройства автоматического измерения гранулометрического состава продуктов измельчения по способу работы можно условно разделить на две группы: дискретного действия и непрерывного действия [2].

В настоящее время, на современных обогатительных фабриках для контроля гранулометрического состава пульп обычно используется гранулометры непрерывного действия: оптические, ультразвуковые (акустические) и методы непосредственного контроля крупности частиц.

Весьма перспективным является ультразвуковой метод измерения крупности частиц. Измерительное устройство гранулометра сконструировано как система контроля гранулометрического состава и плотности пульпы, так как эти параметры оказывают наибольшее влияние на степень поглощения звуковых волн; они измеряются одновременно.

Принцип действия ультразвукового прибора заключается в том, что при прохождении через суспензию частично поглощаются звуковые волны, обуславливая необратимые потери энергии вследствие трения, теплопроводности и излучения [2].

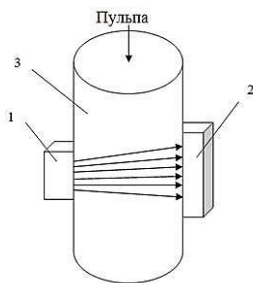


Рис. 1 – Акустический спектрометр:

1 – источник ультразвука;

2 – приемник ультразвуковых колебаний; 3 – пульпопровод

В отличие от оптических методов (динамическое светорассеяние, лазерная дифракция), применение ультразвука позволяет избежать ряда мешающих факторов при исследовании концентрированных суспензий и эмульсий: высокое поглощение излучения в непрозрачных образцах, возникновение мешающего явления многократного рассеяния света, искажающее влияние взаимодействий частиц между собой.

Библиографический список

1. Жумаев О.А., Шипулин Ю.Г. Оценка погрешностей опто-электронных преобразователей измерительных устройств// Журнал «Химическая технология. Контроль и управление».- Ташкент, 2011.-№3.-С.44-47.

2. Марюта. А.Н., Качан, Ю.Г., Бунько В.А. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. Москва, «Недра», 1983 г.

ПРОБЛЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК СТАРОБИНСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ОСОБО НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Ерохин К.А.^{1,2}, Мисников В.А.²

¹Филиал Белорусского национального технического университета

²Унитарное предприятие «Институт горного дела»,
г. Солигорск

Рассматриваются проблемы поддержания подготовительных выработок в условиях особо неустойчивых пород кровли Старобинского калийного месторождения при расположении их на больших глубинах. Выполнен анализ опыта поддержания выработок и результатов проведенных исследований. Отмечены особенности, которые необходимо учитывать для решения проблем поддержания выработок.

С переходом горных работ на рудниках ОАО «Беларуськалий» на большие, свыше 800 м глубины разработки, становится актуальным вопрос поддержания подготовительных горных выработок. Особенно остро вопрос обеспечения устойчивости этих выработок стоит при отработке 4 сильвинитового слоя на Третьем калийном пласте Старобинского калийного месторождения. Причиной этого является низкая (11-17 МПа) агрегатная прочность [1 - 4] пород кровли $\sigma_{сж}$, которая на больших глубинах $H \geq 750$ м приводит к возрастанию удельной нагрузки $\gamma H / \sigma_{сж}$ (где γ – объемный вес вышележащих пород, $\gamma = 0,021$ МН/м³) свыше предела длительной прочности $\sigma_{дл.сж} = 0,7 \cdot \sigma_{сж}$. При этом уровне нагрузки процесс деформирования приконтурных соляных пород переходит в стадию прогрессирующей ползучести с разрыхлением, разуплотнением [2]. Аналогичная картина наблюдается и на угольных месторождениях, обрабатываемых на глубинах более 1000 м [5, 6].

Поддержание подготовительных выработок Солигорских калийных рудников в «стандартных» условиях включает [1]:

- рациональную привязку кровли выработок к геологическому разрезу пласта и расположение их относительно друг друга;
- регулирование напряженного состояния вмещающих пород с помощью разгружающих выработок и компенсационных полостей (щелей, штроб);

- крепление горных выработок анкерной крепью с применением двух схем взаимодействия ее с породным массивом – это сшивка породных слоев винтовыми металлическими анкерами и подвешивание породных пачек за пределами свода возможного разрушения анкерами замкового типа (с клинораспорным замком), несущая способность тех и других составляет около 100 кН, длина анкеров не превышает 1,8 м.

На месторождении применяется классификация пород кровли выработок, в основе которой лежат параметры строения (мощности слоев, содержание глинистых и слабых прослоек) и прочностных свойств пород в двухметровой пачке [1]. В данной классификации наименее устойчивые породы относятся к I типу, который характеризуется средней мощностью прочных слоев до 12 см; содержанием слабых прослоек (глина, карналлит, соляные прослойки) ≥ 30 % и агрегатной прочностью $\sigma_{сж} = 20,6$ МПа. При этом для поддержания протяженных участков выработок шириной 3-3,8 м вполне достаточным является применение в кровле и боках компенсационных щелей, а для узлов сопряжений, камер разворота – дополнительное анкерование кровли на высоту до 1,8 м по сетке 1×1 м.

Однако описанные способы поддержания горных выработок теряют свою эффективность при их применении в условиях, когда в их кровле содержание глины превышает 40 %. Так например, при заложении выработок в пределах 4 сильвинитового слоя на глубинах более 800 м в восточной части шахтного поля гор.-670 м рудника 4 РУ (выемочный столб лавы № 10в) содержание глинистых прослоек в двухметровой пачке кровли достигает 40 %, а с учетом слабых соляных прослоек – 70 %. С удалением от контура на высоту от 2 м до 6 м содержание глинистых прослоек возрастает от 50 до 72 %, а слабых прослоек – до 85 %. При таком строении кровли агрегатная прочность пород в интервале от 0 до 2 м от контура составляет 17 МПа, а в интервале от 0 до 6 м снижается до 11-15 МПа. Очевидно, что в подобных условиях эксплуатации, особенно в случаях увеличения пролета подготовительных выработок, попадания их в зону влияния соседних выработок либо опорного давления лавы, в процесс расслоения могут вовлекаться и более слабые породы кровли, залегающие существенно выше двухметровой толщи, тем самым увеличивая размер свода возможных обрушений, что необходимо учитывать при разработке рациональных способов поддержания.

В настоящее время для расчета веса воздействующих на контур выработки пород кровли широкое применение находит гипотеза сводообразования проф. М.М. Протодьяконова, которая подходит для широкого диапазона пород – от слабых до скальных. В качестве объединяющей их характеристики в этой гипотезе принят коэффициент крепости f , являющийся кажущимся коэффициентом трения, то есть тангенсом угла внутреннего трения, определенного с учетом сцепления C между частицами грунта. Кажущийся коэффициент трения равен отношению касательного τ и нормального σ напряжений на контакте между частицами грунта в момент предельного равновесия, то есть

$$f = \tau/\sigma = (\sigma \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + C)/\sigma \approx \operatorname{tg}(\varphi). \quad (1)$$

С учетом (1) высота сводообразования $h_{\text{св}}$ над выработкой шириной b по Протодьяконову составит:

$$h_{\text{св}} = b/2 \cdot f \approx 2\operatorname{tg}(\varphi). \quad (2)$$

Известно [8], что для глинисто-соляных и соляных (сильвинит, галит) пород угол φ изменяется в пределах $20-34^\circ$, причем меньшие значения φ характерны для пород с большим содержанием глины. С учетом этого высота сводообразования над выработкой пролетом 3 м в зависимости от содержания глины в породах кровли может изменяться от 2,2 до 4,1 м.

Как показали многочисленные исследования [1, 2, 8], для выработок Солигорских калийных рудников форма свода расслоения в первом приближении может быть принята в виде треугольника с углом в основании α . По данным А.А. Борисова, угол α равен 64° . По данным Н.Г. Лукьянова он равен 55° . Ориентировочно он может быть определен по формуле [8]:

$$\alpha = \pi/4 + \varphi/2, \quad (3)$$

где φ – угол внутреннего трения в массиве; число π – в градусах.

С учетом вышесказанного, определяя высоту свода расслоения $h_{\text{св}}$ по формуле (4):

$$h_{\text{св}} = b/2 \cdot 2\operatorname{tg}(\alpha), \quad (4)$$

получим, что для глинисто-соляных пород кровли выработки шириной $b = 3$ м высота свода $h_{св}$ составит 2,8 м, а для соляных пород – 2,1 м. Необходимо отметить, что данные характеристики свода расслоения в Солигорских калийных рудниках характерны лишь для экстремальных случаев, когда за счет интенсивного горного давления (глубины свыше 800 м, влияния опорного давления лав, заложения выработок в слабых породах) сводчатая часть выработок радиусом 1,5 м (так называемые «козырьки») разрушается. В традиционных случаях (при содержании в породах кровли слабых прослоек до 30 %) разрушение сводчатых частей неохраняемых выработок происходит с течением времени, близким к сроку их эксплуатации, в связи с чем высота свода расслоения определяется не от ширины выработок b , а от их эквивалентного пролета $b_{экв}$ [1]. С учетом того, что в формуле (4) вместо b используется $b_{экв}$, для выработки пролетом 3 м и имеющую арочную форму, высота свода расслоения $h_{св}$ составит 1,4 м. Очевидно, что для выбора мер охраны и крепления выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях заложения требуется корректировка методики определения $b_{экв}$. Исследовательские работы в этом направлении ведутся, а первые их результаты позволили внести в новую редакцию Инструкции [1] дополнение, учитывающее применяемые меры охраны: при нарезке в боках или в кровле выработок компенсационных щелей эквивалентный пролет рекомендуется увеличивать соответственно на суммарную глубину щелей в боках или на ширину щели до 0,3 м в кровле.

Предварительный анализ исследований, проводимых в условиях неустойчивых пород на глубинах более 750 м с помощью станций контурных и глубинных реперов, а также эндоскопических обследований скважин показал, что на протяженных участках выработок, на узлах их сопряжений и расширениях фактический свод расслоения превышает рассчитанный по формуле (4) с учетом $b_{экв}$ уже спустя 1-2 месяца после их проходки. Рост высоты свода возможного обрушения сопровождается повышенными деформациями контура выработок.

На рисунке 1 представлен план горных выработок выемочного столба лавы № 10в рудника 4 РУ с изолиниями скорости ползучести кровли Vпк. Этот показатель является аналогом скорости смещения, линеализированной за счет аппроксимации временных интервалов степенной функцией $(1-\alpha)$ при $\alpha = 0,7$ [2 – 4].

Для одиночных выработок с пролетом $b = 3$ м, заложенных в породах I типа, в этих условиях $V_{\text{пк}}$ равен $0,1 \text{ мм/с}^{0,3}$. Для конвейерного штрека пролетом $3,8$ м охраняемого щелями в боках и находящегося под защитой транспортного штрека $V_{\text{пк}}$ достигает значения $0,35 \text{ мм/с}^{0,3}$, для транспортного штрека пролетом 3 м и охраняемого щелями в боках и кровле – $V_{\text{пк}} = 0,6 \text{ мм/с}^{0,3}$. В районе камеры разворота значение параметра $V_{\text{пк}}$ достигает $1,1 \text{ мм/с}^{0,3}$. Отмечено, что скорости ползучести кровли возрастают на участках выработок с большим пролетом $b = 5-12$ м и с увеличением степени влияния соседних выработок и обнажений.

Анализ данных смещений контура и поинтервальных смещений (расслаиваемости) пород кровли по глубинным реперным станциям показал, что на линейных (протяженных) участках штреков большая часть деформаций (в среднем – 63%) происходит на интервале $2,3-4,3$ м, а на интервале от 0 до $1,3$ м, закрепленном винтовыми анкерами, доля всех расслоений составляет 16% . На участках расширений – в камерах разворота самоходного транспорта и на узлах сопряжений до 17% всех расслоений приходится на интервал от 0 до $2,3$ м; $17-44\%$ – на интервал от $2,3$ до $4,3$ м; $11-41\%$ – на интервал от $4,3$ до 6 м.

На участках с максимальными смещениями пород кровли (СГР № 5 на рисунке 1) наблюдаются расслоения пород кровли на удалении свыше 6 м от контура. Как видно из рисунка 2, доля этих смещений может составлять $28-53\%$ от всех смещений кровли.

Установлено, что величина смещений кровли этих участков на высоте свыше 6 м от контура за период наблюдений (с 1 по 9 месяц после проходки выработок) составляет от 14 до 34 мм. Необходимо отметить, что наличие расслоений пород кровли на такой высоте зафиксировано впервые.

Заложение выработок в слабоустойчивых породах на больших глубинах требует учета, по меньшей мере, еще двух особенностей.

Во-первых, на больших глубинах возрастает доля горизонтальных напряжений в общей структуре действующих напряжений. Распределение напряжений в нетронутом породном массиве приближается к гидростатическому [2, 10]. При этом в выработках, заложенных в массиве мелкослоистых соляных пород (за счет расслоения и отделения от массива ближних к контуру слоев), интенсивность и доля вертикальных деформаций породного контура (конвергенции) также могут существенно возрастать, превышая прогнозируемые величины в несколько раз.

Этот процесс сопровождается вовлечением в расслоение пород, залегающих в своде возможного обрушения на высоте, существенно превышающей конструктивные размеры применяемых видов анкерной крепи [1, 9] и вызывая проблемы с обеспечением устойчивости пород кровли.

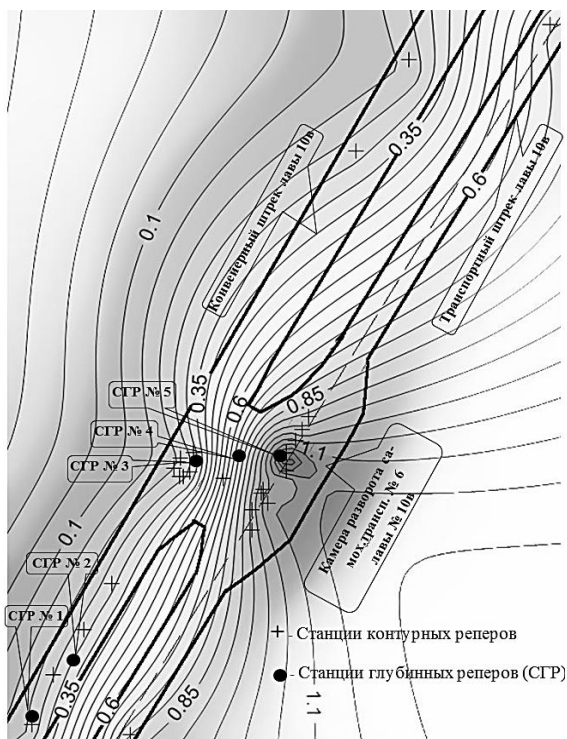


Рис. 1 – План горных выработок столба лавы № 10в с изолиниями скорости ползучести кровли $V_{пк}$ ($\text{мм/с}^{0.3}$) и станциями контурных, глубинных реперов)

Во-вторых, на больших глубинах разработки чаще проявляются эффекты зональной дезинтеграции горных пород вокруг выработок. Данные явления обнаруживаются вокруг подземных выработок на многих месторождениях при достижении глубин 800-1000 м и коэффициенте концентрации напряжений 1,2 – 2,5 [11].

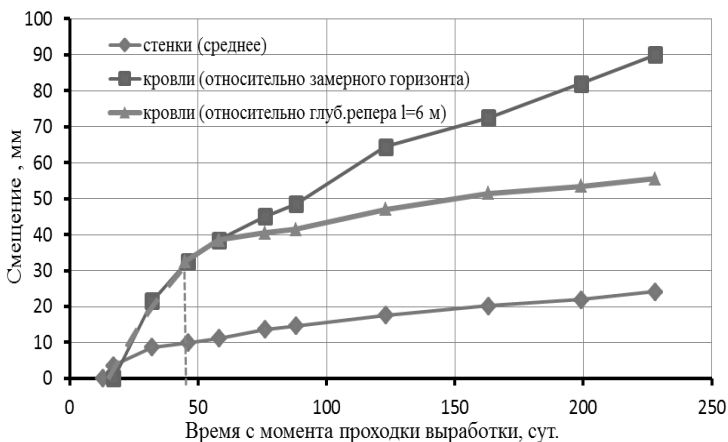


Рис. 2 – Характер смещения во времени контурного и глубинного (СГР № 5, $l = 6$ м) реперов в камере разворота № 6 лавы 10в

Основным элементом наблюдаемой структуры является система концентрических трещин, параллельных контуру выработки. Характер разрушения пород вокруг выработок происходит с формированием чередующихся областей раздробленных и ненарушенных пород. Ближайший к контуру слой относительно ненарушенных пород может выдавливаться в выработку, формируя заколы. За счет этих эффектов размеры зоны возможного разрушения пород вокруг выработок могут существенно возрастать. Как показали исследования [11], размеры слоев, образовавшиеся при зональной дезинтеграции, практически исключают применение анкерной крепи, работающей по принципу «подвески» сравнительно слабых слоев к более крепкому слою, а обеспечение устойчивости выработки может быть достигнуто путем формирования, с помощью анкерной крепи укрепленного несущего слоя определенной мощности.

Выше описанные особенности деформирования выработок в сложных условиях их заложения показали, что характер проявления горного давления требует дополнительного изучения. Очевидно, что для безопасного поддержания подготовительных выработок необходимо продолжение исследований в отмеченных направлениях, на основании которых может быть осу-

ществлен пересмотр методик прогноза и расчета параметров проявлений горного давления на больших глубинах, поиск новых подходов к охране и креплению горных выработок.

Для решения выше описанных проблем потребуется: дополнить типизацию пород кровли выработок с учетом высокого содержания слабых прослоек и больших глубин ведения работ; разработать альтернативные применяемым комбинации способов охраны и поддержания подготовительных выработок с возможным применением дополнительного крепления второго уровня, металлической рамной или рамно-анкерной крепи.

Библиографический список

1 Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении / ОАО «Беларуськалий», Унитарное предприятие «Институт горного дела». – Солигорск, 2018. – 196 с.

2 Мисников, В.А. О формах и особенностях проявления горного давления в окрестности незакрепленных одиночных выработок Солигорских калийных рудников // Совершенствование разработки калийных месторождений. – Пермь, 1987. – С. 48-54.

3 Тараканов, В.А. Поддержание горных выработок при разработке Старобинского месторождения на больших глубинах / В.А. Тараканов, И.И. Головатый, А.Л. Поляков // Горный журнал, 2010. – № 8. – С. 36-38.

4 Патиюк, С.И. Поддержание капитальных и подготовительных выработок на глубоких горизонтах при отработке Старобинского месторождения / С.И. Патиюк, Ю.Б. Петровский, В.Я. Прушак // Горный журнал, 2018. – № 8. – С. 70-75.

5 Заславский, Ю.З. Исследования проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна. – М.: Недра, 1966. – 180 с.

6 Заславский, Ю.З. Расчеты параметров крепи выработок глубоких шахт / Ю.З. Заславский, А.Н. Зорин, И.Л. Черняк // К.: «Техніка», 1972. – 156 с.

7 Подлесный, И.А. Технология слоевой выемки при разработке пласта Третьего калийного горизонта Старобинского месторождения / И.А. Подлесный, В.Н. Гетманов, Б.И. Петровский, И.Е. Носуля // Горный журнал, 2018. – № 8. – С. 59-63.

8 Проскураков, Н.М. Физико-механические свойства соляных пород / Н.М. Проскураков, Р.С. Пермяков, А.К. Черников // Л.: Недра. –1973 г. – 272 с.

9 Прушак, В.Я. Методика определения длины и податливости анкера в зависимости от высоты расслоения пород кровли и эквивалентного пролета выработки / В.Я. Прушак, Д.Т. Карабань, В.А. Губанов, А.Л. Поляков // Вестник ПНИПУ, т.8. – № 4. – 2009. – С.28 – 36.

10 Карташов, Ю. М. Экспериментальные исследования бокового распора в соляных породах / Ю. М. Карташов, В. С. Ливенский, Н. М. Проскураков, В. А. Губанов // Известия вузов. Горный журнал, 1975. – № 6. – С. 20-23.

11 Розенбаум, М. А. Определение параметров анкерной крепи в условиях проявления зональной дезинтеграции пород вокруг выработок / М. А. Розенбаум, Б. П. Баджиев // Записки Горного института, 2015. – Т. 213. – С. 17 – 23.

УДК 669.132

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ДРОБИЛОК «СЕМКО KEV 96» ЗА СЧЕТ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВОК

**¹Жумаев А.А., ²Мансуров Ю.Н., ³К.Э.Барановский,
⁴Улугов Г.Д.**

¹Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан

²Министерство Инновационного развития Республики Узбекистан

³Белорусский национальный технический университет, Минск

⁴ПО «Навоийский машиностроительный завод»

В статье показано, что ускоренное охлаждение при литье деталей из белых износостойких чугунов для центробежных дробилок «Сетко» позволяет повысить износостойкость на 20 %.

Главные структурные составляющие белых износостойких чугунов – карбиды и металлическая основа в виде твердого раствора на основе железа. Основные характеристики карбидов, оказывающих решающее влияние на износостойкость, механические и технологические свойства деталей из белых износостойких чугунов – тип кристаллографической решетки, морфология, количество, размеры, ориентировка частиц карбидов по отношению к изнашиваемой поверхности. В работе рассмотрена взаимосвязь эксплуатационных свойств деталей из износостой-

ких чугунов и параметров частиц карбидов, размеры которых уменьшены за счет ускоренного охлаждения.

Методы исследований и использованные материалы

Для проведения исследований на индукционной печи ИЧТ-2,5 (пр-во Россия) методами литейного производства изготовлены детали «наковальня», материал которых белый износостойкий чугун марки 280X29НЛ, из рабочей части деталей вырезались образцы размером 25x20x20 мм.

Химический состав образцов определен эмиссионным спектральным методом на приборе Spectro-Lab – М (пр-во Германия).

Микрошлифы готовили на шлифовально-полировальном станке «НЕРИС» (пр-во Латвия). Для шлифовки образцов применены шлифовальные шкурки зернистостью от 180 до 1500 мкм. Полировка поверхности микрошлифов произведена с помощью пасты ГОИ. Для выявления структуры образцы подвергнуты травлению реактивом следующего состава: 15 мл азотной кислоты, 15 мл соляной кислоты и 15 мл глицерина. Время травления 10 мин., при температуре реактива 60-65 °С.

Структур сплавов изучали на микроскопе марке OLYMPUS BX53 при увеличениях $\times 200$, $\times 300$, $\times 500$.

Результаты исследования и их анализ

Наиболее перспективной технологией, позволяющей повысить эксплуатационные характеристики деталей из износостойких чугунов за счет увеличения скорости охлаждения при кристаллизации (по сравнению с литьем в земляные формы), является метод литья с применением литейных холодильников или охлаждающих систем кристаллизатора.

На рис. 1 показаны структуры чугуна 280X29НЛ отлитого в землю (а, б) и в землю с применением литейных холодильников (в, г), полученного в разных условиях кристаллизации (с применением и без применения холодильников).

Анализ параметров структуры показал, что структура поверхности отливок с применением литейных холодильников мельче структуры сплавов, закристаллизованных без использования холодильных систем в среднем в 1,5 раза. Соответственно, уровень износостойкости образцов, вырезанных из отливок, полученных применением холодильных систем, вырос не менее, чем на 20 %.

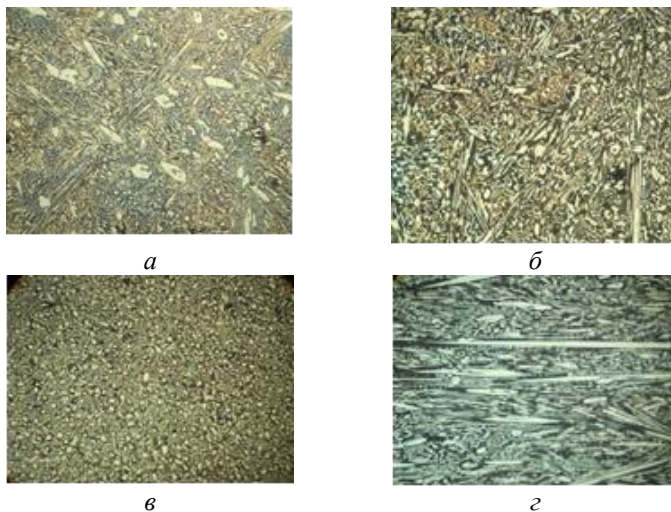


Рис. 1 – Микроструктура поверхности чугуна 280X29НЛ, $\times 300$
а, б – литье в земляную форму, структура во взаимно перпендикулярных плоскостях;
в, г – литье в земляную форму с использованием холодильников, структура во взаимно перпендикулярных плоскостях

Для проведения испытания на износостойкость из конструкции «Дробилка» модели KEV 96 вырезали образцы. На рис. 2 показаны деталь «наковальня» дробилки модели KEV 96 и образцы для испытаний.



Рис. 2 – Образцы на износостойкость:
а – наковальня дробилки модели KEV 96; *б* – образцы

Проведенные работы по исследованию износостойкости белых износостойких чугунов в лабораторных и промышленных условиях свидетельствуют, что литье с применением литейных холодильников позволяют увеличить износостойкость деталей «наковальня» дробилки модели KEV 96, не менее, чем на 20%.

Библиографический список

1. Цыпин И. И. *Износостойкие отливки из белых легированных чугунов* / И.И. Цыпин. – М.: НИИМаши, 1983. – 56 с.
2. Jumaev A. A. *Comparative study of the structure of castings from white wear resistant cast iron* / A. A. Jumaev // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. -2018. –Vol. 5. iss. 12. – P. 7575 – 7577.

УДК 621.13

WAYS TO CONTROL ASYNCHRONOUS MOTOR WITH PHASE ROTOR OF MINING MACHINES

**Eshmurodov Z.O., Arziev E.I., Ismoilov M.T, Vinokurova A.N.,
Malikov S.SH.**

Navoi State Mining Institute

The article describes various methods of controlling asynchronous motors with a phase rotor. To solve the problems of controlling speeds and moments in a modern electric drive, two main methods of frequency control are used: scalar and vector. Advantages and disadvantages of scalar and vector control, voltage dependence are given.

Currently, in the existing electrical equipment of mining complexes, asynchronous motors (ADFR) are widely used for powerful (more than 300 kW) mechanisms with difficult conditions for starting electric drives (EP): hoisting-and-transport mechanisms, electric conveyors, etc. Today, the production process is controlled based on the data of electromechanical systems by introducing additional active resistances into the motor rotor circuit. This method of regulation has already exhausted itself due to energy inefficiency [1].

The systems of parametric control of starting and speed control of asynchronous motors with a phase rotor used at the enterprises of the mining and metallurgical industry are uneconomical and do not meet modern requirements for dynamic performance [2].

One of the main ways to increase the energy efficiency of ADFR is to improve control systems designed to operate as part of a frequency-controlled electric drive.

Most modern AC drives for solving various problems are equipped with a frequency converter (IF). Despite the variety of current control algorithms and hardware options for implementing frequency converters, there are typical solutions used by most manufacturers. The structure of frequency converters and the functions they perform are as much as possible unified and standardized.

The adjustable electric drive solves two main tasks: control of the moments and rotational speeds of the electric motor.

The need to regulate the moment on the motor shaft is dictated by the technical and technological requirements for the electric drive. For normal operation of the drive, it is necessary to limit the specified torque and motor current to permissible values in transient processes of starting, braking and applying a load.

Management methods

To solve the problems of regulating speeds and moments in a modern electric drive, two main methods of frequency control are used: scalar and vector.

The most common today is an asynchronous electric drive with scalar control. It is used as part of pump drives, fans, compressors and other mechanisms for which it is important to maintain either the rotation speed of the motor shaft (using a speed sensor) or a process parameter (for example, the pressure in the pipeline, using the corresponding sensor).

The main principle of scalar control is the change in the frequency and amplitude of the supply voltage is expressed by the formula

$$U/f_n = \text{const},$$

где $n \geq 1$.

The specific type of dependence is determined by the requirements for an electric drive with a load. As a rule, the frequency is taken as an independent effect, and the voltage value at a given frequency determines the type of mechanical characteristic, the magnitude of the starting and critical moments (Fig. 1).

Scalar control ensures the constancy of the overload capacity of the electric drive regardless of the frequency of the voltage, however, there is a decrease in the torque developed by the motor at low frequencies (at $f < 0.1 f_{\text{nom}}$). The maximum range for controlling the

rotor speed at a constant torque for electric drives with scalar control reaches 1:10.

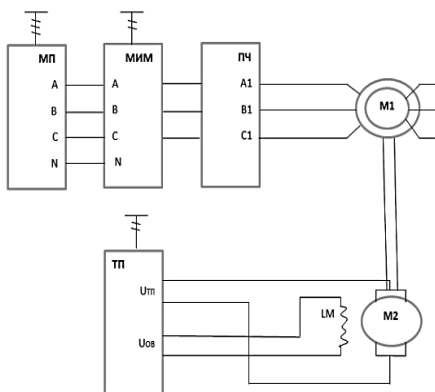


Fig. 1 – Scheme of the stand for taking characteristics of the system of the frequency converter – asynchronous motor (FC-AM)

The scalar control method is relatively simple to implement, but has two significant drawbacks. Firstly, in the absence of a speed sensor on the motor shaft, it is impossible to regulate it when the shaft rotates, since the load affects the rotation of the shaft. The presence of a speed sensor solves this problem, however, there remains a second significant drawback - the moment on the motor shaft cannot be adjusted.

In 1971, SIEMENS proposed a vector control method to eliminate the disadvantages inherent in scalar control. The first vector-driven electric drives required motors with integrated flow sensors. This significantly limited the use of such electric drives.

In modern electric drives, a mathematical model of the engine is laid in the control system, which allows calculating the moment and speed of rotation of the motor shaft. In this case, only current sensors of the phases of the stator of the motor are necessary. Thanks to the special structure of the control system, independent and almost inertialess regulation of two main parameters is ensured - the torque on the shaft and the rotation speed.

When using vector control, the following advantages are achieved [3, 8]:

- high accuracy of speed control even in the absence of a speed sensor;

- smooth rotation of the motor shaft in the low frequency region;
- the ability to provide a nominal torque on the shaft at zero speed (in the presence of a speed sensor);
- quick response to load changes: during sudden jumps in load, practically no jumps in speed occur;
- providing such a mode of operation of the engine, in which the loss of heating and magnetization is reduced, and therefore, the efficiency is increased engine.

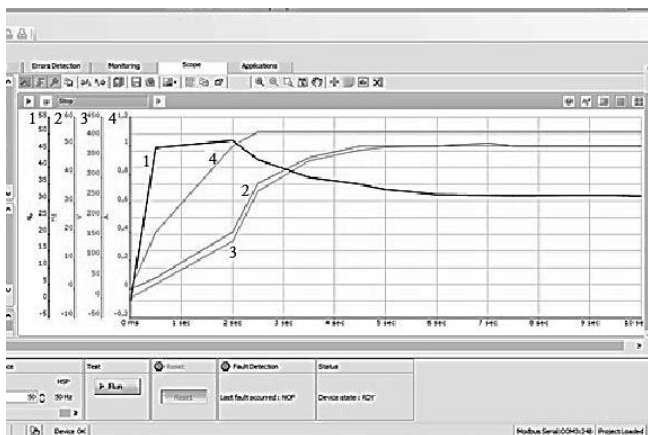


Fig. 2 – Dependences of voltage, current frequency and torque on the motor shaft on time with scalar control:
 1 – moment M ; 2 – frequency f ; 3 – voltage U ; 4 – current I

More economical systems of the asynchronous valve cascade (AVC) on mass hoisting-and-transport mechanisms (PTM) are rarely used, since in difficult working conditions (humidity, steam, high temperature) they are not reliable enough. The introduction of AVC systems is difficult with the trolley power supply of the PTM electrical equipment, since a short-term power interruption is accompanied by a breakdown of the AVC inverter. Many PTM operate in an intensive, intermittent, short-term mode; therefore, conventional AVK systems require additional start-up nodes, and when adjusting speed over a wide range, an AVK drawback is manifested, which consists in a large consumption of reactive current by the inverter when operating at reduced motor speed [3, 4].

The way out of this situation may be the use of high-voltage ADFR control systems according to the scheme of an asynchronous machine (AFM) with vector control over rotor circuits.

Consider some ways to control blood pressure.

There are two directions for improving the PTM electric drive systems based on an asynchronous motor with a phase rotor:

First: for mechanisms where it is possible to use economical systems built according to the frequency and cascade principles, it is necessary to develop new systems with increased overload capacity, designed to work in repeated - short-term mode.

Second: a promising area is the development of a hybrid circuit that combines the features of cascade and frequency methods of controlling an asynchronous motor. The solution to this problem requires the development of the foundations of the theory of cascade-frequency and cascade-inverter control of an asynchronous motor with a phase rotor.

ADFR-based progressive energy-saving electric drive systems are hybrid systems built on the basis of a frequency and parametric control system with induction resistance (IS), as well as frequency and cascade electric drives that provide mechanical characteristics of the excavator type. For the distribution of these electric drive systems to the PTM, it is necessary to improve control systems and provide the ability to work in intensive, intermittent and short-term operation.

In cascade systems of electric drives, which are used to obtain single-quadrant mechanical characteristics, alternating voltage removed from the contact rings of the ADFR rotor is fed through a rectifier to the DC circuit.

The system of a frequency electric drive, built on the basis of an asynchronous motor with a phase rotor and an IS, provides mechanical characteristics of the "excavator" type with an open control system. In a twin-engine electric drive, parallel connection of the valve-resistor synchronizing block to the IC allows you to equalize the engine speeds.

As a result, systems of a frequency-cascade electric drive, built on the basis of an asynchronous motor with a phase rotor, make it possible to derive the sliding energy from the rotor circuit to the DC link and reuse it to power the stator winding when the voltage is reduced. Compared with traditional AVC systems, the consumption of reactive power from the network has been increased, which is especially important for hoisting-and-transport mechanisms operating in intensive inter-short-time mode.

The electric drive according to the scheme of an asynchronous valve cascade allows for non-contact smooth start-up and speed control of an asynchronous electric motor with a phase rotor, adjusting the amount of slip of the rotor of the electric motor by introducing an adjustable back-emf into the rotor circuit. The regulation of the EMF of the rotor of the electric motor in the AVC circuit is ensured by changing, according to a given law, the opening angle of the thyristors of the corresponding DC converter, which is included in the rotor circuit as an adjustable counter-EMF and operates in inverter mode.

Thus, in the process of AVC operation, the sliding energy of the rotor of the asynchronous electric motor is returned to the supply network, due to which this electric drive circuit has a high efficiency.

Reference

1. Kotin D.A. *Adaptivniye algoritmi bezdatchikovogo vektornogo upravleniya asinxronnimi elektroprivodami podzemno-transportnix mexanizmov. Avtoreferat dis.k.t.n. Novosibirsk, 2010. – 18 p.*

2. Mesheryakov V. N., Levin P. N., Zotov V. A., *Asinxronniy elektroprivod s chastotno-parametricheskim upravleniem dlya mexanizmov siklicheskogodeystviya // Sbornik nauchnix trudov molodix uchenix. Lipetsk. LGTU, 2007.s. 56-60p.*

3. *Vektornoe upravlenie dvigatelem. [Elektronniy dokument]. Rejim dostupa: http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/vector/#dvc_svm_sfo – 25.04.2016.*

4. Eshmurodov Z.O., Raximov A *Reguliruemie elektroprivodi v mashinax i mexanizmax gornix kompleksov. //Materiali mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii "Sovremennie texnika i texnologii gorno-metallurgicheskoy otrasli i puti ix razvitiya" - Navoi, 12-14 maya 2010 g – 505p.*

5. Pugachyov E.V. *Energoberegayushiy asinxronniy elektroprivod / E.V. Pugachyov, A.S. Ivanov, P.R., Nusratov, V.S. Ivanov, V.A. Korneev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2015 №5 (111). S. 111-116 p.*

6. Sinyukova, T.V. *Sistemi chastotnogo asinxronnogo elektroprivoda s korrrektiruyushimi elementami i pryamim upravleniem momentom: dissertatsiya kandidata texnicheskix nauk. – Lipetsk, 2015.-166 p.*

7. Miranda H., Cortes P., Yuz J.I., Rodriguez J. *Predictive torque control of induction machines based on state space models // IEEE Trans. Ind. Electronics, 2009, № 6 pp. 1916-1924.*

8. Casadei D., Serra G., Tani A, Zarri L., “Theoretical and experimental analysis of an induction motor drive based on stator flux vector control”, *Electromotion Journal* 1999. 6 (1–2), pp. 43–48 p.

9. Direct torque control – the world’s most advanced AC drive technology. Technicalguide №1. ABB. [Elektronniy dokument]. Rejim dostupa: https://library.e.abb.com/public/14f3a3ad8f3362bac12578a70041e728/ABB_Technical_guide_№_1_REVC.pdf. – 1.03.2016.

УДК 622.83.023.4:624.121

ДИСТОРТНОСТЬ В ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Зюзин Б.Ф., Миронов В.А.

Тверской государственный технический университет

Приведены основные результаты развития теории дистортности на протяжении 25 лет со дня введения нового научного понятия.

Представлена универсальная таблица предельных инвариантов дистортности.

Как связаны друг с другом явления, происходящие в геотехнологических системах? Каким образом можно более достоверно отразить зависимости между определяющими величинами, описывающими эти явления?

Классический аппарат естествознания был создан, прежде всего, на линейной основе равным изменениям. Изменение одной независимой величины должно непременно отвечать пропорциональной связи с другой зависимой величиной. И хотя примеров линейности нашего мира множество, вся природа, не укладывается в рамки пусть и строгой, но, увы, далеко не идеальной схемы. Вне этих рамок – но ближе к реальности властвует нелинейность. В последние десятилетия, и особенно в последние годы сильно возрос интерес к оценке нелинейных явлений в различных областях знаний. Достижения современной науки и техники невозможны без прочно вошедших в них нелинейных представлений. На них базируется теория нелинейных колебаний и волн, теория динамических систем, теория катастроф, синергетика, современные представления об эволюции в диссипативных структурах. Работы в этом направлении вызвали в науке настоящую революцию, а в терминологии философов появились выражения «нелинейное мышление» и «нелинейная

парадигма». По утверждению профессора И.Р. Шена [11], «... физика была бы скучна, а жизнь совершенно невозможна, если бы все физические явления вокруг нас были линейными. К счастью, мы живем в нелинейном мире, и если линеаризация украшает физику, то нелинейность делает ее захватывающей». Современную физику, наряду со многими отличающими ее от физики прошлого эпитетами, несомненно, можно именовать и нелинейной. Причем это название отмечает не столько черту, одну из характеристик науки, сколько отражает ее переход на новую – нелинейную ступень познания. Понятие нелинейности в естественные науки пришло из математики. В XVII – XVIII веках сформировались основные понятия о свойствах нелинейных функций. В дальнейшем число достижений математиков увеличивалось как снежный ком. Чаще всего методы анализа нелинейных систем и методы решения модельных уравнений разрабатывались применительно к решению целого ряда практических задач геомеханики, физики и естествознания в целом.

Пропорции в нашей жизни играют главенствующее значение: в технологиях, метрологии, медицине, черчении, кулинарии, сельском хозяйстве, географии, русском языке, изобразительном искусстве, физике, биологии и др. Все во Вселенной подчинено математическим законам и пропорциям. По своему существу, мы с Вами всегда стремимся соизмерить наши поступки (действия). Такие понятия: как «лучше» и «хуже» то же относятся к категории – «пропорция». Стремление оценить эти события приводит нас к необходимости введения различных оценочных шкал (метрических, температурных, давлений, волновых и др.), в пределах которых появляется возможность количественного определения реальных качественных изменений в рассматриваемых структурных системах.

Вспомните сказку: «О двух жадных медвежатах», когда мудрая лиса делила сыр: «... она откусила добрый кусок от большей части и проглотила его, теперь большим стал меньший кусок». Тем самым, показано, что неоднородность пропорций (по сравнению с 50:50) порождает действие – поступки и, как результат, определяет развитие – эволюцию самой структурной системы.

Если мы изучим и проанализируем два набора данных, относящихся к причинам и результатам, то скорее всего получим картину несбалансированности. Численно этот дисбаланс может составлять следующие пропорции 66/33, 70/30, 80/20 или принимать любые другие значения. При этом сумма двух чисел в

подобных соотношениях не обязательно должна быть равна 100. Нелинейность лежит в основе реструктуризации геотехнологических объектов, в том числе, искусственного интеллекта.

В основе оценки состояния геотехнологических систем лежит функциональный анализ, главной задачей которого является изучение бесконечномерных пространств и их отображений. При этом для функционального анализа характерно сочетание методов классического анализа, топологии, геометрии пространства и времени. Абстрагируясь от конкретных ситуаций, удастся выделить основные принципы и на их основе построить теории, включающие в себя классические задачи как частный случай и дающие возможность решать новые более сложные задачи, возникающие на рубеже XXI века в машиностроении, строительном деле, экономике, оборонном комплексе и социальной сфере. Сам процесс абстрагирования имеет самостоятельное значение, проясняя ситуацию, отбрасывая лишнее и открывая неожиданные структурные связи.

В результате удастся глубже проникнуть в сущность физических явлений в геотехнологических процессах и предложить новые пути их исследования. Функциональный анализ, рассматривая отображения (необязательно линейные) одного пространства в другое (часть в исходное), определяет функционалы. В общем понимании функционалы – это функции, в которых роль независимого переменного играют кривые на плоскости или поверхности в трехмерном отображении. Пространства, элементами которых являются эти функции, называются функциональными. Многие законы механики сводятся к утверждению, что некоторые функционалы в рассматриваемых задачах должны достичь максимума или минимума. К числу таких принципов относятся известные законы сохранения энергии, сохранения количества движения, момента количества движения и др. Для нелинейных отображений (в частности, нелинейных функционалов) можно различными способами определить дифференциал, производную по направлению и т.д., аналогично соответствующим понятиям классического анализа. С развитием функционального анализа термин функционал стал пониматься в более широком смысле, а именно: как числовая функция, определенная на некотором пространстве заданной мерности.

Каким образом можно сформулировать новую научную концепцию? Прежде всего, нужно начать с точного определения. Наука начинается, когда значения слов четко разграничены.

Слова могут быть выбраны из существующего словаря либо созданы новые слова, но все они должны получить новое определение, исключающее недоразумения и двусмысленность в пределах того раздела науки, где они применяются. В науке часто бывает так, что ученые длительное время применяют в неявном виде некоторое понятие. Однако из-за отсутствия названия оно встречается под разными терминами. И лишь когда оно получает определенное название, все замечают, что уже давно применяли его. Введение нового термина приводит к уточнению соответствующего понятия, освобождению его от всего случайного и несущественного, к выяснению общности рассуждений, приводящихся независимо друг от друга в различных отраслях науки.

В основе рассмотрения широкого класса физических явлений в геотехнологических процессах лежит научная гипотеза, которая исходя из особенностей причинно-следственных связей, определяет наличие вне пространственно-временной закономерности функционирования различных структурных систем в критических ситуациях. С учетом реальной мерности пространственно-временных характеристик геотехнологических систем (например, сплошных сред, математических множеств, информационных систем и т.д.) данная закономерность проявляется как свойство дистортности.

Смысловое значение данного термина в переводе с английского языка (*distortion*) представлено семантическим полем таких понятий, как: искажение, искривление, неправильная форма, извращение, искажение мнений или фактов, судорожные движения (флуктуационные процессы, резонансные явления), растяжение (в медицине), деформация, коробление, перекашивание (в технике), эластичность (в экономике).

Для раскрытия вводимого понятия дистортность следует применить дефиницию – это логическое определение слов, придание фиксированного смысла определенным терминам. Ежедневно люди используют свой словарный запас на интуитивном уровне, у каждого человека своя интуиция и понимание определенных слов, поэтому в повседневной практике так часто возникают недоразумения и недопонимания между собеседниками. По этой причине существует словарь дефиниций, позволяющий узнать значение того или иного слова. Чаще всего он используется в научных кругах. Так в информационных системах дистортность проявляется как нежелательное изменение формы сигнала при его передаче между двумя коммуникационными точками.

Значение термина может быть выражено посредством рассмотрения (указания) его денотатов – явлений (или ситуаций), которые обозначаются этим понятием. С физической точки зрения все критерии связаны с описанием предельного состояния структурной системы и оценкой характера ее отклонения от устойчивого равновесия, оценкой неопределенности системы. Совокупность смысловых признаков, соотносимых с дистортностью, определяется ее концептом. С концептуальной точки зрения данное понятие отражается интегро-дифференциальными параметрами состояния нелинейных диссипативных систем.

В философском представлении меняется сущность практики (эксперимента как такового), которая уже не является критерием истинности, а признана только установить степень искажения (проявления дистортности) вне пространственно-временной связи (в общем плане являющейся отображением истинности функционирования структурной системы) в конкретных условиях ее материального отображения.





По сути дела, истина как бы проектируется в окружающий нас мир, проявляя образы взаимного отображения пространства-времени, которые предстают перед исследователем во всем многообразии своих форм, образов и объектов, вещественное существование которых обусловлено предельностью динамических процессов и общностью проявления критических свойств реального мира.

Таким образом, дистортность – это универсальный научный метод оценки инвариантов предельных состояний в механике деформированных тел и горных пород, а также в геотехнологических системах.

В таблице 1 приведен фрагмент универсальной классификационной таблицы предельных инвариантов в геотехнологических системах, в основе которой лежат обычные пропорции – соотношения величин или, так называемых, инвариантов – безразмерных параметров.

Многолетние научные исследования и анализ имеющихся экспериментальных данных и установленных фактов в области оценки инвариантов предельных состояний в геотехнологических системах позволяют авторам сделать следующие выводы и рекомендации, а также изложить полученные научные результаты и положения:

Таблица 1 – Классификационная таблица предельных инвариантов дистортов

Параметры и инварианты	Напряженно-деформированные состояния (НДС) структурной системы							
	Покой	→	Предельный цикл	Скольжение	Золотые сечения	Качение	Верчение	
b	0	0,15	0,20	0,25	0,30	0,33	0,5	
a	1	0,85	0,80	0,75	0,70	0,66	0,5	
$b:a$	0:100	15:85	20:80	25:75	30:70	33:66	50:50	
$П_{кл(а)} = b/a$	0	0,171	1/4	1/3	$\sqrt{2}-1$	1/2	1	
$П_{кл(а)} = n/m = a \operatorname{ctg} \beta$	0	0,41	1/2	1/√3	2/π	1/√2	1	
β°	0	22,5	26,56	30	32,48	35,26	45	
γ°	90	67,5	63,44	60	57,5	54,74	45	
$\varphi^\circ = \gamma^\circ - \beta^\circ$	90	45	36,8	30	23	19,47	0	
X_1	0	0,295	0,333	0,366	0,389	0,414	0,5	
N	∞	8	6,77	6	5,54	5,1	4	
L	→	8000	6770	6000	5540	5100	4000	
Критерии:	$\tau \rightarrow \max$	0	0,25	0,24	0,216	0,183	0,157	0
	$S_\tau \rightarrow \max$	0	0,133	0,150	0,144	0,131	0,117	0
	$СЖ \rightarrow \max$	1	←	3,82	5,196	4,795	4,2	1
	$С_0 K_\tau \rightarrow \max$	0	0,016	0,0225	0,024	0,0224	0,0194	0
	$K_\tau \rightarrow \max$	0	0,123	0,150	0,166	0,171	0,166	0
	$W_\tau \rightarrow \max$	0	←	←	0,5	←	0,513	0,471
Коэффициент Пуассона, μ	0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,333	0,5	
Материал:	Хрусткий		Бетон	Иридий	Сталь Титан	Алюминий	Каучук	
В механике – законы:			Трещка	Гука	Зюлика - Миронюва	Мизеса	←	
Пределы состояния:			Сцепления	Упругости	Прочности	Устойчивости	←	
В экономике – законы:			Парето	Социал. управление	Лаффера	Самуэльсона	←	
В музыке – ноты:			До Ре		Ми	Фа	Си	
Влияние музыки на эмоциональное состояние человека:			Волевое усилие Агрессивность Возбуждение Достижение успеха		Активность Веселость Надежды Мечты	Уверенность Настойчивость Упрямство	Спокойствие Успокоительный полин	
Спектр:	Инфракрасный	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Фиолетовый		
Физиологическое влияние цветности:			Сосуды	Зрение	Зрение	Память	Клетки мозга	
Светофор, уровни безопасности:								
Цветность планеты:			Юпитер	Марс	Солнце	Венера	Сатурн	
Траектория:	Точка	Линия, диагональ	Ветвь	Ветвь	Ветвь	Дуга	Точка	
Потенциал:			$S_\tau \rightarrow \max$	$F \rightarrow \max$ $S_0 K_\tau \rightarrow \max$ $СЖ \rightarrow \max$	$\epsilon \rightarrow \min$ $K_\tau \rightarrow \max$	$\mathcal{E} \rightarrow \min$ $W_\tau \rightarrow \max$	←	

Обозначения: b, a – линейные параметры при условии $b+a=1$; $b:a$ – определяющая пропорция; $П_{кл(а)}=b/a$ – инвариант состояния в линейной геометрии; β, γ – угловые параметры состояния взаимодействия структурных систем, углы площади разрушения n и m ; N – число сторон вписанного в круг Мора многоугольника (полигона); L – длина волны спектра света; $П_{кл(а)}=П_{кл(а)}$ – инвариант состояния в нелинейной геометрии; X_1 – уровень нелинейности (инвариант нелинейности); φ – угол внутреннего трения (инвариант угла связности структурной системы); τ – инвариант касательных напряжений; S_τ – инвариант сцепления структурной системы; $СЖ$ – степень сжатия структурной системы (инвариант сжатия); $S_0 K_\tau$ – инвариант упругости; K_τ – критерий предельного состояния (инвариант прочности); W_τ – инвариант момента сопротивления сечения балки при изгибе (задача Парала); «Спектр» – цветовая гамма; «Потенциал» – условия максимума инвариантного предельного состояния; F – потенциал силы взаимодействия; ϵ – потенциал времени переходного процесса; \mathcal{E} – энергетический потенциал.

- Предложена новая парадигма научного познания, обусловленная наличием особой вероятностно-статистической вне пространственно- временной закономерности функционирования различных геотехнологических систем (в том числе искусственного интеллекта) в их предельных состояниях, связанных с максимальной скоростью (плотностью) изменения энтропии. Эта закономерность проявляется как свойство дистортности [1].

- Введен новый термин и научное понятие – дистортность, характеризующее нелинейное состояние структурной системы в геотехнологических процессах ее преобразования (приоритет – 22 декабря 1994 года [1]).

- Дистортность представляется, как универсальный метод оценки инвариантов предельных состояний в геотехнологических средах и в системах искусственного интеллекта [4, 11]. При этом теория дистортности проявляет себя, как универсальное знание – естественнонаучная теория [12].

- Разработана методика обоснования выбора предельных инвариантов состояний геотехнологических систем в различных геотехнологических средах, системах искусственного интеллекта, информационных потоках, экономических процессах и социальных явлениях [8].

- Предложены эффективные геометрические модели отображения предельных состояний в системе приведенного единичного квадрата с использованием энтропийных координат; модели Ленгмюра; теоремы Ферма; эллипса пластичности в механике сплошных сред; круговой диаграммы Мора при моделировании и анализе линейной, поверхностной и объемной задач с учетом определения уровня функциональной нелинейности детерминированных и стохастических закономерностей [6].

- Предложен энтропийный критерий (инвариант) оценки (количественного и качественного) предельного равновесного состояния структурной системы (среды, материала), характеризующий подобие напряженно-деформированных состояний, который обладает инвариантностью и является отношением двух противоположных начал: растяжения – сжатия, разрушения – упрочнения, притяжения – отталкивания, нагревания – охлаждения, порядка – хаоса и т.д. Данный критерий представлен в качестве дополнительного инварианта в синтетической теории прочности академика РАН Е.И. Шемякина [10, 11].

- Составлена универсальная классификация (нормирования) предельной асимптотики нелинейных процессов, соответствующая состояниям геотехнологических систем в критических точках среды в напряженно-деформированном поле «покоя», «предельного цикла», «скольжения», «золотого сечения», «качения» и «верчения», с физической точки зрения аналогичной изменениям условий контактного взаимодействия структурных образований с позиций их инвариантов внутреннего сцепления и трения с учетом закона Кулона-Мора [1 – 3]. Определены основные теоремы и инварианты дистортности [11].

- Применен информационно-энергетический подход в построении общей теории инвариантов предельных состояний, обеспечивающий количественный и качественный подход в оценке структурных параметров геотехнологических систем в объектах природных сред и искусственного интеллекта [8].

- На основании компьютерного 3D моделирования получено геометрическое отображение предельной поверхности прочности структурных систем, представленной в виде сферооктаэдра [11].

- Разработаны и формализованы оригинальные алгоритмы и вычислительные программы по статистическому анализу функциональной нелинейности, устойчивости экосистем, техногенной безопасности и оценке степени технологических рисков в природных, информационных, экономических и социальных процессах, а также объектов искусственного интеллекта [3, 5, 9, 10].

- Составлена классификационная таблица предельных состояний в геотехнологических системах (табл. 1), которая связывает основные закономерности их проявления в различных геотехнологических системах, информационных потоках, экономических процессах и социальных явлениях [11].

- Постановлением президиума ВАК от 10 октября 2001 года (№132, Минск, Республика Беларусь) монография «Дистортность в механике горных пород» (1995) включена в перечень обязательной литературы Паспорта программы «25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых».

- Дистортность, как универсальная методика оценки инвариантов предельных состояний была использована для обоснования оптимальных концентраций металло-полимерных композиционных материалов, удостоенной «Премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники» за разработку и создание новой техники (2012) [8].

• Накопленный теоретический и практический материал позволяет сформулировать научное открытие в области естествознания, механики сплошных сред, информационных потоков, экономических и социальных явлений как дистортность – универсальный метод оценки инвариантов предельных состояний в геотехнологических средах и объектах искусственного интеллекта [11].

• Решением Президиума Российской Академии Естествознания (Международная ассоциация ученых, преподавателей и специалистов, протокол № 727 от 10 декабря 2018 г., Москва) профессору Зюзину Б.Ф. присвоено Почетное звание: «Основатель научной школы – дистортность».

• Основные положения теории дистортности изложены в опубликованных 12 монографиях (1994 – 2019 гг.) суммарным объемом 248,4 печатно-издательских листов или 3975 страниц текста.

Теория дистортности в настоящее время применяется в следующих областях знания: математика и геометрия, физика, естествознание, механика грунтов и горных пород, геология, пищевая промышленность, экономика и менеджмент, трибология, эзотерика, горное и торфяное дело, техника и технология, музыка, физиология и медицина, биология и химия, педагогика, философия, экология, архитектура и строительство, искусство, космология, теория сложности, комплексная безопасность, качество образования.

Библиографический список

1. Зюзин, Б.Ф. *Введение в дистортность* / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 1994, 160 с.*
2. Зюзин, Б.Ф. *Дистортность в механике горных пород* / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 1995, 196 с.*
3. Зюзин, Б.Ф. *Дистортность в естествознании* / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 1996, 160 с.*
4. Зюзин, Б.Ф. *Дистортность в природных системах* / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов, А.А. Терентьев // *Монография. Минск: Беларуская навука, 1997, 415 с.*
5. Зюзин, Б.Ф. *Дистортность – единство предельности Мироздания* / В.А. Миронов, Б.А. Богатов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 1999, 192 с.*

6. Богатов, Б.А. Прогнозирование предельных состояний в нелинейной геомеханике / Б.А. Богатов, В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // *Монография. Минск: ОО Белорусская горная академия, 2000. – 340 с.*

7. Фаринюк, Ю.Т. Основы мониторинга бизнеса агрофирмы / Ю.Т. Фаринюк, Б.Ф. Зюзин, С.Н. Гамаюнов // *Монография. М.: Изд-во РосАКО АПК, 2004. – 248 с.*

8. Миронов, В.А. Дистортность в сбалансированной системе показателей эффективности менеджмента / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 2009. – 240 с.*

9. Зюзин, Б.Ф. Дистортность и сакральная геометрия. Избранное / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // *Монография. Ч. I. Тверь: ТвГТУ, 2011. – 400 с.*

10. Зюзин, Б.Ф. Дистортность и сакральная геометрия. Избранное / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // *Монография. Ч. II. Тверь: ТвГТУ, 2011. – 416 с.*

11. Зюзин, Б.Ф. Инварианты дистортности / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 2015. – 168 с.*

12. Зюзин, Б.Ф. Дистортность – естественнонаучная теория / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // *Монография. Тверь: ТвГТУ, 2019. – 166 с.*

УДК 629.331

О БУКСОВАНИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Казаченко Г.В., Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены некоторые задачи проектирования и эксплуатации мобильных технологических машин при линейной зависимости сопротивления движению от ширины захвата исполнительного органа. Предложена методика нахождения максимальной производительности подобной машины при заданной мощности энергетической установки.

Большинство мобильных машин при выполнении операций самых разных технологических процессов преодолевают значительные сопротивления их передвижению. Природа этих сопротивлений и их величина зависят от условий работы машин, их

конструктивных особенностей, режимов работы и целого ряда внешних условий (ветер, дождь и т. п.). Механизмы перемещения подобных машин преодолевают суммарные силы сопротивления, уравнивая их в стационарных режимах движения. Как правило, работа механизмов перемещения сопровождается явлением буксования, вызывающем потери скорости движения, а в большинстве случаев и снижением производительности подобных машин. Такие машины эксплуатируются в самых различных областях народного хозяйства. Среди них, прежде всего, можно отметить машины, выполняющие операции технологических процессов в сельском хозяйстве, строительстве, добыче полезных ископаемых и ряде других отраслей производства.

В каждой из этих отраслей выполнены исследования, позволяющие находить необходимые параметры мобильных технологических средств. Вместе с тем, целые группы машин, используемых в различных отраслях, имеют ряд общих по физической природе сил сопротивления. К таким силам относятся, в первую очередь, сопротивления перемещению опорных звеньев ходовых устройств. В качестве опорно-ходовых устройств мобильных технологических машин чаще всего используют колесные или гусеничные движители. Потери скорости в теории таких движителей чаще всего оценивают с помощью коэффициента буксования, под которым понимают отношение потерь скорости к теоретически возможной скорости

$$\varepsilon = v_n / v_T, \quad (1)$$

где v_n – потери скорости из-за буксования движителя;

v_T – теоретическая скорость движения, т. е. скорость движения, которую имел бы движитель при отсутствии потерь скорости.

Теоретическая скорость движения для колесных движителей определяется выражением

$$v_T = \omega_k \cdot r_k^c, \quad (2)$$

где ω_k – угловая скорость колеса;

r_k^c – радиус его качения в свободном режиме.

Для обычного гусеничного движителя

$$v_T = \omega_{зв} \cdot r_{зв}, \quad (3)$$

где $\omega_{зв}$ – угловая скорость колеса;

$r_{зв}$ – делительный радиус ведущей звездочки гусеницы.

С учетом этих определений действительная скорость движения для обеих типов движителей

$$v = v_t (1 - \varepsilon). \quad (4)$$

Коэффициент буксования зависит от большого количества параметров, характеризующих работу движителя. В первом приближении важнейшими условиями, определяющими буксование движителя являются:

P_z – нормальная нагрузка со стороны движителя на несущее основание;

f – коэффициент трения между опорной поверхностью движителя и несущим основанием;

P_c – общая сила сопротивления движению.

Анализ взаимодействия колесного или гусеничного движителя с несущим основанием позволил авторам [1] предложить формулу для определения коэффициента буксования колесных и гусеничных движителей

$$\varepsilon = \frac{K_v \cdot \varphi}{K_v \cdot \varphi + \sqrt{1 - \varphi^2}}. \quad (5)$$

где K_v – некоторый обобщенный коэффициент пропорциональности между поперечной составляющей скорости скольжения опорной площадки движителя и действительной скоростью движения машины;

$$\varphi = \frac{P_c}{f \cdot P_z} - \text{коэффициент сцепления.}$$

Коэффициент φ может быть определен по приведенному выражению, на основании значений коэффициента трения f , приводимых в обширной литературе по колесным и гусеничным движителям. Что касается коэффициента K_v , то его значение существенно зависит от физико-технических свойств несущего основания, которые по своим показателям различаются в тысячи раз.

Для определения значений этого коэффициента необходимы специальные эксперименты или обработка имеющихся в информационных источниках данных по величине скоростей и коэффициентов буксования. Это можно сделать, например, по формуле

$$K_v = \frac{\varepsilon \sqrt{1 - \varphi^2}}{\varphi(1 - \varepsilon)}, \quad (6)$$

вытекающей из формулы (5).

Для ориентированных предварительных расчетов предлагаем следующие значения коэффициента K_v : для колесных движителей – $K_v \approx 0,2$; для гусеничных – $K_v \approx 0,1$.

Эти значения весьма грубо приближенные и относятся к машинам, работающим с буксованием порядка десяти процентов при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,5$. Для более точных значений коэффициента K_v следует пользоваться формулой (6) и учитывать взаимное влияние параметров φ и ε . Графическое отображение зависимости ε от φ приведено на рис. 1.

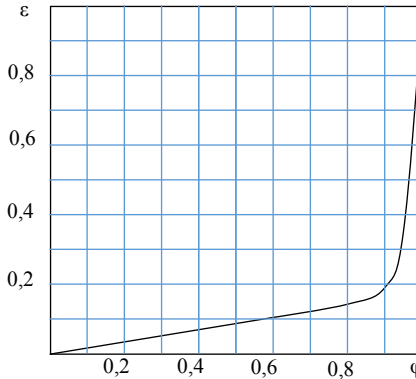


Рис. 1 – Зависимость ε от φ при $K_B = 0,1$

Зависимость, представленная на рис. 1, получена при $K_B = 0,1$. Эта зависимость указывает на то, что наиболее опасными с точки зрения эффективности являются режимы работы движителей при коэффициентах сцепления, больших чем 0,9.

Проведенное в настоящей работе исследование позволяет оценить влияние силы сопротивления движению и коэффициента трения между опорно-ходовым устройством и несущим основанием на буксование движителя. Вместе с тем, необходимо учесть взаимное влияние коэффициентов φ и K_v . Корреляция между этими коэффициентами в настоящее время не изучена и требует исследований, которые могут быть выполнены с помо-

шью результатов этой работы. При этом можно использовать и методы, основанные на полученных результатах.

Библиографический список

1. Казаченко, Г.В. Кинематика увода гусеничного хода вследствие неравенства сил трения между гусеницами и несущим основанием. / Г.В. Казаченко. – Мн. : Горная механика и машиностроение, 2018. – С.
2. Опейко, Ф.А. Колесный и гусеничный ход. / Ф.А. Опейко. – Мн. : Изд-во Академии сельскохозяйств. наук БССР, 1960. – 228 с.
3. Давыдик, И.И. Исследование поворота гусеничного хода. – Дисс. ... канд. техн. наук. – Мн : 1970. – 211 с.
4. Казаченко, Г.В. Опорно-ходовые устройства горных машин. / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Е.В. Щерба : под общ. ред. В.Я. Прушака. – Мн. : Энергопринт, 2016. – 207 с.

УДК 622.014.2: 550.835.41

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЙ СЕРЕБРА ПО СТЕНКАМ ЗАБОЕВ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»

**Кан А.Н.¹, Сериков А.Е.¹, Ефименко С.А.¹, Ли Е.С.²,
Исатаева Ф.М.²**

¹ ТОО «Корпорация Казахмыс», Жезказган, Казахстан,

² Карагандинский государственный технический университет
г. Караганда, Казахстан,

Статья посвящена аппаратному обеспечению системы online управления попутной добычей серебра на шахтах ТОО «Корпорация Казахмыс». Базовый метод исследований – рентгенофлуоресцентный. Аппаратура - EDXRF спектрометр РПП-12Т с блоком обработки в виде смартфона. Объекты исследований – забои высотой до 8м; руда в навале отбитой горной массы; порошковые пробы руд. Месторождения – Жезказган и Жаман-Айбат. Обеспечено уверенное определение низких (1+ ррт) содержаний серебра.

ТОО «Корпорация Казахмыс», являясь флагманом цветной металлургии Казахстана по производству меди, входит также в число крупнейших производителей серебра в мире (275 т рафинированного серебра в 2015 году). В рудах всех медьсодержащих полиметаллических месторождений, разрабатываемых

ТОО «Корпорация Казахмыс», серебро является одним из основных сопутствующих рудных компонентов. Однако, содержания серебра в рудах большинства разрабатываемых месторождений не велики: на крупнейшем Жезказганском месторождении в среднем 15–18 ppm, а на месторождении Нурказган – всего 3 ppm.

В связи с тем, что роль серебра в экономике ТОО «Корпорация Казахмыс» постоянно растет, то ранг актуальнейшей приобрела задача организации online мониторинга содержаний серебра в действующих забоях, а также в забоях, подготавливаемых к добычным работам, на шахтах и карьерах Горно-обогатительного комплекса (ГОК) ТОО «Корпорация Казахмыс».

Дополнительную актуальность online мониторингу содержаний серебра придает то обстоятельство, что на стратиформном месторождении медистых песчаников Жезказган установлены линейная, обратная, концентрическая и вертикальная минералогические зональности распределения, как в плане отдельных горизонтов и в разрезе всей рудоносной толщи, так и отдельно взятых залежей, характерные не только для минералов меди, но и для минералов остальных основных и сопутствующих рудных компонентов, включая и серебро. Из-за наличия упомянутых минералогических зональностей очень сложно организовать (без данных online мониторинга) эффективное планирование добычи серебра. В частности, обыденными стали случаи, когда добычной забой выходит за контур балансовых медных руд и выводится из добычи, а затем результаты рентгенофлуоресцентного анализа пунктирно-бороздовых проб, отобранных с данного забоя, показывают, что содержание серебра в забое превышает (порой, намного) среднее содержание серебра по рудной залежи, горизонту, рудному полю шахты. То есть, данный забой экономически было бы целесообразно оставить в добыче, постоянно контролируя содержания серебра в нем. Но для реализации такой технологии необходимо иметь эффективный инструмент online мониторинга содержаний серебра. Создание и широкая производственная апробация такого инструмента и явились целью наших исследований.

Задача online мониторинга содержаний меди, свинца и цинка по стенкам горных выработок, в отбитой горной массе, по шламу эксплуатационно-разведочных скважин шахт и карьеров в ГОК давно решена. Для этого сейчас используются энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные (EDXRF) носимые спектрометры

РПП–12 (4 элемента: Cu, Pb, Zn, Fe) и РПП–12РИ (12 элементов: Cu, Zn, Pb, Fe, Ba, K, Ca, Ti, Mn, Ni, As, Sr). В обеих модификациях спектрометров в качестве источника возбуждения рентгеновских флуоресценций элементов используются радиоактивные источники закрытого типа плутоний–238. В РПП–12 используется пропорциональный детектор излучений, в РПП–12РИ – высокоскоростной кремниевый дрейфовый детектор (SDD) [1–4].

Для решения задачи online мониторинга содержаний серебра спектрометры РПП–12 и РПП–12РИ не подходят, так как радионуклид плутоний–238 способен возбудить рентгеновские флуоресценции линий К–серий элементов только до ниобия ($Z=41$), а серебро имеет $Z=47$. В спектрометре РПП–12РИ можно использовать радионуклид америций–241, но его основная линия (60 кэВ) слишком далека от К–края поглощения серебра (25,5 кэВ) и требуемой чувствительности измерений по серебру невозможно будет обеспечить. Единственный выход – использование рентгеновских трубок в качестве источника первичного возбуждающего излучения.

Определение содержаний серебра, начиная от 1+ ppm (с учетом руд бедных серебром месторождений) рентгенофлуоресцентным методом – это чрезвычайно сложная научная и производственная задача. На Жезказганском месторождении эта задача осложнена тем, что из–за горизонтального и пологого залегания рудных залежей забой необходимо опробовать вертикальными сечениями высотой до 8 м. Мировой парк носимых EDXRF спектрометров не предлагает ничего (кроме спектрометров ТОО «Аспап Гео»), способного эффективно и безопасно работать на таких высоких объектах.

ТОО «Аспап Гео» (Алма–Ата), – основной поставщик EDXRF спектрометров для корпорации, – разработало по нашему техническому заданию носимый EDXRF спектрометр РПП–12Т, позволяющий проводить мониторинг руд на серебро в навал отбитой горной массы, керне скважин и по стенкам подземных горных выработок (при крутом падении рудных тел) (см. рис. 1А.) Спектрометр оснащен опцией «РФА порошковых проб».

Для обеспечения возможности проведения исследований в условиях высоких забоев шахт Жезказганской производственной площадки базовый вариант спектрометра РПП–12Т был серьезно модернизирован (рис. 1Б): изменена конструкция датчика прибора с целью повышения защиты тонких бериллиевых окон SDD детектора и рентгеновской трубки от воздействия не-

ровной поверхности руды; добавлены: защитное кольцо; ножки-держатели кольца; узел крепления штанг к датчику, комплект из 2 – 3 метровых штанг (позволяет опробовать забои высотой до 4 – 5 м; на более высокие забои надо заказывать дополнительные штанги).



А. РПП-12Т (базовый)

Б. РПП-12Т (шахтный)

Рис. 1 – Варианты EDXRF спектрометра РПП-12Т

РПП-12Т обеспечивает проведение опробования забоев на 34 элемента: Cu, Zn, Pb, Ag, Cd, As, Se, Ba, Fe, Mo, Mn, Ti, V, Cr, Co, K, Ca, Ni, Ga, Br, Rb, Sr, Zr, Y, In, Pd, Nb, Sn, Sb, Te, Bi, W, Th, U. При этом, площадь обзора поверхности объекта опробования составляет 4 – 5 см²; экспозиция измерения в одной точке наблюдения – от 5 с; пределы обнаружения для большинства рудных элементов находятся в диапазоне от $n \cdot 10^{-4} \%$ до $n \cdot 10^{-3} \%$.

У РПП-12Т есть ещё одно важное преимущество: устройством регистрации и обработки является обычный смартфон последнего поколения с операционной системой Android и ударопрочным корпусом. Эта новация обеспечивает высокое быстродействие, гибкость программного обеспечения, возможность голосового управления прибором, а также дополнительные возможности документирования результатов опробования (фотографирование забоя, определение координат, оперативную передачу данных при наличии сети).

У конкурентов используются портативные (карманные) персональные компьютеры, гораздо более громоздкие и менее производительные (сравните: цифровой процессор 533 МГц в спектрометре NITON XL3t GOLDD и четырехъядерный процессор смартфона Samsung Galaxy S5 с тактовой частотой 2,5 ГГц – цифры несопоставимые). Датчик и устройство регистрации и обработки не связаны кабелем (используется bluetooth), чем значительно повышена безопасность процесса опробования забоя – оба оператора независимы друг от друга в передвижении, а оператор на смартфоне всегда находится не у забоя, а под защитой охранного целика.

В РПП–12Т применено мощное программное обеспечение, позволяющее: а) использовать фундаментальные алгоритмы для учёта матричных эффектов (в том числе и для рассеянного излучения), учитывающие изменение геометрических условий измерений при вариациях вещественного состава и плотности анализируемых руд; б) точно определять функцию отклика каждого детектора, а также спектральный состав возбуждающего излучения; в) очищать спектр от двойных и тройных наложений; г) восстанавливать спектр вторичного излучения с учётом зависимости относительных интенсивностей характеристических линий от вещественного состава, что обеспечивает точное нахождение истинных интенсивностей аналитических линий элементов.

Для выяснения способности спектрометра РПП–12Т реально решать задачи online мониторинга содержания серебра в рудах был проведен многоэтапный цикл исследований.

Во–первых, на керне разведочных скважин по следующей программе: а) рентгенофлуоресцентное опробование (РФО) метровых интервалов керна в ящиках в непрерывном режиме (датчик спектрометра РПП–12Т перемещался вдоль интервала керна) при экспозиции измерений 20 сек/м; б) РФО метровых интервалов керна с шагом наблюдений 10см (10 точек/м) и 20см (5 точек/м) с экспозицией измерений 10с и 5с для каждого шага наблюдений; в) контрольное РФО метровых интервалов керна для режимов измерений, указанных в пунктах а) и б). Контрольное РФО (пункт б) проводилось с небольшой сдвижкой. Результаты исследований приведены в таблице 1. В данную таблицу не включены интервалы керна с низкими (< 3 ppm) содержаниями серебра, а также не включены результаты РФО с шагом наблюдения 5 см.

Таблица 1 – Спектрометр РПП–12Т. Результаты РФО кернa скважины на серебро (ppm): Осн. – основное РФО, Контр. – контрольное РФО

№№ инт.	x/a	Режимы РФО кернa					
		Непрерывный		10 точек/м			
				10 с		5 с	
Осн.	Контр.	Осн.	Контр.	Осн.	Контр.		
41	3,7	4,2	4,2	3,2	3,7	2,6	3,5
42	4,7	5,4	4,3	3,5	4,2	4,2	3,6
40	5,2	5,5	4,9	5,6	4,5	3,8	5,1
61	8,5	9,2	8,2	7,8	7,0	6,6	7,0
47	15,4	16,2	15,5	13,9	16,4	12,6	13,5
55	16,1	17,4	15,8	16,5	17,1	18,0	15,9
56	20,2	17,7	23,4	15,7	19,0	23,0	21,4
48	37,0	45,3	43,1	40,4	45,0	41,6	38,9
50	46,1	44,1	44,5	44,6	45,4	41,3	43,5
52	17,2	17,1	17,9	16,6	16,0	17,3	18,1
Средн.	17,41	18,21	18,18	16,78	17,83	17,09	17,05
σ, %		4,60	4,42	3,62	2,41	1,85	2,10

Во-вторых, на рудных эталонных штуфах. В таблице 2 приведен отчет о результатах РФО эталонного штуфа № 51 с минимальным содержанием серебра. На штуфе в разных точках выполнялось пять измерений по 10 с каждое. Режим РПП–12Т – «Естество».

В-третьих, на грубо измельченных вагонных пробах. Пробы (по 5–6 кг каждая) отобраны с двух составов руды (карьер «Кресто–7») на Жезказганской обогатительной фабрике №1 и измельчены до класса –50 мм. На каждой пробе произведено 35–40 измерений с экспозицией 10 с. Режим измерений – «Естество». Результаты РФО: медь – 3,03% и 2,28% (x/a – 2,98% и 2,39%), серебро – 57,5 ppm и 37,7 ppm (x/a – 52,5 ppm и 39,4 ppm), кадмий – 4,1 ppm и 6,3 ppm (x/a – 4,4 ppm и 5,9 ppm).

В-четвертых, на геологических порошковых проб руд с использованием опции «Анализ проб». Режим измерений – «Порошок». Экспозиция измерений – 30 с. Результаты исследований приведены в таблице 3.

В-пятых, на государственных стандартных образцах руд (ГСО) с использованием опции «Анализ проб». Режим измерений – «Порошок». Экспозиция измерений – 30 с. В таблице 4 приведены результаты исследований (по ГСО–3029 даны также аттестованные содержания серы, оксида кремния и молибдена).

Таблица 2 – Отчет о результатах РФО эталонного штуфа № 51

Номер точки	Содержания элементов					
	Cu %	Ag ppm	Zn %	Pb %	Cd ppm	Fe %
1	0,13	2,3	0,51	0	38,7	1,50
2	0,14	2,3	0,49	0	38,1	1,52
3	0,15	1,0	0,49	0	38,2	1,59
4	0,14	2,4	0,48	0	38,2	1,52
5	0,14	2,1	0,50	0	35,0	1,47
Средн.	0,14	2,0	0,49	0	37,6	1,52
Аттест.	0,15	2,2	0,48	0	37,0	1,54

Таблица 3 – Результаты РФО порошковых проб

Эл	Ме-тод	Номер пробы								\bar{C}
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Cu %	х/а	0,68	0,88	1,43	0,84	3,65	7,68	7,13	3,95	3,28
	рфа	0,62	0,91	1,34	0,82	3,61	8,03	7,17	4,02	3,32
σ , %		8,8	3,4	6,3	2,4	1,1	4,6	0,6	1,8	1,03
Ag	х/а	2,4	6,1	10,2	15,1	22,0	46,7	94,6	174,4	44,88
	рфа	2,9	5,5	8,5	13,1	21,4	45,6	98,3	176,6	44,97
σ , %		20,8	9,8	16,7	13,2	2,7	2,4	3,9	1,3	0,20

Таблица 4 – Результаты РФО ГСО руд

ГСО	Вид анализа	Содержание элементов, % (* – ppm)				
		Cu	Pb	Zn	Ag*	Cd*
2887	РПП12Т	0,537	0,0356	0,0121	8,6	6,9
	х/а	0,55	0,037	0,011	9,3	не атт.
2888	РПП2Т	1,533	0,1019	0,0243	24,6	7,1
	х/а	1,55	0,103	0,023	25,9	не атт.
2889	РПП12Т	3,149	1,8866	0,786	34,9	70,2
	х/а	3,16	1,90	0,80	35,0	71,0
2891	РПП12Т	40,31	2,24	2,879	701,5	286,5
	х/а	40,40	2,25	2,89	707,7	290,0
3029	РПП12Т	0,30	1,54	68,36(Si)	1,9	89(Mo*)
	х/а	0,30	1,59	68,09	2,1	86

Проведенными исследованиями было доказано, что спектрометр РПП–12Т реально обеспечивает проведение эффективного online мониторинга содержаний серебра в керне разведочных скважин, по стенкам горных выработок, в отбитой горной массе, в порошковых пробах руд в диапазоне содержаний серебра от 1+ ppm. Горняки и геологи получили высокоэффективный инструмент. Сейчас на РФО руд на серебро ежедневно используются 8 спектрометров РПП–12Т.

Библиографический список

1. A. Nigmatullin, A. N. Kan, S. A. Yefimenko, V. Onyshchuk, O. Shabatara. *Geophysical online monitoring of copper ores for silver's detection at Kazakhmys Corporation LLC // X IIIth International conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects". Geoinformatics 2019. 13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine (DOI: 10.3997/2214-4609.201902095).*

2. Nigmatulin A.M., Abdрахманова Z.T., Kan A.N., Yefimenko S.A. *Nuclear-geophysical technologies of «on-line» control of the chemical composition of copper-containing polymetallic ores //Resource and resource-saving technologies in minerals mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani. Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. 162 – 179 s.*

3. Нигматулин А.М., Абдрахманова З.Т., Кан А.Н., Ефименко С.А. *Рентгенофлуоресцентный мониторинг содержаний серебра в рудах месторождения Жезказган // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. Десятые научные чтения памяти Ю.П.Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. 2019. – С. 190 – 194*

4. Yefimenko S.A., Issatayeva F.M., Zhelayeva N.V. *Technologies of «on-line» quality control of ores and their processing products at Kazakhmys corporation LLP // Innovative development of resource-saving technologies for mining. Multi-Authored monograph. – Sofia: Publishing House «St. Ivan Rilski», 2018. – P. 245–268.*

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОХОДКИ ВЫРАБОТОК НА ТЮБЕГАТАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Хужакулов А.М.

Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан

Проведены исследования на Тюбегатанском месторождении калийных солей рудника горнодобывающего комплекса Дехканабадского завода калийных удобрений. Рекомендованы технологические схемы на добычных и горно-подготовительных работах, а также технология проходки выработок парными забоями.

Рудник горнодобывающего комплекса Дехканабадского завода калийных удобрений (Кашкадарьинская область Республики Узбекистан) введен в эксплуатацию в июле 2010 г. После ввода рудника в эксплуатацию и выхода по добыче руды на проектную мощность (700 тыс. т в год) принято решение об увеличении мощности по разработке Тюбегатанского месторождения калийных солей до 2100 тыс. т в год.

Протяженность Тюбегатанского месторождения калийных солей с юго-запада на северо-восток составляет 24 км (в том числе в Республике Узбекистан – 14 км), при ширине 7 км в районе Лялимканской антиклинали (Республика Туркменистан). Ширина месторождения на территории Республики Узбекистан колеблется от 1,5 до 3,0 км. В общем контуре подсчета запасов его площадь составляет 69,6 км², из них 31,4 км² – в пределах Республики Узбекистан (в том числе 30,7 км² – в контуре утвержденных запасов всех категорий). Схема расположения Тюбегатанского месторождения представлена на рис. 1 [1].

Изучены физико-механические свойства пород на плотность каменной соли и сильвинитов (табл. 1) [1].

На добычных и горно-подготовительных работах в руднике опробованы и приняты к эксплуатации высокопроизводительные комбайновые комплексы с комбайнами Урал-20Р и Урал-10Р. Применена непрерывная схема транспортировки руды от добычных участков до поверхности с применением ленточных конвейеров КЛ-1000, КЛ-1200. В качестве вспомогательного транспорта для спуска-подъема людей, оборудования и материалов принят автомобильный транспорт и шахтная самоходная техника. Для сокращения утечек воздуха, расхода электроэнер-

гии, главную вентиляторную установку, согласно проекта первой очереди, установили в специально пройденных подземных выработках околоствольного двора.

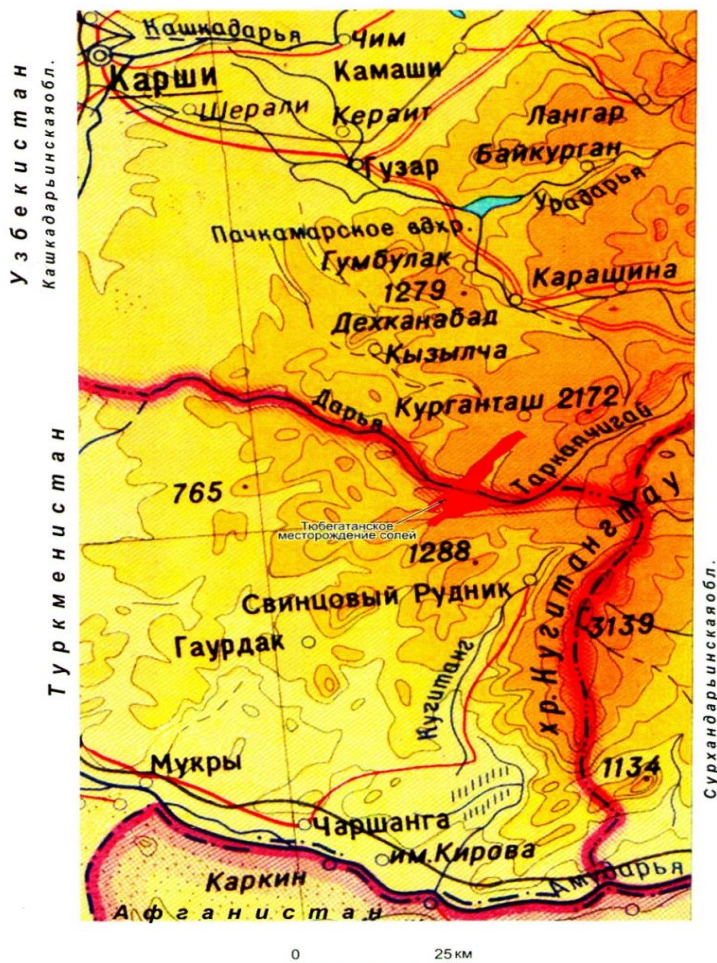


Рис. 1 – Схема расположения Тюбегатанского месторождения

Таблица 1 – Физико-механические свойства пород Тюбегатанского месторождения

Группа испытаний	Порода, возраст	Количество измерений	ρ , г/см ³	$\sigma_{сж}$, кг/см ²
1	Песчаник, K_1krb_2	3	2,50	1266
2	Аргиллит, J_3krb_1	5	2,46	281
3	Каменная соль, J_3gr_2	3	2,06	255
4	Каменная соль, J_3gr_2	81	2,15	–
5	Сильвиниты, J_3gr_2	79	2,05	–
6	Ангидрит, J_3gr_1	3	2,81	737

В настоящее время, согласно проекта I и II этапа, пройдены следующие горные выработки:

- наклонные стволы (№1 – транспортный, № 2 и 3 – конвейерно-вентиляционные) со сбойками;
- выработки околоствольного двора;
- камера подземной вентиляторной установки (ПГВУ);
- камера центральной насосной станции (ЦНС) и центральный рассолосборник;
- камера аварийного склада и склада противопожарных материалов;
- общешахтный бункер на 110 тонн;
- два главных транспортных уклона ствола №1;
- конвейерно-вентиляционный и вентиляционный уклон ствола №2;
- конвейерно-вентиляционный уклон ствол №3;
- подготовлена и отработана панель опытная;
- в эксплуатации панель №1.

Проходка горно-подготовительных и горно-капитальных выработок осуществляется комбайновым комплексом в составе комбайна Урал-20Р, бункера-перегрузателя БП-14В и самоходного вагона 5ВС-15М. Горно-капитальные выработки предназначены на более длительный срок эксплуатации, чем горно-подготовительные.

Предусмотрена проходка подготовительных выработок тупиковыми забоями длиной до 500 м ил парными забоями со сбойками или через пробуренные скважины для проветривания через каждые 200 м.

Рекомендуется следующая технология проходки выработок парными забоями:

Вариант I. Сначала проходится тупиковым забоем одна выработка, затем комбайн отгоняется и осуществляется проходка тупиковым забоем параллельной выработки с оставлением между выработками охранного целика. Далее производится сбойкой между двумя тупиковыми выработками для организации проветривания. По одной из выработок подается свежая струя воздуха, по другой удаляется исходящая струя воздуха. Затем цикл проходки выработок повторяется для достижения необходимой длины выработок. При дальнейшем удлинении проходческих забоев, в ранее пройденных сбойках, устанавливаются парусные переключки из отработанной конвейерной ленты.

Вариант II. Сначала проходится тупиковым забоем одна выработка, затем комбайном проходится соосно параллельная выработка с потолочной не менее 3 м ниже верхней. Далее производится сбойкой между двумя тупиковыми выработками или бурятся скважины диаметром 500 мм для организации проветривания. По одной из выработок подается свежая струя воздуха, по другой удаляется исходящая струя воздуха. Затем цикл проходки выработок повторяется для достижения необходимой длины выработок. При дальнейшем удлинении проходческих забоев, в ранее пройденных сбойках, устанавливаются парусные переключки из отработанной конвейерной ленты.

Транспортирование отбитой горной массы при проходке подготовительных выработок осуществляется самоходным вагоном до закладываемых выработок или до проходческого конвейера, монтируемого в проводимой выработке.

Ежегодным планом горных работ необходимо предусматривать время остановок рудника для производства капитальных, средних и текущих работ по ремонту основного оборудования, технического оборудования комплекса.

В ходе опытно-промышленных работ на опытной панели добыто 1428 тыс. т силвинитовой руды. Содержание КС1 на опытной панели в рудной массе по результатам бороздowego опробования составило 37,53% по промышленному пласту Нижний-2а и 29,45% по промышленному пласту Нижний-2б.

В ходе промышленных работ на панели №1 добыто 2444 тыс. т. Содержание КС1 на панели №1 в рудной массе составило 52,6% по промышленному пласту Нижний-2а и 29,2% по промышленному пласту Нижний-2б.

Исследованиями установлено, что газовый режим рудника благоприятный, отсутствует сероводород. Также отсутствует удароопасность, выбросоопасность сильвинитовых пластов и каменной соли.

Массовая доля пылевых фракций (менее 0,2 мм) в сильвинитовой руде, выдаваемой рудником, на 2-4% меньше по сравнению с другими рудниками.

Проектирование, нарезка последующих панелей возможна только на основании необходимых исследований по эксплуатационной (опережающей) разведки на указанных участках.

При проведении опытно-промышленных работ достигнуто высокое извлечение полезного ископаемого из недр (~44%) и выявлено, что наибольшего внимания требует к себе конвейерный транспорт.

В ходе ведения опытно-промышленных работ выявлена высокая крепость пород. В связи с этим усовершенствована конструкция зубьев исполнительных органов комбайна «Урал-20Р». Данное усовершенствование привело к повышению производительности комбайновых комплексов.

Библиографический список

1. *Отчет по панели №1. Пояснительная записка ГДК-26-200917. – Дехканабад, 2017. – 104 с.*

УДК 629.331

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МУРУНТАУ»

Кахаров С.К.¹, Басалай Г.А.²

¹ *Навоийский технический университет, Узбекистан*

² *Белорусский национальный технический университет*

Рассмотрены горно-геологические и горно-технические особенности золоторудного месторождения «Мурунтау». Приведены результаты анализа работы технологического оборудования, используемого при разработке карьера.

Мурунтау – уникальное по запасам золотое месторождение. Оно расположено в центральной части Кызылкумов, у южного

подножья гряды Мурунтау. Административно оно принадлежит Тамдынскому району Навоийской области Республики Узбекистан. Энергоснабжение осуществляется от государственных линий электропередач, а водоснабжение промышленных предприятий по капитальному водоводу р. Амударья – Зарафшан. Город Зарафшан является основным источником трудовых ресурсов рудника.

Месторождение открыто в 1958 году при заверке геофизических аномалий поисковой партией Кызылкумской экспедиции. В 1967 году по результатам разведки был проведен подсчет запасов месторождения. В настоящее время ведется дополнительная разведка флангов и глубоких горизонтов месторождения. Промышленная разработка началась в 1967 году. В 1985 году на основе материалов доразведки контура блоков были переоценены, уточнены и подсчет запасов выполнен по категории C_1 и C_2 .

Годовая производительность карьера – 36 млн.м³.

Золотосодержащая руда отгружается для переработки на ГМЗ-2 с перегрузочных пунктов рудника "М".

Глубина карьера – более 320 м, горные работы ведутся по проекту составленному в 1975 году (III очередь). Карьер вскрыт траншеями внутреннего заложения, три из которых служат для движения технологического автотранспорта, а четвертая – для размещения наклонных конвейеров комплекса ЦПТ.

Товарная руда доставляется автосамосвалами на два прикарьерных перегрузочных пункта, а затем железнодорожным транспортом – до ГМЗ. Забалансовая руда и порода вывозятся на соответствующие склады и отвалы комплексом ЦПТ (75 %) или автосамосвалами (35 %).

В настоящее время горные работы ведутся в контурах III очереди строительства карьера со следующими проектными параметрами: производительность по горной массе – 36 млн. м³/год; объём чаши карьера – 1,0 млрд.м³; ширина – 3,2 км; глубина – 400 м; Угол погашения капитального борта – 28° – 46°. Углы откосов уступов в предельном положении 40° – 50°.

Гидрогеологические условия, с точки зрения устойчивости бортов и уступов весьма благоприятные, обводненность пород незначительна. Толща пород в районе карьерного поля дренируется выработками разведочной шахты. Уровень подземных вод постоянно снижается и в настоящее время находится ниже горизонта + 100 м. Снижение уровней происходит за счёт систе-

матического водоотлива из подземных выработок, пройденных на горизонтах + 78 м и + 128 м.

Исходя из параметров применяемого горнотранспортного оборудования и условий безопасности работ на руднике "М" высота разрабатываемых уступов составляет 10 - 15 м. Ширина рабочей площадки колеблется в пределах 50 -100 м и в среднем составляет 70 – 80 м. Понижение фронта работ на уступе составляет 10 - 15 м/год.

Бермы безопасности – 10 м; транспортные бермы – 30 м.

Дренаж и осушение осуществляется опережающим способом при проходке горных выработок разведочной шахты "М" по горизонту + 128 м и ниже шахтный ствол заложен вблизи карьерного поля. Кроме того, путём проходки зумпфов, отсекающих приток воды по разломам на обуриваемые и взрываемые блоки. Вода, накапливающаяся в зумпфах, выкачивается и используется для орошения забоев в ЭКГ и полива дорог.

Руды месторождения представляют собой смесь различных жильных, рудных минералов: минералов группы окислов, гидроокислов, сульфатов и др. Из минералов жильного выполнения наибольшим распространением пользуется кварц. Он слагает на 90-95% кварцевые жилы, прожилки и метасоматически изменённые породы. Рудные минералы представлены золотом самородным, пиритом, арсено-пиритом, шеелитом, пирротином, халькопиритом, сфалеритом и др. Золото связано в основном с кварцем и реже присутствует в сульфидах. Руды месторождения разделяются на окисленные и первичные. Основная примесь золота – серебро, которое тесно ассоциируется с золотом, определяя его прочность. Прочность золота колеблется от 577 до 960.

Породы рудовмещающей толщи характеризуется сложным чередованием невыдержанных по простиранию и падению метаморфизованных песчано-сланцевых отложений.

На месторождении также имеют место, в особенности, в его южной части, зоны дробления, представленные сильно трещиноватыми углисто-сланцевыми сланцам, имеющими щербенистую отдельность.

Месторождение очень сложное в структурном отношении. Многочисленные зоны тектонических нарушений, среди которых различаются как крупные, прослеженные по всему полю, так и мелкие, локального значения, расчленяют рудное поле на пять сравнительно крупных тектонических блоков, каждый из которых осложнен более мелкими нарушениями.

Буровзрывные работы (БВР). Бурение взрывных скважин на карьере "М" осуществляется станками шарошечного бурения СБШ-250МН. Диаметр скважины составляет 250 мм. Глубина скважины в зависимости от высоты уступа: при $h = 10$ м глубина скважины 12 м; при $h = 15$ м – 17, 5 м. Число буровых станков – 23 шт. Среднегодовая производительность бурового станка при бурении вертикальных взрывных скважин равна 45 тыс. п.м/год.

К вспомогательному бурению относится бурение наклонных скважин при постановке откосов бортов карьера в конечное положение. Углы бурения $45^\circ - 55^\circ$, длина наклонных скважин 28 – 45 м. Для бурения наклонных скважин используется переоборудованный СБШ-250МН. На вторичном бурении применяются аналогичные станки.

Для безопасного ведения работ применяется смещение сети бурения. При обустройстве пород в зависимости от категории буримости характера оруденения скважины бурятся по сеткам. При наличии заколов, невозможности забурить скважины по проекту, в случае, когда ЛСП больше расчётной, допускается бурение парно-сближенных скважин (спарки).

Для бурения первого ряда скважин по целику станок устанавливается перпендикулярно гусеницами к бровке уступа с использованием дистанционного управления.

При вертикальном бурении пород повышенной категории буримости используют шарошечные долотья – Ш-244,5 ОКП. Нормы расхода долот в зависимости от категории буримости представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы расхода долот

Категория буримости:	XIV	XV	XVI
Нормы расхода шт. на 100 п. м.	0, 460	0, 560	0, 590

Производство массовых взрывов осуществляется в соответствии с "ЕПБ при взрывных работах", "Инструкций о порядке хранения, использования и учёта взрывчатых материалов", "Правил перевозки ВМ автомобильным транспортом", "Инструкции при организации массовых взрывов скважинных зарядов на открытых горных работах центрального рудоуправления НГМК" и "Типового проекта БВР".

Массовые взрывы на карьере "М" производятся один раз в неделю, по субботам, с 14 до 16 часов. Время проведения массо-

вых взрывов согласовывается со всеми подразделениями и сторонними организациями, ведущими работы в контурах карьера.

Выход горной массы с одного погонного метра скважины – $32,2 \text{ м}^3/\text{м}$. Удельный расход взрывчатого вещества – $0,89 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Вспомогательное бурение (при вторичном взрывании); при дроблении негабаритов происходит накладными зарядами.

Взаимосвязь вскрышных и добычных работ. В настоящее время текущий коэффициент вскрыши составляет $5,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$. На очистной выемке находится четыре ЭКГ-8и. На вскрышных работах используется 12 ЭКГ. Из них 2 – ЭКГ-12,5; 2 – ЭКГ-15; 1 – ЭКГ-10; 1 – ЭКГ-8ус; 2 – САТ-5230, 1 – ЕХ-3500, 2 – RH-170, 1 – САТ-5130.

На руднике "М" существует отставание вскрышных работ, которое устраняется путём ввода новых типов высокопроизводительного оборудования.

Перемещение фронта работ планируется исходя из заданной производительности рудника по руде, обеспечения планового объема горно-подготовительных работ и плана отработки месторождения III очереди.

Экскаваторы ЭКГ-4у, ЭКГ-8ус используются, как правило, при оформлении откосов уступов в контурной зоне карьера. Годовая производительность ЭКГ-4у составляет $600 \text{ т.м}^3/\text{год}$. Для вскрышных и добычных работ используются экскаваторы: ЭКГ-8и; 10; 12,5; 15. Годовая производительность экскаваторов составляет $1700 - 1900 \text{ т.м}^3/\text{год}$ и $2500 - 2600 \text{ т.м}^3/\text{год}$.

Схемы работы экскаватора ЭКГ: тупиковым забоем; фронтальным забоем; поперечными заходками. Параметры забоев экскаваторов: максимальная высота забоя – $19,8 \text{ м}$; максимальный угол откоса забоя (от верхней до нижней бровки) 65° . При работе ЭКГ запрещается пребывание людей в зоне действия ковша $R = 21,3 \text{ м}$ (максимальный вылет ковша плюс 5 м).

Коэффициенты использования оборудования составляют:

ЭКГ-8и – $0,56$; ЭКГ-10 – $0,61$; ЭКГ-12,5 – $0,56$;

ЭКГ-15 – $0,48$; ЭГ – 17 – $0,43$; ЭГ – 10 – $0,81$.

Экскаваторы оборудованы радиосвязью и включены в общую систему карьера по учёту транспортирования горной массы.

На руднике применяется комбинированный внутрикарьерный транспорт. В связи с особенностями горно-геологического строения (крутопадающая и ограниченная в плане), высокой селективностью руд и их отдельным складированием по сортам наиболее целесообразным является применение автомобильного

транспорта. Но в связи с большой глубиной разработки месторождения и значительным расстоянием транспортирования (5,5 км) резко снижаются его технико-экономические показатели. В связи с чем с 1984 года осуществлён переход на циклично-поточную технологию (ЦПТ) с использованием конвейерного транспорта (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика конвейерного транспорта

1	Ширина ленты	2м
2	Скорость движения ленты, м/с	3,15
3	Роликоопора – полужёсткая 5-роликовая На грузёной ветви 3 ролика с диаметром 194 мм, угол наклонов боковых роликов – 35°, угол наклона холостых роликов – 10°.	
4	Привод конвейера 3-х барабанный 4-х приводной: диаметр приводных барабанов, мм диаметр натяжного барабана, мм	1640 1400
5	Ход натяжного барабана, м	7
6	Длина линии наклонного конвейера, м магистральный передаточный отвальный	607 982 500 882

Вскрышные породы доставляются автосамосвалами, через дробильно-перегрузочные пункты поступают на наклонные конвейеры, расположенные в крутой траншее под углом 15°, далее через магистральные и отвальные поступают на отвалообразователь, где производится их укладка в отвал. Годовая производительность двух конвейерных подъёмников составляет 20 млн.м³/год. Передвижение конвейеров – фронтальные 1 раз в год и веерные передвижки осуществляются с периодичностью 1 раз в 6 месяцев.

Основным видом транспорта является автомобильный. В качестве автосамосвалов в настоящее время используются БелАЗы: 75307 (гр.п. 220 т.) – 13 шт; 75310 (гр.п. 220 т.) – 30 шт; 7513 (гр.п. 136 т.) – 59 шт; а также САТ 789С (гр.п. 180 т) – 10 шт. До недавнего времени основу автопарка на карьере составляли карьерные самосвалы следующих производителей: CATERPILLAR (США) – 58 машин и EUCLID (Швеция) – 20 машин. Их производительность представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Годовая производительность на один самосвал (тыс.м³/год)

Марка машины	план	факт
EUCLID R-170	606,1	686,2
CATERPILLAR-7858	496,1	495,7

Уклоны автодорог составляют 70%. Схемы манёвров при погрузке и разгрузке: тупиковая; кольцевая – чаще всего использованный заезд для погрузки под ЭКГ.

Техническая скорость движения – 20 км/ч.

Основные показатели организации работ на автотранспорте представлены в таблице 4, а технико-экономические показатели работы карьерного транспорта – в таблице 5.

Таблица 4 – Организация работ на автотранспорте

Количество рабочих смен в году / в сутках	728 / 2
Продолжительность смены, часов	11,4
Коэффициенты резерва	
Количество праздничных дней в году	1

Автосамосвалы работают по открытому циклу, но существует закрепление: 1 и 4-й автоколонны за Западным участком; 2 и 3-й автоколонны за Восточным участком.

Водители работают по скользящему графику с прямым чередованием смен, в 2 смены. Пятидневная рабочая неделя.

Таблица 5 – Техничко-экономические показатели работы карьерного транспорта

		EUCLID	CAT	COMATSY
1	Коэффициент выпуска	0,948	0,778	0,778
2	Коэффициент использования пробега	0,49	0,49	0,49
3	Коэффициент использования грузоподъёма	0,9	0,9	0,9
4	Продолжительность рабочего дня машин, часов	19,1	19,1	19,1
5	Среднетехническая скорость км/ч	24,1	24,1	24,1
6	Время на одну погрузку (разгрузку), ч	0,204	0,138	0,138

На карьере применяется периферийное бульдозерное отвалообразование вдоль всей верхней бровки отвала высотой 1,5 м и площадки с обратным уклоном во внутрь отвала под углом 3-4° в целях безопасной работы автосамосвала. Технические параметры бульдозера D 10N представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Бульдозер D 10N (фирма CATERPILLAR)

Ширина с отвалом, м	4,94
Максимальная глубина рыхления, м	1,4
Производительность, м ³ /смену	1200
Максимальная скорость, км/ч	12
Скорость при рыхлении грунта, км/ч	4
Средняя скорость бульдозера, м/мин	47
Средняя загрузка отвала (длина 30 м), м ³	10,6

Часть породы, которая в процессе разгрузки автосамосвалов скапливается на верхней площадке вдоль бровки отвала, стаскивается бульдозерами под откос. Высота бульдозерных отвалов составляет 40 – 60 м.

Вскрышные породы, которые транспортируются из карьера конвейером, укладываются в конвейерные отвалы при помощи консольных отвалообразователей ОШС-4000/125 (Таблица 7).

Сначала отсыпается конвейерный предотвал высотой 50 м, а затем – отвал высотой 75 м. Общая высота конвейерных отвалов составляет 125 м. Углы откосов как бульдозерных так и конвейерных отвалов равны естественным и составляют 35– 38°.

Таблица 7 – Характеристика отвалообразователя ОШС-4000/125

Производительность, м ³ /ч	4000
Длина перегрузочной консоли, м	42
Длина отвальной консоли	83
Высота отсыпки отвала, м	30
Ширина ленты, мм	2000
Скорость ленты, м/с	3 - 15
Скорость передвижения ОШС, м/час	93,5
Мощность, кВт	1300
Масса, т	1000

Развитие отвалов направлено по выпуклой кривой, что обеспечивает непрерывное возрастание приемной емкости отвала. Схема маневрирования самосвалов на отвале – по кольцу.

Действующие отвалы – это три породных и шесть отвалов забалансовой руды, высота уступа – 60 м. Приемная суточная способность действующих отвалов – 20 тыс.м³.

Вся отгруженная руда на ГМЗ-2 взвешивается на железнодорожных весах с точностью до одной тонны веса каждого думпкара. Требования к качеству отгружаемой руды на ГМЗ-2 определяются "Временными техническими требованиями на золотосодержащую руду, отгружаемую рудником "М" на ГМЗ-2.

Руда загружается в думпкары, транспортируется по железнодорожной ветке на ГМЗ-2. Максимальная крупность кусков не должна превышать 1200 мм.

Влажность руды естественная 1,0 %, в зимнее время 1,5 %.

Суточное колебание содержания золота в отгружаемой руде не должно превышать $\pm 8,5$ % от планового.

На отгруженную карьером руду ежемесячно составляется технологический паспорт отгружаемой руды.

Методы обогащения полезного ископаемого – руда непосредственно идёт в гидрометаллургический передел, с последующим извлечением золота.

УДК 622.235

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОХОДКИ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Казанин О.И., Миронович М.П.

Санкт-Петербургский горный университет

Работа посвящена обоснованию требований к объемам и темпам проходки выработок на основе коэффициента, показывающего необходимое суммарное подвигание проходческих забоев на 1 м суточного подвигания очистного забоя. На основе параметрического моделирования различных вариантов схем подготовки рассчитаны необходимые объемы и темпы проходческих работ, выполнен анализ полученных значений. Полученные результаты являются основой для выбора технологических схем проходки выработок, обеспечивающих своевременное воспроизводство фронта очистных работ при интенсивной отработке угольных пластов с применением выемочных участков больших размеров.

Своевременное воспроизводство фронта очистных работ является необходимым условием обеспечения конкурентоспособности подземной угледобычи. В структуре себестоимости подземной угледобычи особое место занимают затраты на проходку горных выработок, а оптимизация этих затрат является одним из направлений повышения рентабельности горного предприятия.

Анализ современного состояния вопроса показывает, что в настоящий момент широкое распространение, в том числе и за рубежом [1], получили системы разработки длинными столбами с выемочными участками больших размеров, для подготовки которых используют спаренные или строенные штреки. Подобные системы позволяют интенсифицировать ведение горных работ, т.е. обеспечить высокие нагрузки на очистные забои, при этом обеспечивая их безопасность [2].

Общее стремление к повышению уровня концентрации горных работ привело к тому, что многие угольные шахты как в России, так и за рубежом перешли на структуру «шахта-лава», когда вся производительность шахты обеспечивается работой одного очистного и нескольких проходческих забоев.

Все это повышает требования к подготовительным работам, так как нужно за относительно короткий срок провести комплекс оконтуривающих выработок большой протяженности. Он включает в себя штреки различного назначения (конвейерный, вентиляционный, вспомогательный и др.), монтажные камеры, сбойки между спаренными (строеными) штреками и, если требуется, диагональные сбойки (пересекающие сам выемочный столб). На рисунках 1 и 2 схематично представлены основные выработки, проводимые при подготовке участка спаренными и строеными штреками. Выработки, пройденные заранее, залиты сплошным цветом.

При подготовке выемочных участков спаренными выработками по требованиям безопасности возникает необходимость проведения диагональных сбоек через каждые 700 – 800 м по длине выемочного столба. При проведении трех штреков с каждой стороны выемочного столба необходимость проведения диагональных сбоек отпадает.

Суммарная длина подготовительных выработок в общем случае может быть найдена по следующей формуле:

$$L_{\text{сумм}} = nL_{\text{ст}} + L_{\text{лк}} + \sum L_{\text{сб}} + \sum L_{\text{дсб}} \quad (1)$$

где n – количество необходимых штреков; L_{cm} – длина выемочного столба, м;

$L_{mk} = l_{oz} + nB_{ш} + (n-1)B_{ц}$ – длина монтажной камеры,

l_{oz} – длина очистного забоя,

$B_{ш}$ – ширина штрека; $B_{ц}$ – ширина целика между штреками;

$L_{сб} = (n-1) \cdot \frac{l_{cm}}{l_{ц}} \cdot B_{ц}$ – длина вентиляционных сбоек,

$l_{ц}$ – расстояние между сбойками;

$L_{дсб} = \frac{l_{cm}}{A} \cdot \frac{l_{оз}}{\sin(\alpha)}$ – длина диагональных сбоек,

A – расстояние между сбойками,

α – направляющий угол оси проходки диагональной сбойки (выбирается по действующим планам горных работ).

Для своевременного воспроизводства очистных работ необходимо, чтобы к моменту окончания отработки одного выемочного участка следующий был уже полностью подготовлен.

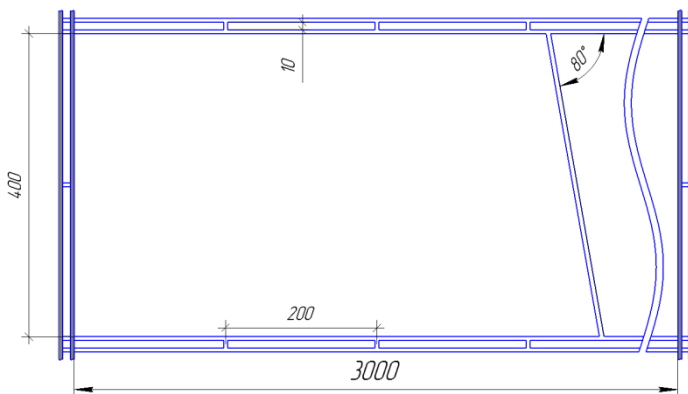


Рис. 1 – Схема подготовки выемочного участка двумя штреками

Таким образом, время подготовки находится в прямой зависимости от времени отработки, которое, в свою очередь, зависит от скорости подвигания очистного забоя. Расчет этой величины может быть произведен по формуле:

$$V_{o3} = \frac{A_{мес}}{l_{o3} \cdot m \cdot \gamma}, \text{ м/мес} \quad (2)$$

где $A_{мес}$ – усредненная нагрузка на очистной забой, т/месяц;

m – мощность пласта, м;

γ – плотность угля в массиве, т/м³.

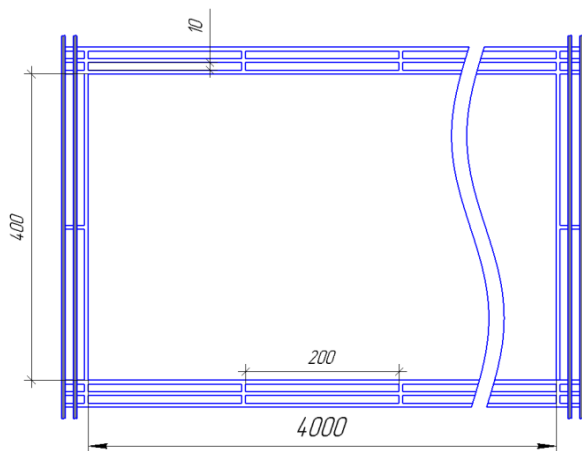


Рис. 2 – Схема подготовки выемочного участка тремя штреками

Необходимо также учесть запас времени на монтаж очистного комплекса и резерв на перевыполнение плана по добыче. С учетом текущих реалий целесообразно принять его за два месяца. Таким образом, общее подвигание проходческих забоев, обеспечивающее своевременную подготовку выемочного участка, или необходимая скорость подготовки:

$$V_{пз} = \frac{L_{сумм}}{L_{см} / V_{o3} - 2}, \text{ м/мес} \quad (3)$$

Для оценки эффективности планировочных решений по подготовке, а также взаимоувязки очистных и подготовительных работ может быть использован коэффициент, показывающий суммарное подвигание проходческих забоев на 1 м. суточного подвигания очистного забоя [3]. С учетом формулы (1), определяющее его отношение имеет вид:

$$L_d = \frac{L_{cm}}{L_{cm}} + \frac{L_{mc}}{L_{cm}} + \frac{\sum L_{сб}}{L_{cm}} + \frac{\sum L_{осб}}{L_{cm}}, M \quad (4)$$

Полученные уравнения были использованы для расчета объемов проходки подготовительных выработок по пласту 50 шахты имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс». В таблице 1 представлены характеристики пласта и параметры системы разработок, необходимые для расчетов.

Анализ полученных значений позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, полученные кривые на рис. 1 свидетельствуют о том, что общая длина подготовительных выработок больше для трехштрековой подготовки, при этом, разница максимальных значений (13 519 м и 15 935 м при длине лавы 400 м) составила 2 416 м, она наблюдается при наибольшей длине столба.

Однако, необходимая скорость подготовки в этом случае отличается всего на 317 м/мес, что для современных проходческих комплексов не является большой величиной.

Полученные результаты расчетов представлены в таблице 2 и на графиках (рис. 3, 4).

Таблица 1 – Характеристики пласта и параметры системы

№	Показатель	Единицы измерения	Значение
1.1	Мощность пласта	м	3,7
1.2.	Плотность угля в массиве	т/м ³	1,3
2.1.	Усредненная нагрузка на очистной забой	т/мес	1 000 000
2.2.	Скорость продвижения очистного забоя при $l_{оз} = 300 \text{ м.}$	м/мес	693
2.3.	Скорость продвижения очистного забоя при $l_{оз} = 400 \text{ м.}$	м/мес	520
3.1.	Ширина штрека	м	5
3.2.	Ширина целика	м	10
3.3.	Расстояние между вентиляционными сбоями	м	200
3.4.	Расстояние между диагональными сбоями	м	700
3.5.	Направляющий угол оси проходки диагональной сбойки	градус	80

Таблица 2 – результаты расчетов

п штреков	Длина лавы, м	Подвигание лавы, м/мес	Длина выемочного столба, м	Общая длина подготовительны х выработок, м	Кэфф. L_d	Время отработки, мес
2	300	520	3 000	7 690	2,563	4,3
			3 500	8 720	2,579	5,1
			4 000	10 350	2,588	5,8
			4 500	11 380	2,529	6,5
			5 000	12 705	2,541	7,2
	400	693	3 000	8 198	2,733	5,8
			3 500	9 228	2,753	6,7
			4 000	11 062	2,766	7,7
			4 500	12 092	2,687	8,7
			5 000	13 519	2,704	9,6
3	300	520	3 000	9 635	3,212	4,3
			3 500	11 195	3,199	5,1
			4 000	12 735	3,184	5,8
			4 500	14 295	3,177	6,5
			5 000	15 835	3,167	7,2
	400	693	3 000	9 735	3,245	5,8
			3 500	11 295	3,227	6,7
			4 000	12 835	3,209	7,7
			4 500	14 395	3,199	8,7
			5 000	15 935	3,187	9,6

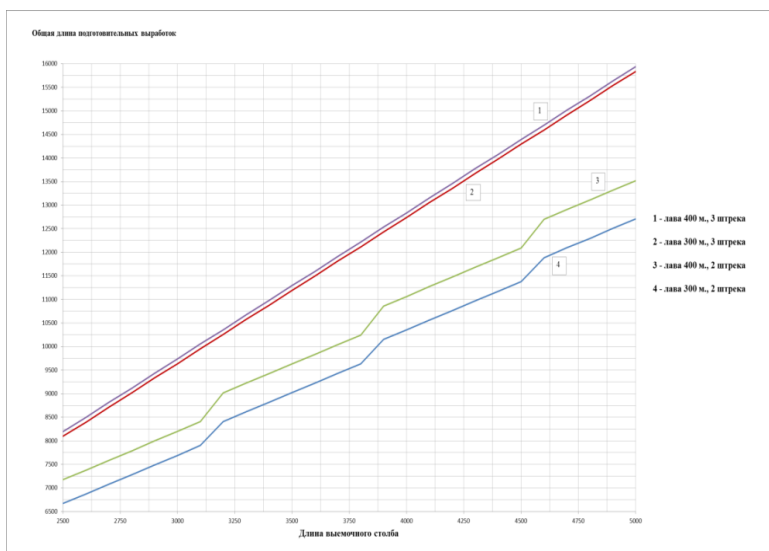


Рис. 3 – Зависимость общей длины подготовительных выработок от длины выемочного столба

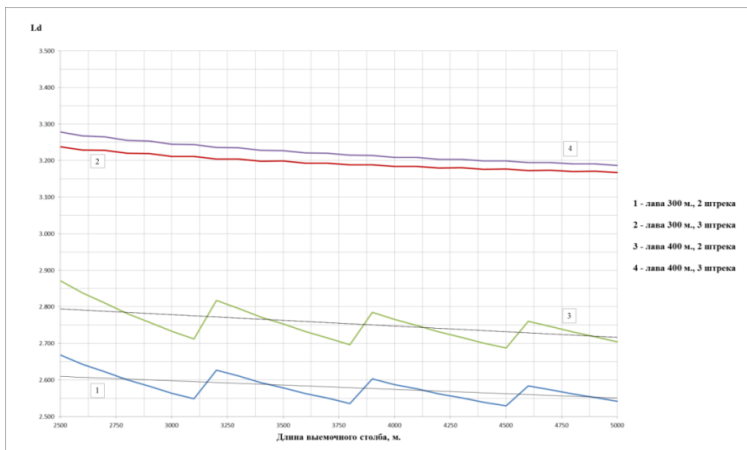


Рис. 4 – Зависимость коэффициента подвигания проходческих забоев от длины выемочного столба

Необходимо отметить, что кривые, описывающие подготовку двумя штреками, имеют характерные изломы, обусловленные тем, что количество диагональных сбоек описывается целым числом, зависящим от длины столба, и изменяющимся не постепенно. Это затрудняет использование коэффициента подвигания проходческих забоев для текущей корректировки отношения подготовительных и очистных работ.

Для трехштрековой подготовки сделать это значительно легче – например, если при длине столба 4000 м и длине лавы 300 м подвигание очистного забоя составляет 693 м/мес, подвигание проходческих забоев должно быть не менее 2207 м/мес. Максимальное значение коэффициента подвигания соответствует трехштрековой подготовке и длине лавы 400 м и равно 3,245, что предполагает суммарное суточное подвигание проходческих забоев до 56,3 м/сут. Полученные данные, вместе с горно-геологическими и горнотехническими условиями, характеристиками используемого оборудования, схемами проветривания и др. факторами, определяют количество одновременно действующих проходческих забоев, а значит и количество проходческих комплексов, требуемых для подготовки выемочного столба [4].

Таким образом, результаты работы могут быть использованы для эффективного планирования горных и подготовительных

работ, выбор необходимого оборудования, а также оценки проектных решений. Предложенный подход может быть использован при расчете соотношения между очистными и подготовительными работами на калийных рудниках.

Библиографический список

1. Syd S. Peng. *Longwall Mining*. – West Virginia University, 2006. – 621 P.

2. *Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс». Том 3. Подземные горные работы. Книга двенадцатая.* / Казанин О.И., Коршунов Г.И., Розенбаум М. А. [и др.] – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014.

3. Казанин О. И. *Воспроизводство очистного фронта при интенсивной отработке выемочных участков угольных пластов. Тезисы Кузбасского международного угольного форума, 2007 г.*

4. Казанин О.И., Долоткин Ю.Н., Задавин Г.Д. *Возможности и перспективы скоростного проведения выработок при многоштрековой подготовке выемочных участков на ОАО «Воркутауголь» // Уголь. – 2007, – №12. – с. 4-8*

УДК 622.256.272.274.(047).54: 622.023.62-112

МЕХАНИЗАЦИЯ СМОЛОИНЪЕКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПРИКОНТУРНЫХ МАССИВОВ ВЫРАБОТОК

Конгар-Сюрюн Ч.Б.

*Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС», г.Москва*

Рассмотрена возможность улучшения механизации укрепления приконтурного массива выработок. Предложены варианты улучшения подачи инъекционного раствора в массив, рассмотрены различные технологические схемы подачи инъекционного раствора в приконтурный массив и предложена оптимальная схема нагнетания. Произведена классификация инъекционных растворов с точки зрения возможности их применения в различных по устойчивости породах и технологии инъектирования.

Введение

Современные тенденции геотехнологии направлены на повышение интенсивности извлечения полезного ископаемого [1]. При возрастающих нагрузках на горные выработки и увеличения скорости их проходки достаточно остро стоит задачи обеспечения высокой надёжности и безопасности при проходческих работах и эксплуатации горных выработок. Частота геотехногенных катастроф при извлечении полезных ископаемых из недр Земли увеличивается. Только за два месяца 2019 года произошли обрушения кровли выработок на рудниках «Корбалихинский» Алтайский край, «Сарылах» в Якутии, «Ново-Кальинская» в Свердловской области и др. Это наиболее крупные катастрофы, которые привели к остановке рудника. Некоторые катастрофы приводили к образованию провалов на земной поверхности, разрушению рудника и потере запасов полезных ископаемых [1 – 3]. Помимо этого геотехногенные катастрофы оказывают отрицательное влияние на окружающую среду и несут угрозу экологической безопасности [4 – 6]. Следовательно, основным направлением при подготовительных и проходческих работах, является создание и внедрение машин, механизмов и оборудования, позволяющих применить актуальную технологию крепления горных выработок, обеспечивающих надёжность, безопасность и эффективность.

Консолидированное упрочнение

Необходимо создать оборудование для инъекционного упрочнения и разработать технологии, позволяющие в сложных горно-геологических условиях изменять физико-механические характеристики нарушенных пород приконтурной зоны выработок, что предоставит возможность эффективно управлять состоянием массива [7].

Наиболее эффективным направлением является одновременное использование штангового крепления с последующим инъецированием растворов [8]. В данном случае мы получаем консолидирующую крепь, которая характеризуется совокупностью связанных между собой различных элементов: крепь – упрочнённая приконтурная зона – массив. В данном случае существует большая доля вероятности обеспечить необходимую безопасность, надёжность и стабильную устойчивость выработки. Такая консолидация исключает смещение и вращение отдельных участков приконтурной зоны выработки и повышает прочность нарушенных пород.

Для реализации данной технологии консолидированного упрочнения пород приконтурной зоны выработки необходимо принять следующую схему: бурение шпуров в кровле сразу после её обнажения; установка в шпуре инъекционных штанг и их натяжение; предварительное упрочнение штанги; нагнетание упрочняющего состава в массив.

Принятая схема упрочнения исключает отслоение пород в зоне нагнетания, обеспечивает восстановление естественной прочности пород и предупреждает их последующее скалывание. Шпуры при данной схеме выполняют двойную функцию: служат для установки и закрепления штанг; используются для подачи в массив инъекционного раствора. При данной схеме возможно использование различных штанг, с различным типом крепления.

Выбор материала для инъектирования

При выборе материала нагнетания необходимо учитывать технико-экономические показатели. С одной стороны с точки зрения эффективности и минимизации расходов на крепление необходимо использовать материалы на основе цемента. Но данные растворы имеют ряд недостатков: нестабильное качество цементации приконтурной зоны выработки; расслоение раствора в момент инъектирования; с увеличением глубины инъектирования происходит возрастание суммарного сопротивления нагнетанию; наличие воды способствует размыванию пород приконтурной зоны, что временно снижает их прочность.

С точки зрения технических показателей, наиболее достойными внимания с научной и промышленной точки зрения, являются растворы на основе полимерных материалов: карбамидные; фенолформальдегидные; полиуретановые; полиэфирные; эпоксидные; хлормagneзиальные; органо-минеральные и др. Основными факторами для возможности использования полимерных материалов для крепления приконтурных зон выработок являются: высокая проникающая способность; высокая пластичность; стабильное качество прочности на всю глубину проникновения; возможность регулирования свойств непосредственно перед подачей в скважину; короткие сроки схватывания. Однако эти растворы обладают рядом недостатков: высокая стоимость; некоторые растворы токсичны; быстрое схватывание некоторых растворов; некоторые растворы после схватывания становятся хрупкими [9].

Склонные к трещенообразованию и обрушению породы и руды рудников весьма разнообразны. По степени увлажнённости приконтурный массив может находиться в любом состоянии: от сухого до мокрого. Температура упрочняемых пород на рудниках находится в интервалах от +5 до +30°C, а в районах крайнего севера в отрицательных интервалах до -10°C. Помимо естественного состояния приконтурного массива выработок, важное значение, при выборе раствора инъектирования для его укрепления имеет степень раскрытия трещин. Если ширина раскрытия трещин мала (до 1 мм.), то прочность соединения блоков определяется их функциональной связью и характеризуется адгезией состава в природе. Если ширина раскрытия трещин значительна (2-5 мм.), то во внимание необходимо принимать когезионную прочность самого состава, так как система «порода – упрочняющий состав» работает как композит из двух материалов. В данном случае показатели прочности затвердевшего инъекционного материала должны приближаться к соответствующим показателям пород приконтурной зоны.

Полимерные материалы, используемые для упрочнения приконтурного массива, должны обладать значительной жизнеспособностью после смешивания исходного сырья, интенсивно проникать в трещины и затвердевать в заданных интервалах времени.

Отсутствие хрупкости и усадки – одно из основных свойств упрочняющих растворов. Хрупкость при незначительном проявлении горного давления или каком-либо влиянии горных работ на массив приводит к нарушению связи «порода – упрочняющий состав». Усадка связующего состава в трещинах большого объёма приводит к образованию новой микротрещины и уменьшению прочности и устойчивости закреплённого массива.

Противоположным усадке является свойство увеличения объёма раствора после затвердевания. Данное свойство является положительным для инъекционных растворов, так как в процессе увеличения объёма в момент затвердевания происходит возникновение дополнительных связей и распорных сил, что способствует сохранению состояния равновесия.

Упрочнённый массив, как в процессе затвердевания растворов, так и после их затвердевания может подвергаться сдвигающим деформациям в результате воздействия горного давления или буро-взрывных работ. Следовательно, инъекционный раствор должен обладать пластичностью в процессе твердения и эластичностью после окончательного затвердевания. Оба этих

требования способствуют сохранению равновесного состояния укрепленных блоков приконтурного массива. При малых взаимных перемещениях.

При упрочнении массива на контакте с рудным телом, часть его может подвергнуться проникновению инъекционного раствора, что может отрицательно сказаться в последующем в процессе обогащения. Следовательно, состав инъекционного раствора должен полностью исключать отрицательное влияние на обогатимость руды.

Указанные требования являются достаточно жесткими при выборе инъекционного состава. Однако, свойства инъекционных растворов не являются неизменными. В результате активации различных составляющих раствора и раствора в целом, существует возможность изменения, как свойства раствора, так и свойства конечного омоноличенного массива [10]. В качестве активаторов можно использовать отходы обогатительных фабрик [11].

Анализ большого количества инъекционных растворов позволил произвести их классификацию с точки зрения возможности их применения в различных по устойчивости породах и технологии инъектирования (рис. 1).

Материалы, выходящие за пределы зоны С, недопустимы к применению в качестве инъекционных растворов при укреплении приконтурной зоны выработок.

Оборудование для механизации инъекционных работ

Для выполнения работ по инъекционному упрочнению горных пород требуется определенное сочетание нескольких групп оборудования: оборудование для бурения скважин; контрольно-измерительная аппаратура; оборудование для нагнетания укрепляющих химических составов.

Для бурения инъекционных скважин и шпуров используется стандартное серийное оборудование аналогичное тому, которое применяется на проходческих и очистных работах.

В качестве контрольно-измерительной аппаратуры при нагнетании инъекционных закрепляющих составов используют манометры, термометры и расходомеры. Приборы контроля за расходом нагнетаемого состава, которая позволяет определить степень насыщения массива в процессе нагнетания. К таким приборам относятся турбинные, массовые, ультразвуковые и индукционные расходомеры. Применение того или иного типа расходомера обусловлено физико-химическими свойствами инъектируемого состава. Следует, однако, ответить, что ультра-

звуковые расходомеры отличаются наибольшей универсальностью, а индукционные – высокой надежностью.

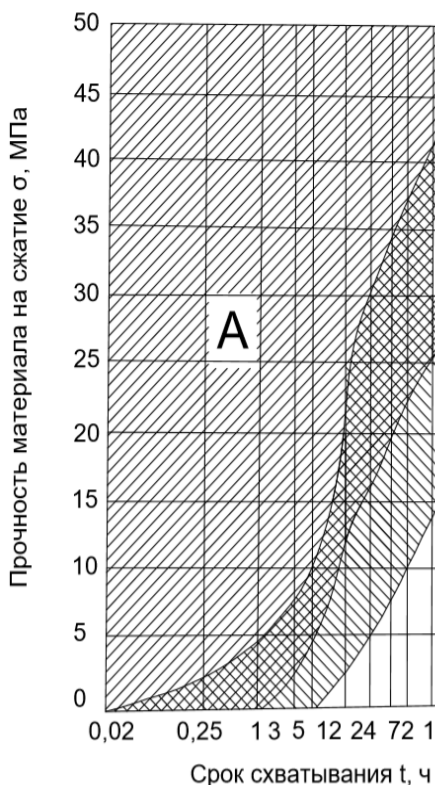


Рис. 1 – Классификация вяжущих материалов, используемых для инъектирования:
A – с очень быстрым нарастанием сопротивления;
B – с быстрым нарастанием сопротивления;
C – с медленным нарастанием сопротивления

Качество работ при инъекционном способе укрепления зависит от контроля и определения физико-механических свойств пород, зоны распространения раствора, направления внедрения инъекторов и соблюдения заданных параметров нагнетания.

Исследование характеристик пород укрепляемого и заинъектированного массива может быть осуществлено при помощи

геофизических методов - электрического, радиоактивного и акустического каротажа.

Основной задачей данного исследования является: механизация работ по упрочнению контурного массива выработок и выбор технологической схемы инъектирования.

При проведении работ возможно использование различных технологических схем упрочнения, которые подразделяются по следующим признакам:

1. времени ведения работ по упрочнению по отношению к производству проходческих и очистных операций;
2. способу образования упрочняющего состава из компонентов;
3. режиму испытания.

По первому признаку схемы упрочнения могут быть подразделены на:

- предварительное упрочнение массива (опережающее упрочнение);
- упрочнение из забоя выработки одновременно с производством проходческих или очистных операций (одновременное упрочнение).

По второму признаку схемы нагнетания:

- однорастворная схема, заключающаяся в предварительном приготовлении раствора и нагнетания его в массив;
- смешанная схема (заключается в раздельной подаче компонентов под высоким давлением и смешивании их непосредственно перед инъектированием)
- двухрастворная схема (раздельное нагнетание компонентов)

По третьему признаку:

- зажимный режим;
- циркуляционный режим.

Технология нагнетания при опережающем, последующем и одновременном упрочнении практически не различается.

Однорастворная схема нагнетания позволяет наиболее строго выдерживать соотношение компонентов, так как состав готовится предварительно. Недостатки схемы:

- необходимость принимать такое соотношение компонентов, при котором время гелеобразования составляло бы не менее 40 минут;
- невозможность технологических перерывов до полного израсходования приготовленного состава, т.к. это вызывает схватывание и затвердение состава в оборудовании;

- высокая трудоемкость обслуживания, связанная с необходимостью очистки и промывки оборудования после каждого цикла нагнетания.

Смешанная схема нагнетания является наиболее универсальной. Она позволяет создавать широкий диапазон изменения времени гелеобразования, соотношение компонентов можно принимать таким, чтобы время гелеобразования снижалось до 3-5 минут. Упрочняющий состав образуется непосредственно перед подачей в шпур, опасность затвердевания состава в оборудовании исключается, сокращается время на обслуживание нагнетательного оборудования.

Двухрастворная схема нагнетания неприемлема при инъекционном упрочнении полимерными материалами. Она применяется при использовании составов на основе силикатных вяжущих или силикатнополимерных вяжущих.

При инъекционном упрочнении горных пород в подземных условиях подача упрочняющего состава производится только в зажимном режиме нагнетания.

Выводы

Подводя итог проведённому анализу, следует сделать вывод, что в разрабатываемом оборудовании необходимо принять смешанную схему нагнетания, которая при необходимости может быть легко трансформирована в одно или двухрастворную схему.

Необходимо произвести исследования по изучению радиусов распространения различных инъекционных растворов в приконтурной зоне в зависимости от трещиноватости и величины раскрытия трещин при применении данного оборудования и выбранной схемы нагнетания.

Библиографический список

1. *M. Khayrutdinov, A. Ivannikov. The use of mining waste for backfill as one of sustainable mining activities. Proceedings of International Conferences on Geo-spatial Technologies and Earth Resources (GTER 2017), Hanoi, Vietnam, 5-6 October, 2017, 715-717, 2017*

2. *М.М. Хайрутдинов, "Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства", Ways to improve development systems with laying the developed space, Gornyi Zhurnal, no. 11. pp. 40-43, 2007 (In Russian).*

3. *М.М. Хайрутдинов, "Применение отходов горного производства в качестве закладочного материала для снижения вредного воздействия на окружающую среду", The use of mining*

waste as a filling material to reduce the harmful effects on the environment, *Gornyi Zhurnal*, no. 2. pp. 64-66, 2009 (In Russian).

4. Тулыаева Y.S., Хайрутдинов А.М. “Щадящая геотехнология”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 283-286, 2019

5. Хайрутдинов А.М., Тулыаева Y.S. “Извлечение полезного ископаемого на небесных телах. Предпосылки, технологические аспекты и правовые основы”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов.*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 280-283, 2019.

6. Качаев Р.О., Айрапетян Э.Ц., Иванников А.Л. “О соблюдении условий охраны окружающей среды при строительстве подземных хранилищ газа”, *Горная промышленность № 2*, 2017.

7. Хайрутдинов М. М., Карасёв Г. А. “Формирование разнородных закладочных массивов при разработке месторождений полезных ископаемых”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 276-2283, 2008 (In Russian)

8. В. А Хямяляйнен., А. Е. Майоров “Новые способы цементационного упрочнения горных пород”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 9. pp. 212-217, 2010 (In Russian).

9. А.М. Беляев, “Смолоинъекционное упрочнение боковых пород для улучшения показателей извлечения руды”, *Диссертация. Московской государственной горной университет*, 1984.

10. А.Н. Чистяков, М.М. Хайрутдинов, Е.В. Артюхов, “Влияние различных способов активации на физико-механические свойства закладки” *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 232-246, 2009 (In Russian).

11. Конгар-Сюрюн Ч.Б. “Построение математической модели прогнозирования качественно-количественных показателей обогащательных фабрик” *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов*. М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 336-338, 2019.

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СКВАЖИН УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ИМПУЛЬСНО-РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ

Кочергин А.Ю., Ивашечкин В.В., Кондратович А.Н.
Белорусский национальный технический университет

В длительно эксплуатирующихся водозаборных скважинах происходит накопление коагулирующих отложений с образованием цемента обрастания, что приводит к частичной, а затем и полной потере дебита водозабора. Для предотвращения полной закупорки фильтра и прифилтровой зоны необходимо производить регенерацию скважины. Предложено устройство для импульсно-реагентной регенерации скважин. Анализ работы устройства показывает, что оно характеризуется высокой эффективностью, благодаря большой глубине проникновения реагента в прифилтровую зону скважины, большими скоростями циркуляции, непрерывной порционной подачей реагента в область фильтра.

В БНТУ разработано устройство для импульсно-реагентной регенерации скважин. Устройство предназначено для восстановления дебита водозаборных скважин, в том числе с длительными сроками эксплуатации, когда их фильтр и прифилтровая зона закольматированы прочными цементированными отложениями.

Схема работы устройства отображена на рисунке. Погруженную часть устройства на тросе лебедки 4 опускают в зону очищаемого фильтра и устанавливают в его верхней части. Затем подают напряжение от источника постоянного тока 2 на электролизер 1, заполненного раствором гидроксида калия КОН. Образующиеся при разложении воды водород и кислород поступает через предохранительный затвор по газопроводному шлангу 3 в полость рабочей камеры 5 и барботируя через слой жидкости, газы попадают в полость рабочей камеры 8.

Через определенное время, достаточное для накопления в рабочей камере заданного объема газа, напряжение на электролизере 1 выключают и после паузы, необходимой для прекращения движения газовой смеси в газовом шланге 3, включают свечу поджига 7.

Паровая полость как поршень воздействует на жидкость. В воду излучаются волны сжатия на стадии расширения продуктов взрыва и волны разряжения на стадии конденсации паровых пузырей.

Энергия произведенного газового взрыва расходуется на разрушение отложений на участке фильтра между рабочей камерой 5 и отражателем 6.

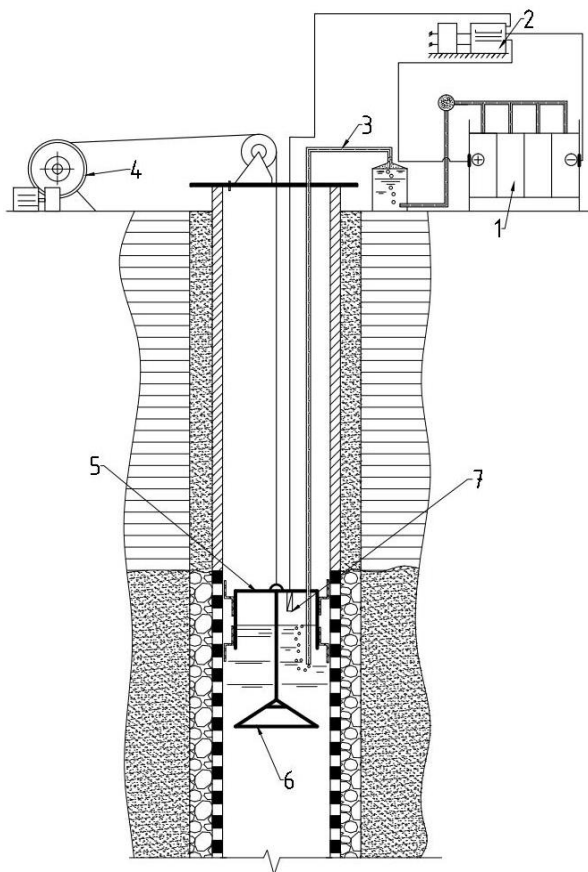


Рис. – Схема работы устройства для импульсно-регентной регенерации скважин:
1 – электролизер; 2 – источник постоянного тока;
3 – газовый шланг; 4 – лебедка; 5 – рабочая камера;
6 – отражатель; 7 – свеча поджига

Таким образом, газовый взрыв в рабочей камере разрушает цементированные отложения, характерные для длительно экс-

плуатирующихся скважин. Если подводные взрывы производятся в среде реагента, это значительно интенсифицирует процесс растворения. При взрывах происходит измельчение отложений, возрастает площадь поверхности кольматанта, что интенсифицирует процесс растворения, значительно увеличиваются скорости движения реагента на поверхности кольматанта при пульсациях продуктов взрыва, что улучшает отвод продуктов реакции, блокирующих процесс растворения. Все это повышает эффективность извлечения отложений из фильтра и пористой среды гравийной обсыпки и пласта. Процесс инициирования взрывов осуществляют до тех пор, пока фильтру не будет передана расчетная (исходя из прочности кольматанта и глубины его проникновения) энергия.

Устройство успешно прошло полевые испытания на скважинном водозаборе Минского Тракторного завода, который располагается по периметру территории завода. Три артезианские разведочно-эксплуатационные скважины: №7, №12/92, №14/92 снизили свой удельный дебит, в связи с чем появилась необходимость регенерации. В качестве решения возникшей проблемы была предложена технология удаления кольматирующих отложений, подразумевающая использование разработанного в БНТУ устройства.

На первом этапе работ производились подготовительные работы, изучение исходных материалов, определение технического состояния скважины, снятие величин статического и динамического уровней, определение дебита и текущего удельного дебита скважины, сравнение его с паспортным значением. На скважине №12 дополнительно производилась телеметрия ствола скважины.

На втором этапе работ производился декольматаж скважин: спуск, подъем генератора импульсов в скважине, обработка фильтра ударной волной с применением взрыва водородно-кислородной газовой смеси, чистка скважины от песчаной пробки желонкой, монтаж оголовка, прокачка скважины, заключительные работы, составление технического отчёта.

Методика измерений заключалась в следующем, статический уровень $H_{ст}$ воды в скважине определяли при выключенном насосе с помощью электроуровнемера или датчика давления, установленного над насосом. Дебит скважины определяли при включенном центробежном насосе марки ЭЦВ при подаче на выброс с помощью мерной емкости или по водомеру при

подаче в сеть. Наблюдая за понижением уровня воды в скважине, добивались момента, когда уровень стабилизировался, что указывало на равенство производительности насоса Q_n и дебита скважины $Q_{скв}$, т.е. $Q_n = Q_{скв} = Q$. Динамический уровень H_0 воды в скважине при работающем насосе определялся с помощью электроуровнемера или датчика давления, установленного над насосом.

Результаты полевых испытаний на скважине № 7:

Скважина находится на территории завода ЖБИ. Паспортные данные, результаты гидравлического обследования и регенерации скважины № 7 представлены в таблице № 1.

Таблица 1 – Паспортные характеристики скважины № 7, результаты обследования и газоимпульсной обработки

№ п/п	Параметры	Паспортные характеристики	Результаты обследования	Результаты регенерации
1	Глубина скважины, м	62,0	61,5	62,0
2	Статический уровень, м	25	25	25
3	Динамический уровень, м	30	40	32
4	Дебит, м ³ /ч	40,0	10	42
5	Понижение уровня, м	5,0	15	7
6	Удельный дебит, м ³ /ч/м	8	0,67	6

Анализ результатов гидравлического обследования скважины №7: Скважина не пескует при пусках на открытую задвижку и при частично закрытой задвижке при дебитах Q не более 10 м³/ч. В воде присутствуют рыхлые механические примеси частиц железистого кольматанта. Удельный дебит скважины уменьшился в процессе эксплуатации из-за кольматационных процессов в фильтре и гравийной обсыпке в 12 раза. Из-за этого насос выхватывает воздух.

Результаты газоимпульсной обработки скважины №7: Удельный дебит скважины увеличился с 0,67 м³/ч/м до 6,0 м³/ч/м, т. е. в 9 раз и составил 75 % от первоначального при бурении.

Результаты полевых испытаний на скважине №14/92:

Скважина находится за территорией завода в парке 40-летия Октября и имеет огороженную зону санитарной охраны. Паспортные данные, результаты гидравлического обследования и регенерации скважины представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Паспортные характеристики скважины № 14/92, результаты обследования и газоимпульсной обработки

№ п/п	Параметры	Паспортные характеристики	Результат обследования	Результат регенерации
1	Глубина скважины, м	60	59,5	60
2	Статический уровень, м	27	23	23
3	Динамический уровень, м	-	43,0	29
4	Дебит, м ³ /ч	-	5	31
5	Понижение уровня, м	-	16	6
6	Удельный дебит, м ³ /ч/м	-	0,31	5,17

Анализ результатов обследования скважины 14/92:

Скважина не пескует при пусках на открытую задвижку и при частично закрытой задвижке при дебите $Q = 5 \text{ м}^3/\text{час}$. В воде содержатся частицы кольматанта. Удельный дебит скважины снизился, насос выхватывает воздух.

Результаты газоимпульсной обработки скважины №14/92:

Удельный дебит скважины увеличился с 0,31 м³/ч/м до 5,17 м³/ч/м, то есть в 17 раз.

Вывод

В результате полевых испытаний была подтверждена высокая надежность и эффективность устройства: удельный дебит скважин после газоимпульсных обработок увеличился в 9 (скважина № 7) и 17 (скважина №12) раз. Дополнительная реагентная обработка скважин не потребовалась.

УДК 628.112

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ РАСЧЕТОВ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Крицкая В.И., Ивашкин В.В., Ануфриев В.Н.
Белорусский национальный технический университет

Целью проведения комплексных расчетов водозаборов подземных вод является снижение энергозатрат на добычу воды из скважин и транспортировку на станцию второго подъема. Для реализации этой цели необходимо на первом этапе выполнить гидравлический расчет системы сбора воды от скважин, выбрать соответствующее водо-

подъемное оборудование, выполнить корректировку математической модели с учетом фактических значений напоров в узлах сборных водоводов и дебитов скважин, а затем, на втором этапе – выполнить анализ изменения производительности отдельных скважин и водозабора в целом с учетом кольматационных процессов и сработки запасов подземных вод, разработать мероприятия по интенсификации водозабора с прогнозом их эффективности и оптимизировать работу водозабора.

Гидравлический расчет системы сбора воды от скважин

Основой гидравлического расчета является математическая модель водозабора подземных вод. Исходными данными для ее создания являются материалы натурного обследования водозабора: расчетная схема расположения скважин и сбора воды (рис. 1); параметры пластов, характеристики скважин и насосного оборудования; взаимовлияние скважин.

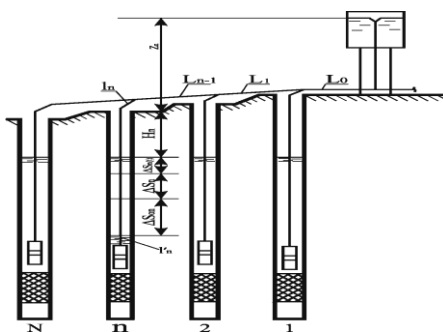


Рис. 1 – Расчетная схема водозабора

Система нелинейных уравнений, описывающих работу водозабора, состоит из N уравнений, равных числу скважин водозабора с неизвестными дебитами Q_n . Каждое уравнение представляет собой баланс напоров потока в трубопроводе с включенным в него насосом, забирающим воду из n -ой скважины водозабора. Уравнение для n -ой скважины водозабора имеет вид:

$$H_n^H = S_n + H_n + Z_n + \Delta H_n, \quad (1)$$

где H_n^H – напор насоса; S_n – понижение в скважине; H_n – расстояние от устья скважины до статического уровня; Z_n – геометрический напор; ΔH_n – суммарные потери напора в колонне водоподъёмных труб длиной l'_n , линии подключения к сборному водоводу длиной l_n , на участках сборного водовода $\sum_{1}^{n-1} L$ и конечном участке L_0 .

Выражение для напора скважинного насоса может быть аппроксимировано в виде полиномиальной зависимостей

$$H_n^H = a_n - \epsilon_n Q^2 - c_n Q, \quad (2)$$

где a_n – некоторый фиктивный напор насоса; ϵ_n, c_n – коэффициенты кривой $H_n^H(Q)$ насоса, характеризующие его фиктивное гидравлическое сопротивление.

Понижение в n -ой скважине S_n может быть представлено в виде

$$S_n = S_{0n} + \Delta S_n, \quad (3)$$

где S_{0n} – понижение уровня, вызванное откачкой из данной скважины в условиях её одиночной работы без учёта влияния взаимодействующих скважин;

ΔS_n – понижение (срезка) уровня в этой скважине, обусловленное влиянием всех совместно работающих скважин;

Обозначим через S'_n понижение в n -ой скважине с учётом влияния взаимодействующих с ней скважин

$$S'_n = S_{0n} + \Delta S'_n. \quad (4)$$

Удельный дебит q'_n n -ой скважины с учётом влияния взаимодействия можно найти по методу М.Е. Альтовского [1]

$$q'_n = q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \alpha_{j,n} \right), \quad (5)$$

где $\left(\sum_{j=1}^n \nabla \alpha_{j,n} \right)$ – суммарный коэффициент снижения дебита,

равный сумме коэффициентов снижения дебита $\alpha_{j,n}$ влияния всех j -х скважин, взаимодействующих с n -ой скважиной; q_n – удельный дебит скважины на момент обследования при её одиночной работе; индекс ∇ указывает на то, что из суммы исключен член $j = n$.

Коэффициенты снижения дебита $\alpha_{j,n}$ определяются по данным одиночных откачек.

Тогда дебит скважины Q_n с учетом взаимодействия равен

$$Q_n = S'_n q'_n = S'_n q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \nabla \alpha_{j,n} \right). \quad (6)$$

Отсюда понижение в скважине с учетом взаимодействия:

$$S'_{n(t)} = Q_n / \left[q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \nabla \alpha_{j,n} \right) \right]. \quad (7)$$

Потери напора ΔH_n в трубопроводах определяют по общей формуле

$$\begin{aligned} \Delta H_n = & (l_n A_n) Q_n^2 + (l'_n A'_n) Q_n^2 + L_0 A_0 \sum_{j=1}^N Q_j^2 + \\ & + L \sum_{i=1}^{n-1} A_i \left(\sum_{j=1}^N Q_j - \sum_{j=1}^{n-1} Q_j \right)^2 \end{aligned} \quad (8)$$

где A – удельное сопротивление трубопроводов.

Подставив в уравнение (1) выражения (2), (6) и (8) получим

$$\varepsilon_n Q_n^2 + c Q_n + Q_n \left[q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \nabla \alpha_{j,n} \right) \right] + H_n + Z_n + \Delta H_n - a_n = 0 \quad (9)$$

Система уравнений вида (9) решается итерационными методами, определяются дебиты скважин, напоры в узлах сборного водовода и производится корректировка математической модели с учетом фактических значений напоров в узлах сборных водоводов и дебитов скважин.

Анализ снижения производительности отдельных скважин и водозабора в целом. Производительность водозабора снижается с течением времени.

На интенсивность снижения во времени производительности группового водозабора подземных вод оказывают влияние следующие процессы: 1) кольматаж фильтров скважин; 2) сработка запасов подземных вод; 3) износ насосного оборудования; 4) снижение пропускной способности трубопроводов.

Проведем учет этих процессов и выполним анализ степени влияния каждого в отдельности и в целом на интенсивность снижения производительности водозабора.

Учет кольматажа фильтров скважин. Для фильтров, имеющих сниженную по сравнению с пластом проницаемость, изменение удельных дебитов в результате химического кольматажа подчиняется экспоненциальной зависимости

$$q_t = q_0 e^{-\beta t}, \quad (10)$$

где q_t – текущий удельный дебит; q_0 – начальный удельный дебит скважины; β – коэффициент, учитывающий изменения удельного дебита скважины в связи с кольматажем (коэффициент старения скважины); t – время.

Отсюда понижение в n -ой скважине с учетом взаимодействия (10) и роста кольматажа во времени

$$S'_{n(t)} = Q_n e^{\beta t} \left[q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \nabla \alpha_{j,n} \right) \right]. \quad (11)$$

Коэффициент β , учитывающий изменения удельного дебита скважины в связи с кольматажем, определяются на каждой скважине по результатам наблюдений за изменением удельного дебита от момента сооружения скважины.

Учет сработки запасов подземных вод. Расчет дополнительного понижения уровня в несовершенной скважине, работаю-

щей с постоянным дебитом Q в результате сработки запасов подземных вод за период времени t [год] от момента после проведения обследования рассчитываем по формуле [2]

$$S_{n(t)} = \frac{Q_n}{4\pi km} [R_0 + 2\zeta(l/m; m/r)] \quad \dots(12)$$

где Q – производительность скважины; k – коэффициент фильтрации водоносного пласта; m – мощность пласта; R_0 – безразмерное сопротивление при действии совершенной скважины; l – длина фильтра; r – радиус фильтра; ζ – дополнительное сопротивление, обусловленное несовершенством скважины по степени вскрытия пласта, $\zeta = f(l/m; m/r)$.

Величину R_0 находим из формулы $R_0 = \ln \frac{r_{вл}}{r}$, где $r_{вл}$ – радиус влияния, определяемый по формуле $r_{вл} = 1,5 \sqrt{at_c}$, a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут; t_c – продолжительность эксплуатации водозабора после обследования, $t_c = 365 \cdot t$, сут.

Величину ζ находим из графика [2].

Окончательно получим:

$$S'_{n(t)} = \frac{Q_n}{4\pi km} \left[\ln \frac{1,5\sqrt{at_c}}{r} + 2\zeta \right] \quad (13)$$

Учет снижения напорной характеристики насоса вследствие износа. Для прогноза снижения напорной характеристики насоса нами предложено выражение для определения напора насоса H_t^H в момент времени t , исчисляемый от момента его установки насоса на скважину. С учетом (2.3) это выражение имеет вид:

$$H_{nt}^H = \left(1 - \frac{\varepsilon t}{T}\right) H_n^H = \left(1 - \frac{\varepsilon t}{T}\right) (a_n - \varepsilon_n Q^2 - c_n Q), \quad (14)$$

где H^H – напор насоса, определяемый выражением (2), при его установке в скважине; ε – коэффициент интенсивности снижения напора насоса, значение которого определяется экспериментально для данной скважины и зависит от марки насоса и его состояния перед установкой (новый или после капремонта); t – продолжительность работы насоса на скважине; T – средний срок службы насоса данной марки (ресурс насоса).

Учет изменения пропускной способности напорных водоводов в процессе их эксплуатации. Пропускная способность напорных водоводов систем водоснабжения снижается в процессе эксплуатации. Шероховатость труб увеличивается вследствие образования отложений и коррозии.

В первом приближении увеличение шероховатости можно оценить по формуле [3]

$$k_t = k_0 + \alpha t, \quad (15)$$

где k_0 – абсолютная шероховатость в мм для новых труб; k_t – абсолютная шероховатость через t лет эксплуатации; α – коэффициент, характеризующий быстроту возрастания шероховатости, мм/год.

В предположении квадратичного закона сопротивления величина коэффициента гидравлического трения λ через t лет эксплуатации будет равно

$$\lambda_t = \lambda_0 \left(\frac{k_t}{k_0} \right)^{0,25},$$

где λ_0 – коэффициента гидравлического трения в начале эксплуатации, $\lambda_0 = 0,11 (k_0 / d)^{0,25}$.

Отсюда удельное сопротивление трубы через t лет эксплуатации можно определить из формулы $A_t = i_t / Q^2$, где i_t – гидравлический уклон через t лет эксплуатации, $i_t = \lambda_t \frac{V^2}{2gd}$

Тогда потери напора ΔH_{nt} в трубопроводах через t лет эксплуатации будут определяться по формуле (8) при замене A на A_t .

Тогда уравнение (9) примет вид

$$\left(\epsilon_n Q_n^2 + c Q_n - a_n \right) \left(1 - \frac{\epsilon t}{T} \right) + Q_n \cdot e^{\beta t} / \left[q_n \left(1 - \sum_{j=1}^n \nabla a_{j,n} \right) \right] + H_{nt} + Z_n + \Delta H_n + \frac{Q_n}{4\pi km} \left[\ln \frac{1,5\sqrt{at_c}}{r} + 2\zeta \right] = 0 \quad (16)$$

Используя уравнение (16) можно выполнить анализ изменения производительности водозабора в целом задавая время t его эксплуатации.

Библиографический список

1. Альтовский, М.Е. *Справочник гидрогеолога*. – М., Госгеолтехиздат, 1962. – 616 с.
2. Арцев, А.И. *Проектирование водозаборов подземных вод* / Ф.М. Бочеввер, Н.Н. Лапшин и др.. М., Стройиздат, 1976.- 292 с.
3. Киселёв, П.Г. *Справочник по гидравлическим расчетам* / П.Г. Киселёв, А.Д. Альтшуль, Н.В.Данильченко и др – М., Энергия, 1972.-312 с.

УДК 691.327

ДОВЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ БУЛЬДОЗЕРОВ

Кузнецов С.М., Глотов В.А.

Сибирский государственный университет путей сообщения

Построен доверительный интервал модели коэффициента использования горных бульдозеров по времени.

Для доказательства обоснованности значений выборки результатов натурных испытаний проводилась логическая и математическая проверки испытаний [1].

С помощью программного обеспечения «Modell» [2 – 4] для выборки из $n=270$ записей, методом наименьших квадратов было построено регрессионное уравнение и с помощью программы «Diagram» [5, 6] сформирована таблица дисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1 – Таблица дисперсионного анализа

Источник	Число степеней свободы	Сумма квадратов (SS)	Дисперсия (MS)	F-критерий
Регрессия	1	S_r	S_r	F
Остаток	$n - 2$	S_s	s^2	
Общий, скорректированный	$n - 1$	S_p		

Сумма квадратов регрессии определяется по формуле

$$S_r = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) / n \right\}^2}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 / n}, \quad (1)$$

где X_i – переменная по оси абсцисс (коэффициент готовности бульдозеров – K_r);

Y_i – переменная по оси ординат (коэффициент использования бульдозеров по времени – K_b).

Сумма квадратов общая определяется по формуле

$$S_p = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 / n, \quad (2)$$

$$\text{Сумма квадратов остатка } S_s = S_p - S_r, \quad (3)$$

$$\text{Стандартное отклонение } s = \sqrt{\frac{S_s}{n-2}}. \quad (4)$$

Построенная с помощью программы «*Modell*» модель (регрессионное уравнение) имеет вид:

$$K_b = +0.0815 + 1.0156 K_r, \quad (5)$$

С помощью программы «*Diagram*» [5, 6] построен доверительный интервал для коэффициента использования горных бульдозеров по времени (6) и составлены таблицы дисперсионного анализа (таблицы 2).

$$K_b = +0.0815 + 1.0156 K_r \pm 0.1221 \sqrt{1.00369 + 0.0844(K_r - 0.911)}. \quad (6)$$

На рисунках 1 приведен доверительный интервал модели коэффициента использования горных бульдозеров по времени.

С помощью коэффициента использования бульдозеров по времени определяется эксплуатационная производительность и организационно-технологическая надежность работы машин [7, 8].

Очередность производства работ на объекте устанавливается с помощью методики, изложенной в [9, 10].

Таблица 2 – Таблица дисперсионного анализа модели коэффициента использования бульдозеров по времени

Источник	Число степеней свободы	Сумма квадратов (SS)	Дисперсия (MS)	F-критерий
Регрессия	1	12.21697	12.21697	3192.76
Остаток	269	1.02932	0.00383	
Общий, скорректированный	270	13.24629		

В таблице 3 приведены основные показатели доверительного интервала модели коэффициента использования бульдозеров по времени, рассчитанные с помощью программы «Diagram».

Коэффициент использования по времени

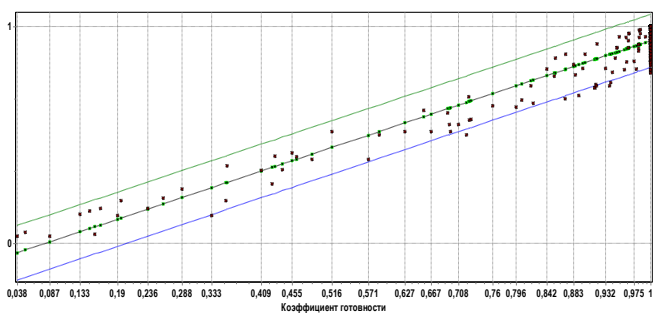


Рис. 1 – Доверительный интервал модели коэффициента использования бульдозеров по времени

Таблица 3 – Данные по интервалу модели коэффициента использования бульдозеров по времени

Наименование показателя	Величина
Уровень риска, %	5
Средняя величина X	0.911
Средняя величина Y	0.844
Сумма квадратов регрессии	12.217
Сумма квадратов SS остатка	1.029
Сумма квадратов SS общая	13.246
$t(v, 1 - \alpha / 2)$	1.973
$F(2, n - 2, 1 - \alpha)$	3.060
Вычисленное значение F-критерия	3192.76
Остаточная дисперсия s^2	0.00383
Стандартное отклонение s	0.06186

Библиографический список

1. Кузнецов С.М. *Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве : монография / С.М. Кузнецов – Москва : Директ–Медиа, 2015. – 271 с.*
2. Дрейпер Н. *Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер Г. Смит. – М., 1973. –392 с.*
3. Редько Ю.М. *Автоматизация технико-экономической оценки эффективности конструкций промышленных зданий / Ю.М. Редько, С.М. Кузнецов, Ю.А. Рогатин // Бетон и железобетон. –1989. –№ 1. –С. 12–14.*
4. Рогатин Ю.А. *Экономико-математическая модель расчета на ЭВМ технико-экономических показателей зданий из сборного железобетона. Обзорная информация / Ю.А. Рогатин, С.М. Кузнецов –Москва: ВНИИИТПИ, 1991. –64 с.*
5. Готов В.А. *Обоснование показателей работы выправочно-подбивочных машин циклического и непрерывного действия : монография / В.А. Готов, С.М. Кузнецов, А.В. Зайцев. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 168 с.*
6. Анферов В.Н. *Оценка надежности работы бульдозеров / В.Н. Анферов, С.М. Кузнецов, С.И. Васильев // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3. – С. 16 – 21.*
7. *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.*
8. Лизунов Е.В. *Организационно-технологическая надежность многоступенчатых гидротранспортных систем / Е.В. Лизунов, В.А. Седов, С.М. Кузнецов // Транспортное строительство. –2005. –№ 2. –С. 20 – 23.*
9. Сироткин Н.А. *Методика обоснования очередности строительства объектов / Н.А. Сироткин, С.М. Кузнецов, С.Н. Ячменьков // Экономика ж. д. –2006. –№ 10. –С. 75 – 78.*
10. Сироткин Н.А. *Оценка обоснованности очередности строительства объектов методом имитационного моделирования / Н.А. Сироткин, С.М. Кузнецов // Изв. вузов. Строительство. – 2007. –№ 1. –С. 81 – 86*

СПОСОБ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Купавых К.С., Тархов А.В.

Санкт-Петербургский горный университет

В статье рассматриваются возможности разрушения угольного пласта посредством последовательно повторяющихся гидроударов. Целью является извлечение метана из трещин, образующихся в процессе дробления пласта. Импульсный способ дегазации удобен тем, что применяются относительно низкие давления закачки, малое количество закачиваемой жидкости, техники и сложного оборудования. В виду этого энергетические и материальные затраты при проведении работ незначительны.

Аварийная опасность подземной отработки метаносодержащих пластов угля является серьезной проблемой подземной уголедобычи, 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].

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.

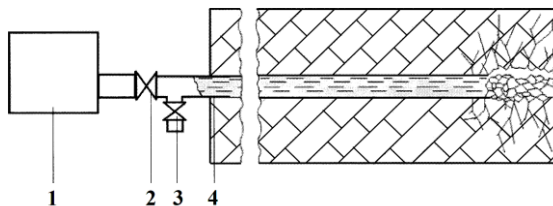


Рис. 1 – Схема импульсного создания трещин и разрушения массива угольного пласта

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 $2 \cdot 10^9$ 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÷10 МПа, деформация в допустимых пределах согласно прикладываемому усилию с учетом модуля упругости.

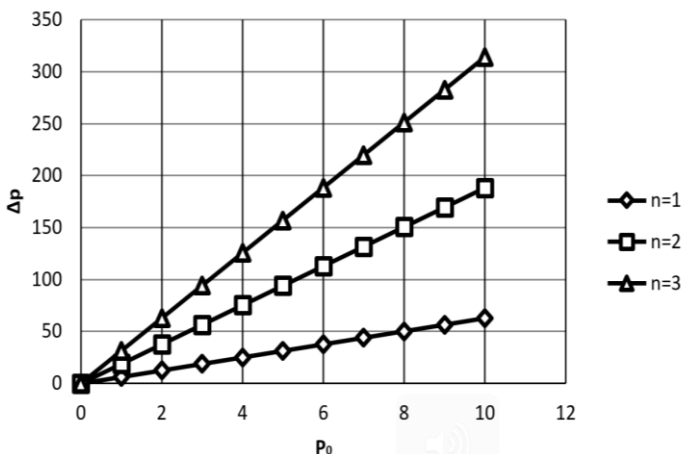


Рис. 2 – Зависимость перепада давления от начального давления и частоты ударов на устье

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. 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 с, 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 м². 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.*

УДК 658.011.22:629.114.4

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ САМОСВАЛОВ

Купреева Н.Ю.

Сибирский государственный университет путей сообщения

В статье рассмотрены показатели надежности работы автомобилей-самосвалов на АО «Сибирский Антрацит»

Целью организации любого строительного производства является разработка мероприятий, обеспечивающих сооружение объектов и сдачу их в эксплуатацию в проектные сроки с высоким качеством и минимальными денежными, трудовыми и материальными затратами.

Производство подвержено воздействию природно-климатических факторов, оказывающих влияние на качество и сроки выполнения технологических операций, производительность машин, занятых в строительном процессе. Возникают незапланированные простои средств механизации, отклонения технологических, технических и экономических параметров от оптимальных значений. Это влечет непроизводительные затраты материальных, трудовых, энергетических и денежных ресурсов и приводит к существенному удорожанию.

Производительность машины является одним из важнейших технико-экономических показателей. Вследствие влияния многих факторов (погодные условия, возраст и техническое состояние машин, квалификация оператора и др.) конкретная произво-

дительность в каждом случае будет различной, то есть реальная производительность – случайная величина и заранее точно предсказать её невозможно.

Случайной называется величина, которая в результате испытания может принять то или иное возможное значение, неизвестное заранее, но обязательно одно. Если увеличим число испытаний, то увеличится число отрезков и в пределе ломаная кривая перейдет в плавную кривую. Кривая распределения, выражающая общую закономерность данного типа распределения, называется *теоретической кривой распределения*. Аналитическая зависимость или формула, описывающая распределение плотностей в генеральной совокупности, называется *законом распределения*.

Основные законы:

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Нормальный | 5. Закон Вейбулла |
| 2. Равномерный | 6. Экспоненциальный |
| 3. Логарифмический нормальный | 7. Закон Ерланга |
| 4. Закон Пуассона | 8. Биномиальный |

Задача определения, какому закону соответствует эмпирическое распределение, называется проверкой гипотезы согласия эмпирического распределения с теоретическим законом.

Нормальный закон распределения широко применяется в задачах практики. Объяснить причины этого впервые удалось А.М. Ляпунову. Он показал, что если случайная величина может рассматриваться как сумма большого числа малых слагаемых, то при достаточно общих условиях закон распределения этой случайной величины близок к нормальному независимо от того, каковы законы распределения отдельных слагаемых. Например, сумма бесконечного числа случайных величин (производительности машин, коэффициента использования по времени и других показателей работы машин), распределенных по любым законам, в итоге приобретает нормальный закон распределения. В пределе все законы стремятся к нормальным законам распределения.

Для анализа организационно-технологической надежности производства работ требуется создать базы натуральных испытаний машин, комплектов и систем. Это позволит провести оптимизацию организационно-технологических решений с заданной вероятностью [1 – 7].

По определению профессора А.А. Гусакова, под организационно-технологической надежностью (ОТН) понимается способ-

ность управленческих, организационных, технологических и экономических решений обеспечить достижение заданного результата календарного плана производства работ [1].

Для анализа работы машин рассмотрены следующие показатели случайных величин: коэффициент использования по времени (K_v) и коэффициент готовности (K_r).

При разработке календарных планов необходимо определить эксплуатационную производительность машин. Различают три категории производительности:

1. Теоретическая (конструктивная) – максимально возможная производительность машины.

2. Техническая – максимально возможная производительность машины, которая может быть достигнута в конкретных производственных условиях.

3. Эксплуатационная – производительность в реальных условиях использования машин с учетом неизбежных технологических перерывов, ремонтов, технического обслуживания и квалификации машинистов определяется по формуле

$$P_3 = P_T K_v, \quad (1)$$

где K_v – коэффициент использования машины по времени.

Целью данного исследования является повышение достоверности обоснования работы строительных машин, которыми выполняется основной объем строительного-монтажных работ.

Актуальность темы определена необходимостью разработки рекомендаций по учету вероятности при обосновании эффективности работы строительных машин.

Собранная в базе данных информация позволяет в соответствии с ГОСТ 27.002-89 рассчитать основные показатели надежности работы автомобилей-самосвалов на реальных объектах строительства (таблица 1).

Кроме этого, хранящаяся в базе данных статистическая информация позволяет обосновать принадлежность статистических показателей соответствующему закону распределения случайных величин, построить многофакторные математические модели (регрессионные уравнения) и доверительные интервалы моделей надежности работы машин [8 – 15]. Определить минимальный риск продолжительности производства работ, что очень важно при составлении календарных планов строительства объектов в реальных условиях.

Таблица 1 – Показатели работы автомобилей-самосвалов

Показатель	Обозначение
Календарный фонд времени за месяц, ч	$T_{п}$
Продолжительность простоев за месяц, ч	$T_{п}$
Продолжительность работы за месяц, ч	$T_{р}$
Продолжительность технологических перерывов за месяц, ч	$T_{тп}$
Продолжительность ремонтов за месяц, ч	$T_{дем}$
Время наработки на отказ, ч	$T_{н}$
Коэффициент готовности	$K_{г}$
Коэффициент использования по времени	$K_{в}$
Коэффициент технического использования	$K_{ти}$
Коэффициент технического использования машин	$K_{тм}$
Коэффициент эффективности.	$K_{э}$

Одним из основных факторов ОТН работы машин является коэффициент использования их по времени. Во всех нормативных документах приводятся устаревшие данные по коэффициентам использования машин в течение рабочего времени, которые требуют обновления, так как машины постоянно совершенствуются.

Коэффициент готовности представляет собой отношение времени исправной работы к сумме времен исправной работы и вынужденных простоев объекта, взятых за один и тот же календарный срок.

Коэффициент готовности определяется по формуле

$$K_{г} = \frac{T_{р}}{T_{р} + T_{п}}, \quad (2)$$

где $T_{р}$ – суммарное время исправной работы объекта;

$T_{п}$ – суммарное время вынужденного простоя.

По данным расчетов, средние значения коэффициентов готовности и использования машин по времени, а так же риски их отклонений, позволяют оценить средние значения и риски отклонения от них [8]. На рисунках 1 – 4 для показателей работы автомобилей-самосвалов проиллюстрированы их плотности распределения вероятностей и вероятности.

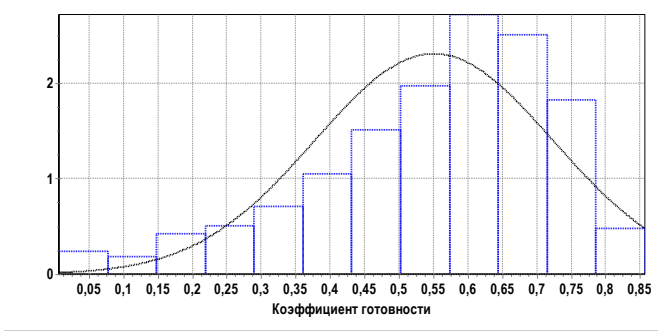


Рис. 1 – Плотность распределения вероятностей коэффициента готовности

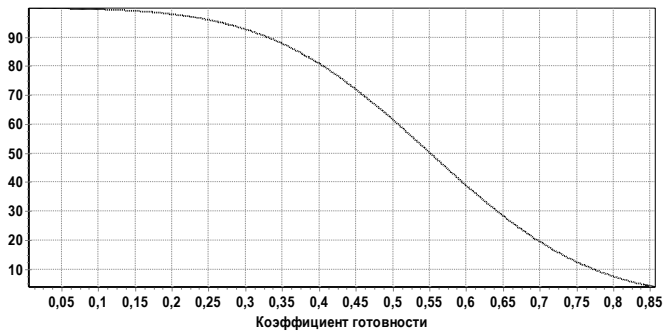


Рис. 2 – Вероятность коэффициента готовности

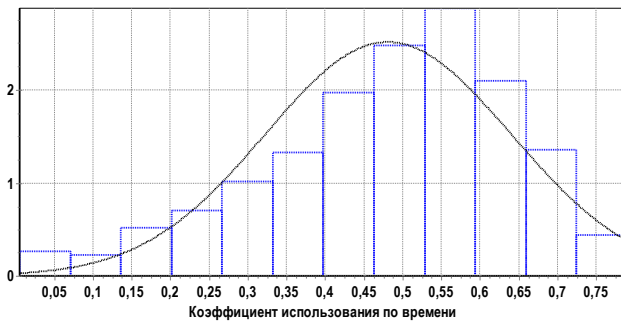


Рис. 3 – Плотность распределения вероятностей коэффициента использования по времени

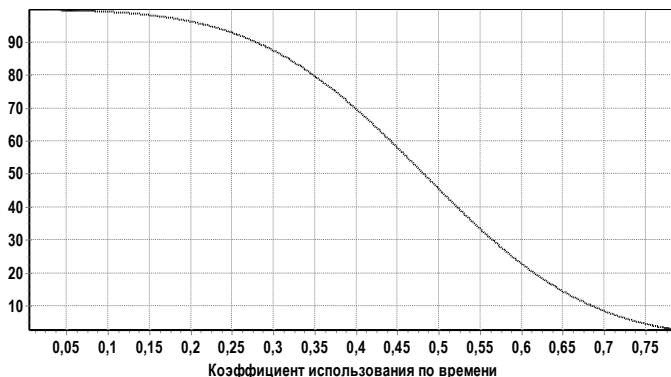


Рис. 4 – Вероятность коэффициента использования по времени

Предложена методика обоснования показателей работы автомобилей-самосвалов, позволяющая прогнозировать показатели работы машин на конкретных объектах. Эту методику можно применять для обоснования показателей работы любых машинных систем, комплектов и комплексов машин.

Библиографический список

1. Кузнецов С.М. Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве : монография / С.М. Кузнецов – Москва : Директ–Медиа, 2015. – 271 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

6. Кузнецов С.М. Автоматизация формирования портфеля ценных бумаг / С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова, Н.А. Сироткин // Экономика ж. д. –2006. –№ 9. –С. 73 – 77.
7. Комаров А.А. Экономическое обоснование способов распределения грунта при вертикальной планировке площадки / А.А. Комаров, С.М. Кузнецов, Н.В. Холомеева // Изв. вузов. Строительство. –1998. –№ 2. –С. 63–67.
8. Анферов В.Н. Оценка надежности работы бульдозеров / В.Н. Анферов, С.М. Кузнецов, С.И. Васильев // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3. – С. 16 – 21.
9. Редько Ю.М. Автоматизация технико-экономической оценки эффективности конструкций промышленных зданий / Ю.М. Редько, С.М. Кузнецов, Ю.А. Рогатин // Бетон и железобетон. –1989. –№ 1. –С. 12–14.
10. Рогатин Ю.А. Экономико-математическая модель расчета на ЭВМ технико-экономических показателей зданий из сборного железобетона / Ю.А. Рогатин, С.М. Кузнецов // Обзорная информация. –Москва: ВНИИТПИ, 1991. –64 с.

УДК 628.112

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВУХКОЛОННОЙ ВОДОЗАБОРНОЙ СКВАЖИНЫ

Медведева Ю.А., Ивашечкин В.В.

Белорусский национальный технический университет

В статье авторами ставилась задача по результатам натурных испытаний сравнить гидравлические характеристики типовой одноколлонной скважины с предлагаемой двухколлонной двухфилтровой скважиной, пробуренных в одних и тех же гидрогеологических условиях. Также изучалась гидравлика двухколлонной скважины при откачке воды одним и двумя водоподъемниками. Установлено, что удельный дебит двухколлонной скважины превышает удельный дебит типовой скважины, а значение ее удельного дебита практически не зависит от количества водоподъемников.

Буровые скважины являются наиболее универсальным и технически совершенным конструктивным типом водозаборов.

При интенсивной эксплуатации водозаборных скважин происходит неизбежный процесс уменьшения производительности скважин чаще всего вследствие химического коагулятажа, когда

происходит смещение химического равновесия и накопление колюматизирующих отложений с образованием цемента обрастания, который прочно скрепляет частицы песка и гравия в при-фильтровой зоне, образует наросты в отверстиях и на внутренней поверхности фильтра.

Характер и размеры зон колюматации водозаборных скважин были изучены в НИИВОДГЕО при вскрытии прифильтрового пространства и расчистке фильтров водопонизительных скважин Волгоградской ГЭС [1].

В верхней части фильтров в интервале глубин 21...25,5 м, где наблюдалось колебание депрессионной поверхности, была вскрыта зона I цементированных отложений значительных размеров – до 1,5 м по радиусу (рисунок 1). По мере стабилизации депрессионной поверхности толщина зоны II цементации, сильно обогащенной гидроксидами железа, уменьшалась и на участке ниже колебаний кривой депрессии составила 0,15...0,2 м. При этом прочность колюматизирующих образований может достигать 2 МПа.



Рис. 1 – Зона измененной проницаемости вокруг фильтров водопонизительных скважин Волгоградской ГЭС [1]

Особенности притока воды в фильтр водозаборной скважины, связанные с неравномерностью нагрузки ее водоприемной поверхности по высоте, предопределили необходимость такого

конструктивного ее выполнения, которое в полной мере обеспечивало бы каптаж водоносного пласта по всей его мощности [2].

Поэтому для интенсификации водоотбора в пластах большой мощности предлагается применять конструкцию двухколонной скважины, разработанной в БНТУ [3], когда необходимо получить максимальную производительность.

Сооружение двухколонной водозаборной скважины позволит сократить затраты на строительство коммуникаций, подъездных путей, электросетей, уменьшить зону отчуждаемых земель и следовательно сократить эксплуатационные затраты.

На полигоне в Минском районе были сооружены две скважины: типовая одноколонной конструкции глубиной 13 м, фильтр $l = 2$ м с диаметром $d = 127$ мм и экспериментальная двухколонной конструкции – также глубиной 13 м с фильтрами напротив друг друга на каждой колонне длиной $l = 2$ м и диаметром $d = 76$ мм (рисунок 2).



Рис. 2 – Типовая и двухколонная фильтровые колонны перед спуском в стволы

Конструкция предлагаемой двухколонной скважины состоит из двух фильтровых колонн, размещенных в одном кондукторе, и выполняющих функции рабочей и резервной скважин. Каждая из колонн имеет собственный оголовок, обсадную трубу для

размещения насоса, фильтр и отстойник. Колонны гидравлически связаны между собой выше и ниже фильтров с помощью верхнего и нижнего соединительных патрубков.

Для откачки из двух колонн скважины одновременно применялись погружной насос ЭЦВ-4-2,5-65 и мотопомпа ДАЖО DJQGZ 80-26 с максимальной производительностью 1300 л/мин и глубиной всасывания 8 метров. Испытания двухколонной скважины проводились в июле 2019 года для различных случаев её работы с целью выявления влияния двух фильтровых колонн на работу друг друга: 1) с одним насосом в первой фильтровой колонне и открытыми соединительными патрубками (1 опыт), 2) с одним насосом в первой фильтровой колонне и полностью затампонированной второй фильтровой колонне (2 опыт); 3) при одновременной откачке из обеих колонн скважины с помощью насоса и мотопомпы при открытых соединительных патрубках (3 опыт) (рисунок 3).



Рис. 3 – Полевые испытания скважины двухколонной конструкции (слева типовая скважина)

В сентябре 2018 года после сооружения скважин были проведены испытания для сравнения работы типовой (одноколонной) скважины и двухколонной.

Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Данные испытаний конструкции двухколонной скважины

	Понижение уровня S , м	Расход Q , м ³ /ч	Удельный дебит q , м ² /ч	2019 год
Опыт 1	1,5	5	3,4	
Опыт 2	1,6	4,9	3,1	
Опыт 3	2,06	6,5	3,2	

Таблица 2 – Данные измерений удельного дебита скважин

	Понижение уровня S , м	Расход Q , м ³ /ч	Удельный дебит q , м ² /ч	2018 год
Одноколонная	1,42	5	3,5	
Двухколонная	1,31	4,95	3,8	

По результатам измерений можно отметить, что удельный дебит двухколонной скважины превышает значение удельного дебита одноколонной конструкции. При работе двух водоподъемников одновременно обеспечивается получение больших расходов при сохранении значения удельного дебита. Также положительным эффектом является то, что в случае выхода из строя одного из насосов, сразу же включается другой, чем обеспечивается бесперебойность подачи воды потребителю. При выходе из строя одного фильтра или при его текущем или капитальном ремонте может работать другой фильтр.

Библиографический список

1. Гаврилко, В.М. Фильтры буровых скважин / В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1976. – 345 с.
2. Плотников Н.А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Плотников Н.А., Алексеев В.С. – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.
3. Ивашечкин, В.В. Двуствольная фильтровая водозаборная скважина для эксплуатации одного водоносного горизонта / В.В. Ивашечкин, Ю.А. Медведева, А.Н. Курч // Мелиорация. – 2017. – № 3(81). – С. 36–41.

ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ВЕСЬМА МОЩНЫХ ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИСТЕМОЙ БЛОЧНОГО ОБРУШЕНИЯ

Муханов А.М.¹, Юсупов Х.А.², Мырзахметов С.С.²

¹ Донской ГОК, г. Хромтау

² КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

В статье описаны сложности разработки месторождений хромовых руд Донского ГОКа. Проанализированы причины снижения эффективности традиционных вариантов применяемых систем разработки этажного и подэтажного самообрушения, системы горизонтальных нисходящих слоев с твердеющей закладкой. Обусловлена необходимость перехода с действующих систем на механизированное блочное обрушение в глубоких горизонтах шахты «10 летия независимости Казахстана».

Выбор системы подземной разработки месторождений твердых полезных ископаемых осуществляется по совокупности важнейших критериев оценки возможности и целесообразности их применения в условиях разработки данного месторождения.

Предварительный выбор системы осуществляется методом единичной оценки, а окончательный выбор – методом сравнительной оценки систем разработки с учетом совокупности критериев. Основными критериями при этом являются постоянные геологические и горнотехнические факторы. При этом критерием оптимальности для выбора системы разработки могут служить:

- производительность блока;
- участковая себестоимость добычи руды;
- коэффициенты извлечения и разубоживания;
- ценность добытой руды;
- суммарные технологические затраты на добычу, транспорт и переработку руды;
- удельные приведенные капитальные затраты и др. [1].

Рассматриваемое в работе месторождение хромовых руд южной части Кемпирсайского ультраосновного массива «Алмаз-Жемчужина», расположено в Хромтауском районе Актюбинской области. Хромитовые месторождения входят в рудное поле шахты «10-летия независимости Казахстана». Особенностью распределения запасов хромитовых руд месторождения

«Алмаз-Жемчужина» является компактное сосредоточение запасов (62 %) от общих запасов руд шахтного поля категории В+С1 на горизонтах минус 400 до минус 640 м.

Руды и рудовмещающие породы месторождения по коэффициенту крепости шкалы профессора М.М. Протоdjяконова, в основном относятся к категории средней крепости (реже к крепким, либо мягким). На месторождении «Алмаз-Жемчужине» прочные кусковатые руды составляют 62,3 %, рыхлообломочные – 37,7 %.

Средняя плотность руд обрабатываемых запасов, определенная по корреляционной зависимости от среднего содержания в рудах окиси хрома, колеблется в пределах от 3,87 до 3,92 т/м³. Средняя плотность рудовмещающих скальных пород, в целом по шахтному полю, равна 2,7 т/м³.

Инженерно-геологические условия обработки запасов относятся к категории сложных, а горнотехнические условия – к разряду весьма сложных. Неблагоприятным горнотехническим фактором обработки хромовых руд является их слеживаемость, которая резко снижает подвижность руды, что затрудняет технологию ее добычи [2].

За многолетний период эксплуатации месторождений хрома шахтами Донского ГОКа случаев проявлений динамических явлений не отмечалось, хотя при проведении геологоразведочных работ на шахтном поле неоднократно фиксировались факты дискования керна буровых скважин, свидетельствующие о высоком напряженном состоянии рудовмещающего массива.

Приведенные геологических и горнотехнические факторы явились причиной применение систем этажного и подэтажного самообрушения со скреперной доставкой руды для загрузки в электровозный транспорт через погрузочные полки. Данный метод самообрушения не имеет существенных недостатков. Однако при применении данного способа в глубоких горизонтах 2-ой очереди шахты «10 летия независимости Казахстана» возникает сложность удержание горного массива, т.е. резко снижается производительность блока, связанная с необходимостью подержания горных выработок.

Глубина разработки становится одним из важных факторов. Уже имеется примеры, когда из-за увеличения горного давления при большой глубине рудника отказываются от некоторых систем. Так, на золотых рудниках Канады системы с магазинированием руды и Норильск (Россия) подэтажно камерная при глубине свыше 600-800 м заменяет системами с закладкой. Вы-

бросы (горные удары) руды из массива или целиков при большой глубине привели на золотых рудниках Витватерсранда (ЮАР) к отказу от систем с оставлением целиков и переход на сплошные системы разработки с закладкой [3].

Система с твердеющей закладкой выработанного пространства также рассматривается при отработке запасов 2 очереди шахты «10 летия независимости Казахстана» в районе главных откаточных квершлагов горизонтов с целью снижения опорного давления и обеспечения их сохранности при отработке запасов на нижележащих горизонтах, путем заложения в зоне неупругих деформации (ЗНД) искусственного целика. Главным недостатком является высокая себестоимость ввиду значительной стоимости на приготовление и размещение закладочного материала в очистном пространстве [2].

Приведенные системы характеризуются следующими удельными объемами горно-нарезных работ: 10,5 м³/1000 т руды при системе с этажным обрушением; 24,2 м³/1000 т. при системе с закладкой. Высота этажа, принятая по Агошкову М.И. и Малахову Г.И. для систем с этажным обрушением (60-100 м) и системы с горизонтальными слоями с закладкой (5 м), обуславливает увеличение удельного объема горно-капитальных работ для обеспечения вскрытых и подготовленных запасов [1]. Для достижения проектной производительности шахты в 6 млн. т руды в год с учетом отставание запуска ствола «Скиповой» необходимо изменение принятых проектных решений, в частности использования мировых практик разработки месторождений в аналогичных условиях. Одним из таких решений является использование систем с механизированным блочным обрушением (рис 1).

Метод блокового обрушения (далее по тексту МБО) в основном применяется для массивных залежей с развитой системой трещин. Сущность системы заключается в следующем (рис. 2): после вскрытия запасов наклонным съездом, блок разделяется на два горизонта: откаточный горизонт и горизонт подсечки (буровой). Подсечка запасов блока производится взрыванием веерных скважин пробуренных с бурового горизонта. Буровой горизонт расположен на высоте 20 м от откаточного. Руда отбивается на отрезную щель или на зажатую среду. Перед взрыванием скважин производится оформление воронок. Характерной особенностью систем с блоковым обрушением является высота этажа – от 100 до 400 м [4].

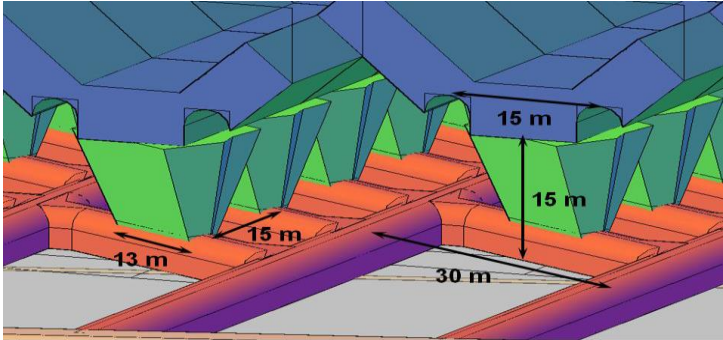


Рис. 1 – Изометрическая проекция горизонтов на руднике Эль-Тениенте

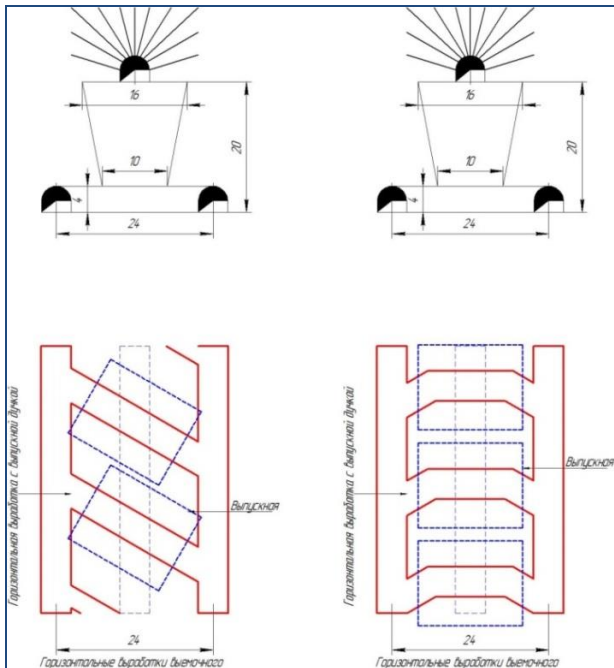


Рис. 2 – Конструкция МБО

Главные преимущества системы с блоковым самообрушением – низкая себестоимость и высокая производительность (до 60 тыс. тонн в сутки). Применение МБО позволяет автоматизировать основные технологические процессы с созданием, так называемой, системы «умный рудник».

1. Высокая производительность:
 - действующие рудники 10 – 20 млн.т/год;
2. Низкая себестоимость добычи:
 - обрушение – \$4 – \$7/тн;
 - поэтажное обрушение – \$10 –\$20/тн.
3. Возможность отработки крупных рудных тел, залегающих на большой глубине.
4. Возможность автоматизации процессов.

Выбор оптимальной системы разработки для отработки запасов 2 очереди осуществим методом сравнительной оценки балловым показателям. После предварительного отбора систем составляется сравнительная таблица экономической оценки систем разработки, где каждый показатель по системе оценивается определенным баллом (табл. 1).

По данным отбора, для отработки запасов рудных тел месторождения «Алмаз-Жемчужина» наиболее эффективна система разработки этажного обрушения с подвидами (этажного обрушения с донным выпуском и механизированное блоковое обрушения). Переход на блоковое обрушение позволит снизить капитальные затраты на горно-капитальные работы в результате увеличения высоты этажа с 80 м до 300 м.

Внедрение данной системы возможно на горизонте минус 480 м месторождения «Алмаз-Жемчужина», а испытание параметров системы на горизонте минус 240 м месторождения «Миллионное» (рис. 3).

Переход на блочное обрушение, а также комбинация существующих систем на отдельных участках является одним из главных условий обеспечения проектной производительности и комплексного использования недр. Выбранные системы в совокупности позволяют извлечь богатую (с содержанием более 48 %) хромовую руду, т.е. 50 – 70 % от общего объема добычи.

- Доли систем разработки:
- нисходящая слоевая система с закладкой 10 – 20 %;
 - система этажного обрушения с донным выпуском 20 – 30 %;
 - система механизированного блочного обрушения (МБО) 30 – 50 %.

Таблица 1 – Сравнительная таблица экономической оценки систем по совокупности показателей

Технико-экономические показатели	Системы разработки (баллы)		
	Этажного обрушения с донным выпуском	МБО	Нисходящая слоевая система с закладкой
Производительность очистного блока	4	5	2
Производительность труда рабочего	4	5	2
Удельный расход нарезных работ на 1 тыс. т руды	3	5	1
Затраты на ремонт горных выработок	2	3	4
Расход ВВ	4	4	2
Себестоимость добычи руды	3	4	1
Потери руды	3	2	5
Разубоживание руды	3	1	4
Производственные затраты на переработку 1т товарной руды	3	1	4
Амортизация основных средств на 1т промышленного запаса руды	3	2	1
Количество несчастных случаев на 1тыс. т руды.	2	4	3
Сумма баллов систем	34	36	29

Выше перечисленные варианты системы разработки при сохранении условий применения по подготовке и добыче запасов рудных месторождении 2-ой очереди шахты «10-летия независимости Казахстана» позволяют извлечь большую долю богатой руды, что, в свою очередь, позволит исключить затраты на строительство обогатительных фабрик.



Рис. 3 – Опытно-промышленный участок для испытания систем МБО

Библиографический список

1. Горно – геологический справочник по разработке рудных месторождений. Том 1. (под ред. А.М. Бейсебаева, М.Ж. Битимбаева, С.Ж. Даукеева и др.). Информационно – презентационный центр МСК РК, г.Алматы, 1997г. – 575 с.
2. Проект промышленной разработки месторождений хромовых руд. Казгипроцветмет. Том 4. Книга 2. Усть-Каменогорск. 2013 г. – 145 с.
3. Механизм формирования удароопасной ситуации и способы предотвращения удароопасности при отработке мощных и средней мощности пластов. М.: Горная книга, 2010 г. – 97 с.
4. Block saving geomechanics. E.T.Браун. г.Индурупилли. JKMRС, 2002 г. – 535 с.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ УСТАНОВОК ШНЕКОВОГО БУРЕНИЯ

Нагорский А.В., Казаченко Г.В.

Белорусский национальный технический университет

В работе выполнен анализ перспективы повышения производительности установок шнекового бурения на основе разработки системы автоматического регулирования их режимных параметров. Рассмотрены возможные варианты структуры системы автоматического управления режимными параметрами, способной обеспечить экстремальное ведение процесса бурения вертикальных скважин с максимальной механической скоростью.

Технология шнекового бурения скважин различного назначения в мягких породах и породах средней твердости широко применяется во многих отраслях промышленности. Это обусловлено способностью транспортирования выбуренной горной массы из скважины шнековой буровой колонной с производительностью в 5-10 раз превосходящей все известные способы бурения [1], и связанных с этим потенциально более высокими скоростями механического бурения, наличием дополнительных технологических и технико-экономических преимуществ, присущих этому методу «бурения всухую».

Данная технология и средства ее механизации продолжают развиваться и специализироваться в интересах бурения геологопоисковых, геологоразведочных, инженерно-геологических, сейсмических, взрывных, гидрогеологических, инженерно-строительных, эксплуатационных на воду, скважин иного назначения. Методом шнекового бурения проходятся в большинстве случаев мелкие скважины в рыхлых и мягких массивах горных пород глубиной от нескольких метров до 30-50, иногда до 80 м, диаметром от 60 до 600-800 мм [2] и взрывные скважины глубиной 24-25 м, диаметром 125-200 мм по углю и другим горным породам не выше VI категории по 12-бальной шкале буримости [1,3].

Одной из причин, не позволяющей реализовать отмеченную выше потенциально высокую механическую скорость бурения установок шнекового бурения, является отсутствие до настоящего времени в их системах управления средств объективного контроля и автоматического регулирования режимных параметров в

случайно-изменяющихся геологических условиях бурения.

Из практики шнекового бурения известно [1, 2], что его производительность, оцениваемая по величине механической скорости проходки скважины, зависит от физико-технических свойств разбуриваемого массива горной породы, типа применяемого долота, конструктивных параметров транспортирующего шнека, физического состояния бурового инструмента, технологических режимов бурения.

К числу регулируемых в процессе шнекового бурения режимных параметров буровой установки, определяющих механическую скорость проходки, относят [1, 3] осевую нагрузку на долото и угловую скорость вращения буровой колонны. Известно, что увеличение любого из названных регулируемых параметров приводит к росту механической скорости проходки [1, 2].

Сложность оптимального управления процессом проходки скважины заключается в необходимости строгого согласования механической скорости бурения с угловой скоростью шнекового транспортера, обеспечивающего установившийся процесс транспортирования шнеком горной массы из скважины [1 – 4]. Неправильно выбранные оператором установки скорость подачи бурильной колонны или ее угловая скорость могут явиться причиной или неоправданного занижения производительности буровой установки, или появления осложнений в бурении, обусловленных “заштыбовкой” межвиткового пространства транспортирующего шнека горной массой. В итоге, в обоих случаях не удастся использовать потенциально высокие возможности существующего бурового оборудования, что обусловлено интуитивным способом “ручного” выбора названных режимных параметров.

Для реализации присущей методу шнекового бурения высокой производительности требуется разработка системы оптимального автоматического управления режимными параметрами буровой установки, способной в случайно изменяющихся условиях бурения обеспечить проходку скважин без осложнений с изменяющейся, но максимально возможной по технической характеристике ее приводов механической скоростью.

Сама постановка задачи создания систем автоматического управления режимными параметрами буровых установок, в том числе и шнекового бурения, далеко не нова. Различные аспекты принципиального ее воплощения активно рассматривались многими исследователями, начиная с шестидесятых [5] вплоть до середины восьмидесятых годов прошлого столетия, в контексте

определения перспективных путей повышения производительности и эффективности применения карьерных шнековых буровых станков [6]. Наступивший в девяностые годы спад исследовательской активности, наблюдается и в настоящее время.

Приходится констатировать, что несмотря на существенный прогресс в области математического моделирования и численной оптимизации процессов бурения, внедрение в практическое бурение элементов автоматического регулирования отдельных режимных параметров, современные серийно выпускаемые отечественные станки шнекового бурения, по-прежнему, не оснащены системами комплексного автоматического управления режимными параметрами, что обусловлено:

- сложностью процесса взаимодействия бурового инструмента с массивом горной породы;
- взаимным влиянием режимных параметров процесса в изменяющихся условиях бурения;
- случайно изменяющимися физико-технических параметрами разбуриваемых массивов горных пород;
- отсутствием адекватной математической модели установленного процесса шнекового бурения, позволяющей изучить закономерности изменения экстремальных режимов углублении скважины и разрабатывать алгоритм соответствующего функционирования системы оптимального автоматического управления режимными параметрами;
- отсутствием общепринятого критерия оптимизации процесса шнекового бурения.

Из приведенного анализа следует, что задача оптимального управления режимными параметрами шнековой буровой установки, принципиально должна решаться системой автоматического регулирования ее приводами на основе объективного формирования соответствующих управляющих сигналов. В основу программного обеспечения системы автоматического управления может быть положена адаптивная модель установленного процесса бурения, описываемая системой балансовых уравнений [4], устанавливающих соответствие производительности транспортирования из скважины буровой мелочи шнековой колонной производительности долота; а также соответствие фактических затрат мощности регулируемых приводов их установленной мощности.

Очевидно, что такая постановка задачи автоматического регулирования режимных параметров в изменяющихся горно-

геологических и горнотехнических условиях, и адекватно соответствующих им установившихся режимах бурения, должна обеспечить экстремальное ведение процесса с максимальной возможной механической скоростью проходки. Функционально названная система автоматического регулирования способна предотвращать наступление аварийных ситуаций в бурении, обусловленных нарушением отмеченных выше балансовых соотношений.

Определение перспектив реализации предлагаемой системы автоматического регулирования режимных параметров шнекового бурения требуют исследования и анализа возможностей математической модели процесса [4], разработки рациональных алгоритмов принципиального функционирования системы регулирования режимных параметров на базе разработанной математической модели установившегося процесса, анализа современного состояния и возможностей программного и аппаратного обеспечения систем автоматического регулирования режимных параметров, анализа вариантов рационального выбора современного регулируемого привода исполнительных органов буровых установок.

В соответствии с математической моделью установившегося процесса шнекового бурения вертикальных скважин [4] в экстремальных режимах бурения, т.е. с максимально возможной механической скоростью по складывающимся горногеологическим и горнотехническим условиям и по технической характеристике буровой установки, требуются непрерывный контроль и автоматическое регулирование следующих режимных параметров:

- угловой скорости на входном валу привода вращателя, определяющей транспортную способность и производительность шнекового става бурильной колонны;

- величины подачи бурильной колонны на забой скважины, приходящейся на один оборот бурильной колонны, определяющей баланс производительности шнекового транспортера и долота в экстремальных установившихся режимах бурения;

- крутящего момента на входном валу привода вращателя, определяющего совместно с угловой скоростью текущие затраты мощности на этот привод;

- осевого усилия механизма подачи бурильной колонны на забой скважины, определяющего одновременно механическую скорость бурения, производительность бурового долота по разрыхленной горной массе и затраты мощности [2].

Из перечисленных параметров три первые являются регули-

руемыми переменными системы управления приводами буровой установки, как объекта управления, и качественно связаны между собой определенными аналитическими зависимостями, входящими в систему уравнений математической модели [4] установившегося процесса шнекового бурения.

Отдельному предварительному исследованию и численному определению подлежит зависимость механической скорости бурения от осевого усилия и угловой скорости вращения бурового инструмента, как базового режимного соотношения в экстремальном бурении [7] в области допустимых значений этих параметров по условию соответствия их установившемуся режиму шнекового бурения [4].

Требования к структуре главных приводов объекта управления могут быть сформулированы следующим образом:

- буровая установка с автоматическим регулированием режимных параметров должна иметь независимые плавно регулируемые приводы вращателя и подачи бурильной колонны на забой с требуемыми диапазонами варьирования регулируемых режимных параметров;

- при выборе типа приводов для мобильных геологоразведочных буровых установок следует отдать предпочтение применению независимых регулируемых объемных гидроприводов, позволяющих создавать на их основе компоновочные технические решения исполнительных механизмов, наиболее рациональные для полевых условий эксплуатации;

- по способу регулирования скорости выходных звеньев объемного гидропривода предпочтительно применение схемы “насос с регулируемой подачей рабочей жидкости – нерегулируемый двигатель вращательного или поступательного движения”, выгодно отличающихся по эффективности от схем дроссельного регулирования скорости выходного звена;

- для карьерных шнековых буровых станков с питанием от подстанций промышленных сетей электроснабжения предпочтительным является применение частотно-регулируемого электропривода переменного тока, выполненного по системе ЧП-АД, как наиболее соответствующего по надежности и ряду других эксплуатационных характеристик условиям эксплуатации буровых станков.

Главным требованием к управляющей микропроцессорной системе буровой установки является ее способность обеспечить, в соответствии с алгоритмом записанной в памяти управляющей программы, требуемое качество автоматического регулирования

перечисленных выше режимных параметров приводов на основе:

- непрерывного, с заданной периодичностью, пошагового контроля текущих значений режимных параметров (входных сигналов), генерируемых соответствующими датчиками и передаваемых по каналам обратной связи на входы микропроцессора;

- сравнения текущих значений режимных параметров с требуемыми их оптимальными значениями, позволяющими согласно математической модели процесса обеспечить достижение поставленной цели регулирования: выполнять проходку скважины в установившемся режиме бурения с максимально возможной механической скоростью;

- изменения, соответственно знаку и величине рассогласования, текущих значений выходных управляющих сигналов, передаваемых по каналам связи на автоматические пропорционально-интегральные регуляторы числа оборотов соответствующих приводов.

Наряду с этим микропроцессорная система автоматического управления должна обеспечивать непрерывный контроль текущих значений механической скорости бурения, крутящих моментов на регулируемых приводах, глубины скважины и реального времени бурения, обеспечивать защиту (отключение приводов) буровой установки при наступлении заданных заранее критических значений контролируемых параметров.

Микропроцессорная система управления должна обеспечить также удобный интерфейс общения оператора буровой установки с системой ее управления, иметь программный интерфейс соединения процессора с персональным компьютером, программатором или с панелью оператора для ручного ввода или ввода с помощью пакета ПО алгоритма управляющей программы, параметров регулирования, начальных и ограничивающих значений регулируемых переменных.

Перечисленным требованиям согласно имеющимся результатам стендовых лабораторных испытаний элементов систем автоматизированного управления карьерных станков шарошечного бурения [6, 8] в полной мере по критерию цена-производительность соответствуют схемы автоматического микропроцессорного регулирования на базе программируемых логических контролеров (ПЛК).

На примере функциональной структурной схемы уже опробованной микропроцессорной системы автоматизации бурового станка СБШ-250/270-15 [8] можно сформулировать следующие

общие требования к выбору аппаратной архитектуры базового блока ПЛК системы экстремального автоматического регулирования режимных параметров установок шнекового бурения:

- наличие центрального процессора с рабочей областью (ОЗУ) и областью данных (EEPROM) энергонезависимой памяти и функциями обработки и преобразования сигналов ввода/вывода, со встроенным внутренним источником питания постоянного тока;

- встроенный интерфейс RS-232C (COM-port) для подключения ПК;

- наличие операторского терминала для графической визуализации хода процесса бурения с аварийной сигнализацией, с переключателем выбора способа управления буровой установкой (автоматический или ручной);

- наличие четырех свободных аналоговых входов, с запасом соответствующих числу датчиков контроля режимных параметров (глубины скважины, крутящего момента на приводе вращателя, осевой нагрузки на долото);

- наличие четырех цифровых входов, также с запасом соответствующих числу цифровых датчиков режимных параметров (счетчик импульсов, таймер, переключатель режимов управления);

- наличие восьми стандартных аналоговых и цифровых выходов (по четыре выхода), с необходимым запасом соответствующих числу регулируемых приводов (приводы вращателя и механизма подачи).

Библиографический список

1. Башкатов Д.Н. Вращательное шнековое бурение геолого-разведочных скважин / Д.Н. Башкатов, Ю.А. Олоновский. – М.:Недра, 1968. – 192 с.

2. Кардыш В.Г. Бурение неглубоких скважин / В.Г. Кардыш, Б.В. Мурзаков, А.С. Окмянский. – М.:Недра, 1971. – 240 с.

3. Подэрни Р.Ю. Горные машины и автоматизированные комплексы для открытых работ / Р.Ю. Подэрни. – М.:Недра, 1979. – 615 с.

4. Казаченко Г.В. Исследование процесса шнекового бурения / Г.В. Казаченко [и др.]. // Горная механика и машиностроение. – 2012. – №3. – С. 65-74; – 2013. – №3. – С. 56-60.

5. Волков А.А. Перспективы создания буровых установок с самонастраивающимися системами управления / А.А. Волков. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1963. –

журнал. – 1963. – №1. – С. 150-157.

6. Ситников Н.Б. Система автоматизированного управления станком шнекового бурения / Н.Б. Ситников, Н.Н. Кученов, Е.Ю. Борисов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1990. – №8. – С. 97–103.

7. Ситников Н.Б., Трапезников В.Т. Определение базовых значений режимных параметров при бурении скважин / Н.Б. Ситников, В.Т. Трапезников. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1984. – №8. – С. 109–111.

8. Медведев А.Е. Микропроцессорная система автоматики карьерного бурового станка // Вестник КузГТУ. – 2006. – №4. – С. 77–79.

УДК 622. 249.5

ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА ПРИ ВАЛОВОЙ ВЫЕМКЕ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ С ПРОСЛОЯМИ И ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПОРОД НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗАРМИТАН

Норов Ю.Д., Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Боймуродов Н.А.
Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан

Проведены исследования на золоторудном месторождении Зармитан. Обоснованы схемы вскрытия и подготовки сложных рудных тел с прослоями и включениями пород.

Особенностью месторождения Зармитан (Республика Узбекистан) является то, что при вскрытии месторождения подземным способом учитывался рудник открытой добычи.

Схема вскрытия зависела от природных и технологических факторов, в частности, от рельефа местности, промышленных запасов руды месторождения, горизонтальной эксплуатационной площади рудных тел, глубины залегания месторождения от поверхности.

Схему вскрытия месторождения выбирали, сопоставляя технико-экономические характеристики нескольких вариантов:

1. Производили компоновку всех схем вскрытия, подлежащих экономическому сравнению, и по чертежам определяли длину капитальных горных выработок.

2. Определяли капитальные затраты на проведение горных выработок, строительство поверхностных сооружений и приобретение оборудования.

3. По каждому варианту составляли календарный план строительства и приводили капитальные затраты к сроку окончания строительства.

4. Определяли эксплуатационные затраты по подъёму, водоотливу, транспортированию руды и поддержанию выработок.

5. Определяли сумму капитальных затрат, отнесённую к объёму извлекаемых запасов (приведённых капитальных затрат), и эксплуатационных расходов на 1 т руды.

6. Вариант, при котором сумма приведённых капитальных затрат и эксплуатационных расходов будет минимальной, принимали в качестве основного.

По размерам площади поперечных сечений и длины стволов шахт, околоствольных дворов и околоствольных выработок капитальных квершлагов, штреков, восстающих устанавливали сроки вскрытия и подготовки этажа.

При экономическом сравнении учитывали только те статьи эксплуатационных расходов и капитальных затрат, которые были различны в сравниваемых вариантах и оказывали существенное влияние на их стоимость. Помимо экономической оценки при выборе варианта учитывали сроки вскрытия, удобство эксплуатации месторождения, технические и организационные затруднения и другие обстоятельства, способные повлиять на приемлемость того или другого варианта.

Выбор варианта вскрытия был связан с выбором типа подъёма, вида подземного транспорта, типа и ёмкости вагонеток, схем проветривания, обеспечивающей нормальную вентиляцию рудника, расположения водоотливных устройств.

Вместе с тем расчёт вентиляции рудничного транспорта и водоотлива зависел от принятого способа вскрытия.

Вопрос о месте заложения вскрывающих выработок решали в следующей последовательности.

Сначала намечали расположение рудовыдачных выработок, удобное в отношении топографических условий местности, подхода подземного и поверхностного транспорта. Если возник вопрос об оставлении околошахтного охранного целика руды, определяли его размеры по устойчивым углам сдвижения горных пород и подсчитывали оставляемые в нём запасы руды и полезных компонентов. На основании подсчётов решали вопрос

об оставлении охранного целика или о заложении вскрывающих выработок за пределами зоны сдвижения.

Места расположения вспомогательных вскрывающих выработок определяли в соответствии с их назначением.

Месторождение Зармитан вскрыто до горизонта 720 м.

Ствол «Главный», как основной выдачной при существующей схеме вскрытия в условиях расширения рудника может обеспечить производительность по руде 500 тыс. т/год при отработке горизонтов 840 и 780 м. Для отработки гор. 720 м и нижележащих горизонтов рассматривались варианты схем вскрытия, максимально использующие существующий горнотехнический комплекс рудника, учитывающие конфигурацию рудного поля на всех горизонтах и распределение запасов по рудным телам, а также не допускающие остановок действующего рудника в период реконструкции.

Выдача горной массы:

- золотосодержащих руд (кварцевых) – через ствол Главный;
- золотосеребряных руд (упорных, сульфидных) через ствол №10;
- пустой породы через ствол Вспомогательный-2.

Для спуска-подъёма людей, материалов и оборудования используется ствол Вспомогательный – 2.

Способ проветривания – нагнетательный, схема проветривания – фланговая. Подача свежего воздуха через ствол Главный, у устья которого строится новая вентиляционная главного проветривания.

Вариант 2 – строительство нового ствола Главный 2 и углубка ствола Главный до гор. 240 м, на флангах в районе ствола Вспомогательный – строительство вентиляционных восстающих, а в районе ствола №10 – вентиляционно-мефтовых восстающих с мефтами ГПЛК.

Ствол Главный-2 служит для выдачи всей горной массы. Ствол Главный выполняет функции вспомогательного ствола и служит для спуска-подъёма людей, материалов и оборудования.

В вариантах вскрытия 1 и 2 требуется проведение на каждом горизонте протяженных (от 520 до 750 м) двух путевых (сечение в черне 11,2; 12 м²) квершлагов. В ТЭО рассмотрен третий вариант вскрытия.

Вариант 3 – повторяет схему вскрытия по варианту 1 и отличается углубкой ствола Главный до гор. 480 м и строительством слепого ствола с гор. 480 м. до гор. 240 м. Слепой ствол приближен к рудным типам 1, 1а, 11, 17 и проходится до квершлага ствола Главный на гор. 480 м.

Заложение слепого ствола с гор. 480 м обусловлено тем, что, начиная с этого горизонта, рудная зона меняет конфигурацию в плане от площадки, разбросанной до вытянутой в широтном направлении полосы, представленной рудными телами 1, 1а, 11, 17.

Второй вариант вскрытия имеет следующие дополнительные преимущества:

- содержание одного выделенного ствола вместо трёх по первому и третьему вариантам;
- концентрация грузового и вспомогательного подъёмов на одной промплощадке вместо трёх по другим вариантам;
- проветривание выделенного ствола Главный-2 исходящей струей воздуха;
- спуск и подъём людей по свежей струе воздуха ствола Главный;
- содержание одного типа рудничных вагонеток ВГ-2,2 вместо трёх типов по другим вариантам: для выдачи руды по стволу Главный – ВГ-2,2, для выдачи руды по стволу №10 – ВГ-1,2, ВГ-1,3, для выдачи породы по стволу Вспомогательной – 2;
- упрощается схема транспорта, материалов, людей и оборудования.

Кроме того, золото-серебряные руды с точки зрения подземной откатки, не транспортируют только к стволу №10. Проведённый анализ показал, что 47 % их транспортируют к стволу №10 и 53 % – к стволу Главный.

Учитывая перечисленные выше преимущества, принят второй вариант вскрытия месторождения Зармитан.

Зона опасного влияния горных разработок при системах отработки с естественным поддержанием очистного пространства отстроена от нижней границы балансовых запасов принятых к отработке. Углы сдвижения горных пород определены на основе «Временных правил охраны сооружений природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок на месторождениях руд редких металлов» ВНИМИ и составляют:

- со стороны висячего бока $\beta^1=70^\circ$;
- со стороны лежачего бока $\beta=70^\circ$;
- по простиранию $\delta=70^\circ$.

Все вновь проектируемые здания и сооружения размещены вне зоны сдвижения горных пород.

Существующие здания и сооружения также расположены вне зоны сдвижения пород, за исключением поселка Тажиковул, который на восточном фланге месторождения частично попада-

ет в зону сдвижения пород при отработке рудных тел 15 и 26. В связи с этим блоки 15-34-37- С1; 15-38, 39-С2; 15-44-17- С1, 15-48- С2; 15а-1,2- С1, 15а-3- С2, 26-1+4- С1, 26-5- С2, отрабатываются системой с закладкой выработанного пространства. Запасы этих блоков относятся к классу мощности до 3-х метров и составляют 3% от всех эксплуатационных запасов. Руды этих блоков относятся к золотосеребряному (сульфидному) типу.

Основные факторы, которые влияли на выбор способа подготовки, это угол падения, нарушенность месторождения, газоносность, водоносность, а также размеры шахтного поля по простиранию, способ проветривания и др. Основное требование к подготовке месторождения – выбрать такие способы подготовки и систему разработки, чтобы число подготовительных и нарезных выработок было минимальным. В лучшем случае оно равно 2-3 м на 1000 т добытой руды, в худшем – до 10-15 м.

Подготовка и нарезка месторождения произведены так, что обеспечивалось хорошее проветривание очистных выработок, соблюдались правила безопасного ведения горных работ, затраты на подготовку были минимальными, обеспечивалось благоприятные условия для доставки оборудования, материалов и людей.

Подготовка рудных месторождений включала подготовку горизонтов и отдельных очистных блоков. Подготовка горизонтов заключалась в разделении шахтного поля на участки, в пределах которых затем проводили подготовительно-нарезные выработки и вели очистную выемку.

Крутые наклонные залежи горизонтальными подготовительными выработками (штреками и ортами) разделяли на этажи, длина которых соответствовала длине шахтного поля по простиранию. Расстояние по вертикали между штреками колебалось от 30-40 до 80-100 м, а иногда достигало 200-250 м. Высота этажа зависела от горно-геологических факторов.

С учетом вышеперечисленного, для месторождения Зармитан применен этажный способ подготовки. Высота этажа при этом составляла 45 м.

СОСТОЯНИЕ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА И ПОДРАБОТАННОЙ ТОЛЩИ ШАХТЫ МОЛОДЕЖНОЙ

Пак С.В.

*Донской ГОК - Шахта «10-лет Независимости Казахстана»,
г. Хромтау, Казахстан*

В результате выполненной работы по диагностике состояния подработанной породной толщи были определены фактические границы зон обрушения и сдвижения на земной поверхности, которые были увязаны с горными работами для уточнения фактических угловых параметров развития процесса сдвижения, сделаны выводы об активном развитии процесса сдвижения и отсутствии крупных пустот.

При отработке подземным способом месторождения «40 лет КазССР – Молодежное» возникла необходимость проведения диагностики состояния подработанного породного массива, прогноза его поведения и разработки мероприятий по предотвращению потенциальной опасности воздушных ударов на шахте «Молодежная» Донского ГОКа Республики Казахстан. Работа осложнялась тем, что инструментальные наблюдения за процессом сдвижения, проводившиеся на шахте Институтом горного дела УрО РАН на начальной стадии разработки месторождения, были фактически прекращены в 1992 г., и до 1999 г. разработка месторождения производилась без надлежащего контроля процесса сдвижения пород налегающей толщи. С 1999 г. наблюдения были возобновлены по сокращенной программе маркшейдерской службой шахты. До 2005 года инструментальные наблюдения проводились по 3 профильным линиям из 11, существовавших к 1992 г. В результате отсутствовали достоверные данные о состоянии подработанной толщи, наличии или отсутствии незаполненных пустот в породном массиве, проявлении процесса сдвижения на земной поверхности.

К 2005 году на месторождении «40 лет КазССР – Молодежное» сформировалась сложная техногенно-геологическая система, приведшая в итоге, к аномальному развитию процесса сдвижения, ряд особенностей которого наблюдается визуально. Прежде всего, отмечается отсутствие внутри зоны обрушения провалов и воронок обрушения, что более характерно при формировании мульды сдвижения от разработки пологопадающих пластов. Основной причиной подобного формирования зоны

обрушения является совместное влияние двух факторов – с одной стороны, относительно пологого и глубокого залегания рудного тела №22, в котором сосредоточены основные запасы месторождения, а с другой стороны, физико-механическими свойствами породного массива, склонного под воздействием влаги и рудничной атмосферы к разрушению на мелкие фракции, с чрезвычайно высокими скоростями – до 0.5 м/мес. Также отмечается различный характер деформирования западного и восточного флангов месторождения: если на западном фланге граница зоны обрушения прослеживается по системе трещин с раскрытием до 2.5-3 метров, то на восточном фланге трещины отсутствуют, а нарушения сплошности породного массива представлены цепочками бугров выпирания породы – протяженностью до 10 метров и высотой до 1.5-2 м. Такое явление обусловлено действием на флангах месторождения различных по знаку напряжений – растягивающих на западном и сжимающих на востоке. Кроме этого, наличие в непосредственной близости от зоны обрушения выработанного карьерного пространства создает возможность для разгрузки подработанного породного массива с образованием в борту карьера сдвиговых трещин.

Наличие на восточном фланге месторождения отвала пустых пород, заполняющего зону обрушения от разработки рудного тела в осях 60-72 играет двоякую роль. С одной стороны, размещение вскрышных пород в зоне обрушения, способствует улучшению геомеханической ситуации и приводит к более полному и плавному развитию процесса сдвижения, с другой же стороны, свойство породных отвалов аккумулировать воду в своем теле за счет конденсации водяных паров создает потенциальную опасность перепуска ее в горные выработки по системам трещин.

Большую роль в развитии процесса сдвижения также играют мощные тектонические нарушения третьего порядка – сочленяющиеся сбросо-сдвиги, пересекающие месторождение в субширотном и диагональном направлениях. Данные тектонические нарушения прослеживаются как по данным детальной геолого-разведки, так и визуально на местности в виде линеаментов в рельефе. Плоскости сбрасывателей сбросо-сдвигов падают на запад под углами 70-85°, что, совместно с их взаимным расположением относительно разрабатываемого рудного тела №22, создает благоприятные условия для реализации по ним деформаций, вызванных подработкой породной толщи горными работами.

Суммируя вышесказанное, следует отметить, что на месторождении имеется ряд горно-геологических факторов, оказывающих заметное влияние на развитие процесса сдвижения в его нынешнем, аномальном виде. Поскольку аномальность развития процесса сдвижения создает потенциальную опасность его внезапного развития в динамической форме, для получения достоверных данных о состоянии подработанной породной толщи необходимо было провести натурные инструментальные исследования структуры породного массива и характера его деформирования, на основе которых можно спрогнозировать развитие процесса сдвижения.

Исследование процесса сдвижения и состояния подработанной породной толщи на месторождении выполнялось в четыре этапа.

На первом этапе были проанализированы данные маркшейдерских наблюдений, а также выполнена очередная серия наблюдений по профильным линиям с высотной привязкой реперов к пунктам полигонометрии, находящимся за пределами области влияния горных работ. На этом этапе было установлено, что оседания реперов станции составляют от 79 до 11150 мм, таким образом, вся наблюдательная станция находится в мульде сдвижения [1]. Был отмечен дискретный характер деформирования массива. По профильным линиям I и II, заложенным вкрест простирания рудного тела отмечен дискретный, но трендовый характер распределения вертикальных деформаций, по горизонтальным деформациям – растяжения в краевых частях, сжатие в центре. По профильной линии I, заложенной по простиранию – отмечен резкий знакопеременный скачек вертикальных деформаций в области валов выпирания грунта, по горизонтальным деформациям – небольшие величины сжатий в центральной части, аномально высокие в области валов выпирания грунта, а в конце линии деформации растяжений. Таким образом, величины деформаций и скорости приращения вертикальных и горизонтальных деформаций свидетельствуют об активном и полном развитии процесса сдвижения на месторождении, что делает маловероятным возникновение в породном массиве незаполненных пустот, склонных к внезапным обрушениям. Вместе с тем, при этом не было возможно установить границы зон обрушения и сдвижения на земной поверхности для определения фактических угловых параметров процесса сдвижения и сопоставления их с нормативными.

На втором этапе состояние подработанного горными работами породного массива по всей площади мульды сдвижения было обследовано с применением современных геофизических методов – электроразведочными методами, и методом спектрального сейсмопрофилирования. По результатам геофизических изысканий двумя независимыми методами, в различных их комбинациях, было установлено, что исследуемый массив горных пород достаточно однороден, в нем отсутствуют незаполненные пустоты, при этом наблюдаются лишь незначительные зоны дезинтеграции горных пород, заполненные обломочным материалом мелкой фракции. Четко были закартированы крутопадающие границы – границы зоны обрушения на флангах и всiachем боку месторождения и мощных тектонических нарушений субширотного простирания.

На третьем этапе исследовалась возможная роль геодинамической активности мощного тектонического нарушения, пересекающего подработанную породную толщу в субширотном направлении. Для оценки степени геодинамической активности этого тектонического нарушения были поставлены экспериментальные исследования в режиме непрерывного мониторинга короткопериодных смещений и деформаций. При рассмотрении полученных результатов, было отмечено, что максимальные амплитуды смещений и деформаций концентрируются на измерительных интервалах, пересекающих тектоническое нарушение под прямым углом (по нормали). На данных интервалах отмечается геодинамическая активность, выражающаяся в циклических короткопериодных деформациях породного массива, минимум в два раза превышающая аналогичные по остальным интервалам. Таким образом, на основании выполненных инструментальных исследований было подтверждено предположение о высокой степени современной геодинамической активности тектонического нарушения. В условиях значительной подработки вмещающего породного массива горными работами, и формирования анизотропного вторичного напряженно-деформированного состояния, существующая геодинамическая активность значительно усилилась и реализуется в виде короткопериодных знакопеременных деформаций, происходящих на фоне трендовых подвижек по плоскостям сместителей.

На четвертом, заключительном этапе исследований предстояло решить две основные задачи – определить фактические угловые параметры процесса сдвижения и сопоставить их с нор-

мативными, а также независимым методом подтвердить отсутствие в подработанном массиве крупных незаполненных пустот.

Для решения этих задач была произведена топографическая съемка зоны обрушения и мульды сдвижения на площади 72 гектара. Съемка производилась с использованием комплекса спутниковой геодезии в кинематическом режиме «Stop-And-Go» с картированием рельефа по сетке 30x30 метров. Отдельно картировались нарушения сплошности породного массива – трещины разрыва на западном фланге и висячем боку месторождения и цепочки бугров выпирания грунта на восточном фланге. По границам трещин разрыва с раскрытием свыше 200 мм и цепочек бугров выпирания грунта была отстроена фактическая граница зоны обрушения на земной поверхности, которая была нанесена на цифровой план местности. На этот же план были вынесены фактические границы отработанных запазов по горизонтам -55 и -135 метров.

В результате сопоставления полученных фактических углов обрушения с нормативными было отмечено, что на восточном фланге месторождения углы обрушения на 10° круче нормативных, а на западном фланге – на 10° положе, то есть наблюдается левосторонняя анизотропия в развитии зоны обрушения, которая может быть объяснена особенностями формирования вторичного анизотропного напряженно-деформированного состояния подработанного породного массива на месторождении и воздействием на него техногенных нагрузок от карьера с севера и отвала пустых пород с востока.

По результатам топографической съемки была построена цифровая модель местности, отражающая состояния земной поверхности на современный период времени. В цифровую модель также были переведены данные топографической съемки, выполненной до начала отработки месторождения «40 лет КазССР». Сопоставление двух цифровых моделей, отражающих исходное и современное состояние земной поверхности, позволило, путем вычитания, получить цифровую модель, отражающую оседания земной поверхности, произошедшие в результате подработки породного массива. По изолинии оседаний 50 мм была проведена граница зоны сдвижения на земной поверхности. Поскольку величина оседаний 50 мм сопоставима с точностью построения рельефа на топографических планах, фактическая граница зоны сдвижения на земной поверхности отстраивалась путем интерполяции от изолиний с величинами оседа-

ний, больших 100 мм. В результате сопоставления фактических углов сдвига с нормативными [3] была отмечена картина, полностью аналогичная картине для углов обрушения, что на восточном фланге месторождения углы сдвига примерно на 10° круче нормативных (экстраполировано), а на западном фланге - на $7-10^\circ$ меньше, то есть также наблюдается левосторонняя анизотропия в развитии мульды сдвига.

Таким образом, было установлено, что развитие процесса сдвига горных пород и земной поверхности на месторождении происходит достаточно активно и полно, присутствует ярко выраженный дискретный характер деформирования породного массива и значительная анизотропия вторичного напряженно-деформированного состояния. Подобное развитие процесса сдвига свидетельствует об отсутствии опасности зависания подработанных пород и неконтролируемого развития самообрушения пород залегающей толщи и земной поверхности с аэродинамическими явлениями в горных выработках.

Сдвигение подработанного породного массива происходит с некоторыми особенностями [4], способствующими более плавному протеканию процесса сдвига, анизотропией напряженно-деформированного состояния массива, достаточно высокой геодинамической активностью мощного тектонического нарушения субширотного простирания, залегающего в лежащем боку рудного тела и близкому нахождению к мульде сдвига крупных техногенных объектов – карьера и отвала пустых пород.

Поскольку целью работы являлось исключение опасности неконтролируемого развития самообрушения подработанных пород залегающей толщи с аэродинамическими явлениями в горных выработках, необходимо было оценить саму вероятность существования в массиве незаполненных пустот. Полнота развития процесса сдвига оценивалась аналитически по наличию в подработанном массиве дефицита объема, представленного незаполненными пустотами. Вариант аналитического расчета для этого случая включал в себя оценку изменения объемов разрушенных пород, заполняющих зону обрушения.

Согласно геометрическому построению, ненарушенный породный массив до начала отработки занимает объем усеченного конуса, боковые грани которого образованы под фактическими углами обрушения по-западному и восточному флангам и висячему боку, а объем выработанного пространства определяется по объемам выданной на-гора рудной массы. После начала от-

работки, и изъятия из массива руды, происходит обрушение массива на выработанное пространство, и изменением объема разрушенного породного массива. Неизвестные величины объемов нетронутого массива обрушенной горной массы, углы обрушения определяются непосредственно по результатам натурных инструментальных измерений. Соотношение фактических объемов дает коэффициент разрыхления породного массива, по величине которого возможно судить о наличии или отсутствии в подработанной породной толще незаполненных пустот.

В результате расчетов было установлено, что коэффициент разрыхления подработанного породного массива 1.032. Максимально же возможный в данной ситуации коэффициент разрыхления, при условии отсутствия оседаний земной поверхности составляет 1.051. Учитывая особенности развития процесса сдвижения на месторождении, такой коэффициент разрыхления (1.032) подработанного породного массива следует считать достаточно высоким и гарантирующим отсутствие в подработанном массиве незаполненных пустот. Также установлено, что при отработке рудного тела №22 еще не выполняется условие выхода воронок обрушения на земную поверхность, для выполнения которого, с учетом сохранения фактической глубины верхней границы выработанного пространства, требуется площадь выработанного пространства в плане в 1.65 раза больше нынешней. С другой стороны, зафиксированные по результатам инструментальных измерений высокие уровни сжатия массива в центральной части мульды сдвижения на восточном фланге, приводят к очень плотной переупаковке дезинтегрированного породного массива, поэтому при дальнейшем развитии горных работ на месторождении не следует ожидать высоких значений коэффициента разрыхления.

Таким образом, выполненный комплекс натурных экспериментальных исследований подработанного породного массива месторождения «40 лет КазССР – Молодежное» с использованием двух независимых методов – геодезического деформационного и геофизического, проведенные аналитические расчеты и построения в условиях недостаточного контроля развития процесса сдвижения позволили выявить основные горно-геологические факторы, оказывающие заметное влияние на развитие процесса сдвижения в его нынешнем, аномальном виде.

Проведен анализ закономерностей развития процесса сдвижения земной поверхности на месторождении, определены фак-

тические границы зон влияния подземных разработок и угловые параметры сдвижения, уточнена структура и состояние подработанного породного массива геофизическими методами, разработана геомеханическую модель процесса сдвижения горных пород при разработке месторождения «40 лет КазССР – Молодежное».

Основной рекомендацией по предотвращению потенциальной опасности воздушных ударов на шахте «Молодежная» при дальнейшей разработке, является организация усиленного контроля геомеханических процессов, проистекающих в подработанной толще для исключения бесконтрольности их проявления.

Необходимо в ближайшее время разработать проект реконструкции наблюдательной станции, провести ее реконструкцию согласно разработанному проекту, и организовать по ней регулярные инструментальные наблюдения.

Библиографический список

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений: Утв. Госгортехнадзором СССР 03.07.86. -М.: Недра. – 1988. – 112 с.

2. Панжин А.А. Исследование короткопериодных деформаций разломных зон верхней части земной коры с применением систем спутниковой геодезии //Маркшейдерия и недропользование. – 2003. – №2 (8).

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на месторождениях руд черных металлов Урала и Казахстана: Утв.Минметом СССР 02.08.90 – Свердловск: ИГД Минмета СССР, 1990.

4. Саиурин А.Д. Сдвижение горных пород на рудниках черной металлургии. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ УДАРООПАСНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сидоров Д.В., Пономаренко Т.В.

Санкт-Петербургский горный университет

В статье обоснованы инновационные технологические решения по выбору порядка отработки запасов камер на действующем руднике по добыче меди в удароопасных условиях, обеспечивающего рост производственной мощности после реконструкции. Выявлены и систематизированы технологические и экономические эффекты от применения технологической инновации, показано влияние инновационного решения на результаты деятельности рудника и компании.

Рост потребления цветных металлов в отраслях промышленности и энергетике, а также снижение инвестиций по ряду проектов привел к существенному дефициту сырьевых товаров: меди, титана, алюминия, никеля, кобальта и др. (URL: <https://www2.deloitte.com/ru/ru/pages/risk/articles/2019/tcfd-2019-status-report.html>). Например, в ближайшее время недостаток меди на рынке металлов может составить около 400 тыс. тонн. По наблюдениям Уральской горно-металлургической компании (УГМК) в течение следующих пяти лет потребление меди будет увеличиваться на 415 тыс. тонн ежегодно, а совокупный прирост к 2022 г. достигнет 2,5 млн. т. В связи с этим основные усилия горнодобывающих компаний направлены на обеспечение максимальных объемов производства руды при минимальных затратах.

К настоящему времени рынки большинства цветных металлов являются концентрированными, т.к. в горно-металлургических отраслях конкурируют крупные вертикально-интегрированные компании (ВИК). Внешняя экономическая среда благоприятна с точки зрения тенденции к росту цен на цветные металлы, разнообразия и доступности финансовых ресурсов. При этом производственные мощности основных производителей - компаний медного рынка России - имеют дефицит по рудному сырью, качество минерально-сырьевой базы по меди невысокое, что в условиях роста рынка обуславливает необходимость дальнейшего развития минерально-сырьевых активов (МСА). Основными формами развития являются реконструкция действующих

производственных мощностей и проекты разработки и ввода в эксплуатацию новых месторождений. При этом основными факторами реконструкции действующих рудников являются увеличение производственной мощности с ростом производительности труда и эффективности добычи руды [4].

Например, с учетом ожидания роста цен на медную продукцию и получения высокой доходности, ВИК УГМК стремится увеличить объемы добычи руды на крупнейшем действующем Гайском ГОКе, а также проектирует к разработке новые медные месторождения. Так, в 2009 г объем добычи руды на Гайском руднике составлял 3 млн. тонн руды [6], в 2016 г – 6,5 млн. тонн руды, 2017 г – 7,5 млн. тонн руды (http://www.ggok.ru/ru/activiti/priary_production/13748/), а в 2020 г должен выйти на добычу в 8,5 – 9,0 млн тонн руды ежегодно (<https://gold.1prime.ru/news/20190813/326907.html>).

Для реконструкции подземного рудника с увеличением производительности до 9 млн. тонн в год ПАО «Гайский ГОК» потребовались инновационные проектные решения, которые были разработаны в Санкт-Петербургском горном университете в результате геомеханического и технико-экономического обоснования.

Гайский ГОК расположен в восточной части Оренбургской области. Рудные тела Гайского медно-колчеданного месторождения распределены крайне неравномерно [1, 2]. Общая протяженность зоны по простиранию достигает 5 км, по падению она прослежена почти на 2 км и окончательно не оконтурена. Мощность ее колеблется от первых десятков метров до 500 м. Падение рудных тел на восток под углом в среднем 60-75°. В целом руды и вмещающие породы характеризуются как достаточно крепкие образования (коэффициент крепости по шкале профессора Протодяконова изменяется от 6 до 16). Гайское месторождение отнесено к склонным по горным ударам [7].

В настоящее время отработка Гайского месторождения ведется в этажах 750 – 830, 830 – 910, 910 – 990 и 990 – 1070м. Для отработки основных запасов (более 90 %) принята этажно-камерная система разработки с твердеющей закладкой. В зависимости от горнотехнических, горно-геологических и геомеханических условий варианты камерной системы разработки с твердеющей закладкой отличаются между собой порядком отработки камер (схемой отработки камер, целиковым или сплошным порядком отработки камер и их высотой). Этажно-камерная система разработки с твердеющей закладкой, ее кон-

струкция, параметры и технология очистной выемки освоены на руднике и обеспечивают безопасность ведения горных работ. В связи с этим, основные усилия были направлены на поиск оптимального порядка отработки запасов руды в пределах этажей.

Поскольку действующими Федеральными Нормами и Правилами Российской Федерации в области промышленной безопасности [7] Гайское месторождение отнесено к склонным и опасным по горным ударам, то при геомеханическом обосновании в качестве основного принимался модернизированный [5] в Санкт-Петербургском горном университете подход ВНИМИ [3]. Подход основан на расчете предельных размеров целиков, но совокупно учитывает паспорт контактной прочности руды и коэффициент запаса прочности междукамерного целика, исключающего проявление в нем удароопасности.

Результаты определения минимально допустимой ширины междукамерных целиков (МКЦ) с учетом фактора удароопасности, горно-геологических и горнотехнических условий разработки Гайского месторождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры рудных МКЦ для проекта реконструкции ГОКа

Ширина камеры, м	Отметки этажа, м	Предельный размер МКЦ, м	Допустимая ширина МКЦ в зависимости от режима деформирования, м	
			Податливый	Несущий
20	910/990	55	41	68
	990/1070	60	45	75
	1070/1150	66	50	82
	1150/1230	72	54	90
	1230/1310	77	58	97

Согласно рекомендациям по определению предельных размеров устойчивых обнажений применительно к рассматриваемым условиям разработки размеры секции очистной камеры составляют: ширина – 20 м, длина – 50 м, высота 80 м. Тогда объем секции камеры составит 80000 м^3 , а запасы руды в секции камеры составят 336000 т.

С учетом результатов геомеханического обоснования параметров камер, секций и МКЦ, Горным университетом в пределах разрабатываемых и проектируемых к отработке горизонтов 910 – 1310 м был рекомендован камерно-целиковый порядок отработки по схеме 1-2-3-1-2-3, позволяющий обеспечить тре-

буемую производительность рудника 8,5 – 9,0 млн тонн руды в год. При этом камеры первой очереди отрабатываются через рудный целик шириной 40 м, камеры второй очереди вынимаются через искусственный и рудный целик (комбинированный целик) общей мощностью 40 м и камеры третьей очереди отрабатываются через искусственный целик из твердеющей закладки шириной 40 м. Максимальное значение коэффициента концентрации напряжений в МКЦ при обработке камер третьей очереди не превышает 3-х.

Разработанное инновационное решение по изменению порядка отработки камер обеспечивает повышение технологической и экономической эффективности работы Гайского ГОКа.

Рост производительности труда обусловлен изменением организации производства и трудоемкостью основных и вспомогательных производственных процессов, включая затраты времени на бурение скважин в секции – 163 суток, зарядание и взрывание скважин – 7 суток, уборку горной массы – 258 суток, подачу закладки – 21 сутки, твердение закладочной смеси – 180 суток, закладку секции – 201 суток. С учетом совмещения во времени рабочих процессов по бурению, заряданию и уборке горной массы суммарные затраты времени на отработку секции камеры при условии обеспечения Гайским рудником производительности 9000000 т/год составят 459 суток (15 мес.) при добыче 268800 т руды из секции.

Результаты определения потерь и разубоживания для горно-геологических и горнотехнических условий отработки залежей: потери 8,4 %, разубоживание 22,0 %. При этом необходимо отметить, что расчёт показателей извлечения выполнен по каркасной модели залежи руд и не учитывает результаты эксплуатационной разведки. В дальнейшем, по результатам эксплуатационной разведки, контуры рудного тела и породных прослоев будут уточняться на всей площади залежи руд, соответственно, при этом должны корректироваться и нормативные показатели разубоживания руды.

Оценка затрат на добычу 1 т руды по Гайскому ГОКу с увеличением объема добычи до 9 млн.т. руды показала величину 1128,8 руб/т.

Рост объемов производства на 30 % и снижение затрат обусловит увеличение прибыли ВИК УГМК на тонну выпускаемой продукции и годовой прибыли, т.к. снижается дефицит рудного сырья, увеличивается степень самообеспеченности ВИК УГМК

концентратом для последующей переработки и уровень загрузки собственных металлургических заводов. При постоянных ценах на медь повышение экономической эффективности деятельности ВИК УГМК, связанное с разработкой и внедрением инновационных решений, определяет рост ее конкурентоспособности на российском и глобальном рынках меди.

При ожидаемой долгосрочной тенденции к росту цен на медь финансовые показатели ВИК УГМК будут улучшаться и экономическая эффективность возрастать, помимо инновационного фактора, также за счет ценового фактора. Например, с 2016 года наблюдалась тенденция к устойчивому росту цен, с 2018 года отмечается некоторое падение. К настоящему времени цены установились на уровне 6000 долл. за т и очень далеки от минимумов 2005, 2009 и 2016 гг. (<https://www.lme.com>).

Анализ волатильности цен на медь, проведенный по данным Лондонской биржи металлов (<https://www.lme.com>) показывает, что с 2012 года до настоящего времени цены изменяются в диапазоне 10-30 %. Внедрение инновационных технологических решений по увеличению производственной мощности рудника с удароопасными рудными залежами обеспечивает рост технологической эффективности работы Гайского ГОКа и повышение экономической эффективности и устойчивости функционирования ВИК УГМК.

Выводы

1. Обосновано технологическое решение по изменению порядка отработки камер на действующем руднике по добыче меди, обеспечивающего рост производственной мощности рудника в соответствии с проектным значением.

2. Выявлены технологические эффекты от применения технологической инновации, связанные с изменением трудоемкости и производительности труда, показано их влияние на формирование экономического эффекта.

3. Показано, что рост объемов производства на 30 % приводит к снижению производственных затрат на тонну добываемой руды.

4. Обосновано, что повышение технологической эффективности работы ГОКа определяет увеличение прибыли ВИК на тонну выпускаемой продукции и годовой прибыли вследствие снижения дефицита рудного сырья и увеличения уровня загрузки металлургических заводов ВИК.

5. Показано, что технологическое инновационное решение обеспечивает повышение экономической эффективности дея-

тельности ВИК, рост конкурентоспособности УГМК на российском и глобальном рынках меди, а также повышение экономической устойчивости ВИК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства культуры, образования, науки и спорта Монголии в рамках научного проекта № 19-510-44013\19.

Библиографический список

1. *Бородаевская М.Б. Геологическое строение Гайского рудного района и условия локализации в нем медноколчеданного оруденения (Южный Урал) / М.Б. Бородаевская, М.И. Вахрушев, Е.С. Контарь и др. // М.: ЦНИГРИ, 1968. 214 с.*

2. *Нестеренко В.С. Основные черты геологического строения и вопросы генезиса Гайского медноколчеданного месторождения на Южном Урале / В.С. Нестеренко // Геология рудных месторождений. 1978. Т. XX. № 3. С. 24–35.*

3. *Петухов И.М. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров и др. – М.: Недра, 1992. – 256 с.*

4. *Рыльникова М. В. Вскрытие при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений / М.В. Рыльникова, В.Н. Калмыков, Н.А. Ивашов // Горная промышленность 2003 – № 2. – С. 38 – 42.*

5. *Сидоров Д.В. Научно-методическое обоснование параметров несущих барьерных целиков при камерно-столбовой системе разработки удароопасных рудных месторождений на больших глубинах / Д.В. Сидоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 12. – С. 32 – 35.*

6. *Чернухин А.В. Моделирование организации очистных работ на Гайском подземном руднике при различных составах закладочной смеси / А.В. Чернухин, Э.И. Богуславский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 7, 2009. – С. 320 – 324.*

7. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» (утв. приказом Ростехнадзора от 2 декабря 2013 г. № 576).*

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. II.

Рахимбеков С. М.

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

Для эффективного решения постоянно возникающих горных задач, как в научном, так и в производственных планах необходимо обновление принципов проектирования и конструирования применяемой горной технологии согласно концепции адаптации в реальном масштабе времени. С этой целью проанализированы соответствующие горные задачи с различной функционирующей информационной базой. В статье более подробно рассматриваются геодинамические задачи, также рассмотрена функциональная сторона критерия адаптации.

В начале развития горной технологии, пока нарастала и усложнялась ее природно-техническое содержание, ее характеристики были лучшим гарантом противодействия природной среде. Но с углублением проводимых горных работ и другими негативными проявлениями развития природно-технической системы (ПТС) росла сила претензий природной среды (ПС). Проявлялась нелинейность и неоднозначность всей ПТС, увеличивалась ее неоднородность и, нарушался закон соответствия организаций ПТС и ПС.

Не лишним раз будет отметить, что невозможность прогноза времени реализации катастрофических событий с достаточной для практических целей точностью, как раз таки, объясняются нелинейностью и неоднородностью геологической среды. Поэтому нелинейность и неоднородность являются одним из основных претензий, которые требуют своей оценки и учета на различных этапах исследований.

Нарушение закона соответствия организаций ПТС и ПС постепенно приводило к рассогласованиям, которые заставляли ПТС как-то приспособливаться, адаптироваться к внешней среде.

В принципе, одна из главных закономерностей развития любой технической системы - путь адаптации к претензиям окружающей среды (ОС) и путь управления ими. Таким образом, и происходит направление идеализации системы [1]. Наша задача

показать это и для ПТС. Представленная концепция адаптации применима и к другим горным задачам с учетом их специфики и претензий горнотехнической среды и горняка к решаемой задаче.

Вместе с тем, как показали исследования, типичной ошибкой проектирования объектов добычи полезных ископаемых остается аппроксимация нелинейных, по своей сути элементов системы, линейными. Вместе с тем проведенный анализ геологических материалов по месторождениям и технических проектам по объектам золотодобычи (где мы в основном проводили наши исследования) показали множество случаев неправильных количественных представлений при интерпретации и экстраполяции данных геологической разведки.

Все это постепенно приводило к рассогласованиям, которые затем заставляли ПТС адаптироваться к внешней среде.

Нами в ряде работ прошлого периода исследований были опубликованы материалы о влиянии изменчивости оруденения и параметров размещения блоков на технологические и технико-экономические показатели горного производства. На основе полученных результатов вывод о существенной зависимости параметров горной технологии и экономики производства от изменений геологических величин в пространстве приобретает новое звучание.

Так если попытаться резюмировать содержание этих работ, то можно сделать следующий интересующий нас вывод. Наличие природной среды со своими характеристиками и наличие ЛПР (лица, принимающего решения) с другой стороны, во всех иерархиях технологических процессов, во всех иерархиях узлов управления определяют проявления адаптационных свойств с разным уровнем степени проявления этого свойства, который в свою очередь зависит от характеристик указанных двух составляющих.

С целью выяснения этой ситуации, обратим внимание на то, что претензии природной среды имеют определенную иерархию, которая представляет собой системную организацию природных систем (и природы в целом) и вместе с тем включают в себя последствия ведения горных работ [1]. В том случае если претензии природной среды оказываются сильнее возможностей применяемой горной технологии, в том числе адаптивных возможностей, наступает конфликт. В этом случае следует отметить более конкретный вывод: необходимым условием бесконфликтного функционирования применяемой горной технологии

в природной среде является ее соответствие природной среде по сложности и уровню организации.

Обобщение вышесказанного: каждый раз следует выделять основную претензию горнотехнической среды и горняка к решаемой задаче или системе, которую эта задача образует. Примером является в подробно раннее рассмотренной горной задаче, игнорирование особенностей пространственной изменчивости геологических величин, которая и приводит к снижению полноты и эффективности разработки месторождения.

На примере решенной задачи оптимального размещения выемочных единиц мы показали, что с увеличением степени адаптивности применяемой горной технологии ее уровень организации становится значительно выше уровня организации природной среды. Таким образом, горная применяемая технология становится более управляемой и меньше начинает зависеть от природной среды.

Еще раз отметим важность выделения основного критерия функционирования системы, которую та или иная горная задача образует. Так для задач синтеза и оптимального функционирования горного производства, где фигурируют данные геомеханики, основным критерием функционирования системы является геодинамическая безопасность ведения подземных горных работ. Претензии определяются, прежде всего, разнородным характером породных массивов, отсюда следует неоднородность пространственного распределения действующих в этом породном массиве напряжений, да и это подтверждено проводимыми экспериментальными исследованиями напряженного состояния в сейсмоактивных зонах и на удароопасных рудных и угольных месторождениях в разных районах СНГ [9-16].

Таким образом, значительную роль в перераспределении напряжений играют строение массивов горных пород и их неоднородность по самым различным свойствам, в том числе, деформационным.

Известно, что критерий геодинамической безопасности составляет и определяет, во-первых, фактор техногенного влияния проводимых подземных горных работ, а, во-вторых, имеет существенное влияние на жизнь горняков, на сохранность оборудования, горных выработок и т.п. [9, 11, 16]. Если первая составляющая, а именно, фактор техногенного влияния выявляется и исправляется на этапе управления геомеханическими процессами и формируется целенаправленным выбором технологи-

ческих процессов разработки месторождений и подземного строительства, т.е. классическими способами. Эти регламентные условия обеспечения ведения подземных горных работ являются в большей степени следствием принятой горной технологии на этапах проектирования, НИР, ОКР и т.д. и уточняются и корректируются на этапах ввода в эксплуатацию горных технологий. Но на практике, зачастую, эти регламентные условия эффективности и интенсивности ведения подземных горных работ с одной стороны и геодинамической безопасности с другой, часто не совпадают. Другими словами, представленная концепция адаптации с учетом специфики и претензий горно-технической среды и горняка к данной решаемой задаче проблемы управления геодинамической безопасностью не срабатывает. Такое положение с концепцией адаптации, как показывает проведенное исследование, имеет место и для других задач. На наш взгляд, этому есть следующее объяснение. До настоящего времени господствовала (не всегда вполне осознанная) научная доктрина консервативного направления развития горной технологии, которая опиралась на концепцию экстенсивного совершенствования каждого из элементов горного производства, не затрагивая их сути (увеличение мощности, массы, размеров и т.д.). В целом старая доктрина в свое время не получила концептуально четкой формулировки и исторически представляет собой совокупность поэтапных усовершенствований традиционных технических решений, направленных в большинстве своем на устранение «узких мест» горной техники и технологии. Совершенствование горного производства, как метод улучшения системы, представляет ограниченные возможности. Их решения, в основном, лежат на «поверхности», мы предполагаем как бы существование системы само по себе. Чаще всего причины «сбоев» системы ищем не вне системы, т.е. не в связи с другими системами и даже не в связи с другими подсистемами самой системы, а в границах системы или даже одной подсистемы.

Поэтому напрашивается вывод, что вместо планирования горные предприятия должны развивать способность быстрой адаптации к меняющимся условиям. В условиях быстро меняющейся и неопределенной обстановки, в том числе природной, наиболее устойчиво работают те горные предприятия, которые быстрее приспосабливаются, т.е. адаптируются к всевозможным изменениям в окружающей среде.

Процесс превращения хаотичных технологических данных в полезную информацию и извлечь из этого прибыль надо воплотить в «железо», т.е. в комплекс программных приложений, процессов и систем, охватывающий полный цикл принятия решений на всех уровнях горного предприятия. Общая концепция реализации такого беспрецедентного прорыва специальной информационной техники и информационных технологий, может быть выражена «цепочечной функцией» цифрового характера и вида: **ДАННЫЕ – ИНФОРМАЦИЯ – ЗНАНИЯ – ДОСТУП – ПОНИМАНИЕ – ПРИБЫЛЬ.**

Оценивая перспективы развития нового направления в горном производстве, важно понимать, что адаптация горной технологии – «цифровая-информационно-интенсивная» технология.

В качестве основного вывода еще раз следует отметить, что современное развитие науки расширяет возможности познания. Многие исследователи – коллеги начинают давать новую адаптивную интерпретацию процессов развития сложных природно-технических систем. Т.е. мы не только подстраиваемся под конкретные горно-геологические условия добычи, но и активно их преобразуем в нужную для себя сторону.

Библиографический список

1. Альтицуллер, А. Алгоритм изобретения – М. – 2014 – 215 с.
2. Цехановский, А., Чертовской В. Управление данными. Учебник. – 2015. – 432 с.
3. Бычков И.В. Облачные технологии в решении задач горной геоинформатики / И.В. Бычков, В.Н. Опарин, В.П. Потанов// ФТПРПИ. – 2014. – № 1.
4. Rodkin M.V., Pisarenko V.F., Ngo Thi Lu, Rukavishnikova T.A. On potential representations of the distribution law of rare strongest earthquakes. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2014. V. 5. № 4. P. 893 – 904 p.
5. Shestopalov I.P., Kharin E.P. Relationship between solar activity and global seismicity and neutrons of terrestrial origin // *Russ. J. Earth Sci.*, 2014. № 14. ES1002.
6. Vikulin A.V. Geodynamics as wave dynamics of the medium composed of rotating blocks // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2015. V. 6. № 3. P. 345-364.
7. Marinho A., Tipe L.M. Traditional Versus Stochastic Mine Planning Under Material Type and Grade Uncertainties // *Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry Proceedings of the 37th International Symposium APCOM 2015*.

8. Кубрин С.С., Мазаник Е.В., Кигалов Н.Н. Автоматизированная система поддержки принятия технологических решений и комплексного синтезирующего мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – ОВ1. Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2014». - С. 267-278.

9. Авдонина Л.А., Ахметов Б.Б., Вершинин Н.Н., Досжанова А.А. Принятие управленческих решений по повышению безопасности потенциально опасных объектов. Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева 2014, 2 (102), с. 205-212

10. Тихомиров В.А., Вершинин Н.Н., Сызранцев Н.А. Методика обоснования состава и способов комплексного технического обслуживания артиллерийского вооружения - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1999, 72 с.

11. Исаченко А.А., Фрянов В.Н., Петров А.А. Идентификация параметров и признаков изменчивости геомассива по уровню добычи и промышленной безопасности выемочных участков угольных шахт // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2016. Т. 22. № 9. С. 4–14.

12. Волошин В. А., Риб С. В. Исаченко А. А. Прогнозирование пучения горных пород в окрестности подготовительных выработок при отработке весьма сближенных угольных пластов // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. ст. Новокузнецк: Сиб. гос. индустр. ун-т, 2015. С. 129–132.

13. Одрин В. М. Морфологический анализ систем. – Киев: Наук. думка, 1977, 147 с.

14. Хачай О.А. Об использовании методов математической теории энтропии для анализа временных процессов в напряженной деформируемой среде / О.А. Хачай, Ю.П. Шуплецов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1998. – № 1. – С. 46 – 52.

15. Хачай О. А., Хачай О. Ю. Геосинергетика: теория, методы, эксперименты при решении проблем отработки горных массивов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Новосибирск: ИГД СО РАН, 2015. С. 45 – 51.

16. Мещанинов С.К. Научные основы обеспечения надежности функционирования очистного забоя как управляемого геомеханического объекта: [монография] / Мещанинов С.К. – Днепродзержинск: РИК НГУ, 2011. – 230 с.

УДК 622.831.325.3

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЧАСТКОВ ТРУБ ШАХТНЫХ СЕТЕЙ

Столбченко Е.В., Пугач С.И.

*Национальный технический университет «Днепровская
политехника»*

Разработана методика расчета неразветвленных газопроводов с изменяемой в процессе эксплуатации длиной.

Угольная промышленность является одной из основных отраслей народного хозяйства, требующей постоянного внимания и участия со стороны научно-исследовательских и проектных организаций. Увеличение глубины разработки угольных месторождений при существующей технологии добычи полезного ископаемого приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и повышению опасности возникновения взрывоопасной смеси из угольной пыли и метана.

Повышение производительности и скорости подвигания забоев очистных и подготовительных выработок с применением новой техники и технологии ведения горных работ привело к росту интенсивности метановыделения. Все возможности борьбы с метаном путём вентиляции исчерпаны, и, вследствие этого, особое значение приобретают активные способы управления газовыделением. Имеющиеся в этом направлении достижения во многих случаях не обеспечивают норм концентрации метана в рудничном воздухе, предусмотренных правилами безопасности. Вследствие этого сдерживается внедрение или использование на полную мощность новейшей высокопроизводительной техники, и вопросы борьбы с газом приобретают значение не только с точки зрения безопасности и комфортности труда горнорабочих, но и возможности дальнейшего прогресса в механизации и автоматизации горных работ.

Существующие методики определения основных параметров дегазации основаны на базе натуральных исследований. При этом предлагаемые аналитические расчеты большинства опубликованных научных работ основаны на опытных данных, применительно к конкретным горно-геологическим условиям и носят рекомендательный характер. Несмотря на существующее разнообразие предлагаемых решений, практика исследований уровня

дегазации на угольных предприятиях указывает на несовершенство существующих методик расчета параметров дегазации. Фактические параметры работы дегазационной сети во многих случаях не отвечают расчетным. Поэтому уточнение действующих методик расчета параметров дегазации является актуальной научно-практической задачей, которая требует всестороннего изучения и решения.

Предлагается расчет участков трубопровода изолированного отвода метана, трубопровода местного проветривания тупиковых выработок, газопроводов дегазационных сетей.

Для сетей трубопроводов, длина которых в процессе эксплуатации меняется, целесообразно вести предварительный расчёт параметров простых (без разветвлений) участков, входящих в сеть.

При расчётах определяются оптимальные значения движения воздуха на участках, диаметр труб участка, аэродинамическое сопротивление 1 пог. м участка. Критерием оптимальности приняты стоимости амортизации и ремонта участка трубы в течение 1 года и стоимость электроэнергии, затрачиваемой вентиляторной установкой (вакуум-насосом) на продвижение воздуха (метановоздушной смеси (МВС)) на этом участке. Расходы на амортизацию и ремонт трубопровода принимаются в % от стоимости трубы. Стоимость 1 пог. м трубы определяется эмпирической формулой вида [1].

$$k_m = b_0 + b_1 D + b_2 D^2,$$

где D – диаметр трубы на участке,

m ; b_0, b_1, b_2 – коэффициенты эмпирической формулы.

Стоимость электроэнергии, затрачиваемой вентиляторной установкой на продвижение воздуха по участку с достаточной точностью можно определить по формуле [2]

$$Z_y = \frac{Q_y h_y}{1000 \eta_e} T_i c,$$

где Q_y – расход воздуха, проходящего на участке, m^3/c ;

h_y – депрессия участка, Па;

η_e – коэффициент полезного действия вентилятора;

T – число часов работы вентилятора в течение года;

C – стоимость 1 кВт·ч потребляемой энергии, грн.

При расчёте параметров участка определяется оптимальная скорость движения воздуха, оптимальный диаметр и оптимальные потери давления на 1 пог. м трубопровода.

Стоимость затрат электроэнергии в течение года вентилятором на продвижение МВС в простом участке трубопровода в сумме со стоимостью амортизации и ремонта участка трубы в течение года равна:

$$W = \frac{Q}{1000\eta_e} \left[\frac{4\alpha L}{D} U^2 TC \right] + 0,01rL(b_0 + b_1 D + b_2 D^2), \quad (1)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода, Н·с²/м⁴;

r – процент стоимости участка трубы, отчисляемый на амортизацию и ремонт, %.

Выражаем диаметр через расход и скорость движения МВС по трубе, используя закон непрерывности потока [3]

$$D = 1,13 \frac{Q^{0,5}}{V^{0,5}}, \quad (2)$$

тогда уравнение (1) запишется в виде

$$W = \frac{Q}{1000\eta_e} \left[\frac{2,12\beta L U^{0,5}}{Q^{0,5}} U^2 TC \right] + \frac{rL}{100} \left[b_0 + 1,13b_1 \frac{Q^{0,5}}{U^{0,5}} + 1,28b_2 \left(\frac{Q^{0,5}}{U^{0,5}} \right)^2 \right]$$

где β – безразмерный коэффициент трения; $\beta = 1,67\alpha$.

$$\frac{dW}{dU} = 2,5 \cdot 0,0021\beta L Q^{0,5} TC U^{1,5} - 0,0127Lb_2 \frac{Q}{U^2} - 0,5 \cdot 0,0113Lb_1 \frac{Q^{0,5}}{U^{0,5}} = 0.$$

Принимая исходные данные: $\beta = 0,03$; $L = 500$ м; $Q = 0,6$ м³/с; $T = 24 \cdot 365 = 8760$ ч; $C = 0,167$ грн, $b_2 = 24,365$, $b_1 = 111,35$

т. к. $\frac{d^2W}{dU^2} > 0$, оптимальная скорость будет $U_{opt} = 2,449$ м/с.

Для принятых исходных данных диаметр, соответствующий оптимальной скорости:

$$D = 1,130,6^{0,5} / 2,449^{0,5} = 0,56 \text{ м}$$

Если в состав простого участка трубы входит местное сопротивление, депрессия которого определяется по формуле [2]

$$h_{м.с.} = \xi \rho U^2 / 2 ,$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления, то суммарная стоимость затрат электроэнергии вентилятором на продвижение МВС на участке, включающем местное сопротивление в течение года в сумме со стоимостью амортизации и ремонта трубы в течение того же времени, будет определяться по формуле

$$W = \frac{Q}{1000\eta_e} \left[(4\alpha L D^{-1} U^2 + 0,5\xi \rho U^2) T C \right] + 0,01 r L (b_0 + b_1 D + b_2 D^2) \quad (3)$$

После исключения из формулы диаметра трубы согласно (2) и замены Q и α формула (3) примет вид

$$W = \frac{Q}{1000\eta_e \rho_{cp}} \left[\left(2,12\beta L (\rho_{cp} U M^{-1})^{0,5} + 0,5\xi \rho_{cp} U^2 \right) T C \right] + 0,01 r L (b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$$

где M – массовый расход воздуха, кг/с; ($M = Q\rho_{cp}$).

Ушаков К.З. [2] считает, что если $\rho = var$, то расчет следует производить по массовому расходу воздуха в трубопроводе, который в соответствии с законом сохранения массы постоянен.

При решении уравнения, находим оптимальную скорость на участке трубы, включающей местное сопротивление

$$\frac{dW}{dU} = \frac{MTC}{1000\eta_e \rho_{cp}} \left(5,3\beta L (\rho_{cp} M^{-1})^{0,5} U^{1,5} + \xi \rho_{cp} U \right) + 0,01 r L (b_1 + 2b_2 D) = 0 . \quad (4)$$

Принимая ранее принятые исходные данные, а также $\rho_{cp} = 1,3$, $M = 0,6 \cdot 1,3$, $\xi = 0,7$ оптимальная скорость на участке будет $U_{opt} = 2,318$ м/с.

При определении оптимального диаметра простого участка трубы стоимость затраченной электроэнергии и амортизации с ремонтом трубы за год определяется по формуле (1).

Используя закон непрерывности, скорость воздуха в формуле (1) определяется выражением

$$U = 4Q / \pi D^2 = 1,27 Q / D^2 .$$

Годовые затраты на электроэнергию, амортизацию и ремонт участка трубы находится из уравнения

$$W = \frac{Q}{1000\eta_6} [3,87\beta L Q^2 D^{-5} TC] + 0,01rL(b_0 + b_1 D + b_2 D^2).$$

Оптимальный диаметр определяется при решении уравнения

$$\frac{dW}{dD} = \frac{5 \cdot 0,00387 Q^3 \beta}{\eta_6 D^6} TC + 0,01r(2b_2 D + b_1) = 0.$$

Величина оптимального диаметра при заданных исходных данных будет $D_{opt} = 0,37$ м.

При наличии местного сопротивления суммарные затраты определяются уравнением

$$W = \frac{QTC}{1000\eta_6} (2,48\alpha L Q^2 D^{-5} + 0,31\xi_p Q^2 D^{-4}) + 0,01rL(b_0 + b_1 D + b_2 D^2)$$

Оптимальное значение диаметра определяется при решении уравнения

$$\frac{dW}{dD} = \frac{Q}{1000\eta_6} [(-5 \cdot 3,87\beta L Q^2 D^{-6} - 4 \cdot 0,80\xi_p Q^2 D^{-5}) TC] + 0,01rL(2b_2 D + b_1) = 0$$

При заданных данных $D_{opt} = 0,732$ м.

Определяем оптимальную величину аэродинамического сопротивления 1 пог. м участка трубы.

Аэродинамическое сопротивление 1 пог. м трубы определяется формулой

$$R = 6,48\alpha/D^5 = 3,9\beta/D^5.$$

Диаметр трубы

$$D = \frac{1,31\beta^{0,2}}{R^{0,2}},$$

Подставляем в формулу (4) вместо диаметра и скорости движения воздуха расход воздуха и аэродинамические сопротивления.

Получим уравнение

$$W_1 = \frac{Q^3 TC}{1000 \eta_6} \left[\frac{2,4\beta \cdot 1,27^2}{\left(\frac{1,31\beta^{0,2}}{R^{0,2}}\right)^5} + \frac{0,5 \cdot 1,27^2 \xi_{\Phi}}{\left(\frac{1,31\beta^{0,2}}{R^{0,2}}\right)^4} \right] + 0,01rL \times \\ \times \left(b_0 + b_1 \left(\frac{1,31\beta^{0,2}}{R^{0,2}} \right) + b_2 \left(\frac{1,31\beta^{0,2}}{R^{0,2}} \right)^2 \right).$$

При решении уравнения, находим оптимальное аэродинамическое сопротивление 1 пог. м участка трубы

$$\frac{dW}{dD} = \frac{Q^3 TC}{1000 \eta_6} \left[\left[2,4 \cdot 1,27^2 / 1,31^5 \right] + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 1,27^2 \xi_{\Phi} R^{-0,2} / (1,31^4 \beta^{0,8}) \right] + \\ + 0,01rL \left(-0,4b_2 1,31^2 \beta^{0,4} R^{-0,6} - 0,2b_1 1,31 \beta^{0,2} R^{-0,8} \right) = 0.$$

При принятых исходных данных оптимальная величина аэродинамического сопротивления 1 пог. м участка трубы $R_{opt} = 122,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$.

Количество воздуха выпускаемого (засасываемого) воздуха (МВС) в местах фланцевого соединения можно обозначить через q_1, q_2, \dots, q_n и Q_0 – количество воздуха (МВС) в начальном (конечном) сечении трубопровода.

Количество воздуха (МВС), проходящее на каждом из участков будет равно: участок первый Q_0 , участок второй $(Q_0 + q_1)$, участок третий $(Q_0 + q_1 + q_2)$, участок $n - (Q_0 + \sum_{i=1}^{n-1} q_i)$.

Длины участков обозначаются через L_1, L_2, \dots, L_n . Общее сопротивление сети равно сумме сопротивлений всех участков

$$H_0 = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n = \sum_{i=1}^{n-1} H_i.$$

Стоимость воздухопровода равна сумме стоимости всех участков сети.

Стоимость ежегодных затрат для установки находится из выражения

$$W_{эл.} = \left(Q_0 + \sum_{i=1}^{n-1} q_i \right) H_i \frac{TC}{1000\eta} + 0,01rL_T n_y (b_2 D^2 + b_1 D + b_0),$$

где $Q_0 + \sum_{i=1}^{n-1} q_i$ – производительность установки, м³/с;

$\sum_{i=1}^n H_i$ – потери давления в сети, Па;

n_y – количество участков трубопровода.

Разработанная методика может быть использована при расчетах неразветвленных газопроводов. К ним относятся воздухопроводы местного проветривания тупиковых выработок, изолированного отвода МВС из тупика вентиляционной выработки и другие. В них выпуск или всасывание воздуха происходит в местах фланцевого соединения звеньев трубопровода по всей длине трубы. Расчет может вестись при постоянном сечении трубопровода по всей длине.

Материалы статьи рекомендуются проектным организациям для использования при проектировании шахтных вентиляционных систем, а также для вентиляционных расчетов на действующих шахтах при реконструкции систем изолированного отвода метана.

Библиографический список

1. Кременчуцкий Н. Ф., Муха О. А. *Определение оптимального диаметра дегазационного трубопровода при одновременном учете стоимости труб газопровода и расходуемой вакуум-насосом электроэнергии // Научн. тр. НГА Украины. – 2002. – № 13. – С. 212-218.*
2. *Аэрология горных предприятий / Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Пучков Л. А., Медведев И.И. М.: – Недра, 1987. – 421 с.*
3. Лобаев Б.Н. *Расчет воздухопроводов. – К.: Госстройиздат, 1959. – 183 с.*

УДК 622.6(476.1)+622.23.05(476.1)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ЗАО «СОЛИГОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ С ОПЫТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ»

Тройнич В.А., Дворник А.П.

*ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с
Опытным производством»*

Выпуск современных высокопроизводительных горных машин определяет весь технический прогресс в горной промышленности Республики Беларусь. Повышение их качества, надежности и долговечности является залогом их конкурентоспособности на международном уровне. ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» в станочном парке имеет более 200 единицами современного металлообрабатывающего оборудования. Данным оборудованием производятся различные горные машины, используемые в горной промышленности.

Введение

Выпуск современных высокопроизводительных горных машин определяет весь технический прогресс в горной промышленности Республики Беларусь. Повышение их качества, надежности и долговечности является залогом их конкурентоспособности на международном уровне. Изначально, отечественная горная промышленность комплектовалась исключительно импортным горно-шахтным оборудованием. Существовали также проблемы низкого качества и неудовлетворительных технико-экономических характеристик закупаемой продукции.

В сложившихся экономических и геополитических условиях лучшим решением проблемы обеспечения отечественной горнодобывающей промышленности необходимым оборудованием было создание собственного производства импортозамещающего горно-шахтного оборудования, максимально адаптированного к условиям потребителей. Такое производство было создано на базе ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» (далее Институт) 1991 году

Производство оборудования

Для производства машин, механизмов и оборудования для различных областей промышленности станочный парк уком-

плектован более 200 единицами современного металлообрабатывающего оборудования:

1. Заготовительное оборудование.

1.1 Лентопильное оборудование позволяет производит отрезку заготовок сечением до 800×540мм;

1.2 Высокопроизводительные газорезательные машины с ЧПУ позволяют производить термическую резку листов толщиной до 300 мм.

2. Станочное оборудование:

2.1 Токарно-винторезные станки позволяют производить обработку деталей диаметром 2000 мм, длиной 10000 мм и весом до 60000 кг;

2.2 Станки токарные с ЧПУ позволяют производить обработку деталей максимальным диаметром 1140 (1900) мм и наибольшей длиной детали 12000 (6000) мм;

2.3 Токароно-карусельное оборудование позволяет обрабатывать детали максимальным диаметром 11400 мм и максимальной высотой 3000 мм.

2.4 Горизонтально-расточные станки. Позволяют произвести обработку деталей при поперечном перемещении стола 17000 мм; вертикальном перемещении шпиндельной бабки 4500 мм; максимальной массы детали 25000 кг.

2.5 Продольно-фрезерное оборудование позволяет произвести обработку деталей высотой 1000 мм, шириной 2200 мм, длиной 5500 мм, максимальной массой детали на погонный метр стола 5000 кг

3. Зубофрезерное и зубодолбежное оборудование. Позволяет производить фрезерование зубьев деталей наибольшим диаметром 3200 мм, наибольшей длиной фрезерования 760 мм, наибольшим модулем нарезания колес червячной фрезой 30 мм, концевой фрезой 75 мм

4. Термообработка деталей производится в электропечах камерных и шахтных.

5. Шлифовальное оборудование позволяет производит обработку деталей с наружным диаметром 850 мм, длиной 3000 мм; внутренним диаметром 350 мм, длиной 500 мм; максимальной массой детали 3000 кг.

5.1 Также шлифовальным оборудованием производится обработка плоских деталей длиной 4000 мм; шириной 1500 мм; высотой 1000 мм; максимальной массой детали 15000 кг.

5.2 Зубошлифовальные станки позволяют производить шлифование зубьев максимальным диаметром обрабатываемой детали 800 мм; нормальным модулем (min/max) 2/14 мм; длиной хода ползуна (min/max) 20/280 мм; наибольшей массой детали 1200 кг.

5.3 Шлицешлифовальные станки позволяют производить шлифование шлицев наибольшим диаметром устанавливаемой детали 320 мм; наибольшим диаметром наружного шлицевого профиля 125 мм; наибольшей длиной устанавливаемой детали 2000 мм; наибольшей длиной шлифования 1850 мм; максимальной массой детали 150 кг

6. Сварочное оборудование позволяет производить сварку на сварочных полуавтоматах в среде защитных газов и под слоем флюса, а так же на сварочных робототехнических комплексах детали длиной 7200 мм, шириной 4100 мм, высотой 2460 мм.

Производимое оборудование

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» освоено производство импортозаменяющего оборудования для ведения горноподготовительных и очистных работ.

Производимое оборудование отличается высоким качеством. Это обеспечивается тщательной конструкторской проработкой, использованием современного оборудования, всесторонним контролем качества используемых материалов и выполнением технологических операций с использованием современных средств диагностики.

К основным видам выпускаемой продукции Института относятся: комбайны проходческие, проходческие поддирочные, очистные; машины шеленарезные; экскаваторы шагающие; конвейеры скребковые, ленточные, катучие, винтовые; питатели скребковые; дозаторы; кратцер-краны стреловые, порталные и полупортальные; гидрокрепы; клетки и скипы шахтные; шкивы копровые; прессы валковые; дробилки; элеваторы; смесители; краны поворотные; лебедки буровые, мобильные буровые установки, буровые насосы, блоки насосные; комплексы оборудования для перевалки сыпучих материалов; линии по производству щебня; грузоподъемное оборудование; эскалаторы, травалаторы; тепловозоизоляционные материалы, оборудование горной автоматики и управления. При этом особое внимание уделяется ресурсо- и энергосберегающей направленности производства, обеспечению качества и надежности машин и оборудования.

К любой выпускаемой машине предъявляется ряд требований, зависящих от специфики ее работы, необходимых удобств обслуживания и ремонта, стоимости самой машины и трудоемкости выполняемых ею работ.

Основными из них являются: машиностроительные, эксплуатационные, ремонтные и экономические. Применительно к горным машинам все эти требования имеют свои особенности.

При разработке конструкции комбайна роторного проходческого КРП-3-660/1140 проводился анализ установленных зависимостей ремонтной технологичности горной машины, определяющей эффективность системы технического обслуживания и ремонта, от удельных характеристик, для повышения показателей долговечности и надежности их эксплуатации в рудниках ОАО «Беларуськалий».

Комбайн роторный проходческий КРП-3-660/1140 (рисунок 1) является модификацией комбайна ПКС-8М. Каждая модификация сохраняет достоинства базовой модели, но в нее вложены новые научные разработки.

Комбайн КРП-3-660/1140 предназначен для проведения горных выработок арочной формы сечением 8 м^2 с углом наклона $\pm 15^\circ$ по соляным породам с реологической сопротивляемостью резанию до 450 Н/мм .

Комбайн является составной частью проходческо-очистного комплекса, включающего также самоходный вагон типа 5ВС-15М и бункер-перегрузатель типа БП-14М.



Рис. 1 – Комбайн роторный проходческий КРП-3-660/1140

Комбайн представляет собой самоходную машину, все сборные единицы которой смонтированы на ходовой части. Комбайн оснащен электроприводом, гидроприводом и электрооборудованием [1]. Разрушение забоя производится отбойным органом, бермовыми фрезами и отрезными устройствами, входящими в привод отбойного органа.

Основополагающей концепцией при выборе систем разработки соляных месторождений является недопустимость проникновения воды в подземное пространство рудников. В связи с этим на калийных рудниках применяли камерную систему разработки, при которой оставляют целики, предотвращающие опасные деформации подработанной толщи.

В состав оборудования при камерной системе разработки входят: комбайны проходческо-очистные КПО-8,5 и КПО-10,5 (рисунок 2); бункер-перегрузатель БП-14М; самоходный вагон 5ВС-15М.

Комбайн предназначен для ведения очистных работ и проходки подготовительных выработок овально-арочной формы по пластам калийных руд мощностью 2,0-2,6 м и 2,66-3,33 м соответственно при углах падения не более $\pm 15^\circ$.

Комбайн состоит из сдвоенного исполнительного органа планетарного типа, разрушающего забой двумя парами режущих дисков, верхнего отбойного устройства, оформляющего кровлю выработки, и бермового органа с боковыми фрезами и шнеком, служащим для выравнивания почвы и подрезки углов выработки, гусеничного хода, осуществляющего перемещение комбайна на рабочих и маневровых режимах [2].



Рис. 2 – Комбайн проходческо-очистной

Пролодческие комбайны со стреловидным исполнителным органом (ИО) (рисунок 3) осуществляют последовательную обработку забоя режущей коронкой. В зависимости от типа коронки различают исполнителные органы с продольно-осевой (радиальной) коронкой, с поперечно-осевой (аксиальной) коронкой [3].



Рис. 3 – Комбайны избирательного действия КИД-220

Комбайны предназначены для работы в составе пролодческо-очистного комплекса, включающего также самоходный вагон.

Комбайн представляет собой самоходную машину со стреловидным исполнителным органом. Комбайн осуществляет отбойку, погрузку и транспортирование горной массы на транспортные средства шахты.

Заключение

ЗаО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» разработаны технические решения, которые имеют изобретательский уровень, и нашли промышленное применение при разработке и изготовлении современной импортозамещающей высокопроизводительной техники для добычи и переработки калийных солей.

Сложившаяся научно-производственная база Института позволила разрабатывать и производить широкую номенклатуру изделий для горного производства. При этом основной упор делался на импортозамещение, повышение надежности и техно-

логичности оборудования, снижение его веса, удобства монтажа и демонтажа в стесненных условиях горных выработок.

Библиографический список

1. *Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов [и др.]; под ред. В.Я. Прушака. – Минск : Техналогія, 2010. – 175 с.*

2. *Конопляник А.И. Разработка проходческо-очистного комбайна с улучшенными технико-экономическими параметрами / А.И. Конопляник, В.Д. Михаленя. – Горная механика и машиностроение – №4 – 2018 – С. 54-58.*

3. *Басалай Г.А. Горные машины и оборудование: лабораторные работы: в 2 ч. / Г.А. Басалай, Г.В. Казаченко, Г.И. Лютко. – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 2: Анализ параметров горных машин. – 46 с.*

УДК 622.(34+363.2).(83+85)+502.3/7+504.4:622

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ В ЗАКЛАДочНОЙ СМЕСИ ПОСЛЕ АКТИВАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ДЕЗИНТЕГРАТОРАХ, КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В ЗАМКНУТОМ ЦИКЛЕ ПРОИЗВОДСТВА

Тюляева Ю.С.

*Florida International University, 11200 SW 8th Street, AHC-5 360
Miami, FL 33199, USA*

Для уменьшения частоты техногенных катастроф рекомендовано применение систем разработки месторождений с закладкой выработанного пространства на калийных рудниках. С целью улучшения технико-экономических показателей рудника и экологической обстановки в районе добычи предложено применение галитовых отходов обогащения в закладочной смеси. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на выбор технологии разработки с искусственным поддержанием очистного пространства. Обозначены преимущества и недостатки использования технологии закладки. Раскрыты аспекты приготовления твердеющей закладки и вопросы улучшения её качества путём активации компонентов. Рассмотрена возмож-

ность активации галитовых отходов обогащения, используемых в качестве инертного заполнителя, в дезинтеграторах.

Введение

Частота геотехногенных катастроф при извлечении полезных ископаемых из недр Земли увеличивается. 1986 год – провал поверхности БКПРУ-3 «Уралкалий», Пермский край; 1999 г. – горный удар на руднике «Умбозеро» в Мурманской области; 2007 год – провал поверхности на БКРП-1 «Уралкалий», Пермский край; 2014 год – прорыв воды на рудник «Соликамск-2», Пермский край; 2017 год – прорыв воды из отработанного карьера в подземный рудник на предприятии «Мир» в Якутии; 2019 год – обрушение на рудниках «Корбалихинский» Алтайский край, «Сарылах» в Якутии, «Ново-Кальинская» в Свердловской области и др. Многие из этих катастроф привели к прекращению работы на рудниках, а соответственно повлекли за собой потерю запасов месторождений [1].

Катастрофа, в том числе и геотехногенная, возникает в результате появления нескольких причин и при стечении ряда неблагоприятных факторов. Наиболее частыми причинами, приводящими к геотехногенной катастрофе, являются: ошибки, допущенные при проектировании; ошибки, допущенные при строительстве, а зачастую усугубляются при неправильной эксплуатации и попытке внести изменения в проектные работы в ходе эксплуатации.

Всё это свидетельствует о необходимости более детального подхода к выбору технологии разработки в момент проектирования рудников и тщательном контроле в момент строительства и эксплуатации.

Геотехнология с искусственным поддержанием естественного пространства

Одним из способов минимизации геотехногенных катастроф является применение технологии с закладкой выработанного пространства [1], [2].

Анализируя мировой опыт можно сделать вывод, что порядка 35% рудников при извлечении полезного ископаемого изменяют системы разработки с закладкой выработанного пространства [3].

Факторы, влияющие на выбор технологии с закладкой:

- увеличение глубины горных работ;
- улучшение полноты выемки полезных ископаемых;

- увеличение срока службы предприятий;
- отработка под охранными объектами (необходимость сохранения земной поверхности);

На месторождениях с высокой ценностью добываемого сырья применяют системы разработки с твердеющей закладкой на основе цементного вяжущего [4]. На угольных месторождениях, ввиду малой ценности полезного ископаемого используют сухую или гидравлическую закладку крупнодробленными породами от проходки, золошлаковыми отходами ТЭЦ или специально добываемым песком. Твердеющую закладку на угольных месторождениях применяют в исключительных случаях:

- при извлечении мощных, крутопадающих пластов;
- при необходимости снижения эндогенной пожароопасности;
- при отработке пластов под охранными объектами.

Применение закладки выработанного пространства при подземной геотехнологии позволяет:

- управлять горным давлением;
- повысить безопасность ведения горных работ;
- вести одновременную отработку месторождения подземным и открытым способами;
- повысить коэффициент извлечения;
- уменьшить потери;
- улучшить качество извлекаемых руд;
- снизить негативное влияние горного производства на окружающую среду;
- сохранять земную поверхность;
- извлекать запасы, ранее считавшиеся забалансовыми, либо оставленные в целиках;
- увеличить срока существования рудника, что помимо экономического аспекта, решает социальный вопрос в регионах, где горнодобывающее предприятие является градообразующим.

Несмотря на большое количество преимуществ подземной геотехнологии с закладкой выработанного пространства, она не всегда реализуется достаточным образом и требует совершенствования самой закладочной смеси, её составляющих частей и соответствующих процессов, поскольку удорожает добычу полезного ископаемого.

При применении технологии с закладкой выработанного пространства используют закладочную смесь, представляющую собой композитный материал, способный твердеть в подземных

условиях. Данная смесь имеет в своём составе: вяжущий материал; инертный наполнитель; воду затворения и химические добавки. В качестве инертного наполнителя для приготовления закладочных смесей используются как традиционные строительные материалы (песок, щебень и др.), так и отходы производства (шлак металлургического передела, хвосты обогательных фабрик, зола и золошлаки ТЭЦ и др.). Применение отходов производства в закладочной смеси обязывает учитывать ряд экологических, экономических и других ограничений при выборе состава [5], [6].

Выбор состава твердеющей смеси для различных систем разработки осуществляется с учетом [7], [8]:

- заданной прочности;
- способа транспортирования и хорошей подвижности в течение заданного времени (закладочный раствор должен оставаться в текучем состоянии в течение всего времени, необходимого для его транспортирования в закладываемую камеру);
- стоимости возведения искусственного массива (минимизировать стоимость закладочных работ);
- времени достижения заданных прочностных характеристик материала, определяющих возможную интенсивность очистных работ (т.е. требуется быстрый рост значения модуля упругости E и предельного значения сдвига T_0);
- минимальной водоотдачи и расслаиваемости в состоянии покоя;
- хорошей адгезии к горным породам.

Определение оптимальных реологических свойств твердеющей смеси обеспечивают [9]:

- устойчивое транспортирование по трассе закладочного трубопровода;
- отсутствие расслоения на всех этапах закладочных работ;
- равномерное растекание по камере;
- необходимую глубину проникновения в породу при использовании комбинированного способа закладки камер.

Применение различных свойств активации закладочной смеси и отдельных её компонентов позволяет улучшить прочностные свойства и однородность искусственного массива, использование новых материалов в составе закладочной смеси, в том числе отходы производства [10], [11].

Активация, как способ улучшения качества закладочной смеси

Под активацией необходимо понимать один из способов обработки компонентов закладочной смеси в отдельности или готовой закладочной смеси, в результате которой свойства компонентов используются наиболее полно [10].

Цели активации:

- повышение механической прочности цементного камня;
- интенсификация его твердения;
- увеличение подвижности смесей;
- сокращение расходов вяжущего без снижения прочности;
- улучшение качества инертного заполнителя и т.д.

Способы активации закладочных смесей делятся:

а) по целевому назначению:

• увеличение подвижности смесей (транспортабельность, растекаемость);

- повышение прочностных свойств;
- регулирование сроков твердения.

б) по технологическим стадиям закладочных работ:

- приготовления;
- транспортирования;
- укладки.

в) по объектам воздействия:

• обработка отдельных компонентов (вяжущее, вода затворения, инертный заполнитель, химические добавки);

- обработка их сочетаний.

г) по методам воздействия:

- измельчение;
- воздействие вибрацией;
- электромагнитная обработка;
- термообработка (обжиг) компонентов;
- введение химических добавок.

Обработка галитовых отходов производится перед их смешением с другими компонентами. В рабочем органе дезинтегратора возникают большие внутренние напряжения, которые вызваны неравномерным перераспределением скоростей. При этом гидратные связи на поверхности инертного заполнителя разрушаются. Закладочная смесь, полученная на основе активированных галитовых отходов менее подвержена расслоению, так как труднее «отдаёт» воду, более подвижна и однородна по составу (рис. 3). Приме-

нение дезинтеграционного способа активации позволяет повысить прочность на 25-30 % при сокращении цемента на 40 %.

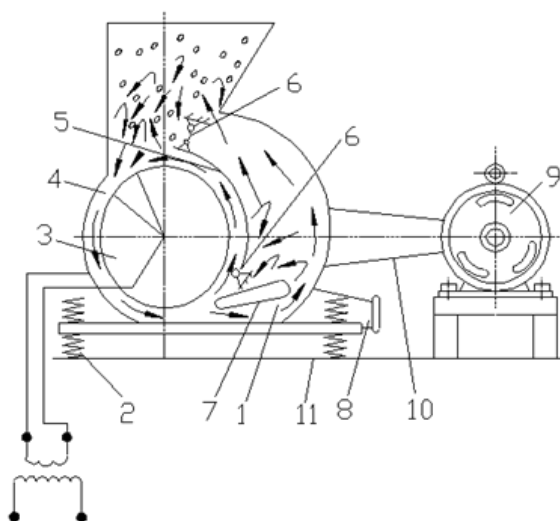


Рис. 1 – Дезинтегратор:

- 1 – корпус; 2 – упругие опоры; 3 – ротор; 4 – дебаланс;
- 5 – откидной щиток; 6 – шарниры; 7 – рассекатель;
- 8 – разгрузочное устройство; 9 – электродвигатель;
- 10 – клиноремённая передача; 11 – станина

Перед человечеством стоит огромная проблема: ухудшение экологии в результате жизнедеятельности человека, в особенности при добыче полезного ископаемого [12], [13]. Утилизация отходов горного производства ввиду их большого объёма и специфических особенностей практически невозможна. Использование промышленных отходов [14], [15], [16] наряду с отходами горного производства [1], [4], [5], [7], [8], [12] является важнейшим экологическим аспектом во всём мире.

Применение дезинтеграционной активации в дезинтеграторах позволяет применять отходы обогащения в закладочной смеси, что даёт возможность реализовать принцип организации горного производства, исключая образование отходов и рассчитывающий применение промежуточных продуктов в цикличном производстве.

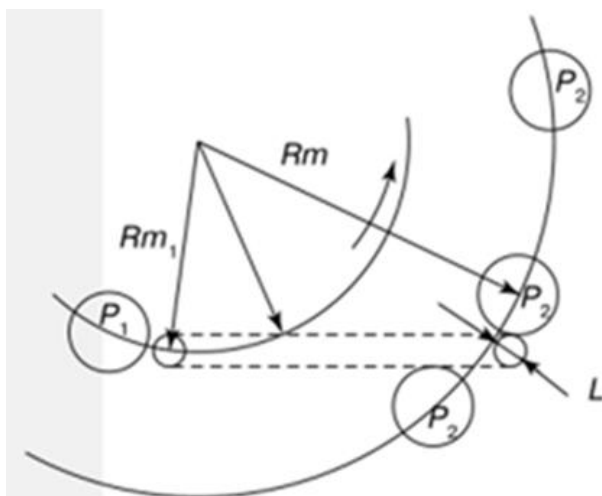


Рис. 2 – Движение материала в рабочем органе:
 Rm, Rm_1 – радиусы круга пальцев; L – диаметр частицы материала;
 P_1, P_2 – центры соседних пальцев круга

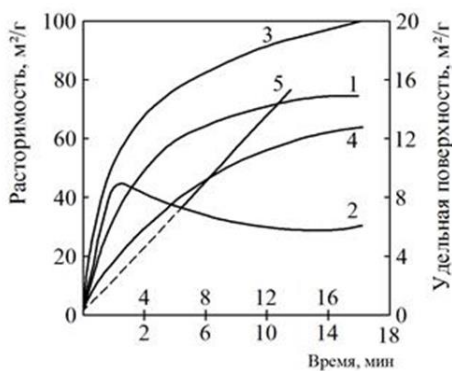


Рис. 3 – Влияние продолжительности активации галитовых отходов обогащения:
 1 – растворимость; 2 – удельная поверхность незаагрегированных порошков; 3 – удельная поверхность дезагрегированных порошков; 4 – аморфизация; 5 – сравнение роста удельной поверхности и растворимости

Библиографический список

1. Хайрутдинов, М.М. “Применение отходов горного производства в качестве закладочного материала для снижения вредного воздействия на окружающую среду”, *The use of mining waste as a filling material to reduce the harmful effects on the environment, Gornyi Zhurnal*, no. 2. pp. 64-66, 2009 (In Russian).
2. Хайрутдинов, М.М. “Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства”, *Ways to improve development systems with laying the developed space, Gornyi Zhurnal*, no. 11. pp. 40-43, 2007 (In Russian).
3. Хайрутдинов М. М., Карасёв Г. А. “Формирование разнородных закладочных массивов при разработке месторождений полезных ископаемых”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 276-2283, 2008 (In Russian).
4. Хайрутдинов, М.М. “Технология закладки высокоплотными смесями (на основе хвостов обогащения) при подземной разработке руд”, *Technology of laying high-density mixtures (based on tailings) in underground mining of ores, Mining Information and Analytical Bulletin*, no. 11. pp. 276-278, 2008 (In Russian).
5. Тулыаева Y.S., Хайрутдинов А.М. “Щадящая геотехнология”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 283-286, 2019
6. Хайрутдинов А.М., Тулыаева Y.S. “Извлечение полезного ископаемого на небесных телах. Предпосылки, технологические аспекты и правовые основы”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов.*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 280-283, 2019
7. Хайрутдинов, М.М. М.В. Вотяков, “Разработка составов твердеющих закладочных смесей из отходов переработки руд калийных предприятий”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 10. pp. 220-222, 2007 (In Russian).
8. Вотяков, М”Повышение полноты извлечения запасов калийных руд на основе закладки выработанного пространства галитовых отходов”. Диссертация. Московский государственный горный университет, 2009.
9. Хайрутдинов М.М., Иванников А.Л., Арад В., Лонг В. Хуанг. *Проблемы транспорта закладочной смеси к месту укладки. Социально-экономические и экологические проблемы горной*

промышленности, строительства и энергетики: 13-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. / Т.1: материалы конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 360 с. (р.р. 282 – 287).

10. А.Н. Чистяков, М.М. Хайрутдинов, Е.В. Артюхов, “Влияние различных способов активации на физико-механические свойства закладки” *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 232-246, 2009 (In Russian).

11. Конгар-Сюрюн Ч.Б. “Построение математической модели прогнозирования качественно-количественных показателей обогатительных фабрик” *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г.* pp. 336-338, 2019

12. M. Khayrutdinov, A. Ivannikov. *The use of mining waste for backfill as one of sustainable mining activities. Proceedings of International Conferences on Geo-spatial Technologies and Earth Resources (GTER 2017), Hanoi, Vietnam, 5-6 October, 2017, 715-717, 2017*

13. Качаев Р.О., Айрапетян Э.Ц., Иванников А.Л. “О соблюдении условий охраны окружающей среды при строительстве подземных хранилищ газа”, *Горная промышленность № 2, 2017*

14. J. Kawalec, S. Kwiecień, A. Pilipenko, J. Rybak, “Application of crushed concrete in geotechnical engineering - selected issues”, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 95, 022057, 2017.

15. J. Rybak, K. Schabowicz, “Survey of vibrations generated in course of geotechnical works”. *NDE for Safety: 40th int. conf. and NDT exhibition: proceedings, Brno University of Technology*, pp. 237-246, 2010.

16. A. Herbut, J. Rybak, “Guidelines and recommendations for vibration control in the case of rapid impulse compaction”, *Advances and trends in engineering sciences and technologies II, CRC Press, Taylor & Francis Group*, pp. 761-766, 2017.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА
ВЗРЫВНОГО ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД
С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ФОРМАМИ И ПАРАМЕТРАМИ
ЗАЖАТОЙ СРЕДЫ**

Уринов Ш.Р.¹, Махмудов Д.Р.², Норов А.Ю.¹

¹*Навоийский государственный горный институт, Узбекистан*

²*Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан*

Разработаны научные основы управления энергией взрыва скважинных зарядов взрывчатых веществ при дроблении массива с регулируемыми формами и параметрами зажатой среды. Разработан способ дробления горных пород с регулируемыми формами и параметрами зажатой среды, обеспечивающего требуемое качество взорванной массы, сохранение геологической структуры массива, увеличение производительности выемочно-погрузочного оборудования и снижение объема подготовительно-восстановительных работ на уступе.

В настоящее время известно три варианта взрывания с использованием зажатой среды, которые различаются числом открытых поверхностей и их расположением, характером подпорной стенки и последовательностью взрывания отдельных зарядов: взрыв на необработанную горную массу, подпор горной массой, разрушенной первой небольшой группой зарядов, и взрывание подпорной стенкой.

Вместе с тем, существуют нерешенные проблемы, обусловленные отсутствием исследований по определению рациональных параметров подпорной стенки при различных формах зажатой среды, исследований снижения прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород при многократных взрывных нагрузках и разработке способа и рациональных параметров зажатой среды с различной формой.

Установлено, что по классической схеме взрыва скважинных зарядов взрывчатых веществ (ВВ) под действием газообразных продуктов детонации, а также волны сжатия и растяжения, под действием которых происходит сжимающие, раздавливающие напряжения, образуются зоны управляемого дробления, состоящие из зоны раздавливания и зоны трещинообразования. При массовом взрыве скважинных зарядов ВВ происходит дробление горной породы, а ее куски приобретают определенную ско-

рость. При короткозамедленном взрывании и различных схемах инициирования процесс дробления происходит еще интенсивнее за счет разрушения разлетающихся кусков при их соударении, т.к. предел прочности пород при растяжении в случае многократного нагружения меньше их предела прочности при однократном нагружении.

Установлено, что вопросам оптимизации ширины подпорной стенки посвящено недостаточно работ. В научных работах отсутствуют исследования по определению рациональных параметров подпорной стенки при различных формах зажатой среды. Исследование снижения прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород при многократных взрывных нагрузках в научной литературе не освещены.

В результате рассмотрения физической картины взрывного разрушения массива горных пород по классической схеме действия взрыва, исследованы зоны взрывного разрушения массива горных пород и проведены аналитические исследования по определению рациональных параметров подпорной стенки при трапециевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды [1].

Величина зоны раздавливания горных пород при взрыве зарядов ВВ изменяется прямо пропорционально радиусу заряда, энергетическим показателям промышленных ВВ и обратно пропорционально критической скорости разлета частиц горных пород:

$$r_{раз} = \frac{r^4 \sqrt{\frac{\gamma_{ВВ} Q}{\Delta}}}{0,476 \sqrt{v_{кр}}}, \text{ м.} \quad (1)$$

где r – радиус заряда ВВ, м;

$\gamma_{ВВ}$ – объемный вес ВВ, кг/м³;

Q – энергия единицы веса, кгм/кг;

Δ – объемный вес породы в естественном состоянии, кг/м³;

$v_{кр}$ – критическая скорость частиц горных пород, м/с.

Установлено изменение радиуса зон радиальных трещин в зависимости от среднего диаметра отдельностей в массиве по степени блочности и высоты взрываемого уступа, коэффициента, учитывающего использование энергии ВВ на дробление горных пород при конкретных схемах взрывания, а также высоты заряда ВВ в скважине и коэффициента сближения скважин [2]:

$$r_{p.m.} = \sqrt{\frac{pl_{зар}}{mH_y \frac{1}{\alpha d_0} \ln \frac{d_0}{d_i}}}, \text{ м}, \quad (2)$$

где p – вместимость 1 п.м. скважины, м³;
 $l_{зар}$ – длина заряда в скважине, м;
 m – коэффициент сближения скважин;
 H_y – высота уступа, м;
 α – коэффициент, учитывающий использование энергии ВВ на дробление пород при конкретных схемах взрывания, м²/кг;
 d_0 – средний диаметр отдельностей массива по степени блочности (трещиноватости), мм;
 d_i – средний диаметр взорванного куска горных пород, мм.

Радиус зоны трещинообразования прямо пропорционально зависит от радиуса заряда ВВ, скорости распространения продольных волн напряжений, предела прочности горных пород на сжатие и обратно пропорционально скорости распространения поперечных волн напряжений и предела прочности горных пород на растяжение:

$$r_{mp} = \frac{r_c \cdot C_p}{\sigma_p} \cdot \frac{C_p^2 - 2C_s^2}{3C_p^2 - 4C_s^2} \sqrt{\frac{\gamma \sigma_{сжс}}{5}}, \text{ м}, \quad (3)$$

где r_c – радиус скважинного заряда ВВ, м;
 C_p, C_s – скорость распространения, соответственно, продольных и поперечных волн, м/с;
 γ – показатель изоэнтропы;
 $\sigma_{сжс}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа;
 σ_p – предел прочности пород на растяжение, МПа.

Аналитически исследованы геометрические параметры трапециевидной, треугольной и сегментной форм зажатой среды и определены рациональные параметры подпорной стенки (рис. 1).

Фактическая линия наименьшего сопротивления (ЛНС) определяется по формуле:

– при трапециевидной и треугольной формах

$$W_f = \left(x + \frac{3aH + 2(k+1)ctg\varphi}{3} H \right) \sin\varphi, \text{ м}; \quad (4)$$

– при сегментной форме

$$W_f = R - \sqrt{(\sqrt{R^2 - (R \cos \varphi + H)^2} - aH)^2 + (R \cos \varphi + \frac{1-2k}{3} H)^2}, \text{ м}, \quad (5)$$

где x – ширина подпорной стенки поверху, м;

aH – безопасное расстояние от верхней бровки уступа до центра скважины, м;

φ – угол откоса подпорной стенки трапецевидной формы, град.;

k – коэффициент, учитывающий перебур скважин;

R – радиус сегмента, м;

H – высота уступа, м.

Единичный объём подпорной стенки определяется по формуле:

– при трапецевидной форме

$$V = (x + H/2(ctg \varphi - ctg \gamma))H, \text{ м}^3, \quad (6)$$

– при треугольной форме

$$V = H^2/2(ctg \varphi - ctg \gamma), \text{ м}^3, \quad (7)$$

– при сегментной форме

$$V = \frac{1}{2} \left(R \sin \varphi - H \text{ctg} \gamma - \sqrt{R^2 - (R \cos \varphi + H)^2} + R^2 (\alpha - \sin \alpha) \right) \cdot H, \text{ м}^3,$$

где H – высота уступа, м;

γ – угол откоса уступа, град.

Таким образом, установлены фактическая ЛНС и объём развала горных пород при трапецевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды.

Исследованиями установлено изменение единичного объёма подпорной стенки при трапецевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды в зависимости от высоты уступа, угла откоса зажатой среды, угла откоса уступа, ширины подпорной стенки поверху и фактической ЛНС.

С увеличением высоты и угла откоса уступа, ширины подпорной стенки поверху, а также фактической линии наименьшего сопротивления единичный объём подпорной стенки при трапециевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды увеличивается, а с увеличением угла откоса подпорной стенки единичный ее объём при трапециевидной, треугольной и сегментной формах зажатой среды уменьшается.

Разработана комплексная методика исследования, на основе которой определены критерии дробления горных пород [3].

Проведены полигонные эксперименты по определению прочностных, упругих и деформационных свойств углисто-сланцевых и слюдисто-кварцевых пород. Горные породы относились к VIII, IX, X и XI категориям крепости по шкале СНИП-82.

В первой серии экспериментов исследовано снижение прочности горных пород, во второй – установлены зависимости качества дробления цилиндрических образцов горных пород под действием многократных динамических нагрузок, создаваемых взрывом электродетонаторов мгновенного действия.

Всего выделены 4 группы по 5 цилиндрическим образцам горных пород, которые подвергались 1-, 2-, 3-, 4- и 5-кратному взрывному нагружению путем подрыва электродетонаторов.

Для получения подтверждения изменения прочностных свойств горных пород после каждого взрыва, кроме определения скорости прохождения продольных и поперечных волн, определялись деформационные характеристики: относительная и поперечная. Расчетным путем определен модуль упругости и коэффициент Пуассона. Нагружение образцов горных пород осуществлялось на гидравлическом прессе.

Определено изменение максимальных продольных и поперечных деформаций пород в зависимости от многократных взрывных нагрузок и величин напряжений предварительно нагруженных образцов. Величина продольной и поперечной деформаций измерялась индикаторами.

В третьей серии экспериментов установлено изменение среднего диаметра куски взорванных горных пород в зависимости от числа неразрушающего взрывного нагружения и удельного расхода ВВ.

В результате полигонных испытаний установлены параболические зависимости изменения относительной прочности горных пород на сжатие и растяжение, а также относительной скорости

продольных и поперечных волн от количества взрывных нагружений в различных горных породах [4].

Экспериментально установлено, что в результате неразрушающего взрывного нагружения, даже после небольшого числа циклов, снижаются прочностные, упругие и деформационные свойства горных пород за счет образования макро- и микротрещин под действием многократных взрывных нагрузок, создаваемых взрывом электродетонатора. При действии многоциклических взрывных нагрузок прочность пород на сжатие снижается на 28 – 45 %, на растяжение – на 38 – 60 % от предела статической прочности горных пород.

Определены средние размеры куски взорванных горных пород в зависимости от числа неразрушающего взрывного нагружения и удельного расхода ВВ. Дроблению горных пород взрывом способствует явление снижения прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород.

Разработан и промышленно испытан способ взрывания массива горных пород с трапециевидной формой зажатой среды, позволивший повысить безопасность и увеличить производительность выемочно-погрузочного оборудования, уменьшить количество взрывов, снизить объем подготовительно-восстановительных работ на уступе, увеличить степень дробления горных пород, обеспечить сохранность геологической структуры горного массива и обеспечить регулирование параметрами развала взорванной горной массы.

Разработан способ взрывания в зажатой среде с использованием короткозамедленного взрывания, который может применяться в различных по крепости и трещиноватости горных породах. Согласно данному способу бурятся не менее четырех рядов взрываваемых скважин согласно паспорту БВР на карьере. Из ранее взорванных горных пород выемочно-погрузочным оборудованием формируется подпорная стенка трапециевидной формы. При сильнотрещиноватых горных породах с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодяконова $f=8\div 14$ рекомендуется применять порядную схему с использованием продольных и поперечных врубов, для крепких среднеблочных пород – диагональная и радиальная схемы. Интервалы замедления между сериями зарядов принимаются 35 – 75 мс.

При разработке рациональных параметров зажатой среды рассмотрены общие вопросы формирования развала методом математического моделирования. Определены поля начальных

скоростей частей горного массива с учетом параметров скважинного заряда ВВ, геометрии его заложения и физико-механических свойств горных пород.

Рациональная высота подпорной стенки трапецевидной формы определяется по формуле:

$$h_{н.с.} > \frac{\sqrt{\left(W \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}\right)^2 + 4\left(\frac{1}{\sin \varphi} + \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}\right)V} - \left(W \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}\right)}{\frac{1}{\sin \varphi} + \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}, \text{ м}, \quad (9)$$

где W – линия наименьшего сопротивления, м;

φ – угол откоса подпорной стенки трапецевидной формы, град.;

V – единичный объем подпорной стенки, м³.

Ширина подпорной стенки трапецевидной формы определяется по формуле:

$$L_c = x + H(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha), \text{ м}, \quad (10)$$

где x – ширина подпорной стенки трапецевидной формы поверху, м;

H – высота уступа, м.;

α – угол откоса уступа, град.

Угол откоса подпорной стенки трапецевидной формы определяется из выражения:

$$\sin \varphi = \frac{W_f}{x + (a + 2/3 \operatorname{ctg} \varphi)H}, \text{ град.}, \quad (11)$$

где W_f – фактическая линия наименьшего сопротивления, м;

x – ширина подпорной стенки поверху, м;

a – расстояние от центра крайнего ряда скважин до верхней бровки уступа, м.

Разработанный способ и рациональные параметры подпорной стенки с трапецевидной формой успешно внедрены на карьере Мурунтау Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината и объектах открытой добычи АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

При взрыве на подпорную стенку с трапецевидной формой средний размер куска взорванной горной массы уменьшился на 29 %, а количество негабаритных кусков – на 22 %. Увеличение степени дробления позволил увеличить производительность экскаваторов на 5 %, а также снизить затраты на дробление негабаритов на 22 %.

За счет увеличения производительности экскаваторов и снижения затрат на вторичное дробление на дробильном оборудовании фактический экономический эффект составил 0,056 \$ на 1 м³ горной массы.

Таким образом, разработан способ дробления горных пород с регулируемыми формами и параметрами зажатой среды, обеспечивающего требуемое качество взорванной массы, сохранение геологической структуры массива, увеличение производительности выемочно-погрузочного оборудования и снижение объема подготовительно-восстановительных работ на уступе.

Библиографический список

1. *Насиров У.Ф., Махмудов Д.Р., Заиров Ш.Ш., Абдурашидов Ш.М. Исследование зоны трещинообразования при дроблении горных пород взрывом // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – №4. – С. 19-21.*
2. *Насиров У.Ф., Умаров Ф.Я., Махмудов Д.Р., Заиров Ш.Ш. Исследование размеров зон раздавливания и трещинообразования при взрывном разрушении горных пород // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2018. – №2. – С. 54-60.*
3. *Умаров Ф.Я., Махмудов Д.Р., Очилов Ш.А. Методика исследования снижения прочностных, упругих и деформационных свойств горных пород в полигонных условиях // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – №1. – С. 29-31.*
4. *Насиров У.Ф., Умаров Ф.Я., Махмудов Д.Р., Заиров Ш.Ш. Исследование зон взрывного разрушения массива горных пород // Вестник Национальной Академии горных наук. – Алматы, 2018. – №1. – С. 47-54.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ДИАМЕТРА СКВАЖИН ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Фролов А.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

Предложено для определения рационального диаметра скважин при ведении буровзрывных работ на карьерах использовать технико-экономические показатели бурения и взрывания. Представлена расчетная формула для определения рационального диаметра скважинного заряда. Получена графическая зависимость для определения рационального диаметра скважины при конкретных технико-экономических показателях для различной степени трещиноватости горного массива.

Эффективное управление процессом взрывного разрушения скальных горных массивов является одной из важнейших научно-технических задач разработки полезных ископаемых. Решение ее обеспечивает уменьшение затрат как на проведение буровзрывных работ (БВР) в карьере, так и в целом на добычу полезных ископаемых.

Практический опыт проведения БВР на карьерах свидетельствует о том, что получение необходимого качества взрывного дробления скальных пород только за счет увеличения удельного расхода взрывчатых веществ (ВВ) является не всегда эффективным. Поэтому возникает потребность в разработке и совершенствовании иных способов управления взрывным разрушением, которые позволят получать нужное качество дробления горной массы без увеличения затрат на взрывные работы [1 – 4]. Поскольку диаметр скважинного заряда определяет основные параметры буровзрывных работ, то совершенствование методики определения рационального диаметра взрывных скважин на карьерах является актуальной научно-технической задачей.

На современных карьерах применяют скважины диаметром от 100 до 320 мм. К настоящему времени нет однозначного решения о наиболее рациональном диаметре скважин. В частности, уменьшение диаметра скважин приводит к увеличению скорости бурения. Однако при этом производительность бурового станка по общему показателю выхода горной массы снижается по сравнению со скважинами большого диаметра. В

каждом конкретном случае целесообразность применения определенного диаметра скважины должна проверяться технико-экономическим расчетом с учетом необходимой степени дробления породы, качества проработки подошвы уступа, производительности бурового и горно-транспортного оборудования.

Авторы работы [5] отмечают, что при меньших диаметрах зарядов уменьшаются заколы по линии зарядов вглубь массива, уменьшается объем переизмельчения породы вокруг заряда и происходит распространение энергии по массиву с меньшими потерями. Однако на некоторых предприятиях при уменьшении диаметра заряда с 200 до 100 мм не было получено существенного снижения затрат на БВР. Это объясняется тем, что удельные затраты на использование скважин уменьшенного диаметра значительно выше.

В [6] исследовано влияние диаметра заряда на эффективность открытых горных работ Кривбасса. Было рекомендовано для железорудных карьеров, характеризующихся наличием сильно- и средне трещиноватых горных массивов, применять скважины диаметром 300 мм, как имеющие наиболее эффективные технологические и энергетические показатели.

В работе [7] отмечается, что резервом повышения эффективности БВР в карьере на больших глубинах может быть переход на применение скважин оптимального диаметра. Для этого была разработана математическая модель определения диаметра скважины, которая базируется на общих аспектах взрывного дела.

В то же время некоторые ученые отмечают, что качество дробления горной массы, хотя зависит от диаметра заряда, однако не является определяющим из числа общих параметров БВР [8].

Таким образом, вышеприведенный анализ предыдущих исследований показал, что вопросы обоснования выбора рационального диаметра скважинного заряда ВВ для разрушения скальных горных пород на карьерах исследованы не в полной мере и являются неоднозначным. Поэтому целью работы является совершенствование методики определения рационального диаметра скважинного заряда для конкретных горно-геологических условий отработки месторождения.

Для определения рационального диаметра скважинного заряда на карьерах предлагается использовать методику, которая основывается на технико-экономической оценке БВР [9, 10].

В целом общие удельные затраты на буровзрывные работы составляют, руб/м³

$$C_{\text{БВР}} = C_{\text{Б}} + C_{\text{ВР}}. \quad (1)$$

где $C_{\text{Б}}$ – удельные затраты на бурение скважин, руб/м³;

$C_{\text{ВР}}$ – удельные затраты на взрывные работы, руб/м³.

Удельные затраты на бурение можно представить в виде, руб/м³

$$C_{\text{Б}} = \frac{c_{\text{бур}}}{B}, \quad (2)$$

где $c_{\text{бур}}$ – эксплуатационные затраты на бурение 1 м скважин, руб/м;

B – выход горной массы с 1 м скважины, м³/м.

Расходы на взрывные работы, руб/м³

$$C_{\text{ВР}} = c_{\text{ВВ}}q, \quad (3)$$

где $c_{\text{ВВ}}$ – стоимость 1 кг ВВ с учетом расходов на зарядание скважин, руб/кг;

q – расчетный удельный расход ВВ, кг/м³.

Выход горной массы с 1 м скважины с учетом коэффициента использования скважины составляет

$$B = k_{\text{в}} \frac{p}{q}, \quad (4)$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования скважины ($k_{\text{в}}=0,65-0,75$);

p – вместимость скважины, кг:

$$p = \frac{10^{-6} \pi d_3^2}{4} \Delta, \quad (5)$$

где d_3 – диаметр скважинного заряда, мм;

Δ – плотность зарядания ВВ в заряде, кг/м³.

Удельный расход ВВ в зависимости от диаметра скважинного заряда [9] рекомендовано определять по формуле, кг/м³

$$q = q_{\text{р}} (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} d_0 d_3) k_{\text{п}} \quad (6)$$

где $q_{\text{р}}$ – расчетный удельный расход ВВ для разрушения горного массива, кг/м³;

$$q_p = 0,13\gamma^4\sqrt{f}, \quad (7)$$

где γ – плотность горной породы, т/м³;

f – коэффициент крепости по шкале проф. Протоdjeяконова;

d_o – средний размер отдельности в горном массиве, м;

k_n – поправочный коэффициент, в случае, если максимально допустимый размер куска разрушенной горной массы d_n не 500 мм:

$$k_n = \sqrt[5]{\left(\frac{500}{d_n}\right)^2}. \quad (8)$$

С учетом формул (2 – 8) выражение для определения общих удельных затрат на буровзрывные работы, после определенных преобразований, будет иметь вид

$$C_{\text{БВР}} = 0,13\gamma^4\sqrt{f}\sqrt[5]{\left(\frac{500}{d_n}\right)^2} \times \left(0,6c_{\text{БВ}} + 3,3 \cdot 10^{-3} d_o d_3 c_{\text{БВ}} + \frac{2,4c_{\text{бур}}}{10^{-6}\pi d_3^2 \Delta k_b} + \frac{13,2 \cdot 10^{-3} d_o c_{\text{бур}}}{10^{-6}\pi d_3 \Delta k_b} \right). \quad (9)$$

Для определения рационального значения диаметра скважинного заряда для конкретных горно-геологических условий разработки месторождения возьмем частную производную из выражения (9) по d_3 и приравняв ее к нулю, получим после преобразования неполное кубическое уравнение

$$d_3^3 - \frac{4 \cdot 10^6 c_{\text{бур}}}{\pi k_b c_{\text{БВ}} \Delta} d_3 - \frac{1,45 \cdot 10^9 c_{\text{бур}}}{\pi k_b d_o c_{\text{БВ}} \Delta} = 0. \quad (10)$$

Решением уравнения (10) будет следующее выражение для диаметра скважинного заряда [10]:

$$d_3 = 10^3 \sqrt[3]{\frac{c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}} k_{\text{в}} \Delta} \left(\frac{0,33}{d_0} + \sqrt{\frac{0,11}{d_0^2} - \frac{0,22 c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}} k_{\text{в}} \Delta}} \right)} +$$

$$+ 10^3 \sqrt[3]{\frac{c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}} k_{\text{в}} \Delta} \left(\frac{0,33}{d_0} - \sqrt{\frac{0,11}{d_0^2} - \frac{0,22 c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}} k_{\text{в}} \Delta}} \right)}. \quad (11)$$

На сегодняшний день наиболее распространенными ВВ являются эмульсионные взрывчатые вещества, плотность заряжения которых в среднем составляет $\Delta=1250 \text{ кг/м}^3$, а среднее значение коэффициента использования скважины – $k_{\text{в}}=0,7$. С учетом этого формула (11) окончательно примет вид

$$d_3 = 100 \sqrt[3]{\frac{0,8 c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}}} \left(\frac{0,33}{d_0} + \sqrt{\frac{0,11}{d_0^2} - \frac{1,76 \cdot 10^{-4} c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}}}} \right)} +$$

$$+ \sqrt[3]{\frac{0,8 c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}}} \left(\frac{0,33}{d_0} - \sqrt{\frac{0,11}{d_0^2} - \frac{1,76 \cdot 10^{-4} c_{\text{бур}}}{c_{\text{ВВ}}}} \right)}. \quad (12)$$

На основании (12) получена графическая зависимость определения рационального диаметра скважины для различной трещиноватости горного массива (рис. 1) при следующих технико-экономических показателях: эксплуатационные затраты на бурение 1 м скважин составляют $c_{\text{бур}} = 700 \text{ руб/м}$, стоимость 1 кг ВВ – $c_{\text{ВВ}}=40 \text{ руб/кг}$. Трещиноватость горного массива учитывается посредством среднего размера естественной отдельности d_0 . Для I категории трещиноватости среднее значение составляет $d_0=0,05 \text{ м}$; для второй категории – $d_0=0,3 \text{ м}$; для III категории пород – $d_0=0,75 \text{ м}$; для IV категории – $d_0=1,25 \text{ м}$; для V категории – $d_0=1,75 \text{ м}$.

Таким образом, по результатам научных исследований представлена расчетная формула для определения рационального диаметра скважинного заряда ВВ, которая связывает стоимостные показатели бурения и взрывания, а также характеристику трещиноватости горного массива.

Анализ графической зависимости, полученной из формулы (12), показывает, что при приведенных выше технико-экономических показателях бурения и взрывания, рациональными будут

следующие диаметры скважинного заряда: для практически монолитного массива – 200 мм, для средне трещиноватого – 216 и 250 мм, для сильно трещиноватого горного массива – 320 мм.

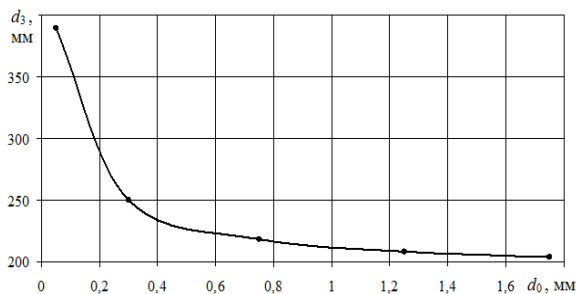


Рис. 1 – Значения рационального диаметра скважины в зависимости от среднего размера естественной отдельности горного массива

Библиографический список

1. Тищенко С.В. Особенности механизма разрушения горных пород дифференцированными скважинными зарядами взрывчатых веществ / С.В. Тищенко, Г.И. Еременко, К.А. Федин // *Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.* – 2012. – № 32. – С. 25 – 28.

2. Frolov O. Establishment of effective technological parameters at the contour blasting of borehole charges /O. Frolov, T. Kosenko, Yu. Maltseva // *Современные ресурсосберегающие технологии горного производства. Научно-производственный журнал. Кременчуг: КрНУ, 2018. – Вып. 1/2018 (21). – С. 29–37.*

3. Шапурін О.В. Оптимізація комбінованого буріння свердловин з утворенням котловин великого діаметру / О.В. Шапурін, П.М. Синичич // *Вісник Криворізького національного університету: Зб. наук. праць.* – 2015. – Вып. 39. – С. 107 – 113.

4. Ефремов Э.И. Влияние диаметра скважины на площадь контакта взрывчатого вещества с разрушаемой породой и на выход мелких фракций / Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова, Ю.Н. Чебенко // *Современные ресурсо-сберегающие технологии горного производства. Научно-производственный журнал. Кременчуг, 2012. Вып. 2/2012(10). С. 9–15.*

5. Фролов А.А. Проблемы выбора рационального диаметра скважинных зарядов на карьерах / Ю.С. Мальцева, А.А. Фролов //

Материалы 7-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее» – Тула: Тульский государственный университет.– 2017. –С. 30-35.

6. Шапурин А.В. О влиянии диаметра заряда на эффективность открытых горных работ / А.В. Шапурин, А.С. Левуцкий, В.П. Темный // Разработка рудных месторождений: сборник научных трудов. – 2010. – №93. – С. 23-27.

7. Мец С.Ю. Эффективный комплекс буровзрывных работ при отработке уступов увеличенной высоты /С.Ю. Мец, А.Ю. Антонов Гірничий вісник: зб. наук. праць. – 2014. – № 97. – С. 7–11.

8. Шапурін О.В. Дослідження взаємозв'язків між властивостями гірських порід, їх енергонасичення при підриванні і кускуватістю у розвалі / О.В. Шапурін, В.М. Серебреніков, Є.М. Швець // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2012. – № 30. – С. 18 – 23.

9. Кутузов Б. Н. Выбор рационального диаметра взрывных скважин на карьерах / Б.Н. Кутузов, А.А. Вареничев // Горн. журн. –1976. –№ 8. –С. 47-51.

10. Фролов О. О. Визначення ефективного діаметру свердловинного заряду з урахуванням техніко-економічної оцінки буропідривних робіт / О.О. Фролов, Ю.С. Мальцева // Вісник Криворізького національного університету: Зб. Наук. Праць. – 2018. – Вип.46. – С. 9 – 14.

УДК 622.2

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ПРИ ПОДЗЕМНОМ СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ Хайруллаев Н.Б., Абен Х.Х., Рахманбердиев А.

*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева
ТОО "ДП "ОРТАЛЫК", г. Шымкент, Казахстан*

В статье приведены данные о запасах урановой руды в Республике Казахстан, геологические особенности и способ их разработки подземным скважинным выщелачиванием. Описаны преимущества и недостатки, основным из которых является кольтация фильтров и прифильтровых зон. На основе анализа известных способов интенсификации подземного выщелачивания предложено использовать эф-

факт процесса кавитации и перечислены ее конкурентные преимущества по отношению к существующим на рынке.

Развитие науки и техники в современном мире определяется невиданным по своим масштабам научно-техническим прогрессом, характерной чертой которого является очень быстрый рост энерговооруженности производства. Мировое потребление основных энергоресурсов достигло гигантских размеров. Особенностью научно-технической революции является ускоряющееся развитие атомной энергетики, которая становится все более весомой составляющей в производстве электроэнергии. Такие гигантские масштабы развития атомной энергетики потребуют соответствующего обеспечения ее природным ураном. В соответствии с этим возрастут потребности в уране, которые могут быть удовлетворены за счет добычи промышленных руд, разрабатываемых традиционными способами (подземными или открытыми горными работами), и вовлечения в эксплуатацию месторождений в основном гидрогенного генезиса, представленных бедными или убогими рудами, а также месторождений, залегающих в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях. Месторождения второй группы – с бедными и убогими рудами, несущими в себе запасы урана, – до последнего времени не были вовлечены в промышленную разработку традиционными способами добычи по технико-экономическим соображениям. Эта важная задача, имеющая большое народнохозяйственное значение, к настоящему времени в значительной степени решена. Особенно в последнее десятилетие были проведены большие работы по разработке и внедрению в промышленных масштабах геотехнологической добычи урана, получившей название метода подземного выщелачивания (ПВ).

Запасы и ресурсы урана в Казахстане в настоящее время составляют около 1,7 млн. тонн, или около 12 % от общего объема мировых запасов и ресурсов урана (по данным МАГАТЭ). Особенностью запасов урана в Казахстане является то, что около 80 % из них сосредоточено в месторождениях песчаникового типа, в водонасыщенных проницаемых породах, которые пригодны к добыче методом подземного скважинного выщелачивания [1]. Поэтому, единственным и эффективным методом добычи урана в Казахстане является его подземное скважинное выщелачивание (ПСВ).

Метод подземного выщелачивания имеет существенные преимущества перед традиционным горным способом добычи

руд и переработкой их на заводах, так как позволяет снизить себестоимость урановых руд и более полно использовать урановое сырье. К основным достоинствам способа подземного выщелачивания относятся возможность отработки месторождений, приуроченных к сильнообводненным пластам, в том числе бедных и забалансовых для горного способа руд, сокращение срока ввода месторождения в эксплуатацию, автоматизация процессов добычи и переработки продуктивных растворов на поверхности.

Основное требование, предъявляемое к технологическим скважинам при ПСВ-длительное время эксплуатации при сохранении их производительности. Одной из основных причин уменьшения дебита скважин, при применении ПСВ является кольматация фильтров и прифильтровых зон водоносного пласта, которая вызывает увеличение гидравлических сопротивлений и снижение притока раствора в скважины. Наблюдается снижение производительности откачных скважин, причиной чего является механическая и химическая кольматация фильтров и прифильтровой зоны. Кольматирующим веществом обычно является пластовый песок и продукты химических соединений. Заполнение фильтра механическими взвесями происходит в течение всего периода эксплуатации скважин. Часть взвеси откачивается вместе с раствором, а часть, состоящая из более крупных частиц, оседает и накапливается в отстойнике, а затем и в зоне фильтра.

По своей сущности все известные способы интенсификации процесса подземного выщелачивания [2 – 5] можно классифицировать следующим образом:

- гидродинамические;
- физико-химические;
- химические.

Все эти способы в исследуемых пределах могут приводить к сокращению времени выщелачивания и увеличению среднего содержания урана в растворах. Однако практическое осуществление этих способов воздействия связано с огромными материальными и трудовыми затратами. Для повышения извлечения полезных компонентов, снижения времени на выщелачивание и расхода реагентов предлагается технология, основанная на использовании процесса кавитации для активации раствора [6 –8].

Сущность технологии заключается в том, что перед подачей выщелачивающего раствора в рудную массу её активируют с помощью кавитации. В результате механического воздействия (кавитации) на сплошные среды изменяется её структура и тем-

пература, что сопровождается разрывом связей между атомами и разрушением кристаллической решетки. Степень активации раствора зависит от физико-механических свойств, химического состава руды, параметров технологических скважин.

Если понижение давления происходит вследствие возникновения больших местных скоростей в потоке движущейся капельной жидкости, то активация называется гидродинамической.

Гидродинамическая активация возникает в тех участках потока, где давление понижается до некоторого критического значения. Присутствующие в жидкости пузырьки газа или пара, двигаясь с потоком жидкости и попадая в область давления меньше критического, приобретает способность к неограниченному росту. После перехода в зону пониженного давления рост прекращается, и пузырьки начинают уменьшаться. Если пузырьки содержат достаточно много газа, то при достижении ими минимального радиуса, они восстанавливаются и совершают несколько циклов затухающих колебаний, а если мало, то пузырек схлопывается полностью в первом цикле. Сокращение пузырька происходит с большой скоростью и сопровождается звуковым импульсом, тем более сильным, чем меньше газ содержит пузырек. Если степень развития активации такова, что возникает и захлопывается множество пузырьков, то явление сопровождается сильным шумом со сплошным спектром от нескольких сотен герц до сотен кГц. При захлопывании содержащаяся в пузырьке парогазовая смесь, адиабатически (не успевая обмениваться теплом с окружающей средой) сжимается до давления 30 атм и нагревается до температур порядка нескольких тысяч градусов. Весь процесс увеличения и захлопывания пузырьков происходит в течение нескольких миллисекунд. Давление внутри пузырьков и в воде достигает сотен МПа, а температура нескольких тысяч градусов, что вызывает распад молекул воды и образование радикалов с высокой химической активностью.

Предлагаемая технология с учетом химического и минерального состава рудовмещающих пород будет иметь конкурентное преимущества по отношению к существующим на рынке:

- высокая эффективность;
- низкая норма капитальных вложений;
- интеграция в существующую инфраструктуру;
- технология экологически абсолютно безопасна;
- локальная система может работать в автоматическом режиме;
- система малогабаритна.

Библиографический список

1. <http://www.kazatomprom.kz/> - *!/industry/uranium/Uranium-mining-and-products*.
2. Кошколда К.Н., Пименов М.К., Атакулов Т. и др. Пути интенсификации подземного выщелачивания. – М.: Энергоатомнадат, 1988. – 224 с.
3. Аренс В.Х. Скважинная добыча полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986.
4. M. Catchpole, W. Robins, *Future global energy demand*. AusIMM Bulletin, 2015.
5. Юсупов Х.А., Джакупов Д.А. Исследование применения бифторида аммония для химической обработки скважин. Горный журнал, М., 2017.
6. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. М.: Мир, 1974. – 678 с.
7. Lauterborn W., *Optic cavitation*, "J. Phys.", 1980, V. 41, Mil, suppl., p. 273.
8. *Innovative Application of Mechanical Activation for Rare Earth Elements Recovering: Process Optimization and Mechanism Exploration*. QuanyinTan, Chao Deng & Jinhui Li. Scientific Reports volume6, Article number: 19961 (2016). <https://www.nature.com/articles/srep19961>.

УДК 622.272

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЙ СОЗДАТЬ БЕЗОТХОДНЫЙ ЦИКЛ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хайрутдинов А. М.

Российский университет дружбы народов

Проведён анализ проблем, возникающих при транспортировании закладочной смеси от места приготовления к месту укладки в выработанном пространстве. Рассмотрены вопросы уменьшения стоимости закладочных работ при сохранении заданных параметров закладки. Рассмотрены способы активации компонентов закладочной смеси и готовой смеси, что позволяет существенно улучшить качество закладочной смеси. Рассмотрены перспективные направления в исследовательской деятельности.

Отработка месторождений ведёт к увеличению длины доставки закладочной смеси, как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях, что соответственно увеличивает длину её транспортирования. Это ещё больше удорожает стоимость закладочных работ, в которых немалая доля приходится на транспорт.

В результате ведения горных работ и добыче полезного ископаемого на Бурибаевском ГОКе (республика Башкортостан, Россия) произошло удаление места очистных работ от закладочного комплекса на 2,5 километра. При таком расстоянии транспортирования закладочной смеси применение системы с искусственным поддержанием очистного пространства становится неэффективным, нецелесообразным и экономически невыгодным [1].

Транспорт закладочной смеси – это один из вспомогательных процессов очистной выемки и одно из неотъемлемых звеньев добычи полезного ископаемого при системах с искусственным поддержанием очистного пространства. При этом в процессе транспортирования возникает ряд сложностей. На отдельных рудниках: Гайский ГОК (Оренбургская обл., Россия); ГМК «Норильский никель» (Красноярский край, Россия) и др., подача по трубопроводам готовой закладочной смеси на глубокие горизонты вызывала возникновение воздушных ударов и повреждение трубопроводов. Помимо этого в момент пуска и остановки подачи закладочной смеси возникает резкое колебание давления в трубопроводах.

Перемещение закладочной смеси на большие расстояния требует применение различных конструкций для принудительного движения, ввиду недостаточности первично приобретённой кинетической энергии при её вертикальном движении. При движении закладочной смеси по трубопроводам происходит их износ, так как инертный наполнитель обладает высокой абразивностью. Помимо этого в момент транспортировки по трубопроводам происходит расслоение закладочной смеси, что в дальнейшем приводит к формированию закладочного массива с худшими характеристиками [8].

Износ секций трубопровода, изменения расстояний до места укладки закладочной смеси требует внесения изменений в конструкцию трубопровода: наращивание или уменьшение длины трубопровода; установка пневмоврезок; монтаж и демонтаж секций и др., что вызывает простой закладочного комплекса, увеличение себестоимости закладочных работ и снижению общерудничной производительности.

Ввиду неравномерного распределения закладочной смеси в очистном пространстве в момент её укладки, происходит формирование разнопрочного массива. Это происходит ввиду неоднородности закладочной смеси, где более плотные и тяжёлые её компоненты (инертный наполнитель) концентрируются в месте падения, а более лёгкие и текучие (смесь воды и вяжущего) сосредотачиваются на периферии [8], [15]. В результате невозможности подачи закладочного материала под кровлю, образуются пустоты – «недозакладка», что приводит к проседанию налегающего массива, нарушению его сплошности, а как следствие образованию системы трещин, через которых возможен прорыв воды в рудник [1], [6], [10].

Закладочные работы приводят к снижению производительности, так как после укладки смеси в очистную камеру необходимо время (от 60 до 90 суток) для набора нормативной прочности закладочного массива. В свою очередь регулирование сроков схватывания путём применения различных активирующих добавок приводит к удорожанию закладочных работ и в целом увеличению стоимости конечного продукта.

Искусственный массив – это композитный материал, способный твердеть в подземных условиях, представляющий собой инородное тело внутри горного массива. Качество искусственного массива определяется следующими показателями: прочность, компрессионность; устойчивость при вертикальном обнажении. Качество закладочной смеси характеризуются следующими показателями: реологические свойства; расслаиваемость; абразивность. Необходимо обеспечение параметров искусственного массива, приемлемых для заданных горнотехнических условий.

Факторы, оказывающие на свойства закладочного массива:

1. инертный наполнитель;
 - a. качество;
 - b. гранулометрический состав;
 - c. фракционный состав;
 - d. количественный показатель в единице объёма.
2. количество воды (водовязущее соотношение);
3. способ приготовления закладочной смеси;
4. способ транспортирования и укладки в очистное пространство;
5. условия (температурный режим);
6. возраст твердения.

Технология приготовления закладочных смесей подразумевает наличие в них воды. Один из способов снижения стоимости закладочных работ, удешевление закладки путём увеличения водоцементного соотношения (до 550 кг/м^3), что одновременно ведёт к ухудшению характеристик искусственного камня и снижает технико-экономические показатели систем с искусственным поддержанием очистного пространства.

Увеличение массовой доли инертного в закладочной смеси является значительным потенциалом уменьшения расхода вяжущего материала при сохранении технических параметров искусственного массива, следовательно, снижения себестоимости добычи полезного компонента и улучшения экономических показателей рудника [2, 6, 8].

Ввиду того, что инертный заполнитель занимает 70-90 % от общего объёма закладочной смеси, он оказывает существенное влияние на прочность монолитного камня, но при этом инертный заполнитель значительно дешевле вяжущего, следовательно, увеличение инертного заполнителя с одновременным уменьшением количества вяжущего ведёт к улучшению экономических показателей.

Динамика набора прочности во времени является одной из важнейших характеристик закладки. Закономерность увеличения искусственной прочности массива при затвердевании определяет минимальный срок перехода к следующей стадии работ и начала отработки целиков, что определяет выбор параметров системы разработки. Ранее проведённые исследования установили периоды набора прочности искусственного массива в момент затвердевания: первые два месяца – интенсивный; второй период (до трёх месяцев) – медленное нарастание (рост прочности составляет 10 – 17 %); третий период (до трёх месяцев) замедляющийся (увеличение прочности не более 3 – 5 %) и четвёртый период (до шести месяцев) – затухание (увеличение прочности до 2 %) [10, 15].

Доставка закладочной смеси

Основным способом подачи закладочной смеси в выработанное пространство по трубопроводам является самотечный. При потере кинетической энергии движения смеси и недостаточной скорости движения, используется сжатый воздух, который подаётся в трубопровод порционно посредством пневмоэжекторов, установленных во врезках в трубопровод. Помимо основных пневмоэжекторов по всей длине участка устанавлива-

ются вспомогательные (аварийные), которые рассчитаны на автоматическое включение при внезапном снижении скорости движения закладочной смеси в трубопроводе.

В закладочных трубопроводах используются трубы, изготовленные из стали, диаметром 76-220 мм. при толщине стенок 4-14 мм. Пропускная способность труб, с учётом абразивности инертного материала, марки стали и допустимого износа, достигает 500-700 тыс. м³

В настоящее время, для снижения себестоимости работ, связанных с заменой труб в результате износа, применяют трубы из полипластов, которые характеризуются повышенной износостойкостью, меньшим коэффициентом трения, что значительно увеличивает срок службы трубопровода.

При вертикальном самотечном перемещении закладочного материала на большие глубины возникает избыточное давление в трубах, что приводит к воздушным ударам. Для своевременного устранения и предупреждения воздушных ударов применяют следующие устройства: механизм сброса смеси или избыточного воздуха; механизм изменения направления движения промывочной воды и сброса её в специальный отстойник.

Использование различных химических добавок: пластификаторы (изменение реологических свойств), катализаторы (замедлители и активаторы) твердения, позволяет управлять свойствами, как закладочной смеси, так и монолитного камня после затвердевания. Химические добавки позволяют увеличить пластичность смеси при изменении водо-цементного соотношения, исключить расслоение движущейся пульпы, предотвратить закупорку трубопровода, регулировать скорость твердения закладочной смеси и увеличить механическую прочность [11].

При закладочных работах на руднике «Норанда» (Канада) используют метод продольной вибрации участков трубопровода, предупреждающий его закупорку.

Стоимость затрат на инертный наполнитель составляет 25-35 % в себестоимости закладки на предприятиях цветной металлургии России. Хотя специально добываемый материал для инертного наполнителя имеет лучшие качественные показатели, но при высокой стоимости требует поиска наиболее дешёвых заменителей. Виду этого использование отходов горно-обогажительного производства в качестве инертного наполнителя является эффективной и экономически обоснованной заменой специально добываемому сырью [2]. С внедрением новых технологий пригото-

ния закладочной смеси, компенсирующих негативные характеристики отходов горного производства, позволят обеспечить стабильные, прогнозируемые и необходимые характеристики закладочного материала при уменьшении себестоимости закладки в целом [7, 8, 10].

Выводы

Исходя из особенностей технологии закладочных работ, необходимо: изменить механизацию процесса доставки закладочной смеси; разработать принципиально новую схему закладочных комплексов, позволяющих использование промежуточных продуктов (отходов горного и промышленного производства) [3-5] в безотходной технологии [2, 7, 8, 9, 12-14].

Обезвоживание хвостов обогащения [16] в каскаде гидроциклонов позволяет получить требуемое количество и качество инертного заполнителя из отходов горного производства. При этом необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих влияние на процесс сгущения, а также затраты на все элементы технологического цикла.

Помимо этого необходимо применение различных способов активации для разработки оптимальных составов закладочной смеси и улучшения свойств закладочного материала или его отдельных компонентов [11].

Помимо улучшения экономико-технических показателей закладочных работ, в данном производственном процессе существует ряд существенных вопросов, требующих скорейшего разрешения: создание «мобильных» мини-закладочных и обогатительных комплексов, что представляет возможность отработки отдельных локальных и удалённых рудных тел системами с искусственным поддержанием очистного пространства.

Библиографический список

1. Хайрутдинов М.М., Иванников А.Л., Арад В., Лонг В. Хуанг. *Проблемы транспорта закладочной смеси к месту укладки. Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 13-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. / Т.1: материалы конференции.* – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 360 с. (р.р. 282 – 287).

2. Хайрутдинов М.М. “Применение отходов горного производства в качестве закладочного материала для снижения вредного воздействия на окружающую среду”, *The use of mining waste as a filling material to reduce the harmful effects on the*

environment, Gornyi Zhurnal, no. 2. pp. 64-66, 2009 (In Russian).

3. J. Kawalec, S. Kwiecień, A. Pilipenko, J. Rybak, “Application of crushed concrete in geotechnical engineering - selected issues”, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 95, 022057, 2017.

4. J. Rybak, K. Schabowicz, “Survey of vibrations generated in course of geotechnical works”. *NDE for Safety: 40th int. conf. and NDT exhibition: proceedings, Brno University of Technology*, pp. 237-246, 2010.

A. Herbut, J. Rybak, “Guidelines and recommendations for vibration control in the case of rapid impulse compaction”, *Advances and trends in engineering sciences and technologies II, CRC Press, Taylor & Francis Group*, pp. 761-766, 2017.

5. М.М. Хайрутдинов, “Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства”, *Ways to improve development systems with laying the developed space, Gornyi Zhurnal, no. 11. pp. 40-43, 2007 (In Russian).*

6. М. Khayrutdinov, A. Ivannikov. *The use of mining waste for back-fill as one of sustainable mining activities. Proceedings of International Conferences on Geo-spatial Technologies and Earth Resources (GTER 2017), Hanoi, Vietnam, 5-6 October, 2017, 715-717, 2017*

7. М.М. Хайрутдинов, “Технология закладки высокоплотными смесями (на основе хвостов обогащения) при подземной разработке руд”, *Technology of laying high-density mixtures (based on tailings) in underground mining of ores, Mining Information and Analytical Bulletin, no. 11. pp. 276-278, 2008 (In Russian).*

8. М.М. Хайрутдинов, М.В. Вотяков, “Разработка составов твердеющих закладочных смесей из отходов переработки руд калийных предприятий”, *Mining Information and Analytical Bulletin. no. 10. pp. 220-222, 2007 (In Russian).*

9. М. Вотяков, “Повышение полноты извлечения запасов калийных руд на основе закладки выработанного пространства галитовых отходов”. *Диссертация. Московский государственный горный университет, 2009.*

10. А.Н. Чистяков, М.М. Хайрутдинов, Е.В. Артюхов, “Влияние различных способов активации на физико-механические свойства закладки” *Mining Information and Analytical Bulletin. no. 3. pp. 232-246, 2009 (In Russian).*

11. Тулыбаева Y.S., Хайрутдинов А.М. “Щадящая геотехнология”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г.*

pp. 283-286, 2019

12. Хайрутдинов А.М., Тулуяева У.С. “Извлечение полезного ископаемого на небесных телах. Предпосылки, технологические аспекты и правовые основы”, Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов., М: ИПКОН РАН, 28 октября–01 ноября 2019 г. pp. 280-283, 2019

13. Качаев Р.О., Айрапетян Э.Ц., Иванников А.Л. “О соблюдении условий охраны окружающей среды при строительстве подземных хранилищ газа”, Горная промышленность № 2, 2017

14. Хайрутдинов М. М., Карасёв Г. А. “Формирование прочных закладочных массивов при разработке месторождений полезных ископаемых., Mining Information and Analytical Bulletin. no. 3. pp. 276-2283, 2008 (In Russian)

15. Конгар-Сюрюн Ч.Б. “Построение математической модели прогнозирования качественно-количественных показателей обогатительных фабрик” Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. М: ИПКОН РАН, 28 октября–01 ноября 2019 г. pp. 336-338, 2019

УДК 622.232

АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ КАМЕРНОЙ РАЗРАБОТКЕ ТЮБЕГАТАНСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Хакбердиев А.Л.¹, Басалай Г.А.²

¹ Ташкентский государственный технический университет

² Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены основные горно-геологические и технологические особенности Тюбегатанского месторождения калийных солей. Приведен анализа применяемых проходческо-очистных комплексов при камерной разработке месторождения. Предложены перспективные варианты модернизации основных машин проходческо-очистного комплекса.

Экспериментальный предел прочности при сжатии горных пород, слагающих разрабатываемые пласты Тюбегатанского

калийного месторождения (Узбекистан), составляет от 15 до 25 МПа. Сравнительно небольшая крепость, весьма малая абразивность и хорошая буримость создают хорошие возможности для использования при их разработке механических способов разрушения массива комбайновым способом [1].

В качестве основных критериев для выбора технологической схемы и выемочного оборудования использовались мощность рабочей части пласта в пределах первоочередного участка площадью 3,8 км², которая имеет достаточно широкий диапазон от 1,6 до 8,7 м (средняя – 4,34 м). Среднее содержание полезного продукта КСІ составляет 33,6 %.

Камерная система разработки применяется независимо от того, какая схема подготовки (панельная или панельно-блоковая) используется на руднике. Применение камерной системы отработки на Тюбегатанском месторождении обусловлено гипсометрией калийных пластов. При выборе вариантов камерной схемы учитывались условия залегания пластов и различная устойчивость пород кровли пластов. В этой связи очистные камеры располагаются в основном в меридиальном направлении (ближким к направлению осевых складок), что значительно снижает разубоживание добываемой руды. Применение на отдельных участках диагональных камер требует уменьшения ширины панели(блока), т.к. длина камер – величина сравнительно постоянная и лимитируется емкостью кабельного барабана самоходного вагона. Уменьшение ширины панели приводит к увеличению объема проводимых выработок на тонну извлекаемой руды.

Основными параметрами камерной системы разработки являются ширина и высота очистной камеры, ее длина, а также ширина межкамерного целика. На разрабатываемом месторождении применяются как одноходовые, так и многоходовые очистные камеры по ширине, а также однослойные и двухслойные по высоте в зависимости от мощности разрабатываемого пласта.

Для увеличения степени извлечения полезного ископаемого предусмотрен вариант отработки промышленного пласта двухходовыми камерами с оставлением межходовых и междукамерных целиков, а также вариант отработки с «присечкой».

В настоящее время при разработке сильвинитовых пластов применяется только механизированная выемка в очистных камерах. Она осуществляется механизированными комплексами в составе проходческо-очистного комбайна, бункера перегружателя и самоходного вагона. При этом комплекс может состоять

из технологических машин нескольких моделей в зависимости от мощности пласта и схемы проведения выработок.

Проходческо-очистной комбайн обеспечивает механизированную отбойку руды от массива и погрузку ее в бункер-перегрузатель и далее – в самоходный вагон (или непосредственно в самоходный вагон – при короткой длине выработки).

Первый вариант проходческо-очистного комплекса. По пластам калийных руд мощностью 2,3 – 2,6 м, при углах падения до $\pm 12^\circ$ и сопротивляемостью пород резанию до 450 кН/м проходка выработок овально-арочной формы трех типоразмеров (8,9; 9,4; 10,5 м²) обеспечивается комбайнами «Урал-10А». Техническая производительность этого комбайна составляет около 5 т/мин. В составе проходческого комплекса в сцепке с комбайном «Урал-10А» применяются бункер-перегрузатели БП-14 или БП-15 грузоподъемности 16 т. Для транспортирования руды к пунктам перегрузки на магистральный конвейер в этом составе может применяться один из следующих вагонов: 5BC-15M, 10BC-15 или BC-17 (BC-17B) грузоподъемностью 15 – 17 т.

Второй вариант проходческо-очистного комплекса. Для проходки выработок овально-арочной формы высотой 3,1 или 3,7 м по калийным рудам и пластам каменной соли применяется комбайн «Урал-20Р» в составе с самоходным бункером-перегрузателем БП-25 и самоходным вагоном BC-30 грузоподъемностью 30 т. Техническая производительность комбайна «Урал-20Р» составляет до 7 т/мин. Площади сечений выработок – 15,75 или 20,2 м², ширина по почве постоянна – 5,2 м.

Комбайны имеют основной сдвоенный планетарный орган в сочетании с верхней оформляющей фрезой и бермовым органом в виде двух центральных и двух боковых фрез.

В комбайне «Урал-10А» на каждой из двух рукоятей левого и правого исполнительного органа установлено по одной дисковой фрезе, в комбайне «Урал-20Р» – по две фрезы разного диаметра. Зубки, закрепленные на фрезях, совершают сложное пространственное движение, состоящее из двух вращательных во взаимно перпендикулярных плоскостях. Форма забоя пространственная комбинированная в виде наслаивающихся в отдельных секторах тороидальных поверхностей (рисунок 1).

Комбайны оснащены станками для бурения шпуров в кровлю выработки под установку анкерной крепи, или дегазации пласта.

Энергопитание самоходных вагонов по кабелю существенно ограничивает эффективность проходческо-очистных комплек-

сов по длине проходимых выработок. При длине выработки более 200 м требуется применять в одном комплексе по два вагона, работающих последовательно с дополнительной перегрузкой руды из одного вагона в другой или оборудовать выработки участковыми конвейерами.

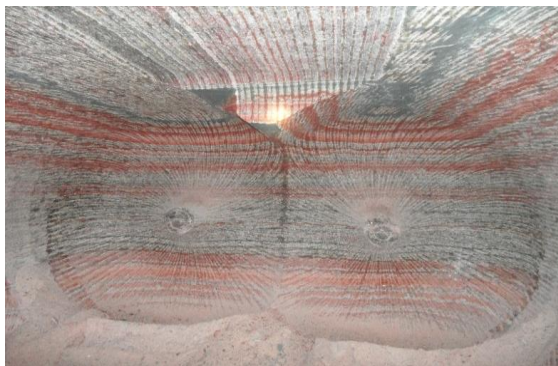


Рис. 1 – Поперечное сечение выработки, проходимой комбайном со спаренным планетарно-дисковым органом

В качестве перспективных вариантов модернизации основных машин проходческо-очистного комплекса авторы предлагают:

1. Снижение удельных затрат энергии на фрезерование массива может быть достигнуто модернизацией исполнительного органа, в частности, по схеме с дополнительными зубками на рукоятях для фрезерования периферийной части забоя [2].

2. Одним из перспективных вариантов энергопитания самоходных вагонов – применение аккумуляторных батарей вместо кабеля, что интенсивно внедряется в Беларуси на городском электрическом транспорте.

Библиографический список

1. Старков, Л.И. *Машины и оборудование для механизации горных работ на калийных рудниках* / Л.И. Старков [и др.]. – Пермь : Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2011. – 169 с.

2. Басалай, Г.А. *Повышение эффективности работы спаренного планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна.* // Г.А. Басалай. *Н-т. журнал «Горная механика и машиностроение», № 1, 2014.* – С. 83-92.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДООТЛИВА НА КАРЬЕРАХ С ВЫСОКОЙ ОБВОДНЕННОСТЬЮ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

В статье изложена методика определения притока воды в карьер. Предложен способ, доказана целесообразность и эффективность последовательного включения насосов при откачке воды из карьера.

Анализ существующих способов защиты карьеров от притока поверхностных и грунтовых вод показал, что единственно оправданным решением является применение принудительного водоотлива, как наиболее надежного и эффективного способа, особенно на месторождениях с высокой водообильностью [1]. Первостепенное значение при применении водоотлива имеет определение притока воды в карьер, так как с учетом этой величины рассчитывают подачу и напор насоса, мощность электропривода. На основании этих показателей выбирают марку насоса и двигателя.

Для определения водопритоков в карьер выполняют гидрогеологическую схематизацию, которая позволяет обосновать расчетную фильтрационную схему и выбрать соответствующие аналитические зависимости [2]. В аналитических расчетах чаще всего используют осредненные параметры водоносных горизонтов, определяют положение и конфигурацию границ пласта в плане.

При установившейся фильтрации для определения общего притока воды в карьер чаще всего пользуются методом «большого колодца»

$$Q_n = \frac{2\pi k_\phi H S_0}{\ell n R_0 - \ell n r_0},$$

где Q_n – приток воды в карьер, м³/сут.;

k_ϕ – коэффициент фильтрации горной породы, м/сут.;

ℓn – натуральный логарифм;

H – напор воды, м;

S_0 – разность уровней воды на границе водоносного пласта и на дне карьера, м;

R_0 – радиус воронки осушения, считая от центра карьера, м;

r_0 – приведенный радиус карьера, м

$$r_0 = \eta \frac{L + B}{4},$$

где η – коэффициент, зависящий от отношения B / L ;

B, L – ширина и карьера, м.

При расположении месторождения вблизи открытого водоисточника приток воды в карьер можно определить по формуле

$$Q = \frac{1,36k_\phi H^2}{\ell g 2\ell - \ell g r_0},$$

где ℓ – расстояние от центра карьера до водоисточника, м.

Часто карьер имеет вытянутую форму с соотношением сторон больше, чем 20:1. Тогда приток воды в него следует определять по формуле

$$Q = \frac{k_\phi L(2H - S_0)S_0}{R} + \frac{1,37k_\phi(2H - S_0)S_0}{\ell g R - \ell g \frac{B}{2}},$$

где R – радиус влияния понижения, м.

Все выше приведенные методы определения притока воды в карьер требуют знания величины фильтрационной способности водоносного горизонта, т.е. коэффициента фильтрации. Определение этой величины является достаточно трудной задачей, так как мощность водоносного горизонта может быть большой и вода в карьер может поступать не только через откосы, но и через дно. Определить коэффициент фильтрации можно с учетом среднего объема откачки воды из существующего или вблизи расположенного карьера, решая обратную задачу по формуле

$$k_\phi = \frac{Q(\ell g \ell - \ell g r_0)}{1,36H^2},$$

r_0 – приведенный радиус карьера, равный

$$S = \frac{H - H_{\Gamma}}{Q^2},$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды, м;

Q – расход подаваемой воды, м³/с.

Точка пересечения кривой S с напорной характеристикой Q - H насоса называется режимной (точка A). Считается, что насос подобран правильно, если точка A соответствует максимальному значению коэффициента полезного действия насоса (КПД).

Подбор группы насосов, соединенных параллельно и подающих воду в один трубопровод, производится путем построения суммарной характеристики (рисунок 1). Так же, как и при подборе одного насоса определяется режимная точка A , которая должна соответствовать зоне максимального КПД насосов.

Анализ суммарной характеристики показывает, что если бы насосы в трубопровод подавали воду раздельно, то каждая из подач Q_I и Q_{II} была бы меньше. При совместной параллельной работе насосов достигается увеличение подачи и напора. При этом напор H_A больше каждого из напоров насосов, работающих индивидуально. Однако, эти увеличения напора незначительны.

В практике горного дела при осушении карьеров может возникнуть необходимость последовательного соединения насосов на одной насосной станции, так как такое включение позволяет значительно увеличить напор, а, следовательно, и высоту поднятия воды, а также расход воды.

При последовательном соединении напорный патрубок первого насоса соединяется со всасывающим патрубком второго насоса (рис. 2).

На рисунке приведена характеристика трубопроводов S_I и $S_I + S_2$, характеристики 2-х разнотипных насосов и их напорная характеристика (Q - H).

Каждый из насосов при индивидуальной работе на трубопровод с характеристикой S_I развивал подачу Q_I и Q_{II} при напорах H_I и H_{II} . При этом вода поступает в бак B_1 , а задвижка z закрыта. Мощность и КПД первого насоса характеризуются точками 2 и 5, а второго – 3 и 6.

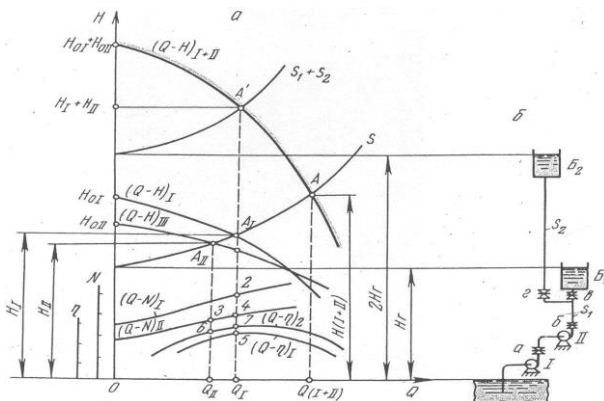


Рис. 2 – Суммарная характеристика при последовательной работе двух различных насосов:
а – характеристики; *б* – схема установки;
N – мощность привода насоса

При последовательной работе насосов на трубопровод с характеристикой S_1 их совместный режим определяется рабочей точкой A , которая характеризуется подачей $Q_{(I+II)}$ и напором $H_{(I+II)}$. Из рассмотренных характеристик видно, что последовательное включение насосов приводит к увеличению напора и подачи воды, если ее не ограничивать задвижками *а*, *б*, *в*. Если в карьере требуется поднять воду на высоту в два раза превышающую геометрическую высоту подъема, то характеристика сети трубопроводов изобразится кривой $S_1 + S_2$. Вода при этом поступает в бак B_2 , а задвижка *в* закрывается. Рабочая точка перейдет в положение A' . Этой точке соответствует постоянная подача насосов Q_I при суммарном напоре $H_I + H_{II}$. Мощность и КПД насоса *I* по прежнему характеризуются точками 2 и 5, а насоса *II* – точками 4 и 7.

Библиографический список

1. Гальперин, А.М. *Гидрогеология и инженерная геология: учебное пособие* / А.М. Гальперин, В.С. Зайцев, Ю.А. Норватов. - М.: Недра, 1989, -383 с.
2. Чирков, А.С. *Добыча и переработка строительных горных пород: учебник для вузов* / А.С. Чирков. - М.: Издательство МГГУ, 2006. -623 с.

УДК 622.235

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН В СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДАХ С ОСЕВОЙ ВОЗДУШНОЙ ПОЛОСТЬЮ

**Хужакулов А.М., Каримов Ё.Л., Латипов З.Ё., Номдоров Р.У.,
Хаккулов С.**

Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан

Исследован режим детонационных волн в удлиненных зарядах ВВ с осевой воздушной полостью. Установлена скорость распространения фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости в зависимости от скорости детонации промышленных ВВ. Установлены зависимости распространения фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда от площади сечения полости на различных расстояниях и массы заряда ВВ. Определено время действия фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от площади сечения полости и массы заряда ВВ на различных расстояниях.

При описании действия скважинных зарядов ВВ основное внимание уделяется процессу развития детонационных волн, который достаточно полно описан в работах [1 – 5].

На основании теоретических и экспериментальных исследований [6 – 10] исследован режим детонационных волн в зарядах ВВ с осевой воздушной полостью.

Рассмотрим детонацию скважинных зарядов ВВ с осевой воздушной полостью, схема которого приведена на рис. 1.

Под воздействием начального импульса скважинный заряд ВВ с осевой воздушной полостью детонируется, образуя детонационные волны, распространяющиеся со скоростью D . В результате продуктов детонационной волны в зазоре между зарядом – осевой воздушной полостью образуется своеобразный газовый поршень – ударная воздушная волна, со скоростью ω . Возникающая в канале ударная волна по общим законам газодинамики должна характеризоваться большей скоростью, чем скорость газового поршня.

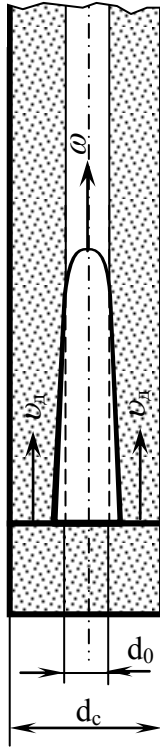


Рис. 1 – Схема детонации скважинных зарядов ВВ с осевой воздушной полостью: d_c – диаметр скважины; d_0 – диаметр осевой воздушной полости; V_0 – скорость детонации; ω – скорость воздушной волны

Вследствие возникновения канальной ударной волны скважинного заряда впереди фронта детонации вещество уплотняется, особенно из ВВ малой плотности. В результате распространения волны сжатия по веществу от поверхности контакта с ударной волной в удлиненном заряде возникает коническая область уплотнения, прилегающая своим основанием к фронту детонационной волны степень деформации скважинного заряда, помимо физических свойств ВВ, зависит от длины и давления

ударной волны, который подтверждается в работе [9].

Исследования [9, 10] канального эффекта с помощью рентгеноимпульсной съемки показали, что впереди детонации вещество уплотнено, а сечение уменьшено. Уплотнения по поперечному сечению и по длине заряда неравномерно. Рентгенограмма позволяет заключить, что по зазору распространяется ударно-воздушная волна, причем во всех случаях на начальном участке её $\omega > D$.

Для подтверждения гипотезы о том, что в зазоре со скоростью ω движутся не продукты детонации, а ударная волна, выполнены опыты в разреженной атмосфере. При уменьшении давления воздуха в трубе до 1,33 кПа в ВВ детонация затухала на участке, примерно вдвое больше, чем в опытах при атмосферном давлении. Это является следствием снижения давления в канале, обуславливающего уплотнение ВВ впереди фронта детонации, что связано с уменьшением амплитуды волны, распространяющейся по разреженной атмосфере.

Таким образом, в осевой воздушной полости скважинного заряда ВВ распространяется ударная воздушная волна прямоугольного профиля, опережающая фронт детонации.

К моменту завершения формирования ударного фронта скорость распространения ударно-воздушной волны ω может быть выражена как функция скорости детонации D , исходя из общих газодинамических зависимостей:

$$\omega = u_d \frac{\rho}{\rho - \rho_0}; \quad \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{(k+1)p + (k-1)p_0}{(k-1)p + (k-1)p_0}, \quad (1)$$

где k – показатель изоэнтропы воздуха;

ρ, ρ_0 – соответственно, площадь сечения скважинного заряда и осевой воздушной полости, m^2 ;

u_d – скорость газового поршня, m/s .

В данном случае величина u_d равна скорости распространения детонационной волны. Давление на границе раздела ПВ–воздух можно принято приближено равным среднему давлению ПВ в зарядной камере, которое определяется по формуле:

$$p_{ПВ} = RT_{exp} \rho_3 / (1 - \alpha \rho_3), \quad (2)$$

где ρ_3 – плотность заряжения в трубе; α – коволюм ПВ.

Тогда:

$$\omega = D \frac{(k+1)p + (k-1)p_0}{(k-1)p + (k+1)p_0}, \text{ м/с.} \quad (3)$$

При высокой плотности заряжания, т.е. при малом отношении площади сечения скважинного заряда к площади сечения осевой воздушной полости $p \geq p_0$, предельная скорость ударно-воздушной волны, составляет:

$$\omega = D(k+1)/2, \text{ м/с.}$$

Приняв, показатель изоэнтропы воздуха, равной $k=1,5$, получим формулу расчета скорости ударно - воздушной волны по формуле:

$$\omega = 1,25D, \text{ м/с.} \quad (4)$$

В результате экспериментальных и практических исследований авторов работ [1-10] установлено, что при взрыве заряда ВВ в воздухе происходит быстрое местное повышение температуры и давления газообразных продуктов взрыва, которые резким ударом сжимают прилегающий к заряду воздух. В результате в воздухе возникает ударно-воздушная волна, представляющая собой распространяющийся со сверхзвуковой скоростью скачок давления. За фронтом с меньшей скоростью движется воздушный поток, давление в котором падает до атмосферного по мере удаления от фронта и даже переходит в фазу разряжения.

Для расчета максимальной величины избыточного давления в безграничной воздушной среде при взрывании сферического заряда пользуются формулой М.А.Садовского, уточненной Г.И.Покровским:

$$\Delta P = 0,84 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 2,7 \frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 7 \frac{\sqrt[3]{G^3}}{R^3}, \text{ кгс/см}^2 \quad (5)$$

где G – масса заряда ВВ, кг; R – расстояние до места взрыва, м.

Процесс формирования фронта ударно-воздушной волны при взрыве заряда ВВ в осевой полости происходит иначе. Ударно-воздушная волна с криволинейным фронтом вступает

во взаимодействие со стенками осевой полости. Происходит регулярное отражение и образуется система падающей и отраженной волны с общими точками на плоскостях отражений. Далее отраженная волна нагоняет падающую и происходит нерегулярное отражение, результатом которого является возникновение участков плоского фронта.

Для практических расчетов избыточного давления на фронте ударно-воздушной волны при ее движении по прямой выработке, авторами [1, 9] рекомендованы следующие зависимости:

$$\Delta P = \left[44 \frac{G}{S \cdot R} + 9,2 \left(\frac{G}{S \cdot R} \right)^{2/3} + 1,46 \left(\frac{G}{S \cdot R} \right)^{1/3} \right] \cdot 10^5, \text{Па}, \quad (6)$$

где S – площадь сечения осевой воздушной полости, м^2 ;
для времени действия избыточного давления

$$\tau = 0,92 \frac{R}{c} \sqrt[6]{\frac{G}{S \cdot R}} \cdot 10^3, \text{мс} \quad (7)$$

где c – скорость звука, м/с .

В результате теоретических исследований установлены зависимости распространения фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от скорости детонации ВВ, его плотности, от площади сечения полости и массы заряда ВВ на различных расстояниях (рис. 2-4).

Полученная зависимость, приведенная на рис. 2, показывает, что с увеличением площади сечения полости от 0,2 до 0,8 м^2 избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда ВВ снижается от 350 до 70 МПа.

Полученная зависимость, приведенная на рис. 3, показывает, что с увеличением массы заряда от 100 до 500 кг избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда возрастает от 60 до 300 МПа.

Зависимость на рис. 4 показывает, что с увеличением расстояния от 10 до 50 м избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда снижается от 350 до 60 МПа.

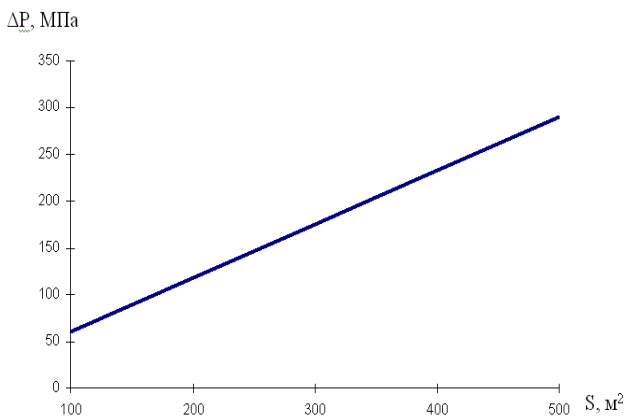


Рис. 2 – Распространение фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от площади сечения полости

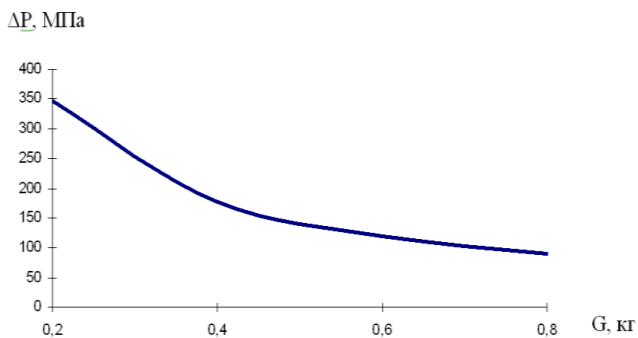


Рис. 3 – Распространение фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от массы заряда ВВ

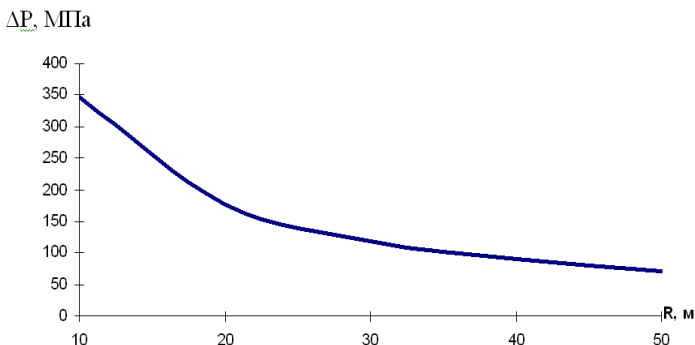


Рис. 4 – Распространение фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от расстояния

В результате теоретических исследований также установлены зависимости изменения времени действия фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда от площади сечения полости и массы заряда ВВ на различных расстояниях (рис. 5 – 7).

Установлено, что с увеличением площади сечения полости от 0,2 до 0,8 м² время действия избыточного давления на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда ВВ снижается от 115 до 90 мс.

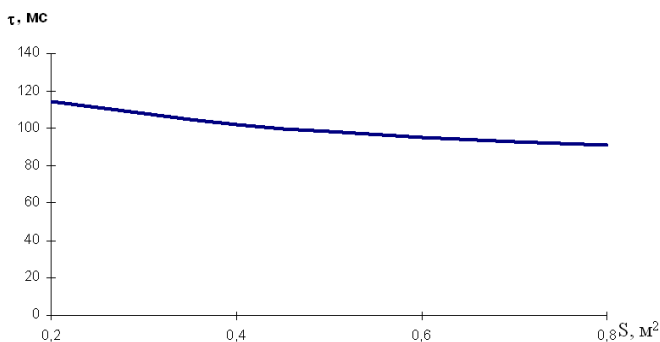


Рис. 5 – Изменение времени действия избыточного давления фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от площади сечения полости

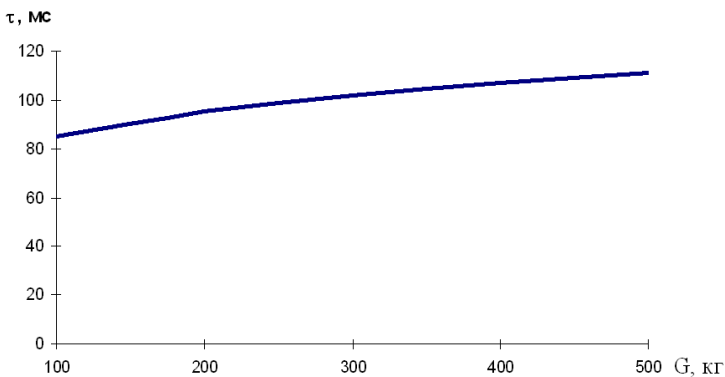


Рис. 6 – Изменение времени действия избыточного давления фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от массы заряда ВВ

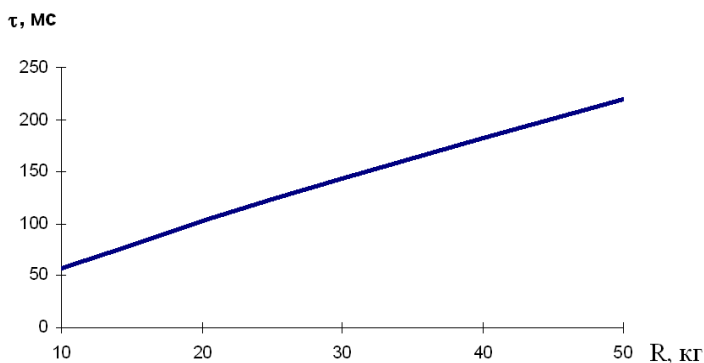


Рис. 7 – Изменение времени действия избыточного давления фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от расстояния

С увеличением массы заряда ВВ от 100 до 500 кг время действия избыточного давления на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда ВВ возрастает от 85 до 115 мс.

С увеличением расстояния от центра взрыва от 10 до 50 м время действия избыточного давления на фронте ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда ВВ возрастает от 60 до 225 мс.

Таким образом, исследован режим детонационных волн в удлинённых зарядах ВВ с осевой воздушной полостью. Установлена скорость распространения фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости в зависимости от скорости детонации промышленных ВВ. Также установлены зависимости распространения фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда от площади сечения полости на различных расстояниях и массы заряда ВВ. Определено время действия фронта ударно-воздушной волны в осевой воздушной полости скважинного заряда в зависимости от площади сечения полости и массы заряда ВВ на различных расстояниях.

Библиографический список

1. Покровский Г.И. Взрыв. – М., 1973. – 182 с.
2. Родионов В.Н., Адушкин В.В. и др. Механический эффект подземного взрыва. – М., Наука, 1976. – 285 с.
3. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. – М., Недра, 1974. – 224 с.
4. Адушкин В.В. Влияние плотности и влажности песчаного грунта на размеры котловой полости при камуфлетном взрыве // ФГВ, 1979. – №3. – С. 107 – 116.
5. Ляхов Г.М. Основы динамик взрывных волн в грунтах и горных породах. – М.: Недра, 1974. – 192 с.
6. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: «Недра», 1988. – 358 с.
7. Загуменов А.С., Титова Н.С., Фадеенко Ю.И., Чистяков В.П. – Прикладная механика и техническая физика. – Москва, 1969. – №2. – С. 79-83.
8. Лобанов В.Ф., Фадеенко Ю.И. Кумуляция продуктов детонации полого цилиндрического заряда. – Физика горения и взрыва. – Москва, 1974. – №1. – С. 119 – 124.
9. Салганик В.А., Воротеляк Г.А., Метрофанов В.В., Филипов Н.Ф. Скважинные заряды взрывчатых веществ с осевой воздушной полостью. – К.: Техника, 1986. – 88 с.
10. Бабаянц Г.М., Мартыненко В.П., Черненко А.Р. и др. Скважинная отбойка руды с использованием зарядов с осевой воздушной полостью. Обзор. информ. М.: Черметинформация, 1984 – 22 с.

**ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДОВ
ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ «УРАЛ-20Р»
В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Шишлянников Д.И., Трифанов М.Г.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Представлены результаты экспериментальных исследований величины и характера изменения нагрузок приводов исполнительных органов комбайнов «Урал-20Р» в реальных условиях эксплуатации, полученные с использованием переносного программно-регистрирующего комплекса «ВАТУР». Замеры проводились при работе комбайна глухим забоем и в режиме подрубки пласта.

Горные предприятия, осуществляющие добычу калийных солей подземным способом, используют механизированные комбайновые комплексы и камерную систему разработки. На рудниках России широко применяются проходческо-очистные комбайны марки «Урал-20Р», производства АО «Копейский машиностроительный завод» [1].

Современные модификации комбайнов «Урал-20Р» оснащены системами визуализации и регистрации параметров работы, однако оценка степени нагруженности приводов комбайна и регулирование скорости его подачи, возложены на машиниста.

Объективная оценка нагруженности приводов комбайна позволяет обосновать рациональные параметры работы исполнительных органов, снизить удельные энергозатраты разрушения, улучшить гранулометрический состав отделяемой от забоя руды, а также оценить эффективность использования выемочных машин.

Комбайны марки «Урал-20» выпускаются уже более 40 лет. За это время конструктивной доработке подвергались исполнительные органы комбайна, увеличивалась энерговооруженность и производительность выемочной машины [2]. В современной модификации комбайна «Урал-20Р-11/12», площадь поперечного сечения выработки составляет 15,5 квадратных метров, техническая производительность – 8 т/мин, установленная мощность электродвигателей 710 кВт.

С целью определения величин и характеров изменения нагрузок, действующих на приводы исполнительных органов

комбайна «Урал-20Р» в реальных условиях эксплуатации, выполнены экспериментальные исследования.

Для проведения исследований сотрудниками кафедры «Горная электромеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета разработан и изготовлен специализированный программно-регистрирующий комплекс «ВАТУР» (рис. 1), предназначенный для регистрации значений напряжений, токов, активных мощностей, потребляемых приводными двигателями комбайна, а также линейного перемещения выемочной машины [3].

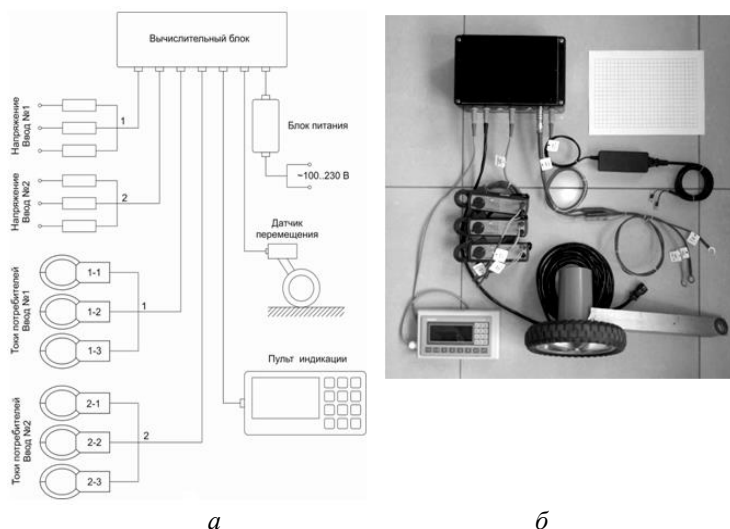


Рис. 1 – Программно-регистрирующий комплекс «ВАТУР»: *а* – структурная схема; *б* – общий вид

В состав комплекса входят: вычислительный блок, блок питания, делители напряжений, датчики тока и датчик перемещения.

Исследовательские испытания комбайнов «Урал-20Р» проводились в условиях рудников Верхнекамского калийного месторождения. В ходе испытаний определены фактические значения нагрузок на приводах исполнительных органов комбайнов, при выполнении основных технологических операций – проходки камер сплошным и неполным сечением.

Работа комбайна в глухом забое с обработкой массива сплошным сечением характеризуется периодически изменяющейся нагрузкой на приводы планетарного исполнительного органа: режущих дисков и переносного вращения (рис. 2).

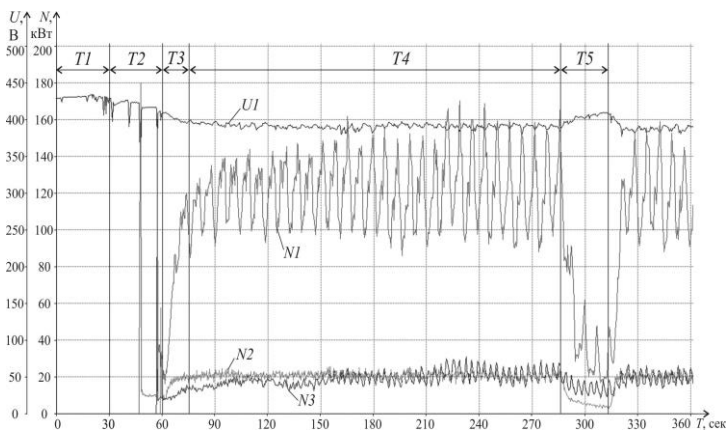


Рис. 2 – Изменение энергетических параметров работы приводов комбайна «Урал-20Р»:

$U1$ – фазное напряжение на вводе, В; $N1$ – активная мощность привода режущих дисков, кВт;

$N2$ – активная мощность привода отбойного устройства, кВт;

$N3$ – активная мощность привода переносного движения, кВт;

$T1$ – длительность отключенного состояния электродвигателей комбайна, с; $T2$ – длительность запуска двигателей, с;

$T3$ – длительность зарубки, с;

$T4$ – длительность работы в установившемся режиме, с;

$T5$ – длительность холостого хода, с

Частота колебаний соответствует двойной оборотной частоте водила, вариативность нагрузок составляет не более 15 процентов от средних значений.

Нагрузка на бермовый орган меняется с высокой скоростью в широком диапазоне значений. При высоких значениях скорости подачи пики графика находятся в зоне перегрузки электродвигателей.

По результатам испытаний определены средние значения активных мощностей приводов исполнительных органов комбайна при его работе с различными скоростями подачи. Так, при скоро-

сти подачи 0,14 м/мин, средняя нагрузка приводов резовых дисков составила 73 % от номинального значения, для бермовых фрез – 90%, для двигателей отбойного устройства, переносного вращения и конвейера – 44 %, 26 % и 51 % соответственно.

С увеличением скорости подачи средние значения активных мощностей приводов основных исполнительных органов увеличивается, вследствие увеличения нагрузки на резах и увеличения объема транспортируемой отбитой руды (рис. 3). Коэффициенты вариации значений активных мощностей, характеризующие динамические составляющие нагрузок, также увеличиваются с увеличением скорости подачи.

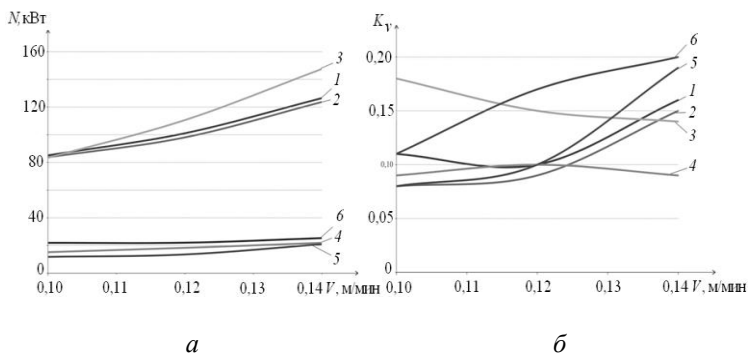


Рис. 3 – Изменение средних значений (а) и коэффициентов вариации (б) активных мощностей приводов комбайна «Урал-20Р» от скорости подачи:

- 1, 2 – двигатели относительного вращения резовых дисков;
- 3 – двигатели бермовых исполнительных органов;
- 4 – двигатель отбойного устройства;
- 5 – двигатель переносного вращения резовых дисков;
- 6 – двигатели конвейера

Наиболее интенсивно нагрузка возрастает на приводах бермовых исполнительных органов. При высоких скоростях подачи шнековые грузчики комбайна заштыбовываются, что обуславливает возникновение постоянных сверхнормативных нагрузок.

Обработка пластов мощностью 4 метра и более, ведется по технологии двухслойной обработки камер. При обработке камер

вторым ходом работа комбайна осуществляется неполным сечением забоя.

При такой работе характер нагруженности приводов меняется. Наличие на траектории движения дисков свободных от массива участков, приводит к увеличению динамических составляющих нагрузок в переходных режимах, дважды возникающих на каждом обороте переносного движения. Производительность комбайна сокращается кратно уменьшению площади поперечного сечения забоя. Это обстоятельство склоняет персонал к работе с увеличенной скоростью подачи, что также отражается на нагрузках [4].

При работе комбайна неполным сечением значения активной мощности приводов планетарного органа изменяется во всем диапазоне значений, от холостого хода до номинала, на каждой итерации колебаний. Активная мощность приводов бермового органа имеет высокий уровень среднего значения и вариативность более 20 процентов. В сравнении с работой комбайна сплошным сечением, размах колебаний нагрузок увеличился более чем в два раза. Увеличение амплитуды и скорости нарастания нагрузок снижают усталостную долговечность механических передач приводов комбайна (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчетов средних значений активных мощностей двигателей исполнительных органов, при обработке забоя неполным сечением со скоростью подачи $V_n=0,40$ м/мин

Обследуемые двигатели	Среднее значение активной мощности N , кВт	Значение коэффициента вариации K_v
Относительное вращение 1	97,17	0,39
Относительное вращение 2	104,70	0,44
Бермовый орган	169,73	0,20
Переносное вращение	36,20	0,21

На основании информации, полученной путем проведения замеров активных мощностей двигателей комбайнов «Урал-20Р», при работе в различных условиях эксплуатации, определены фактические значения удельных энергозатрат процесса

разрушения калийного массива. Минимальные значения удельных энергозатрат обеспечиваются при работе комбайна полным забоем со скоростью подачи, определяющей работу приводов исполнительных органов с загрузкой, близкой к номинальной. При работе комбайна на подрубке пласта с высокой скоростью подачи, удельные энергозатраты принимают большие значения, вследствие неравномерной и неполной загрузки основных исполнительных органов комбайна и снижения его производительности (Таблица 2).

Таблица 2 – Удельные энергозатраты процесса добычи калийной руды при работе комбайна «Урал-20Р» в различных условиях

Работа комбайна в ходе замера	Площадь сечения забоя, м ²	Производительность, т/мин	Угол падения выработки, град	Удельные затраты эл. энергии кВт·ч/т
Работа глухим забоем, пройдено за замер 10,46 м	15,5	5,9	-2	1,33
Работа вторым ходом (подрубка пласта), пройдено за замер 13,80 м	6,2	3,4	+1	1,78
Работа глухим забоем, пройдено за замер 11,13 м	15,5	4,5	-5	1,49

На основе данных о работе приводов исполнительных органов могут быть определены составляющие времени эксплуатации комбайна в целом: длительности его производительной работы, вспомогательных операций, отключенного состояния (см. рис. 2). Так, по фактическим данным, полученным путем непрерывной регистрации нагрузок приводов исполнительных органов комбайна «Урал-20Р» в течение 26 суток определены слагаемые общего времени эксплуатации добычной машины. Периоды производительной работы соотнесены с общим временем эксплуатации комбайна, в результате определены коэффициенты производительной работы за каждые рассмотренные сутки. Зна-

чения приведены на диаграмме (рис. 4) и находятся в диапазоне от 0,1 до 0,4. В среднем за рассмотренный период значение коэффициента производительной работы составило 0,29.

По значению коэффициента производительной работы оценивается уровень организации работ. Уменьшение значения коэффициента характеризует увеличение времени выполнения вспомогательных операций и длительности технологических перерывов, что свидетельствует о снижении уровня организации добычных работ в очистной камере.

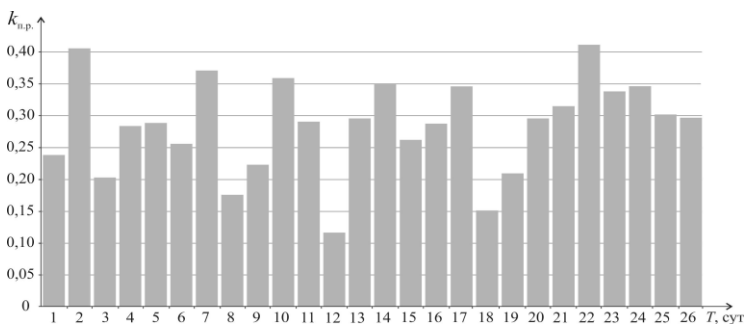


Рис. 4 – Изменение значений коэффициента производительной работы комбайна «Урал-20Р» в очистной камере

На основе данных непрерывного контроля нагруженности приводов проходческо-очистных комбайнов возможно осуществлять объективную оценку эффективности использования выемочных машин калийных рудников, корректировать режимы их работы и выявлять тенденции, негативно влияющие на производительность и надежность комбайнов в реальных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Красников, Ю.Д. Анализ теоретической производительности очистного комбайна при добыче сильвинита / Ю.Д. Красников, Т.П. Щерба // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 8. – С. 34–37.
2. Пинский, В.Л. Развитие техники и технологии добычи калийных руд в России/ В.Л. Пинский // Известия вузов. Горный журнал. – 2007. – №8. – С. 13–17.
3. Чекмасов, Н.В. Оценка эффективности процесса разрушения калийного массива резцами исполнительных органов комбай-

нов «Урал-20Р» / Н.В. Чекмасов, Д.И. Шишлянников, М.Г. Трифанов // Известия вузов. Горный журнал. – 2013. – № 6. – С. 103–107.

4. Шишлянников, Д.И. Выбор технически обоснованных режимов работы комбайнов «Урал» на основе оценки нагруженности их приводов в реальных условиях эксплуатации / Д.И. Шишлянников, М.Г. Трифанов, Н.В. Чекмасов, С.Л. Иванов // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 7. – С. 3–8.

УДК. 621.313.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Эшмуродов З.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т.,
Махмудов Г.Б., Саидова Ф.А.**

Навоийский государственный горный институт

В статье проанализированы режимы работы электроприводов подъемно транспортных машин. Проведенный анализ систем управления электроприводами действующего шахтные подъемные машины горнорудных комплексов показал что, одним из основных путей повышения энергоэффективности шахтных подъемных машин является целесообразность применение системой автоматизированного управления шахтной подъемной машиной построенной на базе современных программируемых логических контроллеров.

Электрооборудование подъемно транспортных машин (ПТМ) работает в сложных условиях, связанных с запыленностью воздуха, вибрациями, в ряде случаев с высокой температурой и повышенной влажностью. Режим работы систем электропривода интенсивный повторно - кратковременный с частыми пусками, реверсами и торможениями. В настоящее время во многих шахтах горнорудных комплексов применяются системы электропривода, выполненные на базе асинхронного двигателя с фазным ротором (АД ФР).

Проведенный анализ действующего электрооборудования горнорудных комплексов показал довольно широкое применение асинхронных двигателей с фазным ротором (АДФР) для мощных (более 300 кВт) механизмов с тяжелыми условиями пуска (ЭП подъемно-транспортных механизмов, ЭП конвейеров и пр.). На сегодняшний день управление производственным про-

цессом на основе данных электромеханических систем осуществляется путем введения в цепь ротора двигателя добавочных активных сопротивлений. Такой способ регулирования в наше время себя исчерпал в силу энергетической неэффективности.

Шахтные подъемные машины (ШПМ) являются одними из основных потребителей электроэнергии на шахте. Даже небольшое относительное снижение их энергопотребления дает значительную экономию энергоресурсов. Например, для шахтных подъемных установок (ШПУ) с приводом мощностью 2000 кВт снижение электропотребления на 1 % дает абсолютную годовую экономию порядка 80-120 тыс. кВт·час [1].

Одним из основных путей повышения энергоэффективности и снижение энергопотребления ШПМ является внедрение преобразователя частоты и системы управления электроприводом ШПМ, которые в совокупности позволяют рекуперировать электроэнергию в питающую сеть в режиме генераторного торможения.

В настоящее время существует ряд таких систем электропривода ШПМ, обеспечивающих рекуперацию электрической энергии в питающую сеть. При этом эффективность работы электропривода ШПМ в таком режиме определяется функциональными возможностями частотного преобразователя, алгоритмом его управления, системой управления скоростью сосудов ШПМ и точностью настройки регуляторов системы управления.

На сегодняшний день, идет процесс перехода от старых систем управления на более совершенные. Так как основными потребителями электроэнергии в промышленности являются электроприводы, то этот процесс приобретает актуальную научную задачу.

Таким образом, задача разработки и исследования энергоберегающего электропривода ШПМ, работающего в режиме генераторного торможения с возможностью рекуперации электроэнергии, являются актуальной.

Анализ режимов работы электроприводов ШПМ показали, что в режиме рекуперативного торможения использование известных структур не обеспечивает энергоэффективность, так как потенциальная энергия спуска концевой нагрузки не передается в питающую сеть, а рассеивается в блоках тормозных сопротивлений.

Для электропривода шахтного подъема целесообразно применять двухзвенный преобразователь частоты со звеном рекуперации электроэнергии, позволяющий в режиме рекуператив-

ного торможения при спуске грузов возвращать энергию торможения в питающую сеть. Преобразователи частоты, построенные таким образом, оказываются наиболее перспективными с точки зрения энергоэффективности и точности управления.

Для шахтных подъемных машин целесообразно применение системой автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) построенной на базе современных программируемых логических контроллеров (ПЛК), и обеспечивающей высокий уровень безопасности и надежности работы подъемной установки.

САУШПМ состоит из двух объединенных шинами связи каналов. Каждый из каналов представляет собой независимый ПЛК с подключенными устройствами ввода-вывода сигналов, датчиками и органами управления. При выполнении программы управления ПЛК анализирует сигналы от датчиков и органов управления, и формирует сигналы управления оборудованием подъемной установки. Для реализации концепции двухканальности, контроль критических параметров работы подъемной установки осуществляется обоими каналами при помощи удвоенного набора датчиков. При этом сигналы, полученные от датчиков, а также управляющие сигналы, сформированные в первом и втором канале, подвергаются контролю эквивалентности. Таким образом, выполняется контроль исправности обоих каналов САУШПМ.

В САУШПМ применяются ПЛК разных моделей одного семейства. Это позволяет реализовать защиту от ошибочного выполнения управляющей программы, связанного с ошибками в системном программном обеспечении или с аппаратной неисправностью ПЛК. В этом случае возникает рассогласование управляющих сигналов, что подпрограмма контроля эквивалентности распознает как ошибку.

Особенностью предлагаемой системы технологической автоматизации является применение ПЛК Simatic S7-1500. Применение в ПЛК семейства Simatic S7-400, которые на сегодняшний день являются морально устаревшими в процессе эксплуатации ШПМ.

В состав САУШПМ входят следующие устройства:

- шкаф управления подъемом (ШУП) в котором размещены ПЛК канала А, ПЛК канала В, и регистратор параметров;
- щит вспомогательных приводов (ЩВ), в котором размещена пусковая и защитная аппаратура и источники бесперебойного питания;

- станция ввода-вывода (СВВ) для подключения датчиков и исполнительных механизмов, расположенных в машинном зале;
- пульт машиниста шахтного подъема (ПМ) с интегрированной в него видеотерминальной станцией (ВТС);

- инженерная станция (ИС);

Для получения текущих параметров подъемной установки к системе управления подключен комплект датчиков, включающий:

- установленные на валу подъемной машины импульсные датчики;

- установленные в стволе путевые датчики;

- установленные в обмотках двигателя и силовых трансформаторов, а также в опорах подшипников датчики температуры.

САУШПМ выполняет управление следующими системами подъемной машины:

- системой привода;

- системой управления тормозом;

- автоматизированной системой стволовой сигнализации и связи;

- комплектным распределительным устройством.

Кроме того, САУШПМ может обмениваться информацией с автоматизированной системой диспетчерского управления (АСОДУ).

Взаимодействие между устройствами САУШПМ, а также с внешними по отношению к ней устройствами, осуществляется как по локальным промышленным сетям Profinet и Profibus DP, так и по физическим линиям.

Управление устройствами и исполнительными механизмами (включение пускателей щита вспомогательных приводов, управление механизмом расцепления барабанов и т.д.), а также передачу управляющих сигналов в привод, высоковольтное распределительное устройство и т.д. осуществляет канал А. Однако это происходит после прохождения контроля эквивалентности управляющих сигналов, которые формируются в канале А и канале В независимо друг от друга.

Важнейшим вопросом при разработке системы управления скорости сосудов ШПМ является выбор рациональной структурной схемы САУ. САУ ШПМ, как правило, строятся по двухконтурной или трехконтурной системе подчиненного регулирования, с внешним контуром регулирования скорости и внутренними контурами регулирования тока (момента), напряжения. В трехконтурных системах в случае появления погрешности по

пути в период замедления ШПМ дополнительно подключают четвертый контур регулирования положения сосудов ШПМ [2].

Анализ САУ ШПМ проводят в следующей последовательности: выполняется оценка постоянных времени путем их разделения на группы с малыми и большими постоянными временами; находятся характеристические уравнения и выбираются типы регуляторов; выбираются контуры регулирования в связи с выдвигаемыми технологическими задачами. Выбор типа внутренних регуляторов системы управления (например регулятор тока) зависит от определенных требований. Если ставится задача компенсации постоянной времени (якоря двигателя или генератора), то применяется пропорционально – интегральный (ПИ) регулятор тока. Если требуется ограничение темпов нарастания тока (якорного или тока возбудителя генератора), то должен быть применен пропорционально – интегрально – дифференциальный (ПИД) регулятор тока.

При выборе структурной схемы САУ контуров регулирования нужно учитывать следующие технологические требования [3]: требование обеспечения программирования движения – определяет необходимость применения либо задатчика интенсивности с изменяющимися темпами нарастания напряжения на выходе при подаче путевых импульсов, либо устройства программирования скорости по пути; требование выполнения оптимальной диаграммы движения, уменьшение динамических ошибок регулирования – определяет необходимость осуществления в САУ компенсации больших постоянных времени; требование обеспечения высокой статической точности регулирования скорости – определяет необходимость применения двухкратноинтегрирующих систем.

САУШПМ позволяет гибко конфигурировать тахограммы движения под конкретные условия ствола с учетом количества горизонтов, ограничения скорости прохождения промежуточных горизонтов и т.д. Для каждого режима работы («Груз», «Люди», «Ревизия» «Негабарит» «Перестановка» и др.) может быть сформирована отдельная тахограмма движения.

САУШПМ определяет текущее положение подъемных сосудов посчитывая количество импульсов, полученное от инкрементальных энкодеров, механически связанных с валом подъемной машины. Для минимизации погрешности, вызванной растяжением канатов, а также с целью исключения накопления погрешности в процессе работы, значения счетчика положения

корректируются каждый цикл подъема при срабатывании магнитного выключателя синхронизации, установленного в створе и срабатывающего каждый раз, когда мимо него проезжает подъемный сосуд.

Выводы

По результатам проведенного анализа современных электроприводов ШПМ сделаны следующие выводы: электропривода целесообразно построить на базе тиристорными преобразователями частоты (ПЧ) Siemens SINAMICS S150. ПЧ имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко конфигурировать преобразователь. Предлагаемые ПЧ состоят из активных модулей питания, обеспечивающих передачу энергии в промежуточный контур (звено постоянного тока) и рекуперацию энергии при работе двигателя в генераторном режиме, и модулей двигателя, обеспечивающих четырех квадрантное векторное управление двигателем. Активные модули питания обеспечивают регулируемое постоянное напряжение, которое остаётся неизменным при изменении напряжения питающей сети в пределах разрешенных допусков, кроме того активные сетевые модули потребляют из сети почти синусоидальный ток и практически не оказывают негативных влияний на питающую сеть.

Таким образом, система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) является комплексным энергосберегающим устройством, который может быть использован в составе системы электропривода ШПМ.

Библиографический список

1. *Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский и другие. – М.: Академия, 2004. – 256 с.*

2. *Пугачёв, Е.В. Обзор рынка частотно – регулируемых электроприводов со звеном рекуперации электроэнергии в питающую сеть / Е.В. Пугачёв, П.Р. Нусратов, В.С. Иванов // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 2014. – №1. – С. 188-193.*

3. *Применение электроприводов постоянного и переменного тока в шахтной подъемной установке. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2005/eltf/ostroukhov/library/7.rtf>. – 2.04.2016.*

4. Эшмуродов З.О., Рахимов А, Регулируемые электроприводы в машинах и механизмах горных комплексов. *Материалы международной научно-технической конференции "Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития"*. Навои, 12-14 мая 2010 г. – 505 с.

5. Bose B.K. *Modern power electronics and AC drives / Bimal Bose*. – Knoxville: The University of Tennessee, 2002. –738 p.

6. Эшмуродов З.О., Сатторов О.У, Сайфулин Р.Р. Система автоматического управления конвейерным оборудованием. *Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития»*. Навои 15-16 ноября 2016 года – 460 с.

7. L. Zhang. "Modeling and Control of VSC – HVDC Links connected to Weak AC Systems", Doctor of Philosophy, School of Electrical Engineering Electrical Machines and Power Electronics, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2010.

УДК 621.313

СИСТЕМНО-ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Эшмуродов З. О., Арзиев Э. И., Исмоилов М. Т.
Навоийский государственный горный институт

Системно-организованные, локально-индивидуализированные технологии предусматривают на горнорудных комплексах, разделение на приоритетные зоны, одновременное параллельное и взаимосвязанное выполнение комплекса технологических операций по производству продукции: операций по подготовке и дробление горных пород, транспортирование, отгрузки и.т.д. Взаимодействие между выполняемыми процессами осуществляется в режиме реального времени с возможностью необходимых корректировок процессов в ходе их выполнения.

Основа современной теории проектирования оптимального управления горнодобывающих производством – общесистемный динамический адаптивный подход, необходимый для описания природных и техногенных процессов обмена и преобразования энергии, вещества, информации в составе горнотехноценозов (ГТЦ), как единый управляемый процесс. Протекающие

самоорганизующиеся природные и не самоорганизующиеся (осознанно организованные) техногенные процессы в ГТЦ взаимозависимы, при масштабном приоритете первых 1.

Техноценозы устойчивы в развитии, их построение подчинено объективно существующим закономерностям формирования технических систем 3. Элементы ТЦ, как правило, самостоятельные динамические системы, рассредоточены в пространстве. Их функционирование распределено во времени и происходит в среде неуправляемых стохастических параметров, в условиях неполного использования информационно-интеллектуальных ресурсов.

Общим недостатком реализуемых сегодня горнодобывающих технологий является слабая взаимосвязь между отдельными технологическими операциями процессов. Выполняемые в ТЦ операции, хотя и взаимосвязаны общей технологией, отображаются в технологических картах, как самостоятельные или влияющие друг на друга опосредованно и незначительно. При этом реализуются они многочисленными специальными рабочими машинами через самостоятельные управляющие воздействия.

Ощутимо отсутствие обратной связи между группами (этапами) технологических операций (подготовка горных пород и транспортировки, дробление, отгрузки и др.), затруднены мероприятия по оборудованию (видов, гибридов) на более совершенные, растягиваются во времени.

Высокоэффективным техноценозам должны быть присущи искусственные технико-технологические адаптивные функции опережающего отражения действительности, формирования алгоритмов достижения требуемых потребительских целей в заданном целелогическом направлении. В этих условиях важна роль превентивно опережающего приспособляющегося управления элементов техногенной части ГТЦ, прогноза развития самоорганизующихся процессов в структурах биоценозов. Приспособительные способности техногенного оборудования к горнодобывающим технологиям отражают логические соотношения адаптивных актов сохранения наследуемости выполняемых операций и эволюции конкретных видов операций. Повторяемость процедур в циклах технологических операций усиливает качество адаптации приобретаемого на практике технологических знаний и опыта к системно-организованной базе знаний, реальной производственной базе [4 – 6].

Методика

Принципиально важно при управлении системно-интегрированными технологиями применять адекватные удобные в применении математические модели. Расчётные горно-техно-энергетические модели ГТЦ при реализации конкретных задач производства должны:

- генерировать множества значений контрольных характеристик объекта горного производства (ОГП), а также параметров элементов ТЦ, всех стадий вегетации растений и этапов технологических процессов с учётом действия случайных возмущений макроразрушения (климатических и почвенных условий и т.п.) и реализуемой стратегии формирования продукции;
- отражать взаимосвязи и предысторию, перспективу всех составляющих процессов;
- прогнозировать производительность и качество продукции, зависимость их от управляемых процессов;
- предлагать превентивно-упреждающие команды управления;
- обеспечивать максимальное использование природных источников энергии (эксергии солнечного излучения, водного потенциала и т.д.), оценивать расход энергетических, сырьевых и материальных ресурсов с учётом технологических и технических реализаций ГТЦ.

Сложные динамические образования, подобные горно-экологическим природным системам, при моделировании идеализируют: в условиях решаемой системной задачи выделяют определяющие и отбрасывают второстепенные свойства явлений, процессов, устройств. Практически не снижая точности результатов, описывая системы, их разбивают на взаимодействующие друг с другом и обменивающиеся ресурсами, энергией и информацией упорядоченные множества, функционально ориентированных элементов. Если использовать этот принцип для ГТЦ, можно допустить следующее:

- при разделении выполняемых технологических процессов и устройств ГТЦ на относительно независимые процессы и компоненты следует повышать степень детализации отдельных элементов его технической части и соответствующих им процессов;
- изменение, преобразование и развитие процессов в ТЦ подчиняются объективным закономерностям, подобным по структуре, изменениям и взаимодействиям в БЦ;
- инерционные во времени изменения характеристик ОГП, внешних управлений, функциональных параметров элементов

ГТЦ описываются стандартными математическими функциями (линейной, экспоненциальной, гармонической, технического оптимума) или могут быть скомпонованы из отрезков этих функций.

В результате структуризации определены элементы и подсистемы ГТЦ, связанные с технологическими процессами, между собой, а также с окружающей средой.

Наиболее сложный элемент в структуре ГТЦ и их моделей – модуль продуктивности (МП), объединяющий ОГП и среду его обитания (вход и выход технологических процессов, восприятие воздействий окружающей среды, процессы авторегулирования). Для МП, являющегося сложной системой, существует принципиальная возможность создания формальной содержательной модели, однако её структура и состав чрезвычайно разнообразны (большое число операций, технологий, условий их обработки) и сложны, а точность из-за недостатка достоверной информации о процессах и реальных условиях функционирования не высока. Целесообразно отказаться от применения формальной модели МП для конкретных технологий и строить абстрактную феноменологическую модель общего класса. Эта модель создаётся на принципах, которые обеспечат при эксплуатации ГТЦ восполнение недостатка априорной информации на этапе проектирования апостериорной информацией в адаптивном режиме. Одним из таких принципов является принцип энергетической экстремальности самоорганизации и прогрессивной эволюции [1, 2].

Контролирует и анализирует состояние ОГП, вырабатывает и реализует команды управления горно-технологическими процессами и группами используемых рабочих машин (РМ) в ГТЦ управляющий модуль (УМ), непосредственно связанный с МП, блоком сенсоров, базами данных и знаний, внешними воздействиями. Этот модуль функционирует согласно жесткому регламенту технологических карт при реализации типового управления и гибкому адаптивному управлению для оперативного воздействия на состояние ОГП.

Большие объёмы работ технологических операций горнодобывающего производства вынуждают использовать при их выполнении значительное количество РМ одного типа одновременно. Многочисленные РМ нижнего уровня в модели ГТЦ целесообразно объединить в N -групп однотипных машин и условно заменить одной i -й РМ ($i=1, \dots, N$) по назначению, с одной j -й ($j=1, \dots, M$) из M систем управления [7 – 9].

Как правило, относительно слабо взаимосвязанные друг с

другом технологией РМ отдельных фаз и конкретных процессов, системы управления ими разрабатывают без оценки (или с минимальной оценкой) эффективности в составе ГТЦ. Достижение требуемых значений производственных показателей ГТЦ (объёмы производства, качество продукции и др.) обеспечивается использованием рациональных приёмов и также связано с выбором типа, характеристик и конструкции РМ, обеспечением их оптимальной работы согласно предъявляемым локальным техническим требованиям за счёт управления процессами.

Необходимые режимы работы РМ реализуются через их энергетические машины (силовые приводы). В частности, в состав РМ горнорудных комплексов (ГРК) входят регулируемые или нерегулируемые приводы на базе асинхронного двигателя, синхронного, вентильного, постоянного тока и т.п. В структурах ГТЦ и МА для каждого из перечисленных, а также других типов привода, предусмотрен отдельный модуль. Количество групп РМ соответствует количеству типов используемых машин, а в работающей системе и при моделировании функционирующих РМ определяет УМ.

Модульный принцип организации ГТЦ даёт возможность строить математический аппарат (МА), программы расчётов также по модульному принципу. Структуры ГТЦ и её МА при этом во многом совпадают. Конкретизация элементов, законов изменения воздействий окружающей среды позволяет описать любой процесс в ГТЦ [9, 10].

Результаты

Инновационные информационно и интеллектуально насыщенные горнодобывающих технологии. Условием реализации горно-эко-техно- интеллектуально насыщенных горнодобывающих технологий является непрерывный и тотальный мониторинг экологических условий, горнорудных комплексов, параметров всех технологических процессов в режиме реального времени. Горнорудные комплексы разделяют на приоритетные зоны добычи, транспортировки, дробление и отгрузки горных пород.

На горнорудных комплексах приоритетных зонах одновременно параллельно и взаимосвязано выполняют полный комплекс технологических операций по производству добычи, а именно, операции по подготовке вскрывания пород, копания породы, подъём, её развития. Энергоёмкие операции осуществляют с использованием наземных технологических ра-

бочих агрегатов, функционирующих в зоне добычи и транспортировки горных пород.

Технологические операции получения горных пород выполняются в зоне добычи. Затем горная масса поступает в зону транспортировки для дробления с использованием дробильного агрегата. Дробленная горная порода с помощью ленточных конвейеров перемещается в зону отгрузки и складирования.

Таким образом, взаимодействие между выполняемыми процессами полного комплекса технологических операций по добычи горных пород выполняется в режиме реального времени с возможностью выполнения необходимых корректировок процессов в ходе их выполнения. Оперативное выполнение значительной части технологических операций без оказания негативных воздействий на почву и окружающую среду, с малыми затратами энергии.

Методология проектирования системно-организованных и локально-индивидуализированных горнодобывающих технологий.

Основной методологии проектирования системно-организованных, локально-индивидуализированных горнодобывающих технологий является включение в производство новой, ранее не применяемой техники и интеллектуального ресурса, накопленного в современной науке.

Ядро новой области горных знаний составляют три главных направления: СО – системно-организованный иерархически выстроенный горнодобывающий объект, состав которого определяет уровни управления (порода, твердость, крупность, механизмы добычи, регионы); СЗ – информационно-интеллектуальные системы и ресурсы знаний (непрерывный, тотальный, последовательно-параллельный мониторинг на всех уровнях иерархически организованного горнодобывающего объекта); СД – исполнительные иерархически организованные системы, взаимоподчинённые роботы и распределённые поточные линии (высококвалифицированные специалисты, компьютеры, подземная и наземная техника).

Связанные вместе итеративными и интерактивными связями системы образуют сложную функционирующую самоорганизующуюся систему систем горного производства. На рис. 1 показано трёхмерное пространство научно-технических инновационных решений, подтверждённых патентами Российской Федерации.

Ближе к осям (действие, объект, знание) и к центру координат располагаются более простые и менее совершенные техни-

ческие устройства технологии). По мере удаления от осей и центра координат устройства и технологии усложняются, превращаются в более сложные, совершенные и интеллектуальные. Здесь же можно спрогнозировать как произойдет процесс совершенствования и интеллектуализации технических устройств и технологий горнорудного производства.

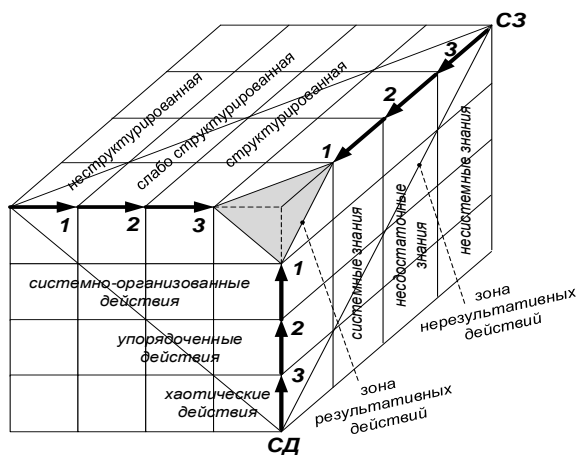


Рис. 1 – Кубическая метрика направлений совершенствования управления горно-производственными системами

Например, в ячейке С01СД1С31 - технические средства обработки горных пород, применяемых на заре человечества, в ячейке С03СД3С33 – технические решения нашего времени. Пространство решений демонстрирует эволюцию знаний и совершенствования техники в ходе развития горнодобывающих технологий.

Выводы

1. Системно-организованные, локально-индивидуализированные горнодобывающие технологии повышают эффективность и оперативность процессов добычи и транспортировки горных пород на горнорудных комплексах, создают условия существенного увеличения эффективности управления процессами добычи и транспортировки горных пород с возможностью осуществлять управление полным комплексом технологических операций производства в режиме реального времени.

2. В реализациях предлагаемых инновационных горнодобывающих технологий значительная часть операций, например, на

участках, где происходят отклонения характеристик параметров процессов от заданных для получения оперативной информации и быстрого реагирования на возникшую ситуацию на этих участках используют технологические устройства, оказывающие минимум вредных воздействий на окружающую среду.

Библиографический список

1. Свенцицкий И.И. *Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации*. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007.—468 с.
2. Свенцицкий И.И., Королев В.А. *Инновационные положения управления высокоэффективными (точными) агротехнологиями*. - В сб. «Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горячкина». – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2 (22)/2007, С. 22 – 23.
3. Кудрин Б.И. *Классика технических ценозов. Ценологические исследования*. Выпуск 31. – М., 2006. – 220 С.
4. Королев В.А. *Унификация управлений в агротехнологических системах*. – *Научные проблемы транспорта Дальнего Востока и Сибири*, 2013, №2, С. 72-75.
5. Башилов А.М. *Природосообразные, биоадекватные агротехнологии и системометрическое, целеадаптивное управление производством*. Вестник МГАУ «Агроинженерия», 2008, №1, С. 13-18.
6. Башилов А.М., Загинайлов В.И. *Системологическое моделирование синергетической организации агробиотехнических систем*. Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина», выпуск №5(20)/2006, С. 6 – 12.
7. Башилов А.М. *Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии в аграрном производстве*. – *Техника и оборудование для села*. № 2 (212), 2015, С. 4 – 8.
8. Бобожонов М.К., Эшмуродов З.О., *Динамические процессы в электроприводах горных машин*. «Проблемы информатики и энергетики» илмий-амалий журнал. 2016 й №4 с.83-86.
9. Эшмуродов З.О., Бобожонов М.К. *Способы снижения потерь энергии в электроприводах в переходных режимах* «Проблемы энерго и ресурсосбережение» илмий -амалий журнал. 2016 й №1-2. 24 – 27с.
10. Эшмуродов З.О. *Способ ограничения динамических нагрузок в электромеханических системах* Материалы международной научно-технической конференции «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно металлургического комплекса». Навои. – 12-14 июня 2017г. - 196 с.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

**Эшмуродов З.О., Холбоев Г.О., Арзиев Э.И.,
Исмоилов М.Т., Орипова У.З.**

Навоийский государственный горный институт

Проведен анализ режимов работы электроприводов подъемно транспортных машин (ПТМ) и систем управления электроприводами действующего шахтные подъемные машины (ШПМ) горнорудных комплексов. Одним из основных путей повышения энергоэффективности ШПМ является замена устаревших неэкономичных и не удовлетворяющих современным требованиям к динамическим показателям синхронных электродвигателей с фазным ротором.

Электрооборудование подъемно транспортных машин (ПТМ) работает в сложных условиях, связанных с запыленностью воздуха, вибрациями, в ряде случаев с высокой температурой и повышенной влажностью. Режим работы систем электропривода интенсивный повторно - кратковременный с частыми пусками, реверсами и торможениями.

Проведенный анализ действующего электрооборудования горнорудных комплексов показал довольно широкое применение асинхронных двигателей с фазным ротором (АДФР) для мощных (более 300 кВт) механизмов с тяжелыми условиями пуска (ЭП подъемно-транспортных механизмов, ЭП конвейеров и пр.). На сегодняшний день управление производственным процессом на основе данных электромеханических систем осуществляется путем введения в цепь ротора двигателя добавочных активных сопротивлений. Такой способ регулирования в наше время себя исчерпал в силу энергетической неэффективности [1].

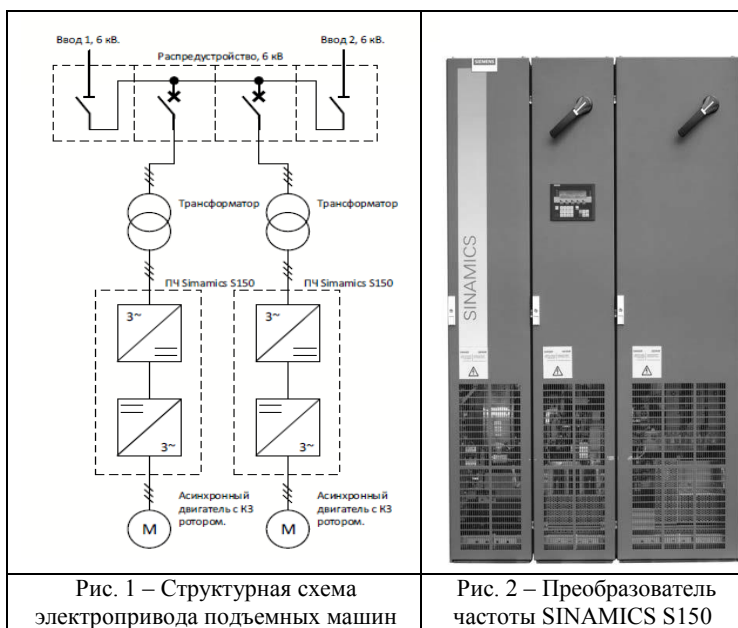
Применяемые в настоящее время системы параметрического управления пуском и регулированием частоты вращения АД ФР, неэкономичны и не удовлетворяют современным требованиям к динамическим показателям.

Одним из основных путей повышения энергоэффективности ШПМ является применение асинхронные электродвигатели скороткозамкнутым ротором (рис. 1.), предназначенными для работы в составе частотно регулируемого электропривода. Внедрение преобразователя частоты и системы управления электроприводом ШПМ, которые в совокупности позволяют

рекуперировать электроэнергию в питающую сеть в режиме генераторного торможения [2, 3].

Таким образом, задача разработки и исследования энерго-сберегающего электропривода ШПМ, с возможностью рекуперации электроэнергии, являются актуальной.

На сегодняшний день, на горнорудных предприятиях идет процесс перехода от старых систем управления на более совершенные. Так как основными потребителями электроэнергии в промышленности являются электроприводы, то этот процесс приобретает актуальную научную задачу. На рис. 1. приведена структурная схема электропривода подъемных машин.



В асинхронных двигателях применена усиленная изоляция обмоток, рассчитанная на напряжение 6 кВ, двигатели оснащаются импульсными энкодерами и вентиляторами типа «наездник». Двигатели выполнены на подшипниках качения с консистентной смазкой, подшипники с неприводной стороны вала изолированы.

Двигатель реверсивный. Регулирование частоты вращения от нуля до основной производится изменением подводимого напряжения и частоты. Питание двигателя осуществляется от

преобразователя частоты со звеном постоянного напряжения с широтно-импульсной модуляцией.

Подъёмные машины комплектуются тиристорными преобразователями частоты (ПЧ) Siemens SINAMIC SS150 (рис. 2). ПЧ имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко конфигурировать преобразователь. ПЧ состоят из активных модулей питания, обеспечивающих передачу энергии в промежуточный контур (звено постоянного тока) и рекуперацию энергии при работе двигателя в генераторном режиме, и модулей двигателя, обеспечивающих четырех квадрантное векторное управление двигателем. Активные модули питания обеспечивает регулируемое постоянное напряжение, которое остаётся неизменным при изменении напряжения питающей сети в пределах разрешенных допусков, кроме того активные сетевые модули потребляют из сети почти синусоидальный ток и практически не оказывают негативных влияний на питающую сеть.

Основные технические параметры ПЧ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические параметры ПЧ с ухудшением параметров тока

Параметр	Значение
Тип подъёмной машины	Ц – 3х2,2-1П
Количество ПЧ	2
Типовая мощность	560 кВт
Входное напряжение	690 В +10% - 15%
Входное ток	
- базовый ток	522 А
- макс. ток	862А
Выходное ток	
-базовый ток нагрузки I_n	575А
- макс.ток	840А
Выходное напряжение	0...690 В
Частота импульсов	
- без ухудшения параметров тока	1,25 Гц
- с ухудшением параметров тока	7,5 Гц
Степень защиты	IP 20

Система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШМ)

Шахтные подъемные машины необходимо оснащать современной системой автоматизированного управления шахтной

подъемной машиной (САУШПМ) построенной на базе современных программируемых логических контроллеров (ПЛК), и обеспечивающей высокий уровень безопасности и надежности работы подъемной установки [4, 5].

Структурно САУШПМ состоит из двух объединенных шинами связи каналов. Каждый из каналов представляет собой независимый ПЛК с подключёнными устройствами ввода-вывода сигналов, датчиками и органами управления.

При выполнении программы управления ПЛК анализирует сигналы от датчиков и органов управления, и формирует сигналы управления оборудованием подъемной установки.

Для реализации концепции двухканальности, контроль критических параметров работы подъемной установки осуществляется обоими каналами при помощи удвоенного набора датчиков. При этом сигналы, полученные от датчиков, а также управляющие сигналы, сформированные в первом и втором канале, подвергаются контролю эквивалентности. Таким образом, выполняется контроль исправности обоих каналов САУШПМ.

Отличительной особенностью предлагаемой системы технологической автоматизации является применение новейших ПЛК Simatic S7-1500, производство которых начатов компании Siemens в 2013 г. ПЛК семейства Simatic S7-1500 приходит на смену выпускаемых с середины 90-х годов прошлого века, семейств ПЛК Simatic S7-300 и Simatic S7-400. В связи с тем, что нормативный срок службы подъемной установки составляет 25 лет, применение в ПЛК семейства Simatic S7-400, которые на сегодняшний день являются морально устаревшими и создает значительные трудности сточки зрения обеспечения запасными частями в процессе эксплуатации ШПМ [5].

В состав САУШПМ входят следующие устройства:

- шкаф управления подъемом (ШУП) в котором размещены ПЛК канала А, ПЛК канала В, и регистратор параметров;
- щит вспомогательных приводов (ЩВ), в котором размещена пусковая и защитная аппаратура и источники бесперебойного питания;
- станция ввода-вывода (СВВ) для подключения датчиков и исполнительных механизмов, расположенных в машинном зале;
- пульт машиниста шахтного подъема (ПМ) с интегрированной в него видеотерминальной станцией (ВТС);
- инженерная станция (ИС);

Для получения текущих параметров подъемной установки к системе управления подключен комплект датчиков, включающий:

- установленные на валу подъемной машины импульсные датчики;
- установленные в стволе путевые датчики;
- установленные в обмотках двигателя и силовых трансформаторов, а также в опорах подшипников датчики температуры.

САУШПМ выполняет управление следующими системами подъемной машины:

- системой привода;
- системой управления тормозом;
- автоматизированной системой стволовой сигнализации и связи;
- комплектным распределительным устройством.

Кроме того, САУШПМ может обмениваться информацией с автоматизированной системой диспетчерского управления (АСОДУ).

Функция задания и контроля параметров движения подъемной машины.

Важнейшим вопросом при разработке системы управления скорости сосудов ШПМ является выбор рациональной структурной схемы САУ. САУ ШПМ, как правило, строятся по двухконтурной или трехконтурной системе подчиненного регулирования, с внешним контуром регулирования скорости и внутренними контурами регулирования тока (момента), напряжения. В трехконтурных системах в случае появления погрешности по пути в период замедления ШПМ дополнительно подключают четвертый контур регулирования положения сосудов ШПМ [6].

Функции задания и контроля движения подъемной машины реализованы специальными программными блоками, исполняемыми в ПЛК канала А и канала В САУШПМ.

Функция задания движения формирует значение задания скорости и направления для привода подъемной машины и осуществляет управление рабочим тормозом.

Величина задания скорости определяется как меньшее из величины, определенной тахограммой движения (набором параметров, определяющих скорость движения подъемного сосуда в зависимости от положения в стволе) и заданием от командо аппарата хода.

САУШПМ позволяет гибко конфигурировать тахограммы движения под конкретные условия ствола с учетом количества горизонтов, ограничения скорости прохождения промежуточных горизонтов и т.д. Для каждого режима работы («Груз», «Люди», «Ревизия» «Негабарит» «Перестановка» и др.) может быть сформирована отдельная тахограмма движения [7].

Параметры тахограмм движения сохраняются в энергонезависимой памяти ПЛК канала А и канала В.

Выводы

Таким образом, система автоматизированного управления шахтной подъемной машиной (САУШПМ) на базе ПЛК Simatic S7-1500, с разработанным алгоритмом управления является комплексным энергоэффективной системой управления, целесообразно использовать в управления ШПМ.

Библиографический список

1. Мещеряков В. Н. *Электромеханические системы с асинхронным двигателем с фазным ротором для подъемно-транспортных механизмов металлургических предприятий. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург- 1999.*

2. Браславский, И. Я. *Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский и другие. – М.: Академия, 2004. – 256 с.*

3. Улащик, Н.М. *Силовая преобразовательная техника: конспект лекций. Часть 1/ Н.М. Улащик. – Минск.: Издательский центр БНТУ, 2010. – 133 с.*

4. Эшмуродов З.О., Рахимов А, *Регулируемые электроприводы в машинах и механизмах горных комплексов. Материалы международной научно-технической конференции "Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития". Навои, 12-14 мая 2010 г. 505 с*

5. Bose B.K. *Modern power electronics and AC drives / Bimal Bose. – Knoxville: The University of Tennessee, 2002. –738 p.*

6. Эшмуродов З.О., Самторов О.У, Сайфуллин Р.Р. *Система автоматического управления конвейерным оборудованием. Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». Навои 15-16 ноября 2016 г.– 460 с.*

7. L. Zhang. *“Modeling and Control of VSC – HVDC Links connected to Weak AC Systems”, Doctor of Philosophy, School of Electrical Engineering Electrical Machines and Power Electronics, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2010.*

8. Пугачёв, Е.В. *Обзор рынка частотно – регулируемых электроприводов со звеном рекуперации электроэнергии в питающую сеть / Е.В. Пугачёв, П.П. Нусратов, В.С. Иванов // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов.*

Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: Изд. СибГИУ, 2014. – №1. – С. 188-193.

9. Лазарева, М.В. Анализ диаграмм ускорений, рывка и усилий в шахтных подъемных установках. X Международная научно – практическая конференция «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых». Донецк 18-20 мая 2010 г. [Электронный документ]. Режим доступа: [http:// masters.donntu.org/2010/etf/lazareva/library/article2.htm](http://masters.donntu.org/2010/etf/lazareva/library/article2.htm). – 2.04.2016.

10. Применение электроприводов постоянного и переменного тока в шахтной подъемной установке. [Электронный документ]. Режим доступа: [http://masters.donntu.org/2005/eltf/ ostroukhov/library/7.rtf](http://masters.donntu.org/2005/eltf/ostroukhov/library/7.rtf). – 2.04.2016.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭНЕРГЕТИКИ

УДК: 546.3; 577.4 (20)

МОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СФЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Аронбаев Д.М., Нармаева Г.З., Аронбаев С.Д.

*Самаркандский государственный университет,
учебно-исследовательская лаборатория
«Экологические системы и приборы», Узбекистан*

Рассмотрены вопросы мониторинга ионов кадмия и свинца в техногенных и природной средах с использованием инверсионной вольтамперометрии с углеграфитовым электродом, модифицированным методом ex-situ пленкой висмута из слабо-кислого раствора его азотнокислой соли. Описана процедура изготовления модифицированного электрода и условия его применения в вольтамперометрическом одновременном определении низких содержаний ионов кадмия и свинца в диапазоне концентраций $10 - 110 \text{ мкг/дм}^3$ и $10 - 160 \text{ мкг/дм}^3$, соответственно. Проведено сравнение результатов инверсионно-вольтамперометрического определения указанных ионов тяжелых металлов с таковыми, полученными методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии, показавшее незначительное расхождение дисперсий результатов анализа. Проведенные исследования и полученные результаты позволяют рекомендовать экологически чистые Vi-модифицированные углеродсодержащие электроды для вольтамперометрического мониторинга других тяжелых металлов в объектах природной и техногенной сферах.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязнителям окружающей среды и являются неотъемлемой составляющей при технологической разработке месторождений полезных ископаемых [1]. Тяжелые металлы, такие как ртуть, кадмий, свинец считаются наиболее токсичным элементом, обладающим кумулятивными свойствами [2], в связи с чем, контроль и мониторинг их содержания в различных объектах природно-техногенной сферы является строго регламентированным.

Для Республики Узбекистан количественное определение кадмия, свинца, меди в природных объектах следует отнести к актуальной проблеме, обусловленной функционированием на ее территории таких отечественных промышленных гигантов, как Навоийский и Алмалыкский горно-металлургические комбинаты. Кроме того, повышенное содержание свинца, являющегося конечным элементом в природном радиоактивном ряду, может стать надежным маркером наличия урановых руд на прилегающей территории.

Аналитическая практика определения кадмия и свинца предусматривает их определение как классическими весовыми и титрометрическими методами, так и физико-химическими, использующих спектрофотометрические и электрохимические методы [3]. Последние из них, особенно инверсионная вольтамперометрия (ИВА), заняли лидирующее положение в инструментальных методах определения низких содержаний тяжелых металлов, в ряде случаев, конкурируя с атомно-абсорбционным и атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой, анализами [4].

В то же время, ИВА тяжелых металлов, регламентируемый ГОСТ Н 52180-2003 основан на применении твердых ртутно-пленочных электродов [5]. Однако, экологический и другие риски, связанные с эксплуатацией ртутьсодержащих электродов, обусловило введение Евросоюзом моратория на их использование, и стимулировало проведение исследований по поиску замены ртути на другие компоненты, позволяющие проводить модификацию углеродистых электродов для вольтамперометрии (ВА) [6-8].

В нашей лаборатории также проводятся исследования по разработке и изготовлению новых вольтамперометрических сенсоров на основе твердых углеродсодержащих композитных электродов, модифицированных металлами, в частности, пленкой электроосажденного висмута, о чем сообщалось в ранее опубликованных наших работах [9-13].

Цель настоящей работы заключается в демонстрации возможностей Bi -модифицированного электрода в мониторинге ионов кадмия и свинца в природных и техногенных объектах.

Для изготовления электрода, модифицированного Bi , поступали следующим образом: стержни из спектрального угля марки СУ-3, диаметром 6 мм и длиной 70 мм служили заготовками для индикаторного электрода. Торцы заготовки выравнивали и с одного из концов высверливали лунку глубиной не более 3-5

мм. Заготовку вставляли в термо-усадочную трубку ISKE2-(3X)G:6.4/2.1 так, чтобы с противоположного от лунки конца оставалось 10 – 15 мм, для подключения контактов электролитической ячейки. После термоусадки пленка подрезалась по краю торца с лункой. Лунку электрода покрывали электролитическим способом тонким слоем меди при плотности тока ~ 10 мА/см² в течение 10 минут. Затем электроды высушивали при комнатной температуре в течение 8-10 часов. Углеродсодержащую пасту готовили смешением тонко-дисперсного порошка из углерода СУ-3 с расплавленным парафином в соотношении 50:50 мас. /%, и вносили в лунку заготовки электрода. Электрод оставляли на 1-2 суток для полного застывания пасты и схватывания ее с поверхностью углерода. Электрод с отполированной поверхностью подвергали модификации Вi способом ex-situ, для чего проводили электролиз из 0,2М раствора HCl, содержащего 10⁻³М Вi(NO₃)₃ в течение 5 минут при потенциале - 1,2 В, отн. Ag/AgCl электрода.

В работе в качестве задающе-измерительного прибора служил модернизированный полярограф ПУ-1, подключенный к компьютеру посредством 8- биттной мультимедийной звуковой карты [14]. В качестве рабочей программы использовали PowerGraph второй или третьей версии.

Все измерения проводили в трех-электродной электрохимической стеклянной ячейке с принудительным перемешиванием. В качестве электрода сравнения служил насыщенный хлорсеребряный электрод ЭВЛ-1МЗ (Гомельский ЗИП), а вспомогательного – стержень углерода из СУ-3.

Вольтамперограммы снимали в квадратно-волновом режиме при амплитуде наложения переменного потенциала -20 мВ в диапазоне -1,2В - +0,20 В со скоростью развертки потенциала в анодной области 20 – 50 мВ/сек.

Для этого в стеклянную электрохимическую ячейку с тремя электродами помещали 19 мл фонового раствора – 0,2 М раствор HCl и вносили по 1 мл модифицирующего раствора (5×10⁻⁴ М Вi(NO₃)₃). Накопление проводили в течение 30 – 60 сек.

После снятия вольтамперограммы фонового электролита, подтверждающего чистоту раствора (отсутствие пиков измеряемых ионов), в раствор с помощью микропипеточного дозатора вводили определенные объемы (по 0,1 мл) калибровочных растворов определяемых элементов. Процедуру снятия вольтамперограмм проводили не менее 3-4 раз. Измерение концентраций

свинца и кадмия в реальных объектах проводили методом добавок и рассчитывали по формуле

$$C_x = \frac{h_1 m_1}{(h_2 - h_1) V_1}$$

где C_x – исходная концентрация иона металла в пробе мг/дм³;

h_1 – высота пика металла, полученная при первом снятии вольтамперограммы, (без добавки), мм;

h_2 – высота пика металла, полученная при втором снятии вольтамперограммы (с добавкой), мм;

m_1 – масса металла, вносимой добавкой, мг;

V_1 – объём испытуемого раствора, взятого для полярографирования, дм³.

На рис.1 приведены вольтамперограммы ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} на Vi -модифицированном электроде.

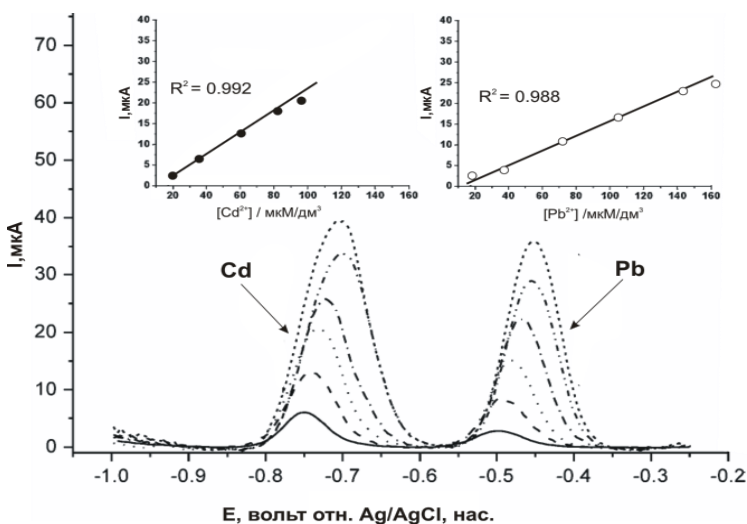


Рис. 1 – Вольтамперограммы зависимости аналитического сигнала от увеличивающихся содержаний Cd^{2+} и Pb^{2+} в модельных растворах с концентрациями 25, 50, 75, 100, 125, 150 мкг/дм³.

Условия: $E_{\text{электр.}} = -1,2 \text{ В}; \tau = 60 \text{ сек.}; \nu = 50 \text{ мВ/с.}$

Как видно, линейность градуировочного графика с коэффициентом регрессии R^2 не менее 0,98 соблюдается: для ионов Cd^{2+} - в диапазоне 10 – 110 мкг/дм³ и для ионов Pb^{2+} в диапазоне концентраций 10 – 160 мкг/дм³.

Правильность результатов анализа была изучена методом нахождения процента открытия R при определении индивидуального иона в модельном (калибровочном) растворе.

Результаты приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка правильности определения концентрации ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} в модельных растворах

Металл	Введено, мкг/дм ³	Найдено, мкг/дм ³	R%
Cd	25,0	21,3± 1,6	85,2±6,4
	50,0	44,1±1,4	88,2±2,8
	100,0	105,4±5,2	105,4±5,2
Pb	20,0	18,2±1,8	91,0±9,0
	40,0	36,1± 1,6	90,3±4,0
	80,0	86,8 ± 5,4	108,5±6,8

Проведенные исследования показали возможность использования висмут-модифицированных электродов в анализе реальных объектов, в связи с чем, была проведена их апробация.

В таблице 2 приводятся некоторые результаты определения ионов кадмия и свинца в реальных объектах.

Сравнение дисперсий результатов анализа проб, полученных двумя методами – инверсионной вольтамперометрией с Vi- модифицированным электродом и атомно-абсорбционным с пламенной атомизацией при помощи критерия F-распределения (распределения Фишера), свидетельствует об одинаковой воспроизводимости обоих методов - расхождение между дисперсиями незначимо $F_{\text{эксп.}} < F_{\text{табл.}}$. Применение t-распределения Стьюдента также показывает, что $t_{\text{эксп.}} < t_{\text{табл.}}$, а, следовательно, расхождение между средними двух серий незначимо и результаты, полученные методами инверсионной вольтамперометрии и атомно-абсорбционной спектроскопии можно объединить и рассматривать как одну выборочную совокупность [15].

Таблица 2 – Результаты инверсионно-вольтамперометрического определения ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} в воде ($n=5$, $P=0,95$; $F_{табл.} = 6,4$; $t_{табл.} = 2,31$)

Определяемый элемент	Введено, мкг/дм ³	Определено методом ИВА с Vi-модифицированным электродом		Определено методом пламенной ААС		$F_{эксп}$	$t_{эксп.}$
		Найдено, мкг/дм ³	S_r	Найдено, мкг/дм ³	S_r		
Сточные воды гальванического цеха							
Cd	0	7,80±0,44	0,05	7,20±0,25	0,04	1,6	0,4
	10	17,30±0,68	0,04	17,30±0,36	0,04		
	20	28,10±0,82	0,04	27,50±0,70	0,03		
Pb	0	-	-	0,92±0,06	0,04	2,2	0,56
	10	10,30±0,07	0,01	11,03±0,07	0,01		
	20	18,90±0,06	0,01	20,20±0,06	0,01		
Питьевая вода из водопроводной сети							
Cd	0	-	-	0,52±0,05	0,04	2,0	0,90
	10	10,72±0,06	0,04	9,78±0,07	0,05		
	20	20,56±0,07	0,05	19,32±0,05	0,05		
Pb	0	9,19±0,46	0,04	8,98±0,28	0,03	2,4	0,69
	10	19,32±0,30	0,01	19,22±0,24	0,01		
	20	29,68±0,70	0,02	28,92±0,24	0,06		
Поверхностные воды, отобранные из искусственных водоемов							
Cd	0	-	-	1,60±0,05	0,02	2,1	0,62
	10	12,02±0,08	0,02	11,90±0,07	0,03		
	20	22,02±0,09	0,02	21,80±0,07	0,03		
Pb	0	30,47±0,48	0,01	29,80±0,32	0,01	2,6	0,32
	10	40,28±0,41	0,03	40,1±0,33	0,01		
	20	50,45±0,70	0,01	51,20±0,60	0,01		

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты позволяют рекомендовать экологически чистые Vi-модифицированные углеродсодержащие электроды для вольтамперометрического мониторинга других тяжелых металлов в объектах природной и техногенной сферах.

Библиографический список

1. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. – 2013.- № 1 (23) . – С.182-192.
2. Химия и токсикология. Летальные дозы веществ //http.chemist.ru. Дата обращения 06.10.2019.

3. Каменев А.И., Демин В.А., Витер И.П. Многоэлементный анализ в инверсионной вольтамперометрии. // Журн. Аналит. Химии. – 2008. – Т. 63, №11. – С. 1186–1192.

4. Максимчук И.О., Тишкина Ю.Н. Разработка метода вольтамперометрического определения свинца и кадмия на модифицированных электродах // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8-3. – С. 660-665.

5. ГОСТ Р 52180- 2003 Вода питьевая. Определение содержания элементов методом инверсионной вольтамперометрии. Изд. официальное. - М.: Стандартинформ, 2007. – 23 с.

6. Economidou A. Bismuth-film electrodes: Recent developments and potentialities for electroanalysis // TrAC (Trends in Analytical Chemistry). – 2005.-v.24. – P.334-340.

7. Claux B., Vittori O. Bismuth film electrode as an alternative for mercury electrodes: Determination of azo dyes and application for detection in food stuffs. // Electroanalysis – 2007.- Vol. 19. – P. 2243-2246.

8. Narmaeva G., Aronbaev S., Aronbaev D. Achievements and problems of electrode modification for voltammetry // International Journal of Research - Granthaalayah, 6(7), 368-381. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1345218>

9. Аронбаев С.Д., Нармаева Г.З., Аронбаев Д.М. Углерод-содержащие экологически чистые электроды, модифицированные висмутом для вольтамперометрического анализа // *Universum: Химия и биология : электрон. научн. журн.* 2018. № 5(45). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/5181> (дата обращения: 05.10.2019).

10. Аронбаев С.Д., Нармаева Г.З., Аронбаев Д.М. Исследование поведения углеграфитового электрода, модифицированного пленкой висмута, в вольтамперометрическом определении витамина В2 // *Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн.* 2019. № 3(57). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/6974>

11. Аронбаев С.Д., Норкулов У.М., Нармаева Г.З., Аронбаев Д.М. Висмут-модифицированные электроды в вольтамперометрическом анализе органических соединений и биологически активных веществ: опыт применения и перспективы развития // *Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн.* 2019. № 3(57). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/6974>

12. Аронбаев С.Д., Нармаева Г.З., Аронбаев Д.М. Инверсионно-вольтамперометрическое определение свинца и кадмия с применение Bi-модифицированных электродов // Сб. тез. докл.

Республиканской научно-технической конференции « Современные проблемы и перспективы химии и химико-металлургического производств» Навои, 2018. – С.213-215.

13. Нармаева Г.З., Исакова Д.Т., Аронбаев С.Д., Аронбаев Д.М. Модифицированные углеграфитовые электроды с каталитическим откликом в вольтамперометрическом определении биологически активных веществ // Тез.докл.Республ.конф. «Актуальные проблемы химии природных соединений». – Ташкент, 2019. – С.161.

14. Аронбаев С.Д., Насимов А.М., Аронбаев Д.М., Насыров Р.Х. Компьютеризированный аналитический комплекс для инверсионной вольтамперометрии на базе универсального полярографа ПУ-1 // Илмий таджикотлар ахборотномаси СамДУ (Вестник СамГУ. – 2009. – №1(53). – С. 47-50.

15. Чарыков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.

УДК 628.511.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДАХ

Бобов С. М., Келдиярова Г. Ф., Бурханов Х. Ф., Файзиев З.Х.

*Самаркандский государственный университет,
Самаркандский государственный архитектурно-строительный
институт. им. М. Улугбек, Узбекистан*

В статье приведены расчеты выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от технологического оборудования и эффективности работ пылегазоочистной установки. Приведены гидродинамические режимы барботажных абсорберов для Самаркандского асфальтобетонного завода.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека и работа большого ряда технологических объектов требует обеспечения ряда требований, одним из которых является допустимое содержание газо-воздушных примесей пыли в атмосферном воздухе. Предельно допустимая концентрация вредных веществ регламентируется ГОСТ 12.1.005-88. «Воздух рабочей зоне. Общие санитарно-гигиенические требования». С другой стороны при эксплуатации технологического оборудования также предъявляются достаточно жесткие требования к содержанию

пыли в атмосферном воздухе. Это, прежде всего, относится к производству асфальтобетонных заводов.

За прошедшее десятилетие серьёзных практических шагов, которые позволили бы заметно изменить отношение человеческого сообщества к природе, к проблеме ее сохранения для обеспечения устойчивого развития будущих поколений. Банк нерешенных экологических задач продолжал увеличиваться. Причин тому много, и среди них не последнее место занимает слабый профессионализм специалистов, принимающих решения в области охраны окружающей среды, частности, в сфере ее защиты от отходов производственной деятельности. Сказанное в полной мере касается и проблемы защиты атмосферного воздуха от пылегазообразных выбросов.

Большое количество мелких источников может значительно загрязнять воздух. Под низкими источниками понимают такие, в которых выброс осуществляется ниже 50 м, под высокими - выброс выше 50 м. Нагретыми условно называют источники, у которых температура выбрасываемой газо-воздушной смеси выше 50 °С; при более низкой температуре выбросы считаются холодными.[1, 6].

В выбросах предприятий различных отраслей промышленности и транспорта содержится большое число различных вредных примесей.

Основной деятельностью Самаркандского АБЗ является производство асфальтобетонной смеси и железобетонных изделий. Производственная мощность предприятия составляет 200 тыс. тонн в год асфальтобетонной смеси, и выпуск 10 тыс.м³/год железобетонных конструкций.

Производственная деятельность предприятия осуществляется на одной промышленной площадке в следующих цехах и участках: административные и бытовые корпуса, дробильно-сортировочный цех, асфальтобетонный цех, битумохранилище, прирельсовый склад цемента, котельная, арматурный цех, механический цех, гараж, цех производства ЖБИ (дорожных бордюров), ГСМ.

На территории Самаркандского ЭЛУП выявлено 38 источников выбросов. Выброс загрязняющих веществ происходит в результате работы следующего оборудования и технологических операций:

Асфальтогосмесительная установка «АММАН» -1 шт. Производительность установки составляет 160 т/ч асфальтобетона.

Время работы 1300 час/год. На оборудование установлена аспирационная система циклон степень очистки -85%. Годовой расход газа 660 тыс м³/год.

Расчёты выброса пыли неорганической, удельных выделений пыли от асфальтосмесительной установки, проведенные согласно методике, концентрация пыли поступающей на очистку 30 г/м³, представлены ниже:

- объём газовойдушной смеси 4,4 м³/с (3,452 нм³/с).
- пыли неорганической M=30*3.452=103.56 г/с.
- пыли неорганической M=103.56*1300*3600/10⁶ = 484.6608 г/с.

После очистки в атмосферу поступает:

- пыли неорганической M=103.56*(1-85/100)*(1-99.9/100) = 0.0155341 г/с.
- пыли неорганической M=0.0155341*1300*3600/10⁶= 0.072699 т/г.

Эффективность пылегазоочистной установки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{M_n - M_k}{M_n} * 100\% = 61,7 - 9,3 / 61,7 * 100 = 84,9$$

где M_n – начальная концентрация мг/м³;

M_k – конечная концентрация мг/м³.

Надежность и эффективность работы систем газоочистки зависит от физико-химических свойств частиц, подлежащих улавливанию, и от основных параметров пылегазовых потоков. Для повышения эффективности очистки иногда на пути движения газов в промывной камере устанавливают отбойные пластины, перфорированные листы. В конце промывной камеры устанавливают брызгоуловитель. Эффективность практически всех пылеуловителей зависит от дисперсного состава частиц. Однако, на работу электрофильтров не менее важное влияние оказывают и удельное электрическое сопротивление слоев золы и пыли, температура и влажность газов. Эксплуатационная надежность многих аппаратов зависит от слипаемости частиц и их абразивности, начальной запыленности газов и их агрессивности [2].

Гидродинамический режим барботажных абсорберов зависит от приведенной скорости газового потока на барботажных тарелках абсорбера, которая определяется как отношение расхода газов к рабочей площади S_{раб} тарелки.

$$S_{раб} = S - ES_{раб}$$

где: S-общая площадь тарелки,

$ES_{\text{раб}}$ –сумма площадей, занятых переливом.

Если приведенная скорость мала, газы барботируются в виде отдельных пузырьков. При повышении приведенной скорости отдельные пузырьки сливаются в сплошную струю, которая на некотором расстоянии от отверстия тарелки разбиваются на отдельные пузырьки, образуя газожидкостный слой ячеисто - пленочный структуры. Превращение газовой струи в отдельные пузырьки обусловлено гидравлическим сопротивлением слоя поглотительного раствора на тарелке [3].

Оболочки газовых пузырьков при выходе их на поверхность слоя почти мгновенно разрываются, образуя брызги, которые поднимаются над слоем на некоторую высоту, зависящую от их размеров и скорости освободившегося газового потока.

При увеличении скорости газового потока уменьшается зона барботажа и возрастает зона неподвижной пены. Предельным является барботажный процесс, когда зона барботажа заменяется зоной пены, когда проявляется пенный режим. Большая часть поглотительного раствора может оказаться в зоне барботажа, однако максимальная поверхность контакта развита в зоне пены.

Границы гидродинамических режимов для каждой конструкции тарелок различны и определяются в конкретных случаях по эмпирическим формулам.

Газосодержание φ представляет собой отношение объёма, занятого находящимся в слое газами, к общему объему слоя.

Плотность слоя $\rho_{\text{п}}$ зависит как от плотности газов $\rho_{\text{г}}$, так и от плотности поглотительного раствора $\rho_{\text{ж}}$:

$$\rho_{\text{п}} = \varphi \rho_{\text{г}} + (1 - \varphi) \rho_{\text{ж}} \cong (1 - \varphi) \rho_{\text{ж}}$$

Относительную плотность слоя определяют по уравнению

$$k = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} = 1 - \varphi.$$

Количество находящегося на тарелке поглотительного раствора определяется высотой светлой жидкости h_0 эквивалентной высоте $h_{\text{п}}$ слоя и выражает количество удерживаемого раствора (в m_3), приходящегося на $1 m^2$ площади тарелки. Между этими величинами существует зависимость

$$\frac{h_0}{h_n} = 1 - \varphi = k.$$

Поверхность контакта фаз определяется поверхностью пузырьков в газожидкостном слое. Удельная поверхность контакта фаз α_s на единицу площади тарелки определяется следующим образом

$$\alpha_s = \alpha h_n = \frac{6\varphi h_n}{d_n} = \frac{6\varphi h_0}{d_n(1-\varphi)}$$

где: $\alpha = \frac{\alpha_s}{h_n}$ – удельная поверхность контакта на единицу объёма газожидкостного слоя;

d_n – диаметр пузырька.

Полное гидравлическое сопротивление тарелки

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

Гидравлическое сопротивление сухой тарелки определяется по формуле, учитывающей местные сопротивления:

$$\Delta P_1 = \varepsilon \frac{\rho v \omega^2}{2}$$

Сопротивление, вызванное силами поверхностного натяжения, которые возникают при выходе газов из отверстий тарелки в слой поглотительного раствора, определяется по формуле

$$\Delta P_3 = \varepsilon \frac{\sigma \Pi}{S} = \frac{4\sigma}{d_{\text{экв}}} \text{ где,}$$

где: Π и S – периметр и площадь сечения отверстия (прорези);

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр отверстия (прорези).

Сопротивление газожидкостного слоя ориентировочного принимается равным статическому давлению слоя:

$$\Delta P_2 = g \rho_{\text{ж}} h_0 = g \rho_{\text{п}} h_n$$

где: $\rho_{\text{ж}}$ и $\rho_{\text{п}}$ – плотность соответственно светлой жидкости и пены.

Для аппаратов с подвижной насадкой также характерно наличие нескольких гидродинамических режимов работы [2].

Заключение. При установке на асфальтобетонном заводе предлагаемого барботажного абсорбера эффективность пылегазоочистной установки повышается от 95 – 99 %.

Библиографический список

1. «Положение о Государственной экологической экспертизе. Утвержденное Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан за № 491 от 31 декабря 2001 год.
2. Максимов, В.Ф., Вольф И.В. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / М. – Лесная промышленность. – 1981 г.
3. Биргер, М.И., Вальдберг, А.Ю. Мягков Б.И., Падва В.Ю., Русанов, А.А. “Справочник по пыли и золоулавливанию” / Москва. Энергоатомиздат. 1983 г.
4. Экологическое право Республики Узбекистан / Под.ред. проф. Рустамбаева М.Х. Ташкент, 2006 г.

УДК 528.94; 625.72.

MODERN AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL EVALUATION OF POLLUTION LEVELS IN THE AREA OF ROAD INTERSECTIONS

Bondarenko S., Vishnyakov N.

Belarusian National Technical University

Monitoring of pollutions is such a system which allows to give an assessment and the pollution contents change. Direct measurement of incomplete combustion toxic products concentration of automobile fuel is the most importance for ecological assessment of atmospheric air pollution level in zone adjacent to the highway. The control for toxic components emissions into the atmosphere is particularly effective in the case of using gas sensors. This modern remote-sensing instruments of atmospheric pollution from mobile sources on the road allow to carry out monitoring of pollution in atmospheric air by toxic blowouts of automobile engines in close proximity to roadbed in real time regime.

Safety of road-transport motion: real-time devices for monitoring of ecological component

This observation procedure allows to identify and to eliminate the negative consequences of natural and technogenic influences.

The expert forecast for motor transports toxic emissions indexes provides an opportunity to give an estimate and organizational decisions on safety transport traffic flows regulation and management.

Holding these actions provides decrease in level of pollution ingredients concentration in air and improves quality of an ecological situation in a traffic zone.

In this case the initial (basic) indicator for such ecological assessment and adoption of the relevant decisions are mass emission concentration of pollutants by the motor transport.

The assessment of the state of atmospheric air on highways and near adjacent residential buildings can be carried out on the basis of the determination of exhaust gas components and their concentration in the air (carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides, formaldehyde, acrylic aldehyde, lead compounds).

Statistics show that the main source of pollution of the air over Minsk is motor transport, the contribution of which one of the main criteria to the total volume of emissions in the city is about 85% for atmospheric air environmental safety evaluation are the average daily and maximum single threshold limit values (maximum permissible concentrations (MPC) for air pollutants in roadside zone, subject to influence of the motor transport.

Direct measurement of incomplete combustion toxic products concentration of automobile fuel is crucial essence for ecological assessment of atmospheric air pollution level in zone adjacent to the highway.

The control for toxic components emissions into the atmosphere is particularly effective in the case of using gas sensors. This type of sensors represents a modern semiconductor device for monitoring the content of carbon monoxide (CO), hydrocarbons and also their derivatives - products of incomplete combustion (such as C, C_xH_y, C_xN_yO_z) as well as nitrogen dioxide (NO₂).

This modern remote-sensing instruments of atmospheric pollution from mobile sources on the road allow to carry out monitoring of pollution in atmospheric air by toxic blowouts of automobile engines in close proximity to roadbed in real time regime.

There is a wide variety of modern sensors for sensing atmospheric air pollution, which are based on various principles. These sensors are especially expedient to use for control of air pollutions in places of road interchanges and traverses of highways. Trace amounts of the constant presence of gases (such as carbon oxide and dioxide, nitric oxide (I) and water vapor) can be detected in air by means of an ultrasonic detector, an electrochemical detector in which a CO

oxidation reaction is used on a platinum electrode, an argon ionization detector, as well as by means of a mass spectrometer having high sensitivity to carbon oxides and nitrogen oxides. Traditionally, sensors are used for analysis of carbon monoxide micro-mixtures, the principle of operation of which is based on recording the difference in thermal conductivity of components of the analyzed mixture of exhaust gases containing products of incomplete combustion of organic fuel. A pyroelectric catarometer, the sensitive element of which is a lithium tantalate crystal, is very promising for the analysis of micro-mixtures of some exhaust gases, especially carbon oxide. This detector has sensitivity about 500 times higher than that of a conventional catarometer and is able to detect 5×10^{-5} % (bulk) carbon monoxide in the air at a relative error of determination of just $\pm 5\%$. The principle of operation of optical-acoustic gas analyzer CO is based on measurement of infrared radiation absorption degree by carbon oxide (II). A gas analyzer of this type is a continuous analysis device that is designed to determine the carbon monoxide (II) content in atmospheric air. The device on the principle of laser excitation of infra-red fluorescence is operated to determine the content of carbon monoxide in the air in the range of concentrations of 0 - 2 - 10 - 3 %. Measurement accuracy is $\pm 1\%$. Highly sensitive gas analyzers operating on the principle of chemiluminescence are used to detect the content of oxides in the air, including carbon monoxide and nitrogen oxides.

Abroad, chemiluminescent gas analyzers are produced by "Horiba" (Model APHA-0500, Japan), "Tociba - Bekman" (Model 104, Japan), "KEM" (Models 642 and 652, USA), "Termo-Electron" (Model 14 D8A, USA), etc. In the United States, Japan and a number of other countries, a series of portable gas analyzers has been established, operating on the voltamperometriya principle to determine nitrogen and carbon oxides (including CO) in the atmosphere and in roadside zone air. The determination of gases and specifically carbon monoxide may be carried out automatically.

A combination of sample enrichment techniques and subsequent conversion can be effectively used to analyze CO. To enrich the air with carbon monoxide, the analyzed air is passed through a molecular sieve column, and then the carbon monoxide-rich air can be passed over a nickel catalyst in which CO is converted to methane in the presence of hydrogen. The methane conversion method is also used to analyze a mixture of carbon oxides.

When determining gross concentration of the most toxic automobile blowouts on small ring traverse and on entrance to this traverse

on elementary platforms with the long of 0.01-0.02 m is expedient to install sensors on carbon oxide (CO), on hydrocarbons and products of their incomplete combustion (C, CH, CHO) and also on nitrogen dioxide (NO₂), registering pollution of atmospheric air components of exhaust gases: (see fig. 1).

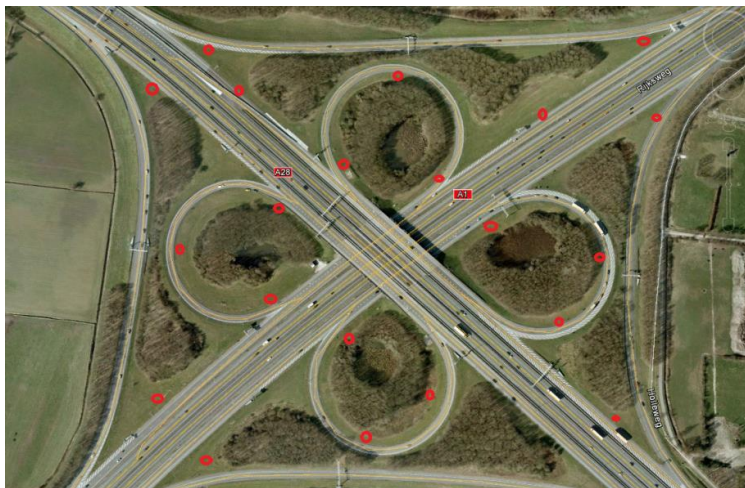


Fig. 1 – Exhaust gas sensor layout from mobile emission sources (sensors marked with dots)

After signal registration by the sensor from the mentioned polluting components further calculation (and processing of the steering information) is made according to the special computer program.

Only threshold (at the level of maximum permissible) concentrations of emission components from point sources are taken into account in the work of these special programmer. These threshold concentrations will be registered only at the most adverse combinations of engines operating modes of cars during certain period. These threshold concentrations will be registered only at the most adverse combinations of car engines operating modes during certain period.

Recently, owing to intensification of car traffic in the air over areas of Minsk even more often than usually have begun to be found considerable concentration of CO, which is more than maximum permissible.

Carbon oxide, was the first gas which content in air of places of traverse and outcomes began to be measured by automatic devices and for which registration automatic signaling devices have been developed. At long stay even in the open air in close proximity to the working gasoline engines there is always danger of poisoning with carbon oxide. In this regard carbon oxide constitutes special danger in places of outcomes and traverses of highways

In fig. 1 the scheme of monitoring of concentration of some types of pollution by blowouts from mobile sources in places of outcomes and traverse of highways with use of sensors of concentration of exhaust gases is submitted. After registration by sensor the signal from the mentioned soiling components further calculation is made according to the pre-developed computer program.

The presented scheme allows to control the degree of air pollution at the controlled-movement intersection and at self-controlled movement on small circular intersection with depending on the average delays of the movement and to determine the threshold levels of air pollution by toxic components of processed gases - carbon oxide (CO), hydrocarbons (C_xH_y) and nitrogen oxide (in the nitrogen dioxide NO_2) in the real time regime.

Reference

1. Вяхирев Д.А., Шушукова А.Ф. *Руководство по газовой хроматографии*. М.: Высш. школа, 1987. - 287 с.
2. Yamaura Hiro-yuki, Tamaki Jun, Moriya Koji, Miura Norio, Yamazoe Noboru // *J. Electrochem. Soc.* - 1996. - V.43. N 2. P.36-37.
3. Власов, В.М. *Информационные технологии на автомобильном транспорте* / В.М. Власов, А.Б. Николаев, А.В. Постолит, В.М. Приходько. - М.: Наука, 2006. - 288 с.
4. Власов, В.М. *Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе* / В.М. Власов, В.М. Приходько, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов. - М.: МАДИ. - М.: ООО «МЭЙЛЕР», 2011. - 487 с.

SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT IN UZBEKISTAN: TRANSBOUNDARY ISSUES

Abror N. Gadaev, Anvar Juraev, Gulmira Boboeva

*Samarkand State Architectural and Civil Engineering Institute,
Samarkand, Uzbekistan*

Uzbekistan and other Central Asian countries including Kazakhstan, Kyrgyzstan, Turkmenistan, Tajikistan and Afghanistan are struggling to come to terms with an ecological disaster affecting the Aral Sea. The crisis has been brought about by the mismanagement of water resources from the Aral's main tributaries, the Amudarya and the Sirdarya rivers. The primary source of quality drinking water in Uzbekistan and Central Asia is ground water, which accounts for between 85 an 90 % of the general water budget. Agricultural irrigation systems have caused high pollutions levels in the region's (unevenly distributed) surface waters. Historically water flow the Aral Sea was 56 km³ per year, which decreased to 47 km³ between 1966 and 1970. Water flow plummeted to 2 km³ between 1981 and 1983, and now stands at less than 1,8 km³. A key question is how to balance social and economic development with natural resource protection. Central Asian Republics utilize the same watersheds and share many water management issues in common. It is clear that the region's existing multination and regional water management and environmental protection project are insufficient by themselves to meet the scale of the problem. Further multinational agreements and joint-state/joint-agency programs will undoubtedly be required.

The Central Asian region has been designated in recent years as an ecological and social disaster zone because of Aral Sea situation. Although water resources are not a new issue, this problem can be traced back to the beginning of civilization for a number of reasons. The beginning of irrigated agriculture in the region dates back to the 6th-7th centuries B.C. This time period coincides with a flourishing of the most ancient civilization where irrigation was a major decisive factor of historical and socio-economic development. Today the Aral Sea and surrounding territories are world-known for ecological disasters attributed mainly to anthropogenesis factors. In recent years, Uzbekistan's control under multiple regimes and governments has made it difficult for central Asia to unite. The growth in water consumption is connected to cultivation of new irrigated territories, where mainly cotton and rice are grown. That issue combined with the increase in the population and employment in agriculture, the flow of water to the sea from the two major river systems -the Amu

Darya and Syr Darya - completely stopped. By the beginning of the 20th century, 7-8 million people lived in the region. Irrigated lands made up about 3.5 million hectares and had irrigation networks of different levels. It was the foundation of society's economic base. At present the population of the region has increased 7 times, exceeding 50 million people. In response to the increase in population, irrigated lands have doubled (7.5-7.9 million hectares). In the climate of the Aral Sea region, 60 cubic km per year would be needed to keep the surface. Area of the Aral Sea at approximately 60 000 square km. The water has stopped completely. From 1930 to 1960 there has been a sharp increase in water usage from 25 km³ to 103 km³ a year. The quantitative facts alone show the high usage rates for improper reasons coupled with less potable water for health incentives. The improper use of the water taken from the Aral Sea has led to many consequences that the interstate commission is trying to resolve. Unfortunately since the departure of the USSR, central Asian economies have not been strong enough to rehabilitate the productivity of the territory. Large and ominous hardships fall onto the responsibility of the government. Socially these include protecting the population from adverse impacts of desertification, creating new workplaces and job markets and trying to improve the economic and social conditions by introducing new water efficient technology. Ecologically, each country must implement new plans for the restoration of flora and fauna diversity and the prevention of any further degradation of the Aral Sea.

In particular, improving irrigation efficiency, water supply development, waste water treatment and watershed management are critical needs throughout Uzbekistan and Central Asia. An ecological disaster was set in motion in this region beginning in the 1950s, when water was diverted from the two rivers that flow into the Aral Sea. An additional problem is the regular failure of the region's groundwater systems during the summer (when the demand sharply increases), so that the population is left to consume poor quality surface water. In jeopardy is the health of the region's entire population. Infectious intestinal diseases, often caused by the contaminated drinking water, are a primary challenge facing water specialists is to balance the competing demands of sending more water to the Aral Sea and simultaneously meeting the water supply and quality needs of a developing economy and growing population. The proposed program delivers advanced operational training via activities which develop self-initiative and problem solving skills to prepare students and industry professionals for meeting these needs.

It is to be hoped that the next generation of Uzbek and Central Asian political leaders and citizens will enter into their respective roles with greater awareness of the water resource management challenges faced by their countries and the region, having learned about these issues in the universities.

What is the **conclusion**: Improving the situation in the region is possible by increasing water resources management efficiency with the main focus on ground waters. This option is more realistic by ground waters purification and demineralization because the quality doesn't meet official water standards. The second option involves the implementation of more modern irrigation techniques. A big reason for the over use of water is the mismanagement of current irrigation systems. 7.9 million hectares are being taken from the lakes drainage basin, 92 % of that water is being used for agriculture. Although modern technology would be a positive, financial resources tend to hold this project back. In addition because of this, the training of people would be difficult to provide. Researchers estimate that complete renovation of irrigation systems on 6 million hectares could save about 12 cubic kilometers a year but would cost about 16 billion in US dollars. Although water is conserved, the funding is far beyond state and international funding. The third option is reusing traded water. This would also include additional resources because all participating countries would need to develop several wastewater treatment plants. Most rural populations do not have access to safe water; water treatment plants would indefinitely aid many citizens. The third option is water reusing technologies. This would help with water supply and irrigation. Although all options would have their unique consequences, by far the best action would be to exercise water conservation in arid to semiarid regions. Improper irrigation practices are becoming more prevalent, harming the people that are in need of clean water resources. The first plan of prevention would be to take away certain government monopolies on items such as cotton, gold, oil and silk. Although there have been improvements made such as the creation of the Water Users Association in 2003, there are still disagreements on the water policy. These agreements between farmers and the government only perpetuate the issue of water resources.

Reference

1. Michael Edelstein, Astrid Cynry, Abror Gadaev, *Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability*, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald Group Publishing Limited, UK, North America, Japan, India, Malaysia, China.

2. A.Gadaev, Z.Yasakov, "The Aral Sea Disaster as a National Disaster" CASE STUDY: The Aral Sea and the Republic of Uzbekistan/ Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald UK. pp.5-12.

A. Gadaev, G. Boboeva, Clearing the Pipes: Providing Potable Water Through Well Restoration, "The Aral Sea Disaster as a National Disaster" CASE STUDY: The Aral Sea and the Republic of Uzbekistan/ Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald UK. pp.349-357.

3. L.Ryden, R.Eshniyazov, R.Gimush. Textbook: Building Sustainable Societies. – Uppsala,Sweden 2016.

УДК 626.811.

WATER-RELATED ENVIRONMENTAL ISSUES IN CENTRAL ASIA

Gadaev A.¹, Niyazov I.¹, Juraev A.¹, Alibekova N.²

¹Samarkand State Architectural and Civil Engineering Institute,

²Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

This article addresses the need for a sustainable water resource management in the Central Asian region with a hot, dry and continental climate. This research and its results meet sustainable development's goals and also specifically the potential to solve or softening consequences of the Aral Sea ecological disaster. The urgency of this concern is felt most deeply in areas lacking potable water, most notably the larger Aral Sea region. During the long summer (from May until October) water consumption increases sharply and water sources cannot meet the demand. Intensive water use and sharply increasing of the water demand misbalances water flow in the main rivers as Syr Darya and Amu Darya which feed the Aral Sea. The primary challenge facing water supply and sustainability specialists in Central Asia and specifically in Uzbekistan is to balance competing water supply demand and water sources preservation in the region. Among these demands is the urgency of halting further depletion of water in the Aral Sea, and, ideally, to augment the water in that basin. But there is also the need to develop high quality water delivery systems for human and industrial use. And, of course, there is the question of what water can be left for the agricultural sector of the dry and hot temperature region to irrigate its crops or just sustainable water resources management. This study will address water-related issues in the Central Asian Republics with special emphasis on the Republic of Tajikistan. The authors analyse a current situation and describe the factors that contribute to these issues and will provide recommendations for alleviating the

Aral Sea disaster. Authors offer to solve this problem with wider team from different fields.

Introduction

Central Asia is a specific region with a dry and hot climate and consisting of Republics of Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan, Tajikistan, Kyrgyzstan. These nations all gained their independence from the former Soviet Union in 1991. Unfortunately, with their independence they also inherited many environmental issues. By far the most pervasive issue is the shrinking of the Aral Sea. The Aral Sea began to shrink in the 1970's during the Soviet Era. At this time, little attention was paid to environmental issues; political issues and hopes of increasing agricultural and industrial yield prevailed. Unfortunately, this lack of attention to the Aral Sea persisted through the independence of Central Asian countries in 1991. In the early 90's, these new states were preoccupied with political and structural reformations and the Aral Sea disaster worsened. It was not until 1993 that attention was finally paid to the Aral Sea, and efforts are currently in motion to salvage what remains of the once bountiful sea.

Research. Material and Methods

It is estimated that the surface area of the Aral Sea is now just 25 % of what it was during the Soviet Era. The Aral Sea has the capacity for 60,000 sq km of surface water, its original surface area in 1960. Sixty cubic km per year would be needed to maintain the original surface area, but today 1000 cubic km to refill the sea to its original volume. There are a large number of contributing factors to the shrinking of the Aral Sea. Water pollution in the Amu Darya and Syr Darya rivers, increases in the agricultural industry, political conflict, and a boost in the population of Central Asia, are among some of these reasons. The water resources exist, however they are not making their way to the Aral Sea. One hundred and fifteen cubic km of water is available in the Aral Sea Basin, however the waterflow to the Aral Sea was less than one cubic km in 2002. The following table shows how waterflow to the Aral Sea has changed over time.

Yet it has been 24 years since the first efforts were made to save the Aral Sea and still conditions are not improving. A variety of factors are responsible for this, namely the failure of cooperative water management and full participation of all Central Asian countries. Ignoring this issue has produced disastrous results, and it is estimated that the Aral Sea can completely dry out by the year 2025.

Table 1 – Available water resources in cubic km

	Water available in the basin	Natural water losses	Water use	Inflow to the Aral Sea
1930	115	36	25	54
1960	115	13	48	54
1990	115	7	103	5

Today, more than 50 million people live in Aral Sea disaster zone, and about 150 million people inhabit the surrounding area. It will take the cooperation of many nations to restore the Aral Sea, however this is endeavor may not be easy to overcome. Each of the Central Asian and surrounding countries has its own unique conditions which affect its international cooperation. Factors including population, government, industries, culture, geography, health, and transboundary issues all influence water-related issues.

This article addresses water-related issues in the Central Asian Republics with the focus to the Republic of Tajikistan, describe the factors that contribute to these issues, and provide recommendations for alleviating the Aral Sea disaster. Because Tajikistan is the main upstream country with an important geographical location where a water formation for an Aral Sea basin consists 60,583 cubic kilometers per year (52,0 %) for all Central Asian region (table 2).

Table 2 – Water resources (surface) formation in the Aral Sea basin (km³/year)

Basin Countries	Rivers		Aral Sea	
	Syr Darya	Amu Darya	km ³ /year	%
Kazakhstan	2,426	-	2,426	2,1
Kyrgyzstan	27,605	1,604	29,209	25,1
Tajikistan	1,005	59,578	60,583	52,0
Turkmenistan	-	1,549	1,549	1,2
Uzbekistan	6,167	5,056	11,223	9,6
Afghanistan, Iran	-	11,593	11,593	10,0
Total	37,203	79,280	116,483	100

Results and discussion

Approximately 2,590 sq km of Tajikistan is covered with water in various forms. The country has approximately 25,000 rivers and 1,300 lakes, has nine operating reservoirs, and about 8 % of the country is covered by glaciers. Glaciers provide 25-50 % of the yearly flow; this number is on the rise due to increase in annual temperature and decrease in population size. The country's main watersheds are Syrdarya River in northern Tajikistan, Zeravshan River in central Tajikistan, Pyanj and Amu Darya Rivers in southwestern Tajikistan and the Pamirs, and the basin of saltwater lakes in the Eastern Pamirs. The major water streams in Tajikistan are the Pyanj, Amu Darya, Vakhsh, Syrdarya, Zeravshan, Kafinigan, Bartang, and other rivers. The Pyanj, is made up of 5 other major rivers including the Kafirnigan, Vakhsh, and Kyzylsu. Pyanj means hand or palm in Tajik, and the river is named so because it is the base of the Amu Darya River, much like where the wrist is attached to the hand. Flow consumption of AmuDarya and SyrDarya, two of the major rivers, are 15.2 % and 7 %, respectively.

Tajikistan's lakes have a total combined surface area of 705 sq km and a total capacity of about 50 cubic km. They are divided into three categories: tectonic, erosive, and glacial. Over 80 % of the lakes are smaller than 1 sq km in area, and 78 % are located in the mountains at an altitude higher than 3,500 m above sea level. Large lakes have a total combined area of more than 680 sq.km. Karakul is the largest lake in the country with an area of 380 sq km. It is a non-outlet, saltwater lake located in the Eastern Pamirs at an elevation of 3,914 m above sea level. Scientists believe the lake was formed in crater from a large meteorite. The deepest freshwater lake is Sarez Lake located in the Western Pamirs at 3,239 m above sea level. It has an area of 86.5 sq km, a length of 60 km, a volume of 17 cubic km, and reaches a depth of 490 m. The lake was formed during an earthquake in 1911 in the steep-sloped canyon of the Bartang River. A landslide sealed off the Murghob river valley, thus creating the lake. The natural dam created by the mountain rocks is called the Usoi and is over 550 m high, making it the tallest natural or man-made dam in the world. Because of the unstable geographical conditions of the area, however, environmental officials worry about the lake's stability as a dam should there ever be another earthquake.

Water Budget

Tajikistan produces 66.3 cubic km of water internally per year. Sixty three point three cubic km is from surface water, 6 cubic km is

from groundwater, and there is an overlap of 3 cubic km. Because it is located upstream, Tajikistan contributes a large amount of water to the Aral Sea Basin compared to other countries. The chart below indicates the percentage that each Central Asian country contributes to the Aral Sea.

Water use in Tajikistan is primarily agricultural; 84 % of use is for agriculture, 8.5 % is for domestic use (drinking water), 4.5 % is for industrial use, and the remaining 3% is for additional uses. Agriculture dominates water use in Tajikistan because agricultural exports are the country's best chance at reducing rural poverty. Mountains are physical barrier and challenge for distributing water to the population. Forty eight percent of crops are dependent on pumps to irrigate the land; this is quite an expensive endeavor. Pumps lift water to higher elevations which requires a lot of electricity and is expensive for farmers. Since 1991, 1/6 arable land no longer receives water due to this issue. Much of Tajikistan's water is also used to produce hydroelectric power. In fact, 98 % of Tajikistan's electricity came from hydropower in 1997. Tajikistan has a gross theoretical hydropower potential of 527,000 GWh per year, the most by far of any Central Asian country; Kyrgyzstan has the next highest potential at only 162,500 GWh. Tajikistan also has the greatest dam capacity in Central Asia at 28,970 cubic meters. Hydropower is sustainable resource; however it creates issues of water consumption and soil damage. A large amount of the waterflow to the Aral Sea is retained in dams used to produce hydroelectric power. Also, hydroelectric power causes the water table to rise, which can lead to soil salinity as well as other problems. Because of these issues, it has been proposed that other forms of renewable energy, such as solar power, be utilized.

Save Aral Sea Foundation

The significance of the Aral Sea's depletion was first acknowledged in 1993; 18 years after the sea began shrinking in 1975 Central Asian countries realized they must work together in order to combat the disaster. In 1993, the first meeting of the Save Aral Sea Foundation took place in Kyzyl-Orda, Kazakhstan. On March 26, an agreement was made that the Heads of State of the independent Central Asian states would work together to come up with a comprehensive water management plan. The Aral Sea Basin Program was approved by the Heads of State in January 1994 and was designed to be administered by the new regional institutions. The mission of the program is to address issues of water quantity as well as quality. It was determined by the Heads of State that Save Aral must prepare a gen-

eral strategy of practical water distribution, use, and protection as mandated by state governments. Also, each state must regulate and limit water pollution, water consumption, and industrial use of water. Finally, it is suggested that each country donate at least 1 % of its annual budget to the Save Aral Sea Foundation.

An agreement was made between Tajikistan, Uzbekistan, and Turkmenistan about sharing the Amu Darya; however Afghanistan refuses to comply because it will bring them a water shortage. Tajikistan has also made an effort to reduce agricultural water use. In 2003, the Water User's Association imposed a tax on farmers for water use. Because poor farmers cannot afford to pay this tax directly, the government takes out a certain amount of their taxes for this purpose. Because this tax is not something farmers are forced to be salient of, it has done little to decrease agricultural water waste, but it is a step in the right direction

Future Plans

The Save Aral Sea Foundation has constructed a list of possible plans to ameliorate the current situation. Suggestions are listed in order of how plausible the organization believes these plans are in succeeding. The first plan is to divert additional water resources from the north into the Aral Sea basin. The diverted rivers would come from Russia; a likely candidate is the Irtysh River which flows from China through Kyrgyzstan to Russia. This plan is seen as the most plausible because it is sustainable and promises to be a long term solution. Situation is changing but still to look for the additional sources are urgent and it can make a real ecological improvement in the region. It could be Siberian rivers, Caspian Sea or Volga river and negotiation is the a challenge for today. The second plan is to start using new modern irrigation technologies. These would be more sustainable and would save much water wasted during agriculture production in Central Asia. Examples of modern technologies include: termination or water resource misuse and mismanagement, drip irrigation technologies, and modern pumps and piping. Problems with this system are that it is expensive and would require significant funding from individual countries; replacing out of date irrigation systems is a large, time-consuming endeavor; and a need for specials and new training for current laborers. A third option is to reuse treated waste water. This would involve using water drained from showers and drinking sources for secondary purposes such as plumbing. The problem with this plan is that treatment plants are only located in big cities, so it would be difficult for rural areas to participate. The

fourth plan is not very optimistic; some say the Aral sea is beyond repair and should be left alone. This plan is not much of a solution, and does nothing to prevent the environmental consequences related to the shrinking of the Aral Sea. Some advocates of this plan hope that, if left alone, the sea will eventually one day naturally replenish itself. The fifth option is to take water from the Caspian Sea and re-locate it to the Aral Sea Basin. The water table of the Caspian Sea is rising, and this is a problem for surrounding countries. These countries are strong advocates for this plan because lowering the water table would give them better access to oil under the sea. However the problem with this plan is that it only provides a short term solution; if the same issues of poor water quality and management continue, eventually the donated water will become polluted and diminished too. Also, a minimum of 12 pumping stations would be required to pump water from the Caspian to Aral sea due to differences in elevation, which would be a very costly ordeal. The sixth plan would be to use more applied technologies for water supply and irrigation. This plan could be effective at conserving water but would require extensive new training for laborers who have been using the same methods for generations.

Conclusion

It is clear that the Aral Sea and surrounding inhabitants are in grave danger, and something must be done about this environmental crisis. It will take the cooperation of all Central Asia countries to mitigate this disaster, and Tajikistan is no exception. From Tajikistan's perspective, some potential future plans look more promising than others. Using modern irrigation technologies seems to be the best option, despite the cost of replacing old equipment and installing pumps to bring water up the mountains. This plan will have the best long term effects, and the sooner action is taken, the less expensive and time consuming the process will be. This option would not only help replenish the Aral sea, but would also provide plentiful and safe drinking water to rural Tajikistan inhabitants. It would also update inefficient agricultural irrigation systems which would ultimately produce a greater yield and boost economic production, which is especially important in Tajikistan.

It is clear that some of these solutions would just not be practical in Tajikistan or elsewhere. Reusing treated waste water is a good idea in theory, but would be nearly impossible to practice in Tajikistan due to the geography. This would only be possible in cities, and with nearly 75 % of the population living in the mountains, the mon-

ey and effort this project would require would be better used carrying out a different plan. Also, ignoring the Aral Sea disaster altogether is definitely not an option. There are too many health and environmental issues directly related to the Aral Sea, and deny the Aral Sea crisis will only make these matters worse.

Reference

1. Michael Edelstein, Astrid Cyrny, Abror Gadaev, *Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability*, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald Group Publishing Limited, UK, North America, Japan, India, Malaysia, China.

2. Gadaev A., Yasakov Z/, *"The Aral Sea Disaster as a National Disaster" CASE STUDY: The Aral Sea and the Republic of Uzbekistan/ Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability*, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald UK. pp.5-12.

3. Gadaev A, Boboeva G, *Clearing the Pipes: Providing Potable Water Through Well Restoration, "The Aral Sea Disaster as a National Disaster" CASE STUDY: The Aral Sea and the Republic of Uzbekistan/ Disaster by Design: Aral Sea and its lessons for Sustainability*, 2012 ISBN: 978-1-78190-375-9 Emerald UK. pp.349-357.

УДК 504.064

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

Денисова В.Е., Ковалев Р.А.

Тульский государственный университет

В статье рассматриваются проблемы экологического нормирования на основании предельных допустимых концентраций, рассмотрено несовершенство существующей системы нормирования и предложен вариант использования региональных допустимых концентраций.

Экологическое нормирование является одной из ключевых проблем в формировании экологической безопасности России. Важным аспектом экологического нормирования является система предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде. Несмотря на то, что состояние качества вод в водных объектах, по данным Государственных докладов о состоянии окру-

жающей среды в РФ остается стабильным, существует множество причин, которые ставят под сомнение эффективность законодательства в области управления и охраны водными ресурсами Российской Федерации.

В настоящее время в России нормирование осуществляется посредством установления предельных допустимых концентраций (ПДК). Порядок оценки качества природных вод представляет собой сравнение фоновых концентраций загрязняющих веществ с допустимыми концентрациями. В соответствии с ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [1] на территории РФ все водные объекты относятся к категории рыбохозяйственных [2]. Несмотря на то, что климатические условия, природные условия, плотность населения, природновосстановительный потенциал территорий, а также состояние водоема, степень загрязнения, и его самоочищающие способности различны - нормативы ПДК_{рыбхоз} едины на всей территории. Использование ПДК при нормировании, приводит к ошибочной оценке состояния водоема и выдвижению необоснованных требований к водопользователям при сбросе сточных вод. Тогда как одни вещества не представляют опасности и не нарушают экологического состояния водоема, другие приводят к эвтрофированию водоемов.

Одним из вариантов решения данных проблем может служить использование региональных допустимых концентрации (РДК), полученных в результате наблюдения за водными объектами. В качестве основной цели разработки РДК выступает идея, чтобы антропогенное воздействие не нарушало нормального функционирования водных объектов и не способствовало ухудшению качества воды. Идея регионального нормирования основывается на следующих положениях:

- на каждом, отдельном участке, водного объекта формируется специфический состав воды, свойственный данной водосборной территории, который зависит от природноклиматических условий;

- внедрение и разработка РДК направлена на сохранение и восстановление благоприятной среды обитания гидробионтов и нормальное функционирование экосистем;

- определение региональных допустимых концентраций основывается на данных систематических наблюдений в различные времена года;

– региональные допустимые концентрации характеризуются сезонной изменчивостью [3].

Методологические основы установления РДК водного объекта должны базироваться на комплексном учете нескольких критериев: классификационным (граничные концентрации классов по экологической классификации), технико-экономическом (внедрение наилучших доступных технологий), отраслевом (ПДК приоритетных видов использования водных ресурсов), биоцентричном (природный фон).

Еще одной возможностью регулирования качества вод водных объектов является разработка нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов. С целью единого подхода к нормированию сточных вод приказом министерства природных ресурсов РФ от 17.12.2007 №333 утверждена «Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей».

На данный момент расчет норматива допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты осуществляется по формуле [4]:

$$НДС_i = q * СДС_i,$$

где q – расчетный расход сточных вод; $СДС_i$ – допустимая концентрация i -го вещества, которая может быть допущена в сточных водах.

Величина $СДС_i$ определяется следующим образом:

$$СДС_i = N * (ПДК_i - СФОН_i) + СФОН_i, \quad (1)$$

где N – кратность общего разбавления сточных вод в водном объекте; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества; $СФОН_i$ – фоновая концентрация i -го вещества, которая оценивается согласно действующим методическим указаниям [5].

Для предъявления обоснованных требований к водопользователям, а также регулирования нагрузки на водоем предлагается заменить в формуле (1) $ПДК_i$ на $РДК_i$, а $СФОН_i$ на $С_i$, где $С_i$ – средняя концентрация вещества в фоновом створе. Такая замена даст возможность учитывать при формировании качества вод природные особенности.

Таким образом, внедрение и разработка региональных допустимых концентраций будет являться более обоснованной и оптимальной с точки зрения экономики, экологии и природо-

пользования. Однако данный процесс трудоемкий и требует больших капиталовложений. Нормирование на основе РДК позволит снизить биогенную и антропогенную нагрузку на водные системы, более точно реагировать на проблемы загрязнения водных объектов и изменить требования, которые предъявляются к водопользователям при сбросе сточных вод.

Результаты исследования опубликованы при финансовой поддержке ТулГУ в рамках научного проекта № госрегистрации АААА-А19-119011090036-5 «Разработка метода выбора параметров очистных сооружений».

Библиографический список

1. *Федеральный закон Российской Федерации от 20.12.2004 N 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологич. ресурсов».*

2. *Постановление Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 №1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».*

3. *Селезнёва А.В., Селезнёв В.А. Учет природных региональных особенностей при нормировании антропогенной нагрузки на водные объекты. // Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011, с. 167–170.*

4. *Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утверждена приказом от 17.12.2007 № 333.*

5. *РД 52.24.622-2001 Методические указания «Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков». – Л.: Гидрометеиздат, 2001. – 64 с.*

УДК 504.4.054

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ УПА

Денисова В. Е.

Тулльский государственный университет

В статье рассматриваются проблемы экологического состояния реки Упа, представлены результаты ежегодного мониторинга качества воды, а также рассмотрены причины загрязнения.

Тульская область находится в центральной части Восточно-европейской равнины, занимает площадь 25,7 тыс. кв. км. Речная сеть хорошо развита – по территории области протекает 1682 реки и ручья суммарной протяженностью около 11 тыс. км. Долины рек неширокие, глубоко врезаемые, береговые склоны изрезаны оврагами и балками. Реки, протекающие на территории Тульской области, относятся к категории малых рек.

Одной из основных экологических проблем Тульской области является истощение водных ресурсов. Возникновение данной проблемы связано непосредственно с высоким уровнем развития промышленности региона, износом действующих водопроводных и канализационных сетей, а также недостаточно эффективной степени очистки вод. В водоохраных зонах рек, а так же на прибрежных территориях расположены автомойки, стоянки автомобильного транспорта, несанкционированное складирование твердых бытовых отходов.

Река Упа является главной водной артерией в черте города. Исток находится в с. Верхоустье, впадает в Оку недалеко от села Кулешово. На всем протяжении (длина примерно составляет 345 км) Упа испытывает техногенное воздействие промышленных предприятий (ПАО «Тулачермет», ПАО «Тульский оружейный завод», ОАО «АК Туламашзавод» и др.)

Несмотря на то, что объем сточных вод, содержащих загрязнения, снижается с каждым годом (на 1,58 % в 2017 г., на 3,04 % в 2018 г.) качество воды ухудшается. Более подробная информация представлена в таблицах 1 – 2. Исходя из таблицы видно, что с годами в створе в п. Ломинцевский вода из класса-разряда 3Б «Очень загрязненная» в класс-разряда 4А «Грязная», за последний год вода в створах в районе г. Тула и д. Кулешова, также перешла в класс-разряда 4А «Грязная».

Оценка уровня загрязнения водных объектов Тульской области ежегодно проводится ФГБУ «Тульский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Тульский ЦГМС) на основе статистической обработки результатов гидрохимических наблюдений в 21 створах [1-6]. Для оценки качества воды были использованы нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения [7].

В створе в п. Ломинцевский в 2018 году наблюдается превышения ПДК по 10 из 14 показателей (наибольшее влияние оказывают: нитритный азот, медь, БПК5 и ХПК). Загрязненность по этим показателям классифицируется как характерная или

устойчивая среднего уровня, несмотря на то, что произошло снижение содержания нефтепродуктов. Содержание растворенного в воде кислорода не опускалось ниже $7,34 \text{ мг/дм}^3$.

В створе в г.Тула в 2018 году наблюдается превышения ПДК по 10 – 11 показателям из 14 (наибольшее влияние оказывают нитритный азот и органические вещества по БПК₅). На уровень загрязненности воды в фоновом створе наибольшее влияние оказывают органические вещества по БПК₅, медь и нитритный азот, загрязненность которыми классифицируется как характерная среднего уровня. По сравнению с предыдущими годами произошло незначительное увеличение концентраций органических веществ по БПК, общего железа, фосфатов и общего фосфора на всем участке.

В створе в Кулешово в 2018 году наблюдается превышения ПДК отмеченные по 9 – 10 показателям из 14. В оценку загрязнений на всем участке наибольшую долю вносят: нитритный азот, медь, органические вещества по БПК₅ и ХПК, сульфаты, аммонийный азот, загрязненность которыми является характерная среднего и низкого уровня.

Одним из источников загрязнений в р.Упа, помимо промышленных предприятий является ОАО «Тулагорводоканал», так как основная масса загрязнений, а это примерно 85 % от общего сброса загрязняющих веществ. Очистные сооружения были введены в эксплуатацию в 1975 г. Фактическая производительность составляет 209 тыс. куб. м/сут. Капитальный ремонт не проводился, в виду невозможности полной остановки, так как в городе отсутствуют резервные канализационные очистные сооружения. На данный момент очистные сооружения работают с перегрузкой, так как иловые площадки полностью заполнены.

Однако в 2015 г. в работу была введена «газовая свеча», которая позволила утилизировать выделяющийся метан и сократить запах, а в 2018 г. были установлены купола с системой приточно-вытяжной вентиляции, с очисткой удаляемого воздуха над приемной камерой. В планах строительство цеха механического обезвоживания осадка.

Исходя из вышеизложенного, следует, что в черте города река Упа подвергается значительной антропогенной нагрузке, а общее ее состояние можно назвать удовлетворительным. Причиной тому являются недостаточно очищенные сточные воды, загрязнения поверхностных водных объектов, дождевые и талые воды.

Таблица 1 – Показатели водопотребления и водоотведения

Показатели	Ед. изм.	2018	2017	2016	2015	2014
Водоотведение в поверхностные водоемы, всего	млн. м ³	161,33	163,01	165,62	166,64	174,61
в том числе:						
нормативно-чистые	млн. м ³	5,36	2,98	4,36	2,87	3,5
нормативно-очищенные	млн. м ³	0,09	0,09	0,02	0,02	0,02
загрязненных сточных вод	млн. м ³	155,88	159,94	161,24	163,75	171,08
из них:						
Без очистки	млн. м ³	3,30	3,51	2,85	4,82	7,19
Недостаточно очищенных	млн. м ³	152,58	156,43	158,39	158,93	163,89
Сброшено основных загрязняющих веществ в водные объекты	тыс. тонн	156,04	160,93	162,52	163,94	171,46
Использовано воды, всего	млн. м ³	222,19	214,97	252,49	235,13	252,9
Объем оборотной и повторно-последовательно используемой воды	млн. м ³	1937,1	2158,8	2118,18	2377,79	2095,79
Объем бытового водопотребления	млн. м ³	94,20	96,09	114,70	100,92	99,78

Таблица 2 – Данные о качестве воды

Створ	Данные о качестве воды по годам					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Упа (п.Ломинцевский)	3Б	3Б	3Б	3Б	4А	4А
Упа (г.Тула)	3Б	4А	4А	3Б	3Б	4А
Упа (д.Кулешово)	4А	3Б	4А	4А	3Б	4А

Притоки реки Упа (р.Тулица, р.Воронка, Комаркинский ручей, Клюковский ручей), содержат в себе значительное количество загрязнений, которые поступают с промышленными стоками, также являются источниками ее загрязнения.

Основные загрязняющие вещества – это аммонийный и нитратный азот, медь, взвешенные вещества и др. Поступление труднорастворимых органических веществ, приводит к увеличению показателей БПК. Среди факторов, влияющих на состояние реки, также можно отметить отсутствие наблюдений за неорганизованными источниками загрязнения водного объекта и комплексного мониторинга факторов, влияющих на качество воды.

Для улучшения качества и охраны водных ресурсов ТО необходимо произвести реконструкцию блока биологической очистки с удалением азота, фосфора и блока доочистки, снизить объемы сброса загрязняющих сточных вод, а также начать развивать систему мониторинга водных объектов.

Библиографический список

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2018 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2017 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
3. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2016 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
4. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2015 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
5. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2014 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
6. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2013 г. *Электр.ресурс: <https://tularegion.ru/obshchestvo/ekologiya/>*
7. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 г. №20.

БЕСПЕРЕБОЙНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ШНЕКОВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ СТАБИЛЬНОГО БАЛАНСА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Епифанцев К.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения*

В статье рассматривается вопрос повышения износостойкости элементов рабочих органов шнековой машины для переработки отходов – шнека и передаточной муфты. При испытаниях машин подобного класса было замечено, что данные элементы наиболее подвержены износу в связке «шнек-муфта-двигатель» из-за скачкообразного в осевом направлении момента силы, возникающего при измельчении загружаемого в машину материала.

Взаимодействие между виртуальными, искусственными и естественными объектами нашей планеты требует совместного рассмотрения взаимодействующих объектов – природно-технических систем (ПТС). В статье рассматриваются вопросы уменьшения вредного влияния отходов на окружающую среду путем увеличения ресурсного срока службы машин для брикетирования. Ресурсы для возможностей брикетирования в ПТС представлены на рис. 1.

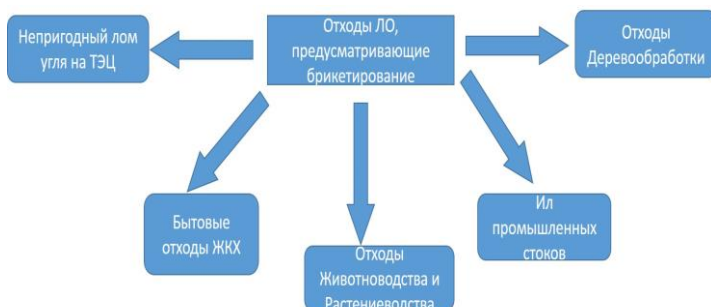


Рис.1 – Схематичное представление отходов

Одним из основных конструктивных элементов машины для формирования окучкованного топлива является шнек и муфта. Высокие адгезионные свойства отходящей пасты часто становятся причиной застыбывания материала в зоне уплотнения и в зоне перемещения сформованной пасты корпуса машины, после чего машина в большинстве случаев автоматически отключается частотным преобразователем с целью противодействия поломке двигателя. Это становится причиной простоев на производстве и перебоев в качестве готовой продукции. В шнековой машине увеличение расхода массы требует увеличения скорости шнека, и соответствующего увеличения загрузки шнека материалом.

Шнек сжимает массу до точки накопления t . P_n , после которой, возникает возможность создать давление p_1 , необходимое для прохода массы через матрицу (рис. 2). Только тогда, когда есть баланс с обеих сторон экструдера, масса может выходить из фильер матрицы.

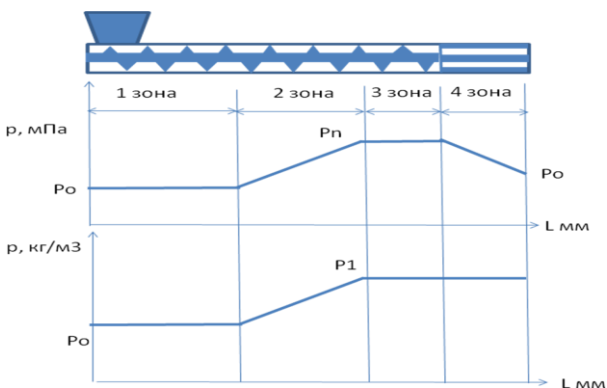


Рис. 2 – Схема функционирования экструдера

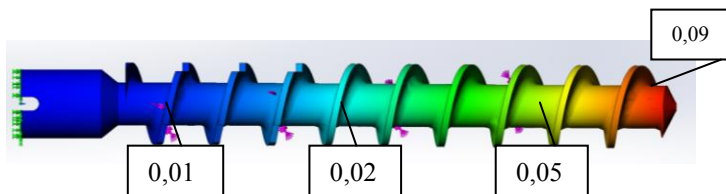


Рис 3 – Максимальное статическое перемещение, мм

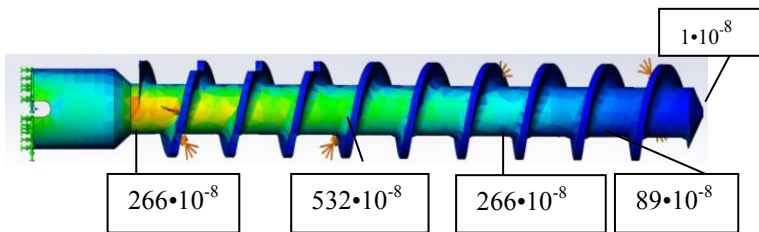


Рис 4 – Эквивалентная деформация ESTRN

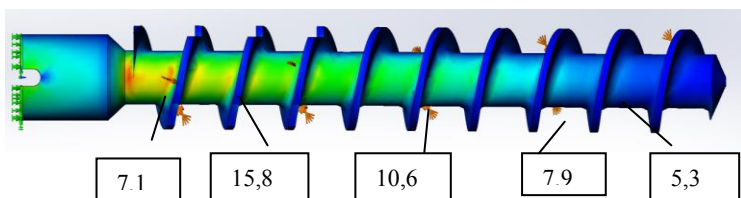


Рис. 5 – Проверка на напряжение по Мизесу, кгс/см²

Однако, если условно разбить экструдер на 4 зоны работы, в момент нарастания давления P , МПа и возникновения максимальной загрузки шнека p кг/м³ создается максимальная площадка давления (на рис.2 зона «2»), которая способна деформировать шнек.

Результаты трехмерного моделирования и испытаний в Cosmos Works представлены по расчету методом конечных элементов.

Таким образом, напряжение и деформация обратнопропорциональны перемещению, что доказывает максимальный коэффициент давления на шнеки в данной области. Следовательно, витки 7 и 8 необходимо проваривать с дополнительным ребром жесткости с целью компенсации напряжений. Также был проведен анализ соединительной муфты, передающее вращение от вала редуктора до шнека, несущей первичную энергию через кручение (рис. 6).

В результате исследования можно сделать вывод - от формы входной части фильеры матрицы во многом определяется противодавление прессуемого материала, а следовательно и затраты на работу шнека, приводимого в движение валом, соединяющегося через муфту с валом редуктора.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Витки на шнеке	1(заход)	2	3	4	5	6	7
Напряжение, кг/см ²	26,4	16	15,8	13,2	10,6	7,9	5,3
Перемещение, мм	0	0,005	0,015	0,02	0,03	0,05	0,05
Деформация, кгс	886 $\times 10^{-8}$	520 $\times 10^{-8}$	500 $\times 10^{-8}$	530 $\times 10^{-8}$	532 $\times 10^{-8}$	320 $\times 10^{-8}$	266 $\times 10^{-8}$

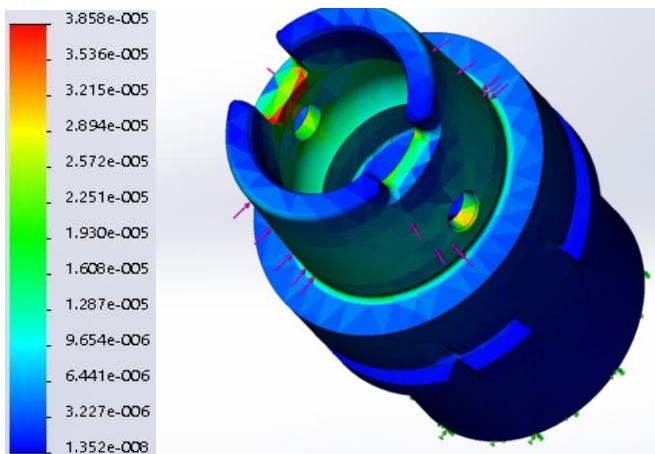


Рис. 6 – Эквивалентная деформация соединительной муфты

Необходимым элементом, нуждающимся в постоянной диагностике в шнековой машине являются элементы по анпряжению и деформации на шнеке – 1 заходный виток шнека, в муфте наиболее уязвимым является отверстие под стопорную шпону.

При производстве машин подобного класса необходимо обратить внимание на дополнительное упрочнение вышеупомянутых элементов шнека и муфты.

Библиографический список

- 1 Амерханов, Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М.: Колос. 2000. – 159-238.
- 2 ГОСТ Р 54096-2010 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Взаимосвязь требований Федерального классификаци-

онного каталога отходов и Общероссийского классификатора продукции

3 Епифанцев, К.В. Разработка виртуальных инструментов для мониторинга отходов на базе Lab View и портала Eco 365// Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – с. 52-57.

4 Badu, S.P., Bain, R.L., Craig, K. Thermal gasification of Biomass technology development in U.S.A. // Seminar on Power Production from biomass II. Espoo, Finland, 27-28 march – 1995.

УДК 622.658.345

РЕЦИКЛИНГ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ СОКРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Ивлиева М.С.

ООО «Альфа-ФТОР», г. Тула

Рассмотрены вопросы, касающиеся технологий переработки резинотехнических отходов. Выявлены связи между физико-химическим строением резин и их механическими и химическими свойствами, определяющим в дальнейшем различные методы их регенерации. Показаны основные отрасли применения в машиностроении. Показана значимость рециклинга резинотехнических материалов в решении экологической проблемы уменьшения загрязнения атмосферного воздуха.

Введение

В связи с развитием отраслей машиностроения увеличивается накопление отходов производства и потребления, в частности отходов резины. Они требуют не только значительных площадей, но и загрязняют вредными веществами, пылью, газообразными выделениями в атмосферу, поверхностные и подземные воды, почвы. Применение резинотехнических изделий (РТИ) достигло в настоящее время колоссальных размеров, а перспективы их производства и применения в различных областях постоянно расширяются. Без них невозможно представить добывающие отрасли, ядерную энергетику, космическую промышленность, автомобиле-, авиа-, ракето-, судостроение, меди-

цину. Практическое применение РТИ показало прямо пропорциональную зависимость их количества в оборудовании от его сложности и инженерного совершенства.

Вопросы утилизации амортизованных РТИ для защиты окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, имеют особое значение поскольку из-за высокой стойкой резины, к действию кислорода, озона, солнечной радиации и бактериям они загрязняют окружающую среду на весьма длительный срок [5].

В связи в этом природоохранная деятельность должна быть направлена на сокращение объёмов образования отходов, преобразование отходов во вторичное сырьё или получение продукции, что ведёт к уменьшению загрязнения атмосферного воздуха.

Значение свойств резинотехнических изделий.

Резина – сложная многокомпонентная система, состоящая из высокомолекулярной полимерной основы и различных химических добавок, с низкой температурой перехода из стеклообразного или твердого кристаллического состояния в высокоэластичные – эластомеры. Эластомеры, которые могут быть переработаны в резину, обычно называются каучуками (Рис.1) [1].

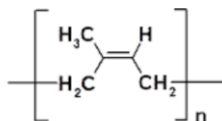


Рис.1 - Химическая формула натурального каучука (цис-полиизопрен)

Различают группы промышленных каучуков: общие – натуральные и синтетический; специального назначения. Эластомеры обладают в широком температурном интервале высокой эластичностью – способностью подвергаться значимым обратимым деформациям при малых напряжениях. Эластомеры могут проявлять себя в трех видах деформации:

- 1) Упругая деформация обратима и связана с изменением межмолекулярных и межатомных расстояний, а также углов, образуемых валентными связями, соединяющими атомы в макромолекулах.
- 2) Пластическая деформация связана с необратимым перемещением макромолекул друг относительно друга. Развивается лишь при разрушении химических связей в процессе старения, чем выше температура – тем быстрее идет старение.

3) Высокоэластическая деформация, характерная только для полимеров в высокоэластическом состоянии, также обратима, но связана с изменением конфигурации макромолекул, т.е. с изменением энтропии системы, является главной среди остальных.

Наличие длинных цепных молекул, которые образуют прочную трехмерную надмолекулярную структуру с поперечными связями, придают им уникальные свойства, делающие их незаменимыми материалами для современного машиностроения и других отраслей промышленности.

Технологические процессы при утилизации резинотехнических изделий

Существует множество методов регенерации резин, выведенных из эксплуатации. Регенерация резины – физико-химический процесс, в результате которого она превращается в пластичный продукт – регенерат. Существуют различные способы его получения, отличающиеся характером и интенсивностью воздействия на резину, а также природой и количеством участвующих в регенерации резины веществ. При утилизации резины происходят следующие процессы: деструкция углеводородных цепей; структурирование вновь образовавшихся молекулярных цепей; деструкция серных полисульфидных связей, модификация молекулярных цепей каучука; изменение углеводородных цепей, образованных сажой, содержащихся в резине [2].

Технологический процесс утилизации резиновых смесей на предприятиях резиновой промышленности включает несколько стадий [3]: прием, хранение и перемещение материалов; подготовка каучуков и других материалов; смешение; охлаждение и очистка резиновых смесей; формование резиновых смесей.

При смешении каучуков происходит не только перемешивание компонентов с ингредиентами, но и протекают сложные физико-химические процессы, структурные превращения самих каучуков под действием механических напряжений и химическое взаимодействие между компонентами резиновой смеси. Характер этих процессов определяется условиями переработки, поэтому резиновые смеси одинакового состава могут иметь различные свойства. Для воспроизводства свойств режимы приготовления резиновых смесей строго регламентируются по различным параметрам.

Для механизации и автоматизации дозировки каучуки режут на мелкие куски или гранулируют. В связи с тем, что некоторые типы каучуков кристаллизуются при комнатной температуре, что приводит к повышению их жесткости и затрудняет даль-

нейшую переработку, каучуки разогревают для плавления кристаллической фазы. При декристаллизации каучуки разогревают до 50 - 70°C. При малом количестве материала используется подогрев воздуха до 50°C в течение 72 часов, при большом количестве используют поле токов высокой частоты 20-75 МГц с продолжительностью разогрева 25-50 минут. Под влиянием механических и тепловых воздействий необратимая компонента пластичность каучука, может увеличиваться, в результате чего снижается его вязкость и эластическое восстановление – происходит его пластикация. В процессе пластикации под действием механических напряжений и окислительных процессов происходит деструкция макромолекул каучука, т.е. снижается его молекулярная масса. С повышением температуры ускоряются термоокислительные процессы, следовательно, ускоряются процессы деструкции. Это приводит к сложной температурной зависимости скорости пластикации.

Различают виды пластикации: механическая и термопластикация. Термопластикация происходит при оптимальном выборе температуры и давления, когда процессы деструкции преобладают над процессами структурирования. Термопластикация, в основном, подвергаются жесткие высокомолекулярные бутадиеновые каучуки. Процесс проводят при автоклавах при 120-140°C и давлении воздуха 0,25-0,30 МПа. При термопластикации происходит глубокое окисление и деструкция полимера, сопровождающаяся увеличением содержания низкомолекулярных фракций. При этом ухудшаются эластичные и прочностные свойства вулканизатов. На графиках (Рис.3) показаны изменения пластичности, эластичности и растворимости от продолжительности пластикации каучуков при 140°C.

Механическая пластикация может происходить в роторных, червячных и валковых машинах. Часто совмещается с процессами смешения. При механической пластикации происходит разрыв наиболее длинных макромолекул преимущественно в средней части, низкомолекулярные фракции не увеличиваются, поэтому резины по эластичным свойствам лучше.

Пластикация в червячных пластикаторах происходит под действием сдвиговых деформаций, возникающих в осевом направлении при вращении червяка, и сил трения между каучуками и стенками цилиндра, каучуком и поверхностью червяка. Напряжение сдвига зависит от вязкости каучука, температуры, скорости сдвига, геометрии, зазора червяка и цилиндра.

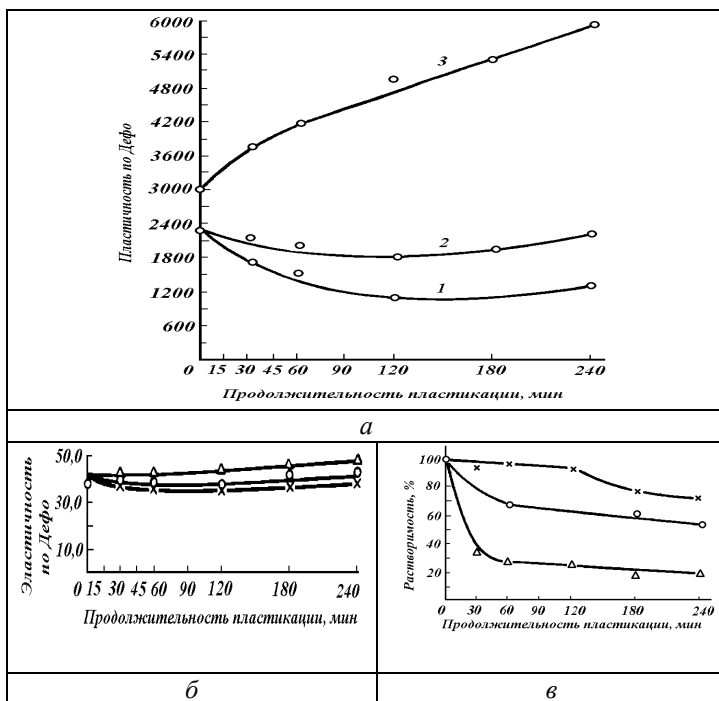


Рис. 3 – Изменения пластичности (а), эластичности (б) и растворимости (в) каучука от продолжительности пластикации

Вследствие трения каучука о стенки цилиндра и о поверхность червяка, а также в результате внутреннего трения происходит интенсивное нагревание каучука. Вся потребляемая энергия превращается в теплоту, которая частично рассеивается в окружающую среду, но в основном поглощается охлаждающей водой и нагретым пластицированным каучуком.

В закрытых скоростных резиносмесителях развиваются высокие напряжения сдвига. Резиносмеситель имеет меньшую поверхность охлаждения, а теплообразование в нем более значительное. Пластикацию каучука на вальцах экономически целесообразно проводить при малых масштабах производства, т.к. расходуется больше энергии, вследствие чего каучук и валки сильно нагреваются.

Смешение каучука с ингредиентами сопровождается рядом физико-химических процессов, которые существенно влияют на состояние смеси и параметры смешения. Диффузия и растворе-

ние некоторых компонентов в смеси приводит к более равномерному их распределению и уменьшению вязкости, снижению сдвига и изменению других реологических характеристик смеси.

Одностадийное смешение применяют при изготовлении смесей на основе низковязких каучуков или смесей с малоактивными наполнителями, как правило, в смесителях с малой частотой вращения роторов. При таком способе в пластицированный каучук последовательно вводят ингредиенты, причем серу добавляют в смесь обычно на листовальных вальцах или вводят в резиносмеситель до 30 секунд до окончания цикла смешения.

Двухстадийное смешение проводят или в двух скоростных резиносмесителях, или в скоростном и тихоходном смесителях, продолжительность смешения в каждом из резиносмесителей составляет 2-4 минуты.

При непрерывном процессе смешения, в отличие от периодического, не происходит резких циклических изменений мощности и температуры. Кроме того, появляется возможность использовать отводимую из зон интенсивного теплообразования энергию для предварительного нагревания ингредиентов, поступающих в зону загрузки, что позволяет значительно повысить КПД оборудования, обеспечить стационарность температурного режима смешения и получение смесей с одинаковыми свойствами.

После смешения резиновые смеси необходимо охлаждать, так как в процессе хранения при повышенной температуре возможна их подвулканизация или слипание. При охлаждении листы резиновых смесей обрабатывают антиадгезивами. Смесь загружают в ванну с водой, в которую добавляется антиадгезив (например, каолиновая суспензия).

Для получения резиновых изделий бесформенную массу резиновой смеси подвергают формованию.

Основными способами являются:

- каландрование – когда разогретая резиновая смесь пропускается в зазоре между горизонтальными валками, вращающимися навстречу друг другу, с образованием бесконечной ленты определенной ширины и толщины.

- шприцевание (экструзия) – продавливание разогретой резиновой смеси через профилирующие отверстие (мундштук), образуя длинномерные профили (Рис.4).

- прессование, литье под давлением.

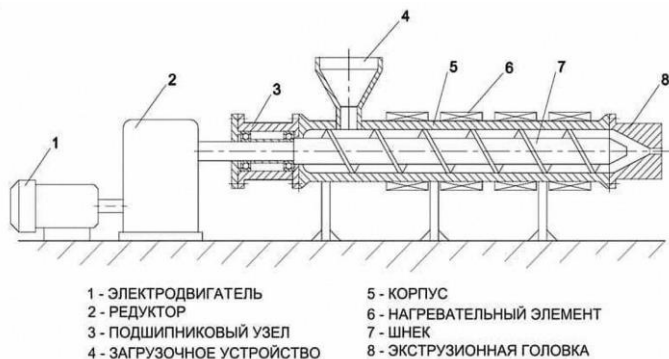


Рис.4 – Схема работы машины непрерывного выдавливания

С точки зрения утилизации отходов принципиально важно, образовались ли они до вулканизации или после неё. Все резиносодержащие отходы можно классифицировать следующим образом (Рис. 5).

Другим новым и перспективным направлением в производстве резиновых изделий является переработка «жидких» каучуков – низкомолекулярных олигомеров на основе диенов, олефинов и их сополимеров [4].



Рис. 5 – Классификация резиносодержащих отходов

Выводы

Накопление отходов производства и потребления, размещение этих отходов в экосистемах – глобальная проблема современности, так как при этом изменяется химический состав окружающей среды, нарушаются естественные ландшафты, в биосфере накапливаются огромные количества токсичных соединений, которые передаются по пищевым цепям, угрожая всему живому [6].

Важная задача современности – организация переработки отходов с целью их рационального использования. Решение данной проблемы является основой устойчивого развития человеческого общества.

Для успешного решения проблемы вторичного использования и переработки резинотехнических изделий России необходима разработка и принятие комплекса мер, регламентирующих порядок их учета, сбора, хранения и поставки на переработку, подготовка и продвижение на федеральном и региональном уровнях законодательных актов, стимулирующих увеличение объемов производства.

Библиографический список

1. Рюткянен Е.А. *Переработка и применение эластомеров: Учебное пособие для студентов заочного отделения/ Е.А. Рюткянен, Ю.М. Волин, С.Н. Корчемкин.* – СПб: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 64 с.
2. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. *Переработка отходов производства и потребления: Справочное издание/Под ред. Докт.техн.наук, проф. Б.Б.Бобовича.* -М. «Интермет Инжинринг», 2000. – 496 с.
3. Резниченко С.В. *Большой справочник резищика. Часть 1. Каучуки и ингредиенты: под ред. проф. С.В.Резниченко и проф. Морозова А.А.*
4. *Учебно-методическое пособие «Вторичное использование резины», МГАТХТ им.Ломоносова, Москва, 2002 г.*
5. Тарасова Т.В, Чапалда Д.И.: *статья «Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин», ОГУ.*
6. *Экологическая химия: статья «Проблемы утилизации отходов полимеров в России/ И.В.Шугалей, И.В.Целинский, А.П.Взняковский, А.В.Гарабаджю;– СПб.: СПбГТИ, 2011.*

ПЕРЕРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ТОКСИЧНОГО МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО РАСТВОРА

Калаев Р. Э., Макаров В. М., Калаева С. З., Маркелова Н. Л.
Ярославский государственный технический университет

В статье рассматривается способ получения порошка меди из отработанных медьсодержащих растворов путем ионного обмена с железосодержащими отходами и его использование в качестве наполнителя токопроводящих резин.

Обработке отработанных медьсодержащих растворов (ОМР) с целью их утилизации посвящено достаточно большое количество работ [1 – 4]. Однако сложность и многостадийность предлагаемых решений не позволяет им найти широкое распространение в промышленности.

Отсутствие простых и экономичных способов обработки ОМР объясняет однократное использование исходных растворов. Данная работа касается и участков травления меди при изготовлении плат печатного монтажа. При травлении меди широко используются растворы на основе хлорида железа (III). Которые по мере насыщения медью становятся непригодными и требуют замены.

Основным источником ОМР в Ярославской области являются ярославский радиозавод, ярославский ЗАО «Ангстрем», Ростовский оптико-механический завод и рыбинский завод приборостроения. Обычно концентрация ионов меди составляет 200 – 280 мг/дм³.

Выделение меди происходит на поверхности железных пластин, которые являются отходом. Предварительно они опускаются на 5 – 10 минут в раствор серной кислоты для удаления оксидной пленки, после чего их поверхность становится блестящей. В качестве раствора серной кислоты используется отработанный электролит кислотных аккумуляторов.

В работе использовались 2 железных пластины: одна с площадью поверхности 64000 квадратных миллиметров, другая с площадью 59400 мм². Общее время нахождения пластин в отработанном медном растворе составило 165,4 часа. За это время с поверхности пластин собрали 790 грамм меди. При суммарной площади обеих пластин 0,1234 м² без каких-либо реагентов и

энергетических затратах выход меди на единицу площади составил 6401,9448 грамм на 1 м².

Полученный порошок меди представлял собой полный просев через сито со стороны ячейки 0,5 мм. Он промывался водопроводной (питьевой) водой для удаления солей с поверхности частиц, далее сушился при 105 °С и вводился в резиновую смесь для изготовления подошв антистатической обуви и антистатического пола.

Состав резиновой смеси приведен в таблице 1. Режим смешения – в таблице 2.

Плотность получившейся резиновой смеси составила 1420 кг/м³. Сера вводилась на вальцах при листовании.

Таблица 1 – Состав смеси для изготовления подошвы антистатической обуви и антистатического пола

№ п/п	Наименование ингредиентов	На 100 мас.ч. каучука	Массовые доли, %	Навеска вещества в резино-смесителе, кг
1	СКМС30-АРКМ-15	100,00	41,30	82,280
2	Сера	9,00	3,73	7,415
3	Тиурам	1,00	0,41	0,815
4	ДФГ	1,00	0,41	0,815
5	Белила цинковые	5,00	2,07	4,115
6	Порошок меди	105,00	43,47	86,420
7	Канифоль	1,00	0,41	0,815
8	Масло вазелиновое	10,00	4,14	8,230
9	Парафин	0,50	0,21	0,417
10	Стеарин	2,50	1,03	2,050
11	Пигмент красный	1,50	0,62	1,233
12	Редоксайд	5,00	2,07	4,115
13	Техуглерод печной	0,10	0,04	0,080
	Итого	241,6	100,00	198,800

Смесь охлаждали до температуры помещения и хранили смеси на стеллажах, отдых перед вулканизацией составлял не менее 8 часов.

В таблице 3 представлены показатели качества получившейся резиновой смеси.

Физико-механические показатели и электропроводящие свойства опытных образцов резины представлены в таблице 4.

Таблица 2 – Режим смешения резиновой смеси

№ п/п	Порядок введения ингредиентов	На какой минуте вводится в резиносмеситель
1	Загрузка СКМС-30АРКМ-15	0'
2	Ввод цинковых белил,ДФГ, красного пигмента, редоксайда, теуглерода, тиурама, канифоли, парафина, стеарина	1'
3	Ввод порошка металлической меди, масла вазелинового	2'
4	Выгрузка	6-7'
5	Температура валков вальцев: Зазор между валками:	Переднего 60-65°С Заднего 50-55°С Первоначальный 6 мм Конечный 8-10 мм

Таблица 3 – Показатели ускоренного контроля смеси после изготовления

Пластичность по Карреру	Режим вулканизации		Кольцевой модуль		Плотность смеси, кг/м ³
	Температура, °С	Время, мин	Груз/деление	Кольцевой модуль	
0,30-0,50	143	20	3/2	1,02-2,5	1420

Таблица 4 – Свойства резин, наполненных порошком меди

Режим вулканизации		Предел прочности при растяжении	Удлинение при растяжении		Удельное объемное электросопротивление, ρ _v
			Относительное	Остаточное	
°С	мин	МПа	%	%	Ом·м
160	15	4	200	25	2,7 · 10 ⁴

Получившийся резиновый материал можно считать проводником, поскольку удельное объемное электросопротивление образцов $\rho_v < 10^5$ Ом·м.

Библиографический список

1. Богуславская, Л. А. Способ утилизации медьсодержащих стоков/ Л. А. Богуславская, А. И. Зельдова // Экология производства.-2005.-№7;

2. Меркушев, Ю. Н. Технология извлечения меди, никеля, цинка из отработанных концентрированных растворов / Ю. Н. Меркушев, В. Г. Маклеров, В. Г. Петров // Россия, ОАО «Ижевский радиозавод». - Ежегодная Всероссийская науч.-практ. конф. и выставка «Гальванотехника, обработка поверхности и экология – 2002», Москва, 2-4 апреля 2002.- М.: РХТУ, 2002.-с.74;

4. Кругликов, С. С. Извлечение ионов железа и меди из электролита хромирования / С. С. Кругликов, Д. Ю. Тураев / РХТУ им. Д. И. Менделеева // Гальванотехника и обработка поверхности.-2002, Т. 10. - №3.-с. 57-60.

УДК 628.16

К ВОПРОСУ О МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ И НЕОБХОДИМОСТИ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В СУЩЕСТВУЮЩУЮ СИСТЕМУ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Киреева А.С., Ковалев Р.А.

Тульский государственный университет

В статье рассмотрены традиционные существующие системы очистки природных вод и возможность внедрения мембранных технологий для получения воды требуемого качества.

Научно-технический прогресс, высокие темпы развития жилищно-бытового и производственного строительства - всё это обуславливает колоссальное потребление водных ресурсов с одновременным стремительным развитием водного хозяйства и значительным увеличением качества потребляемой воды. Для выполнения требуемых задач необходимо внедрение наиболее эффективных и усовершенствование существующих методов очистки природных вод, в связи с чем возникает необходимость использования мембранных технологий. Мембранные процессы разделения позволяют решить большой круг научно-технических задач, таких как концентрирование и разделение пищевых средств, кислот, опреснение воды и многое другое. Особое место среди мембранных технологий занимает метод ультрафильтрации и нанофильтрации, поскольку именно они являются наиболее приемлемыми для подготовки воды питьевого качества. Активное применение установок ультрафильтрации и нанофильтра-

ции вызвано в ряде зарубежных стран, таких как Великобритания, США, Германия, Австралия и др., введением в этих странах новых, более жёстких нормативных документов, регламентирующих качество питьевой воды. Повышение нормативных требований к качеству питьевой воды вызвано деградацией качества воды во многих поверхностных и подземных источниках. Такие станции нанофильтрации производительностью 10000 м³ воды в час и выше уже работают в ряде городов Европы [1].

В соответствии с [2] традиционная система очистки поверхностных вод может включать в себя процессы коагуляции, флокуляции, отстаивания, фильтрования и обеззараживания. При этом, в зависимости от качества исходной воды могут применяться методы умягчения, обессоливания, обезжелезивания, дегазации, фторирования и обесфторивания, подкисления и подщелачивания и др. Такие системы очистки вод имеют ряд недостатков, среди которых: занимаемые площади, количество сооружений, энергозатраты, увеличенный расход реагентов, особенно в период паводков, когда происходит значительное увеличение мутности, что приводит к увеличенному расходу коагулянта, а самое главное стандартная подготовка воды, не меняющаяся в зависимости от внешних факторов.

Так, например, водоснабжение города Тулы осуществляется за счёт подземных источников. Используются воды Упинского, Заволжского и Тарусско-Окского водоносных горизонтов. Самым качественным из вышеперечисленных является Упинский водоносный горизонт, но за 125 лет активной эксплуатации он сильно истощён и уже не может обеспечивать потребность города в воде. Для Заволжского водоносного горизонта характерны высокая минерализация и жёсткость. Волоховские артезианские скважины, а также Маслово-Песоченский, Менделеевский и Скуратовский водозаборы подают воду в город с повышенным содержанием солей жёсткости до 14 град. Ж, при нормативном показателе "общей жесткости" не более 10 град. Ж [3]. Очистка воды от железа осуществляется на станциях обезжелезивания на скорых фильтрах методом упрощенной аэрации. Для обеззараживания воды применяется гипохлорит натрия марки "А" дозой 3 - 10 мг/дм³ [4]. В результате многочисленных измерений обнаружено, что многие образцы воды не соответствуют гигиеническим требованиям [5]. На территориях Тульской области (15 районов) питьевая вода не соответствует гигиеническим нормативам жесткости.

В ходе проверки Управления Роспотребнадзора по Тульской области [6] было обнаружено, что основными загрязняющими веществами в водных объектах Тульской области, по которым зафиксированы превышения ПДК, являются: фтор – 6,8 %, стронций – 3,85 %, нитраты – 35,9 %, свинец – 1,7 %, марганец – 2,14 %, железо – 39,32 % (удельный вес проб от общего количества превышений), сульфаты – 10,26 %. Повышенное содержание железа, высокая общая жесткость и солесодержание в природной воде ряда водоносных горизонтов определило необходимость строительства новых сооружений водоподготовки и реконструкции старых. По данным некоторых специалистов в случае введения на территории РФ европейских стандартов качества на воду, то до 80 % воды было бы призвано не удовлетворяющим качествам питьевой воды. В связи с чем возникает острая необходимость доочистки воды перед подачей её потребителю, особенно для объектов с повышенными требованиями к качеству воды (детские учреждения, больницы, предприятия общественного питания).

Как говорилось ранее, на территории Тульской области вода характеризуется повышенным содержанием железа, как и в большинстве подземных вод Российской Федерации. Ультрафильтрация – это мембранный процесс, основанный на принципе пропуска через мембраны частиц определенного размера. На ультрафильтрационных мембранах задерживаются коллоиды железа, взвешенные вещества, микроорганизмы, средняя и тяжелая органика, т. к. мембраны имеют размер пор 0,01 до 0,1 мкм. Вместе с тем, ультрафильтрация пропускает все растворенные соли, что позволяет сохранить естественный солевой состав природной воды. В свою очередь, установки нанофильтрации занимают особое положение, так как являются низконапорным процессом обратнoсмотического разделения, осуществляемый на мембранных элементах с пониженной селективностью, позволяющим сохранить физиологическую полноценность химического состава воды.

Таким образом, использование традиционных методов очистки вод на сегодняшний день недостаточно для получения требуемого качества воды. Использование мембранных технологий взамен традиционным схемам очистки (или вместе с ними) отличаются меньшими энергозатратами, простым аппаратурным оформлением, отсутствием вспомогательных реактивов, что повышает

общую экологическую обстановку процесса, а, самое главное, улучшение качества потребляемой воды.

Результаты исследования опубликованы при финансовой поддержке ТулГУ в рамках научного проекта № госрегистрации АААА-А19-119011090036-5 «Разработка метода выбора параметров очистных сооружений».

Библиографический список

1. *Ventresque C. et al. An outstanding feat of modern technology: the Meru-Sur-Oise Nanofiltration Treatment Plant (340 000 m³/d) // Proc. of the Conf. on Membranes in Drinking and Industrial Water Production (Paris, 3-6 October). 2000. V. 1, p. 1–16.*

2. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*

3. СанПиН 2.1.4.1074-01. "Питьевая вода, гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества".

4. Инвестиционная программа ОАО "Тулагорводоканал" "Развитие систем водоснабжения и водоотведения на территории муниципального образования город Тула на 2008 - 2014 годы". Решение от 4 мая 2008 года N 44/1037. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/441718363>

5. Болдырева В.В., В.А. Щеглова, А.Н. Ряполова, Н.Н. Ястребова, Л.С. Поликанова, Н.В. Сиротина. // Оценка качества питьевой воды централизованного водоснабжения в районах Тульской области за 2005-2007 годы.

6. Информационный бюллетень «Качество питьевой воды и её влияние на здоровье населения Тульской области». Электронный ресурс: <http://rpn.tula.ru/monitoring/kach.pdf>

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ФОРМ УГОЛЬНОЙ КИСЛОТЫ В СИСТЕМАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

Киреева А.С.

Тульский государственный университет

В статье рассмотрены возможные причины разрушения железобетонных резервуаров водопроводно-очистных станций и трубопроводов, а также вопрос о применении алюмосодержащих коагулянтов.

Во все времена требования к источнику водоснабжения сводились к тому, чтобы вода не наносила вред здоровью людей и обеспечивала санитарно-эпидемиологическое благополучие населения. При выборе источника водоснабжения необходима комплексная оценка всех имеющихся источников водоснабжения в регионе, включающая в себя гидрологические, топографические, гидрогеологические, гидротермические, гидробиологические, гидрохимические и другие изыскания и санитарные обследования.

В качестве источника водоснабжения могут быть использованы как подземные, так и поверхностные воды. Приоритет следует отдать подземным источникам водоснабжения, так как они наиболее защищены от антропогенного воздействия, не содержат взвеси и в большинстве случаев практически бесцветны. При невозможности использования подземного источника в качестве альтернативного варианта может быть выбрана возможность водоснабжения из поверхностного источника. Поверхностные источники могут быть представлены в виде рек, озёр, водохранилищ, каналов, реке морей.

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамическую систему, в состав которой входят газы, минеральные и органические вещества, находящиеся в истинно растворённом, коллоидном и взвешенном состояниях, а также микроорганизмы [1]. При очистке поверхностных вод от находящихся в ней загрязнений особое внимание следует уделить стабильности обработанной воды в отношении углекислотного равновесия.

Угольная кислота встречается в природных водах в форме недиссоциированных молекул H_2CO_3 , гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов [1]. Различают понятия свободной и связанной угольной кислоты. Свободная угольная кислота представлена в виде суммы углекислого газа и молекул угольной кислоты. Под связанной угольной кислотой понимают кислоту, входящую в

состав гидрокарбонатов и карбонатов. Закономерность изменения форм угольной кислоты была изучена многими отечественными авторами. В результате их работы было определено, что формы угольной кислоты напрямую зависят от водородного показателя pH. В трудах [1] была предложена табличная форма соотношения форм угольной кислоты от pH при постоянной температуре. Для наглядности воспользуемся графическим изображением соотношения форм.

На графике видно, что при pH меньше 4 вся угольная кислота представлена диоксидом углерода CO_2 , далее, при увеличении pH CO_2 уменьшается с одновременным возрастанием гидрокарбонатов HCO_3^- , при достижении отметки pH 8.4 вся угольная кислота представлена гидрокарбонатами HCO_3^- .

В соответствии с [3] в качестве коагулянта следует принимать сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, хлористое железо FeCl_3 , сернокислое железо $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Сернокислый алюминий обладает высокой коагулирующей, адсорбционной и осаждающей способностью продуктов его гидролиза в отношении большинства загрязнений в обрабатываемой воде, небольшой стоимостью и доступностью.

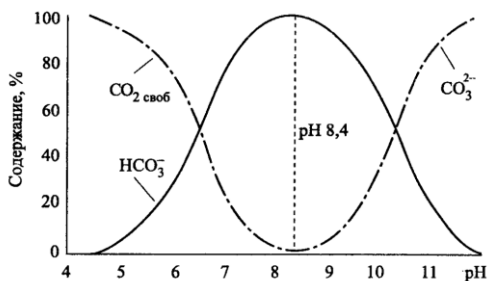


Рис. 1 – Зависимость содержания форм угольной кислоты и значения pH

Помимо положительных качеств использования этого коагулянта существуют и отрицательные, например, достаточно высокое содержание остаточного алюминия в низкотемпературной воде, а главное, снижение pH воды, что вызывает дополнительное разложение бикарбонатов с выделением углекислого газа. При введении каждого миллиграмма безводного сульфата алюминия или хлорного железа сопровождается выделением 0,8 мг

свободной углекислоты, что значительно нарушает углекислотное равновесие воды [2]. Избыточная свободная угольная кислота в отличие от равновесной очень активна и называется агрессивной [1]. Агрессивные свойства угольной кислоты позволяют ей взаимодействовать с карбонатными породами и переводить их в гидрокарбонаты. Наиболее благоприятными условиями накопления углекислоты в воде являются периоды паводков, когда происходит значительное увеличение мутности, что приводит к увеличенному расходу коагулянта. Если показатель рН воды низкий, то может наблюдаться язвенная или сплошная коррозия внутри поверхности трубопроводов и материалов. Также агрессивная углекислота разрушительно действует на бетон, из которого зачастую состоят некоторые сооружения водопроводной очистной станции, что вызывает растрескивание извести цемента, тем самым ослабляя его прочность.

Таким образом, возникает необходимость предупреждения разрушения трубопроводов, оборудования и материалов. Одним из способов решения данной проблемы является использование коагулянтов, не оказывающих отрицательного влияния на рН среды, сохранение показателя её стабильности и не допускающих вторичного загрязнения обрабатываемой воды. Примерами таких коагулянтов могут быть коагулянты марки «АКВА-АУРАТ™10», «АКВА-АУРАТ™18», «АКВА-АУРАТ™30». Систематизированы и обобщены данные результатов исследований по применению коагулянтов серии АКВА-АУРАТ в [5].

Библиографический список

1. *Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод.-Киев: Вища школа. 1986. - 352 с.*
2. *Беличенко Ю. П., Швецов М. Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. - М.: Россельхозиздат, 1986.-304 с.*
3. *СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84**
4. *Крупнова Т.Г., Сухарев Ю.И. Химия окружающей среды: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – Ч. 2. – 36 с.*
5. *Гетманцев С.В. Система выбора эффективных технологий очистки природных вод с применением алюмосодержащих коагулянтов/ С.В. Гетманцев // ВСТ. - 2011. - №8*

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЧ ДИАПАЗОНА
НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

Логачева Е.А., Жданов В.Г., Ярош В.А., Шунина А.А.
Ставропольский государственный аграрный университет

В статье рассматриваются методы и средства электромагнитной безопасности рабочих мест.

Исследования процессов формирования ЭМП СВЧ диапазона необходимы для создания здоровых и безопасных условий труда людей, работающих с СВЧ технологиями. Работа в этом направлении представляется сочетанием следующих аспектов (рис 1):

- нормирование опасных параметров воздействующего фактора, то есть предельно допустимых значений электромагнитного поля.
- обнаружение биологически значимых параметров.
- разработка системы защиты, то есть комплекса мероприятий инженерного, организационного и физико-биологического плана, направленных на предотвращение или снижение до минимума вредного воздействия [1, 2].

Нормирование параметров воздействия ЭМП на организм человека является преимущественно медико-биологическим направлением. Состояние нормативной документации по безопасной работе с источниками электромагнитных полей СВЧ диапазона не раз обсуждалось в научной литературе [1, 2, 4]. Единое мнение отсутствует даже на уровне различных государств [1, 3, 4].

Обнаружение биологически значимых параметров и разработка защитных мероприятий требуют внимания специалистов охраны труда [1, 6]. Основной задачей технических средств измерения параметров электромагнитного поля является инструментальное определение энергетических и временных характеристик поля, определяющих его биологическую опасность. В настоящее время лучше всего разработаны методы и аппаратура измерения энергетических параметров поля – плотности потока падающей мощности, а также величины электрической и маг-

нитной составляющих. В соответствии с назначением аппаратуры для измерения параметров ЭМП можно разделить на следующие группы [1,4,12]:

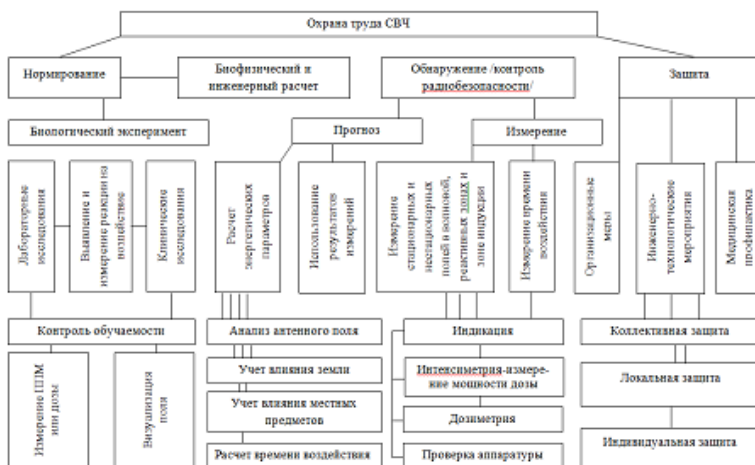


Рис. 1 – Основные направления развития охраны труда использования СВЧ

- Аппаратура оповещения персонала об опасности. То есть индикаторы поля, дозиметры, если они выполнены с устройствами автоматической сигнализации

- Контрольные приборы, предназначенные для регулярного контроля превышения нормируемых параметров, то есть обычно интенсиметры, измеряющие плотность потока мощности ППМ, напряженность электрической и магнитной составляющих поля по средним или пиковым значениям амплитуды напряженности поля. [1, 3, 4].

- Инспекторские и исследовательские приборы, предназначенные для широкого круга научных, производственных и инспекторских работ. Эти приборы подобны приборам контрольной группы, но имеют большой динамический диапазон и лучшую точность. Приборы первой и второй групп достаточно редки и дороги, малодоступны[1, 4, 7, 12].

Широкое распространение имеют приборы третьей группы. При разработке данных приборов использовался основной принцип измерения плотности потока мощности, который со-

стоит в следующем: СВЧ мощность устанавливается приемной антенной соответствующего диапазона волн. В качестве элемента, реагирующего на мощность СВЧ колебаний, обычно выбирается терморезистор, включенный в цепь постоянного тока, в плечо мостиковой схемы. Терморезистор помещен в волновую или коаксиальную линию в качестве высокочастотной нагрузки. Между приемной антенной и терморезисторной головкой включается переменный градуированный аттенюатор. Аттенюатор устанавливается в такое положение, чтобы показание прибора в диагонали моста всегда было одним и тем же, соответствующим определенной мощности, рассеиваемой терморезистором. Примером такого прибора является измеритель плотности потока мощности ИПП-10. Он основан на принципе поглощения всей мощности, проходящей на эффективную поверхность рупорной антенны. Высокочастотной нагрузкой является терморезистор с увеличенным размером для уменьшения перегрева в работе в импульсном режиме. Рисунок 2 представляет принципиальную схему прибора.

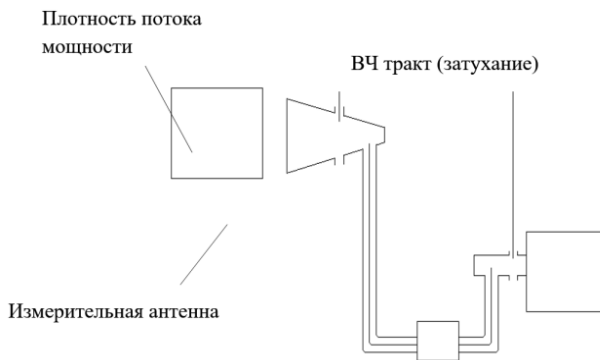


Рис. 2 – Принципиальная схема измерения плотности потока мощности

Подсоединение измерителя малой мощности к эталонной антенне осуществляется коаксиально-волноводным переходом с кабелем, затухание которых известно.

Определение плотности потока мощности осуществляется по известной формуле, для которой нужно знать эффективную поверхность измерительной антенны.

В настоящее время наиболее распространенным прибором для измерения интенсивности излучения в СВЧ диапазоне является измеритель плотности потока мощности ПО – 1 («Медик - I»). Он предназначен для измерения плотности потока мощности в $\text{мкВт}/\text{см}^2$, т.е. энергии сформировавшегося ЭМП. Диапазон изменений по длинам волн составляет 1,8 – 2 см...2м. Столь широкий диапазон обеспечивается применением калиброванных антенн, рассчитанных на различные длины волн.

В основу измерения положен болометрический метод, вследствие чего прибором регистрируется средняя мощность излучения.

При измерении ППМ антенна с известной эффективной поверхностью помещается в измеряемое поле. Мощность высокой частоты поступает на аттенюатор и терморезистор. Часть мощности рассеивается в аттенюаторе с фиксированной величиной ослабления, остальная поглощается терморезистором. При малых интенсивностях излучения терморезисторная головка подключается непосредственно к антенне.

Терморезистор включается непосредственно в измерительный мост постоянного тока, с помощью которого производится измерение. Электрическая схема измерителя мощности состоит из двойного терморезисторного моста, генератора частоты и двух измерительных приборов.

Плотность потока мощности $W(\text{мкВт}/\text{см}^2)$ определяется по формуле:

$$W = \frac{P \cdot n}{\mu \cdot S}$$

где P – показания измерителя мощности, мкВт;

S – эффективная поверхность антенны, см^2 ;

n – величина ослабления аттенюатора;

μ – КПД терморезисторной головки.

Общая погрешность прибора составляет $\pm 30\%$.

Так как прибор ПО – 1 предназначен для определения величины плотности потока мощности, т.е. энергии сформировавшегося электромагнитного поля, перед измерением необходимо установить, в какой зоне находятся точки замера, что является большим неудобством при проведении измерений. Различают три зоны излучения: ближнюю, промежуточную и дальнюю. Наиболее благоприятной для измерения ППМ с помощью при-

бора ПО – 1 является дальняя зона. В промежуточной зоне имеет место наложение полей, причем они могут совпадать или быть противоположными по фазе, вследствие чего создаются пики мощностей в одних участках и незначительная мощность в других участках. Результаты измерений прибором ПО – 1 в этой зоне будут крайне неоднородные, следует сделать максимально возможное число замеров и вывести из них среднее значение плотности потока.

В ближней зоне, где поле еще не сформировалось и нет постоянных соотношений между электрической и магнитной составляющими ЭМП, прибором ПО – 1 пользоваться невозможно. Анализируя состояние современных методов измерения интенсивности ЭМП и аппаратуры, предназначенной для измерений соответствующих параметров ЭМП СВЧ диапазона, можно сказать, что в настоящее время отсутствуют удобные универсальные приборы, удовлетворяющие всем требованиям исследований. Наиболее рекомендуемый прибор ПО – 1 («Медик – 1») обладает большой погрешностью измерений, предназначен для измерений лишь на определенных участках ЭМП, не рекомендован для измерений в ближней зоне излучателя, т.е. на наиболее опасных, с позиции безопасности труда, участках. Поэтому первоочередной задачей является разработка прибора, позволяющего контролировать ППЭ на рабочем месте оператора СВЧ установки.

Библиографический список

1. *Логачева Е.А., Жданов В.Г. К вопросу о сохранении естественного «электромагнитного фона» окружающей среды при внедрении СВЧ технологий в сельском хозяйстве. В сборнике: Проблемы рекультивации отходов быта промышленного и сельскохозяйственного производства IV международная научная экологическая конференция с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Латвии, Ливана, Молдовы, Приднестровья, России, Словакии, Узбекистана и Украины). 2015. С. 378-38.*

2. *Жданов В.Г., Логачева Е.А. Планирование работ электротехнической службы для разработки АРМ энергетика. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 76 научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. 2012. С. 47-49.*

3. Логачева Е.А., Жданов В.Г. Повышение качества подготовки технических кадров – основная задача в аграрном образовании // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты. Материалы II Международной научно-практической конференции 2014. С.125-130.

4. Логачева Е.А., Жданов В.Г. Электромагнитная безопасность производственного оборудования // В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 74-я научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. Ставрополь, АГРУС.2010. С.120-122.

5 Atanov I.V., Mastepanenko M.A., Ivashina A.V., Zhdanov V.G., Logacheva E.A., Avdeeva V.N. Seed treatment by pulsed electric field before sowing/ Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 6. С. 1664-1671.

6. Жданов В.Г., Логачева Е.А.. Оптимизационные задачи управления деятельностью энергослужб предприятий. Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2 (18). С. 36-40.

7. Логачева Е.А., Жданов В.Г. Программный комплекс для ЭВМ по планированию ремонта электрооборудования // Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем : сб. науч. статей по материалам 2-й Междунар. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 15-16 ноября 2011 г.) / СтГАУ. Ставрополь, 2011. С. 65-67.

8. Жданов В.Г., Логачева Е.А. Планирование работ электро-технической службы для разработки АРМ энергетика // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: материалы 76 научно-практической конференции электроэнергетического факультета СтГАУ, 2012. С-47-49.

10 Жданов В.Г., Логачева Е.А. Информационное обеспечение АРМ энергетика // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: материалы 76 научно-практической конференции электроэнергетического факультета СтГАУ, 2012. С-42-46.

11. Ракутько С.А., Логачева Е.А., Жданов В.Г. Алгоритмы инструментальных обследований для проведения энергоаудита

организаций // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2014. №36. С.225-229.

12. *Логачева Е.А., Жданов В.Г., Зобнин В.И. Исследование частотных характеристик сельскохозяйственных материалов с целью обеспечения безопасности СВЧ технологий // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019. №2(55). С.203-209.

13. *Yarosh V.A., Zhdanov V.G., Kobozev V.A., Logacheva E.A., Privalov E.E. Use of geo-information systems for solving analytical problems in the power industry // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2019. T. 10. № 1. С. 1049-1055.

УДК 662.235

ФАКТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРОВ И УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ПРИ ВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Молдован Д.В., Чернобай В.И., Ястребова К.Н.

Санкт-Петербургский государственный горный университет

В работе освещена проблема загрязнения атмосферы открытых горных разработок добычи угля при буровзрывных работах. Данное направление особенно актуально в сегодняшнее время и требует более тщательного контроля. Данные задачи возможно осуществлять при помощи современных средств контроля. Оперативный контроль опасных газов позволяет принять оперативные действия по их ликвидации, а так же произвести упреждающие мероприятия для предотвращения вредных последствий.

Последнее десятилетие было отмечено дальнейшим обострением проблемы создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда в карьерах по фактору загрязнения, в том числе и при взрывных работах. Это обусловлено интенсивным углублением горных работ и, соответственным ослаблением естественного воздухообмена, использование в связи с экономическими трудностями более дешевых типов промышленных взрывчатых веществ (ВВ), а также недостаточным количеством новых эффективных научно-технических методов, позволяющих решить вопросы нормализации атмосферы карьеров после взрывных работ.

Так, массовые взрывы оказывают существенное воздействие на окружающую среду. Они являются мощными источниками выделения токсичных газов, загрязняющих атмосферу карьеров и прилегающую к ним земную поверхность. Так при взрыве зарядов общей массой 200-300 т. ВВ объем газового облака достигает в среднем 17 млн. м³, и дальность его распространения превышает 12 км. При этом в атмосферу выбрасывается более 2 тыс. м³ ядовитых газов [1, 2].

Наблюдения и экспериментальные исследования, проведенные в течение последних лет на ряде горных предприятий показали, что учет газообразных продуктов взрыва провести сложнее, чем это казалось ранее. Газообразные продукты взрыва заряда ВВ в скважине определяются следующим образом:

- часть газов непосредственно поступает в атмосферу, смешивается с воздухом и частично вступает во взаимодействие с ним;
- часть газов поглощается раздробленной и отброшенной взрывом горной породой;
- часть газов под давлением взрыва заполняют трещины и поры горной породы [3].

При этом газы взрыва, проникшие непосредственно в атмосферу, ведут себя по-разному: окись углерода сохраняется и должна быть удалена с помощью принудительных методов; окислы азота, постепенно переходя из окиси азота в двуокись азота, соединяется с влагой, содержащейся в атмосфере.

Газы, заключенные в трещинах пород окружающего горного массива, в развале горных пород диффундируют оттуда очень медленно и могут находиться там неопределенно долгое время, а в результате вторичных реакций возможно образование крайне ядовитых соединений, например цианистого водорода (HCN) [3].

В реальных условиях развала горных пород газообразные продукты взрывчатого разложения могут содержать: пары воды, углекислый газ CO₂, окись углерода CO, кислород O₂, азот N₂, а также группу окислов азота, которая включает в себя окись азота NO, двуокись азота NO₂, дву- и четырехокись азота N₂O₄ и другие. В отдельных случаях возможно образование цианистого водорода HCN, метана CH₄, этана C₂H₆, ацетилена N₂H₂, водорода H₂, сернистого ангидрида SO₂ и сероводорода H₂S [4, 5].

В результате вторичных реакций в горной породе после взрыва наблюдается присутствие более сложных соединений: альдегидов, бензольной группы и других ядовитых веществ. Решающую роль в этом случае играет концентрация и ее отно-

шение к ПДК. Для регистрации в данном случае достаточно широко применяются газоанализаторы, индикаторные трубки, а также методы спектрометрии (ШИ-2).

Газоопределитель с индикаторными трубками представляет собой портативный химический прибор, принцип действия которого основан на изменении окраски индикаторной массы в трубке при пропускании через нее газовой смеси, содержащей определяемый газ, измерении содержания газа по длине изменившего окраску слоя. Длина изменившего окраску слоя пропорциональна процентному содержанию определяемого газа и объему протянутого через индикаторную трубку воздуха.

Таким образом, индикаторные трубки - широко используемые средства количественного экспресс-контроля загрязненности воздуха, газовых сред и промышленных выбросов. Они позволяют осуществлять контроль без дополнительного электропотребляющего оборудования и в минимальные сроки. Контроль воздуха во многих случаях начинается с получения экспрессной информации о его составе или содержании загрязнений.

Экспрессная (сигнальная) информация позволяет принять решение о комплексе неотложных практических мероприятий и определить (при необходимости) направление дальнейшего углубленного исследования ситуации.

Однако, для проведения натурных экспериментов, кроме точного определения точечных концентраций, важным является качественный анализ максимально широкого спектра образовавшихся ядовитых газов. Поэтому наиболее целесообразным методом определения изменения концентрации ядовитых газов в развале горных пород после массового взрыва при применении технологических мероприятий для снижения газообразования представляется использование газоанализаторов нового поколения.

Газоанализаторы основаны на физических методах анализа, включающих вспомогательные физико-химические процессы (термохимические, электрохимические и др.). Термохимические газоанализаторы основаны на измерении теплового эффекта реакции каталитического окисления (горения) газа, применяют главным образом для определения концентрации горючих газов (например, опасной концентрации окиси углерода в воздухе). Электрохимические газоанализаторы позволяют определять концентрацию газа в смеси по значению электрической проводимости раствора, поглотившего этот газ. Фотоколориметрические основаны на изменении цвета определенных веществ при их ре-

акции с анализируемым компонентом газовой смеси, применяют главным образом для измерения микроконцентрации токсичных примесей в газовых смесях - сероводорода, окислов азота и др.

Однако, наиболее перспективным на сегодняшний день представляется хроматографический метод анализа. Его достоинства:

- портативная аппаратура, позволяющая проводить дистанционные заборы проб и моментальный экспресс – анализ;
- определение количественной и качественной концентрации различных ядовитых газов (например, окислов углерода, азота)

При проведении опытных взрывов использовалось конверсионное ВВ тротил - У, используемое на предприятии.

Для определения концентрации ядовитых газов в приустьевой зоне скважин диаметром 250 мм был проведен хроматографический анализ разделения газовой смеси с помощью хроматографа модели ХПМ - 4.

Результаты анализа представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Изменение концентрации ядовитых газов при взрыве скважинного заряда без забойки

Время, с	900	12000	1500	1800	2100	2400
Концентрация CO, % по об.	0,02	0,15	0,1	0,03	0,004	0,0018
Концентрация CO, мг/м ³	230	1722	1148	345	46	21
Концентрация NO ₂ , % по об.	0,01	0,03	0,014	0,004	0,0007	0,0003
Концентрация NO ₂ , мг/м ³	189	566	264	75	13	5,7

Таблица 2 – Изменение концентрации ядовитых газов при взрыве скважинного заряда с плотной забойкой за счет снижения образования NO_x в результате вторичных реакций

Время, с	900	12000	1500	1800	2100	2400
Концентрация CO, % по об.	0	0,1	0,07	0,017	0,004	0,0011
Концентрация CO, мг/м ³	0	1148	0,84	195	46	13
Концентрация NO ₂ , % по об.	0	0,024	0,016	0,002	0,0007	0,00015
Концентрация NO ₂ , мг/м ³	0	453	302	38	13	2,8

Отбор газовой смеси продуктов детонации производился с наветренной стороны с помощью ПХВ шланга, подающего смесь газов под действием микрокомпрессора, встроенного в хроматограф на блок анализа газов. Количественный анализ газовой смеси производился по введенным в запоминающее устройство прибора эталонных калибровочных смесей СО и NO₂. В эксперименте был применен вариант прибора с детектором по теплопроводности, как наиболее надежным.

Выводы:

1) Хроматографический метод определения образования и концентрации ядовитых газов показал свою эффективность при различных условиях взрывания скважинных зарядов.

2) Результаты эксперимента показывают, что максимальная концентрация ядовитых газов во всех случаях достигается в районе 10 секунд. Через 30 минут после взрыва концентрация снижается практически до ПДК, которая составляет по СО - 0,0016% по об., по NO₂ - 0,0002% по об.

3) Появление незначительной концентрации ядовитых газов в приустьевой зоне заряда во втором случае, может быть объяснено эффектом сдвижения забойки в начальный момент взрыва до радиальных трещин, и может подтверждать положения о влиянии снижения количества ядовитых газов не только за счет вторичных реакций в запертом пространстве зарядной полости, но и уже при взаимодействии в начальный момент их контакта с забойкой [6, 7].

Библиографический список

1. *Шувалов Ю.В. Снижение пылеобразования и переноса пыли при разрушении горных пород / Ю.В. Шувалов, С.А. Ильченкова, Н.А. Гаспарьян, А.П. Бульбашев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГГУ, 2004. - № 10. - С. 75-78.*

2. *Конорев М.М. Обоснование проектных решений при разработке системы искусственной вентиляции и пылегазоподавления карьера трубки "Мир" / М.М. Конорев., В.Н. Макаров, Г.Ф. Нестеренко // Горный журнал. -1984.- № 9.- С. 57-59.*

3. *Кузнецов И.П. Об улучшении условий труда на открытых горных разработках / Известия вузов. Горный журнал. - 1958. - № 8. - С. 76-79.*

4. *Битколов Н.З. Интенсификация воздухообмена в карьерах тепловым способом / Н.З. Битколов, И.И. Иванов //*

Межвуз. сб.: Вентиляция шахт и рудников. Ленинград: ЛГИ, 1978. - С. 11-20.

5. *Бобровников В.Н. Методы управления аэрогазопылединамическими процессами на горнодобывающих предприятиях / В.Н. Бобровников, Е.Б. Гридина, Л.Ю. Самаров, К.Н. Ястребова // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. М.: Отдельный выпуск № 2 - С. 274-278.*

6. *Молдован Д.В. К вопросу улучшения качества разрушенной горной массы на карьерах / Молдован Д.В., Рядинский Д.Э., Яковлев А.А. // Сборник материалов Форума проектов программ союзного государства – VII Форум вузов инженерно-технологического профиля – респ. Беларусь, г. Минск, Бел. Национальный технический университет, 2018. – С. 110-117.*

7. *Чернобай В.И. Технология превентивного регулирования взрывных работ в условиях, опасных по выбросам токсичных и взрывоопасны пылегазовых формирований / Чернобай В.И., Молдован Д.В. // Mechanizacja i automatyzacja – Katowice, 2014r. - №2(516) – S.20-25.*

УДК 502.33:330.34

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ДОСТИЖЕНИЮ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Морзак Г.И., Сидорская Н.В., Мартынюк С.С.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены цели устойчивого развития. Сделан анализ показателей в области рационального использования водных ресурсов, обеспечения экологической устойчивости населенных пунктов, перехода к рациональным моделям потребления и производства, борьбы с изменением климата. Показано, что успешно проводятся работы по мобилизации внутренних ресурсов для достижения целей устойчивого развития.

Наблюдаемое истощение природных ресурсов и ухудшение состояния окружающей среды (опустынивание, засухи, деградацию земель, нехватка питьевой воды и утрата биоразнообразия) обостряют многочисленные проблемы, стоящие перед человечеством. Одной из наиболее серьезных проблем нашего времени является изменение климата, и негативные последствия

этого явления подрывают способность всех стран достичь устойчивого развития.

В 2015 года государствами членами ООН принята «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Этот документ содержит 17 целей. Главными направлениями по достижению поставленных целей являются ликвидация нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех.

Цели достигаются путем постановки и выполнения задач и индикаторов (показателей), затрагивающих вопросы окружающей среды в области рационального использования водных ресурсов, обеспечения экологической устойчивости населенных пунктов, перехода к рациональным моделям потребления и производства, борьбы с изменением климата, защиты и восстановления экосистем суши и другие (рисунок 1) [1].

Совместно со структурами ООН, другими международными партнерами в Беларуси осуществляется работа по мобилизации внутренних ресурсов для достижения целей устойчивого развития, созданию благоприятной социальной среды и повышению уровня информированности общества [2, 3].

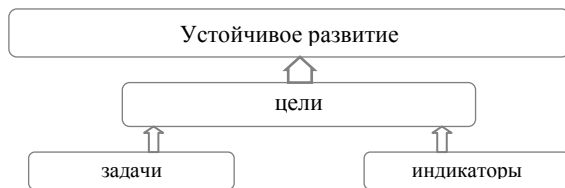


Рис. 1 – Обеспечение устойчивого развития

Для реализации Повестки–2030 на национальном уровне Республика Беларусь предприняла ряд важных шагов, основным из которых является разработка и принятие Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития [4]. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь является ответственным за формирование индикаторов (показателей) по достижению следующих целей устойчивого развития:

- цель 6. Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех;
- цель 9. Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям;

– цель 11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов;

– цель 12. Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства;

– цель 13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями;

– цель 15. Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия;

– цель 17. Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

Для изучения мероприятий и анализа показателей по достижению целей устойчивого развития мы использовали статистические данные о состоянии окружающей природной среды от воздействий на нее хозяйственной деятельности за 2012-2018 годы [5]. На рисунке 2 представлена динамика добычи, использования и сброса воды (миллионов кубических метров), на рисунке 3 - характер сброса сточных воды по степени очистки (миллионов кубических метров).

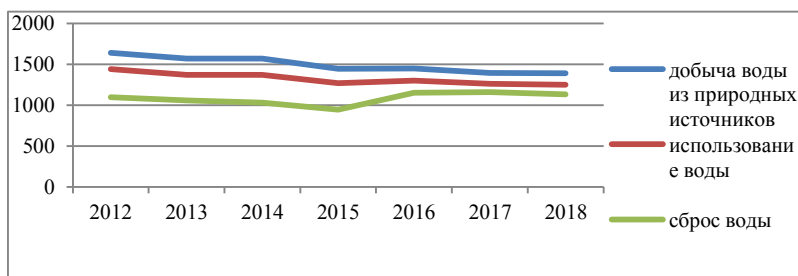


Рис. 2 – Динамика добычи, использования и сброса воды (миллионов кубических метров)

Индикатором создания стойкой инфраструктуры, содействия всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям выбран уровень выбросов углекислого газа (CO₂) на единицу добавленной стоимости (килограммов на рубль) (цель 9). Наблю-

дается устойчивая тенденция по снижению этого показателя с 1,33 в 2012 году до 0,68 в 2017 году.



Рис. 3 – Сброс сточных воды (миллионов кубических метров)

В качестве индикатора для достижения цели 6 определен показатель доли отведенных сточных вод, нормативно-очищенных на сооружениях очистки, в общем объеме нормативно-очищенных на сооружениях очистки и недостаточно очищенных сточных вод по областям и г. Минску (в процентах). В 2018 году для Республики Беларусь этот показатель составил 99,4 %.

Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов (цель 11) определяется такими показателями как доля населения, пользующегося услугой удаления твердых коммунальных отходов на регулярной основе и среднегодовая концентрация содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов (микрограммов на 1 кубический метр воздуха).

По достижению этой цели в 2018 году по доле населения, пользующегося услугой удаления твердых коммунальных отходов, лидирующими являются Гомельская (95,6%) и Могилевская (95,2%). В целом по Республике Беларусь отмечен рост этого показателя – с 75,3% в 2016 году до 90,1% в 2018 году. Также отмечается тенденция по снижению содержания загряз-

няющих веществ в атмосферном воздухе крупных индустриальных городов.

В рамках обеспечения перехода к рациональным моделям потребления и производства (цель 12) нами рассмотрены результаты образования, использования и удаления отходов производства (рис. 4).

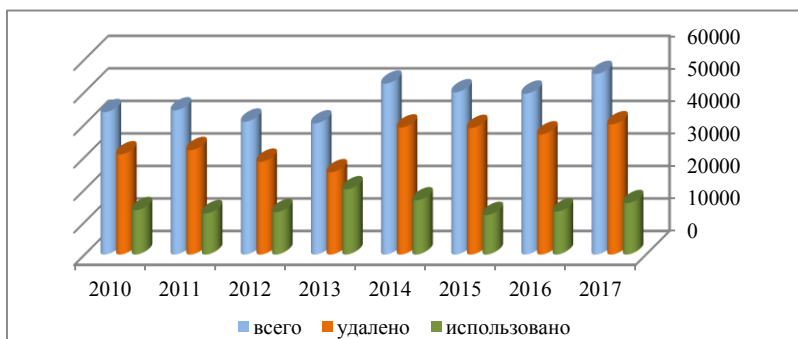


Рис. 4 – Образование, использование и удаление отходов производства (тысяч тонн)

Критериями достижения цели 11 являются (рисунки 5, 6):

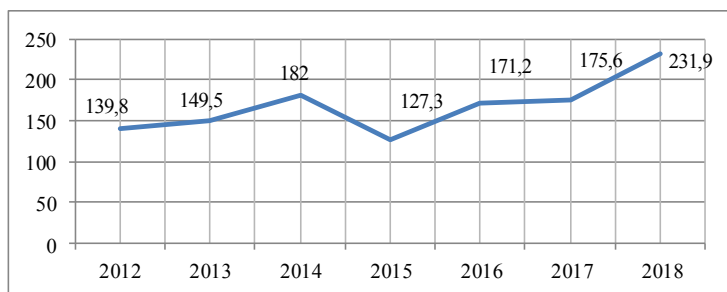


Рис. 5 – Динамика образования отходов производства 1-3 классов опасности, кг на душу населения

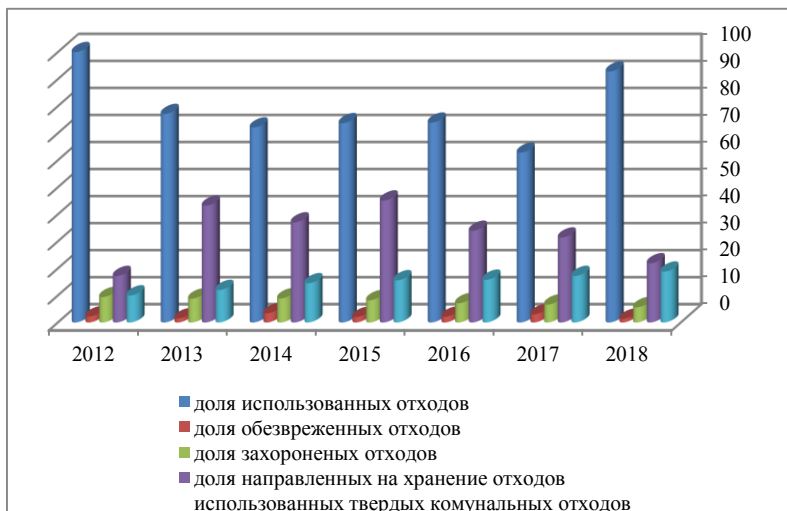


Рис. 6 – Обращение с отходами производства 1-3 классов опасности и твердыми коммунальными отходами, %

1. Образование отходов производства 1-3 классов опасности на душу населения.

2. Доля отходов производства 1-3 классов опасности в общем объеме образовавшихся отходов производства 1-3 классов опасности:

- использованных;
- обезвреженных;
- захороненных;
- направленных на хранение.

3. Доля использования твердых коммунальных отходов в общем объеме образования твердых коммунальных отходов.

Анализ данных показывает, что приоритетными направлениями в обращении с отходами производства 1-3 классов опасности и твердых коммунальных отходами является их использование, что создает модель рационального потребления и производства.

Основными показателями, характеризующими изменение климата, являются температура воздуха, величина атмосферных осадков и объем выбросов парниковых газов. Температура воздуха характеризует тенденции колебания среднегодовой температуры и позволяет оценить степень воздействия температуры на глобальное изменение климата, как за счет цикличности

естественных климатических изменений, так и за счет антропогенного воздействия. Атмосферные осадки формируют возобновляемые ресурсы поверхностных и подземных вод, что, в свою очередь, влияет на состояние всех компонентов окружающей среды (почв, лесов, флоры и фауны). Парниковые газы – газообразные составляющие атмосферы (диоксид углерода, метан, закись азота, фторосодержащие газы) как природного, так и антропогенного происхождения, которые влияют на прохождение инфракрасного излучения. Выбросы парниковых газов пересчитываются в эквивалент диоксида углерода (CO₂). На рисунке 7 представлены выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от различных источников.

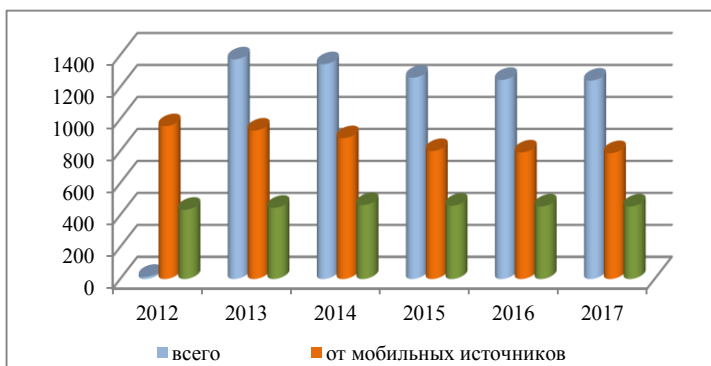


Рис. 7 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Динамика выбросов парниковых газов показана на рисунке 8.

Представленные данные по выбросам загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух позволяют сделать вывод, что во всех сферах экономической деятельности проводятся мероприятия по минимизации воздействий на атмосферный воздух, т.е. принимаются меры по борьбе с изменением климата и его последствиями для достижения цели 13 устойчивого развития.

Данные по показателям цели 15 и цели 17 устойчивого развития в соответствии с [5] носят положительный характер и указывают на защиту и восстановление экосистем суши, их рациональному использованию, снижению процесса деградации земель и снижению процесса утраты биоразнообразия.

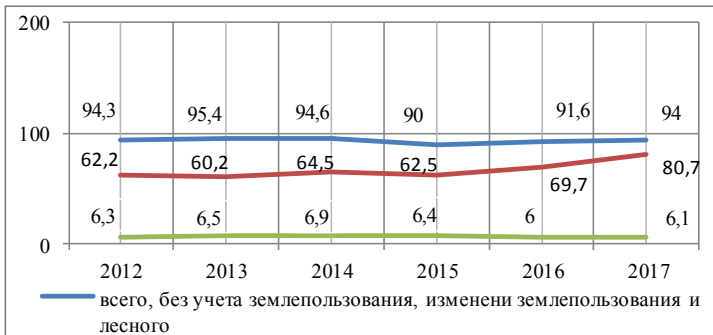


Рис. 8 – Выбросы парниковых газов
(миллионов тонн CO₂-эквивалента в год)

Таким образом, в Республике Беларусь проводится всесторонняя многоплановая работа для достижения целей устойчивого развития, созданию благоприятной социальной среды и повышению уровня благосостояния общества.

Библиографический список

1. *Стартовые позиции Беларуси по достижению целей устойчивого развития/ Сборник материалов.* – Минск: «Джи энд Ди», 2017. – 132 с.
2. *Об осуществлении повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года / Национальный доклад Республики Беларусь.* – Минск, 2017. – 40 с.
3. *Беларусь на пути достижения целей устойчивого развития / Национальный статистический комитет Республики Беларусь.* – Минск, 2019. – 31 с.
4. *Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года.* – Минск, 2017. – 148 с.
5. *Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь.* – Минск, 2018, 2019.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Островская Ю.А., Онищенко С.А.

Академия гражданской защиты МЧС ДНР

В работе рассмотрена актуальная на сегодняшний день тема предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на теплоэлектростанциях, проанализированы возможные причины и последствия аварийных ситуаций на теплоэлектростанциях, рекомендованы мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Важным аспектом устойчивого функционирования и развития промышленного региона является обеспечение энергетической безопасности.

Анализ аварийных событий на ТЭС(теплоэлектростанции) и их последствий за последние десятилетия позволяет оценить частоту аварий с пожаром и выходом из строя одного, двух и более энергоблоков, а также соответствующий ущерб, и использовать полученные данные для оптимизации компоновочных решений с учетом данных событий за весь период эксплуатации станции.

Последствия аварийных ситуаций вследствие пожара на теплоэлектростанции

На ТЭС все энергоблоки размещаются в одном здании. Однако, несмотря на удобство данного решения, с точки зрения пожарной безопасности оно несовершенно – при авариях имеется повышенная опасность распространения пожара, и как результат – выход из строя нескольких агрегатов ТЭС

Согласно статистике, порядка 90 % крупных аварий вызваны отказами в работе оборудования и сопровождаются пожаром, 10% являются следствием повреждений строительных конструкций. На долю аварий, произошедших в машинных отделениях, приходится 72 % от общего их числа, в котельных отделениях – 23 % и в кабельных туннелях – около 5 %.

Среди аварийных ситуаций на ТЭС возможны:

-быстро распространяющиеся пожары, взрывы, разрывы трубопроводов, резервуаров, неконтролируемый выброс токсичных (коррозионных) горючих жидкостей;

-вялотекущие изолированные возгорания, прорыв дамбы (золоотвала), наводнение.

Выделяют шесть основных видов взрывоопасных и горючих материалов, которые присутствуют на ТЭС. Основное горючее топливо. Угольная пыль является главным источником взрыва пыли в угольной электростанции. Она вызывает первичный взрыв, когда достаточная концентрация тонкодисперсной пыли, взвешенной в воздухе, подвергается воздействию источника воспламенения. Если происходит первичный взрыв, то остающаяся пыль распыляется, и происходит серия вторичных взрывов, которые распространяются по всему объекту. Используется в качестве пускового топлива. Присутствует в газовых баллонах, трубопроводах, ведущих к горелке зажигания, к камере сгорания, к запорному газовому клапану, к блоку управления газового клапана, к предохранительному газоспускному клапану. Служит пусковым или альтернативным топливом. Газ может присутствовать в газокомпрессорной станции, газоочистительной станции, газовых подогревателях, газовых запорных клапанах и фильтрах, блоке управления газового клапана, предохранительных клапанах газа и в газопроводах. Применяется в качестве пускового или альтернативного топлива. Может присутствовать в резервуарах, в насосных станциях разгрузки и отгрузки топлива, в подпиточных насосах мазута, блоках управления клапанами мазута и гидравлическими системами топлива в горелках. Мазут воспламеняется при нагревании выше его температуры горения. Используется в качестве охлаждающей среды для генератора. Присутствует в блоке хранения водорода, блоке масляного уплотнения, в трубопроводах. Водный раствор аммиака применяется для химических промывок парогенераторов и для селективного/неселективного каталитического восстановления оксидов азота в топках котлов.

Существует три пути, в результате которых электрооборудование становится источником возгорания.

1. Электродуги и искры, возникающие в ходе штатного режима работы оборудования (стартеры, контакты и выключатели).

2. Высокая температура: перегрев оборудования в огнеопасной атмосфере.

3. Выход из строя, например короткое замыкание.

Как правило, ТЭС имеют разнообразное по своему составу топливное хозяйство, куда входят склады угля, торфа, мазута, газовые коммуникации, отделения подготовки топлива к сжига-

нию (дробление угля до пыли, подогрев мазута), котлоагрегаты. Кроме того, имеются маслonaполненное электрооборудование, кабельные сооружения, маслосистемы турбогенераторов, системы водородного охлаждения генераторов, аппаратные маслоснабжения и мазутонасосные, маслобаки, мазутные баки, тракты топливоподачи.

Последствия гидродинамической аварии на ТЭС.

Гидродинамическая авария – это чрезвычайное происшествие, связанное с выводом из строя (разрушением) гидротехнического сооружения или его части и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопление обширных территорий

Анализ крупных аварийных ситуаций на тепловых электростанциях

К крупным авариям с пожаром и обрушением строительных конструкций здания главного корпуса, в пределах бывшего СССР, можно отнести следующие:

1. В 1984 году произошла авария на Экибастузской ГРЭС-1 на энергоблоке № 5 и последующий пожар, которые привели к обрушению кровли машинного отделения в 10 пролетах. Выведено из строя 4 энергоблока мощностью по 500 МВт.

2. Вследствие взрыва в системе пылеприготовления в районе энергоблока № 5 на Гусиноозерской ГРЭС - 1990 г (4x200 МВт) обрушилось около 1512 м² покрытия и 3500 м² стенового ограждения.

3. Пожар на Сырдарьинской ГРЭС в 1990 году по причине отрыва рабочих лопаток последней ступени цилиндра низкого давления турбоагрегата № 7. Остановлено 3 энергоблока станции мощностью по 300 МВт. Полностью разрушен турбоагрегат № 7. Обрушена кровля машинного отделения с 33 по 36 оси, поврежден турбогенератор и вспомогательное оборудование. Ущерб - около 73 млн рублей (в ценах 1990 года).

4. Возникший в результате аварии пожар на Экибастузской ГРЭС в 1990 году, привел к потере устойчивости и обрушению кровли машинного отделения над энергоблоками № 5, № 6 и № 7, обрыву 36 лопаток цилиндра низкого давления турбины энергоблока № 5, к повреждению с последующим разуплотнением подшипников и выводов турбогенератора. Общая мощность вышедших из строя блоков составила 2000 МВт. Прямой ущерб от аварии - около 70 млн рублей (цены 1990 года).

5. Возгорания мазута в районе нижнего яруса горелки котла № 11 на Новокуйбышевской ТЭЦ-2 в 1992 году привели к остановлено 4 турбоагрегатов. Значительно поврежден котел ТГМ-84Б. Обрушены фермы в осях 44-47, подкрановые балки, оголовки колонн, связи по колоннам, стеновые панели в рядах В и Д выше отметки подкрановых путей. Разрушено 80 плит покрытия и перекрытия на отметку +8,000 м по фронту котельного отделения, площадь обрушения кровли составила 800 м². Недостаток по тепловой энергии - 129,9 тыс. Гкал, по электроэнергии - 25632 тыс. кВт ч, ущерб - 168,7 тыс. рублей (в ценах 1992 года).

6. На Каширской ГРЭС-4 в 2002 году усталостная трещина в металле ротора генератора привела к его разрушению. Возникший пожар привел к обрушению 600 м² покрытия в машинном отделении станции. Полностью уничтожен энергоблок № 3, из строя выведено 3 блока по 300 МВт каждый. На устранения последствий затрачено около 1 млрд рублей (в ценах 2002 года).

7. Вследствие резкого повышения давления подогревателя высокого давления на блоке № 3 на Экибастузской ГРЭС-1 в 2003 году колпаком разрушена кровля машинного отделения и возник пожар. В результате аварии потеря мощности станцией составила 1500 МВт, энергоблок № 3 полностью выведен из строя.

8. В результате нарушения плотности кольца уплотнения генератора энергоблока № 10 на Рефтинской ГРЭС в 2006 году произошло возгорание масла, которое попало на генератор - возник пожар. Обрушилась кровля в ячейках блоков № 9 и № 10 машинного отделения. Строительные конструкции повредили ряд общих коммуникаций, в результате чего пришлось аварийно остановить блок № 7. Площадь возгорания составила 400 м², продолжительность пожара - 6 ч. Ошибки проекта и изготовления оборудования. Полностью разрушен турбогенератор энергоблока № 10, остановлена вся первая очередь станции. Ущерб - около 237 млн рублей (в ценах 2006 года).

9. Короткое замыкание в машинном отделении на кабеле под турбиной № 7 на ТЭЦ-1 Улан-Удэ в 2008 году привело к ее возгоранию. Огонь перекинулся в маслобаки, где находилось 18 т турбинного масла. Через 1 час после начала пожара произошел взрыв водорода, обрушилась часть кровли машинного отделения. Площадь пожара составляла 1000 м². На локализацию пожара ушло 3 часа. В результате аварии без тепла остались 168 тыс. человек. В городе Улан-Удэ был введен режим ЧС. Полностью уничтожены турбоагрегаты № 7 и № 6. Обрушена кровля

машинного отделения на площади 300 м². Отключены все 7 энергоблоков станции. Ущерб от недоотпуска тепловой энергии составил - 410 млн руб., электроэнергии - 250 млн рублей, полный ущерб от аварии оценивается в 3 млрд рублей (в ценах 2008 года).

10. Пожар на Углегорской ТЭС весной 2013 года, полностью уничтожил первую очередь электростанции. Причиной явилась разгерметизация системы топливоподачи в котельном отделении на участке между бункером угля и мельницей котла. В результате аварии были полностью уничтожены блочные щиты управления, два турбоагрегата, обрушилась вся кровля над машинным отделением. Общий ущерб от аварии составил более 21 млн долл. США (в ценах 2013 года). Погиб 1 человек и пятеро пострадавших было госпитализировано с ожогами различной степени тяжести.

11. Подобные аварии нередки и за рубежом. Из последних - крупная авария 2012 года на ТЭС Woryeong (8x500 МВт) в Южной Корее. Были повреждены турбоагрегаты энергоблоков № 1 и № 2, а также на короткое время остановлены энергоблоки № 3 и № 4. Время простоя энергоблоков № 1 и № 2 составило 1440 часов. Согласно зарубежным оценкам, средний ущерб от аварий с разрушением системы регулирования турбины составляет порядка 20 млн евро на энергоблок (простой блока - около 4-х месяцев). При нарушении целостности системы смазки турбоагрегата - 40 млн евро/энергоблок (простой блока - 9 мес.) .

В результате анализа аварийных ситуаций на теплоэлектростанциях, рассмотрения последствий аварийных ситуаций вследствие пожара, гидродинамической аварии, вследствие воздействия взрывоопасных и горючих материалов на теплоэлектростанциях, возникает необходимость в разработке и обосновании мероприятий по ликвидации на ТЭС.

Обоснование мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера на теплоэлектростанциях

1. Специальные требования безопасности к теплоэлектростанциям

Требования распространяются на тепловые сети и присоединенные к ним тепловые пункты, системы сбора и возврата конденсата:

– Термическая безопасность в тепловых сетях обеспечивается ограничением допустимой температуры на поверхности доступных для прикосновения частей оборудования, трубопроводов и сооружений тепловых сетей, а также ограничением досту-

па людей и животных к представляющим термическую опасность для их здоровья частям оборудования, трубопроводов и сооружений тепловых сетей. Тепловые сети должны выдерживать статические и динамические нагрузки, возникающие при их испытаниях и эксплуатации.

- Электрические двигатели и сопряженные с ними механизмы должны быть установлены таким образом, чтобы их работа не вызвала вибрации самой машины, фундамента или частей здания, которая может вызвать их повреждение.

- Механическая прочность тепловых сетей должна быть обеспечена в условиях наиболее низких климатических температур данного региона.

- Планировка поверхности земли на трассе тепловой сети должна исключать попадание поверхностных вод на трубопроводы, создающее угрозу повреждения вследствие коррозии.

- В тепловых сетях должны быть приняты меры к исключению образования взрывоопасных смесей газов.

- В тепловых сетях должна быть предусмотрена система мер, исключающих поступление (или образование) в трубопроводы и оборудование тепловых сетей теплоносителя с параметрами (температура и давление), выходящими за пределы допускаемых значений и представляющими опасность разрушения с воздействием на людей, животных, растения, имущество и окружающую среду.

- Насосы, трубопроводы, оборудование насосных станций и тепловых пунктов, емкости конденсата и горячей воды должны быть заземлены с целью защиты от воздействия статического электричества и молний.

- Для обеспечения сохранности элементов тепловых сетей, создания нормальных условий эксплуатации оборудования, сооружений и трубопроводов тепловых сетей, предотвращения несчастных случаев должны быть предусмотрены при проектировании и соблюдаться при строительстве и эксплуатации тепловых сетей, а также при производстве работ вблизи тепловых сетей охранные зоны вокруг объектов и сооружений тепловых сетей.

- Не допускаются аварийные и технологические сбросы теплоносителя в природные водоемы без дополнительных мер, обеспечивающих безопасность окружающей среды.

- Во всех процессах в тепловых сетях должны быть приняты меры по предупреждению образования недопустимой концентрации в сооружениях тепловых сетей токсичных и

вредных для людей и окружающей среды веществ.

– По всем процессам в тепловых сетях должны быть приняты меры по предупреждению нарушения естественного теплового режима почвенного и растительного покрова, под которым прокладываются трубопроводы тепловых сетей.

– В тепловых сетях должны быть обеспечены условия хранения, использования и утилизации химических реактивов и их растворов, безопасные для людей, окружающей среды и не приводящие к повреждению оборудования, зданий и сооружений.

– В тепловых сетях должны быть предусмотрены меры по предотвращению загазованности производственных помещений, баков, колодцев, каналов и других объектов газообразным топливом и продуктами сгорания топлива, опасными для здоровья или жизни персонала.

– В тепловых сетях и тепловых пунктах должна быть обеспечена защита персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей и радиационных излучений, создаваемых стационарными и переносными приборами с изотопными датчиками.

Мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера на теплоэлектростанции:

2. На каждом энергообъекте эксплуатирующей организацией должна быть разработана инструкция по предупреждению и ликвидации технологических нарушений.

3. Инструкция по предупреждению и ликвидации технологических нарушений должна содержать перечень конкретных действий персонала при ликвидации типичных технологических нарушений применительно к оборудованию данного энергообъекта.

4. В должностных инструкциях для каждой должности указываются конкретные разделы и пункты инструкции по предупреждению и ликвидации технологических нарушений, требования которых подлежат выполнению лицом, занимающим эту должность.

5. В соответствующих пунктах инструкции эксплуатирующей организации по предупреждению и ликвидации технологических нарушений должны быть указаны граничные условия допускаемых режимов.

6. В состав инструкций эксплуатирующей организации по эксплуатации оборудования должны быть включены разделы инструкции по предупреждению и ликвидации технологических нарушений.

7. Каждое технологическое нарушение в работе энергообъ-

ектов подлежит расследованию с определением причин и обстоятельств происшествия.

8. При расследовании должны быть выявлены и описаны все причины возникновения и развития каждого технологического нарушения, его предпосылки.

9. Каждое технологическое нарушение должно быть расследовано специальной комиссией, утвержденной эксплуатирующей организацией.

10. Определение последствий технологических нарушений у потребителя электрической (тепловой) энергии должно производиться с участием представителей потребителя и уполномоченного органа государственного контроля (надзора).

11. Расследование нарушений должно быть начато немедленно и закончено в десятидневный срок.

12. Вскрытие или разборка поврежденного оборудования должна производиться только по разрешению председателя комиссии.

13. При необходимости срок расследования может быть продлен решением уполномоченного органа государственного контроля (надзора) по представлению председателя комиссии, расследующей нарушение.

14. Результаты расследования каждого технологического нарушения оформляются актом расследования.

15. Акт расследования должен быть подписан всеми членами комиссии.

16. Все технологические нарушения в работе оборудования энергообъекта подлежат учету эксплуатирующей организацией.

17. Технологические нарушения, аварии и инциденты подлежат учету в течение всего времени работы энергоустановок с момента окончания их комплексного опробования под нагрузкой и начала использования их в технологическом процессе независимо от даты подписания акта приемки в промышленную эксплуатацию.

18. Повреждения оборудования, линий электропередачи и сооружений, происшедшие в процессе комплексного опробования до ввода и приемки в эксплуатацию или выявленные при плановых ремонтах испытаниях, а так же при осмотрах эксплуатирующим персоналом подлежат особому учету.

Выводы. Изучив литературные источники на предмет возможных аварийных ситуаций на теплоэлектростанциях выяснили, что наиболее частые причины аварий вызваны: отказами (неполадками) оборудования; ошибочными действиями персо-

нала; внешними воздействиями природного и техногенного характера; разгерметизацией хранилищ химически опасных веществ. Разработаны мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера на теплоэлектростанции.

УДК 502.58

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ

Попова Н.С., Онищенко С.А.

Академия гражданской защиты МЧС ДНР

В работе рассмотрена актуальная на сегодняшний день тема прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций на металлургическом заводе, проанализированы возможные причины и последствия аварийных ситуаций на металлургическом заводе, рекомендованы мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Идентификация опасностей в процессе производственной деятельности – это процесс обнаружения, выявления и распознавания опасных и вредных производственных факторов, установления их количественных, временных, пространственных и других характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических мероприятий (предупреждающих и корректирующих действий), обеспечивающих безопасность труда.

На этапе идентификации опасностей аварий проводится определение:

- основных источников возникновения экологических инцидентов и аварий, с выделением составных элементов и соответствующих технологических процессов;
- характерных причин возникновения возможных аварий и инцидентов на опасных производственных объектах(ОПО);
- типовых сценариев развития аварий на объектах и (или) составных элементах этих объектов.

Основные результаты идентификации опасностей аварий на ОПО:

- перечень инициирующих и последующих нежелательных событий – всестороннее описание возможных проявлений опасности аварий на ОПО – пред и поставарийных событий, в том числе, характерных инцидентов, и возможных разрушений со-

оружий и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемых взрывов и (или) выбросов опасных веществ;

- описание источников опасностей аварий, необходимых и достаточных условий возникновения и развития нежелательных событий, сценариев возможных аварий;

- предварительных рекомендаций по уменьшению опасностей аварий.

Идентификация опасностей аварий завершается альтернативным решением:

- завершить данным этапом анализ риска аварии ввиду незначительности опасностей аварий или достаточности разработанных рекомендаций по уменьшению опасностей аварий на ОПО;

- продолжить проведение более детального анализа опасностей и оценки риска аварий – перейти к этапу качественной или (и) количественной оценки риска аварии на ОПО [3].

Основные задачи этапа идентификации опасностей - выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

Результатом идентификации опасностей являются:

- перечень нежелательных событий;

- описание источников опасности, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий);

- предварительные оценки опасности и риска.

Идентификация опасностей завершается также выбором дальнейшего направления деятельности. В качестве вариантов дальнейших действий может быть:

- решение прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей или достаточности полученных предварительных, оценок;

В этом случае под идентификацией опасностей подразумевается анализ или оценка опасностей.

- решение о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска;

- выработка предварительных рекомендаций по уменьшению опасностей.

На первом этапе (предварительном) анализе риска аварий изучается информация об эксплуатации опасных производ-

ственных объектов Енакиевского металлургического завода. Рассмотрим опасные производственные объекты металлургического предприятия полного цикла, включающее: доменное, сталеплавильное, прокатное производства.

Доменное производство относится к категории взрывопожароопасных производственных объектов, на котором используются, образуются, транспортируются горючие и воспламеняющиеся вещества - жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также расплавы черных металлов. К авариям на доменных печах относятся случаи выхода из строя технологического оборудования, конструкций и сооружений на доменных печах, приводящие к необходимости изменения режима их работы или к остановке, проведения восстановительных ремонтов или замены оборудования и устройств, создающих повышенную опасность для работы печи и обслуживающего персонала.

В конвертерном и сталеплавильном производствах металлургического предприятия обращаются вещества и материалы в горячем, раскаленном и расплавленном состояниях, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. В кислородно-конвертерных цехах взрывы и выбросы жидкого металла могут происходить в результате загрузки влажной шихты и металлолома.

Пожарная опасность сталеплавильных цехов также заключается в наличии большого количества кабельных коммуникаций, маслоподвалов и маслотоннелей.

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

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

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

Анализ риска аварий дает возможность оценить степень опасности металлургического производства для людей и окружающей среды, состояние его промышленной безопасности, и на основании полученной информации разработать рекомендации по улучшению состояния промышленной безопасности на металлургическом комбинате.

Управление промышленной безопасностью на опасных производственных объектах невозможно без исследования обстоятельств и анализа риска возникновения на них аварий, чрезвычайных происшествий и несчастных случаев.

На первом этапе происходит полноценный и актуализированный сбор информации об объекте.

На втором этапе процедуры осуществляется непосредственно сама оценка гипотетического риска. Этот раздел предусматривает анализ следующих документов и процессов: обоснование безопасности, декларирование безопасности, экспертиза промышленной безопасности, страхование гражданской ответственности от вреда, нанесенного третьим лицам, производственный контроль и т.д.

Третьим, заключительным этапом оценки риска возникновения аварий на опасных производственных объектах, является выполнение эффективного надзора над деятельностью предприятия в целях недопущения на нем подобных негативных происшествий. Реализация этой части комплексной оценки риска достигается следующим образом:

- планирование мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на ОПО;
- наличие полного комплекта разрешительной документации;
- контроль над выполнением регламента по всем функциональным направлениям;
- регулирование деятельности опасного производственного объекта посредством нормативных документов.

– Анализ риска возникновения аварий рассматривается, в том числе, через призму таких данных, как сведения, в которых изложены:

– результаты анализа риска чрезвычайных происшествий и аварий на ОПО, а также их последствия для людей и окружающей среды;

– условия, при которых ОПО эксплуатируется в безопасном режиме;

– комплекс требований, предъявляемых не только к эксплуатации опасного производственного объекта, но и к капитальному ремонту, а также к его консервации и ликвидации.

Для того, чтобы реально оценить уровень промышленной безопасности на опасных производственных объектах металлургических предприятий, причем в их количественном значении, необходимо проанализировать количество подобных структур, разрабатывающих декларацию промышленной безопасности.

В настоящее время все большее распространение приобретает так называемая количественная оценка риска аварий.

Специалисты отмечают, что подобный метод эффективен в следующих случаях:

– в процессе разработки проектных решений, а также при размещении опасного производственного объекта и технических устройств;

– в сравнительных процедурах, а также обоснованиях технических решений и мероприятий, обеспечивающих защиту объекта;

– оценки последствий чрезвычайных происшествий и аварий на опасных производственных объектах, вызванных выбросом опасных и токсичных веществ.

Этот подход имеет как свои достоинства, так и недостатки. К первым относится:

– выявление «проблемных зон» исключительно математическими методами;

– возможность на основе единых показателей сравнение разнообразных видов опасностей;

– наглядность выводов и результатов расчетных показателей.

Данная система имеет и недостатки, к которым относятся:

– большой объем данных и расчетных показателей;

– зависимость расчетов от исходной информации, ее достоверности и допущений;

– возможность «подстройки» расчетов под конкретный, «нужный» результат.

Большое значение для проведения корректной и эффективной процедуры оценки риска аварий на опасном производственном объекте имеет нормативно-техническая база, которая в Донецкой Народной Республике достаточно полноценна и эффективна. Более того, она практически не отличается от аналогичного зарубежного регламента, за исключением некоторых специализированных методик и положений, используемых в отдельных отраслях.

Тем не менее, методология в области промышленной безопасности, в том числе в сфере оценки риска возникновения аварий на ОПО, продолжает развиваться.

Опасности, присущие оборудованию объекта исследования, обусловлены опасностями свойств веществ, параметров технологического процесса и наличием электроэнергии с высоким напряжением.

Для составления «Дерева событий» необходимо найти вероятность проявления разветвлений событий, для того чтобы понять какая аварийная ситуация более возможна.

При данной ситуации, при взрыве, а также возгорание топлива рассмотрим ситуацию с разливом топлива, так как в основном только оно способствует этим событиям.

Предложения по снижению риска на ОПО являются одним из видов возможных мероприятий обеспечения промышленной безопасности на этих объектах и могут иметь организационный и (или) технический характер.

Для разработки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии на ОПО необходимы основные результаты оценки риска аварии, установления степени аварийной опасности и определения наиболее опасных составных элементов опасного объекта.

При планировании и разработке обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии отдают приоритет мерам безопасности для наиболее опасных составных элементов объекта.

Первоочередными мерами обеспечения промышленной безопасности являются способы предупреждения возникновения возможных инцидентов и аварий на ОПО.

Выбор рекомендаций по снижению риска аварии имеет следующие приоритеты:

1. Меры уменьшения возможности возникновения аварии, включающие:

- уменьшение возможности возникновения инцидентов;
- уменьшение вероятности перерастания инцидента в аварию;

2. Меры уменьшения тяжести последствий возможных аварии, включающие:

- уменьшение вероятности эскалации аварии (когда последствия какой-либо аварии становятся непосредственной причиной аварии на соседних составных элементах опасного производственного объекта);

- уменьшение вероятности нахождения групп людей в зонах поражающих факторов аварий;

- ограничение возможности возрастания масштаба и интенсивности воздействия возникших поражающих факторов аварии;

- уменьшение вероятности развития аварии по наиболее опасным сценариям возможной аварии;

- увеличение надежности и эффективности системы противоаварийной защиты, средств активной и пассивной защиты от воздействия поражающих факторов аварии;

3. Меры обеспечения готовности к локализации и ликвидации последствий аварий.

При проектировании опасных производственных объектов приоритетными являются меры безопасности, обеспечивающие пассивную защиту эффективным расстоянием (т.е. включая физические барьеры) от опасного воздействия поражающих факторов возможных аварий. При эксплуатации ОПО приоритетными являются меры безопасности, обеспечивающие активную защиту от перерастания опасности аварии в угрозу аварии с причинением ущерба человеческим, материальным и природным ресурсам.

В случае необходимости обоснования и оценки эффективности разработанных рекомендаций по снижению риска аварии рекомендуется придерживаться следующих альтернативных способов их оптимизации:

1. При доступных ресурсах и располагаемых средствах обеспечить максимальное снижение риска аварии при эксплуатации опасного производственного объекта;

2. Обеспечить снижение риска до требуемого уровня (в том числе допустимого или фонового с обоснованным коэффициентом запаса) при минимальных затратах.

В целях обоснования безопасности объектов при отступлении от требований промышленной безопасности и обосновании мероприятий, компенсирующих эти отступления, результаты анализа риска аварии опасных производственных объектов используются в следующем порядке:

– обоснованно выбираются показатели риска аварии, наиболее адекватно характеризующие безопасную эксплуатацию ОПО в области именно тех требований промышленной безопасности, для которых необходимы отступления и требуются соответствующие компенсирующие мероприятия;

– оцениваются изменения значений выбранных показателей риска аварии до и после возможных и фактических отступлений от требований промышленной безопасности, а также до и после возможного и фактического внедрения компенсирующих мероприятий;

– оцененные изменения сравниваются с соответствующими критериями безопасной эксплуатации при отступлении от требований промышленной безопасности, которые предварительно обосновываются, например, в виде достаточности сохранения уровня риска аварии на ОПО неизменным или необходимости его снижения до достигнутого уровня с поправкой на коэффициент запаса, учитывающего неопределенность результатов анализа риска.

Кроме естественных процессов старения, сбои, и нарушения в работе объектов техносферы могут быть вызваны появлением у технических систем «новых» непредусмотренных свойств, возникновением «новых» взаимодействий с другими техническими системами. Под «новыми» свойствами (взаимодействиями) подразумеваются неизученные, а значит неизвестные на момент внедрения свойства технических систем. Например, электромагнитные поля сильноточного оборудования могут вызвать сбои и нарушения в работе навигационной и радиотехнической аппаратуры, в работе вычислительных комплексов, что в свою очередь может вызвать аварийные ситуации в более крупных технических системах.

Наиболее эффективные меры по минимизации рисков возникновения ЧС на промышленных предприятиях те, которые направлены на их предотвращение или максимально возможное снижение уровня проявления ЧС и аварий, то есть это профилактические меры.

Для металлургического завода основными направлениями деятельности по снижению техногенных рисков являются:

- обеспечение противопожарной безопасности;
- осуществление контроля за соблюдением мер промышленной безопасности;
- осуществление контроля за состоянием оборудования;

- проведение своевременного технического обслуживания и ремонта агрегатов и установок;
- осуществление контроля за нарушением должностных и производственных инструкций;
- обучение персонала правилам безопасной эксплуатации на предприятии.

УДК 504.054

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пушилина Ю.Н.

Тульский государственный университет

В статье рассмотрены экологичные строительные и отделочные материалы. Рассмотрены виды материалов, их характеристики. Выявлены недостатки и достоинства применения современных строительных материалов и конструкций.

Использование экологичных материалов - один из способов сохранить здоровье и продлить годы жизни. Вдыхание огромного количества загрязняющих веществ, главным образом, влечет большое количество заболеваний и угнетений функций организма. Вредные химические вещества встречаются по всюду: в выбросах промышленных предприятий города, выхлопных газах автомобилей, продуктах питания. Также не стоит забывать, что жилые помещения, и помещения, где работает население, также зачастую небезопасны. Строительные, отделочные материалы, а также мебель могут содержать формальдегид, канцерогены и множество токсичных веществ. Экологичными считаются стройматериалы, которые не выделяют вредных веществ и тем самым не ухудшают внутренний микроклимат в помещении.

Необходимо отметить, что конструкции и материалы, обладающие, к примеру, повышенной стойкостью или огнеупорностью, и так далее, обычно достигают своих свойств за счет наличия в их составе вредных химических соединений.

При обработке даже таких материалов, как дерево часто используются различные пропитки, смолы, пасты, лаки и краски, необходимые для придания деревянным изделиям определенных существенных свойств. Поэтому, чаще всего, говорить о полной экологической безопасности изделий или зданий, созданных из

природных материалов не приходится. Даже глиняный кирпич, являясь экологически чистым материалом, бывает заражен радионуклидами или содержать примеси тяжелых металлов.

Существует множество классификаций строительных материалов и изделий. На приведенной классификации (рис 1.) видно, что все материалы и изделия делятся на природные, металлические и искусственные.

Учитывая безопасность и экологичность материалов особое место должно отводиться именно природным материалам. На сегодняшний день рынок изобилует утеплителями, кровельными и отделочными материалами, выполненными из природных материалов. Однозначно они дешевле, безопаснее, возобновляемы с точки зрения сырья и обладают различными важными свойствами, которые не доступны искусственно созданным материалам.

К экологичным материалам сегодня относят: силикатный или глиняный кирпич (известняк, песок и глина); дерево или его компоненты; натуральный камень.

Необходимо, однако, иметь ввиду, что современные технологии производства стройматериалов обычно связывают с использованием пластиков и синтетических покрытий, а к примеру дерево всё равно обрабатывается составами и пропитками, содержащими множество химических элементов [1].

Если говорить о природных материалах, которыми богата наша планета, то здесь можно отметить зидарит – строительные плиты, которые состоят на 90% из древесной стружки и на остальные 10% – из жидкого стекла и цемента. Хорошими утеплителями являются - камышит и соломит. Легкие по массе и довольно прочные блоки из камыша или соломы. С точки зрения шумопоглощения, а также теплоизоляции можно применять геокар – блоки из торфа и древесной стружки. их преимущественная особенность – высокие бактерицидные свойствами. Подобными свойствами обладают грунтоблоки, которые помимо торфа содержат хвою и золу.

Востребованными утеплителями сегодня на рынке являются эковаты, изготовленные из целлюлозы, базальт, вспененная стекломасса, древесные плиты, минеральные ваты (УРСА) и многое-многое другое [2].

Если говорить о крышах, то экологически чистыми материалами здесь являются керамическая и металлочерепица, а также листовая медь (их срок службы не менее 50 лет).



Рис. 1 – Классификация строительных материалов и изделий

Не менее популярны, но не так долговечны – кровли из мягких кровельных материалов на основе битума (их преимущество – возможность вторичной переработки).

На сегодняшний день с точки зрения экологичности и безопасности, однозначно необходимо выбирать материалы на основе молочного казеина, натуральных масел, глины, и растительных пигментов. Следует избегать материалов, выделяющих фенол (быстросохнущих шпаклевок). Выбирать материалы нужно содержащие известьку, олифу, природный клей, к примеру, экологичный обойный клей изготавливается на основе крахмала.

В вопросе выбора мебели, необходимо отдать предпочтение мебели, выполненной из дерева, ротанга, бамбука, а обивкам, изготовленным из натуральной кожи и тканей.

Необходимость выбора безопасных строительных материалов для жилых помещений для многих видится однозначно. Время пребывания в жилых помещениях варьируется от 8 до 20 часов в сутки, поэтому наличие токсичных или вредных химических веществ, главным образом, сказывается на самочувствии и здоровье человека.

Внедрение экологических стандартов, сертификации и экологической экспертизы снимает ряд проблем с поступлением на рынок некачественных и небезопасных материалов и изделий. Однако выбор экологичных материалов, даже если они обходятся

дороже, это выбор человека, которому не безразлично своё здоровье, здоровье окружающих и здоровье будущих поколений.

Библиографический список

1. Князева, В.П. *Экологические аспекты выбора материалов в архитектурном проектировании : учеб. пособие для вузов / В.П.Князева*. – М. : Архитектура-С, 2006. – 296с.
2. <https://www.kp.ru/guide/iekologicheskie-chistye-materialy.html>
3. Егорычев Л.К. *Экологическая оценка эксплуатационных свойств строительных материалов из отходов производства: Автореф.дис...канд.техн.наук:11.00.11 / Л.К.Егорычев; ТулГУ*. – Тула, 1998. – 21 с.
4. Наназаивили, И.Х. *Строительные материалы и изделия : справочное пособие / Наназаивили И.Х., Бунькин И.Ф., Наназаивили В.И.* – Москва : Аделант, 2006. – 480 с.

УДК 620.91

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ВЫБЫВШИХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИТНОГО ТОПЛИВА

Родькин О.И.¹, Кундас С.П.¹, Глуховский В.И.², Черненко Е.В.²

¹ *Белорусский национальный технический университет*

² *Филиал БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт»*

Площадь вышедших из эксплуатации торфяных месторождений Беларуси составляет около 281,5 тыс. га. Проблема их рационального использования обусловлена гетерогенностью и низким плодородием. Одним из эффективных направлений, позволяющим снизить нагрузку на окружающую среду является использование биомассы с выработанных торфяников и прилегающих территорий в качестве дополнительного компонента при производстве торфяных брикетов и пеллет.

В соответствии со Стратегией сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников одним из реализуемых направлений является эффективное использование растительной биомассы болот. Общая площадь выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений составляет около 281,5 тыс. га [1]. Территории, которые освобождаются после добычи торфа, разнообразны по своим физическим и аг-

рохимическим характеристикам. Это связано с рядом обстоятельств и зависит от рельефа местности и условий формирования болота: низинного, верхового или переходного типа и, как следствие, от особенностей водного режима [2]. Условия формирования связаны с такими характеристиками как мощность и степень разложения торфа, кислотность, содержание элементов минерального питания и др. Эксплуатация месторождений продолжается до момента полного или частичного истощения торфяного слоя. Соответственно слой, который остается после окончания выработки имеет разную глубину, структуру и химические характеристики. Свойства торфяного слоя, в основном зависят от подстилающей породы. Как правило, залежи выработанных земель подстилаются песками, но также встречаются суглинки, глиняные породы и сапропели, определяющие их плодородие, которое значительно ниже, по сравнению с минеральными почвами и органическими почвами, сформировавшимися в результате осушительной мелиорации болот, даже в случае их деградации после многолетней культивации пропашных сельскохозяйственных культур. Это связано с водно-воздушным режимом почв и прежде всего недостатком кислорода, вследствие чего образуется ряд недоокисленных соединений, что резко снижает доступность элементов питания и соответственно плодородие [3].

Индикатором, определяющим характеристику торфяника, включая водный режим, и возможные направления его дальнейшего использования является растительный покров, по характеру формирования которого можно прогнозировать перспективы его освоения. На выработанных верховых торфяниках растительность появляется спустя 3 – 4 года после окончания торфодобычи, а древесные породы (береза, осина, ива) через 15 – 20 лет. На торфяниках переходного типа сорняки появляются на второй год после окончания добычи торфа, а древесная растительность, спустя приблизительно 10 лет. Формирование древесных биоценозов зависит от степени увлажненности земель, на более сухих территориях участках формируются березняки, а на более увлажненных произрастает ива. Низинные торфяники являются наиболее оптимальными по плодородию, и их зарастание начинается с первого года.

Наличие различных по названным показателям участков земель, расположенных на сравнительно небольшой площади не позволяет создавать аграрные биоценозы, основанные на моно-

культуре [4]. В связи с этим используются различные подходы для использования выработанных торфяников. Повторное заболачивание позволяет развивать рыбоводство, создавать ягоду (клюква, голубика и др.), либо стимулировать развитие естественных травостоев (тростник, канареечник, осока) с последующей уборкой биомассы на энергетические или строительные цели [5]. Такой подход позволяет рационально использовать растительные ресурсы выработанных торфяных площадей. Проблемой в данном контексте является мозаичность таких земель по водному режиму, толщина и степень разложения торфяного слоя, доступность элементов минерального питания растений и т.д. [6]. Видовой состав фитоценозов в свою очередь зависит как от вида и состояния торфяника, так и экологических условий региона. Растительность выработанных торфяников, расположенных на территории Беларуси, представлена травянистыми растениями (канареечник, осока, тростник, рогоз, сабельник болотный, ромашка аптечная и др.) и древесно-кустарниковыми породами (черная и серая ольха, ива, калина, реже клен, береза, осина, тополь и др.), которые составляют природные фитоценозы. Возможность использования составляющих фитоценозы видов растений на энергетические, лекарственные, строительные и другие цели зависит от их структуры, которая непосредственно связана с типом торфяника.

Одним из эффективных направлений, позволяющих рационально использовать территорию выбывших из эксплуатации торфяников, является производство биомассы для энергетических целей. Биомасса, полученная как на основе природных фитоценозов, так и созданных искусственных фитоценозов может быть использована как в чистом виде, так и в качестве компонента композитного топлива в смеси с торфом. Производство композитного топлива позволит снизить нагрузку на окружающую среду на основе следующих факторов:

- рациональное использование и постепенная биологическая рекультивация выработанных торфяников;
- снижение выбросов парниковых газов, оксидов серы и объемов образования золы за счет использования возобновляемой биомассы;
- уменьшение экологического воздействия на компоненты ландшафта вследствие оптимизации территориального планирования и создания искусственных фитоценозов.

Для получения композитного топлива можно использоватьходы деревообработки (опилки, щепа, стружка и др.) или остатки сельскохозяйственного производства (сено, солома, шелуха семян подсолнечника, риса, гречки и др.). Непосредственно на территориях выработанных торфяников целесообразно получать биомассу естественной болотной растительности или создавать искусственные плантации из древесных пород устойчивых к неблагоприятным условиям произрастания [7].

Дополнительным источником биотоплива являются прилегающие к территории выработанных торфяников сельскохозяйственные и деревообрабатывающие предприятия.

Наши исследования в рамках данной тематики проводились на базе торфобрикетного предприятия ОАО «ТБЗ Усяж». Предприятие расположено в Смолевичском районе, Минской области, в регионе, который характеризуется интенсивной аграрной и промышленной деятельностью. В качестве потенциальных источников биомассы для производства композитного топлива рассматривались как площади выработанных торфяников, так и предприятия в близлежащем к ОАО «ТБЗ Усяж» регионе.

Источником древесных остатков (опилки, стружка, щепа) является межрайонное предприятие Лесопункт, которое осуществляет комплекс мероприятий по хранению и переработке древесины. Также на территории района находится 9 сельскохозяйственных предприятий. Ежегодные объемы образования растительных остатков, которые могут быть потенциально использованы в качестве биомассы при производстве композитных брикетов и пеллет, включая солому рапса и других зерновых культур составляют около 7 тысяч тонн. Обследование территории выработанных торфяников также подтвердило их потенциальную пригодность для получения биомассы болотной растительности и древесины ивы.

По результатам наших предыдущих исследований, выполненных на выработанных торфяниках в Лидском районе установлено, что средняя урожайность естественной болотной биомассы с более продуктивных участков составляла до 15 тонны с гектара при влажности 30 % [8]. Основу фитоценоза составлял тростник обыкновенный, с высотой растений до 2,0 метров. Прирост биомассы древесины ивы в расчете на год и 10 % влажности на тех же площадях составил около 11 тонн с гектара. Средняя высота растений на лучших участках (участки с

хорошим разложением торфа и органоминеральные субстраты) за трехлетний цикл эксплуатации достигала 3 – 3,5 м [9].

Для оценки эффективности использования различных видов биомассы для производства композитного топлива была проведена оценка ее технологических и энергетических характеристик. Наши исследования показали, что биомасса в виде древесной щепы, стружки, опилоки соломы может быть использована как для производства брикетов, так и пеллет в качестве дополнительного компонента к фрезерному торфу. Как для брикетов, так и пеллет размер фракции биомассы не должен превышать 1 – 5 мм при оптимальной влажности 10-12 %. Экспериментальные образцы композитных брикетов и пеллет были получены на основе смешивания измельченной биомассы всех обозначенных видов и просеянного фрезерного торфа в соотношении: 25 % (биомасса) на 75 % (торф); 50 % (биомасса) на 50 % (торф) и 75 % (биомасса) на 25 % (торф). Композитные брикеты и пеллеты были получены при прессовании разогретой измельченной смеси биомассы под высоким давлением.

Результаты расчетов себестоимости единицы энергии, которая может быть получена из биомассы древесины ивы, соломы и болотной растительности при равных показателях влажности, и степени измельчения, с учетом удельной теплоты сгорания, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Себестоимость единицы энергии полученной из биомассы древесины ивы, соломы зерновых культур и сена болотной растительности

Вид биомассы	Влажность %	Фракция, мм	Высшая теплота сгорания, кДж/кг	Себестоимость биомассы, \$/тонну	Себестоимость энергии, \$/ГДж
Древесина	10-12	До 5	18500	30,5	1,64
Солома	10-12	До 5	16000	14,4	0,90
Сено	10-12	До 5	15500	16,4	1,09

Установлено, что себестоимость единицы энергии полученной из древесины ивы в 1,5 раза и в 1,8 раза выше, чем соответственно из биомассы естественной болотной растительности и соломы. Следует учитывать, что при расчете себестоимости соломы не учитывались затраты, связанные с посевом, уходом и уборкой зерновых культур. Солома принималась во внимание

как растительный остаток, который можно использовать на энергетические цели. Сено получено из естественной болотной растительности, что также исключает статьи затрат, связанные с возделыванием многолетних трав.

Несмотря на более высокую себестоимость древесины ивы по сравнению с другими видами биомассы, следует учитывать, что энергетические плантации ивы могут быть заложены на площадях, где нет возможности получить высокий урожай соломы зерновых или сена естественных травостоев по экологическим или экономическим причинам.

Библиографический список

1. *Постановление Совета Министров Республики Беларусь 30.12.2015 № 1111 «О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников» (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 07.01.2016, 5/41510).*

2. *Сукачев В. Н. Избранные труды в трех томах: Л., Наука, т. 2, 1973. - 352 с.*

3. *Галкина А. А. Выработанные торфяники западных районов УССР, их свойства, окультуривание и повышение эффективного плодородия: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук: 06.01.02. Ровно: 1974. - 29 с.*

4. *Лихацевич А.П., Мееровский А.С., Белковский В.Н. Состояние и перспективы сельскохозяйственного использования торфяных почв // Прир. рес. 1997, №2 - С. 31-40*

5. *Use of biomass from wet peatland for energy purpose / S. Kundas, W. Wichtman, A. Rodzkin, V. Pashinsky // International and renewable energy sources as alternative primary energy sources in the region: 8 International Scientific Conference, 2-3 April 2015 Lviv, – 2015. P 77-81.*

6. *Родькин, О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. - Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. - 212 с.*

7. *Rodzkin, A. Life cycle assessment of biomass production from drained wetlands areas for composite briquettes fabrication / A. Rodzkin, S. Kundas, W. Wichtmann // Energy Procedia. - 2017(128). - P. 261-267.*

8. *The Assessment of Cost of Biomass from Post-Mining Peaty Lands for Pellet Fabrication / Aleh Rodzkin, Semjon Kundas, Yau-*

heniya Charnenak, Boris Khroustalev, Wendelin Wichtmann // Environmental and Climate Technologies, 2018, vol. 22. - P. 118–131

9. Родькин, О. И. Экономические аспекты производства возобновляемой энергии из древесины быстрорастущей ивы / О. И. Родькин // *Электронный Научный журнал СПбГУНиПТ, серия «Экономика и экологический менеджмент»*. - 2013. - № 2(13).

УДК 622.012.2: 628.5.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Рожков В.Ф., Соколова С.С.

Тульский государственный университет

В статье рассмотрена угольная промышленность, как один из значимых источников загрязнения атмосферного воздуха в районах размещения предприятий по добыче и обогащению угля. Рассмотрена проблема негативного воздействия угольных шахт на экологический баланс природной среды.

Предприятия угольной промышленности оказывают существенное негативное влияние на различные компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, земельные и водные ресурсы, флору и фауну. В процессе производства горных работ как открытым, так и подземный способом происходит изъятие из землепользования и нарушение земель, в том числе сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения, загрязнение вредными веществами почвенного покрова на прилегающей к горным отводам территории.

Удельный вес отходов образующихся в результате эксплуатации шахт, расположенных на территории бывшего СССР, в общемировом балансе составляет значительную часть: метана более 23 %, углекислого газа до 19 %, сточных вод 25 %, и породы около 22 %. Попутный выход газообразных вредностей обуславливает повышенное загрязнение атмосферы в зоне действия угольных предприятий, при этом источниками загрязнения воздуха являются котельные установки, оборудование технологического комплекса на поверхности шахт, аспирационные системы промышленной вентиляции, породные отвалы и угольные склады.

Выбрасываемый в атмосферу рудничный воздух обогащен газообразными примесями, выделяемыми из пород полезных ископаемых или шахтных вод (CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2S и др.), газами, образующимися при взрывных работах (CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , NO_2 и др.), газами выхлопа автомобильных двигателей (углеводороды, бенз(а)пирен, сажа, акролеин, формальдегид, CO , CO_2 , NO и др.). Из перечисленных наиболее опасным является циклический ароматический углеводород бенз(а)пирен, накопление которого в организме в количестве 1 мг вызывает раковое заболевание. В атмосферу земли из подземных выработок поступает ежегодно около 0,2 млн.т пыли, причем с учетом аварийных ситуаций эта величина многократно возрастает.

При разработке газообильных угольных месторождений выделяется метан и двуокись углерода. Эти компоненты по объему в значительной степени преобладают над другими. Количество выделяющегося метана в сверхкатегорийных шахтах может достигать сотен кубометров на тонну добываемого топлива. Так, 29 шахт Карагандинского бассейна выделяют метана 960 млн.м³/год, углекислого газа 140 млн.м³/год. Технологические процессы производства, связанные с добычей, транспортировкой, складированием угля, вскрышных и вмещающих пород, обогащением, переработкой и сжиганием угля, сопровождаются выбросом в атмосферу большого количества твердых и газообразных вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Основными источниками выделения пыли в окружающую среду являются погрузочно-разгрузочные операции на поверхностных комплексах шахт и обогатительных фабрик, а также породные отвалы.

М.И. Волохов [1] указывает, что запыленность воздуха зависит от характера технологических процессов на поверхности шахт, степени благоустройства, озеленения поверхности и в различных районах неодинакова. Так, на некоторых рудниках Урала она составляет – 0,3-2,1 мг/м³; Кривого Рога – 0,3-1,2 мг/м³; Джезказгана – 2,5 - 8,1 мг/м³. Кроме того, на запыленность атмосферного воздуха немалое влияние оказывает и скорость ветра на поверхности. Наименьшая запыленность наблюдается при скорости до 4 м/с. При повышении скорости ветра, когда пыль поднимается с поверхности земли, и при тихой погоде, когда пыль, образующаяся на отвалах, автодорогах и т.д., не уносится из района шахты, концентрация пыли в воздухе повышается.

Прием угля, дробление, грохочение – операции, которые обеспечивают первичную обработку горной массы. При любой схеме расположения аппаратов для выполнения этих операций главными связующими звеньями являются транспортные средства. На их долю приходится около 60 % от общего числа оборудования, причем до 95 % этих средств составляют ленточные конвейеры. Наиболее высокая запыленность наблюдается в местах выгрузки угля из бункера, где при отсутствии мер пылеподавления она может достигать нескольких тысяч миллиграммов в одном кубическом метре.

Доля выгрузки из бункера и загрузки углем вагонов в общем балансе пылевыведения составляет до 85 %. При прочих равных условиях интенсивность пылевыведения у перегрузочных узлов повышается с увеличением плотности загрузки, высоты и угла наклона желоба, степени раздробленности угля. Существенный фактор, влияющий на пылевыведение - влажность угля. При увеличении скорости движения лент до 2 м/с происходит выделение пыли в результате сдувания ее воздухом, просыпания угольной мелочи при движении холостой ветви конвейеров, измельчения угля между лентой и барабаном и др.

Значительный объем пыли выделяют в атмосферу породные отвалы. Под действием изменяющейся температуры воздуха, осадков, ветра, тепла, выделяющегося в результате окислительных процессов угля и углистых составляющих пород, происходит саморазрушение кусковой породы с образованием некоторой доли пыли. В сухую погоду эта пыль ветром выдувается из отвала и уносится на значительные расстояния, загрязняя атмосферу. По данным пылевых лабораторий ВГСЧ, запыленность воздуха вблизи породных отвалов колеблется в пределах 0 – 90 мг/м³. Концентрация пыли в воздухе с подветренной стороны отвала на расстоянии 150 м, при скорости ветра 3 – 3,5 м/с и влажности воздуха 90 % составляет 10 – 15 мг/м³. Загрязнение воздуха на промплощадке еще более увеличивается, при горении отвала.

Особую опасность для близлежащих населенных пунктов и окружающей среды представляют горящие породные отвалы. Они загрязняют воздух пылью и продуктами горения, содержащими вредные и ядовитые газы. Последние могут достигать опасных концентраций не только в непосредственной близости от самих отвалов, но и на расстоянии 2 – 3 км от них. Следует отметить, что зона техногенного воздействия угольных пред-

приятый выходит далеко за пределы промплощадок, горных и земельных отвалов.

С отвалов ветер сдувает сотни тысяч тонн пыли, примерно третья часть их являются горящими. При сгорании 1 кг породы происходит загрязнение до опасного предела – 6,7 – 8,7 млн. м³ атмосферного воздуха. Из горящих отвалов в атмосферу выделяется около двух десятков вредных веществ: оксид углерода, углекислый газ, сернистый газ, серный ангидрид, сероводород, сероуглерод, серооксид углерода, оксиды азота, серная кислота, циановодород, аммиак, цианиды, тиоцианаты и др.

В течение года на породные отвалы выпадают атмосферные осадки, которые, фильтруясь через тело отвала, значительно меняют свой химический состав. Под воздействием дождевых и талых вод происходит процесс естественного выщелачивания металлов из материала отвалов с образованием загрязненных стоков, в которых содержание тяжелых металлов в сотни, раз превышает предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов. Меняется и кислотность вод. Наряду с растворенными веществами техногенные потоки переносят от отвалов большое количество коллоидных соединений и механических взвесей, среди которых значительную роль также играют соединения серы [2]. Дождевые воды, попадая на отвалы, растворяют значительное количество опасных химических элементов и насыщают ими грунтовые воды. Продукты ветровой эрозии влияют на окружающую среду на расстоянии до 100 км от источника загрязнения. Зона загрязнения продуктами водной эрозии меньше, но, попадая в грунт, водоем и источник водоснабжения, они «крадут» и без того дефицитные водные ресурсы. Таким образом, кроме загрязнения воздуха, терриконы и отвалы вследствие дренажа сквозь них дождевых и талых вод интенсивно портят поверхностные и подземные воды токсичными элементами угля и вмещающей его породы [3]. Фильтрационные воды, стекая с территории породных отвалов к местным базисам эрозии, оставляют некоторую часть химических элементов в почвах. В результате чего образуются ареалы загрязнения, с закономерным уменьшением концентраций элементов с удалением от породных отвалов.

В ходе переноса промышленных выбросов техногенным потоком имеет место трансформация материалов-загрязнителей. Вещества загрязнители, создавая техногенные потоки, могут распространяться на значительные расстояния от источника (до

40 км), образуя при взаимодействии с осадками кислотные дожди. Пирит, служащий основным источником поступления в почву серной кислоты, быстро окисляется и воздействует на почву непосредственно вблизи источника загрязнения.

Растворы, которые проникают в почву с отвалов, нередко имеют высокие концентрации серной кислоты, сульфатов, что способствует переходу отдельных элементов в подвижные формы. Более устойчивые к выветриванию уголь и углефицированная порода переносятся на значительные расстояния и служат источником поступления в почву серы и тяжелых металлов. Это объясняется тем, что в результате воздействия на поверхность отвалов температуры, осадков, ветра, внутреннего тепла крупные куски породы рассыпаются до размеров пыли, которую в сухую погоду сдувает ветер и уносит на значительные расстояния, загрязняя атмосферу. Имеет место ветровая эрозия. В 150 м от отвала концентрация пыли при скорости ветра 3,5 м/с и влажности воздуха 90 % может достигать 10-15 мг/м³.

По характеру и степени техногенного загрязнения выбросами в атмосферу в зоне действия угледобывающей промышленности выделяются три зоны:

- зона максимального непосредственного загрязнения, 0,1 – 0,5 км от источника загрязнения (вокруг отвала, например, концентрации диоксида углерода и оксидов, серы на расстоянии 300 м от горящего отвала могут достигать 125 и 1,65 мг/м³ соответственно. Чернозем утрачивает по всем параметрам присущие ему свойства до глубины 60 см);

- транзитная, 0,5-2 км; характерно повышенное содержание серы, декарбонизация поглощающего комплекса до глубины 40 см;

- аккумулятивная, 2-5 км; выделяется повышенным содержанием углерода тяжелых металлов в пахотном горизонте почвы.

Известно, что почвы обладают способностью депонировать загрязняющие вещества и могут быть длительное время вторичным источником загрязнения. Загрязнение атмосферы и почвогрунтов сказывается на состоянии водной среды. Кроме того, подземные и поверхностные воды имеют гидравлическую взаимосвязь, в результате чего загрязнение поверхностных вод токсичными и вредными химическими веществами влечет за собой загрязнения подземных вод и наоборот.

Откачка шахтных карьерных вод приводит к изменению гидрогеологического режима подземных вод, выражающемуся в образовании депрессионных воронок, истощении запасов под-

земных вод водоносных горизонтов, в том числе используемых в качестве подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, понижении уровня грунтовых вод и в некоторых случаях иссушением почвенного слоя.

Горнодобывающая промышленность и угольная промышленность в частности оказывают негативное влияние на все компоненты природной среды. На территории России горнодобывающей промышленностью нарушено при добыче бурого и каменного угля открытым и подземным способами более 110 тысяч гектар. Первоначально под негативное воздействие попадают недра, воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир. Во-вторых, в результате добычи образуется большое количество отходов производства, которые составляют большую часть массы породы, извлеченной из недр.

В настоящее время на значительной части мест, где добывают уголь, под воздействием горного производства сформировались техногенные ландшафты. Они характерны не только формами рельефа, которые им придают различного типа породные отвалы (прежде всего терриконы), но и наложением на природные зоны геохимических, а иногда и геофизических аномалий. Воздействие горного производства на природные ландшафты связано также непосредственно с нарушением почвенного покрова, выведением из хозяйственного оборота части сельскохозяйственных земель.

Медико-санитарные исследования свидетельствуют о том, что уровень заболеваемости и продолжительность жизни населения, проживающего в зоне влияния породных отвалов, выше, чем на других территориях. Комфортность жизни здесь ниже, а временная нетрудоспособность случается чаще и продолжается дольше [4].

Таким образом, результатом воздействия экологических аспектов является запыление и загрязнение атмосферы прилегающих территорий, загрязнение земель и водного бассейна, сокращение срока службы оборудования, зданий и сооружений, снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий, рост заболеваемости живых организмов, отрицательное влияние на флору и фауну.

В результате загрязнения нарушается экологический баланс природной среды, отрицательно отражается на здоровье людей и их работоспособности, ухудшаются технико-экономические показатели и снижается эффективность деятельности предприя-

тий и отрасли в целом. Все это вызывает необходимость разработки и проведения соответствующих природозащитных мероприятий, эффективность которых во многом определяется точностью оценки состояния окружающей среды и величины причиняемого экологического ущерба.

Основой предупреждения загрязнения воздушного бассейна вредными примесями, поступающими из шахт, является использование комплекса мер и технических средств борьбы с пылью и газами во всех технологических процессах добычи и первичной обработки полезного ископаемого. При этом особенно надо выделить разработку таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы, т.е. создание малоотходных технологий производства, позволяющих утилизировать вредные для биосферы вещества, а также оснащение предприятий газо- и пылеулавливающей аппаратурой повышенной эффективности с возможным последующим использованием выбрасываемых веществ.

Экологизация технологических процессов (в первую очередь создание замкнутых технологических циклов, без- и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ) – наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения.

Несмотря на преимущества данного направления, нынешний уровень экологизации технологических процессов еще недостаточен для полного предотвращения пылегазовых выбросов в атмосферу. Поэтому повсеместно используются различные локальные методы очистки отходящих потоков загрязненного воздуха от аэрозолей (пыли) и токсических газо- и паробразных примесей, а устройство очистных сооружений остается все еще одной из основных мер по охране атмосферного воздуха.

Библиографический список

1. Волохов М.И., Трусов Ю.В. *О запыленности воздуха поступающего в шахты*//Труды ин-та горного дела АН. Каз. ССР.- Вып.23.-1966.-С.102-103.
2. Горбунова, К. А., *Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области* / К. А. Горбунова, Н. Г. Максимович, В. Н. Андрейчук. – Пермь, 1990. – 44 с.
3. Бурлака, В. В. *Шахты и экология (Экологические проблемы угольной промышленности Украины)* / В. В. Бурлака, В. Г. Назарчук // ТЭК. – 2006. – №7. – С. 15 – 20.

4. Майдуков, Г. Л. Комплексное использование угольных месторождений Донбасса как основа экологической безопасности и энергосбережения в регионе / Г. Л. Майдуков // *Економічний вісник Донбасу*. – 2007. – №4 (10). – С.12 – 19.

УДК 502.17: 546.296

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В РОДНИКАХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Савинова Л.Н., Вакунин Е.И., Коряков А.Е.
Тульский государственный университет

Представлены результаты гамма-спектрометрических измерений содержания радона и дочерних продуктов его распада в 47 источниках водоснабжения Тульской области. Дано геологическое обоснование повышенному содержанию радона в источниках Тульской области. Установлена прямая корреляция между среднегодовой удельной активностью радона и уровнем новообразований у населения.

Тульская область характеризуется повышенным естественным радиационным фоном. Основной вклад в естественную радиоактивность и в уровень облучения окружающей среды и человека за счет естественных источников радиации вносит радон и дочерние продукты его распада. Повышенное содержание радона в водных источниках может рассматриваться как показатель потенциальной радоноопасности территории.

Земная кора с самого начала своего образования содержит естественные радиоактивные элементы, создающие естественный радиационный фон. В горных породах, почве, атмосфере, водах и тканях живых организмов присутствуют радиоактивные изотопы калия-40, рубидия-87 и члены трех радиоактивных семейств, берущих начало от урана-238, урана-235 и тория-232. После длинной цепи преобразований образуются, в конце концов, стабильные изотопы свинца.

Единственным газообразным продуктом, который рождается в процессе распада трех семейств ЕРЭ, является радон. Три α -радиоактивных изотопа радона встречаются в природе как члены естественных радиоактивных рядов: Rn-219 (член ряда актиноурана, период полураспада 3,92 сек); Rn-220 (ряд тория, период полураспада 54,5 сек) и Rn-222 (ряд урана - радия, период

полураспада 3,823 сут). Изотоп Rn-222 называется истинным радоном и часто обозначается просто символом Rn.

По оценкам Научного Комитета по Действию Атомной Радиации (НКАДР) ООН, именно радон вносит основной вклад в естественную радиоактивность атмосферного воздуха и в уровень облучения окружающей среды и человека за счет естественных источников радиации. Он ответственен примерно за 75 % годовой индивидуальной Эффективной Эквивалентной Дозы (ЭЭД) облучения. Считается, что из всех изотопов радона наибольший вклад в суммарную дозу облучения вносит Rn-222, что примерно в 20 раз больше вклада Rn-220. ЭЭД формируется в основном не за счет самого радона, а за счет его дочерних продуктов распада (ДПР), которые являются альфа-, бета-, гамма-излучателями. Доза от самого радона составляет лишь 1 % от суммарной [1].

В связи со сказанным перед регионом встает задача изучения пространственно-временной изменчивости естественного фона ионизирующего излучения, поиск зон, характеризующихся повышенным фоном, установление вкладов природной и техногенной составляющих, непрерывный контроль радиоактивного загрязнения воздуха, питьевой воды, почвы, растительных и животных организмов, выявления радиологически чистых зон, пригодных для проживания и строительства.

Концентрация радона в объектах окружающей среды в первую очередь зависит от геологической обстановки. Источники поступления радона, непосредственно связанные с земными недрами, представляют две группы:

1) источником являются радононосные тектонические зоны, которые характеризуются резко аномальными концентрациями радона, во много раз превышающими местный геохимический фон;

2) источниками являются сами горные породы, радон поступает за счет высокого геохимического фона радона в породах. Этот повышенный местный геохимический фон может создать значительные по площади радононосные участки, в пределах которых концентрация радона практически повсеместно может превышать ПДК в десятки раз.

При районировании территории России по степени радоноопасности к площадям опасным по радону отнесены регионы, в которых установлены специализированные на уран горные породы, рудопроявления и месторождения урана. К площадям потенциально опасным по радону отнесены те регионы, в кото-

рых специализированные на уран горные породы развиты незначительно и не выходят на поверхность.

Содержание радона в окружающей среде зависит от концентрации материнских элементов в породах и почвах. Наиболее высокие концентрации урана (радия) свойственны изверженным (магматическим) породам, в особенности гранитам. Высокие концентрации урана также могут быть приурочены к темноцветным сланцам, осадочным породам, содержащим фосфаты, а также метаморфическим породам, образовавшимся из этих отложений. Почвы, обломочные отложения, образовавшиеся в результате переработки вышеназванных пород, также будут обогащены ураном.

Кроме этого основными источниками-содержателями радона являются горные и осадочные породы, содержащие уран (радий):

- бокситы и углистые сланцы тульского горизонта нижнего карбона, залегающие на глубинах от 0 до 50 м с содержанием урана более 0,002 %;

- углеродисто-глинистые диктионемовые сланцы нижнего ордовика, залегающие на глубинах от 0 до 50 м с содержанием урана от 0,005 % и до 0,17 %;

- углеродсодержащие гравелиты песчаников и алевролитов гдовского горизонта венда, залегающие на глубинах от 0 до 100 м с содержанием урана более 0,005 %;

- граниты рапакиви верхнего протерозоя, залегающие приповерхностно и имеющие содержание урана более 0,0035 %;

- калиевые, микроклиновые и плаггиомикроклиновые граниты протерозойско-архейского возраста с содержанием урана более 0,005 %;

- гранитизированные и магматизированные архейские гнейсы, залегающие приповерхностно, в которых урана более 3,5 г/т.

В результате радиоактивного распада атомы радона попадают в кристаллическую решетку минералов. Ввиду химической инертности радон относительно легко покидает кристаллическую решетку "родительского" минерала и попадает в подземные воды и воздух. Процесс выделения радона из минералов и пород в поровое или трещинное пространство получил название эманирования. Поскольку наиболее долгоживущим из четырех природных изотопов радона является Rn-222, именно его содержание в этих средах максимально.

Дальнейшая судьба радона связана с характером заполнения порового пространства. Выше уровня грунтовых вод радон как

всякий газ распространяется по законам диффузии. Ниже уровня грунтовых вод радон может мигрировать вместе с водой. Дальность миграции радона определяется его периодом полураспада и не может быть большой. Для сухой породы она больше, однако, как правило, радон мигрирует в водной среде. Именно поэтому наибольший интерес представляет изучение поведения радона в воде.

В зависимости от геологических и гидрогеологических условий в различных районах земли создаются условия для формирования широкого спектра фоновых концентраций радона. В России выявлены зоны с концентрацией радона в воде в 300-400 Бк/л. Воды с содержанием радона более 180 Бк/л уже относят к радоновым:

- 1) очень слабо радоновые с активностью от 180 до 750 Бк/л;
- 2) слабо радоновые с активностью от 750 до 1500 Бк/л;
- 3) радоновые средней концентрации с активностью от 1500 до 7500 Бк/л;
- 4) высоко радоновые с активностью более 7500 Бк/л.

Из-за разнообразия условий радононакопления в водах в разных странах приняты различные величины предельно допустимых концентраций радона, которые ограничивают использование вод с высоким содержанием радона. Так, в Финляндии предельно допустимые концентрации установлены на уровне 300 Бк/л, в Швеции - 300 Бк/л, в Ирландии - 200 Бк/л. В России нормы радиационной безопасности, принятые в 1999 г, устанавливают предельно допустимое содержание радона в воде в 60 Бк/л при отсутствии в воде других радиоактивных веществ. При этом Агентство по охране окружающей среды США (USEPA) рекомендует в качестве предельной величину содержания радона в воде на уровне 11 Бк/л [2, 3].

Повышенные концентрации радона в подземных водах могут быть обусловлены следующими причинами:

1. высокими концентрациями урана, в том числе урановыми рудами;
2. обогащением пород радиоактивными минералами (монацитом, ортитом, ксенотимом, циртолитом и др.);
3. вторичное обогащение пород радием в результате его химического осаждения и сорбции;
4. интенсивной тектонической раздробленностью пород, обуславливающей высокую дегазацию, в том числе эманирование.

Рассмотрим влияние указанных факторов на концентрации радона для условий Тульской области. В нашем регионе наибольшую долю в суммарные концентрации радона в подземных водах, по всей видимости, вносят скопления радия, связанные с геохимически аномальными и рудными концентрациями урана в угленосных породах визе. На территории, в геологическом отношении обозначенной как Подмосковский угольный бассейн, располагается наряду с месторождениями угля целая сеть мелких месторождений бедных урановых руд, которые залегают на глубинах от 3 до 120 метров.

В Тульской области урановые проявления имеются практически во всех районах распространения угленосных отложений. Три рудопроявления (Нечаевское, Казначеевское и Лаптевское) расположены на севере области. Они приурочены к маломощным углисто-глинистым прослоям среди известняков окского и серпуховского верхнего визе. Рудопроявления Веригинское и Щекинское расположены в центральной части области и связаны с собственно угленосными отложениями яснополянского горизонта.

Все рудопроявления и аномальные концентрации урана в Тульской области относятся к одному урано-угольному формационному типу. Такого рода скопления широко распространены в природе. Их образования связаны с геохимическими особенностями поведения урана в зоне гипергенеза, где уран хорошо мигрирует в водной среде в шестивалентной форме в окислительных по урану средах. Поэтому в большинстве случаев в зоне активного водообмена преобладают условия рассеяния урана природными водами. Однако существуют обстановки, где действуют геохимические барьеры, на которых уран осаждается.

В гипергенных условиях намечается следующий ряд геохимических барьеров урана по степени распространенности:

1. Восстановительный сероводородный от биогенного или абиогенного сероводорода;
2. Восстановительный резко глеевый за счет водорода, продуцируемого бактериями;
3. Сорбционный;
4. Термодинамический, включающий барьер нейтрализации ураноносных щелочных или кислых вод растворами, содержащими соединения ванадия, фосфора, молибдена и мышьяка без изменения их валентности, с которыми уран в форме уранила дает твердые фазы;

5. Эвапорационный, когда уран выпадает из перенасыщенных растворов;

6. Механический, формирующий за счет образования россыпей ураносодержащих минералов.

Для рассматриваемых ураноносных угленосных отложений Тульской области наиболее вероятны его скопления из древне-грунтовых, сорбционного и нейтрализационного барьеров. Время действия таких вод с самими крупными региональными осадконакоплениями на Русской платформе - предвизейским и предюрским.

Вдоль крупных зон скрытой трещиноватости возможны собственные геохимические аномалии радона. Имеющиеся данные по тектоническому строению южного крыла Московской синеклизы указывают на три основные зоны глубинных разломов, включая центральную Калужско-Тульскую, сопровождающуюся интенсивной тектонической трещиноватостью как чехла, так и фундамента платформы. Региональные зоны разломов имеют отчетливое выражение в неотектонических структурах, что наиболее существенно для путей эксгаляции радона с глубоких горизонтов разреза платформенного чехла.

Существенные урановые концентрации в регионе могут быть связаны с фосфоритами (осадочные горные породы, сложенные более чем на 50 % аморфными или микрокристаллическими минералами группы апатита) юры и мела. В последних отмечаются почти рудные (до 100 г/т) скопления урана.

Скопления радия в соединениях бария и, особенно, в хлоридных высокоминерализованных артезианских водах так же вполне вероятны. Дело в том, что в среднепозднедевонских подсолевых отложениях Тульской области имеют место бессульфатные рассолы с минерализацией до 35 – 181 г/л. Состав вод удовлетворяет возможности растворения солей кальция, магния, стронция, бария и радия [4 – 6].

Объектами исследования служили родники и колодцы на территории Тульской области, где количественно определялось содержание радона и ДПР. Исследования проводились на полупроводниковом гамма-спектрометре.

Получены результаты измерения концентрации радона в 47 источниках водоснабжения Тульской области. Концентрация радона в 43 % обследованных источников превышает допустимый уровень содержания радона и ДПР в питьевой воде по γ -фону (60 Бк/л). Особенно высокие концентрации его, превыша-

ющие 200 Бк/л, следует отметить в Щекинском, Веневском, Заокском и Богородицком районах Тульской области.

Повышенное содержание радона в воде родников и других источников является индикатором потенциальной радоноопасности территории.

Авторы работ по эпидемиологии для установления тех или иных зависимостей между переменными широко используют методы статистической обработки результатов, в том числе метод корреляционного анализа. Представлялось заманчивым применить этот метод к обработке собственного массива данных с целью выявления связи между среднерайонным содержанием радона в водных источниках, отражающим степень радоноопасности территории, и среднемноголетним уровнем новообразований у населения.

Данные для выявления возможной зависимости на модели Тульской области сведены в таблицу 1, на модели Щекинского района – в таблицу 2.

Расчет коэффициентов корреляции проводился с помощью программы Statistica - 6.0. Положительные и близкие к единице коэффициенты корреляции (соответственно, 0,84 и 0,86) можно рассматривать как дополнительное подтверждение существования связи между повышенным радиационным фоном (основной вклад в дозу от которого вносят радон и ДПР) и уровнем новообразований у населения.

Таблица 1 – Данные для корреляционного анализа на модели Тульской области

Районы	Среднегодовая удельная активность радона		Среднемноголетний канцерогенез на 100 тыс. населения
	RaB (Бк/л)	RaC (Бк/л)	
Алексинский	136	124	296,4
Арсеньевский	46	53	290,8
Белевский	51	36	297,6
Веневский	201	189	337,9
Заокский	216	199	356,7
Каменский	52	63	301,6
Т-Огаревский	61	73	305,5
Чернский	49	57	304,3
Щекинский	204	213	390,3
Ясногорский	151	148	328,3
$r_{\text{Rn-Cancer}} = 0,84$			

Таблица 2 – Данные для корреляционного анализа на модели Щекинского района

Щекинский район, административные образования	Среднегодовая удельная актив- ность радона		Среднегодулетний канцерогенез на 100000 населения
	RaВ (Бк/л)	RaС (Бк/л)	
Яснополянский	47	38	336,9
Первомайский	260	310	402,4
Крапивенский	328	246	409,4
Царевский	204	223	375,0
Советский	59	73	368,4
Ломинцевский	262	200	376,5
$r_{\text{Rn-Cancer}} = 0,86$			

Библиографический список

1. Смыслов А.А., Харламов М.Г. *Естественные радионуклиды в земной коре и проблемы радиоэкологии* // Советская геология. 1992. вып. 4. с. 72-78.
2. Токарев А.Н. *Основные закономерности формирования природных радиоактивных вод* /А.Н. Токарев //Тр. ВНИИ гидрогеологии и инженерной геологии. 1975. - Вып. 89. - С. 88-89.
3. Столяров А.С., Ивлева Е.И. *Ергенинский ураново-редкометалльный район Калмыкии* // Минеральное сырье № 19. М.: РИС ВИМС, 2008. - 170 с.
4. Игнатов П.А. и др. *Радиогеоэкологическое районирование Тульской области*// Изв. ТулГТУ. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. Тула:ТулГТУ. 1994. с.60-68.
5. Котляров А.А., Кривошеев С.В., Курепин А.Д. /Жур. АНРИ, №2, 1994. с.4-60.
6. Котляров А.А., Кривошеев С.В., Курепин А.Д. /Жур. АНРИ, №3, 1994. с.29-37.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДОНА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Савинова Л.Н., Вакунин Е.И., Коряков А.Е.

Тульский государственный университет

Обобщены сведения о биологических последствиях от воздействия малых доз облучения. Систематизированы сведения о биологических последствиях от воздействия излучения радона и дочерних продуктов его распада на организм человека.

Тульская область, наряду с Челябинской областью и Алтайским краем, характеризуется наибольшими суммарными дозами облучения в России. В связи с этим интерес представляет обсуждение сведений о тонком воздействии радиации на организмы для выяснения возможной опасности от сравнительно малых доз фонового облучения.

До недавнего времени было распространено мнение, что существует безопасный уровень, ниже которого радиация не влияет на здоровье человека. К такому безопасному уровню относили очень малые дозы естественной радиоактивности и еще меньшие добавки к уровню фоновой радиации от искусственных источников. Однако в 80-е годы было установлено, что даже малые дозы облучения могут быть канцерогенными. Латентный период после канцерогенного облучения может достигать 30-40 лет для большинства форм рака и 5-10 лет для лейкемии. В 1985 г. НКРЗ (Национальная Комиссия по радиационной защите при Минздраве СССР) приняла вслед за Международной Комиссией по радиационной защите при ООН специальное решение, что дополнительное облучение людей в любой, сколь угодно малой дозе сопряжено с дополнительным, отличным от нуля риском канцерогенеза.

Установлено, что при очень низком уровне радиации, когда восстановление ДНК после прямых повреждений происходит, очевидно, очень эффективно, наблюдается преобладание косвенного химического повреждения клеточных структур (например, фосфолипидных мембран), так как для функционального повреждения требуется малая доза радиации. Это приводит к эволюционным дефектам, возникающим вследствие нарушения процесса размножения клетки или видоизменения клетки в течение эмбрионального периода развития, и выражается в увеличе-

нии численности потомства с врожденными дефектами, самопроизвольных выкидышей и в повышении смертности на раннем этапе развития в результате плохого развития, недостатка гормонов и сопутствующих нарушений иммунологической системы.

Предполагают, что аналогичные нарушения иммунологической системы снижают способность к обнаружению и разрушению клеток новообразования, поэтому возрастает смертность вследствие раковых заболеваний, связанных с уменьшением сопротивления организма к распространению и росту клеток опухоли.

Предполагают также, что все болезни, обычно связываемые со старением (болезни легких, сердца и системы кровообращения), прогрессируют по мере образования свободных радикалов, что приводит к увеличению повреждений мембран клетки свободными радикалами $O_2\cdot$, $NO_2\cdot$ и др. [1-3].

По результатам радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территории Тульской области наибольший вклад в дозовую нагрузку населения области вносит облучение от естественных источников излучения. По данным за 2000-2005 гг доза облучения (средняя годовая эффективная эквивалентная доза облучения (СГЭЭД) на каждого жителя области составила 3,66 мЗв/год и по структуре разделяется на дозу от космического излучения - 0,29 мЗв (7,92 %), от внешнего облучения - 0,76 мЗв (20,76 %), от внутреннего облучения - 0,17 мЗв (4,64 %), от ингаляции радона - 2,44 мЗв (66,66 %). Таким образом, основной вклад в суммарную дозу вносят природные радионуклиды - радон и дочерние продукты его распада (ДПР)

В литературе широко обсуждается вопрос воздействия радона и его дочерних продуктов на здоровье человека [4].

Вдыхание радона и его короткоживущих дочерних продуктов приводит к облучению легочной ткани человека. При этом основная доза создается альфа-частицами ДПР. Малый пробег альфа-частиц в биологической ткани приводит к резкой неоднородности облучения. Поскольку первичные раковые опухоли, обусловленные облучением, возникают, в основном, в верхних дыхательных путях, считается, что последствия облучения определяются дозой, поглощенной в клетках эпителия трахеобронхиальной части легких [5].

Изотопы радона - инертные газы, поэтому их поведение в организме существенно отличается от поведения их продуктов распада. Радон легко растворяется в крови, лимфе и других жидкостях организма, значительно лучше растворяется в жирах,

что обуславливает эффективное поглощение его жировыми тканями при поступлении в организм. Концентрация изотопов радона в крови после достижения стационарного состояния (практически через час после ингаляции для радона и около 5 мин для торона) определяется их содержанием в воздухе и не зависит от времени экспозиции, составляя для радона примерно 30-45 % концентрации во вдыхаемом воздухе. При ингаляции торона это значение равно 4 %.

Поступающий при дыхании радон избирательно накапливается в некоторых органах и тканях, особенно в гипофизе и коре надпочечников, этих двух важнейших железах внутренней секреции, определяющих гормональную активность организма и регулирующих деятельность вегетативной нервной системы, концентрируются также в сердце, печени и других жизненно важных органах. Растворяясь в крови и лимфе, радон и продукты его распада быстро разносятся по всему телу и приводят к массивованному внутреннему облучению.

При питье воды преимущественное накопление радона происходит в ЖКТ, жировой ткани и мозге. В первые 10-15 мин после введения наблюдается резкое увеличение содержания радиоактивности во всех органах и тканях, при этом основная часть ее быстро выделяется из организма выдыхаемым воздухом. Через 2-3 часа в большинстве органов и тканей остаются лишь следы радона и продуктов его распада. Выведение радона из организма независимо от способа введения осуществляется главным образом через легкие (90 % общего количества при ингаляции, 60 % после купания) и отчасти с мочой (0,1-0,25 %). Около 90 % радона выделяется из организма человека за 1 час, полностью – за 6 – 7 часов. Период выделения торона из крови составляет 4,5 мин, поэтому почти весь торон распадается прежде, чем вновь поступает в легкие.

Короткоживущие продукты распада изотопов радона, попадая в ЖКТ (с водой, в процессе самоочищения легких) практически не достигают его стенок и распадаются в его содержимом и слизистом отделяемом, не поступая в кровь. При поступлении в ЖКТ долгоживущих продуктов распада резорбция их в кровь зависит от химических свойств веществ, физиологического состояния пищеварительного тракта, состава пищевого рациона и т.п. Резорбция ^{210}Pb из ЖКТ принята равной 6%, ^{210}Pb - 8%, ^{210}Bi - 1%.

Из короткоживущих продуктов распада изотопов радона достигнуть других органов могут только ^{212}Pb и ^{212}Bi .

Распределение долгоживущих продуктов распада изотопов радона, как и других радионуклидов, определяется их химическими и физико-химическими свойствами. ^{210}Pb накапливается в значительных количествах в костях, зубах и ногтях человека. ^{210}Bi в основном концентрируется в печени, почках и легких. ^{210}Pb обнаруживается практически во всех тканях и органах, но значительные его количества определены в печени, мышцах, крови и почках. Выведение его осуществляется преимущественно через ЖКТ и почки, причем 0,9 ^{210}Pb экскретируется с калом и только 0,1 с мочой. Средний период выделения ^{210}Pb из всего организма составляет 37 ± 6 сут.

Токсическое действие в основном направлено на органы дыхания. При отравлении радоном возникает истощение, появляется бледность, лимфатические узлы и внутренние органы атрофируются, происходит жировая и гиалиновая дегенерация почек и печени. При 5-ти часовой ингаляции воздуха, концентрация радона в котором более 74 Бк/л, наблюдается падение иммунитета, снижение гемоглобина и развивается токсическая пневмония с лейкоцитозом. Относительно других систем органов общим токсическим проявлением является появление добро- и злокачественных образований в виде отека легких, очаговой эмфиземы, рака и аденомы легких, аденомы щитовидной железы. Если ингаляция продолжается свыше 8 часов, то в организме происходят необратимые последствия, конкретно связанные с деятельностью нервной и кровеносной систем. Помимо вышеперечисленных заболеваний у человека могут развиваться очаги некроза красного костного мозга и происходить накопление радона и его продуктов распада в головном мозге. Это приводит к раку крови и разрушению клеток мозга. В случае несоблюдения нужных правил безопасности наступает летальный исход.

Существует статистическая связь заболеваемости злокачественными опухолями, склерозом, ишемической болезнью сердца, изменением поведенческих реакций и детским церебральным параличом с геопатогенными зонами (разломами), по которым радон перемещается и с помощью которых выходит на поверхность.

Выявлена статистически значимая зависимость заболеванием раком легких от содержания радона в жилых помещениях. Риск смерти от рака легких, вызванного воздействием продуктов распада радона, составляет примерно 0,4% от общего вредного воздействия, которому подвергается житель США в среднем, что намного превышает риск летального исхода от воздействия пестицидов, асбеста, других токсичных веществ [3]. Исследования, проведенные Агентством по охране окружающей среды США (USEPA) показали, что предположительно 5 тысяч ежегодных случаев заболевания раком легких среди некурящей части населения и около 15 тысяч смертей от рака легких среди курильщиков США связаны с содержанием радона в помещениях [6].

Оценки Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) последствий облучения людей дочерними продуктами радона, находящимися в воздухе жилых помещений, показывают, что при наблюдаемом среднем значении объемной активности дочерних продуктов радона в помещениях около 10% существующих в настоящее время случаев заболевания раком легких следует отнести за счет этого фактора [4].

Отмечается увеличение биологического риска в 5-10 раз при наличии пыли, смога. Канцерогенный эффект многократно усиливается табачным дымом, ультрафиолетом, аномальными скоплениями полициклических ароматических углеводородов [2]. Особенно чувствительны к радону дети и лица до 20 лет, поскольку они имеют меньший объем легких и большую частоту дыхания [7].

Показано, что радон в питьевой воде может вызвать дополнительно 30 – 600 случаев рака легких в год у населения США, что эквивалентно 5000-20000 (около 10и%) случаям рака легкого, вызываемого радоном, при его накоплении в воздухе жилых помещений [8]. По оценкам 0,7 % смертей в Бельгии обусловлены радоном [9].

Употребление воды, с повышенным содержанием радона, увеличивает вероятность заболевания раком желудка [10].

Библиографический список

1. Бокрис Дж.О.М. *Химия окружающей среды: Пер. с англ./Под ред. Цыганкова А.П.* - М.: Химия, 1982. - С. 414 - 444.
2. Manahan, Stanley E., *Environmental Chemistry, 6th ed.*, Lewis Publishers /CRC Press, Boca Raton, Florida, 1994.

3. "Exposure to Enhanced Natural Radiation and its Regulatory implications", *Science of the Total Environment*, 1985. Vol. 45, p.233.
4. Gudersen L.C.S. *Focus on Radon and Radionuclides*. Baltimor. 1991. v.36, N 8, p.17-18.
5. Максимов М.Т., Оджагов Г.О. *Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учеб. пособие. - 2-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 304 с. : ил.*
6. Воздействие на человека радона/ *Реф. журн.* , 1990, т. 72, N 11. - 11.83.361.
7. Результаты измерений концентраций радона в некоторых регионах России/ *Реф. журн.* , 1996, т. 72, N 3. - 3.72.501.
8. Радон в помещениях: специфический риск для детей/ *Реф. журн.* , 1992, т. 72, N 3. - 3.72.581.
9. Уменьшение концентрации радона в школах/ *Реф. журн.* , 1991, т. 72, N 1. - 1.72.396.
10. Ярмоленко С. П., Вайсон А.А. *Радиобиология человека и животных. - М.: Высш. шк., 2004. - 549 с.*

УДК 624.131:551.3

К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Серёгина О.В.

Тульский государственный университет

Проанализированы основные источники воздействия горного производства на природную среду, показаны виды воздействия на геологическую среду.

Горное предприятие, как территориально рассредоточенная система объектов производства и инфраструктура любой сложности, предназначенная для освоения недр, оказывает масштабное воздействие на основные компоненты окружающей природной среды.

Природная среда в практической, хозяйственной деятельности предстает как сочетание ресурсов. Каждый вид природного ресурса для любого конкретного технологического развития ограничен по количеству и по качеству. Особенностью воздействия горного производства на природные ресурсы является то, что его основу составляет использование и преобразование такого природного ресурса, как недра.

Также нельзя не отметить, что поступающие в окружающую среду отходы горного производства участвуют в различных физических, химических и биологических процессах переноса, разложения, осаждения, накопления и т.д. Это воздействие влечет за собой изменение пространственных и временных параметров качества окружающей среды и, следовательно, и потребляемое в процессе производственной деятельности сырье, людей, растительность, животных.

То есть, в процессе разработки месторождения происходит обмен веществом и энергией с природными компонентами, вызывающий их изменения (нарушения или загрязнения), который понимается как воздействие производства на природную среду.

Воздействия горнодобывающих предприятий на основные компоненты природной среды рассмотрены можно разделить на две группы форм: формы нарушения и формы загрязнения природных компонентов.

В число форм нарушений включены: геомеханические (деформации, провалы, выемки, насыпи, застройки), гидродинамические (поверхностные, подземные), аэродинамические, биоморфологические.

В число форм загрязнения природных компонентов включены: геохимические, гидросферные, атмосферные, биоценологические.

Интенсивность воздействия определяется параметрами горного производства, которые зависят от расположения месторождения, условий залегания полезного ископаемого, физико-механических и физико-химических свойств горных пород и полезного ископаемого.

Условия залегания полезного ископаемого, глубина и угол падения залежи, её мощность, обводнённость и другие факторы влияют на выбор способа разработки, отвалов, транспортных коммуникаций, на количество образующихся в процессе добычи отходов.

Если говорить более конкретно, применительно к геологической среде, то предлагается следующее разделение на виды воздействия:

1. Изъятие природного ресурса (его части) – процесс извлечения из среды обитания находящегося в ней ресурса.
2. Уничтожение природного ресурса – совершение действия, в результате которого ресурс теряет полностью свой физический объём или изначально присущие ему качества и свойства.

3. Нарушение природного ресурса - действие, повлекшие за собой изменение отдельных качественных характеристик или свойств ресурса без изменения его основной структуры.

4. Преобразование природного ресурса - действие (процесс) или совокупность процессов, в результате которого произошла полная или частичная потеря или изменение основополагающих свойств и качеств ресурса и возникновение новых его признаков и характеристик.

5. Загрязнение природного ресурса и среды обитания.

По его характеру выделяют: механическое загрязнение среды и объектов; химическое; физико-химическое; бактериологическое; шумовое; звуковое; ультразвуковое; электромагнитное; тепловое.

6. Комплексное (интегральное) воздействие, когда одновременно или по стадиям проявляется большинство вышеперечисленных воздействий.

Техногенная нагрузка, осуществляемая предприятием в процессе производственной деятельности на отдельные компоненты природной среды, в наиболее общем виде может быть оценена по показателям изъятия, привноса и перемещения вещества, отражённым в принятых формах статистической отчётности: № 2 - тп (воздух), № 2 - тп (вода), № 2 - тп (рекультивация). Приводимые в этих формах данные позволяют представить объёмы потребления воды из подземных и поверхностных источников, сбросов воды с различной степенью очистки в природные водные объекты, массу сброшенных с этими водами загрязняющих веществ, объёмы выбросов вредных веществ в атмосферу, площади занятых промышленными объектами и рекультивированных земель.

Вместе с тем на основании этих данных нельзя представить степень их совокупного воздействия на тот или иной компонент природной среды. Для получения комплексной оценки нагрузки разработаны методы и показатели, базирующиеся в основном на использовании принципов сочетания расчётных формул и субъективных балльных оценок.

Для комплексной оценки нагрузки, оказываемой на природную среду отраслями промышленности, предложена формула:

$$I_{\Sigma j} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{m1j} \cdot K_{m2j} \cdot \left(\frac{a_{ij}}{b_j} \div \frac{A_i}{B} \right)}{n}$$

где: $I_{эj}$ – индекс экологичности j -ой отрасли; a_{ij} – абсолютные показатели воздействия j -ой отрасли (I – землёёмкость в тыс. га, водопотребление в млн. м³, выброс загрязняющих веществ в атмосферу в тыс. т/год или сброс сточных вод в млн. м³/год); b_j – объём валовой продукции j -ой отрасли в млн. руб; A_i – показатели землеёмкости, водопотребления, выброса загрязняющих веществ для промышленности в целом; B – валовая продукция промышленности в целом; K_{m1j} и K_{m2j} – коэффициенты токсичности выбросов j -ой отрасли соответственно в атмосферу и в водоемы; n – количество учитываемых показателей воздействия отрасли.

Таким образом, горное производство, являясь одним из основных видов хозяйственной деятельности человека, сопровождающимся изменением природы, представляет собой неминуемое изъятие вещества и изменение физических и химических характеристик природы, за счет нарушения целостности и изменением физико-технических характеристик прилегающих к выемкам породных массивов. Занятие земельных площадей под выемки и горные объекты соседствует с загрязнением почвенного покрова прилегающих территорий, потребление водных ресурсов происходит одновременно с их загрязнением сбросами, изъятию кислорода из атмосферы в процессе сжигания топлива и окисления вскрытых пород сопутствует загрязнение атмосферы пылегазовыми выбросами.

Библиографический список

1. Серёгина О.В. Оценка пылегазовых выбросов в атмосферу угольными шахтами и совершенствование отраслевой методики инвентаризации источников загрязнения / Диссертация на соискание учёной степени канд.техн.наук.- Тула, 2011. – 136 с.
2. Дёмина О.В. Загрязнение тропосферы в районе угольных шахт пылегазовыми выбросами // Известия ТулГУ. Серия. Экология и безопасность жизнедеятельности Вып. 8. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. с. 43-46.
3. Стась Г.В., Агеев И.И. Серёгина О.В. Алгоритмы и комплекс программных средств для прогноза газообмена в атмосфере шахт Подмосквовного угольного бассейна // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. - № 5. – С. 53 – 56.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ
В СИСТЕМЕ ИСТОЧНИКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАВА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет

В статье рассматриваются виды нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды, их классификация, дается определение нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду согласно требованиям законодательства Республики Беларусь.

Обеспечение безопасности и качества продукции или услуг, полноты и достоверности предоставляемой о них информации достигается путем соблюдения всеми участниками рынка, действующих правил, которые устанавливаются в технических нормативных правовых актах (ТНПА).

Виды ТНПА определены Законом Республики Беларусь от 17 июля 2018г. № 130-З «О нормативных правовых актах». ТНПА отнесены к нормативным правовым актам, составляющим законодательство Республики Беларусь.

Согласно статьи 30 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» к техническим нормативным правовым актам в области охраны окружающей среды относятся две группы ТНПА: экологические нормы и правила (ЭкоНиП) и технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации, устанавливающие требования в области охраны окружающей среды к объектам технического нормирования и объектам стандартизации.

Экологические нормы и правила обязательны для соблюдения и утверждаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Порядок разработки, согласования, утверждения, регистрации, введения в действие и опубликования ЭкоНиП установлен Советом Министров Республики Беларусь от 21 мая 2016 г. №400.

ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 вступили в силу с 1.10.2017 года.

Важно, что экологическими нормами и правилами не могут устанавливаться требования к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или к оказанию услуг.

Экологическими нормами и правилами устанавливаются нормативы качества окружающей среды, правила установления (расчетов) нормативов допустимого воздействия на нее, иные требования в области охраны окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и применяются для оценки состояния окружающей среды и нормирования допустимого воздействия на нее.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;
- нормативы предельно допустимых физических воздействий;
- нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов; иные нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды утверждаются и вводятся в действие Министерством здравоохранения Республики Беларусь по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, иными государственными органами в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

На особо охраняемых природных территориях, природных территориях, подлежащих специальной охране, и территориях биосферных резерватов могут устанавливаться более жесткие, чем действующие на других территориях, нормативы качества окружающей среды.

В целях предотвращения вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (природопользователей) устанавливаются следующие виды нормативов допустимого воздействия на окружающую среду:

- нормативы допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ; нормативы образования отходов производства;
- нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);
- нормативы допустимого изъятия природных ресурсов; нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- нормативы иного допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, устанавливаемые законодательством Республики Беларусь.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий.

Применительно к сфере экологических отношений ТНПА представляют собой:

- технические регламенты (ТР),
- технические кодексы установившейся практики (ТКП),
- стандарты, в том числе государственные стандарты Республики Беларусь (СТБ),
- стандарты организаций,
- технические условия (ТУ),
- зоогиgienические, ветеринарные, ветеринарно-санитарные нормы и правила (СанПиН),
- санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы (ГН),
- нормы и правила пожарной безопасности, нормы и правила по обеспечению технической, промышленной, ядерной и радиационной безопасности, нормы и правила по обеспечению безопасной перевозки опасных грузов, охраны и рационального использования недр,
- квалификационные справочники,
- государственные классификаторы технико-экономической информации,
- формы государственных статистических наблюдений и указания по их заполнению,
- методики по формированию и расчету статистических показателей,
- инструкции по организации и проведению государственных статистических наблюдений,
- формы ведомственной отчетности и указания по их заполнению,
- иные нормативные правовые акты, отнесенные законодательными актами Республики Беларусь к техническим нормативным правовым актам, утвержденные (введенные в действие) в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации, устанавливающие требования в области охраны окружающей среды к объектам технического нормирования и объектам стандартизации утверждаются Советом Министров Республики Беларусь, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Рес-

публики Беларусь, Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь, другими государственными органами в пределах их компетенции в соответствии с законодательством Республики Беларусь о техническом нормировании и стандартизации.

Республика Беларусь является членом Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Технические регламенты ЕАЭС имеют прямое действие на территории Союза. В соответствии со статьей 52 Договора об ЕАЭС технические регламенты Союза и стандарты направлены, в том числе, на защиту жизни и (или) здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и (или) здоровья животных и растений, а также в целях обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

На основании статьи 46 Договора о ЕАЭС Коллегией ЕАЭС введены такие меры как запрет либо разрешительный порядок ввоза (вывоза) товаров. В области охраны окружающей среды и рационального природопользования в перечень таких товаров вошли:

- озоноразрушающие вещества,
- опасные отходы,
- минеральное сырье,
- дикие живые животные,
- отдельные дикорастущие растения, в том числе включенные в Красные книги государств-членов ЕАЭС,
- дикорастущее лекарственное сырье,
- средства защиты растений,
- коллекционные материалы по минералогии, палеонтологии,
- информация о недрах по районам и месторождениям топливно-энергетического и минерального сырья.

УДК 691.5

АДСОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Слепнева Л.М., Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Изучена возможность использования шлама химической водоподготовки Мозырской ТЭЦ Беларуси в качестве адсорбента химических

веществ в водных растворах. Определена адсорбционная активность как нативного, так и прокаленного шлама по отношению к иоду.

Проблема охраны окружающей среды является важнейшей задачей современного мира. Ввиду многочисленных выбросов вредных отходов в атмосферу, водоемы и т.д. человечество находится на грани техногенной катастрофы. Немалая доля небезопасных отходов приходится на предприятия энергетики. С учетом все возрастающего энергопотребления содержание многих вредных веществ в окружающей среде во много раз превышает допустимые концентрации, таким образом, задача утилизации вредных отходов производств не перестает быть актуальной.

Необходимой частью технологического процесса предприятий электроэнергетики является очистка и умягчение природной воды. Тепловые электростанции и котельные являются источником загрязнения окружающей среды отходами умягчения природной воды от жесткости в ходе предварительной водоочистки.

Для умягчения в природную воду добавляют суспензию гидроксида кальция (известковое молоко), что позволяет перевести растворимые гидрокарбонаты кальция и магния в соответствующие карбонаты. Последующее добавление сульфатов железа (II) или алюминия в водный раствор приводит к их гидролизу с последующим окислением и образованием гидроксида железа (III), цепочечные структуры которого сорбируют различные примеси воды. Осаждающиеся хлопья увлекают за собой коллоидные примеси, образуя шлам. В дальнейшем шлам подвергают сушке и складированию.

Химический состав шлама в достаточно узком диапазоне варьируется в зависимости от состава природной воды, используемых реагентов и технологической схемы цеха водоочистки, используемой в различных электроцентралях. Так, насыпная плотность шлама ТЭЦ-2 г. Ростова-на-Дону, полученного при умягчении речной воды гашеной известью и содой равна $0,76 \text{ г/см}^3$, а истинная плотность $2,61 \text{ г/см}^3$ / в то время, как насыпная плотность шлама Новогорьковской ТЭЦ равна $0,58 \text{ г/см}^3$, а истинная плотность $2,23 \text{ г/см}^3$. Тем не менее, основным компонентом всех шламов водоочистки является карбонат кальция.

Учитывая химический состав шлама, основным компонентом которого является карбонат кальция, предложено его использования в строительстве, сельском хозяйстве, для очистки сточных вод предприятий. Строительная отрасль является

наиболее перспективной с точки зрения использования шламов химической водоподготовки (ХВП) тепловых электростанций [1, 2]. Так, карбонатный шлам используется в качестве добавки, регулирующей начальное структурообразование и с целью снижения расхода вяжущего при производстве пенобетонных конструкций [3].

Представляет интерес также применение шлама водоочистки для очистки сточных вод. Высушенный и растертый шлам представляет собой желтый мелкодисперсный порошок с удельной поверхностью $7500 \text{ см}^2/\text{г}$, что обеспечивает адсорбционную способность шлама. Одним из направлений утилизации шлама водоочистки ТЭЦ является возможность использования его адсорбционных свойств, а также извлечения химических веществ из водных растворов [4].

Определенный интерес представляло изучение адсорбционной способности шлама химической водоподготовки (ХВП) местных электростанций. В частности была изучена адсорбционная активность отходов водоподготовки Мозырской ТЭЦ. В качестве адсорбентов использовали: шлам исходный, основной частью которого является карбонат кальция (около 70-72 %) с примесями $\text{Al}(\text{OH})_3$, Fe_2O_3 , SiO_2 , а также этот же шлам, прокаленный при 800°C на протяжении 2 часов. Насыпная плотность исходного шлама $0,85 \text{ г/см}^3$. Насыпная плотность прокаленного шлама $0,45 \text{ г/см}^3$ (шлам химической водоподготовки Мозырской тепловой электростанции).

Адсорбционную способность шлама оценивали по следующей методике [5]. Пробу адсорбента высушивали при $110\text{-}115^\circ\text{C}$ в сушильном шкафу. Взвешивали около 1 г адсорбента (с точностью до 4-го десятичного) знака, помещали в колбу на 250 мл, добавляли 100 мл 0,1н р-ра иода и взбалтывали в течение 15 мин. После отстаивания осадка из раствора отбирали 10 мл раствора и титровали раствором тиосульфата натрия. В конце титрования добавляли 1 мл раствора крахмала и титровали до исчезновения синей окраски. Определение начального содержания иода в растворе определяли алогичным титрованием 10 мл р-ра иода.

Адсорбционную активность шлама определяли по иоду в % по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0127 \cdot 100 \cdot 100\%}{10 \cdot m}$$

где V_1 – объем раствора тиосульфата натрия концентрации 0,1 н, израсходованный на титрование 10 см³ раствора I₂ в KI, см³, без шлама;

V_2 – объем раствора тиосульфата натрия концентрации 0,1 н, израсходованный на титрование 10 см³ раствора I₂ в KI, см³, со шламом;

0,0127 – масса соответствующая 1 см³ раствора;

100 – объем раствора взятый в опыт,

m – масса навески шлама, г.

Адсорбционная активность нативного шлама по иоду составила 2,9 %, в то время как адсорбция прокаленного шлама составила 2,5 % .

Библиографический список

1. Патент 2160237 РФ / Илиополов С.К., Максименко В.А. и др. Способ регенерации асфальтобетона. Заявлено 27.05.1999. Опубликовано 10.12.2000.

2. Патент 2160237 РФ / Сучков В.П., Киушкин Э.В. Способ получения вяжущего на базе пылевидных фракций карбонатного сырья. Заявлено 27.05.19992001. Опубликовано 10.12.2000.

3. <http://www.allbeton.ru/article/84/24.html>, Тараканов О.В., Пронина Т.В. Проблемы и направления использования минеральных шламов в производстве строительных материалов.

4. Недзвецкая, Р.Я. Сорбционные свойства шлама осветлителей ТЭС при биологической очистке сточных вод промышленных предприятий / Р.Я. Недзвецкая, Л.А. Николаева // Энергетика Татарстана, 2010. - №3. - С. 76-80.

5. ГОСТ 7217-74 Уголь активный древесный дробленый. Технические условия.

**ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ НА РЕШЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ПРОБЛЕМ
НЕРАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Фролова С.В., Пыльнева Т.Г.

Липецкий государственный технический университет

Отдельные виды производства оказывают негативное влияние на окружающую среду. Их деятельность может привести к нерациональному использованию природных ресурсов, к загрязнению от выбросов или исчезновению некоторых видов благ. Необходимо институциональное влияние на решение данной проблемы, а также следование примеру экологически чистых стран мира.

В современном мире высоко развиты технологии в области горнодобывающей промышленности, строительства и энергетики. Но такое взаимодействие с природой оказывает негативное влияние на экологию, приводит к нерациональному использованию природных ресурсов или вовсе к исчезновению отдельных видов благ. Для избежания проблем требуется вмешательство экономических и политических институтов.

Проблема нерационального использования природных ресурсов особо остро стоит перед государством. В 1970-е годы произошел мировой энергетический кризис, который лишил всех дешевого топлива. Многие страны стали вводить свои правила и законы, ужесточающие использование природной энергии. Например, в России в настоящее время государственная политика в области энергосбережения основана на приоритете эффективного использования энергетических ресурсов и осуществлении государственного надзора за этим процессом. Государство настаивает на обязательности учета юридическими лицами производимых или расходуемых ими энергетических ресурсов, а также учета физическими лицами получаемых ими энергетических ресурсов. В государственные стандарты на оборудование, материалы и конструкции, транспортные средства включены показатели их энергоэффективности. Важным направлением является сертификация энергопотребляющего, энергосберегающего и диагностического оборудования, материалов, конструкций, транспортных средств и, конечно, энергетических ресурсов [1].

Строительство с использованием различных природных материалов также жестко контролируется государством и облагается штрафами в случае, если происходят нарушения, приносящие чрезмерный вред окружающей среде. Очевидно, что эффективность и жизнеспособность строительного сектора экономики любого государства непосредственно определяется состоянием энергетической отрасли, поэтому в современных кризисных условиях вопросы развития энергетики приобретают первостепенное стратегическое значение в определении направленности архитектурно-строительного процесса, государственной и частнопредпринимательской строительной и финансовой политики. В этом плане предельную озабоченность эксплуатационными качествами проектов и построек можно объяснить малоприемлемыми данными научных исследований по вопросам энергообеспечения, которые проводились практически во всех развитых странах мира.

Различные политические и экономические институты стремятся привлечь внимание людей к экологической проблеме. Одним из самых известных воздействий является «зеленая» политика – политическая идеология, направленная на создание экологически устойчивого общества. В России также существует экологическая партия «Зеленые», которая содержит такие мероприятия как государственная поддержка российской науки для создания экологически чистых технологий, развитие альтернативной энергетики и энергосбережение, ужесточение наказания за экологические правонарушения и другие.

К сожалению, влияние политических идеологий по охране окружающей среды не всегда действенно. Поэтому вводятся различные санкции, штрафы и налоги. Существует плата за нерациональное использование природных ресурсов, которая представляет собой форму экономической ответственности природопользователя за ущерб, причиненный в результате несоблюдения норм и правил охраны природных ресурсов и их рационального использования.

Институциональное влияние необходимо для решения экологической проблемы. Многие известные ученые поднимали в своих трудах тему ответственности человека за состояние окружающей среды. Дуглас Норт в своей работе писал, что «институты – это «правила игры» в обществе, или, выражаясь более формально, созданные человеком ограничительные рамки, которые организуют взаимоотношения между людьми» [2].

Одной из основных функций институтов является функция координации, призванная создать информационные структуры и обеспечить доступ к ним всех потенциальных участников отношений, а также дать обществу определенное направление. Соответственно, любые меры, направленные на то, чтобы привить в людях чувство ответственности за причиненный вред окружающей среде, относятся к координации.

Существующий в настоящее время институт экономического регулирования занимает прочные позиции в системе экологического права. Правовые нормы закреплены в Федеральном Законе «Об охране окружающей среды». Они являются главными и основополагающими, находясь в единстве и взаимосвязи с налоговым и природоресурсным законодательствами. Развитие этого института уже накопило большой отечественный опыт, в том числе в практике его реализации, который вызывает неутраченный интерес, со всех сторон: и законодателя, и исполнителя, и науки. Совершенствование данного института необходимо в области развития экономического регулирования и рыночных инструментов охраны окружающей среды, а также обеспечения экологической безопасности.

Государству следует обратить внимание на экономические методы или экономические инструменты, основанные западной экономической теорией, которая предназначалась преимущественно для стимулирования экологически благоприятной деятельности и соблюдения властных экологических предписаний, а также, для перераспределения общественных расходов на охрану окружающей среды. Английский экономист Артур Пигу в 20-е годы прошлого столетия в своих трудах под названием «Экономика благополучия» сформулировал теорию «внешних издержек» экономического роста. В соответствии с данной теорией, загрязнение приводит к тому, что расходы по решению данной проблемы переходят на общество в целом и на его будущие поколения, а производитель и потребитель тем самым получают экономический доход. В таких условиях результаты рыночного производства перестают быть эффективными и могут привести к «перепотреблению» продукции. Если предприятия будут бесплатно выбрасывать отходы от производства в окружающую среду, то создание экономических условий для развития экологически разрушительной модели экономики неизбежно. Поэтому необходимо включать издержки в конечную цену произведенной продукции, становиться заинтересо-

ванными во внедрении экологически чистых технологий и развиваться в экологически благоприятном направлении. В свою очередь, экономически взвешенный расчет ставок платежей в сочетании с налоговыми льготами, государственной поддержкой способен, воздействуя на экономический интерес производства, подтолкнуть его к добровольному, т.е. без государственного вмешательства выбору экологически благоприятных моделей развития. Совокупность таких мер приводит к достижению основной цели охраны окружающей среды – уменьшению и устранению загрязнения наиболее эффективным образом [3].

Государству следует приучать своих граждан к бережному отношению к природе с самого детства. Существует необходимость выделять средства из бюджета государства для улучшения экологии в стране, ведь это влияет на качество жизни населения и помогает сократить смертность и улучшить показатели здоровья граждан в целом. Кроме того, в ряде стран вводятся поощрения для людей и предприятий, соблюдающих экологические нормы и правила. Например, в Китае граждане получают бонусы и денежные средства, которые они могут потратить на личные нужды.

Власти таких государств, как Швейцария, Швеция, Норвегия, Коста-Рика, Колумбия и других, ежегодно выделяют огромные средства на поддержание экологии. Промышленные предприятия в этих странах оборудуются новейшими технологиями, позволяющими фильтровать выбросы в атмосферу и почву, что значительно снижает ущерб, наносимый природе.

Поскольку ресурсы общества ограничены, объем производства товаров и услуг в каждый конкретный момент времени также ограничен, поэтому для увеличения производства одних благ следует сократить производство других благ, требующих тех же самых ресурсов. Экономисты пришли к заключению, что одновременное и полное удовлетворение всех потребностей людей практически невозможно. Поэтому они должны делать выбор в пользу наиболее эффективного варианта производства, обмена и потребления благ. Несмотря на то, что научно-технический прогресс дает возможность выпускать больше товаров и услуг, потребности людей все же растут быстрее, чем возможности предприятий производить экономические блага.

Таким образом, необходимо создание и развитие экономических и политических институтов, способных повлиять на общество и заставить его бережнее относиться к окружающей среде.

Следование принципам передовых стран, внедрение системы поощрений, ограничений и мотиваций, а также прямое влияние со стороны государства в организации создания очистных сооружений для действующих ныне организаций или открытие новых предприятий с внедрением новейшего оборудования помогут обществу постепенно перейти на экологически чистое производство.

Библиографический список

1. *Борьба за ограниченные ресурсы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stud24.ru/economics/borba-za-ogranichennye-resursy/417763-1438752-page1.html> (Дата обращения 10.10.2019г.)*
2. *Дуглас Норт: институты, институциональные изменения и функционирование экономики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gtmarket.ru/laboratory/basis/6310/6311> (Дата обращения 12.10.2019г.)*
3. *Евразийский юридический портал. Состояние и развитие экономического регулирования в области охраны окружающей среды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.eurasialegal.info/index.php?option=com_content&view=article&id=3532:2014-04-23-08-21-03&catid=199&Itemid=45 (Дата обращения 12.10.2019г.)*

УДК 669.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Холикулов Д.Б., Якубов М.М., Абдукодилов А.А.,
Мухаммаджонова Ш.А.**

Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета, Узбекистан

В работе изучены реакции процесса озонирования сточных вод и результаты процесса очистки кислых стоков цинкового производства.

Благодаря значительной окислительной способности озон оказывает действие в большей или меньшей степени на все металлы с относительно высоким значением окислительно-восстановительного потенциала. Необходимо отметить, что для

каждого из металлов, присутствующих в обрабатываемой воде, характерно определенное значение рН, при котором наиболее полно осуществляется их удаление. Это обстоятельство создает определенные трудности озонирования, требуя осуществления строгого контроля за величиной рН и дозой озона, так как при нарушении установленных режимов работы происходит накопление в воде ионов освобожденных металлов, которые могут быть токсичными [1 – 3].

Устойчивость озона зависит от рН среды и от состава обрабатываемой сточной воды. Эффективное использование озона зависит от устойчивости озона в воде и водных растворах. При малых концентрациях озона происходит накопление продуктов разложения озона по цепному механизму.

Изменением расхода озона-воздушной смеси, количество поданного озона остался одинаковым (рис. 1). Установлено, что с увеличением расхода озона-воздушной смеси до 50 л/ч возрастает степень окисления примесей (об этом свидетельствует выпадение осадка). Выбранный расход озона-воздушной смеси 50 л/ч с концентрацией озона 2,5 мг/л позволяет достичь максимальной степени окисления примесей и образование осадка.

На степень очистки сточной воды оказывает влияние время озонирования, концентрация металла переменной валентности и начальное значение рН среды. С понижением начального значения рН среды, повышением концентрации катализатора и времени озонирования возрастает степень окисления примесей сточной воды.

Эксперименты по изучению влияния начального значения рН среды на интенсивность очистки сточных вод, показали, что окисление примесей как озono-воздушные смеси, так и кислородом воздуха протекает интенсивно впервые 15 минут практически во всех случаях. Затем скорость окисления снижается.

Максимум очистки сточных вод в кислой среде можно объяснить химическим процессом, сопровождающимся укрупнением молекул ионов (реакции гидроксильных и пероксидных радикалов, обладающих высоким значением окислительного потенциала) и образованием осадка, что подтверждается количеством образующейся твердой мелкодисперсной фазы.

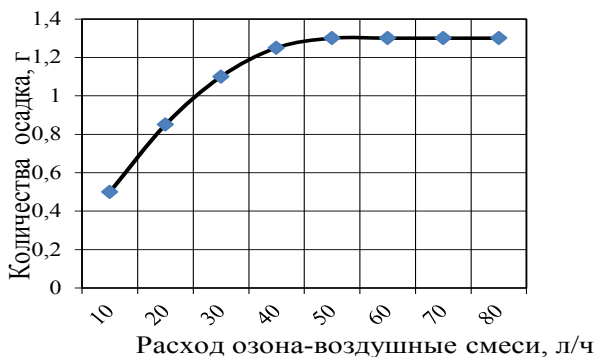


Рис. 1 – Зависимость степени окисления примесей (образования осадка) от расхода озона-воздушной смеси

Интенсивность окисления сточных вод увеличивается с повышением температуры (рис. 2), но при продолжительности 70-80 мин степень очистки сточных вод не зависимо от роста температуры одинаково. За три минуты происходит взаимодействие озона с легко окисляемыми веществами на сточной воде. Однако, содержание примесей заметно уменьшается после 10-минутной обработки, затем стабилизируется. Можно предположить, что в процессе озонирования идет не только поверхностное окисление металлов, но образование пероксидов, которые, методом диффузии проникает вглубь частиц, вызывают вторичные окислительные процессы.

Показано, что в процессе озонирования сточной воды происходит увеличение содержания активного кислорода. В процессе озонирования объем и молекулярная масса воды изменяется незначительно. Появление полярных групп в структуре сточной воды приводит к увеличению температуры размягчения.

С другой стороны, увеличение концентрации раствора сточной воды приводит к снижению степени озонирования (содержание озонидных групп), уменьшению молекулярной массы и температуры размягчения. Увеличение температуры процесса не оказывает существенного влияния на степень озонирования.

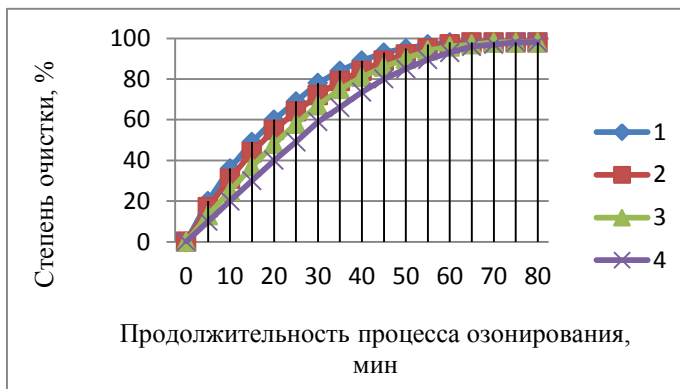


Рис. 2 – Зависимость изменения степени очистки от времени озонирования и температуры, °С:
 1 – 70; 2 – 55; 3 – 40; 4 – 20

В продуктах окисления присутствуют соединения с большей молекулярной массой (осадок), которых в исходной сточной воде не наблюдалось. Это объясняется, что в процессе озонирования, помимо окисления и происходят процессы конденсации неметаллических соединений и образующихся в качестве промежуточных частиц радикалов, возникающих в результате радикальных процессов, друг с другом, а также вследствие дегидратации продуктов озонлиза.

Для опыта были выбраны маточные растворы ЦПРМ МПЗ и промывные растворы СКЦ ЦЗ. В ходе исследования изучены зависимости концентрации ионов металлов в растворе от времени обработки. Из рис. 1 и 2 видно, что за 1 часовой обработки концентрации металлов уменьшились до уровня $<0,1$ мг/л, что на порядок ниже ПДК металлов в воде. Отфильтрованная жидкость при времени обработки больше 1 часа была прозрачной и бесцветной.

Анализ ИК-спектров показал, что при озонировании в исследуемой растворе происходит накопление кислородсодержащих функциональных групп (OH^{\cdot} , $\text{C}=\text{O}$, $\text{S}=\text{O}$).

Данные об эффективности обработки сточных вод озонм представлены в табл. 1. В результате озонной обработки в компонентном составе сточных вод изменяется соотношение инди-

видуальных соединений. Содержание металлов, составляющего основную долю металлосодержащих компонентов, уменьшается при озонировании на 98-99 %.

Таблица 1 – Состав исходной и обработанной сточной воды

Состав исходной сточной воды			Состав сточной воды после обработки озоном		
Соединения	Концентрация веществ, мг/л	Содержание от суммарного количества определенных веществ, %	Соединения	Концентрация веществ, мг/л	Содержание от суммарного количества определенных веществ, %
Cu	19-35	2,50-2,81	Cu	0,1	1,84
Zn	1-49	0,13-3,93	Zn	0,03	0,55
Fe	41-200	5,39-16,05	Fe	0,001	0,02
Mo	0,27-2	0,04-0,16	Mo	0,01	0,18
Al	50-60	4,82-6,57	Al	0,3	5,51
Сульфаты	650-900	72,23-85,38-	Сульфаты	5	91,89
Суммарное содержание веществ		100	Суммарное содержание веществ	5,441	100

Отсюда возникает необходимость контроля качества воды после озонирования по ряду химических и санитарно-гигиенических показателей.

Таким образом, озонирование может быть использовано в качестве эффективного способа нейтрализации сточных вод металлургического производства.

Схема введения озono-воздушной смеси рекомендуется для удаления из сточных вод примесей, которые достаточно быстро реагируют с озоном (рис. 3). Такая схема сопровождается образованием газообразных продуктов, требующих отделения их от воздуха, кроме того, озон используется в ней не полностью.

С целью повышения экономичности процесса озонирования необходимо за малый промежуток времени осуществить максимальную абсорбцию озона сточной водой из его смеси с воздухом. Для озонирования промышленных сточных вод используют аппараты различной конструкции. Могут быть использованы также насадочные и тарельчатые колонны и колонны с механическим диспергированием озона.

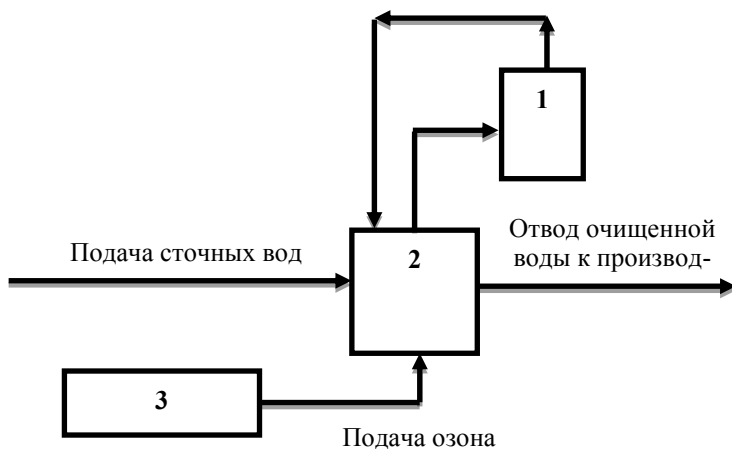


Рис. 3 – Схема установки озонирования сточных вод медного и цинкового производства:

1 – собиратель отходящих газов; 2 – контактная камера;
3 – установка для получения озона

Нами были выбраны и изготовлены барботажный абсорбер для очистки сточных вод [3, 4]. Сточная вода поступает в смеситель, в котором она смешивается с реагентами для получения требуемого значения рН, и далее насосом подается в барботажный абсорбер, а оттуда – в сборник очищенной воды. Озоно-воздушная смесь поступает в барботажный абсорбер с озоновый баллон. Отработанные газы из абсорбера направляется в аппарат для сбора неиспользованного озона. Для увеличения эффективности процесса неиспользованный озон обратно подается к начало процесса и предотвращение сброса в атмосферу.

Исследование зависимости извлечения металлов от различных факторов при укрупнено-лабораторных условиях. В качестве реактора использовалась барботажная колонна высотой 0,5 м. Она была оборудована мелкопористым фильтросом с диаметром пор 70...100 мкм для диспергирования озоно-воздушной смеси, а так же штуцерами для отвода отработавшего газа и периодического отбора проб обрабатываемой воды. Реактор рабо-

тал в проточном режиме по газовой фазе и непроточном по жидкой фазе.

При проведении опытов озono-воздушная смесь подавалась в реактор с расходом 0,5 л/мин, и концентрацией озона $C = 2,5$ мг/л. Начальные значения рН были в пределах 2-5. Температура растворов постоянно поддерживалась на уровне 20⁰С. Полученные данные об изменении концентрации ионов металлов в зависимости от рН раствора. Результаты экспериментов показывает что, максимальное извлечение металлов в осадок наблюдается в начале процесса. Степень очистки металлов составляет 98-99 %. Эффективность процесса в значительной степени зависит от рН обрабатываемого раствора. Во всем рассматриваемом интервале значений рН раствора происходит осаждение металлов. Наиболее полное осаждение протекает в близких средах, соответствующих нахождению металлов в форме гидроксидов.

На основании полученных экспериментальных данных, предлагается принципиальная схема очистки сточных растворов медного и цинкового производства от ионов металлов озоном (рис. 4).

Выводы.

1. В результате проведенных исследований определено степени очистки сбросных растворов медного и цинкового производство от значения рН раствора, при котором достигается практически полное осаждение ионов металлов в виде осадок.

2. Под воздействием озона химические соединения осаждаемых металлов, меняется их химический состав. Такое воздействие может быть названо воздействием на неорганические и органические соединений участвующие в процессе осаждения металлов. Сернокислые соединения металлов, находящие в сточной воде разлагается на ионы металлов и кислотные остатки, ионы металлов взаимодействует с гидроксид-ионом ОН⁻ и образуется осадки металлов. Таким образом, на основании описанных реакция процесс озонирование может быть использован для удаления из сточных вод солей ряд тяжёлых металлов: сульфаты, карбонаты металлов и др.

3. На основании проведенных исследований выявлена, интенсификации процесса озонирования происходит при участие – солей никеля (II), меди (II), железа (II), железа (III), диоксида марганца, наибольшей активностью обладают соли железа (II) и железа (III), происходят процессы конденсации, и очистка происходит благодаря осаждению образующихся нерастворимых продуктов.

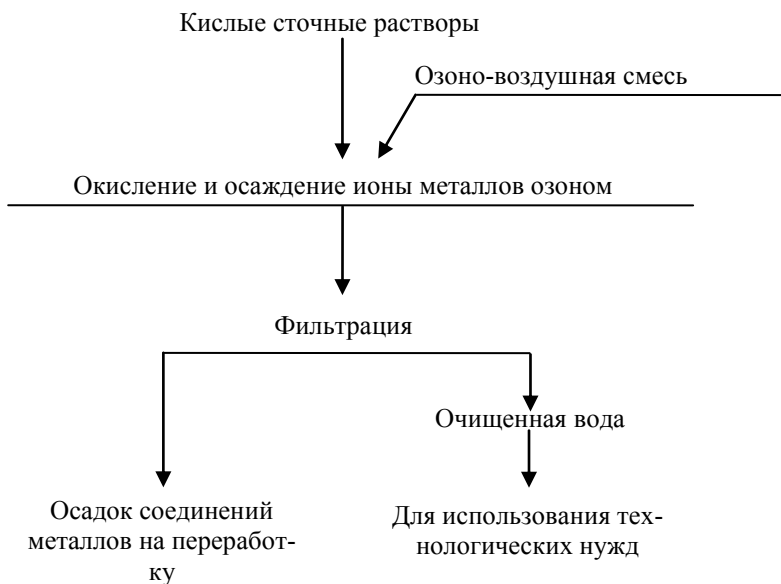


Рис. 4 – Рекомендуемая технологическая схема очистки сточных вод медного и цинкового производства озонем

4. Изучены зависимости концентрации ионов металлов в маточных растворах от времени обработки. Установлено, что за 1 часовой обработки концентрации металлов (Fe, Zn, Cu) уменьшилась до уровня $<0,1$ мг/л, что на порядок ниже ПДК металлов в воде.

5. На основании проведенных исследований предложена принципиальная схема очистки сточных вод медного и цинкового производства озонем.

Библиографический список

1. Морозова Е.М. Исследование способа обеззараживания сточных вод с помощью озона / Журнал университета водных коммуникаций. 2012. Выпуск 3. С.162-165.

2. Kholiqulov D.B., Yakubov M.M., Boltayev O.N., Sh.Munosibov. The Ozone Usage During Extraction of Metals from Sewage of Copper Production / International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 6, June 2019. Pp. 9542-9548.

3. Самадов А., Холикулов Д.Б., Рахмонкулов Р. Программа ресурсосберегающего метода очистки сточных вод образующихся при производстве меди. №DGU 06727. Зарегистрирован в государственном реестре программ для электронно-вычислительных машин Республики Узбекистан, в г. Ташкенте, 22.07.2019 г.

4. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Болтаев О.Н. Новый подход к решению проблемы очистки сточных вод медного производства / Горный вестник Узбекистана. 2019 № 3 (78), с. 92-96.

УДК 622 + 504.05

**ПРИМЕНЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ,
НАРУШЕННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрено применение наилучших доступных технологий для восстановления нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых. Показано, что передовые методы позволяют не только уменьшить антропогенную нагрузку на всех этапах рекультивации, но и значительно снизить затраты предприятий горнодобывающей промышленности в процессе добычи сырья и на заключительном этапе деятельности.

Наилучшие доступные технологии (НДТ) – совокупность применяемых производственных процессов, оборудования, технических методов, способов, приемов и средств, основанных на современных достижениях науки и техники, обладающих наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды и экономической эффективности при условии технической возможности их применения [1].

Согласно Директивы 2010/75/ ЕС НДТ означает:

наилучшая – достигающая высокого уровня защиты окружающей среды;

доступная – разработанные и имеющие опыт внедрения в соответствующей отрасли;

– экономически эффективные и технически осуществимые для конкретного предприятия;

технология – технологии;

- технические решения (техника защиты окружающей среды);
- способы проектирования и внедрения;
- управление, обслуживание, эксплуатация;
- вывод из эксплуатации.

Внедрение НДТ дает предприятию такие основные преимущества охрана окружающей среды, эффективное использование сырья и энергии, предоставление налоговых льгот, снижение выплат экологического характера, получение капитальных вложений на льготно-преференционной основе.

Деятельность предприятий горнодобывающей промышленности отрицательно сказывается на состоянии почвенного покрова, функционировании и сохранности ландшафтов и экосистем разного уровня и сохранении биоразнообразия. Основной задачей на заключительном этапе работы предприятий является восстановление нарушенных земель и экосистем, желательного до уровня соответствующего состоянию до начала разработки месторождения полезных ископаемых.

Рекультивация земель представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшении условий окружающей среды в соответствии с интересами общества [2]. Основная задача проведения рекультивационных работ в горнодобывающей промышленности – это восстановление нарушенной территории до состояния максимально приближенного к исходному, т.е. до осуществления добычи полезных ископаемых. В рамках деятельности предприятия рекультивации подлежат земли, нарушенные при следующих работах:

- разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами;
- прокладке трубопроводов и проведении работ, связанных с нарушением почвенного покрова;
- ликвидации промышленных объектов и сооружений;
- складированием и захоронением промышленных отходов;
- при строительстве, эксплуатации и консервации подземных объектов и коммуникаций.

Рекультивация нарушенных земель должна проводиться в два последующих этапа – технический и биологический [2, 3].

Техническая рекультивация – этап рекультивации земель, включающий их подготовку для последующего целевого использования. К этому этапу относятся планировка, формирова-

ние откосов, снятие, транспортировка и нанесение почв и плодородных пород, мелиорация (при необходимости), строительство дорог и специальных гидротехнических сооружений [2].

Основные работы на техническом этапе:

- планировка поверхностей отвалов;
- строительство подъездных путей;
- устройство гидротехнических сооружений;
- освобождение рекультивируемой поверхности от крупных обломков пород, производственных конструкций, строительного мусора с их последующим складированием либо утилизацией;
- обустройство дна и бортов карьеров, оформление остаточных траншей, укрепление откосов;
- ликвидация либо использование плотин, дамб, насыпей, техногенных протоков;
- создание защитных экранов;
- создание и улучшение структуры рекультивируемого слоя почвы;
- противоэрозионная защита территории;
- внесение плодородного слоя на рекультивируемую территорию.

Для создания противоэрозионной защиты территории выполняются мероприятия, обеспечивающие регулирование поверхностного стока, отвод излишков стока, залужение и облесение. Перехват поверхностного стока осуществляется посредством ловчих и нагорных канав трапецеидального сечения.

На техническом этапе возможно использование промышленных отходов, в т.ч. отходов добычи и обогащения.

Биологическая рекультивация – комплекс агротехнических и фитомелиоративных работ по восстановлению плодородия земель [2]. Он осуществляется после завершения технического этапа и заключается в проведении мелиоративных мероприятий, внесения органических и минеральных удобрений, посева растений с использованием специальных агротехнических приемов.

По дальнейшему использованию рекультивированные земли классифицируются по следующим направлениям [3]:

- сельскохозяйственное (пашни, сенокосы, пастбища);
- лесохозяйственное (лесонасаждения и лесопитомники);
- водохозяйственное (водоемы различного назначения);
- рекреационное (зоны отдыха, парки, лесопарки, охотничьи угодья);

- природоохранное и санитарно-гигиеническое (противоэрозионные лесонасаждения, участки самозарастания, обводненные участки);

- строительное (площадки для промышленного и гражданского строительства, в т.ч. для размещения отходов).

Технологические схемы производства горных работ в части рекультивации нарушенных земель должны предусматривать [4, 5]:

- формирование верхних слоев отвалов из пород, пригодных для биологической рекультивации;

- снятие и складирование плодородного слоя почвы для дальнейшего использования его при рекультивации;

- селективную разработку потенциально плодородных пород и их селективное складирование;

- формирование оптимальных по форме и структуре, негорящих и устойчивых отвалов;

- осушение отвалов при использовании гидромеханической технологии добычи.

Анализ состояния современных методик рекультивации земель позволяет выделить нижеследующие наилучшие доступные технологии при добыче полезных ископаемых [6]:

- проведение текущей рекультивации на этапе эксплуатации горнодобывающего предприятия, что позволит ускорить процесс восстановления земель, повысить эффективность производства и сократить расходы за счет использования основного горного оборудования [7];

- восстановление рельефа территории до проектных отметок применяют до установления стабильных биогеоценозов на территории;

- использование отходов на техническом этапе рекультивации таких как вскрышные и вмещающие породы, хвосты, золошлаки и другие позволяет сократить изъятие земель под размещение отходов, уменьшить затраты на транспортировку отходов и техническую рекультивацию [8];

- предупреждение самовозгорания породных отвалов угледобычи за счет послонной отсыпки пород, увлажнения пластов, уплотнения поверхностей отвалов, ведения теплового мониторинга;

- создание благоприятного корнеобитаемого слоя на рекультивируемой территории путем использования пород первого вскрышного горизонта, плодородной почвы и отходов производства в соответствии с требованиями природоохранного законодательства;

– использование техники с низким удельным давлением на грунт для уменьшения переуплотнения поверхности рекультивируемого слоя [7];

– использование средств гидромеханизации;

– сокращения выбросов выхлопных газов и проливов нефтепродуктов.

Для уменьшения воздействия на ландшафты, почвы и биоразнообразии на всех этапах функционирования предприятия применимы следующие наилучшие доступные технологии [9]:

– сокращение земель, вовлекаемых в процесс добычи полезных ископаемых;

– восстановление рельефа территории ведения горных работ;

– сохранение малых водотоков, организация водоохранной зоны, контроль деформаций русла и берегов водных объектов;

– сохранение водно-болотных угодий прилегающих территорий;

– сохранение почв путем селективного изъятия, складирования и последующего использования при рекультивации;

– предотвращение загрязнения почв;

– использование аборигенных (местных) видов растительности для рекультивации;

– недопущение внедрения адвентивных видов, угрожающих экосистемам, местам обитания или видам;

– создание экологических коридоров, соединяющие нарушенные участки, позволяющих сохранить видовое разнообразие местных популяций, пути миграции животных и рыб.

Таким образом, применение НДТ на всех этапах деятельности предприятий горнодобывающей промышленности позволяет решить природоохранные задачи с наименьшими затратами, восстановить плодородие нарушенных земель и минимизировать отрицательное воздействие добычи полезных ископаемых на ландшафты и биоразнообразие на прилегающих территориях.

Библиографический список

1. *ФЗ № 7 Об охране окружающей среды (с изменениями на 27.12.2018 г.) // Ведомости Федерального собрания Российской Федерации. – № 6.–21.02.2002.*

2. *ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. – Введ. 1984-06-30.– М.: Изд-во стандартов, 2002.– 8 с.*

3. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. – Введ. 1984-06-30.– М.: Изд-во стандартов, 2002.– 8 с.
4. ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. – Введ. 1986-01-01.– М.: Изд-во стандартов, 2002.– 15 с.
5. ГОСТ 17.5.1.03-86 Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. – Введ. 1988-01-01.– М.: Изд-во стандартов, 2002.– 6 с.
6. ИТС 16-2016 Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы // М.: Бюро НДТ.– 2016. – 218 с.
7. Нашлучшие экологические практики в горнодобывающей промышленности // Под ред П. Кауппила, М.Л. Ряйсянен, С. Мюллюоя / Центр окружающей среды Финляндии.– Хельсинки, 2013.
8. Бобров С.А. Эколого-технологическая связь между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // Вестник Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2009. – № 4.– С. 9–10.
9. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора / Под ред. С.А. Шейнфельд, Ю.А. Монаков. – Кемерово, Новокузнецк: ИнЭКА, 2015.– 208 с.

УДК 504.062

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ, ЗАРАСТАЮЩИХ КУСТАРНИКОМ И МЕЛКОЛЕСЬЕМ

Чекулаев В.В., Татаринов С.О.

Тульский государственный университет

В статье приведены результаты анализа зарастания сельскохозяйственных угодий, рассмотрены причины этих процессов и рекомендованы перспективные направления борьбы с негативными проявлениями.

Анализ развития негативных процессов при оценке хозяйственного использования земель сельскохозяйственного назначения является наиболее актуальной проблемой, так как большие пахотные территории подвергаются интенсивной деградации. Колоссальное влияние среди всех негативных процессов,

которые влияют на сельскохозяйственные земли, оказывает зарастание древесно-кустарниковой растительностью.

Зарастание почв кустарниковой и древесной растительностью, в соответствии с разъяснениями Российского государственного аграрного университета МСХА имени К.А.Тимирязева, ведет к снижению почвенного плодородия, так как под такой растительностью усиливается подзолистый процесс, в результате чего большинство показателей плодородия становятся ниже. Кроме того, впоследствии, в случае возвращения земель, заросших древесно-кустарниковой растительностью, в сельскохозяйственное производство, при раскорчевке этой растительности сильно нарушается верхний высокоплодородный слой почвы, что также ведет к снижению уровня плодородия.

При отсутствии необходимых работ по поддержанию сельскохозяйственных угодий в пригодном для сельскохозяйственного производства состоянии, негативные процессы становятся наиболее ощутимы, захватывая новые территории.

В сложившихся условиях верным выходом становится применение современных методов дистанционного зондирования, позволяющего обнаруживать динамику и особенности зарастания сельскохозяйственных земель, обусловленные зонально-климатическими и техногенно-ландшафтными характеристиками различных территорий. На сегодняшний день нет полного представления о конкретном влиянии различных факторов на процессы зарастания сельскохозяйственных угодий и механизме выявления и оценки текущего состояния неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, зарастающих кустарником и мелколесьем. Отсутствуют механизмы определения вариантов альтернативного использования данных угодий с учетом степени их деградации на основе эколого-экономического обоснования их хозяйственного использования.

Несмотря на достигнутые результаты земельных преобразований, стоит отметить, что начатая в стране больше двух десятилетий назад земельная реформа на настоящий момент не завершена. Особенно сказывается это на состоянии сельскохозяйственных земель, десятки миллионов гектаров которых выведены из активного сельскохозяйственного оборота вследствие развития процессов деградации и снижения плодородия почв. В рекомендациях Рабочей группы по управлению земельными ресурсами Комитета Европейской Экономической Комиссии ООН, изложенных в «Обзоре управления земельными ресурса-

ми в Российской Федерации», отмечается, что «землеустройство сельскохозяйственных земель и планирование землепользования не являются приоритетными задачами программы земельной реформы. В основном мало уделялось внимания тому, чтобы создать экономически устойчивые и не загрязняющие окружающую среду сельские хозяйства».

По данным Доклада о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения с 1990 по 2009 годы площади пашни сократились более чем на 10,8 млн. га [2, 3].

Одной из главных причин выбытия земель сельскохозяйственного назначения из сельскохозяйственного оборота является прекращение деятельности сельскохозяйственных предприятий и перевод большей части освободившихся земель в фонд перераспределения земель. Именно данные земли ввиду отсутствия их сельскохозяйственной обработки наиболее подвержены риску развития деградационных процессов, в первую очередь, зарастанию.

В настоящее время в Тульской области на территории площадью 3,2 тыс. га орошаемых земель наблюдается неудовлетворительное состояние, в том числе вызванное зарастанием древесно-кустарниковой и сорной растительностью – 2,6 тыс. га (70%). На осушенных землях наблюдается неудовлетворительное состояние на территории площадью 3,1 тыс. га, в том числе вызванное зарастанием лесом, кустарником и сорняком – 3,1 тыс. га и повышенной кислотностью почв [1].

Увеличивающиеся масштабы развития негативных процессов, неизменно влекущих за собой снижение количества сельскохозяйственных угодий из активного оборота, вызывают необходимость вмешательства государства в вопросы обеспечения сохранности сельскохозяйственных земель и доказывают необходимость в государственном финансировании проведения широкомасштабных мероприятий по охране и контролю за использованием сельскохозяйственных земель. Стоит отметить, что в большинстве регионов не ведется учет и инвентаризация сельскохозяйственных угодий, нет актуальных данных о выбывших из оборота сельскохозяйственных угодьях. В этих условиях актуальное значение имеет совершенствование организационно-экономического механизма защиты земель сельскохозяйственного назначения от деградации, которое направлено на обеспечение рационального землепользования, повышение

плодородия почвенного покрова и эффективное управление земельными ресурсами [4].

В основе эффективного управления земельными ресурсами лежит получение полной и достоверной информации о состоянии и использовании земель. Такая информация формируется в результате осуществления комплекса землеустроительных мероприятий и мониторинга земель посредством почвенно-геоботанических обследований, инвентаризации земель и дистанционного зондирования. Для эффективного управления земельными ресурсами необходимо обладать широкой информацией о характере развития исследуемых негативных процессов, об условиях возникновения и способах предотвращения и недопущения деградации земель.

Процессы зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью по своему механизму развития можно отнести к сукцессиям, так как они также представляют собой последовательный ряд замены одних растительных сообществ другими на определенной территории вследствие выведения экосистемы из состояния динамического равновесия [5]. В результате прекращения сельскохозяйственной обработки на полях восстанавливается первоначальное растительное сообщество, типичное для природно-климатических условий данной территории.

По мнению Е. А. Нинбурга сукцессия - достаточно четко запрограммированный процесс, включающий в себя серию стадий, которые возможно предсказать заранее [6].

В.Н. Сукачевым выделены два основных типа смен фитоценозов:

– эндодинамические (внутренние), происходящие в результате постепенного развития фитоценоза;

– экзодинамические (или стихийные) смены растительности, возникающие в результате непредвиденного воздействия внешних факторов: смены растительного покрова (например, на вырубках, залежах, пожарищах) [7].

Процессы зарастания относят к вторичным экзодинамическим сукцессиям. Согласно А.Г.Воронову под вторичными сукцессиями понимают «восстановление экосистемы, ранее существовавшей на данной территории, на местах разрушенных сообществ, где почва и часть организмов сохранились или смена одного (коренного) фитоценоза другим (производным, вторичным)» [8]. В отличие от первичной сукцессии, вторичная протекает гораздо быстрее, поскольку на данной территории созданы

благоприятные условия для восстановления исходного сообщества. Вторичная сукцессия возникает, когда прекращается действие явления или фактора, вызвавшего уничтожение исходного сообщества.

Многолетние наблюдения показали, что развитие сукцессий носит нелинейный характер. На начальном этапе первые стадии сукцессии сменяют друг друга через каждые 2-5 лет, а затем процесс смен существенно становится ниже, и дальнейшее формирование растительного покрова занимает десятилетия.

А.Г. Вороновым достаточно подробно исследованы этапы первичных и вторичных сукцессий, механизмы проникновения растений на освободившуюся территорию. Так он отмечает, что при вторичных сукцессиях возможно формирование некоренного фитоценоза, которое образует необходимые условия для прорастания коренного растительного сообщества.

Растительность формируется на освободившейся территории несколькими путями: переносом диаспор (кусочков растения, спор, семян) посредством птиц, воды, ветра, насекомых, животных или человека, а также в следствии естественного разрастания растений, находящихся около границ данной территории.

Процессы формирования новой растительности зависят от ряда факторов:

- от растущих поблизости растений, кустарников и деревьев;
- от направления господствующего ветра;
- от высоты и силы паводка;
- от почвенного покрова;
- от характера увлажнения, и др.

Изучению динамики состояния сельскохозяйственных угодий посвящено великое множество научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов. Исследования состояния неиспользуемых земель различных природных зон проводили А.П. Шенников, В.В. Туганаев, Б.М. Миркин и др., Д.И. Люри и др. Впервые в 1881 г. в журнале «Сельское хозяйство и лесоводство» была опубликована статья П.А. Костычева «Очерки залежного степного хозяйства», описывающая степные залежи, особенности развития сукцессий в зависимости от влияния различных факторов (обработки почвы, вида прилегающих угодий и т.д.). Многими учеными отмечалось, что на территории различных лесорастительных зон существуют индивидуальные особенности развития растительного покрова залежей. А.П. Шенников в своих исследованиях восстановительных смен на

залежах показал разнообразие условий в разных зонах и соответствующие этому вариации сукцессий растительности.

Необходимо также отметить, что отсутствие достаточных финансовых ресурсов на развитие землепользования, повышения плодородия почв, проведение работ по мелиорации и рекультивации земель приводит к тому, что ценные сельскохозяйственные угодья перестают обрабатываться, зарастают кустарником и мелколесьем, выбывают из сельскохозяйственного оборота и снижают свое качество.

Исходя из этого, необходимо провести работу, которая будет состоять из двух этапов:

– сбор и анализ информации о фактическом состоянии сельскохозяйственных земель;

– разработка мероприятий по восстановлению и возвращению в сельскохозяйственный оборот заброшенных и невострепованных сельскохозяйственных угодий.

Для борьбы с процессами зарастания сельскохозяйственных угодий в первую очередь решить следующие задачи:

– усовершенствовать методический подход к оценки качественного состояния земель сельскохозяйственного назначения;

– разработать комплекс мероприятий в целях эффективного хозяйственного использования сельскохозяйственных земель.

Библиографический список

1. Региональный доклад «О состоянии и использовании земель в Тульской области в 2018 году» (подготовлен Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии по Тульской области) – от 01.01.2019;

2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 148 с.

3. Долгосрочное прогнозирование территориального экономического развития России. Методологические основы и прогноз на период до 2015 года Текст. / под ред. Бродского С.А. [и др.]. М., СОПС, 2002. - 260 е.;

4. Леонова Н.Б. Некоторые закономерности распространения типов природных кормовых угодий Нечерноземной зоны РСФСР // Районирование возобновляемых природных ресурсов. М., 1983.

5. Хазанов Е.Е. Проблемы и перспективы создания агрокомплексов // Проблемы концентрации общественного произ-

водства в развитии производственных сил Нечерноземной зоны РСФСР. Саранск, 1977. - 129 с.

6. *Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. [Текст] / Разраб. Почвенный ин-т В.В. Докучаева, ГИЗР, Минсельхоз СССР. - М., 1973. - 128 с.*

7. *Титлянова А.А., Афанасьев Н.А., Наумова Н.Б. и др. Сукцессии и биологический круговорот. - Новосибирск: Наука, 1993.- 157 с.*

8. *Воронов А.Г. Геоботаника. Учеб. Пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 384 с.*

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 1

Компьютерная верстка *И. А. Басалай*

Подписано в печать 24.12.2019. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 20,36. Тираж 50. Заказ 893.

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.