

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

ГОРНОГО ДЕЛА



№ 2 (6)

МАГНИТОГОРСК 2018

О журнале

Научно-технический журнал содержит публикации по результатам теоретических, экспериментальных и научных исследований в разных областях горного дела.

Предназначен для специалистов в области геологии, маркшейдерского дела и геометрии недр, геотехнологии (подземной, открытой, строительной), обогащения полезных ископаемых. Может быть полезен магистрам, аспирантам, студентам старших курсов соответствующих специальностей.

Основные направления журнала: горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр, геотехнология (подземная, открытая и строительная), горные машины, обогащение полезных ископаемых.

Редакционная коллегия

Гавришев Сергей Евгеньевич – гл. научный редактор, проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»);

Галиев Сейтгали Жолдасович - член-корреспондент НАН РК, проф., д-р техн. наук, заместитель председателя Правления АО «Казахстанский институт развития индустрии», г. Караганда, Казахстан;

Шамшиев Орунбай Шамшиевич - проф., д-р геол.-минерал. наук, директор КГТУ им. И.Раззакова, г. Кызыл-Кия, Кыргызстан;

Горбатова Елена Александровна – доц, д-р геол.-минерал. наук (ФГУ «ВИМС»);

Калмыков Вячеслав Николаевич - проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»);

Чижевский Владимир Брониславович - проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»).

Контакты

Главный редактор:

Емельяненко Елена Алексеевна - доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»), тел (3519) 29-85-40

Заместитель главного редактора:

Романько Елена Александровна - доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»), тел (3519) 29-85-40

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Тел.: (3519) 29-85-40. E-mail: mdig@magtu.ru
Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ им. Г.И. Носова

Подписано к печати

Заказ . Тираж 50 экз. Цена свободная.

16+, в соответствии с Федеральным Законом от 29.12.10. №436-ФЗ.

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Толобаева Н. Т., Ждан А.В., Шамшиев О.Ш.

Геологическая позиция глиежей на буроугольном месторождении Кызыл-Кия 3

Платоненко С.М., Белячков С.В., Кольцов П.В., Волков П.В.

Разработка методики повышения точности маркшейдерских замеров объемов горной массы (часть 1) 7

Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Некеров Е.А.

Предупреждение оползней и обрушений при разработке месторождений полезных ископаемых с целью обеспечения безопасности горных рабочих

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

Пыталев И.А., Якшина В.В. Гапонова И.А.

Обоснование возможности создания техногенных пространств на базе внешних отвалов для размещения продукт сгущения хвостов обогащения гайского горно-обогатительного комбината 19

Мажитов А.М., Магафуров М.И., Пудовкин Н.Е.

Технология формирования искусственного массива при восходящем порядке отработки для условий Сафьяновского медноколчеданного месторождения 27

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Курочкин А.И., Вагин В.С.

Сравнительный анализ весовых, габаритных и энергетических показателей ленточных подъемных машин с различными системами приводов 35

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Гришин И.А., Князбаев Ж.А.

Исследование режимов обогащения тонких классов хромовых руд флотационным методом 40

ОХРАНА ТРУДА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кравчук И. Л., Неволина Е. М.

Экономические аспекты функционирования системы обеспечения безопасности производства на горнодобывающем предприятии 53

Радионов С.Н.

Снижение риска травмирования на разрезе «черногорский» на основе функционального развития службы охраны труда и производственного контроля

УДК 552.3.086 (575.22)

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ГЛИЕЖЕЙ НА БУРОУГОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КЫЗЫЛ-КИЯ

Толобаева Н.Т., Ждан А.В., Шамшиев О.Ш.

Аннотация. Глиежи были описаны на всех месторождениях углей Приферганья, куда относится и Кызыл-Кийское угольное месторождение. Под глиежами понимаются глины-естественно-жженные, т.е. глины, обожженные в результате подземного горения угольных пластов (геол. термин «порцеланит»), а также горные породы (глины, алевролиты, песчаники), обожженные или переплавленные (до земляных шлаков и фарфоровидных пород) при подземном горении углей. Эти породы всегда рассматривались в качестве осадочных. Но ни на одном из них объем и площади сгоревших углей не показаны.

При неоспоримости факта подземных пожаров углей и активного воздействия на вмещающие породы параметры образования глиежей на указанных месторождениях преувеличены.

На Кызыл-Кийском месторождении остался громадный карьер после отработки «глиежей», ориентированных на керамзитовое сырье. Вместо глиежей здесь описан разрез вулканитов мощностью до 100 м. Они расположены в южном Чалташском приподнятом блоке, где угли вообще отсутствуют и нечему было гореть. Эти обстоятельства подтолкнули авторов изучить роль вулканических процессов в их седиментогенезе, пока что на начальных этапах развития юрских прогибов. В 1970-е годы одна из ртутных поисковых партий, проводившая здесь ревизионные поиски, обнаружила в нескольких местах структуры дайки базальтоидов и, предположительно, локальные излияния вулканитов в составе кызылкийской свиты и «сочла открытие маловероятным».

В результате исследований установлена вулканогенная природа образований, относимых ранее к глиежам, с широким развитием стекловатых и пузырчатых разностей. Естественно, что кварц-полевошпатовый состав пород позволяет использование таковых для изготовления цементов высоких марок, в том числе и пуццоланового, а также керамзитов. Установлены аномальные содержания халькофильных элементов. Авторы считают, что в отношении формационной принадлежности угленосных образований к определению «лимническая» формация следует еще добавлять «вулканогенная».

Ключевые слова: Кызыл-Кия, глиеж, угольное месторождение, вулканиты: липариты, трахиты, риолиты, пемзы, обсидианы.

Изучение и разведка Кызылкийской группы буроугольных месторождений велись с 1902 года, а детальное изучение активно проводилось в период с 1930 по 1990 годы. За это время ряд шахтных полей отработаны. В свою очередь, Кызылкийское месторождение является известным месторождением глиежа для производства цементов и, впоследствии, керамзитов[3].

Юрские прогибы с угленакоплениями разделены выступом палеозоя гор Чалташ и Валакиш на северный Караван-Кокджарский, с падениями структурных элементов синклиналей на север, и южный Бешбурхан-Учкоргонский, с падениями моноклиналей в основном на юг. Северные синклинали разбиты (разделены) субширотными разломами, ветвями регионального Южно-Ферганского глубинного конседиментационного разлома на блоки или приразломные прогибы. Последние контролировали седиментационные и угленакопительные процессы с наращиванием разрезов с юга на север. Южный блок - Чалташский значительно приподнят и на угли непродуктивен. Известен ряд диагональных разломов (рис.1).

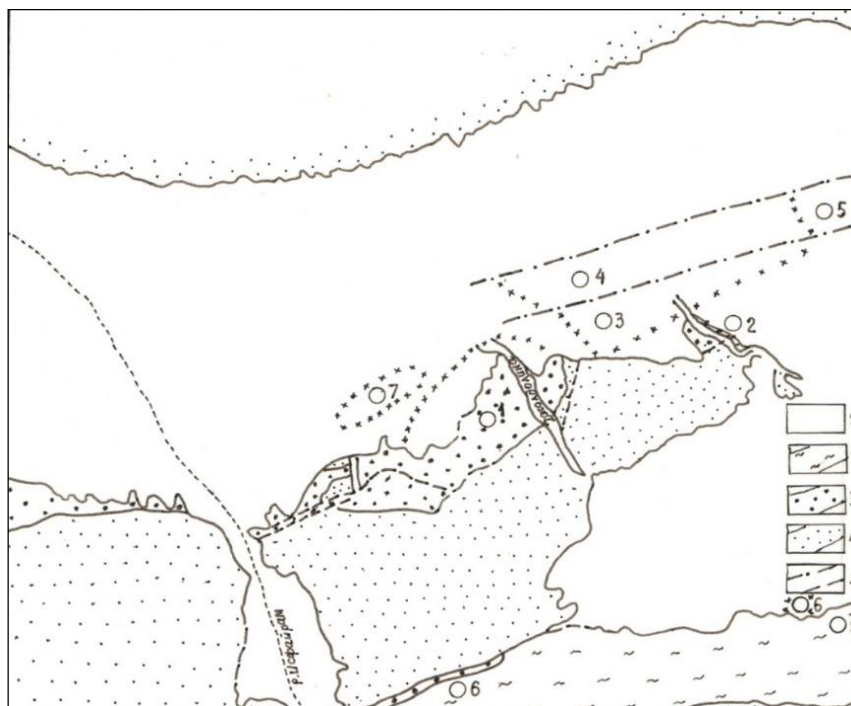


Рис. 1. Схема размещения Кызылкийских бурогольных месторождений:

- 1 – неоген-четвертичные отложения молодых депрессий; 2 – мел-палеогеновые отложения;
3 – юрские угленосные и юра-меловые отложения; 4 – палеозойский фундамент;
5 – основные разломы; 6 – угольные месторождения (1- поле шахт 1, 4, 6, Джал;
2 – шахта Джинджиган; 3 – поле шахты ЛКСМ; 4 – участок Караван; 5 – участок Восточный;
6 – месторождение Учкоргон; 8 – месторождение Бешбурхан).

По Копылову Б.В. [5] юрские отложения подразделены на 5 свит:

1. Учкоргонская свита охватывает подугольную толщу.
2. Кызылкийская свита охватывает угольную толщу.
3. Алмалыкская свита - надугольная толща.
4. Араванская свита – пестроцветная толща.
5. Жинжыганская свита охватывает красноцветную толщу.

Как видим, свиты выделены по отношению к размещению углей и по названиям площадей или месторождений. Но на этих месторождениях угленакопление происходило то в ранней, то в средней юре.

И хотя до 1950-х годов активно проводилась разработка биостратиграфических схем по растительным и споро-пыльцевым комплексам, таковые остались на практике не использованными и вполне схематичными. И это притом, что литологический состав седиментогенеза и возрастные реперы достаточно закономерны не только для Кызылкийского бассейна, но и всего юга Кыргызстана. Но наша тема ограничена только одной проблемой – ролью вулканических процессов в седиментогенезе, пока что на начальных этапах развития прогибов. И эта проблема возникла из-за глиежей, следами разработки которых является громадный карьер.

Первые сведения о вулканитах и дайках в составе кызылкийской свиты стали известны с 1973-1976 годов по работам одной из ртутных поисковых партий, проводивших ревизионные поиски в междуречье Сох-Абшир вдоль так называемого Катранского разлома (Приходько М.Г., Макарова И.В.). И они, как бы извиняясь за своё открытие, указывали, что «излияния явно были локальными...».

Для низов разреза юры в районе горы Кызыл-Кия и пос. Учкоргон характерны «мергели, мергелистые известняки и *плаггиобазальты* среди песчаников, глин, гравелитов и

других пород». Плагиобазальты были описаны также на северном склоне горы Чалташ. Плагиобазальты участвуют в разрезе в виде потоков до 7-10 м и в секущих дайках (жерла трещинных излияний). По составу обе разности пород аналогичны. Породы однородные, крупнопорфировые, миндалекаменные.

В порфирах – плагиоклазы размером до 0,5-2,0 см; миндалины – 0,3-5 см в окружности, заполнены хлоритом и кальцитом, по периферии миндалин выделяется халцедон, затем аметист, внутри – могут быть пустоты.

Структуры: долеритовая, офитовая и т.д.

Состав: плагиоклазы основные – 50-60%, пироксены – до 40%; редко - оливин, амфибол, актинолит, флюорит, рудные минералы - сфен, титаномagnetит; вторичные минералы – хлорит, серицит, альбит, эпидот, гидрослюда, лейкоксен. Встречается кварц.

Для пород из даек определена ассоциация плагиоклазов и пироксенов, есть амфиболы, оливин, редко кварц, вторичные.

Химический состав (в %): SiO_2 – 44,60, TiO_2 -2,00, Al_2O_3 – 15,47, Fe_2O_3 - 6,97, FeO – 5,84, MnO -0,17, MgO - 3,32, CaO – 10,25, Na_2O – 3,16, K_2O – 1,60, P_2O_5 - 0,23, SO_3 <0,01, H_2O и CO_2 - нет, п.п.п. – 5,52 – близок к габбро.

В геохимический спектр входят: Mn, Ni, Co, V, Cu, Pb, Ga, Ba, Hg, Ti, Cr, Zr.

Не исключено присутствие среди этих пород лампроитов.

Глиежи или вулканыты (лавы и туфы кислых пород).

Глиеж – сокращение из трех слов: глина-естественно-жженная, то есть глина, обожженная в результате подземного горения угольных пластов (геологический термин «порцеланит»), а также горные породы (глины, алевролиты, песчаники), обожженные или переплавленные (до земляных шлаков и фарфоровидных пород) при подземном горении углей [1]. Эти породы всегда рассматривались как осадочные. Глиежи были описаны на всех месторождениях углей Приферганья, а известными месторождениями глиежа для производства цемента являются Кызыл-Кийское и Минкушское. Глиежи описаны на всех угольных месторождениях: Сулюкта, Таш-Кумыр и др. Но ни на одном из них объем и площади сгоревших углей не показаны [2]. Приповерхностное возгорание углей описано на месторождении Алмалык (с начала 1900 годов) и современное - на месторождении Ходжожелен (с конца 1970 годов). Ареал воздействия жара незначительный. Любой очаг возгорания имеет локальный характер, поэтому есть ли примеры уничтожения целых месторождений, чтобы иметь масштабное развитие глиежей..? В любом случае в продуктах горения глино-песчаников в глиежах, земляных шлаках, стекловатых продуктах всегда должны быть остатки исходных пород и переходы между ними. К тому же, искусственные шлаки могут быть раскристаллизованными. Так, по шлифам из металлургических шлаков древнего промысла (и шлаков при обжиге древесного угля) из долины сая Раватджакуб (к югу гор. Баткен) установлено соотношение минералов, соответствующее ультраосновным породам: стекло, оливин, моноклинные и ромбические пироксены, биотит, а также породы, близкие к базальтам (1962-1963 гг.). В металлургических шлаках всегда можно найти фрагменты руд и пород. При изучении глиежей мы бы получали подобные данные. При неоспоримости факта подземных пожаров углей и активного воздействия на вмещающие породы параметры образования глиежей на указанных месторождениях преувеличены. Так, на месторождении Кызыл-Кия по бортам ручья Джолдолина установлена толща вулканытов из преимущественно кисло-средних лав и туфов: липаритов, трахитов, риолитов, цветных обсидианов, их туфов и пемзовых разностей. Преобладают стекловатые разности с вариолями и кристаллитами, но потоки порфировых и раскристаллизованных трахитов, липаритов и их туфов присутствуют по всему разрезу. В слоях розоватых туфов много хорошо сохранившейся флоры. Разрез вулканытов мощностью до 100 м (в стенках карьера после добычи «глиежей») расположен в Чалташском приподнятом блоке, где угли вообще

отсутствуют и здесь нечему было гореть. Угольные горизонты развиты в северном блоке в пределах уже отработанных и обрабатываемых шахтных полей.

Разрезы изучены между составляющими ручьями долины Джолдолина и по ее правому борту к горе Чалташ. Подстилающими отложениями являются флишевые породы среднего-верхнего карбона с присутствием туфопород с послойным прожилкованием кварцем и карбонатами. Базальные слои юрских отложений представлены туфо- и лавобрекчиями, окрашенными марганцево-железистым материалом, со слоями и линзами желто-серых туфопород. Коры выветривания нет.

Базальные слои в обнажениях представлены туфопородами желтовато-серыми, тонкозернистыми, тонкослоистыми, среди которых есть слои с черными «оолитами» - пятнами из фрагментов лав. На рис. 3 видим крупные класты и целые кристаллы кпш и кварца, белого стекла (изотропного) со следами раскристаллизации (кристобалитом?) плотно соприкасаются друг с другом и помещены в разложенное вулканическое стекло грязно-серого цвета. Много кристаллов гематита. То есть, видим смесь 2-3 лав. Такая же ситуация показана на рис. 2. Посредине поля зрения размещена крупная овальная и вверху слева поменьше вариоли лав с раскристаллизацией кристобалитом и хлоритом, слюдой и табличками кпш [4, 8].

В составе базальных слоев много риолит-липаритовых пород, неравномерно раскристаллизованных, с остатками стекла. Пример таких пород видим на рис. 4. Мозаика белого и темного (с просветами) материала с редкими 10-15% кристаллами калиевых полевых шпатов и плагиоклазов, кварца, гематита в обеих составных частях. Белое – стекло с изотропностью, но с кристалликами кварца и калиевых полевых шпатов, разложенное, со слюдой. Визуально: темные, шарики, в шлифе – бесформенные пятна с неправильными контурами, но есть и прямые – может быть по кристаллам гематита. Включают таблички перечисленных минералов. Скорее всего, это стекло с гематит-лимонитом. Есть крупные выделения (миндалины), заполненные опалом. В других шлифах черные вариоли помещены в стекло белого цвета и лаву микрокристаллического липарита. Имеем смесь трех лав.

Выше базальных слоев среди обсидианов и пемз уже есть слои трахитов (рис. 5). Лавы полосчатые, в чередовании с туфами с растительными отпечатками. Породы с полной раскристаллизацией, с лейстами и табличками полевых шпатов. Между ними сосюритизированная непросвечивающаяся при скрещенных николях масса. Много тонких рудных.

Цветные обсидианы (рис. 6,7) появились в 25-30 м выше подошвы разреза. Визуально: черные с синеватостью, с красноватыми штрихами и ярко-желтые, с тонкими полосками с пузырчатостью. Видны блески рудного минерала. В шлифах видим микролитовую кварц-полевошпатовую основу с мельчайшими рудными или стекло с микролейстами.

Туфо (лава) липарита (рис. 8) и липариты биотитовые (рис. 9), 30-40 м вверх от подошвы. Скальный обрыв по борту сая, разрез так называемых «глиежей». Породы кирпично-красные туфового облика, тонкозернистые. Породы еще с вулканическим изотропным стеклом с грязно-серым агрегатом вторичных минералов. Раскристаллизация до 0,1-0,2 мм кварцем, измененным полевым шпатом и тенью табличек темноцветов. Вариоли бурых лав. Рудных много. В шлифе 9 хорошо выражены кварц, калиевые полевые шпаты и плагиоклаз, окрашенный биотит, рудные. Раскристаллизованное измененное бурое стекло (О.м.) замещено вторичными минералами.

В восточных обрывах карьера и уступах (уже верхняя часть разреза) замечательно видим сложное чередование всех разностей лав и туфов с пемзами и обсидианами. Примеры липарит-пемз и обсидианов-пемз показаны на рис. 10-11 и рис. 12. Первые рисунки состоят из чередования цветных туфов и лав, полосчатых, по плоскостям - отпечатки растений хорошей сохранности. Есть породы с порфириками, часто с темными пятнами. Пузырьдырочки имеют различную форму, распределяются неравномерно, есть слои без дырочек. Микроскопически видна начальная раскристаллизация, заметны удлиненные таблички

темноцветов и светлые лейсты лейкоминералов. Много рудных. В дырочки «залазят» рудные минералы, по краям.

Обсидианы-пемзы см. рис. 12, в средней части разреза нижней пачки вулканитов в обнажениях видим чередование и линзование пузырчатых разностей. Разнообразие цветовой окраски пород. Есть зернистые породы. Такие обсидианы привлекают к себе внимание своей яркостью окрасок и декоративностью. Микроскопически видим стеклянную массу с микролитами светлых измененных минералов и «крупные» тени цветных. Рудные минералы сконцентрированы в пузырях и вокруг них в хлоритовой полосе. В других местах рудных меньше.

В юго-восточном верхнем углу карьера совместно с трахитами и липаритами развиты туфы, обычно с растительными остатками. Преобладают туфы кристаллокластические (рис. 13). Визуально породы розовые, крупнозернистые, тонкослоистые, с круглыми зональными выделениями (железо-марганцевыми?) и белыми кольцами до 0,7-1,0 мм. Есть фрагменты желтого обсидиана. Таблички пл и кпш уложены «кирпичной кладкой», половина кластов составляют самые разные лавы кислых-средних пород соответственно. О. м. – раскристаллизованное измененное бурое стекло. Переход вулканогенного разреза к отложениям углепродуктивной свиты и блока не изучен. Но они по аналогии с разрезами других структур должны быть также с вулканитами. Отложения пестроцветной свиты также. На месторождении Учкоргон выше и ниже горизонтов с углями уже достоверно установлены туфы и лавы липаритов. В этом разрезе отсутствуют описанные в начале статьи базальтоиды, хотя положение таковых одинаково. Золотоносные юрские образования участка Арал находятся в единых тектонических структурах.

Как видим, установлена вулканогенная природа образований, относимых ранее к глиежам, с широким развитием стекловатых и пузырчатых разностей. Естественно, что кварц-полевошпатовый состав пород позволяет использование таковых для изготовления цементов высоких марок, в том числе и пуццоланового, а также керамзитов. Следует провести опробования на золото и другие сопутствующие элементы, комплексные поиски и исследования на возможность развития здесь магматических проявлений щелочных базальтоидов (лампроитов).

В отношении формационной принадлежности угленосных образований, к определению «лимническая» формация следует еще добавлять «вулканогенная». На всех месторождениях Приферганья юрские месторождения являются перспективными на золото и другие металлы.

Ниже размещены микроскопические изображения пород.



Рис.2 Туф (туфолава) липарита, без анализ., увел. 13,5x10.

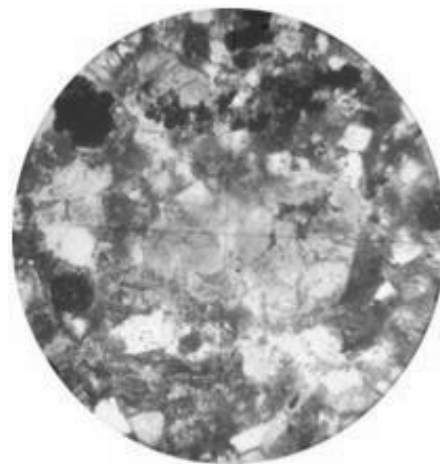


Рис. 3. Туф (туфолава) липарита, без анализ., увел. 13,5x10; юра, базальные слои.

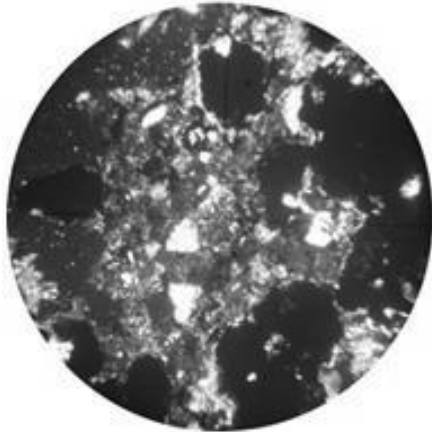


Рис. 4. Ск. вс. риолит-порфир,
увел. 13,5x10X

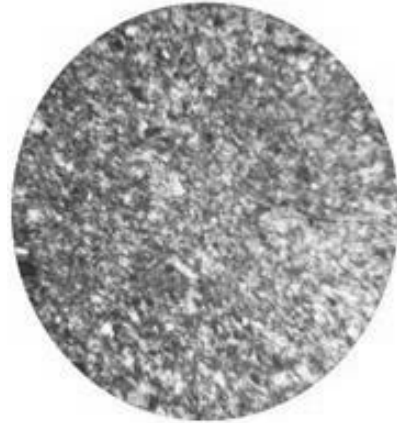


Рис. 5. Трахит, лава, без анализ.

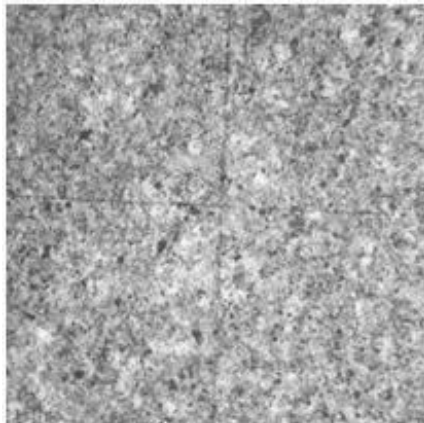


Рис. 6 Цветные обсидианы с микролитовой
окристаллизованной массой, без анализ.

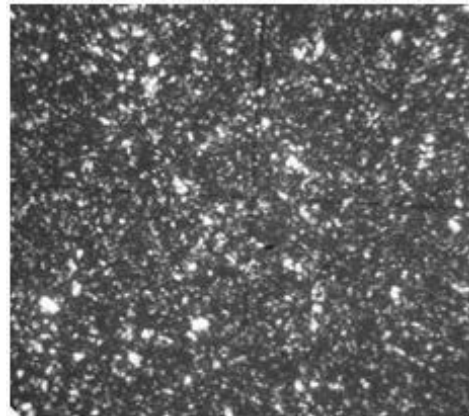


Рис. 7 Цветные обсидианы с
микролитовой окристаллизованной массой,
увел. 13,5x10 и далее в 2-3 раза X.

25-30 м выше подошвы разреза.

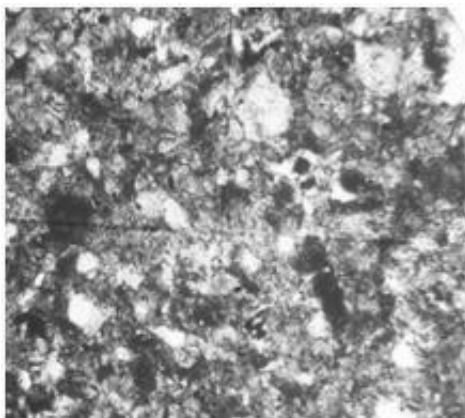


Рис. 8. Туфо (лавы) липарита. без анализ.,
увел. 13,5x10

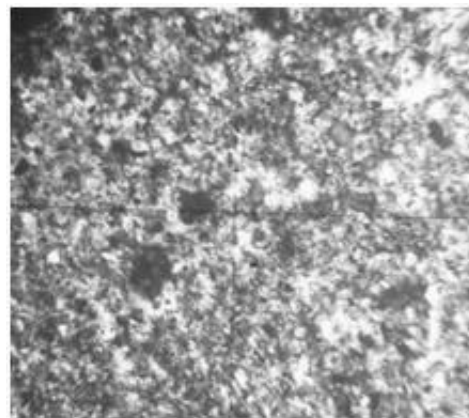


Рис. 9. Липарит биотитовый,
без анализ. увел. в 2 раза.

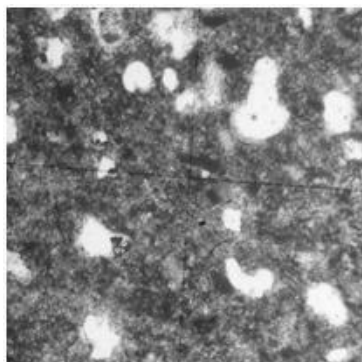


Рис. 10. Липариты-пемзы, без анализ.,
увел. 13,5x10.

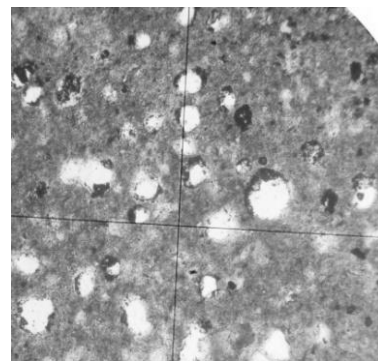


Рис. 11. Липариты-пемзы, без анализ.,
увел. в 2 раза.



Рис. 12. Обсидианы-пемзы с микролитовой
окристаллизованной массой, увел. 13,5x10 и
далее в 2 раза X.

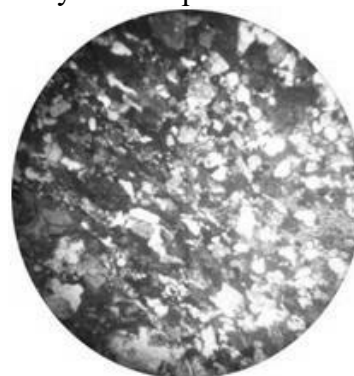


Рис. 13. Туф кристаллокластический.

Список литературы

1. Ждан А.В. Седиментационные структуры и рудные системы. Бишкек, 2006. 373 с
2. Ждан А.В. Альпийский вулканизм Туркестано-Алая (Южный Тянь-Шань). Бишкек: ОсОО «Алтын принт», 2016. 340 с.
3. Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т1. 171 с.
4. Ожогина Е.Г., Горбатова Е.А., Емельяненко Е.А. Основы минералогии: учеб.пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 151 с.
5. Васюков В.С. Геологические формации нижней и средней юры Тянь-Шаня: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук. Москва, 1985. 17 с.
6. Копылов Б.В. Районирование угленосности Киргизской ССР и сопредельных районов. // Упр. геол. Кирг ССР. 1974, сб. 3, 108-115.
7. Толобаева Н.Т., Шамшиев О.Ш. Новые типы глиежей Кыргызстана и роль вулканизма при образовании // Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и общество в эпоху перемен» (г. Уфа, 15-16 октября 2016 г.). Уфа, 2016. С. 10-13.
8. Ожогина Е.Г., Горбатова Е.А. Система управления качеством минералогических работ // Актуальные проблемы горного дела. 2017. №1. С. 3-8.

Сведения об авторах

Толобаева Н.Т. - институт горного дела и геотехнологии им. академика У.Асаналиева, г. Бишкек, пр. Чуй, 164; e-mail: tolobaeva_83@mail.ru.

Ждан А.В. - канд. геол.-минерал. наук доцент, Ошский технологический университет им. М.М.Адышева, г. Ош. e-mail: zhd40@mail.ru.

Шамшиев О.Ш. - геол.-минерал. наук, профессор, Филиал КГТУ им. И.Раззакова в г. Кызылкия, e-mail: shamshiev@mail.ru.

УДК 622.27

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАМЕРОВ ОБЪЕМОВ ГОРНОЙ МАССЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Платоненко С.М., Белячков С.В. Кольцов П.В., Волков П.В.

Аннотация. В настоящее время на рынке маркшейдерских приборов представлено большое количество различного оборудования, с помощью которого можно осуществлять съемки. В статье проанализированы традиционные методы маркшейдерских замеров, рассмотрены требования нормативных документов, регламентирующих требования к точности производства маркшейдерских работ, и возможности современного оборудования для производства съемок, поставлена задача повышения точности замеров для условий АО «УГОК».

Ключевые слова: точность, склады, отвалы, карьер, роботизированный тахеометр, лазерный сканер.

Введение

С начала 2000 годов в практике применения технологий и инструментов для производства маркшейдерских работ произошли значительные изменения. Парк доступной техники был весьма расширен и обновлен. Основными тенденциями модернизации стало стремление производителей сократить до минимума полевые работы при сохранении (увеличении) точности выполняемых работ. Объем информации, получаемый в полевых условиях, позволяет перенести их анализ в офис, в камеральную обработку. Это утверждение особенно актуально для съемок лазерными сканерами, способными за одну секунду выполнять до 500 000 измерений на расстоянии до 800 метров и 200 000 измерений на расстоянии до 6000 м. Повысилась степень автоматизации систем цифровой фотограмметрии. В электронных тахеометрах внедряются функции сканирования со скоростью до 26 000 точек в секунду. Такая модернизация позволяет получать данные с избыточной точностью, что напрямую влияет на достоверность выполнения маркшейдерско-геодезических съемок горнотехнических объектов. Если десять лет назад попытки получить избыточные данные приводили к многократному увеличению времени на полевые работы, то в случае с лазерным сканированием речь идет о нескольких минутах для съемки с одной точки, поскольку каждую минуту сканер, в зависимости от расстояния, снимает от 7 до 30 млн точек. Все вышесказанное создает предпосылки для проведения исследований, направленных на достижение высокой точности решения маркшейдерских задач, одной из которых является определение объемов вынутой горной массы.

Применение современного оборудования обусловило необходимость разработки новых методик и требований к замерам. Однако базовые знания сегодняшних маркшейдеров строятся на нормативных документах, разработанных более 10 лет назад, что создает разрыв между возможностями, знаниями и требованиями к точности.

Для постановки задачи исследований проведен краткий анализ методов замеров, используемых на предприятиях в настоящее время.

1. Традиционные методы маркшейдерских замеров, определение объемов и требуемой точности при открытых горных работах

Съемки на открытых горных работах

Съемка выполняется чаще всего тахеометрическим способом. Объектами съемки на открытых горных работах являются:

- горные выработки (уступы, съезды, траншеи, линии закола при взрыве блоков, развалы, дренажные выработки, скважины, водоотводные каналы, участки укрепленных откосов и т.п.);
- отвалы руды и породы;
- разведочные выработки и элементы геологического строения месторождения, видимые в натуре;
- границы опасных зон (зоны затопленных горных выработок, оползней, обрушений и т.п.);
- транспортные пути в карьере и на внутренних отвалах, лестницы между уступами;
- сооружения (эстакады, подъемники, электроподстанции, постоянные линии электропередачи, трубопроводы, помещения насосных установок).

Пикеты при съемке набираются на всех характерных точках контуров и поверхностей. Расстояние между пикетами на бровках уступов при съемке в масштабе 1:1000 принимаются не более 20 м, если бровки уступов сложные, и 30 м, если бровки вытянутые близкие к прямолинейным; при съемке в масштабе 1:2000 эти расстояния принимаются не более соответственно 30 и 40 м, а если бровки прямолинейны на большом протяжении - 50 м.

При съемке внутренних отвалов вскрышных пород в масштабе 1:5000 расстояния между пикетами принимаются не более 100 м; при съемке поверхностей взорванных пород в масштабе 1:1000 - 10 м, в масштабе 1:2000 - 20 м.

При контроле маркшейдерской съемки отклонения пикетов, набранных на бровках уступов, от положения бровки на плане горных выработок допускается не более чем на 1 мм при случайном характере отклонений.

Разность между средней отметкой бровки, вычисленной не менее чем по 15 контрольным пикетам, и средней отметкой этой бровки, определенной по плану горных выработок, допускается не более чем 0,4 м.

Периодичность съемки устанавливается исходя из производственной необходимости, но не реже одного раза в три месяца. Если съемка предназначена для определения объемов выемки с целью оплаты экскавации и транспортировки горной массы, то ее выполняют ежемесячно.

Тахеометрическая съемка выполняется теодолитами типа Т30, Т15, Т5 или тахеометрами.

При съемке теодолитами и редуцированными тахеометрами отсчеты по горизонтальному кругу разрешается округлять до десятков минут.

Расстояние от инструмента до пикета принимается не более 150, 200 и 300 м при съемке бровок уступов и других нечетких контуров соответственно в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000; при съемке теодолитом с увеличением зрительной трубы 25(x) и более расстояние от инструмента до пикета принимается не более соответственно 200, 250 и 350 м. Если высота уступа (вынимаемого слоя) меньше 3 м, то расстояние до пикета принимается не более 150 м. При съемке четких контуров (здания, сооружения) расстояния от инструмента до пикета принимается не более 80, 100 и 150 м при съемке соответственно в масштабах 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

С каждого пункта съемочной сети (станции) для контроля набираются дополнительные пикеты, расположенные на участках, снятых с соседних пунктов.

На каждой станции составляется абрис, на котором показываются положение бровок уступов и других объектов съемки. Вычисление горизонтальных проложений и высот пикетов выполняется в журнале тахеометрической съемки или на компьютере. Высоты пикетов и горизонтальные проложения после вычисления округляют до дециметров. Погрешность нанесения пикета на план допускается не более 0,5 мм.

При выполнении съемки электронным тахеометром предельное расстояние от прибора до отражателя устанавливается исходя из соответствующих технических характеристик прибора и условий видимости.

Определение объемов горных работ, точность замеров

Объемы вынутых горных пород по данным маркшейдерской съемки определяются способами среднего арифметического, вертикальных, горизонтальных сечений, объемной палетки и другими способами, обеспечивающими необходимую точность результата на основании [1]. При выборе способа учитывается технология разработки и вид съемки горных выработок.

Подсчет объемов вынутой горной массы и определение коэффициента разрыхления пород осуществляется в установленном порядке.

Контрольный подсчет объемов добычи и вскрыши по карьеру выполняется один раз в год до 1 февраля, следующего за отчетным годом.

Объемы подсчитываются в «две руки» или двумя независимыми подсчетами. Для контрольного подсчета объемов используются съемки, выполненные в начале и в конце контролируемого периода, или проводится разовая съемка карьера (части карьера).

Маркшейдерская съемка горных выработок и подсчет по ее результатам объемов вынутых взорванных горных пород может осуществляться, не превышая значений следующих допустимых погрешностей (двойной среднеквадратической погрешности):

- при маркшейдерской съемке уступов допустимая погрешность сигма $V_{доп}$ (%) определения объема по формуле

$$\sigma V_{доп} = \frac{1500}{\sqrt{V}}, \quad (1)$$

где V - объем вынутых горных пород, приведенный к объему в целике, м³.

Формула (1) используется при объемах от 20 до 2000 тыс. м³. Если объем больше 2000 тыс. м³, то принимают $\sigma V_{доп} = 1\%$; если объем меньше 20 тыс. м³, то методика съемки горных выработок и вычисления объемов устанавливается с таким расчетом, чтобы погрешность $\sigma V_{доп} = 1,5\%$ не превышала 10%;

- при определении объема вынутых (взорванных) горных пород в разрыхленном состоянии по маркшейдерской съемке и перевычислении его в объем в целике через коэффициент разрыхления этих пород допустимая погрешность сигма $V_{доп}$ (%) вычисляется по формуле

$$\sigma V_{доп} = \frac{2200}{\sqrt{V}}, \quad (2)$$

где V - объем вынутых (взорванных) горных пород, приведенный к объему в целике, м³.

Формула (2) используется при объемах от 45 до 2200 тыс.м³. Если объем больше 2200 тыс.м³, то принимают $\sigma V_{доп} = 1,5\%$; если объем меньше 45 тыс.м³, то методика съемки и вычисления объемов, а также определения коэффициента разрыхления устанавливается с таким расчетом, чтобы погрешность $\sigma V_{доп}$ не превышала 10%.

Маркшейдерский замер складов (отвалов) полезного ископаемого

Маркшейдерский замер остатков полезного ископаемого на складах (отвалах) производится с целью контроля правильности оперативного учета и определения по результатам замера объемов добычи руды за отчетный период (как правило месяц).

Для замера складов (отвалов) со сложными поверхностями применяют инструментальную съемку с использованием современного геодезического оборудования. В качестве исходных пунктов для съемки используются пункты съемочной сети, погрешности определения которых относительно ближайших пунктов маркшейдерской опорной

геодезической сети не должны превышать 0,4 мм на плане в принятом масштабе съемки и 0,2 м по высоте.

Инструментальную съемку выполняют следующими способами:

- тахеометрическим;
- спутниковой геодезии;
- лазерного сканирования.

Построение съемочных сетей выполняются следующими способами:

- геодезических засечек;
- теодолитных ходов;
- аналитических сетей.

При съемке теодолитом, тахеометром или GPS-приемником рейку (вешку) устанавливают на всех характерных точках поверхности складов (отвалов). При съемке складов (отвалов) объемом до 100 тыс. м³ расстояние от инструмента до реечной точки не должно превышать 60 м, а расстояние между реечными точками - 10 м; при больших объемах соответственно 100 и 15 м.

Если поверхность складов (отвалов) перед съемкой не выравняется, то максимальные расстояния между реечными точками сокращаются соответственно до 6 и 10 м.

Если объемы подсчитывают способом вертикальных сечений, то пикеты набирают в характерных местах поверхности вдоль линий сечений, предварительно нанесенных на план.

Планы отвалов составляются в масштабе 1:1000 или 1:500. Поверхность отвалов изображается цифровыми отметками или горизонталями с сечением рельефа через 0,5 м. Объемы отвалов по данным съемки подсчитывают способом горизонтальных или вертикальных сечений или другими способами, обеспечивающими необходимую точность результата.

В случае выполнения контрольной съемки складов (отвалов) допустимая разность основного и контрольного определения объема должна соответствовать допускам, приведенным в таблице. При допустимой разнице двух независимых определений объема к учету принимается его среднее значение.

Допустимые погрешности определения объемов и плотности
полезного ископаемого в отвалах [1]

Показатель	Объем отвала, тыс. м ³			
	менее 20	от 20 до 50 включ.	от 50 до 200 включ.	более 200
Допустимая относительная погрешность определения, %: объемов плотности	8	5	3	2
	5	5	4	2
Допустимая разность двух независимых определений объемов, %	12	8	4	3

Указанные в таблице значения являются нормативными для всех горных предприятий и справедливы для методик полевых и камеральных работ, перечисленных в п.1 настоящей статьи. Разработка методики маркшейдерских замеров повышенной точности невозможна без анализа видов инструментов и их технических характеристик.

2. Обзор современного оборудования для проведения маркшейдерских замеров объемов горной породы

Решение большинства задач, возникающих в горном производстве, невозможно без проведения комплекса маркшейдерских работ. В свою очередь, залогом качественного и эффективного маркшейдерского обеспечения является использование маркшейдерских приборов, обеспечивающих необходимый уровень точности и оперативности представления результатов измерений.

В настоящее время создано очень много геодезических приборов и новых геодезических технологий, принципиально отличных от традиционных. В прежние годы для каждого вида измерений существовал свой тип приборов: для угловых измерений теодолит, для высотных измерений – нивелир, для линейных измерений – рулетка и дальномер. Каждый прибор, в зависимости от предполагаемого использования, имел свои характеристики точности.

Создание электронных тахеометров можно считать естественным развитием геодезической техники, связанным с общим развитием приборостроения и электроники (рис. 1).

Электронный тахеометр сделал возможным получение координат в любой точке объекта в течение короткого промежутка времени без каких-либо дополнительных или предварительных построений на местности. Точность измерения углов в современном электронном тахеометре достигает половины угловой секунды.



Рис. 1. Электронный тахеометр

Электронные тахеометры и спутниковые технологии стали основой геодезических, кадастровых, маркшейдерских и картографических съемок и объединили эти технические науки одним приборным парком.

Например, лазерный ручной дальномер позволяет маркшейдеру выполнить замер объемов (замер длины, ширины, высоты и т.д.) с достаточной точностью, быстро и без привлечения помощников. На рис. 2 и 3 изображены ручной и стационарный лазерные дальномеры, длины которых составляет 12 см.



Рис. 2. Лазерный ручной дальномер



Рис. 3. Лазерный стационарный дальномер

Для измерения углов созданы электронные теодолиты, которые могут применяться не только как самостоятельные приборы для угловых измерений в различных видах геодезических работ, но и в связи с функцией накопления и сохранения информации, как миникомпьютеры для обработки измерений (рис. 4).



Рис. 4. Электронный теодолит

Для получения объемного изображения поверхности, карьеров и т.д. используются лазерные сканеры.

Лазерный сканер по средствам высокоскоростного сканирования переносит совокупность характеристик реальной поверхности в цифровой вид и представляет результат в пространственной системе координат. Лазерные сканеры – лазерные 3D сканеры – лазерные сканирующие системы – наземные лазерные сканеры – это совершенно новое геодезическое оборудование (рис.5). Если рассмотреть техническую сторону лазерных сканеров, можно сказать, что лазерный сканер – это прибор, оснащенный высокоскоростным безотражательным лазерным дальномером и системой изменения направления луча лазера – специальное поворотное зеркало.



Рис. 5. Лазерный сканер с системой спутникового позиционирования

Прогресс современной технологии выполнения маркшейдерских работ неразрывно связан с внедрением в геодезическое производство спутниковых систем позиционирования (таких, как «GPS», «Глонасс», «Бэйдоу», «GALILEO»), открывающих перспективу резкого повышения производительности труда при одновременном повышении точности измерений и снижении материальных затрат.

Одним из важных аспектов спутниковой навигации по сравнению с обычными методами съемки является получение трех координат точек. Трехмерное положение точек получают с помощью засечек с искусственных спутников Земли (рис. 6).

Приемники GPS выпускаются для всех требований точности и многих специальных измерений.



Рис. 6. Мультисистемный приемник спутниковой навигации

В настоящий момент спутниковые технологии вытесняют традиционные геодезические методы определения координат, длин линий, углов и азимутов, идет поиск наиболее оптимальных технологий, обобщение и создание методических, руководящих и инструктивных материалов. Также начинают активно применяться новые виды технологий, например, такие как беспилотные летательные аппараты (рис. 7).

Беспилотный летательный аппарат — летательный аппарат без экипажа на борту. Все чаще используется в строительных компаниях для задач, связанных с геодезией (либо картографией). Для определения координат и земной скорости современные БПЛА, как

правило, используют спутниковые навигационные приёмники (GPS или ГЛОНАСС). Углы ориентации и перегрузки определяются с применением гироскопов и акселерометров.



Рис. 7. Квадрокоптер с лазерным сканером

Учитывая многообразие видов измерительного оборудования, можно утверждать, что точность маркшейдерских замеров можно повысить путем разработки соответствующей методики замеров, с применением инструментов соответствующего типа, обеспечивающего необходимую точность выполнения выбранного типа маркшейдерских работ. Поскольку статья посвящена повышению точности маркшейдерских замеров объемов горной массы, ниже приводится методика промышленного эксперимента, проводимого в АО «Учалинский ГОК» с целью анализа точности замеров с применением современного оборудования.

3. Повышение точности маркшейдерских замеров объемов

Ошибка в учете вскрышных работ на 1% при стоимости добычи 150 руб./м³ и объеме добычи 5 млн м³ в год — это 7 500 000 руб. и 50 000 м³, соответственно ошибка учета объемов полезного ископаемого на складах будет «стоять» предприятию значительно дороже.

Ошибки, полученные из-за недостаточной плотности данных недоступных для съемки мест, в отдельных случаях могут превышать даже стандартные нормы, поэтому сложно говорить о необходимости снижения допустимых ошибок без модернизации парка оборудования, приобретения программных средств расчета и повышении квалификации персонала. Поэтому для эксперимента были приняты следующие инструменты и программы.

1. Лазерный сканер – детальность не ниже 5 см в натуре.
2. Роботизированный тахеометр с функцией сканирования с обязательным учетом всех характерных точек при съемке.
3. Маркшейдерский замер. Обработка проводится в программах Riscan Pro, MineFrame.

За эталон принимается результат лазерного сканирования, который сравнивается с двумя другими методами. Выбор эталона обусловлен высокой точностью и скоростью лазерного сканирования, недоступной в настоящее время другой технике, а также гибкостью технологии работы с облаками сканирования, позволяющей за малый период времени оценить как объем отдельных участков, так и всего карьера.

Для проведения эксперимента по повышению точности маркшейдерского замера объемов горной массы были выбраны Западно-Озерный карьер, рудные склады ЗОК, нерабочий отвал ЗОК «Учалинского ГОКа». Методика промышленного эксперимента направлена на получение данных для проведения анализа результатов съемок приборами «Уралмеханобр» и Учалинского подземного рудника с целью установления фактической точности выполнения маркшейдерских съемок.

При проведении эксперимента запланирована к использованию приборная база института «Уралмеханобр»: лазерный сканер Riegl VZ-1000, который будет применен для выполнения эталонной съемки; приборы УПР (Leica, Nikon) предназначены для накопления и анализа текущих съемок.

Началом эксперимента считается дата выполнения детального лазерного сканирования, по результатам которого будет создана эталонная цифровая модель. Периодичность сканирования установлена в соответствии с интенсивностью горных работ, но не менее двух раз за эксперимент, что позволит установить объем добытой горной массы за выбранный период.

По результатам анализа запланировано получить таблицу отклонений от эталона примененных видов съемок и маркшейдерского замера, а по результатам промышленного эксперимента - методики замеров с указаниями по типу инструментов, схеме съемок и рекомендациями по увеличению точности маркшейдерского учета объемов вынудой горной массы на карьере «Западно-Озерный», АО «Учалинский ГОК».

Список литературы

- 1.РД 07-603-03 «Инструкция по производству маркшейдерских работ». М.: ФГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». 2004.
2. Бурцев А.В. Инновационные технологии для автоматизации маркшейдерских работ при строительстве подземных сооружений // Геопрофи. 2011. №5. С. 26-29.
3. Платоненко С.М., Белячков С.В., Кольцов П.В., Волков П.Н. Разработка методики повышения точности маркшейдерских замеров объемов горной массы (часть 1) // Маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч-практич. конф. – Магнитогорск: Издат-во Магнитогорский дом печати, 2018, С. 72-84.
4. <http://w3.leica-geosystems.com/>
5. <http://www.ambergtechnologies.ch>

Сведения об авторах

Платоненко Сергей Михайлович - главный маркшейдер АО «Учалинский ГОК», г. Учалы, Республика Башкортостан, Россия. E-mail: ms_platonenko_sm@ugok.ru

Белячков Сергей Владимирович - главный маркшейдер УПР УМР АО «Учалинский ГОК», г. Учалы, Республика Башкортостан, Россия. E-mail: upr_belyachkov_sv@mail.ru

Кольцов Павел Викторович - заведующий лабораторией ОАО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия. канд.техн.наук. E-mail: kpavel@umbr.ru

Волков Павел Владимирович, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова» доцент, канд.техн.наук.

УДК 622.271.333

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ И ОБРУШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОЧИХ

Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Некеров Е.А.

Аннотация. В статье предложены мероприятия по предупреждению оползней и обрушений на стадии проектирования при разработке месторождений полезных ископаемых с целью обеспечения безопасности горных рабочих. Приведены статистические данные деятельности ВГСЧ МЧС России за период 2010-2016 годов. Установлено, что каждая пятая авария на горных предприятиях - это обрушение пород. Проведен анализ существующих методов расчетов устойчивости бортов карьеров при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Рассмотрены крупнейшие оползни и обрушения, а также установлены причины их возникновения.

Ключевые слова: авария, карьер, коэффициент запаса устойчивости, методы расчета устойчивости, обрушения, оползень, поверхность скольжения, разработка месторождения, шахта.

Введение

Горнодобывающие предприятия характеризуются наличием большого количества опасных и вредных производственных факторов, угрожающих жизни и здоровью горных рабочих.

Это связано с возможностью появления опасных газов, пожаров и, конечно же, обрушений горных пород. Все это значительно осложняет трудовой процесс работников горных предприятий [1,2].

Теория, материалы и методы исследования

Анализ деятельности Военизированной горноспасательной части МЧС России (ВГСЧ МЧС России) за период 2010 - 2016 гг. показывает, что подразделениями ликвидировано 236 аварий при обслуживании 1037 объектов. Из них обрушений горных пород – 49, что составляет порядка 21% (рис.1,2) [3].

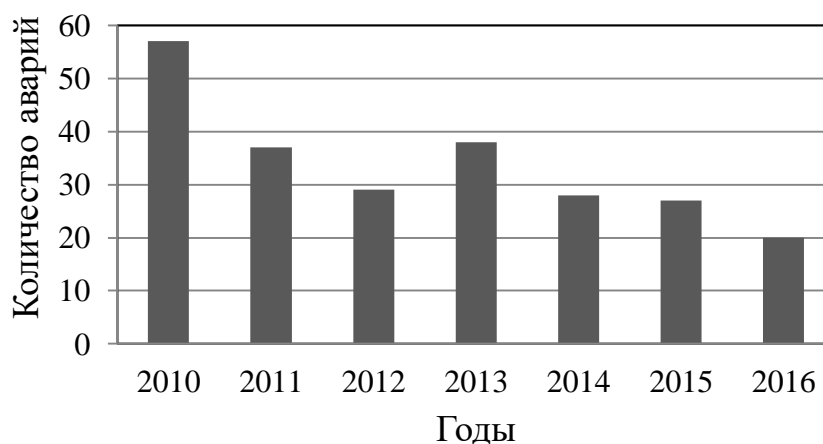


Рис. 1. Аварии, ликвидированные подразделениями ВГСЧ МЧС России за период 2010– 2016 годы

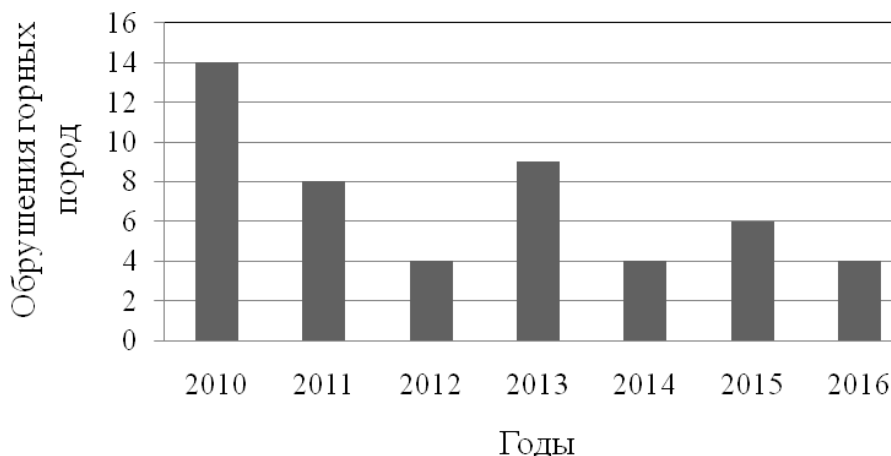


Рис. 2. Обрушения горных пород, ликвидированные подразделениями ВГСЧ МЧС России за период 2010 – 2016 годы

Следовательно, каждая пятая авария на горных предприятиях – обрушение горных пород.

Особую опасность в шахтах представляют участки выработок, на которых возможны обрушения в результате неправильно выбранных параметров горных работ, а при добыче открытым способом значительную опасность создают оползни и обрушения уступов и бортов карьеров.

Так, на *карьере Михайловского ГОКа* (г. Железногорск, Курская область, Россия) характерны практически все виды нарушений устойчивости, встречающиеся при открытых разработках. Основными видами являются обрушения, осыпи (при заоткоске под углами 60–80°), промоины.

На *Лебединском и Стойленском карьерах КМА* наблюдаются в виде оползневых деформаций, обрушений, суффозий и оплывин. Из-за значительной обводненности песчано-глинистых отложений оползни обрушения со временем переходят в оплывины.

На *Коунрадском карьере* (Казахстан) в период с 1974 по 2002 гг. замечено более 50 деформаций отдельных уступов в виде обрушений. Неудовлетворительное состояние бортов обусловлено следующими основными причинами: влиянием трещиноватости на устойчивость уступов и бортов карьера; воздействием буровзрывных работ на разрушение массива за пределами взрывааемых блоков; склонностью горных пород к интенсивному выветриванию; длительным сроком стояния уступов и бортов в погашенном состоянии.

На карьерах *Никопольского марганцевого бассейна (Украина)* имеют место оползни вскрышных уступов, в которых породы смешивались с глинистыми породами. Оползнями были охвачены необновлявшиеся длительное время участки уступов с различной обводненностью. На *Богдановском карьере* деформации уступов происходили через 8–12 мес. после их постановки.

Таким образом, наряду со структурными особенностями массива, на устойчивость уступов также оказывает влияние фактор времени.

В результате анализа оползневых деформаций на карьере «Нчанга» (Замбия) предложено оценивать прочность пород с помощью показателя, характеризующего прочность на сдвиг за единицу времени.

В 1958 г. произошел оползень восточного борта *карьера «Цукунфт-Вест» (Германия)*, захвативший все уступы. Отделившийся оползневой клин, высотой около 90 м содержал девять породных и угольных слоев.

Деформационные процессы, имеющие место в прибортовых массивах, сложенных скальными породами, приводят к масштабным оползням, ликвидация последствий которых связана с огромными затратами.

Так, 11 апреля 2013 г. к юго-западу от Солт-Лейк-Сити (штат Юта, США) на меднорудном карьере *Бингем-Каньон* произошел мощный оползень. Размеры карьера достигают около километра в глубину, около четырех - в диаметре. Добыча медной руды началась в 1863 году. Причины оползня связаны с тектоническими нарушениями, массовыми взрывами и динамическими нагрузками от оборудования. Принятые меры по укреплению бортов карьера результатов не дали. В результате самый большой в мире карьер Бингем-Каньон был закрыт на неопределенный срок вследствие гигантского оползня, который засыпал технику и оборудование, а также обрушил комплекс производственных зданий [4-6].

Основными причинами возникновения оползней на карьерах являются недостаточная обоснованность параметров откосов бортов карьеров и отвалов; несоблюдение проектных параметров; нарушение параметров технологического процесса.

Результаты исследования

Ведущая роль в борьбе с оползнями должна отводиться разработке эффективных профилактических мероприятий, так как предотвратить оползень значительно легче, безопаснее и дешевле, чем вести с ним борьбу.

Комплексный подход к предупреждению оползней и обрушений включает следующие мероприятия:

- правильное определение параметров устойчивых уступов и бортов карьеров, соответствующих прочностным свойствам горных пород в массиве и горно-геологическим условиям разработки месторождения;
- обеспечение проектных параметров карьера;
- мониторинг состояния массива [7, 8];
- своевременный и полный дренаж горного массива;
- специальная технология ведения буровзрывных работ;
- искусственное укрепление откосов.

Таким образом, основу предупреждения оползней и обрушений составляет именно правильное обоснование параметров бортов карьеров на стадии проектирования.

При проектировании параметров бортов карьеров, с одной стороны, необходимо обосновать угол откоса, который позволит сократить объем вскрышных пород, а с другой стороны, он должен соответствовать требованиям устойчивости [9].

В практике проектирования карьеров применяются различные методы расчета устойчивости бортов карьеров. Анализ нескольких существующих методов представлен в таблице [10].

В настоящее время углы нерабочих бортов карьеров составляют порядка 20-40°, зарубежный же опыт показывает, что углы нерабочих бортов карьеров, сложенных скальными породами, могут составлять до 55°.

Обосновать такие углы существующими методами расчета устойчивости невозможно. Инженерные методики ВНИМИ, которые очень широко используются при проектировании открытой и комбинированной разработки месторождений, не учитывают напряженно-деформированное состояние массива. Таким образом, не дают возможности обоснованно выбирать оптимальные параметры погашения откосов.

Расчеты устойчивости ведутся по круглоцилиндрической или прямолинейной линии скольжения. Однако опыт показывает, что деформации бортов карьеров чаще представляют собой сферическую поверхность [11].

Для инженерных расчетов объемного коэффициента запаса устойчивости откоса, не подработанного и подработанного подземными выработками, можно использовать

суммирование удерживающих и сдвигающих сил с учетом изменения их направлений по сферической поверхности скольжения [12].

Методы расчета устойчивости

Методы расчета устойчивости	Характеристики метода
Метод В.В. Соколовского – Ю.Н. Малюшицкого	Дает удовлетворительные результаты для откосов высотой 30-80 м, при средних значениях сцепления до 10 т/м ² и средних значениях угла внутреннего трения более 5°, при незначительных колебаниях объемного веса пород. Не учитывает естественные поверхности ослабления
Метод Н.Н. Маслова	Вводится коэффициент сопротивления сдвигу. На глубоких карьерах получается вогнутый профиль с весьма пологим углом в нижней части. Этот метод рекомендуется применять для установления ориентировочного профиля откоса и для определения углов откосов отдельных уступов
Метод круглоцилиндрической поверхности скольжения	Дает результаты, схожие с результатами по методу ВНИМИ. Применяется для определения устойчивости откосов бортов из пород, в которых поверхность скольжения близка к круглоцилиндрической
Метод горизонтальных сил Н.Н. Маслова-Берера	Дает заниженные коэффициенты запаса устойчивости. Неточный способ проектирования сил на горизонтальную плоскость дает большое их увеличение в области призмы активного давления
Метод ВНИМИ	Применяется при различных условиях залегания горных пород и при наличии поверхностей ослабления с различной глубиной разработки. В настоящее время именно данный метод является основным методом для расчета устойчивости

По этой методике были определены коэффициенты запасов устойчивости откосов бортов карьеров медно-колчеданных месторождений. Результаты расчетов показывают, что коэффициент запаса устойчивости, рассчитанный по методике с учетом объемных сил, выше чем рассчитанный по методике ВНИМИ на 19-24% [13].

Такие результаты позволяют принять угол откоса более крутым с достаточным запасом устойчивости и, следовательно, уменьшить экономические затраты по добыче полезного ископаемого.

Заключение

Применение данных методик по обоснованию параметров откосов бортов карьеров, учитывающих напряженно-деформированное состояние массива, и разработка новых, учитывающих тектонические силы, позволит снизить количество оползней и обрушений при различных способах добычи полезных ископаемых и предотвратить огромные затраты по их ликвидации. Совершенствование комплексного подхода системы предупреждения обрушений и оползней на горных предприятиях позволит снизить риск их возникновения и обеспечить безопасность горных рабочих.

Список литературы

1. Боброва О.Б., Свиридова Т.В., Саутина Е.Д. Сохранение здоровья и профессионального долголетия персонала в удаленных трудовых зонах //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2018. Т. 9. № 2. С. 39-41.

2. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Саутина Е.Д. Совершенствование методов определения профессиональной пригодности персонала для удаленных трудовых зон // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 7 (211). С. 24-28.
3. Статистические данные деятельности подразделений военизированных горноспасательных частей за период 2010-2016 годы: [Электронный ресурс. URL: <http://www/mchs.gov.ru> (дата обращения: 24.09.2018).
4. Сайт интересных фактов: [Электронный ресурс]. URL: <http://mirfactov.com/v-ssha-na-mednom-karere-proizoshel-gigantskiy-opolzen/> (дата обращения: 24.09.2018).
5. Черчинцева Т.С., Кузнецова Т.С., Некерова Т.В., Чудаев А.С. Обоснование параметров погашенного борта карьера «Барсучий лог» в оползневой зоне // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 4 (12). С. 85-87.
6. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Волкова Е.А. Обеспечение устойчивости откосов бортов карьеров с целью предупреждения аварий и чрезвычайных ситуаций // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. № 4. С. 5-10.
7. Картунова С.О. Определение деформаций на карьерах с применением современных технологий // Актуальные проблемы горного дела. 2016. №2. С. 9-14.
8. Емельяненко Е.А., Романько Е.А., Савченко Е.В., Янбердина А.Б. Маркшейдерский мониторинг деформаций бортов карьера Сибайского месторождения // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т.1. С.42-44.
9. Свиридова Т.В., Боброва О.Б., Ильина О.Ю. Обеспечение безопасности комбинированной разработки месторождений на стадии проектирования // Научное обеспечение технологий разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. №4. С. 479-483.
10. Демин А.М. Оползни в карьерах: анализ и прогноз. М.: ГЕОС, 2009. 79 с.
11. Свиридова Т.В. Применение методики расчета устойчивости откосов с учетом объемно-напряженного состояния пород для предупреждения оползневых процессов // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2014. № Т20. С. 3551-3555.
12. Свиридова Т.В. Применение методики расчета устойчивости откосов с учетом объемно-напряженного состояния пород для предупреждения оползневых процессов // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2014. Т. 21. С. 166-170.
13. Гавришев С.Е., Кузнецова Т.С., Некерова Т.В. Методика обоснования параметров бортов карьеров при выемке прибортовых запасов подземным способом // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1 . С. 14-17.

Сведения об авторах

Свиридова Татьяна Валерьевна, канд. техн. наук, доц. каф. ПЭиБЖД, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. E-mail: ntv_3110@mail.ru.

Боброва Ольга Борисовна, ст. преп. каф. ПЭиБЖД, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. E-mail: obproshkina@mail.ru.

Некерев Евгений Алексеевич, студент гр. ТБЖб-18, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА БАЗЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОДУКТА СГУЩЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ГАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Пыталев И.А., Якшина В.В., Гапонова И.А.

Аннотация. В статье предложен вариант создания приемной емкости на базе внешних отвалов вскрышных пород для размещения продукта сгущения хвостов обогащения. Представлен календарный план заполнения сформированного техногенного пространства. Разработана технология формирования ограждающих дамб по периметру создаваемого техногенного пространства.

Ключевые слова: техногенное пространство, карьер, хвосты обогащения, продукт сгущения, ограждающая дамба, открытый склад, вскрышная порода, внешний отвал.

Введение

В связи с исчерпанием полезной емкости карьера №2 Гайского горно-обогатительного комбината и отсутствием возможности наращивания существующего и строительства нового хвостохранилища проработан вопрос поиска альтернативных решений по размещению хвостов обогащения. Кроме того, утвержден план увеличения производительности обогатительной фабрики до 9 млн т руды в год. Это решение повлечет резкое сокращение срока функционирования выработанного пространства карьера №2 в качестве наливного хвостохранилища, несмотря на частичное использование хвостов обогащения в качестве инертного материала для производства закладочных работ в шахте.

В результате анализа прилегающих территорий к промышленной площадке Гайского ГОКа выявлен земельный участок за восточным внешним отвалом, пригодный для формирования техногенного пространства с целью размещения хвостов обогащения. Исходя из положительного опыта сгущения хвостов обогащения на Учалинском ГОКе рассмотрен вариант обезвоживания текущих хвостов обогащения с целью изменения физико-механических свойств складированного продукта.

В рамках концепции формирования техногенного пространства в виде открытого склада [1] и дальнейшего его использования для размещения продукта сушения хвостов обогащения предусматриваются следующие мероприятия:

1. Удаление почвенного грунта с территории склада и ограждающих дамб.

2. Формирование водоотводных канав и водосборных прудков с целью перехвата и перенаправления свободной воды от продукта сгущения и поверхностных вод с территории склада в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики.

3. Формирование ограждающих дамб из материалов пород внешних отвалов.

4. Гидроизоляция откоса с внутренней стороны техногенного пространства.

5. Размещение продукта сгущения в пределах открытого склада.

Использование техногенного пространства возможно только после строительства и запуска в эксплуатацию комплекса сгущения хвостов обогащения.

Техногенное пространство

Открытый склад продукта сгущения представляет собой искусственно сформированную емкость, примыкающую к существующему отвалу и ограниченную по внешнему контуру дамбами из скальной наброски (вскрышных пород). Для сокращения сроков на подготовку территории к складированию продукта сгущения хвостов обогатительной, а также для распределения затрат на возведение дамб во времени предусматривается формирование склада в виде двух отсеков, условно – Центрального и Северного.

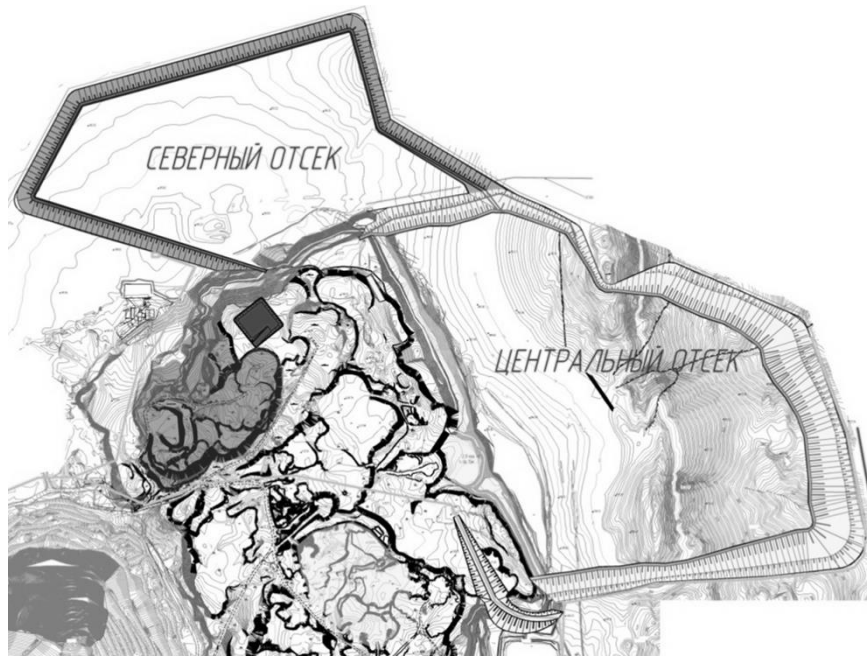


Рис. 1. План ограждающих дамб с местами выемки вскрышных пород с целью формирования открытого склада продукта сгущения хвостов обогатительной фабрики

Произведен анализ нескольких вариантов формирования открытого склада, отличающихся очередностью возведения дамб и календарным графиком заполнения образованных емкостей. Наиболее эффективный вариант - поочередное формирования дамб первой очереди в каждом из отсеков с последующим заполнением полученных емкостей первой очереди продуктом сгущения, затем возведение дамб второй очереди.

Перед началом формирования насыпной дамбы необходимо провести ряд мероприятий:

1. Снятие почвенного грунта и его транспортирование в специальный склад, высота которого не превышает 5 м. Грунт снимается по всей площади отсека склада, включая площади, занимаемые дамбами и водосборными канавами. Удаление почвенного грунта предусматривается в теплое время года.

2. Формирование водосборная канава и зумпфы, из которых накопленная вода будет перекачиваться в насосную станцию второго подъема. Сечение водосборной канавы, формируемой экскаватором типа «обратная лопата», с погрузкой пород в автосамосвалы и транспортировкой ее на отвалы вскрыши и тело дамбы (рис. 2). Кавальеры предусматриваются в качестве дополнительной меры по предотвращению поступления фильтрационной воды за пределы водоотводной канавы, в случае кольматации отдельных участков канавы.



Рис. 2. Сечение водосборной канавы

В качестве материала для возведения фильтрующих дамб предусматривается использовать породы отвала скальной вскрыши, расположенные в восточной части отвала и на его поверхности при дальности транспортирования не более 8 км. Для сокращения расстояния транспортирования пород отвала в северной и южной его частях предусматривается создание съезда с продольным уклоном 100%. Северный съезд будет пройден с отметки 432 м до отметки 424 м и, помимо доступа к материалу для формирования дамбы, обеспечит монтаж и обслуживание трубопроводов продукта сгущения хвостов обогащения и дренажных вод. Южный съезд обеспечит доступ с отметки 428 м до отметки естественного рельефа местности 390 м.

Технология отсыпки дамбы

Формирование склада предполагается по принципу намывного хвостохранилища, то есть с размещением части ограждающих дамб на поверхности уложенного продукта сгущения и ранее возведенных дамб (рис. 3). При этом нижняя бровка низового откоса дамбы первой очереди располагается на внешнем контуре дамб и примыкает к водосборной канаве. В этом случае снижение емкости склада сопровождается резким уменьшением завоза и отсыпки горной массы для формирования ограждающих дамб.

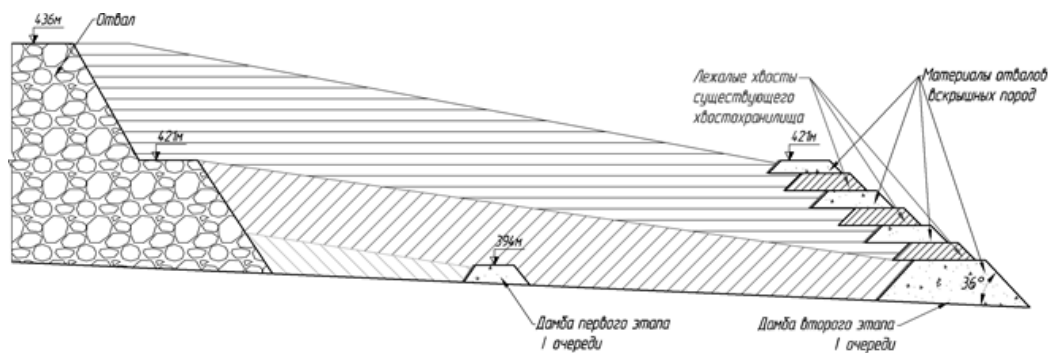


Рис. 3. Схема формирования ограждающих дамб

Дамба первой очереди Центрального отсека возводится в 2 этапа: **Первый этап** обеспечит складирование продукта сгущения до отметки +393,4 м при отметке гребня дамбы +394 м (рис. 4).

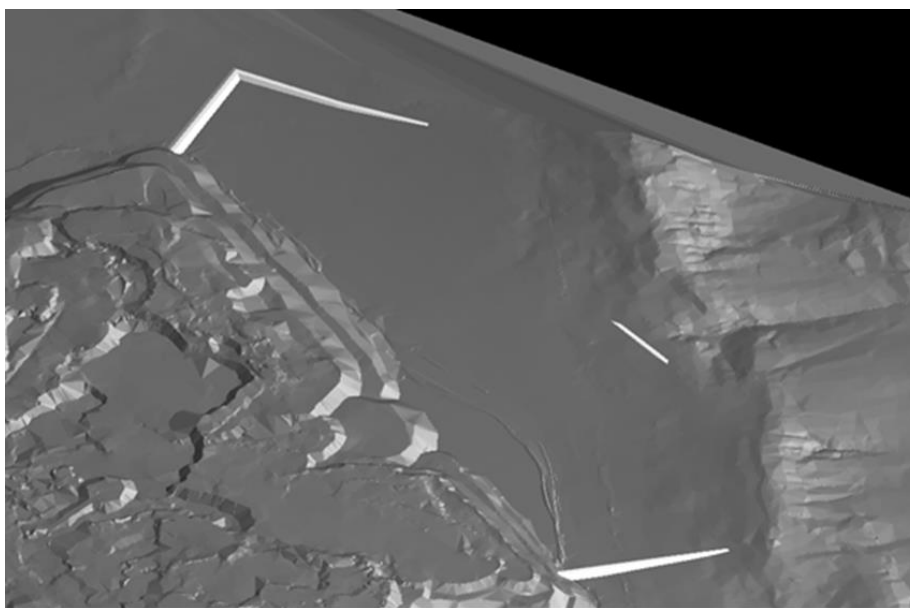


Рис. 4. Первый этап I очереди ограждающей дамбы Центрального отсека

Для этого в центре данного отсека и по его периметру с северной и южной сторон предполагаются дамбы, максимальная высота которых не превышает 10 м. Первый этап I очереди обеспечит складирование продукта сгущения около одного года (4,5 млн м³).

Второй этап предусматривается формирования дамбы I очереди с отметкой гребня 421 м с дополнительным объемом 48,5 млн м³ (общая емкость I очереди центрального отсека составляет 53 млн м³), что обеспечит время складирования порядка 11,8 лет (рис. 5).

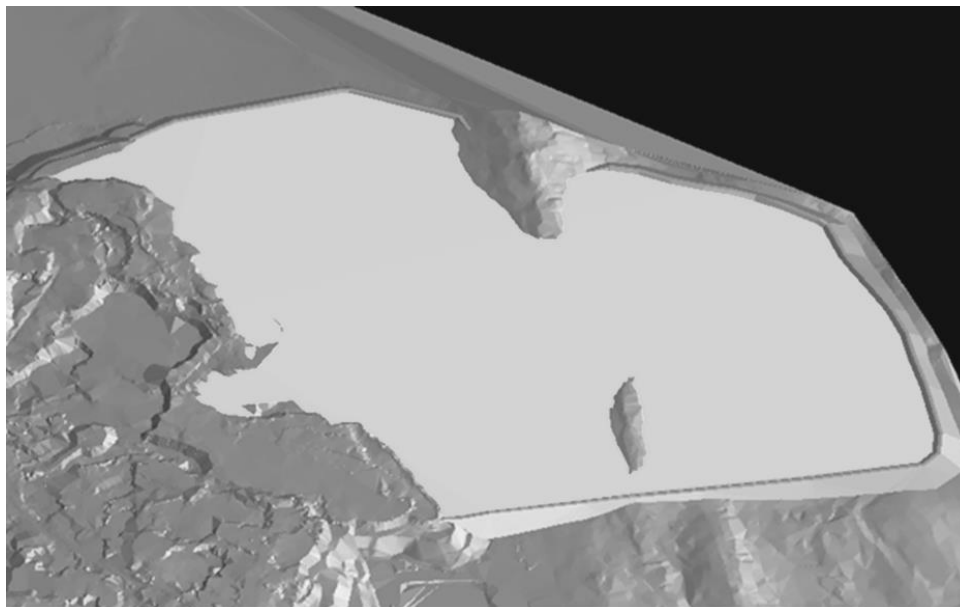


Рис. 5. Ограждающая дамба I очереди Центрального отсека открытого склада продукта сгущения хвостов обогащения

За время заполнения емкости I очереди Центрального отсека предусматривается подготовка территории и возведение дамбы I очереди Северного отсека. По исчерпанию емкости I очереди Центрального отсека начинается заполнение I очереди Северного отсека. Емкость первой очереди Северного отсека составляет 18,6 млн м³ (рис.6).

За время заполнения этой емкости строится дамба II очереди Центрального отсека, а также подкачная насосная станция, расположение которой предусматривается непосредственно на внешнем отвале.



Рис. 6. Ограждающая дамба Северного отсека открытого склада продукта сгущения хвостов обогащения

Формирование второй очереди заключается в частичном размещении материала для отсыпки дамбы на поверхности заскладированного продукта сгущения (рис. 7).

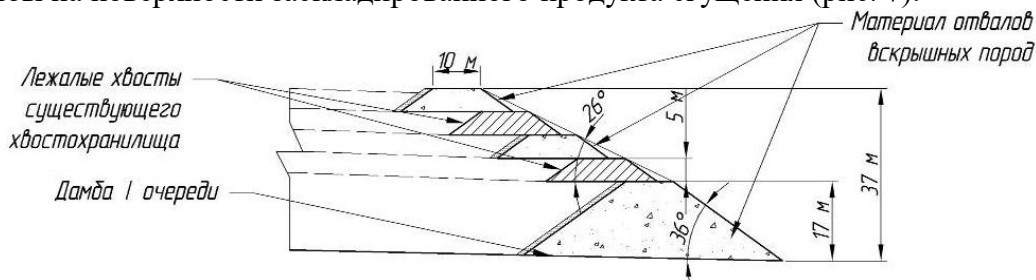


Рис. 7. Сечения дамб второй очереди Центрального и Северного отсеков

Данный способ отсыпки дамб второй очереди позволяет не только сдвинуть сроки строительства подкачной пульпонасосной на отвале, но и вести отсыпку на консолидированной массе, то есть дает возможность более качественного выполнения этих работ.

Емкость второй очереди Северного отсека составляет 25 млн м³, Центрального отсека 27,9 млн м³. Объем тела дамбы Северного отсека составляет 4,4 млн м³, Центрального отсека 8,6 млн м³.

Дополнительный объем продукта сгущения в отметках 436 м – 420 м его при угле естественного откоса 3 градуса, при организации точек выпуска по намытому массиву составит 31,99 млн м³ (рис. 8).



Рис. 8. Ограждающая дамба Центрального и Северного отсеков

При составлении календарного графика учтена последовательность и объем формирования ограждающих дамб, изоляционного слоя и водоотводной канавы. На основе исследования и часовой производительности сгустителей была принята годовая производительность складирования, равная 4,48 млн м³ продукта сгущения (см. таблицу).

Таблица

Календарный план складирования продукта сгущения хвостов обогатительной фабрики в Центральный и Северный отсеки

Год складирования	Объем складированного продукта сгущения, тыс. м ³		Примечание
	годовой	нарастающим итогом	
В пределах дамбы первого этапа I очереди центрального отсека (без строительства подкачной станции)			
1	4482	4482	Складирование продукта сгущения с отметки 436 м в пределах ограждающей дамбы (отметка 394 м) первого этапа I очереди. Строительство дамбы второго этапа I очереди
В пределах дамбы второго этапа I очереди центрального отсека			
2	4482	8964	Складирование продукта сгущения с отметки 436 м вдоль восточного откоса отвала в пределах ограждающей дамбы I очереди
3	4482	13446	
4	4482	17928	
5	4482	22410	
6	4482	26892	
7	4482	31374	
8	4482	35856	
9	4482	40338	
10	4482	44820	
11	4482	49302	Начало строительства дамбы I очереди северного отсека
12	0,85	3810	Окончание строительства дамбы I очереди северного отсека
	0,15	672	
13	4 482	58 266	Эксплуатация склада в пределах I очереди северного отсека с отметкой 421 м
14	4 482	62 748	
В пределах дамб II-х очередей Северного и Центрального отсеков (при строительстве подкачной станции)			
15	4 482	67 230	Строительство ярусов II-х очередей ограждающих дамб центрального и северного отсеков с чередованием их сооружения и складированием продукта сгущения при обеспечении условия его консолидации для последующего переноса точки выпуска в пределах намытого массива
16	4 482	71 712	Эксплуатация склада в пределах ограждающих дамб в пределах центрального и северного отсеков при организации точек выпуска по намытому массиву с отметкой 436 м
17	4 482	76 194	
18	4 482	80 676	
19	4 482	85 158	
20	4 482	89 640	
21	4 482	94 122	
22	4 482	98 604	
23	4 482	103 086	
24	4 482	107 568	
25	4 482	112 050	
26	4 482	116 532	
27	4 482	121 014	
28	4 482	125 496	
29	4 482	129 978	
30	4 482	134 460	
31	4 482	138 942	
32	4 482	143 424	
33	4 482	147 906	
34	4 482	152 388	
35	4 276	156 664	

Вывод

Таким образом, формирование техногенного пространства с использованием внешних отвалов, создание приемных емкостей для размещения продукта сгущения хвостов обогащения на территории, не предназначенной для строительства хвостохранилища. При этом в условиях Гайского ГОКа полезная емкость сопоставима с объемом выработанных пространств карьеров №1, 2 и 3. Данное техническое решение рассмотрено в качестве альтернативного варианта и буферной емкости для размещения хвостов обогащения в период осуществления технического этапа рекультивации земель, нарушенных горными работами.

Список литературы

1. Пыталев И.А., Гапонова И.В., Якшина В.В. Карпова А.А. Восстановление земель, нарушенных горными работами, при утилизации отходов горно-металлургического производства на примере карьера «Восточный» // Актуальные проблемы горного дела 2017. №4. С. 19-27.
2. Специальные технические условия (СТУ) использования продукта сгущения хвостов обогатительной фабрики при горнотехнической рекультивации карьеров № 1-3 АО «Гайский ГОК» /ЗАО «ПТУР», ЗАО «Маггеоэксперт», 2015.
3. Отчет о лабораторных испытаниях по пастовому сгущению хвостов обогащения медьсодержащей руды АО «Гайский ГОК». ТрансТехникк, 2015.
4. СП 103.13330.2012. Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. Актуализированная редакция СНиП 2.06.14-85.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Зарегистрировано в Минюсте России 02.07.2014 №32935.
6. Пособие по проектированию гидравлического транспорта (к СНиП 2.05.07-85) / Промтрансниипроект. М.: Стройиздат, 1988. 40 с.
7. Инструментальные наблюдения за сохранностью зданий и сооружений в зоне влияния подземных и открытых горных работ: отчет о НИР /ОАО «Уралмеханобр». Рук. Кольцов П.В. Екатеринбург, 2012.
8. Калмыков Е.П. Борьба с внезапными прорывами воды в горные выработки. М.: Недра, 1973. 240 с.
9. Калмыков В.Н., Зубков А.А., Гоготин А.А., Зубков А.Е., Ахмедьянов И.Х., Бондаренко Д.А. Рекультивация карьера "Учалинский" с использованием сгущенных отходов обогащения // I международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений»: сборник докладов. (отв. ред. Валиев Н.Г.). Екатеринбург, 2012. 74-76 с.
10. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменением №1). М.: Госстрой России, 2013 г.

Сведения об авторах

Пыталев Иван Алексеевич – канд. техн. наук, проф. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. E-mail: vehicle@list.ru.

Якшина Виктория Владимировна – аспирант, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. E-mail: yakshina1994@inbox.ru.

Гапонова Илона Владимировна – инженер-проектировщик, ООО «МАГГЕОПРОЕКТ», Россия. E-mail: gaponova.ilona@yandex.ru.

УДК 622.2

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО МАССИВА ПРИ ВОСХОДЯЩЕМ ПОРЯДКЕ ОТРАБОТКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ САФЬЯНОВСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Мажитов А.М., Магафуров М.И., Пудовкин Н.Е.

Аннотация. Анализ опыта систем подземной разработки и технологий закладочных работ показал широкое распространение камерных систем разработки с различной технологией закладки выработанного пространства как твердеющими смесями, так и отходами добычи и производства. Одним из важных направлений развития данных технологий является изыскание новых способов формирования закладочных массивов на основе пустых пород, обеспечивающих снижение стоимости закладочных работ. В работе используется комплексный метод исследований, включающий: анализ и обобщение практики закладочных работ при отработке рудных залежей камерными системами разработки с закладкой; математическое моделирование напряженно-деформированного состояния элементов конструкции закладочного массива методом конечных элементов; физическое моделирование процесса закладочных работ; аналитические и статистические расчеты; технико-экономический анализ результатов.

Ключевые слова: восходящий порядок, формирование искусственного массива, инъекционное упрочнение, сухая закладка.

Камерные системы разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства получили наибольшее распространение при отработке медноколчеданных месторождений. При свойственной им полноте выемки, горные работы сопровождаются высокими эксплуатационными затратами. Прежде всего, это связано с ростом себестоимости формирования твердеющего массива и снижением товарной ценности добытой руды.

Несомненно, возможность снижения объема дорогой твердеющей закладки в общем цикле производственных операций по очистной выемке полезного ископаемого представляет практический интерес.

Повышение экономической эффективности очистных работ за счет снижения или полного исключения из производства высокочрезвычайно затратных твердеющих смесей осуществляется инъекционным упрочнением сухого закладочного массива.

Сущность технологии [2] заключается в следующем (рис. 1). Очистные камеры располагаются вкрест простирания рудного тела. Развитие фронта горных работ в пределах подэтажа – от центра к флангам, общий порядок разработки – восходящий. Первоначально отрабатывается центральная камера, имеющая форму трапеции, с углом наклона стенок 80-85° (стремится к углу естественного откоса, что повышает устойчивость закладочного массива). Далее выработанное пространство камеры заполняется пустой породой. Подача цементного раствора производится по скважинам из выработок вышележащего подэтажа. Количество скважин рассчитывается исходя из радиуса проникновения раствора в породу [1]. Отработка соседних камер производится в сплошном порядке на оба фланга подэтажа сразу после формирования закладочного массива предшествующих камер. Отбойка запасов ведется в зажимающей среде, обеспечивая тем самым уплотнение не потерявшего подвижность закладочного массива соседней камеры.

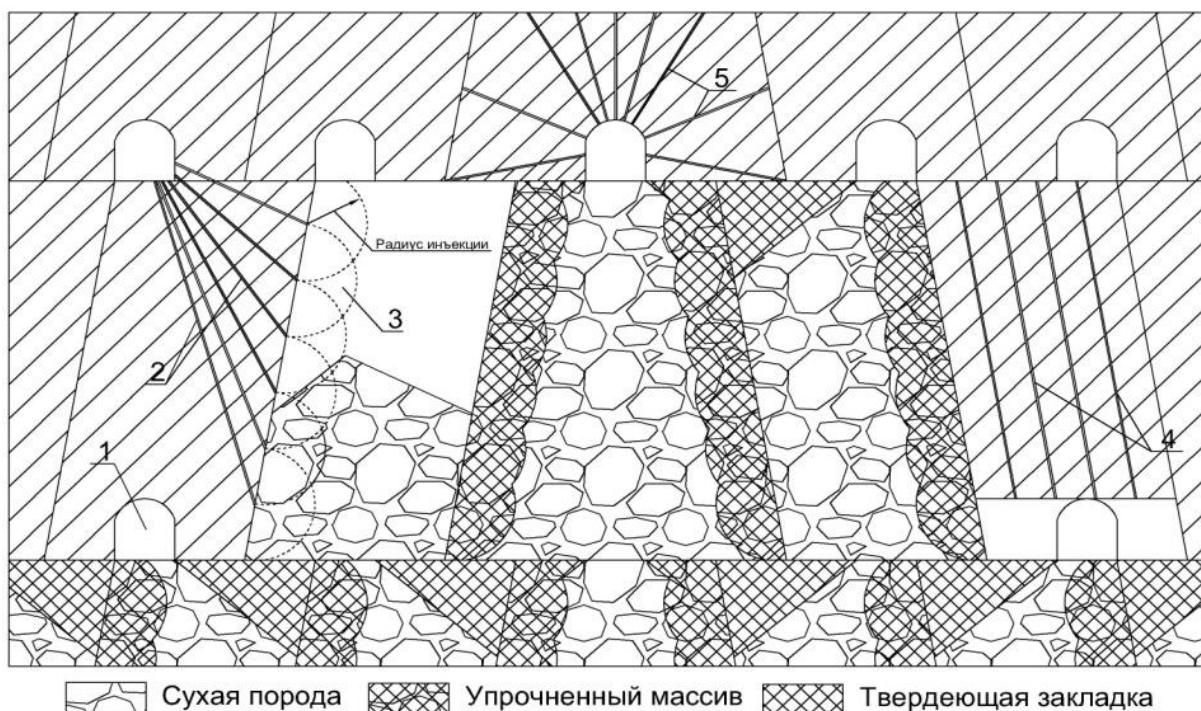


Рис. 1. Вариант камерной системы разработки с инъекционным упрочнением закладочного массива

Практика работы предприятий показывает, что отбойка руды взрывным способом непосредственно у закладочного массива вызывает его усадку и уплотнение [3,4,6,7]. Накопленный опыт по применению отбойки руды в зажиме показывает, что отбитая и замагазинированная руда уплотняется взрывом скважин на 25-35 %, причем уплотнение распространяется на глубину до 20 м в разрыхленный массив при взрыве сравнительно небольших зарядов (около 1-1,5 т).

Нагнетание раствора в сыпучие среды представляет собой довольно сложное явление и зависит от ряда факторов, включающих свойства среды и раствора, кинематических и динамических характеристик потока, технологии производства работ [8-10]. Исходя из этого при решении поставленных задач с учетом выявления интересующих факторов, влияющих на параметры инъекционного укрепления и создание монолитных массивов, необходимо принять метод, который позволил бы выявить и изучить характер движения растворов и радиус влияния инъекторов. Изучение их в производственных условиях, особенно в изолированных камерах большого объема, очень трудоемко.

Применение варианта камерной системы разработки с инъекционным упрочнением закладочного массива предполагает следующую картину действия сил на упрочненный слой (рис. 2): давление вышележащего массива отсутствует в связи с неизбежным недозакладом закладочного материала под кровлю, а воздействие горного давления пород висячего бока не учитывается, так как действие его начинается с некоторым отставанием во времени. Таким образом, при определении параметров упрочненного слоя в качестве внешней силы, действующей на него, рассматривается только активное давление сыпучей породной закладки.

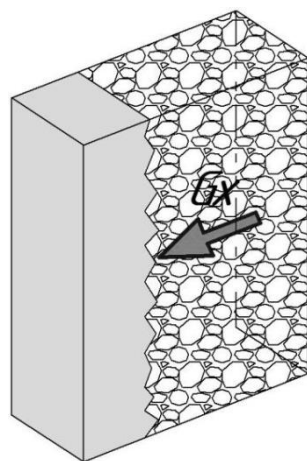


Рис. 2. Силы, действующие на упрочненный слой закладочного массива

Боковое давление, создаваемое породной закладкой, зависит от величины призмы сползания, которая в свою очередь зависит от высоты, ширины и угла наклона камеры. Для примера были рассчитаны значения бокового давления на различных высотах камеры по формуле [11]:

$$G_{6 \max} = \gamma S \cdot \sin \alpha / P \cdot f_1,$$

где γ – удельный вес закладки в разрыхленном состоянии, т; S – площадь поперечного сечения камеры, м²; P – периметр сечения, м; f_1 – коэффициент трения сыпучей закладки о стенки камеры.

Эюра распределения бокового давления представлена на рис. 3.

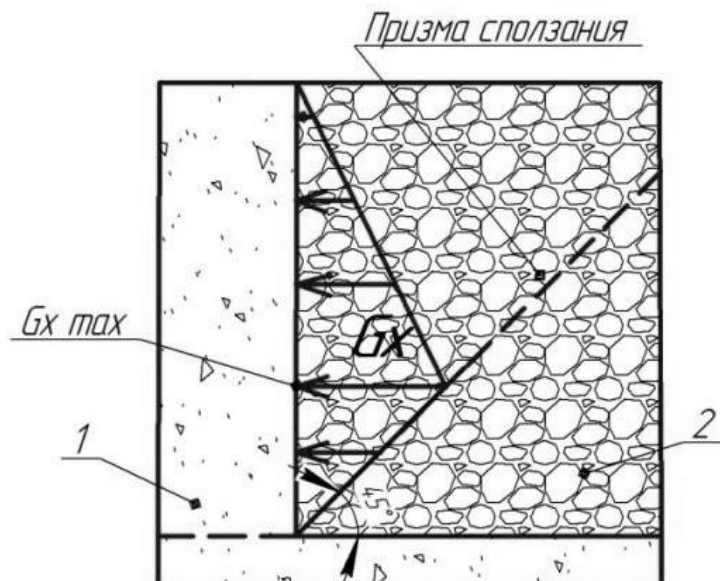


Рис. 3. Эюра давления сыпучей закладки на упрочненный слой

Для подтверждения практической применимости технологии выполнен ряд лабораторных и опытно-промышленных исследований. Работы проводились в условиях подземного рудника Сафьяновского месторождения. В частности, исследовались технология инъекционного упрочнения пород месторождения, используемых для формирования искусственного массива, напряжено-деформированное состояние массива горных пород и конструктивных элементов технологии, а также произведено технико-экономическое сравнение вариантов отработки месторождения.

Проведенными исследованиями установлено влияние угла наклона камеры на величину бокового давления (рис. 4), а также высоты камеры и глубины ведения горных работ на ширину упрочненного слоя закладочного массива (рис. 5).

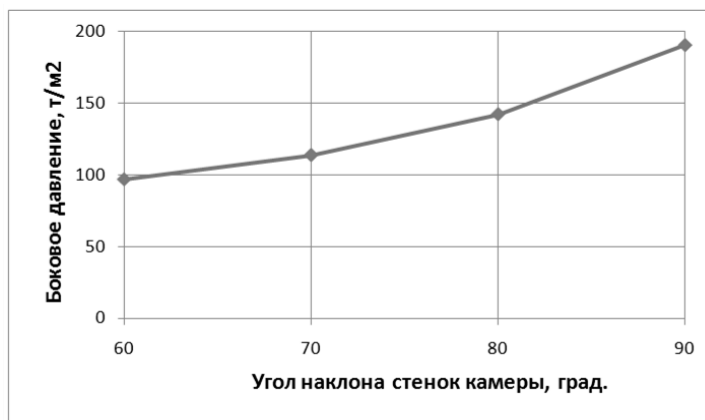


Рис. 4. Зависимость бокового давления сыпучей закладки от угла наклона камеры

Доказано, что уменьшение угла наклона камеры ведет к снижению бокового давления, оказываемого породной закладкой [12,13]. Это объясняется тем, что уменьшение угла наклона, при неизменных других параметрах камеры, приводит к изменению геометрических размеров призмы сползания, за счет перемещения части веса породной закладки на вмещающие породы. Боковое давление, при принятом оптимальном угле 80° (по предельному пролету обнажения рудного массива), не превышает 1,5 МПа. Таким образом, прочность инъектируемого слоя (упрочненного слоя) необходимо и достаточно создать 1,5 МПа. При этом аналитическими расчетами получена необходимая ширина упрочненного слоя (при заданной прочности 1,5 МПа) при различной глубине и ширине камеры. Средняя ширина слоя в условиях Сафьяновского месторождения составила 3–5 м. Физическим моделированием, выполненным с использованием пород Сафьяновского месторождения, установлена возможность создания упрочненного слоя с заданными параметрами.

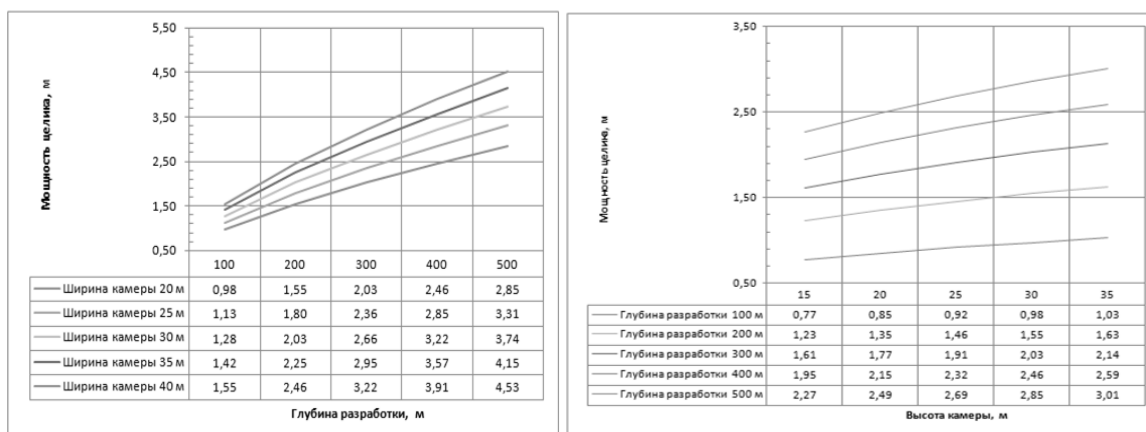


Рис. 5. Зависимости толщины упрочненного слоя от глубины разработки и высоты камеры

Уточнение технологических решений по формированию искусственного массива путем инъекционного упрочнения сухой сыпучей породы осуществлялось путем промышленных испытаний отработки опытного участка Сафьяновского месторождения (камера 21-2-80) [5].

Выполнение работ по закладке выработанного пространства опытной камеры производились в следующей последовательности:

1. Монтаж инъекторов по северной стороне камеры.
2. Засыпка камеры сухой породой.
3. Инъектирование сухой породы.
4. Отработка сопряженной камеры 22-3-80.

После очистной выемки запасов камеры 21-2-80 по северной ее стенке на всю высоту монтировались инъекторы из металлической трубы $d_y = 100$ мм, перфорированный выпускными отверстиями для пропуска инъекционного раствора через каждые 3÷5 м по длине инъектора. В качестве вяжущего использовалось цементное молочко при соотношении Ц/В=1/3. Расход компонентов на 1 м³ раствора планировался следующий: цемент – 300 кг, воды – 900 л. Объем смеси необходимый для испытаний – 110 м³. В качестве заполнителя применялась сухая закладка в виде пустой породы с проходческих работ, представленными реалиями интенсивно гидрослюдизированными.

Пустотность сухой закладки составила около 20 %. Пустотность 20% получилась исходя из предполагаемого объема пропитки сухой закладки, который составляет порядка 400 м³ и объема 54 м³ цементного молока, израсходованного на пропитку.

Последующая отработка сопряженной камеры К22-3-80 свидетельствует об устойчивости укрепленного слоя закладочного массива. Значительных вывалов породы, влияющих на коэффициент разубоживания, не наблюдалось. Также на устойчивость вертикальной стенки повлияла рудная корка мощностью до 0,5-1 м, сформировавшаяся при ведении буровзрывных работ. При производстве очистных работ и выпуске рудной массы из камеры рудная корка обрушилась в результате отслоения от закладочного массива и не повлияла на коэффициент потерь по камере.

Технико-экономический анализ показал целесообразность перехода на восходящий порядок ведения очистных работ. В качестве инертного заполнителя закладочной смеси для заполнения выработанного пространства рекомендуется применять горную породу из отвалов и горнопроходческих работ. Это позволяет утилизировать до 500 тыс.т/год отвальных пород и до 100 тыс.т/год породы с горнопроходческих работ. Тем самым у предприятия появляется возможность приступить к работам по рекультивации отвалов пустой породы, что способствует улучшению экологической обстановки, связанной с размещением отходов, с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух и с отводом поверхностных сточных вод.

В натуральном выражении, при годовой добыче подземного рудника 500 тыс. т медно-цинковой руды, экономия при переходе на разработанный вариант системы разработки составит 169,5 млн руб. (12,0%).

Таким образом, предлагаемая технология с инъекционным упрочнением сухого закладочного массива технически осуществима и не вызывает сомнений в ее эффективности.

Список литературы

1. Закладочные работы в шахтах: справочник / под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. М.: Недра, 1989.
2. Снижение ресурсоемкости закладочных работ при освоении крутопадающего рудного тела / А.А. Вьюгов, А.М. Мажитов, Д.А. Асанов // VI Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений», г. Екатеринбург, 18-19 апреля 2017 г. (Уральская горнопромышленная декада, г. Екатеринбург, 17-26 апреля 2017 г.): сборник докладов / Оргкомитет: Н. Г. Валиев (отв. за выпуск) и др.; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. С. 65-70.
3. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. М.: Физматгиз, 1959.
4. Медведев С.В. Сейсмика горных взрывов. М.: Недра, 1964.

5. Опытно-промышленные испытания камерной системы разработки с инъекционным упрочнением закладочного массива в условиях Сафьяновского месторождения / А.А. Вьюгов, А.М. Мажитов, А.П. Гнедых, А.В. Красавин // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник докладов VII Международной научно-технической конференции в рамках Уральской горнопромышленной декады / Екатеринбург, 2018. С. 42-47.

6. Мажитов А.М., Мещеряков Э.Ю. Определение параметров и показателей адаптивного варианта системы разработки с площадно-торцевым выпуском для условий отработки пологих залежей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 2 (42). С. 5-8.

7. Обоснование параметров технологии отработки пологих медноколчеданных месторождений с обрушением руды и вмещающих пород: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22, 25.00.21 / Мажитов Артур Маратович Магнитогорск, 2013.

8. Неугомонов С.С., Волков П.В., Жирнов А.А. Крепление слабоустойчивых пород усиленной комбинированной крепью на основе фрикционных анкеров типа СЗА // Горный журнал. 2018. № 2. С. 31-34.

9. Разработка технологии механизированного крепления горных выработок методом «мокрого» набрызгбетонирования на подземных рудниках ОАО «Учалинский ГОК» / В.Н. Калмыков, З.Р. Гибадуллин, А.А. Зубков, С.С. Неугомонов, П.В. Волков, Е.И. Пушкарев // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 54. С. 64-70.

10. Обоснование параметров сталеполлимерной анкерной крепи при проведении опытно-промышленных испытаний в условиях Сафьяновского подземного рудника / В.Н. Калмыков, П.В. Волков, В.В. Латкин // Актуальные проблемы горного дела. 2016. №2. С. 27-35.

11. Аллабердин А.Б. Обоснование параметров этажно-камерной системы разработки с комбинированной закладкой выработанного пространства при восходящем порядке отработки медноколчеданных месторождений // Известия вузов. Горный журнал. 2015. №1. С.10-15.

12. Мажитов А.М., Корнеев С.А., Корнилов С.Н. Влияние высоты камеры на устойчивость массива при отработке прикарьерных запасов Камаганского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S4-2. С. 198-204.

13. Мажитов А.М. Оценка влияния подземных горных работ на напряженно-деформированное состояние прикарьерного массива месторождения Камаганское // Актуальные проблемы горного дела. 2016. № 1. С. 29-35.

Сведения об авторах

Мажитов Артур Маратович - канд. техн. наук., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», E-mail: artur.mazhitov@yandex.ru.

Магафуров Марат Ильдарович - студент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», E-mail: marat.magafurov2014@gmail.com.

Пудовкин Никита Евгеньевич - студент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», E-mail: p.niki97@bk.ru.

УДК 62-88

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕСОВЫХ, ГАБАРИТНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕНТОЧНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ПРИВОДОВ

Курочкин А.И., Вагин В.С.

Аннотация. В статье отражены перспективы применения гидравлического привода для передвижных проходческих подъемных установок и сравнение его с существующими типами приводов по различным количественным и качественным показателям.

Исследования проводились на реальной подъемной машине, переоборудованной под ленточный тяговый орган, установленной на кафедре горных машин и транспортно-технологических комплексов с использованием современных немецких стендов по гидроприводу марки Festo.

В результате обоснована адекватность применения гидропривода в проходческом подъеме, выражающаяся в снижении динамических нагрузок в подъемной установке, ее массогабаритных показателей, капитальных затрат на монтаж и энергопотребления.

Ключевые слова: подъемные машины, вес машины, безредукторный привод, тяговый орган, шахтный подъем, гидравлический привод.

Введение

В связи с непрерывным увеличением мощности и глубины шахт, развитие подъемных установок идет в направлении повышения их грузоподъемности. Однако при этом растут габариты и вес подъемных машин [4].

В настоящее время имеются в эксплуатации канатные подъемные машины, мощность привода которых свыше 10 МВт (4х2500 кВт МК 5х8) и диаметр органа навивки 5-9 м. При грузоподъемности 30-50 т имеют вес: 2ц-6х2, 4-227,3 т; МК 5х8-250; БЦК 9/5х2,5-228 т.

На рис. 1 показаны зависимости веса машины от ее грузоподъемности. Полученные зависимости свидетельствуют о сравнительно низкой степени совершенствования канатных подъемных машин. Однако указанные параметры - вес и габариты шахтных подъемных установок – могут быть значительно снижены за счет совершенствования, с одной стороны, тяговых органов и органов навивки, а с другой – систем регулируемых приводов [5].

Это может быть достигнуто, во-первых, путем замены канатного тягового органа ленточным и, во-вторых, применением безредукторного привода.

Ленточный тяговый орган позволяет значительно уменьшить диаметр барабана, а при навивке на бобину – и его ширину. Все это в несколько раз снижает вес подъемных машин (рис. 2). Последнее накладывает свои особые требования на привод подъемных установок, поскольку появляется диспропорция между малой машиной и габаритным электромеханическим приводом [6].

В настоящее время для шахтного подъема в основном применяется электромеханический асинхронный привод или привод постоянного тока. Приводы этого тока имеют сравнительно большой вес и габариты, что приводит к необходимости иметь отдельные машинные залы или мощные копры [7]. Это удорожает подъемную установку и снижает эффект применения ленточных тяговых органов как одного из радикальных средств по уменьшению в значительной степени веса и габаритов.

Расчеты показывают, что применение редуктора в шахтном подъеме с канатным тяговым органом на 20-30% увеличивает вес подъемной установки [8]. В случае же применения для ленточных подъемных машин электромеханического привода, вес редуктора и машины будут соизмеримы.

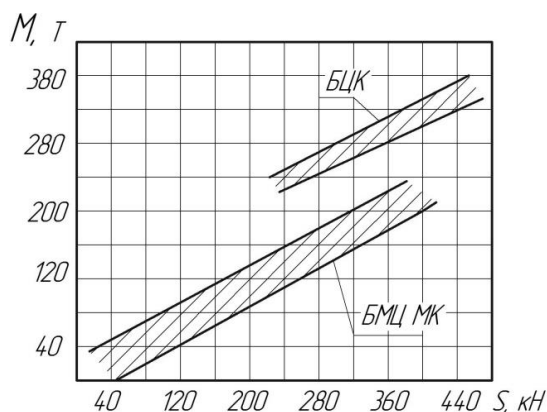


Рис.1. Весовая характеристика канатных подъемных машин

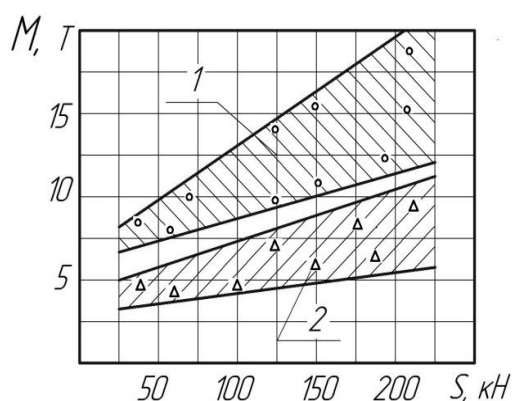


Рис.2. Весовая характеристика подъемных машин: 1 - с бобинной навивки; 2 - со шкивом трения

Таким образом, наличие редуктора является существенным недостатком. Следовательно, разработка безредукторного, малогабаритного, легкого, достаточно мощного привода для шахтных подъемных машин с ленточным тяговым органом является одним из важных путей совершенствования подъемных установок.

Теория, материалы и методы исследования, технические и технологические разработки

Анализ различных систем привода показал, что наиболее приемлемым для ленточных подъемных машин является высокомоментный безредукторный гидравлический привод на основе объемных гидропередат. Это объясняется тем, что с единицы активной площади гидромотора может быть реализован крутящий момент в десятки раз, а мощность в 4-5 раз больше, чем с той же активной площади электрических двигателей [9].

Сравнение весовых показателей электромеханического асинхронного привода и гидравлического (рис.3) показывает, что гидравлический привод на 40-70% легче асинхронного [10]. Сравнение ленточных подъемных машин с различными приводами показывает, что подъемные машины с гидравлическим приводом на 30-40% легче (рис. 4,5).

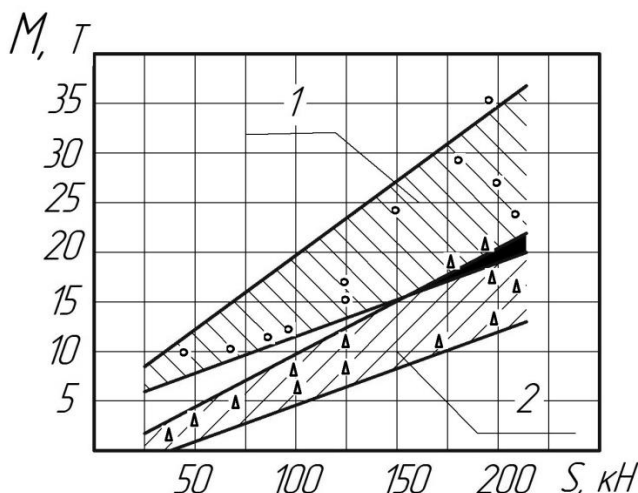


Рис.3. Весовая характеристика приводов подъемных машин: 1 – с электроприводом; 2 – с гидроприводом.

Таким образом, применение ленточного тягового органа и гидравлического безредукторного привода снижает в несколько раз вес (в 3-5 раз) и габариты (в 3-4 раза) шахтных подъемных машин (см. рис. 1,4,5).

Однако сравнение будет неполным, если не провести сравнение приводов по энергетическим затратам при одинаковых условиях (т.е. при одинаковой грузоподъемности, одинаковых тахограммах и мощностях приводов).

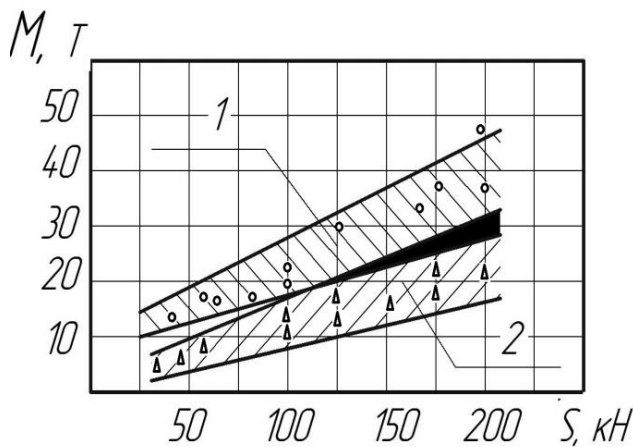


Рис.4. Весовая характеристика подъемных машин с бобинной навивкой:
1 – с электроприводом; 2 – с гидроприводом

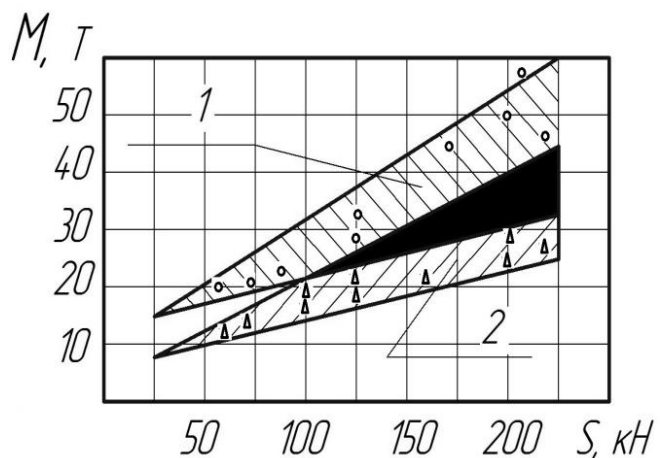


Рис.5. Весовая характеристика подъемных машин (шкив трения):
1 – с электроприводом; 2 – гидроприводом.

Результаты исследований

Сравним безредукторный высокомоментный гидропривод, состоящий из электродвигателя АО2-62-6, насоса регулируемой производительности НАР-450/320 и высокомоментного гидромотора ИР-10, с электромеханическим приводом, состоящим из электродвигателя с фазным ротором АК-2-82-6 и двухступенчатого редуктора подъемного ленточного шкива трения. Оба типа приводов предназначены для осуществления рабочих режимов шахтного подъема с ленточным шкивом трения, установленного на шахте «Партизан» Качкарского рудника [1].

В таблице представлены всевозможные рабочие режимы. Методика расчета диаграмм мощностей и расходов электрической энергии электромеханического асинхронного привода представлена в источнике [2].

Для безредукторного гидравлического привода методика расчета аналогична. Все электрические параметры, необходимые для расчета КПД гидравлического привода, определялись по методике, описанной в [3,4].

Выводы

1. Применение гидравлического безредукторного привода снижает вес, приведенную массу, усилие на органе навивки и динамические нагрузки в валопроводе и тяговом органе в несколько раз.
2. Затраты энергии при совершении одинакового цикла в гидростатическом приводе меньше, чем в асинхронном см. таблицу.
3. В гидростатическом приводе мощность, потребляемая из сети, пропорциональна мощности на валу органа навивки, в отличие от асинхронного, где она пропорциональна моменту на валу.
4. Гидравлический привод позволяет уменьшить строительную мощность электродвигателя при одинаковой перегрузочной способности.

Таблица

Режим работы	Асинхронный привод			Гидравлический привод			Уменьшение затрат энергии в гидроприводе
	Режим работы в соответствующий период	Энергия за цикл, кВт/ч		Режим работы в соответствующий период	Энергия за цикл, кВт/ч		
		потребляемая	отдаваемая		потребляемая	отдаваемая	
Подъем расчетного груза	Двигательный	0,8	-	Двигательный	0,72	-	1,12 раз
Одновременный спуск и подъем людей с пониженной	Двигательный на роторных сопротивлениях с механическим подтормаживанием	0,915	-	Двигательный режим во все периоды и генераторное торможение в период замедления	0,18	-	5,1 раз
Спуск расчетного груза с пониженной скоростью	а) Разгон под действием собственного ускорения, торможение противотоков в период нормального хода и замедления	0,415	-	Генераторное торможение во время всего периода спуска	-	0,262	
	б) Разгон под действием собственного ускорения, динамическое торможение в периоды нормального хода и заземления	0,11	-	Генераторное торможение во время всего периода спуска	-	0,262	
Спуск расчетного груза с повышенной скоростью	Двигательный разгон, генераторное торможение в период нормального хода и: а) торможение противовключением в период замедления	-	0,158	Генераторное торможение во время всего периода спуска	-	0,262	
	б) динамическое торможение в период замедления	-	0,224	Генераторное торможение во время всего периода спуска	-	0,267	

Список литературы

1. Проект «Установка подъемная шахтная многомоментная» ТВ-14,22-01-001 № заказа 45-71-074. Государственный специализированный трест Уралцветметремонт МЦМ СССР. Свердловск, 1997.
2. Шклярский Ф.Н. Физико-механические основы электрического рудничного подъема. М.: Углетехиздат, 1956.
3. Пономаренко Ю.Ф. Высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы горных машин. М.: Недра, 1972.
4. Промышленные испытания подъемной установки с ленточным шкивом трения на шахте «Партизан»: отчет по НИР 73-75 / МГМИ. Магнитогорск, 1974.
5. Вагин В.С., Филатов А.М., Курочкин А.И. Коррекция динамических нагрузок в передвижных проходческих подъемных установках с безредукторным гидроприводом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 6. С. 254-258.
6. Карпеш А.А., Вагин В.С., Курочкин А.И. Перспективы создания системы управления гидравлическим приводом проходческих подъемных установок // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромыслового оборудования. 2016. № 1. С. 55-59.
7. Вагин В.С., Филатов А.М., Курочкин А.И. Перспективы использования бобинных проходческих подъемных установок при проходке стволов строящихся шахт по добыче природного камня // Добыча, обработка и применение природного камня / под ред. Першина Г.Д. Магнитогорск, 2013. С. 65-72.
8. Vagin V.S., Kurochkin A.I., Karpesh A.A. Compact mobile sinking hoists creation prospects // Procedia Engineering . 2017. Т. 206. С. 21-24.
9. Современное состояние и перспективы создания следящей системы управления передвижной проходческой подъемной установки / Карпеш А.А., Вагин В.С., Курочкин А.И., Мелкомуков К.А. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т. 1. С. 23-26.
10. Вагин В.С., Курочкин А.И., Карпеш А.А. Определение параметров динамического режима передвижной проходческой многоленточной подъемной установки с безредукторным гидравлическим приводом // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Международной технической конференции / под ред. Г.Д. Першина. Магнитогорск, 2017. С. 114-119.

Сведения об авторах

Курочкин Антон Иванович - канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», E-mail: antoshey@mail.ru.

Вагин Владимир Сергеевич - д-р техн. наук, проф., доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОБОГАЩЕНИЯ ТОНКИХ КЛАССОВ ХРОМОВЫХ РУД ФЛОТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Гришин И.А., Князбаев Ж.А.

Аннотация: В статье рассматривается возможность обогащения тонких классов хромовых руд одним из режимов флотационного метода, приводятся результаты лабораторных испытаний руд Южно-Кемпирсайского месторождения.

Ключевые слова: хромовые руды, флотация, обогащение, олеиновая кислота.

Основным методом обогащения хромовых руд является гравитационный, с возможностью выделения крупных кондиционных классов более 100 мм при разделении в тяжелых средах на сепараторах различного типа.

Обогащение в тяжелых средах является эффективным процессом гравитационного метода, при котором возможно выделить кондиционные крупные классы. Данным методом работают практически все фабрики, перерабатывающую хромовую руду. Получение крупнокусковых концентратов является положительной стороной обогащения хромовых руд, но при обогащении мелких классов их эффективность резко падает, что приводит к снижению общего извлечения. Это связано с трудной обогатимостью тонких классов крупностью менее 0,1 мм, которые теряются вместе со шламовыми хвостами и транспортируются в хвостохранилище с высоким содержанием Cr_2O_3 .

Для обогащения хромовых руд тонкой фракции возможно применение флотационной технологии, использование которой наиболее целесообразно только при извлечении хромшпинелида из тонких классов, где гравитационные процессы недостаточно эффективны, т. е. из сливов гидроциклонов, промпродуктов и хвостов [1, 2]. В зависимости от основы породного комплекса (оливин или серпентин) реализуются различные схемы флотации: жирнокислотными собирателями, катионная флотация и др. При разработке технологии флотации хромита необходимо создать условия, чтобы уменьшить вредное влияние (кислотность пульпы, жесткость воды, порядок подачи реагентов).

В ряде стран Африки, Америки и Европы флотационное обогащение хромитовых руд нашло промышленное применение. Для флотации хромитов используют различные реагенты: кремнефтористый натрий, фтористый натрий, едкий натр, КМЦ, талловое масло, топливное масло, петрофлот, серная кислота, амины, олеиновая кислота [3].

Флотационные свойства хромита $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ близки к флотационным свойствам окислов железа. Хромит хорошо флотируется в кислой и щелочной среде.

Анализ литературных данных определил направление для достижения максимальных показателей обогащения по разработанной методологии опытов флотации. Для оценки технологического процесса большое значение имеет скорость флотации, которая характеризуется извлечением ценного компонента в пенный продукт в единицу времени [4].

Исходная проба хромовой руды подвергалась агитации с реагентом-собирателем в условиях высокой плотности пульпы в течение 10 мин. В качестве собирателя применялась олеиновая кислота, которая вступает в химическое взаимодействие с поверхностью хромита, с образованием поверхностных активных олеатов хрома. Хромит, как и всякий рудный минерал окисленного характера, флотируется преимущественно коллекторами анионного типа, состоящими из жирных кислот, с которыми он вступает в химическое взаимодействие с образованием олеатов хрома, т.е. металлического хромового мыла. В то же время большим недостатком данного реагента является то, что олеиновая кислота обладает свойствами пенообразователя (рис.1, 2).

Для создания оптимальной для флотации хромита слабокислотной среды и для подавления минералов вмещающей породы подавался этиловый спирт. Этиловый спирт

добавляли перед самой флотацией, в целях уменьшения ионов солей жесткости в пульпе, которые образуются за счет растворения карбонатных минералов при действии кислот.

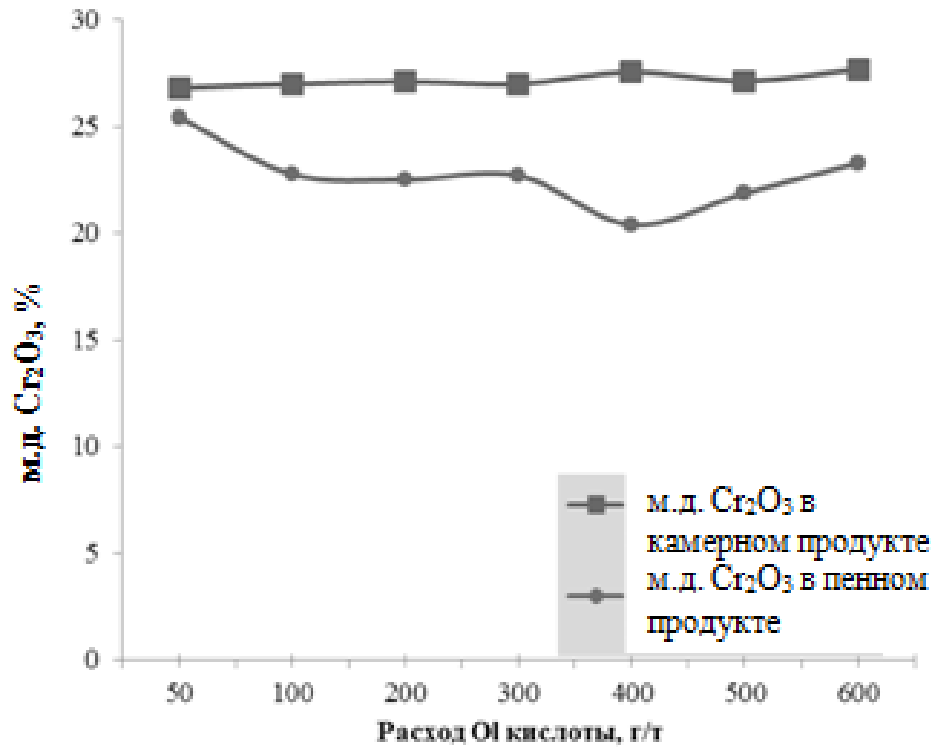


Рис.1. Зависимость м.д. оксида хрома в продуктах от расхода олеиновой кислоты (ОІ)

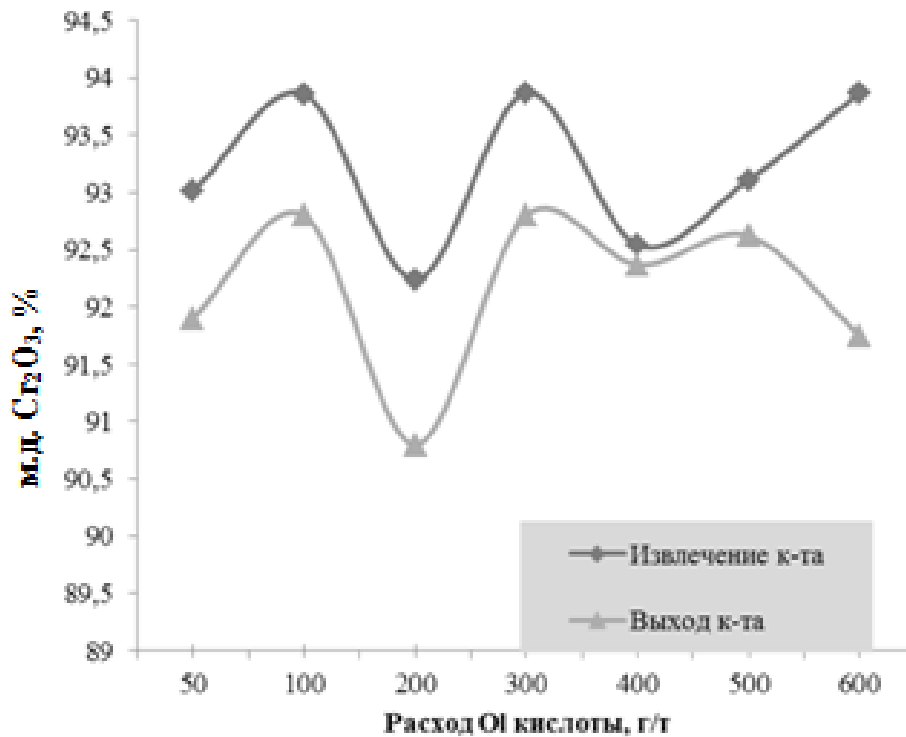


Рис.2. Зависимость извлечения оксида хрома и выхода пенного продукта от расхода ОІ кислоты

По результатам флотации были получены концентраты весьма низкого качества $\approx 27\%$ Cr_2O_3 при извлечении более 92 % Cr_2O_3 от операции. Для повышения качества получаемых концентратов необходимо проведение дополнительных перечистных операций с более селективными реагентами-собираателями.

Флотация шламов хромита не дает удовлетворительного результата в отношении содержания окиси хрома в концентрате.

Для определения оптимизации условий флотационного обогащения шламовых хвостов применен в качестве реагента-собираателя омыленный раствор жирных кислот талового масла, для депрессии основных минералов вмещающей породы в кислой среде использовали фтористый и кремнефтористый натрий, а в щелочной среде — КМЦ, сульфитцеллюлозные щёлки и жидкое стекло (рис.3).

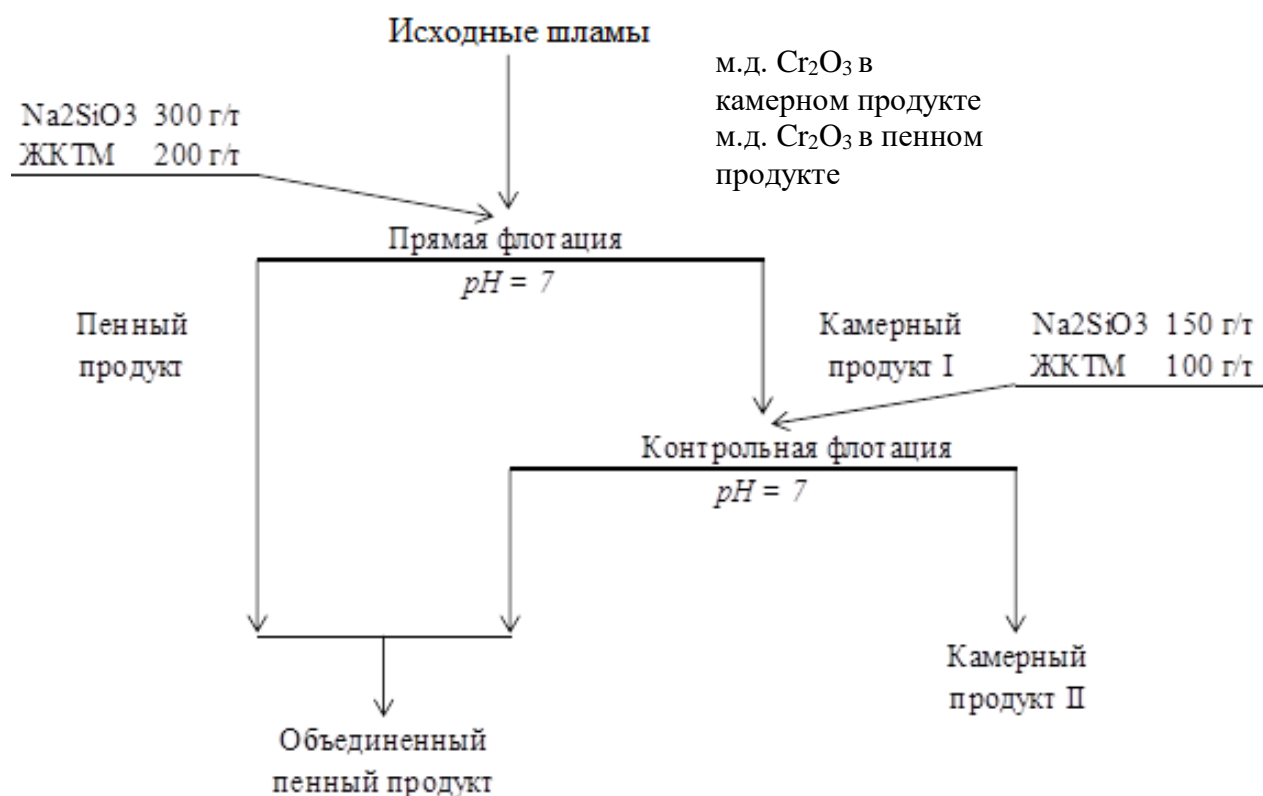


Рис. 3. Схема проведения флотационных испытаний

По результатам флотационных исследований, приведенных в таблице, с использованием кремнефтористого натрия Na_2SiO_3 , раствора жирных кислот талового масла выход суммарного камерного продукта составил 46,32 % с массовой долей Cr_2O_3 21,72 %. Качество пенного продукта составило 30,98 % Cr_2O_3 , при выходе – 53,68 % от исходных шламовых хвостов.

Анализируя полученные данные по флотации тонких классов хромовых руд, необходимо отметить следующее:

- полученные концентраты весьма низкого качества 27-30 % Cr_2O_3 ;
- для повышения качества получаемых концентратов необходимо проведение дополнительных перечистных операций с более селективными реагентами-собираателями.

Результаты флотации шламовых хвостов хромовой руды

Наименование	Выход, %	М.д. Cr ₂ O ₃ , %	ε, %
Камерный продукт	46,32	21,72	37,69
Пенный продукт	53,68	30,98	62,31
Итого	100,0	26,69	100,0

Практика флотации хромовых руд не имеет широкого применения, т.к. отсутствуют эффективные и селективные реагенты-собиратели для таких руд. Основными реагентами-собирателями для хромовых руд остаются жирнокислотные собиратели на основе талового масла, которые, в свою очередь, не обеспечивают высокую селективность процесса флотации при весьма высоком содержании глинисто-слюдистой составляющей в пульпе.

Список литературы

1. Гришин И.А., Князбаев Ж.А. Практика обогащения хромовых руд // Актуальные проблемы горного дела. 2016. №1. С. 56-61.
2. Иванков С.И., Банников В.Ф., Любимова Е.И. Современные экологически малонапряженные технологии обогащения различных видов бедных хромовых руд // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2012 г. №2. С 10.
3. Совершенствование технологии обогащения хромовых руд Кемпирсайского месторождения: отчет о НИР/ В.В. Клячин, А.М. Путрин, Л.П. Сулова. Екатеринбург: Уралмеханобр, 1977.
4. Чижевский В.Б. Флотационный метод обогащения: методические указания к лабораторному практикуму. Магнитогорск: МГТУ, 2015. С. 19–20.

Сведения об авторах

Гришин Игорь Анатольевич - канд. техн. наук, доц., зав. каф. ГМДиОПИ ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: igorgri@mail.ru.

Князбаев Женис Алтынбекович - старший инженер «Донской ГОК» филиал АО «ТНК «Казхром», г. Хром-Тау, Казахстан.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ¹

Кравчук И. Л., Неволina Е. М.

Аннотация. На основе рассмотрения экономических аспектов функционирования системы обеспечения безопасности производства на горнодобывающем предприятии доказано, что обеспечение безопасности является значимой целью работы предприятия как в социальном, так и в экономическом отношении. Аспекты обеспечения безопасности изучены во взаимосвязи с экономикой предприятия, подтверждена целесообразность этой работы. Показана значимость функции управления риском для обеспечения требуемого уровня экономической эффективности горного производства. В качестве приоритетного метода реализации этой функции предлагается осуществлять контроль и устранение опасных производственных ситуаций на горнодобывающем предприятии.

Ключевые слова: горное производство, технологический процесс, экономика безопасности, система обеспечения безопасности, управление риском, опасная производственная ситуация.

Введение

Некоторые аспекты повышения эффективности систем обеспечения безопасности в угольных компаниях описаны в работах В. Б. Артемьева, В. А. Галкина и других исследователей [2, 4 – 8, 10, 11]. При этом аспекты безопасности и задачи реформирования системы обеспечения безопасности изучались и разрабатывались в рамках функционирования производственной системы предприятия, то есть приоритетное внимание уделялось недостаткам в организации производства, технологических процессах и сложившихся экономических отношениях между работниками и работодателями.

Система обеспечения безопасности (СОБ) — это система действий, способов и средств, направленных на создание безопасных условий труда. СОБ как подсистема встроена в более сложную производственную систему и находится во взаимодействии с другими ее подсистемами: технической, технологической, организационной, управления персоналом и информационно-методического обеспечения.

На отечественных горнодобывающих предприятиях сложилась система обеспечения безопасности производства, основанная на строгом соблюдении требований и норм, которые содержатся в законах, правилах, инструкциях и других правовых документах. Целью функционирования СОБ является достижение максимальной защищенности человека и производственной среды от влияния вредных и опасных факторов производства, главным результатом — снижение уровня травматизма и аварийности [12].

Для своевременного и надежного обнаружения аварийных и опасных ситуаций и недопущения возникновения аварий и несчастных случаев СОБ должна функционировать в режиме прогноза и предупреждения негативных событий. Это достигается путем организации и осуществления процесса управления рисками возникновения аварий и травм [12]. При этом задачи СОБ заключаются в обеспечении безопасности технологических процессов, оборудования, горных выработок и сооружений; в обучении инженерно-технических работников и рабочих безопасным приемам труда; создании и поддержании безопасных условий труда персонала.

Влияние системы обеспечения безопасности производства на функционирование горнодобывающего предприятия

¹ Статья подготовлена по результатам выполнения в 2017 г. Госзадания 007-00293-18-00. Тема № 0405-2018-0015. Тема 1 – Теоретические основы стратегии комплексного освоения месторождений и технологий их разработки с учетом особенностей переходных процессов в динамике развития горнотехнических систем.

Анализ функционирования производственной системы и системы обеспечения ее безопасности показал, что первая претерпела существенные изменения в результате перехода угледобывающих предприятий на рыночные условия хозяйствования, вторая, по сути, осталась прежней. Например, целью производственной деятельности горнодобывающего предприятия стало получение прибыли и рост капитала на основе эффективной и безопасной добычи угля вместо достижения запланированных технико-экономических показателей (прежде всего, объема добычи угля), как было при плановой экономике. Соответственно изменились задачи, решаемые на производстве, а основной производственной функцией предприятия стало обеспечение эффективности и безопасности производства [12, 16].

В результате возникших противоречий между новыми задачами производства и не соответствующими им способами решения происходит рассогласование взаимодействия между основными подсистемами предприятия. Изменение технологии и техническое перевооружение без опережающего преобразования системы обеспечения безопасности производства не дает ожидаемых результатов [16].

В ходе исследования систем обеспечения безопасности горнодобывающих предприятий, преимущественно угольных шахт, было выявлено, что традиционное представление работников, руководителей и собственников предприятий о производстве как об экономической категории, а о безопасности как социальной приводит к конфликту, результатом которого становится приоритет производственной системы и подавление системы обеспечения безопасности. Сформировалось мнение, что безопасность невозможно обеспечить без ущерба для эффективности производства, и наоборот. Такое понимание основано на следующих устаревших представлениях персонала:

- от обеспечения безопасности ожидается только социальная, а не экономическая выгода;
- стимулирование персонала к повышению уровня безопасности производства сводится исключительно к депремированию [16].

Система обеспечения безопасности оказывает существенное влияние на надежность функционирования предприятия: посредством повышения устойчивости работы производственной системы достигается его конкурентоспособность. Этим обусловлена необходимость взаимосогласованного развития этих двух систем горнодобывающих предприятий.

Взаимосвязь понятий производственного риска и экономики

Процесс принятия и реализации управленческих решений, особенно в опасных условиях, вследствие значительного числа объективных и субъективных факторов осуществляется в условиях неопределенности и риска. Риск применительно к предприятию можно назвать производственным риском. В результате анализа определений для производственного риска выявлены следующие характеристики, способствующие возникновению рискованной ситуации:

- ожидаемая неблагоприятность последствий (вероятность получения отрицательного результата);
- неопределенность условий; случайный характер результата;
- объективность проявления (действует в объективных условиях неопределенности);
- целенаправленность действий;
- альтернативность выбора решений;
- динамичность уровня;
- субъективность оценки уровня [14].

Приведенные характеристики производственного риска позволяют сформулировать его понятие. Производственный риск, например, угольной шахты отражает результат выбора альтернативного решения, направленного на достижение желаемого целевого результата хозяйственной деятельности при вероятности получения экономического или другого ущерба в силу неопределенности условий его реализации. Здесь производственный риск рассматривается как вероятностная мера получения ущерба реализации принятого решения в условиях

стохастического (вероятностного) вида неопределенности. Соответственно и модели принятия решений основаны на вероятностном описании ситуаций.

Реализация высоких рисков происходит не часто, но приводит к катастрофическим последствиям. Существующая в угольной промышленности России система работы по обеспечению безопасности такова, что даже профессионалы высокого уровня не способны предотвращать возникновение тяжелых аварий и несчастных случаев, приводящих к гибели людей и масштабному ущербу для предприятия. Так, на шахте «Распадская» работали профессионалы, которые сделали ее лучшей в стране. Тем не менее 8 мая 2010 г. здесь произошла одна из самых тяжелых и масштабных аварий в отрасли.

Взрывы на шахте «Распадская» на долгое время вывели ее из строя. Результатом аварии стали более высокие, чем в 2008 г. из-за мирового кризиса темпы снижения капитализации. Стоимость Распадской угольной компании на фондовом рынке в мае снизилась на 1 млрд 740 млн долларов США, что превысило размер инвестиций, осуществляемых в развитие шахты «Распадская» и созданной на ее базе «Распадской угольной компании» на протяжении 15 лет. То есть 6 ч. аварии «перечеркнули» 15 лет целенаправленной работы по обеспечению эффективности и безопасности – различие составило более 20 000 раз (рис. 1, 2).

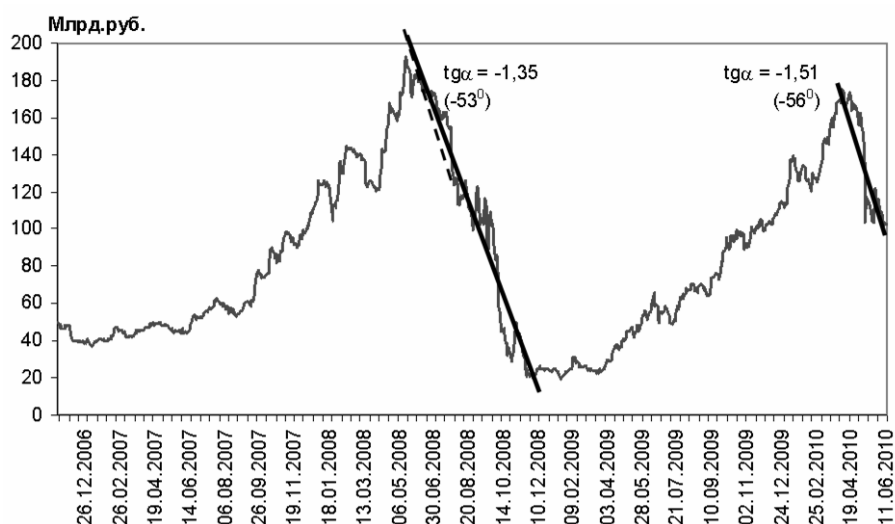


Рис. 1 График капитализации «Распадская угольная компания»

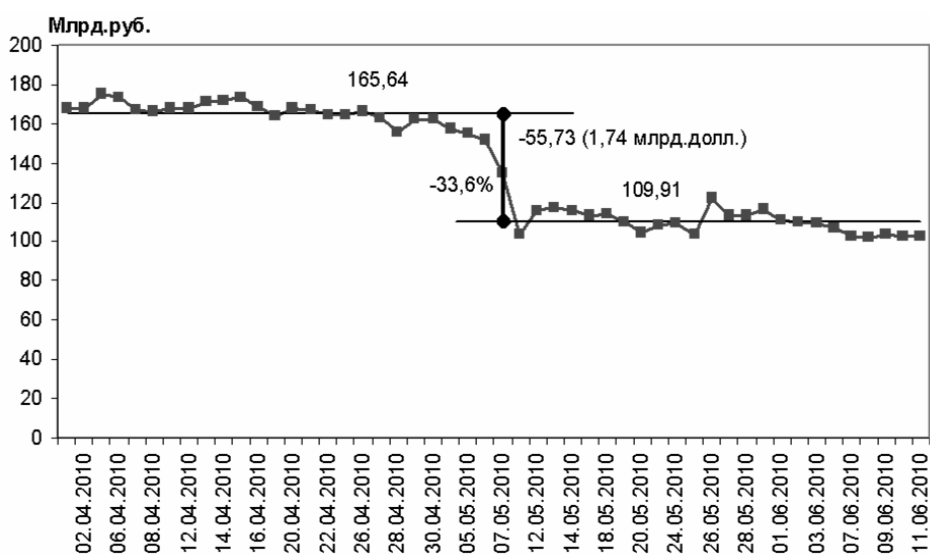


Рис. 2 График капитализации «Распадская угольная компания»

Экономическая эффективность затрат на обеспечение безопасности производства

Современное состояние охраны труда и техники безопасности в угольном производстве характеризуется следующим [13]:

- угроза вредного воздействия любого из опасных факторов изменяется как во времени, так и в пространстве при эксплуатации действующих горных выработок и при развитии горных работ;
- осуществлен переход от отраслевого управления угольной отраслью к функциональному, что выразилось в децентрализации управления производством;
- ряд угольных предприятий перешел на более производительную технику и технологию, возникают трудности постпереходного периода, в том числе связанные с безопасностью работ;
- отсутствие действенных экономических стимулов в улучшении состояния безопасности на предприятиях;
- сложность принятия управленческих решений руководителями предприятия из-за имеющегося противоречия между стремлением сохранить или повысить эффективность производства и необходимостью «притормозить», принимая меры безопасности;
- низкая эффективность использования имеющейся технологии и оборудования для снижения риска на предприятии;
- низкая эффективность структур управления безопасностью на предприятиях в связи с реорганизацией отраслевой системы управления.

Сложность задачи определения экономической эффективности затрат на охрану труда и промышленную безопасность состоит в том, что «предотвращенный» несчастный случай нельзя увидеть. Экономический подход к безопасности предполагает, прежде всего, формирование у каждого работника способности мыслить и оперировать экономическими категориями, способности предвидеть те или иные экономические последствия от своих действий или бездействия.

Сложность поставленной задачи возрастает в связи с особенностями сложившейся практики в области экономии затрат на охрану труда и промышленную безопасность [13]:

- существующий учет затрат на охрану труда и технику безопасности основан на определении ущерба от уже совершившихся нарушений требований безопасности и фактических травм;
- отсутствует учет средств на предотвращение нарушений требований безопасности;
- не на всех предприятиях налажен должный учет потерь времени в связи с нарушениями требований безопасности;
- отсутствует критерий экономической эффективности средств, затрачиваемых на обеспечение охраны труда и промышленной безопасности.

Такое положение приводит к тому, что предприятия экономически не заинтересованы в проведении мероприятий по безопасности производства и предотвращению потерь, связанных с нарушениями требований безопасности. Основной упор делается на сокращение компенсационных затрат, в то время как экономически целесообразно вкладывать в предупреждение их возникновения [13,15].

Этот вывод подтверждается в исследовании В.А. Ковалева [9]. Анализ экономического ущерба от происшедших в Кузбассе аварий и размера финансовых средств, необходимых для их предотвращения, выявил, что около 70% аварий сопровождается ущербом, составляющим 0,4-3,0% стоимости товарной продукции, тогда как затраты на их предотвращение равны 0,01-0,3% этой стоимости. В большинстве случаев ущерб превышает затраты от 2,5 до 43 раз, в отдельных случаях — до 1000 раз и может более чем в 1,5 раза превышать годовой доход угольной шахты (рис. 3).

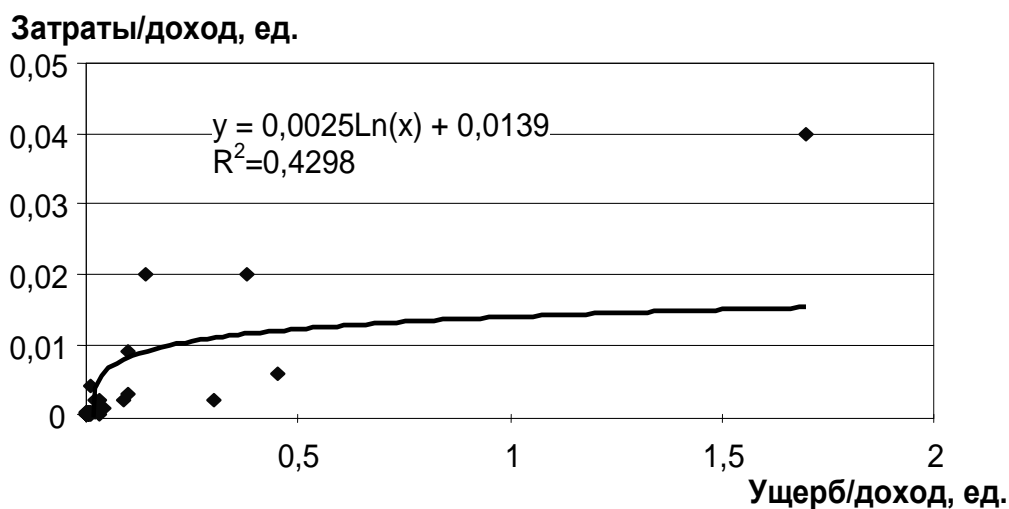


Рис. 3. Зависимость между величиной финансовых средств на предотвращение аварии и величиной ее финансовых последствий [9]

Выявленная зависимость позволила сделать следующие выводы:

- действия по предупреждению аварий, как правило, не требуют значительных финансовых затрат и не зависят от масштабов аварии. Следовательно, недопущение аварий, с финансовой точки зрения, возможно и на экономически слабых предприятиях [13];

- наличие аварий свидетельствует о том, что своевременные необходимые и достаточные действия по их предотвращению не осуществляются. Отсюда следует, что проблема повышения безопасности функционирования угольных шахт связана не только и не столько с наличием или отсутствием финансовых средств, сколько с низкой результативностью системы работы шахты по обеспечению требуемого уровня промышленной безопасности именно в направлении предупреждения реализации аварий.

Для того чтобы решить задачу совершенствования условий труда с помощью экономического механизма, нужно сокращать расходы на охрану труда, не связанные с улучшением условий труда, и наращивать средства на мероприятия по охране труда, непосредственно предотвращающие травматизм и профзаболевания. К этому же выводу приводит и анализ данных, приводимых в литературе. При этом компенсационные затраты оправданы только там, где технически невозможно нормализовать условия труда.

Существующее распределение затрат на охрану труда и промышленную безопасность в значительной степени определяется законодательными и подзаконными актами, которые регламентируют системы страхования, пенсионного обеспечения, оплаты больничных листов, пособий по инвалидности, на лечение и т.п. Практика показывает, что на данном этапе социально-экономического развития нормативные документы должны создавать заинтересованность руководства предприятий в сокращении этих расходов. Вместе с тем в нормативных документах необходимо заложить стимулирование вложения средств в улучшение условий труда и повышение уровня его безопасности, поскольку даже при существующих низких уровнях оплаты последствий несчастных случаев расходы на компенсацию, возмещение и ущерб составляют 150-200 % по сравнению с расходами на мероприятия по их недопущению [13,15].

Приведенное соотношение позволяет утверждать, что увеличение затрат на предотвращение возникновения негативных событий не только обеспечит рост экономии, но и повлечет сокращение затрат на ущерб, возмещение и компенсацию. Поэтому от перераспределения затрат в области безопасности существенно возрастет их эффективность. Экономическим результатом расходов по предотвращению производственного травматизма и профзаболеваемости можно считать снижение ущерба от их наступления.

Необходимо учитывать, что расходы на обеспечение охраны труда и промышленной безопасности – независимо от того, добровольны они или обязательны – повышают издержки производства и, таким образом, ухудшают конкурентоспособность предприятия.

Простое увеличение затрат на охрану труда, на предотвращение производственного травматизма и профзаболеваемости пропорционально не сказывается на надежности этой защиты, что в свою очередь вызывает необходимость поиска разумных пропорций при выделении средств на мероприятия по охране труда [13].

Целесообразна оптимизация структуры расходов на охрану труда путем увеличения суммы общих расходов на мероприятия по предотвращению нарушений требований безопасности, что повлечет за собой уменьшение компенсационных расходов, связанных с конкретными несчастными случаями и профзаболеваниями.

Управление производственным риском посредством контроля опасных производственных ситуаций

Для обеспечения превентивных воздействий в системе обеспечения безопасности горнодобывающего предприятия должна выполняться функция управления производственным риском. Организацию и осуществление процесса управления производственным риском целесообразно основывать на контроле опасных производственных ситуаций (ОПС).

Достоинствами данного метода — выявления, контроля и устранения ОПС — являются:

- сочетание статистического и аналитического способов получения информации;
- возможность минимизировать затраты по недопущению (устранению) ОПС путем их ликвидации на более ранних стадиях развития;
- точное, адресное (более рациональное) распределение материальных, трудовых и иных видов ресурсов, поскольку ликвидируются ключевые факторы и обстоятельства ОПС;
- включение действий по устранению ОПС в производственный план, формируемый на уровне главного инженера и директора, позволяет привлечь более значительные ресурсы, чем на уровне производственного участка.

Сущность зарождения, развития и реализации или не реализации опасной производственной ситуации заключается в наличии сформированной совокупности обстоятельств и факторов (в том числе, нарушений требований безопасности), которая сопровождается адекватными или неадекватными ситуации решениями и действиями работников [1, 3].

На основе модели конкретной ОПС выявляются наиболее значимые факторы, устранение которых остановит ее развитие, то есть опасная ситуация не будет реализована в негативное событие. Действия в опасной производственной ситуации, обеспечивающие приемлемый уровень безопасности работ, нацелены на устранение как минимум одного значимого опасного фактора, создающего опасную производственную ситуацию.

Подход к управлению производственным риском, основанный на контроле и устранении ОПС, разрабатывался в течение нескольких лет. За время освоения этой работы были разработаны требуемые алгоритмы (выявления, моделирования, контроля ОПС и др.) и методика, освоение которой было начато в 2014 г. на шахте «Польсаевская» ОАО «СУЭК-Кузбасс» [13].

Рассмотрение негативных событий на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК» в аспекте формирования и развития ОПС позволило установить, что ее зарождение происходит в штатном режиме функционирования объекта (участка, шахты). На этой стадии развития опасную ситуацию сложно идентифицировать, поскольку возрастание производственного риска вследствие появившегося нового фактора может остаться незаметным, так как повышение опасности незначительно, происходит в течение длительного времени и не приводит к возникновению нарушений требований безопасности.

Фиксация работниками угледобывающего предприятия нарушений требований безопасности как признаков наличия ОПС впервые осуществляется на стадии развития, поскольку система обеспечения безопасности реагирует на явные признаки.

На стадии кризисного состояния опасной производственной ситуации время ее развития сокращается до диапазона часы-секунды и увеличение риска травмирования происходит резко

(скачкообразно). В этот момент совокупность опасных факторов и условий труда преобразуется в критическую комбинацию и реализуется в негативное событие. Контролировать ситуацию на стадии кризисного состояния весьма сложно: высокая скорость ее развития превышает возможности реагирования системы управления промышленной безопасностью и охраной труда.

В связи с этим для повышения эффективности контроля целесообразно начинать превентивные действия на стадии зарождения ОПС, когда она еще не проявилась в виде повторяющихся нарушений требований безопасности, то есть эффективно осуществлять упреждающий тип контроля.

Цель упреждающего типа контроля — не допускать возникновения или развития опасной производственной ситуации. Применение этого типа контроля требует участия работников всех уровней управления угледобывающего предприятия — для принятия и реализации решений по устранению или блокированию опасной производственной ситуации.

Для стадии развития целесообразен ситуативный тип контроля и соответствующий ему алгоритм действий, суть которого заключается в недопущении критической совокупности (комбинации) факторов: устранении как минимум одного значимого фактора, формирующего ОПС (рис. 4).



Рис. 4. Алгоритм действий по контролю ОПС по стадиям развития [3]

На стадии кризисного состояния ОПС алгоритм управленческого воздействия сводится собственно к двум действиям: остановке производственного процесса и немедленному устранению критического фактора, который с вероятностью близкой к единице может привести к наступлению негативного события. Остановка процесса необходима для снижения скорости возрастания риска (практически до нуля). После остановки возможно проведение работ по устранению критического фактора.

На основе данных об опасной производственной ситуации старший надзор шахты определяет мероприятия по ее устранению и требуемый объем ресурсов.

С 2016 г. на всех угледобывающих предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» производственное планирование осуществляется с учетом действий работников по недопущению возникновения опасных производственных ситуаций или устранению уже существующих. Для этого была предложена форма дорожной карты, применяемая на зарубежных предприятиях. Дорожная карта представляет собой перечень показателей работы, достижение которых запланировано на определенный период. В планировании с учетом устранения (недопущения) ОПС на шахтах приняли участие все начальники участков и главные специалисты. Были зафиксированы факторы и обстоятельства ОПС и разработаны наряды с указанием действий по их устранению.

В результате реализации разработанных рекомендаций было обеспечено снижение производственного риска. Например, на шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» по фактическим значениям сокращения количества негативных событий производственный риск снизился в 1,5-1,7 раза, по расчетным значениям в соответствии с моделью — в 30-60 раз (рис. 5).

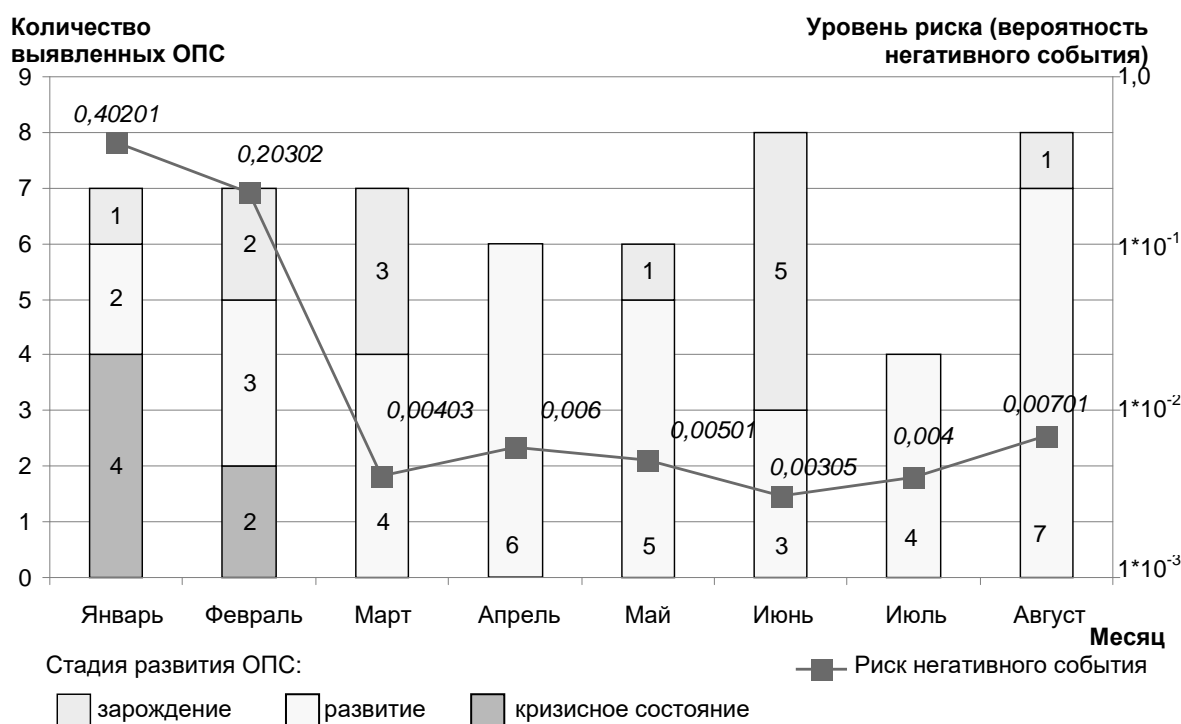


Рис. 5. Динамика опасных производственных ситуаций и производственного риска на шахте им. С.М. Кирова (2016 г.) [3]

Выявление и устранение опасных производственных ситуаций (ОПС), а также интегрирование действий по устранению этих ситуаций в систему производственного планирования является методом повышения уровня организации (организованности) производственного процесса.

Заключение

Исследование опыта работы горнодобывающих предприятий за последние 20 лет показало, что традиционное восприятие обеспечения безопасности как затратной части экономики предприятия (компании) необоснованно. Обеспечение безопасности – это не столько расходы, затратная часть бюджета предприятия, а способ достижения и условие стабильной работы предприятия, осуществляемый через управление производственным риском. Предложенный подход к управлению производственным риском на основе контроля и устранения опасных производственных ситуаций доказал свою результативность. Во-первых, учет наличия ОПС на угледобывающих предприятиях при осуществлении производственного

планирования (планирования производственной деятельности) позволяет в производственной программе увидеть, как безопасность влияет на производство. Во-вторых, результаты контроля и устранения опасных производственных ситуаций — это пока не выгодная деятельность, но целесообразная!

Список литературы

1. Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л. Безопасность производства (организационный аспект) / М.: Горная книга, 2015. 144 с.
2. К существенному повышению безопасности производства на предприятиях «СУЭК» (от «Карты боя» — к «Уставу боя» с опасными производственными ситуациями) / В.Б. Артемьев, В.В. Лисовский, В.А. Галкин, И.Л. Кравчук // Уголь. 2016. № 9 (сентябрь). С. 4-9.
3. Освоение контроля опасных производственных ситуаций – новый этап в повышении безопасности и эффективности производства в АО «СУЭК» / В.Б. Артемьев, В.В. Лисовский, А.А. Сальников, Е.П. Ютяев, Ю.М. Иванов, И.Л. Кравчук // Уголь. 2016. № 12. С. 46-50.
4. Резервы повышения безопасности производства в АО «СУЭК» / В.Б. Артемьев, В.В. Лисовский, А.И. Добровольский, И.Л. Кравчук // Уголь. 2017. № 8 (август). С. 106-113.
5. Галкин, В.А., Макаров А.М., Кравчук И.Л. О теории и методологии организации безопасного производства // Уголь. 2016. № 4. С. 39-43.
6. Роль человеческого фактора в жизнеспособности горнодобывающего предприятия / В.А. Галкин, А.М. Макаров, И.Л. Кравчук, О.А. Лапаева // Проблемы недропользования: Сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. Екатеринбург, 2016. Вып. 4 (11). С. 189-197. Режим доступа: <https://trud.igduran.ru/edition/11> (дата обращения: 11.05.2017 г.).
7. Добровольский, А.И., Кравчук И.Л., Сальников А.А. О производственных отношениях в области обеспечения охраны труда и промышленной безопасности на угледобывающих предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 12. С. 317-327.
8. Инновационные подходы к повышению эффективности и безопасности производства: Препринт /В.Б. Артемьев, А.А. Сальников, А.К. Логинов, А.И. Добровольский, В.А. Галкин, И.Л. Кравчук, А.М. Макаров, Е.Л. Резников, А.В. Кузнецов, С.В. Солонков, А.В. Галкин, Э.А. Барыева, Г.Н. Шаповаленко, А.И. Кукаренко, Г.Л. Феофанов. М.: Горная книга, 2010. 90 с.
9. Ковалев В.А. Методология развития региональной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на угольных шахтах: дис. ... д-ра. техн. наук / В.А. Ковалев. М., 2009. 301 с.
10. Прогноз систем обеспечения безопасности производства при подземной разработке месторождений угля / И.Л. Кравчук, Е.М. Неволина, А.И. Добровольский, Ю.М. Иванов // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 12. С. 67-73.
11. Кравчук И.Л. Прогноз развития систем обеспечения безопасности производства угледобывающих предприятий на основе управления рисками возникновения негативных событий // Проблемы недропользования: Сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. Екатеринбург, 2015. Вып. 1 (4). С. 115-122. Режим доступа: <http://trud.igduran.ru/edition/4> (дата обращения: 03.09.2015 г.).
12. Кравчук И.Л. Теоретические основы и методы формирования системы обеспечения безопасности производства горнодобывающего предприятия: дис. ... д-ра. техн. наук / И.Л. Кравчук. М., 2001. 273 с.
13. Латышова Т.А. Экономический анализ и оценка эффективности затрат на охрану труда в условиях угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2000. № 9. С. 241-243.
14. Супруненко А.Н., Скукин В.А., Набоков А.И. Неопределенности и производственные риски угольной шахты // Вестник КузГТУ. 2005. № 4.2. С. 105-108.
15. Трофимов, С.В. и др. Методы развития систем промышленного железнодорожного транспорта в изменяющихся условиях деятельности предприятий /С.В. Трофимов, А.Н. Рахмангулов, С.Н. Корнилов. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2004. – 235 с.

15. Эффективность и безопасность производства с точки зрения экономики: противоречие или единство?: Отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) / В.Б. Артемьев, А.И. Добровольский, А.А. Сальников, В.А. Галкин, А.К. Логинов, И.Л. Кравчук, А.Б. Килин, Е.М. Неволлина, А.В. Федоров, А.П. Заньков. М.: Горная книга, 2010. 32 с. (Сер. «Библиотека горного инженера-руководителя». Вып. 9).

Сведения об авторах

Кравчук Игорь Леонидович – д-р. техн. наук, директор Челябинского филиала ИГД УрО РАН, e-mail: kravchuk65@mail.ru.

Неволина Елена Михайловна - канд. техн. наук, старший научный сотрудник Челябинского филиала ИГД УрО РАН, e-mail: nevolina-elena@yandex.ru.

СНИЖЕНИЕ РИСКА ТРАВМИРОВАНИЯ НА РАЗРЕЗЕ «ЧЕРНОГОРСКИЙ» НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Радионов С.Н.

Аннотация. В публикации приведен опыт совершенствования функций службы охраны труда и производственного контроля для снижения на этой основе уровня риска негативных событий. Описаны основные этапы и методы повышения вовлеченности персонала разреза «Черногорский» в работу по повышению безопасности труда. Представлен ретроспективный анализ выполняемых службой охраны труда и производственного контроля функций и результата их выполнения за восьмилетний период.

Описан методический инструментарий, который позволяет оценить полноту исполнения работниками предприятия функций по обеспечению безопасности производства, содержащий принцип расчета коэффициента исполняемости функций, а также универсальный алгоритм выполнения любой производственной функции. Приведены результаты анонимного анкетирования операционного персонала, находящегося каждый непосредственно на рабочих местах, отражающие их мнение о результативности деятельности службы и охраны труда и промышленной безопасности.

Ключевые слова: функции службы охраны труда и производственного контроля, вовлечение персонала, безопасность труда, полнота исполнения функции, повторяющиеся нарушения, опасные производственные ситуации.

Введение

Современные угледобывающие предприятия характеризуются высокой интенсивностью производственных процессов, что обуславливает и высокую динамику условий труда на каждом рабочем месте с точки зрения рисков негативных событий. Эти изменения требуют такого уровня организации, исполнения и контроля исполнения работ, который позволяет на каждом этапе производственного процесса обеспечивать приемлемый уровень безопасности труда [1]. Ключевую роль в этом играет деятельность службы охраны труда и производственного контроля, с одной стороны, как контролирующего органа, с другой - как координирующего взаимодействие между организаторами и исполнителями работ.

В 2012 году на разрезе «Черногорский» была начата работа по совершенствованию функциональной структуры службы охраны труда и производственного контроля (СОТ и ПК), результатом которой стало существенное изменение ее влияния на обеспечение безопасности труда работников разреза. Детальный анализ деятельности этой службы показал, что до 2010 г. в службе преобладал надзорный, с 2012 по 2015 гг. – контрольный, с 2015 г. по настоящее время – осваивается контрольно-профилактический тип деятельности службы ОТ и ПК (табл. 1.).

Соотнесение происшедших на разрезе «Черногорский» за рассматриваемый период негативных событий со структурой функций СОТ и ПК, показало, что деятельность службы, осуществляемая до 2012 года, не способствовала снижению уровня травматизма (рис. 1). В первую очередь это связано с тем, что операционный персонал не вовлекался в обеспечение безопасности труда [2]. Коэффициент частоты травм на 1 млн т добытого угля на этом этапе составлял 0,44, а на 1 млн. м³ вскрыши – 0,13.

На втором этапе произошло снижение уровня травматизма с 0,44 до 0,29 на 1 млн.т добытого угля, а на 1 млн. м³ вскрыши – с 0,13 до 0,03; на третьем – зафиксировано снижение с 0,29 до 0,14 на 1 млн.т добытого угля и сохранением значения на 1 млн. м³ вскрыши – 0,03. Это объясняется развитием структуры функций в службе ОТ и ПК разреза и, следовательно, в системе обеспечения безопасности производства предприятия в целом в результате работы по

выявлению и устранению повторяющихся нарушений правил и требований безопасности (второй этап) и опасных производственных ситуаций [3] (третий этап).

Таблица 1.

Функциональное развитие службы ОТ и ПК разреза «Черногорский»

Надзорный тип деятельности	Контрольный тип деятельности		Контрольно-профилактический тип деятельности
Основные направления деятельности			
Выявление и устранение нарушений требований ОТ и ПБ	Выявление и устранение повторяющихся нарушений требований ОТ и ПБ	Выявление и устранение опасных производственных ситуаций	Контроль полноты выполнения функций обеспечения безопасности по всем уровням управления предприятием
по настоящее время	с 2012 года по настоящее время	с 2014 года по настоящее время	с 2015 года по настоящее время
Основные функции и действия			
Выявление нарушений требований ОТ и ПБ; Контроль устранения нарушений требований ОТ и ПБ; Ретроспективный анализ причин происшедших негативных событий (травм, аварий, инцидентов) Разработка мероприятий по недопущению повторений происшедших негативных событий (травм, аварий, инцидентов)	Контроль устраняемости нарушений требований ОТ и ПК, с акцентом на повторяющиеся; Ретроспективный анализ причин происшедших негативных событий (травм, аварий, инцидентов), приводящих к повтору нарушений Разработка организационных мер по недопущению реализации негативных событий и годовой план их реализации; привлечение персонала к разработке личных организационных планов по устранению нарушений, в том числе повторяющихся	Выявление и распознавание ОПС Контроль устраняемости нарушений требований ОТ и ПБ, в том числе повторяющихся; Контроль устраняемости ОПС; Планирование производственного процесса с учетом ОПС Бюджетирование с учетом реестра ОПС Систематическая проработка с операционным персоналом опасных производственных ситуаций, причин их возникновения и действий, позволяющих снизить риск реализации ОПС	Контроль устраняемости нарушений требований ОТ и ПБ, в том числе повторяющихся Контроль устраняемости ОПС Планирование производственного процесса с учетом ОПС Бюджетирование с учетом реестра ОПС Систематическая проработка с операционным персоналом опасных производственных ситуаций, причин их возникновения и действий, позволяющих снизить риск реализации ОПС Освоение процедуры контроля ОПС в смене на основе оценки способности персонала предупреждать риски, а также оценки оборудования, процессов и состояния рабочих мест
Принцип деятельности службы			
На производстве не должно быть нарушений и несчастных случаев		Безопасность как условие обеспечения высокой производительности труда и объемов производства	

*ОПС – комбинация обстоятельств и факторов, возникающих при выполнении персоналом производственных заданий, которая приводит к повышению рисков до критических значений и закономерному возникновению травм и аварий

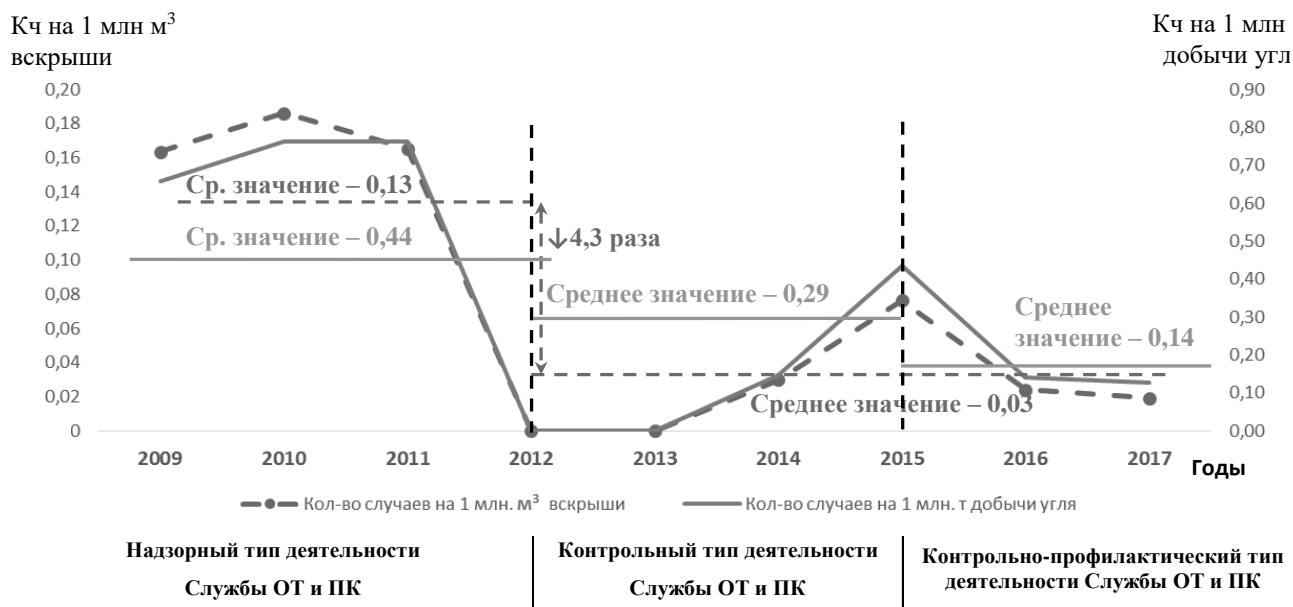


Рис. 1. Динамика удельных показателей общего травматизма на разрезе «Черногорский»

Добавление в систему деятельности службы таких объектов контроля, как повторяющиеся нарушения и опасные производственные предприятия потребовало вовлечения персонала всех уровней управления разрезом, в том числе операционного. На рис. 2 представлена динамика вовлекаемости персонала, который на сегодняшний день постоянно занят в процессе выявления и устранения повторяющихся нарушений и ОПС.

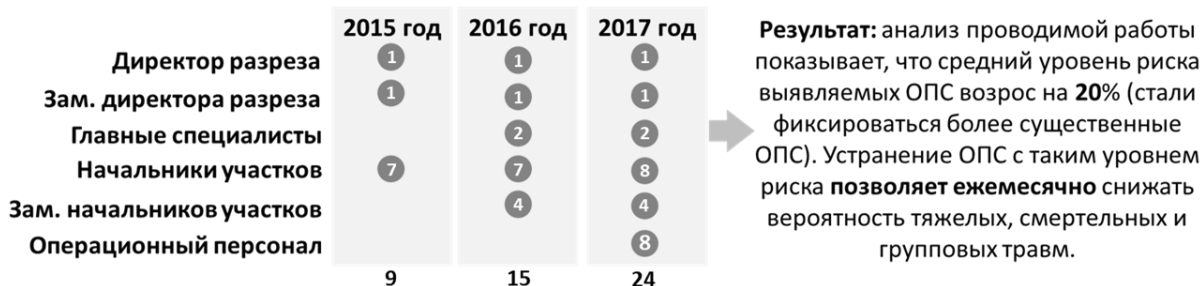


Рис. 2. Динамика вовлекаемости персонала

Основные инструменты вовлечения персонала в процесс повышения культуры безопасности производства представлены на рис. 3.

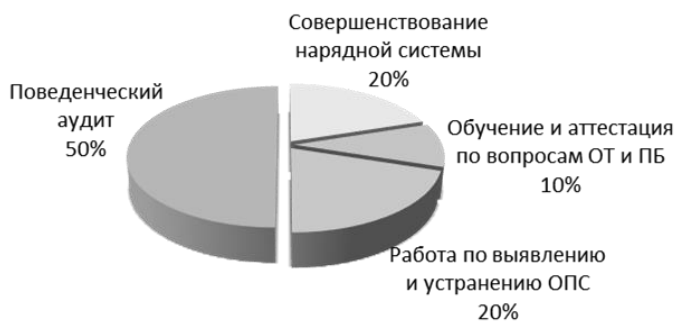


Рис. 3. Основные инструменты вовлечения персонала в процесс повышения культуры безопасности производства

Следует отметить, что работа с опасными производственными ситуациями является ключевым аспектом снижения, поскольку она предполагает вовлечение работников всех уровней управления предприятием в деятельность по обеспечению безопасности производства и освоение контроля за полнотой выполнения функций системы обеспечения безопасности производства [4].

В качестве методического инструмента контроля выполнения функций была разработана соответствующая методика диагностирования полноты выполнения функций. Фактологическим материалом для ее формирования послужили должностные инструкции работников предприятия, данные анализа травматизма, сведения о нарушениях, уровне повторяемости и устранимости нарушений, продолжительности работы с нарушениями.

Для характеристики полноты выполнения функций был предложен коэффициент полноты выполнения функции (K_{Π}), рассчитываемый по формуле:

$$K_{\Pi} = \sum_{i=1}^n K_{Эi},$$

где $K_{Эi}$ – числовое значение значимости этапа выполнения функции.

Этапы выполнения функции представлены на рис. 4.

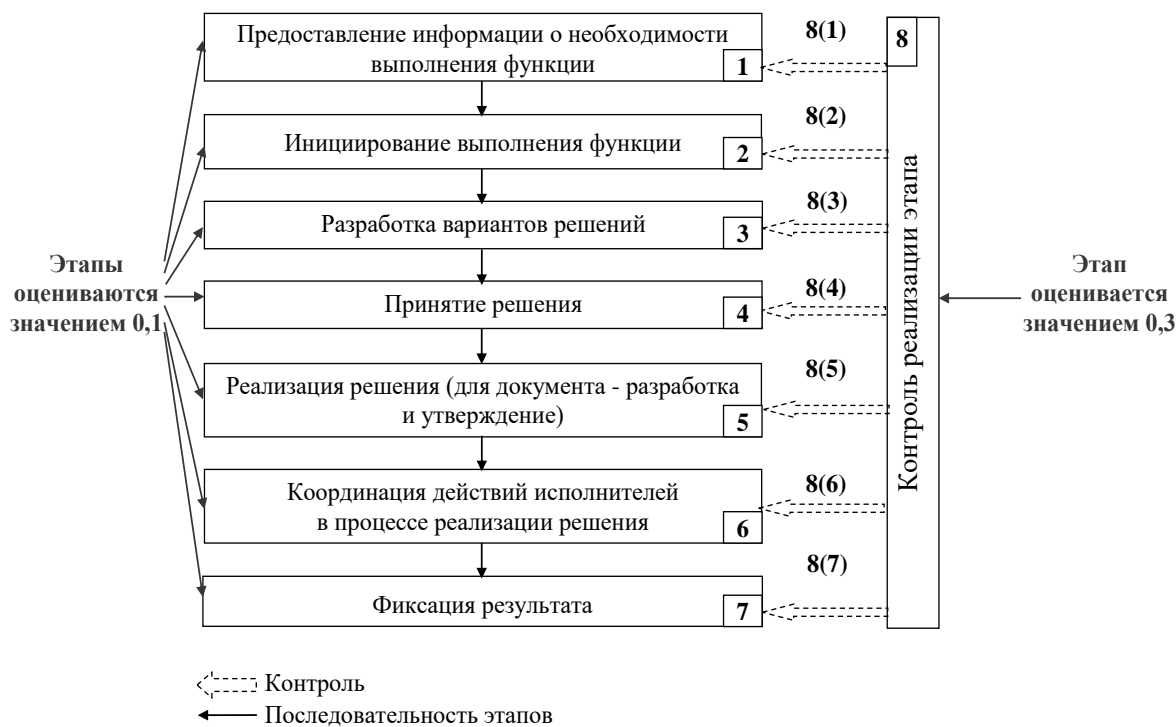


Рис. 4. Этапы выполнения функции

Этапы 1-7 оцениваются одинаково (0,1 балла), поскольку они равноценны по значимости. Этапу 8 экспертно присваивается значение (0,3 балла), потому что он оказывает воздействие на все предыдущие этапы. Полная реализация функции имеет значение, равное 1 баллу.

Алгоритм диагностики выполнения функции представлен на рисунке 5.

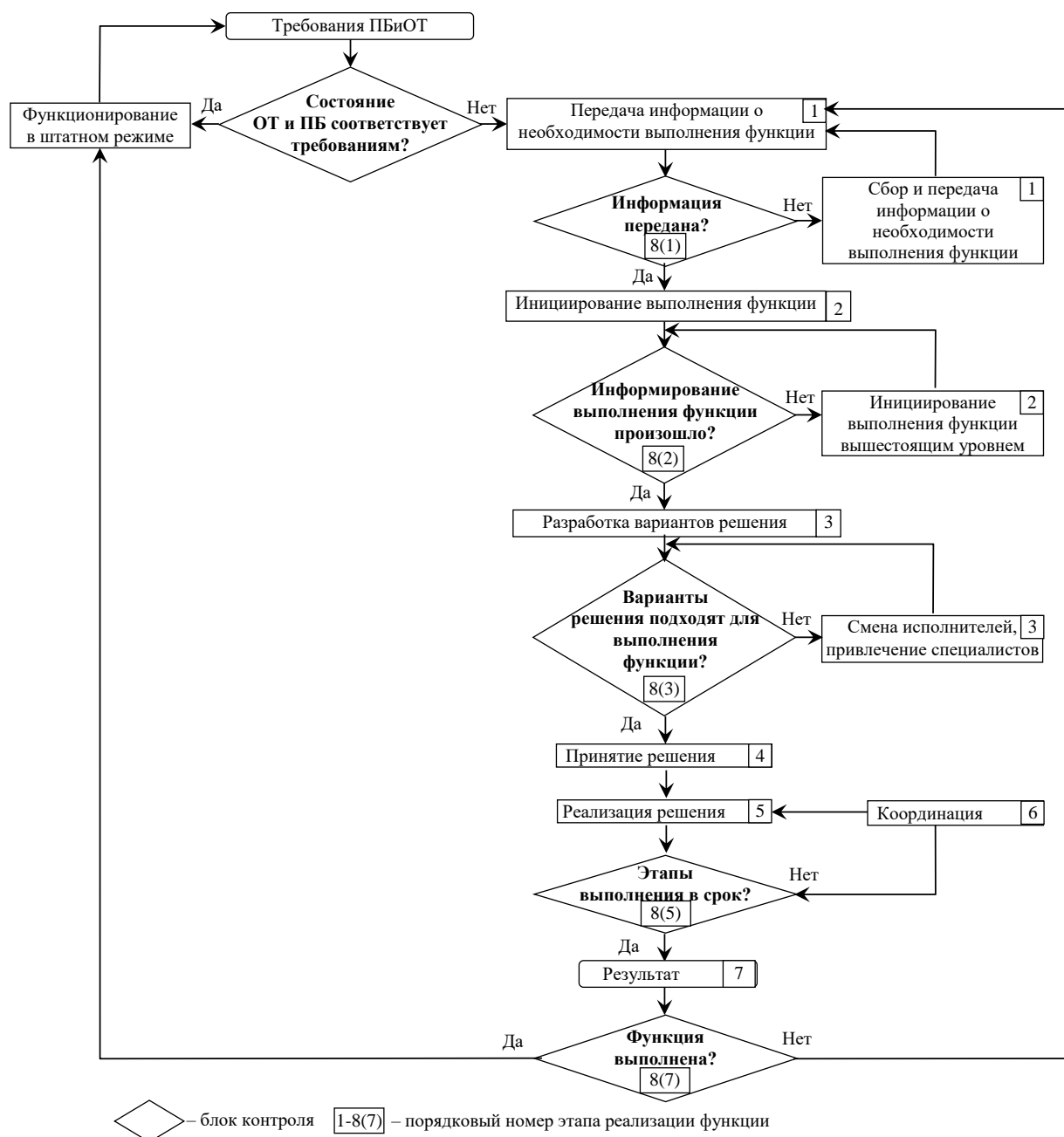


Рис. 5. Универсальный алгоритм реализации функции

Результаты оценки полноты выполнения функций в действующей системе управления безопасностью производства разреза «Черногорский» показали, что практически не выполняются такие функции, как «Проектно-техническое обеспечение» и «Информационное обеспечение». Наибольшими по полноте исполнения характеризуются функции «Регистрации ОПО», «Декларирование ПБ», «Лицензирование ПБ», «Страхование» и «Текущая эксплуатация ОПО». То есть те обязательные функции, без которых предприятие не может функционировать. А вот функции, направленные на обеспечение эффективного производственного контроля, практически все провальные. Базой для определения коэффициента полноты выполнения функций послужили нарушения, инциденты и несчастные случаи. В ходе этой работы выявляется невыполненный этап реализации функции и устанавливается должностное лицо (согласно должностной инструкции, Положению о производственном контроле), не выполнившее данный этап.

Введение с 2015 года в систему обеспечения безопасности производства функции контроля опасных производственных ситуаций способствовало вовлечению работников всех уровней управления и персонификации их деятельности и ответственности в сфере обеспечения

безопасности. Вовлеченность в обеспечение безопасности производства работников всех уровней управления предприятием обусловила необходимость координации этой деятельности и контроля со стороны службы ОТ и ПК [5].

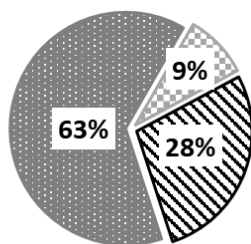
Проведенная работа показала, что полнота выполнения функций системы обеспечения безопасности производства достигается на основе диагностирования этого показателя и обеспечивается введением в систему функции контроля опасных производственных ситуаций, персонификацией ответственности за ее выполнение и постоянным контролем со стороны службы ОТ и ПК.

В ходе анализа эффективности функционирования служб охраны труда и производственного контроля на разрезе было проведено анонимное анкетирование работников разреза «Черногорский». Оценка проводилась в основном среди операционного персонала, который непосредственно находится каждый день на рабочем месте и принимает решения, влияющие на вероятность реализации негативных событий (рис. 6). Именно эта категория работников наиболее часто ощущает на себе результаты деятельности службы.

Итоги анкетирования работников разреза «Черногорский» (94 чел.)

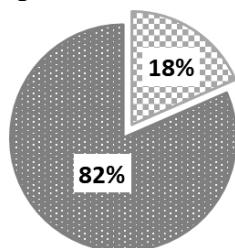
Есть ли, на Ваш взгляд, изменения в деятельности службы охраны труда и производственного контроля за прошедшие 5-7 лет?

- Деятельность службы ОТ и ПК никак не изменилась
- В деятельности службы ОТ и ПК есть незначительные изменения
- Деятельность службы ОТ и ПК существенно изменилась



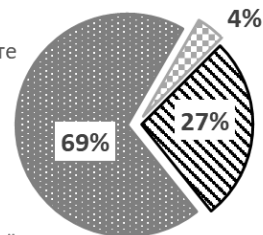
На Ваш взгляд, эти изменения в деятельности службы охраны труда и производственного контроля полезны?

- Нет, мы не пересекаемся
- Да, поскольку из-за изменений в их деятельности моя деятельность тоже изменилась



Эти изменения в деятельности службы охраны труда и производственного контроля отразились на Вашей деятельности?

- Нет, работники службы ОТ и ПК стали еще больше мешать работе
- Польза есть, но она сегодня незначительная
- Да, наконец-то деятельность службы ОТ и ПК стала отвечать её предназначению



В чем, на Ваш взгляд, заключается изменение деятельности службы ОТ и ПК?

- Перестали закрывать глаза на нарушения, а стали вместе с работниками разбирать причины этих нарушений и искать действенные меры по недопущению выявляемых нарушений в будущем;
- Работники службы ОТ и ПК стали больше внимания уделять повышению информированности работников разреза о факторах риска и о необходимых мерах, позволяющих снизить вероятность возможных негативных событий
- При возникновении негативных событий не занимаются поиском виновных, а разбирают системные причины, закономерно приведшие к этим событиям
- Ваш вариант: Нужно больше общаться с работниками, а не искать повод для наказания

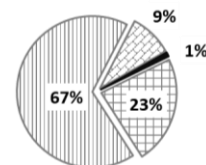


Рис. 6. Результаты анкетирования работников разреза «Черногорский»

Проведенная многолетняя работа по совершенствованию деятельности службы охраны труда и производственного контроля на разрезе «Черногорский» позволила увеличить количество руководителей среднего звена, вовлеченных в решение задач безопасности труда, с 45 до 62 человек, а также привлечь в 2017 году к этой работе около 100 человек операционного персонала. Освоение более продуктивного взаимодействия между руководством, главными специалистами и оперативным персоналом разреза способствовало снижению среднего уровня травматизма на разрезе «Черногорский» в период 2012-2017 гг. в 2,6 раза.

Список литературы

1. Осинцев Н.А. Управления безопасностью производства на рабочих местах с применением аппарата теории нечетких множеств // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 4. С. 83-85.
2. Рахмангулов А.Н., Орехова Н.Н., Осинцев Н.А. Концепция системы повышения квалификации преподавателей в области экологического образования на основе логистической модели устойчивого развития // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №1. С. 4-18.
3. Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л. Безопасность производства (организационный аспект) / М.: Горная книга, 2015. 144 с.
4. Артемьев, В.Б. и др. Роль руководителя и персонала в обеспечении безопасности производства: отдельная статья горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) / В.Б. Артемьев, А.И. Добровольский, В.В. Лисовский, В.А. Галкин, А.М. Макаров, И.Л. Кравчук, Н.О. Каледина, О.В. Воробьева, А.В. Галкин. . М.: Горная книга, 2017. 47 с. (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 32).
5. Карта боя с опасными производственными ситуациями. Приложение № 1 к практическому пособию «Безопасность производства (организационный аспект)»: отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня / Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л., Макаров А.М., Галкин А.В. М.: Горная книга, 2015. 40 с. (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 30).
6. Организация безопасного труда на производственном участке /С.Н. Радионов, Д.В. Вавилов, Р.А. Гирев, А.Вал. Галкин // Уголь. 2016. №5. С. 83-85.
7. Организация работы по повышению уровня безопасности производства в АО «Разрез Тугнуйский» / В.Н. Кулецкий, С.В. Жунда, А.С. Довженок, А. Вал. Галкин //Уголь. 2016. №11. С. 58-63.

Сведения об авторе

Радионов Сергей Николаевич – главный инженер разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия», Россия. E-mail: radionovsn@suek.ru.