

УДК 622.861:556.3

Далатказин Тимур Шавкатович

кандидат технических наук,
заведующий лабораторией
снижения риска катастроф
при недропользовании,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, д. 58
e-mail: 9043846175@mail.ru

Каюмова Альфия Наилевна

кандидат технических наук,
научный сотрудник лаборатории геомеханики
подземных сооружений,
Институт горного дела УрО РАН;
доцент кафедры безопасности
горного производства,
Уральский государственный
горный университет,
г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
e-mail: alfkaa@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОКОЛОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ*

Аннотация:

Интенсификация освоения природной среды является основной причиной роста числа техно-природных катастроф. Количество травмированных и погибших в горнодобывающей отрасли превышает это число в других отраслях промышленности России и Казахстана.

Сложные гидрогеологические условия горного массива Соколовского месторождения определяют необходимость постоянного поиска новых решений повышения промышленной безопасности. Наличие неосушенных гидрогеологических горизонтов и комплексов, карст, присутствие в разрезе тиксотропных пород создают условия накопления и прорыва водо-грязевых масс в шахту. Подавляющее количество прорывов песчано-глинистых отложений приходится на основные добычные горизонты в выработки выпуска и доставки. Для полного понимания механизма формирования и реализации опасных явлений необходима исследования геологической среды с целью предотвращения катастрофических событий, совершенствования мер и средств обеспечения безопасности персонала. В настоящее время имеется значительный объем информации об инженерно-геологических условиях горного массива месторождения, на основании которых разработаны мероприятия для обеспечения промышленной безопасности, технологические решения добычи полезного ископаемого. На сегодняшней стадии разработки месторождения выявилась необходимость детального изучения конкретных гидрогеологических и геомеханических условий с целью повышения эффективности дренажных мероприятий на локальных участках массива, планируемых для организации добычи руды.

Ключевые слова: водоносный горизонт, подземные выработки, глина, тиксотропия, карст, промышленная безопасность, прорывы воды

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.04.113

Dalatkazin Timur Sh.

Candidate of Engineering Sciences,
Head of the Laboratory of Technologies
of Decrease in Risk of Accidents at Mineral Development,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075, Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: 9043846175@mail.ru

Kayumova Alfia N.

Candidate of Engineering Sciences,
Researcher of the Laboratory of Geomechanics
of Underground Structures,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,.;
Associate Professor of Mining Safety Department,
Ural State Mining University,
Ekaterinburg, 30 Kuibysheva Str.
e-mail: alfkaa@mail.ru

ENSURING SAFE MINING OPERATIONS IN THE DEVELOPMENT OF SOKOLOVSKOYE IRON ORE DEPOSIT

Abstract:

Intensification of natural environment development is the main reason for the growth in the number of technonatural disasters. The number of injured and died in the mining industry is higher than in other industries in Russia and Kazakhstan.

Complex hydrogeological conditions of the rock mass of Sokolovskoye deposit determine the need for constant search for new solutions to improve industrial safety. The presence of undrained hydrogeological horizons and complexes, karst, the presence of thixotropic rocks in the section create conditions for the accumulation and breakthrough of water and mud masses into the mine. The overwhelming number of breakthroughs of sand-clay deposits is accounted for the main mining horizons in production and delivery. For a complete understanding for the mechanism of formation and implementation of hazardous phenomena, it is necessary to study the geological environment in order to prevent catastrophic events, improve measures and means to ensure the safety of personnel. At present, there is a significant amount of information about the engineering and geological conditions of the deposit's rock mass, on the basis of which the measures have been developed to ensure industrial safety and technological solutions for mining. The current stage of the development of the deposit has made it necessary to study in detail the specific hydro-geological and geomechanical conditions in order to improve the efficiency of drainage operations in local areas of the rock mass to be planned for the organization of ore mining.

Key words: aquifer, underground workings, clay, thixotropy, karst, industrial safety, water breakthroughs.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания 075-00581-19-00, тема № 0405-2019-0007

Введение

На современном этапе развития мировой цивилизации наблюдается устойчивая тенденция роста количества природно-техногенных катастроф, вызывающих многочисленные человеческие жертвы и значительные социально-экономические потери. Главные причины увеличения числа катастроф и тяжести их последствий – интенсивный технический прогресс, увеличение масштабов освоения природной среды [1, 2]. Влияние на природную среду оказывают многие отрасли промышленного производства, в том числе горнодобывающая промышленность. Добыча полезных ископаемых занимает существенное место в экономике Республики Казахстан. При этом по мере неуклонного увеличения извлекаемых объемов горных пород и глубины отработки полезных ископаемых наблюдается усложнение горно-геологических, горнотехнических условий ведения добычных работ, что определяет необходимость совершенствования мер безопасности. Обеспечение безопасности при осуществлении горных работ является первостепенной задачей для данной отрасли экономики.

За последние несколько лет в Казахстане и в России уровень производственного травматизма снижается, тем не менее число травмированных и погибших в горнодобывающей отрасли превышает число травмированных и погибших в сравнении с другими отраслями промышленности. Внимание и контроль со стороны государственных органов власти к обеспечению безопасности горных работ с каждым годом усиливается [3, 4].

Вследствие уникальности горно-геологических условий каждого вмещающего месторождение полезного ископаемого горного массива, решение вопроса обеспечения безопасности наряду с общими подходами имеет и индивидуальные особенности. В частности, в Республике Казахстан с целью обеспечения безопасности ведения горных работ при разработке Соколовского месторождения магнетитовых руд руководство предприятия постоянно инициирует проведение исследований вмещающего горного массива.

История разработки месторождения начинается с 1975 г. Соколовское месторождение разрабатывается подземным способом. До 1998 г. на шахте применялась система отработки с закладкой выработанного пространства, а после и в настоящее время – система с обрушением. Основными осложняющими факторами безопасного ведения горных работ здесь являются гидрогеологические и инженерно-геологические условия.

За период освоения месторождения неоднократно проводились исследования гидрогеологических и инженерно-геологических условий, направленных на обеспечение промышленной и экономической безопасности [5 – 8, 20, 22 – 23]. Однако острота проблемы безопасности ведения горных работ сохраняется.

Цели и методы исследований

С целью определения дальнейшей тактики обеспечения безопасного ведения горных работ выполнен анализ информации, содержащейся в фондовых материалах и научных публикациях, касающихся гидрогеологических и инженерно-геологических условий Соколовского железорудного месторождения.

Подробное описание особенностей гидрогеологических и инженерно-геологических условий горного массива Соколовского месторождения (описание водоносного олигоценового горизонта, водоупорного чеганского (эоцен-олигоценового) горизонта, эоценового горизонта, водоносного верхнемелового и нижнемелового горизонта, водоносного комплекса палеозойских пород) позволяет осознать сложность условий разработки месторождения для определения мер безопасности при ведении горных работ.

Исследование основных природных факторов, формирующих условия Соколовского железорудного месторождения, влияет на выбор технических мероприятий по промышленной безопасности. К опасным характерным условиям относятся следующие:

- опасность прорывов обводненных песчано-глинистых отложений;

- наличие закритических значений высоты остаточных водяных столбов в меловом горизонте;

- опасность прорывов вследствие наличия карстов.

Природа и механизм образования перечисленных факторов в настоящее время исследуются для обеспечения безопасности персонала горнодобывающих предприятий [5 – 8].

Проведение исследований

Исследование особенностей гидрогеологических и инженерно-геологических условий горного массива Соколовского месторождения

Горный массив Соколовского месторождения представлен четырьмя гидрогеологическими подразделениями. Сверху вниз он сложен осадочными песчано-глинистыми отложениями, опоками, песчаниками, карстующимися известняками, а ниже – магматическими горными породами.

На месторождении выделяются (сверху вниз) следующие основные гидрогеологические подразделения:

Водоносный олигоценый горизонт в пределах шахтного поля системно не изучался. По одним данным, он пространственно не выдержан и встречается в отдельных, иногда сообщающихся между собой понижениях кровли водоупорных пород, представленных чеганскими глинами, где имеет блюдцеобразное залегание. По другим источникам, горизонт в пределах шахтного поля распространен повсеместно.

Олигоценый водоносный горизонт представлен песками. Гранулометрический состав песков изменяется от мелко- до крупнозернистой фракции, иногда гравелистой. Коэффициент фильтрации олигоценых песков в районе месторождения варьирует в диапазоне от 2 до 6 м/сут. Мощность песков изменяется от 0 до 9 м, их кровля перекрыта водоупорными миоценовыми глинами, а подошва песков залегает на водоупорных глинах чеганской свиты. Воды олигоценового горизонта напорные. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. В пределах шахтного поля олигоценый горизонт не осушен. В настоящее время горизонт дренируется так называемыми «большими дренами», сформировавшимися в результате объединения нескольких зон обрушения.

Водоупорный чеганский (эоцен-олигоценый) горизонт подстилает олигоценый горизонт. В районе месторождения чеганский горизонт распространен повсеместно и является региональным водоупором. Представлен плотными тугопластичными тонкослоистыми и листоватыми глинами мощностью в среднем 20 м. По минеральному составу глины относятся к монтмориллонитовой группе.

Эоценовый горизонт расположен ниже чеганского водоупорного горизонта, приурочен к трещиноватым кремнистым опокам и песчаникам. В настоящее время эоценовый горизонт в пределах шахтного поля сдренирован.

Водоносный верхнемеловой горизонт имеет региональное распространение и приурочен к кварц-полевошпатовым и глауконито-кварцевым пескам. При системе отработки с обрушением критерием исключения внезапных прорывов воды и проникновения песчано-глинистых отложений из мелового водоносного горизонта в подземные выработки была определена восьмиметровая величина остаточных столбов воды над зоной первоначального обрушения.

Контролируемое осушение мелового водоносного горизонта в пределах шахтного поля решается внешним и внутренним дренажными контурами, оборудованными сквозными фильтрами и восстающими скважинами, выведенными в дренажные выработки [9].

Водоупорный нижнемеловой горизонт подстилает водоносный верхнемеловой горизонт и представлен лигнитовыми глинами мощностью 10 – 20 м. Местами в горизонте отмечаются эрозионные окна, где глины полностью выклиниваются. Водоносный комплекс палеозойских пород имеет повсеместное распространение и залегает ниже водоупорного нижнемелового горизонта. Через эрозионные окна последнего водоносный комплекс палеозойских пород имеет гидравлическую связь с водоносным меловым горизонтом.

Водовмещающие породы палеозойского комплекса представлены магматическими и осадочными породами: сланцами, порфиритами, диабазами, конгломератами, туфами, аргиллитами, известняками, песчаниками. В кровле палеозоя залегают глины коры выветривания мощностью от 1 до 70 м. Кора выветривания палеозойских пород имеет повсеместное распространение и представлена пестроцветными плотными глинами. Водоносность зоны палеозойских пород связана с открытой трещиноватостью. Палеозойские породы в районе месторождения имеют вертикальную зональность по коэффициенту фильтрации, значения которого уменьшаются с глубиной от 2,0 до 0,0005 м/сут.

Локально повышенная водообильность пород палеозойского горизонта сосредоточена

- в зонах тектонических нарушений и повышенной трещиноватости, связанной с меридиональным разломом;
- на участках развития карстовых полостей в известняках.

Известняки здесь имеют особое значение в формировании гидрогеологической и инженерно-геологической ситуации. Они развиты в лежащем боку месторождения к западу от рудной зоны и прослеживаются полосой от 250 до 600 м вдоль всего месторождения при мощности 300 – 500 м.

Исследование основных природных факторов, представляющих угрозу безопасному ведению горных работ

1. *Опасность прорывов обводненных песчано-глинистых отложений.* В настоящее время наибольшую опасность для персонала рудника представляют прорывы обводненных песчано-глинистых отложений, проявление которых, масштаб, скорость распространения не предсказуемы [6]. Опасность формирования прорывов из мезо-кайнозойских отложений связана с аккумуляцией олигоценых и меловых подземных вод в воронках обрушения за счет образования ниже дна воронки «пробки» из четвертичных суглинков, чеганских глин, лигнитовых глин мелового возраста, глин древней коры выветривания. Для предотвращения прорывов песчано-глинистых отложений осуществляется засыпка воронок обрушения скальными породами с целью снижения количества свободной воды в них. Но в целом это мероприятие не решило проблему выхода обводненных песчано-глинистых отложений в очистное пространство.

Присутствие на дне воронки чеганских глин, свободной воды, а также наличие геодинамических подвижек, связанных с процессом формирования зоны обрушения и интенсивным вибровоздействием от промышленных взрывов, формируют механизм прорывов песчано-глинистых отложений в очистное пространство. Этот механизм определяется тем, что чеганские глины на 40 % состоят из монтмориллонита [10]. Для минералов монтмориллонитовой группы



вследствие особенностей строения кристаллической решетки характерным признаком является переменное содержание в них воды, изменяющееся в зависимости от влажности окружающей среды. Вода легко проникает в кристаллическую решетку монтмориллонита, раздвигает ее, что обуславливает гидрофильность и набухаемость, которые и определяют тиксотропность монтмориллонита [11].

Тиксотропия – физико-химическое явление, возникающее в дисперсных породах и выражающееся в их разжижении и практически полной потере прочности под влиянием внешних динамических воздействий и быстром восстановлении прочности при снятии внешних воздействий. Такие обратимые явления характерны для пород, обладающих структурными связями, обусловленными непосредственным взаимодействием частиц и агрегатов между собой. Эти связи отличаются малой прочностью, мобильностью и обратимостью. Степень тиксотропного разупрочнения зависит от внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относятся параметры динамического воздействия на горный массив. К внутренним факторам относятся дисперсность породы, ее минеральный состав и влажность. Благодаря тиксотропному разуплотнению увлажненные чеганские глины на дне воронок обрушения при механическом воздействии от взрывных работ и техногенных геодинамических подвижках легко проходят через толщу разуплотненной массы скальных палеозойских пород зоны обрушения и проникают в очистное пространство. Здесь структурные связи восстанавливаются [12 – 17].

В настоящее время рассматривается вопрос складирования скальных пород карьера на прогнозируемом месте формирования объединенной зоны обрушения. Это приведет к увеличению поступления воды в подземный рудник. Олигоценый водоносный горизонт питается за счет инфильтрации атмосферных осадков, причем 80 – 95 % приходится на снеговые талые воды. Только 40 % талых вод попадает сейчас в подземное пространство. Остальная вода успевает испариться с поверхности слабопроницаемых перекрывающих отложений.

Ситуация изменится по мере увеличения площади отвала скальных пород над зоной обрушения. Талые воды будут почти беспрепятственно мигрировать через скальный отвал практически в полном объеме, не успевая испаряться на поверхности, накапливаться в его подошве и поступать в подземный рудник через дезинтегрированные в результате процесса обрушения мезо-кайнозойские и палеозойские породы.

После формирования объединенной зоны обрушения по ее границе в подземный рудник начнут более активно поступать воды олигоценового и мелового водоносного горизонтов из окружающего массива. По мере развития горных работ площадь зоны сдвижения горных пород будет увеличиваться. Вхождение новых участков горного массива в зону сдвижения будет сопровождаться увеличением модуля подземного стока, что увеличит инфильтрацию атмосферных осадков в горные выработки [18].

В соответствии с требованиями «Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы» (далее «Правил промышленной безопасности») [19] не допускается нахождение в горных выработках, состояние которых представляет опасность для людей. Исключением являются случаи выполнения работ по устранению подобных источников опасности с применением дополнительных средств защиты.

2. *Наличие закритичных значений высоты остаточных водяных столбов в меловом горизонте.* В настоящее время эффективность внешнего и внутреннего дренажных контуров снизилась из-за выхода из строя значительной части водопонижительных скважин в результате механической и химической кольматации фильтров и прифильтровой зоны, вследствие чего высота столбов воды в северной части внешнего контура достигает 15 м.

3. *Опасность прорывов воды вследствие наличия карста.* Уже на стадии проектирования подземный рудник был признан потенциально опасным по внезапным прорывам воды из карстовых пустот. Размер карстовых полостей изменяется от нескольких до сотен метров. Большинство карстовых полостей имеют гидравлическую связь. Вскрытые при ведении геологоразведочных работ полости были заполнены напорными водами и глинистым материалом, первоначальные водопритоки достигали 350 м³/ч. На глубину развитие карста прослежено до отметки –247 м (А.В. Крутиков, Н.И. Соломин, Т.В. Уша-

кова). При этом уровень подземных вод комплекса палеозойских пород на месторождении снижен ниже отметки – 60 м и лишь на отдельных участках центральной и южной части – до горизонта –120 м (М.М. Бураков, 2017 г.). Из этого следует, что карстующиеся известняки, расположенные в основном в северной части рудника, осушены, как и другие палеозойские породы, только до отметки – 60 м. Здесь известняки наиболее водообильны, а древний карст развит в двух формах – поверхностной и глубинной.

Поверхностный карст прослеживается по известнякам более чем на 200 м в глубину от поверхности палеозойских пород. Представлен он воронками, которые с глубиной переходят в колодцы и шахты. Карстовые воронки наблюдаются в основном вдоль контактов известняков с рудной зоной и по тектоническим нарушениям. Карст заполнен глинами коры выветривания.

Глубинный карст представлен карстовыми полостями. На северном фланге горного массива шахты прослежена полость в интервале глубин от –17,6 до –247 м. Таким образом, размер полости по вертикали составляет более 230 м.

Динамика дебитов скважин, вскрывших карстовые полости и имеющих гидравлическую связь с палеозойским водоносным горизонтом, характеризовалась двумя периодами. В течение первого периода дебиты скважин были обусловлены статическими запасами карстовых полостей, а в течение второго периода – динамическими запасами палеозойского водоносного комплекса. Вместе с тем водоизлив из ряда скважин, вскрывших карстовые полости, после срабатывания статических запасов прекращался. Из этого следует, что были вскрыты изолированные заполненные водой полости (С.В. Кравчук, В.Н. Квачев). Такие полости даже при осушении окружающего массива являются потенциальным источником прорывов [20, 21]. При ведении очистных работ в зоне карстующихся известняков возможны прорывы подземных вод в горные выработки. Предпосылками прорывов в данном случае являются взрывные работы и процесс формирования мульды сдвижения.

Результаты исследований

В результате исследования особенностей гидрогеологических и инженерно-геологических условий горного массива Соколовского месторождения получены данные, позволяющие уточнить сложные условия разработки месторождения для определения мер безопасности при ведении горных работ. Изучение основных природных факторов определило ряд опасностей, представляющих угрозу для безопасного ведения горных работ: прорывы обводненных песчано-глинистых отложений, наличие закритичных значений высоты остаточных водяных столбов в меловом горизонте и прорывы обводненных масс вследствие наличия карста.

Таким образом, с учетом полученных данных в современных условиях работы рудника проводятся мероприятия по снижению вероятности прорывов обводненных песчано-глинистых отложений: определяются границы опасных по прорывам зон, горные и буровые работы в опасных зонах для спуска воды и в затопленных выработках выполняются в соответствии с проектами. Проекты в соответствии с требованиями «Правил промышленной безопасности» [18] содержат мероприятия по обеспечению безопасности работ:

- меры по безопасности работ и защите от прорывов воды;
- очередность проходки горных выработок, дренажных и опережающих скважин, их параметры;
- местонахождение выработок, опасных по прорывам воды;
- местонахождение скважин и перемычек.

Для обеспечения безопасности горных работ на участках, опасных в отношении прорыва в выработки, предусмотрен следующий особый порядок ведения работ:

- предварительно производится бурение передовых разведочных скважин с постоянным опережением не менее 10 м, при этом бурение опережающих скважин производится под непосредственным наблюдением лиц контроля, в том числе из числа работников вентиляционного контроля;

- скважины, пересекающие водоносные горизонты, за исключением наблюдательных, в обязательном порядке тампонируются, для этого организация, проводящая буровые работы, составляет геологический отчет, в котором отражает на планах и в каталогах координат местоположение устьев, забоев и пересечений залежей и выработок всеми буровыми скважинами.

В действующих выработках с нахождением работников, где проявления обводненных песчано-глинистых отложений представляют собой наибольшую опасность, околовольные двory и главные водоотливные установки ограждаются от остальных выработок шахты водонепроницаемыми перемычками, рассчитанными на максимально возможное давление воды, пльвунов или пульпы. Дополнительно требованиями «Правил промышленной безопасности» [18] регламентируется система наблюдения, оповещения об авариях, позиционирования и поиска персонала, которые должны быть работоспособны до аварии, во время аварии и после ликвидации аварии.

Повышает безопасность горных работ постоянный контроль выполнения требований промышленной безопасности горных работ на участках, опасных в отношении прорыва в выработки воды. Контроль осуществляется со стороны действующих ответственных лиц предприятия, а также со стороны органов государственного надзора.

Но для надежного прогнозирования формирования и реализации прорывов обводненных песчано-глинистых отложений в конкретных участках массива необходимы исследования геологической среды с целью предотвращения этих опасных проявлений, совершенствования мер и средств обеспечения безопасности персонала. Неосушенный олигоценый горизонт, наличие локальных сосредоточений значительных запасов подземных вод в воронках обрушения, карстовых полостях, тиксотропность пород, процесс сдвигания создают угрозу внезапных катастрофических прорывов обводненных песчано-глинистых отложений.

Выводы

В настоящее время основные факторы, угрожающие безопасности в масштабах месторождения исследованы, мероприятия и рекомендации для данной стадии изучения массива в целом разработаны. Тем не менее проблема обеспечения безопасности полностью не снята. При этом мероприятия в масштабах всего шахтного поля, например, осушение олигоценого горизонта, неоправданно дороги. Для дальнейшего полноценного решения вопроса обеспечения безопасности необходима разработка алгоритма детальных исследований, сосредоточенных на локальном участке планируемого к отработке рудного блока, направленных на обеспечение безопасности и создание оптимальной технологической схемы работ для конкретных горно-геологических условий.

В статье рассмотрена часть факторов, влияющих на безопасность горных работ шахты «Соколовская»: наличие обводненного и слабо изученного олигоценого горизонта, закритичные значения остаточных столбов воды в меловом горизонте, наличие карстующихся известняков и литологические особенности обводненных покровных отложений.

В настоящее время имеется значительный объем информации об инженерно-геологических условиях горного массива месторождения, на основании чего разработаны мероприятия для обеспечения промышленной безопасности, технологические решения добычи полезного ископаемого [5 – 8, 22 – 23]. Вместе с тем на сегодняшней стадии отработки месторождения выявилась необходимость детального изучения конкретных

гидрогеологических и геомеханических условий на локальных участках с целью повышения эффективности мероприятий по обеспечению безопасности, планируемых для организации очистных работ, а именно:

- дифференциация олигоценового горизонта в пределах шахтного поля по степени обводненности;
- дифференциация мелового горизонта в пределах шахтного поля по степени обводненности;
- выявление основных путей миграции подземных вод в пределах массива месторождения с целью их перехвата для осушения локальных участков по мере необходимости;
- изучение параметров изменения взрывных работ для предотвращения тиксотропного разжижения глинистых отложений в зоне обрушения с целью предотвращения или минимизации прорывов песчано-глинистых отложений в очистное пространство;
- выявление участков карстующихся пород в зоне влияния горных работ и выполнение соответствующих мероприятий по обеспечению требований охраны труда и промышленной безопасности.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году». Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/hniVNLexTC.pdf Дата обращения 25.05.2019
2. Гликман А.Г. О причинах роста техногенных катастроф [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.newgeophys.spb.ru/ru/article/rost_tehnogennih_katastrof/ Дата обращения 25.05.2019
3. Общий производственный травматизм в Казахстане за последние 5 лет снизился на 23,3 % . Официальный сайт Премьер-Министра Республики Казахстан 26.07.2016. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://primeminister.kz/ru/news/zdravooohranenie/obshchii-proizvodstvennii-travmatizm-v-kazahstane-za-poslednie-5-letsnizilsya-na-233-mzsr-rk-12564>. Дата обращения 29.05.2019
4. Мы пренебрегаем безопасностью труда. Сайт inbusiness.kz. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://inbusiness.kz/ru/news/%C2%ABmy-prenebregaem-bezopasnostyu-truda%C2%BB>. Дата обращения 25.05.2019
5. Усанова А.В. Особенности исследования деформаций поверхности при подземной разработке Соколовского железорудного месторождения на основе архивных радарных снимков / А.В. Усанова // Маркшейдерия и недропользование. – 2018. - № 3. - С. 29 - 35.
6. Усанов С.В. Обеспечение промышленной безопасности при разработке Соколовского железорудного месторождения подземным способом в условиях обводненной налегающей толщи / С.В. Усанов, А.В. Крутиков, В.В. Мельник // Проблемы недропользования. – 2018. – № 4 – С. 82 – 89. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.04.082.
7. Балек А.Е. Совершенствование подземной разработки Соколовского месторождения системами с обрушением в условиях обводненных налегающих пород / А.Е. Балек, А.Д. Сашурин, Т.Ф. Харисов // Проблемы недропользования. – 2019. - № 1. - С. 5 – 13. DOI: 10.25635/2313-1586.2019.01.005.
8. Ефремов Е.Ю. Обоснование критерия завершения процесса воронкообразования / Е.Ю. Ефремов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. - № 4. - С. 12 - 21.
9. Исаченко О.С. Соколовский подземный рудник / О.С. Исаченко, С.В. Верин, А.И. Раков // Горный журнал. - 2004. - № 7. – С. 37 – 42.

10. Минералогия чеганских глин и её инженерно-геологическое значение / Н.Г. Максимович, Е.А. Меньшикова, С.В. Казакевич, В.Г. Шлыков // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Червинского: сборник научных статей / Пермский университет. – Пермь, 2000. - С. 40 - 43.
11. Бетехтин А.Г. Курс минералогии / А.Г. Бетехтин. – М.: ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1956. – 558 с.
12. Далатказин Т.Ш. Прогноз последствий затопления Березовского подземного рудника / Т.Ш. Далатказин, Ю.П. Коновалова // Проблемы недропользования. - 2017. - № 3 (14). - С. 60 - 66. – DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.060.
13. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология / В.Д. Ломтадзе. – М.: Недра, 1970. – 528 с.
14. Billig K. Thixotropic clay suspensions and their use in Civil Engineering / K. Billig // Civil Engineering and Public Works Review. –1969. - vol. 56, № 665; vol. 57, № 666, 667, 668.
15. Felhmann H. Die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten bei Senk-astengründungen / H. Felhmann // Schweizerische Bauzeitung. – 1958. - № 40. – P. 78 – 91.
16. Cook N.G.W. The Failure of Rock / N. G. W. Cook // International J. Rock Mechanics and Mining Science. - 1965. –Vol. 2. - № 1. - P. 389 - 403.
17. Yang T, Gong S. Microscopic analysis of the engineering geological behavior of soft clay in Shanghai, China / T. Yang, S. Gong // Bull. Eng. Geol. Environ. – 2010. - Vol. 69. - № 4. - P. 607 – 615.
18. Далатказин Т.Ш. Исследования последствий затопления Турьинского медного рудника / Т.Ш. Далатказин, Т.Ф. Харисов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 2017. - № 8. - С. 65 - 73. DOI: 10.21440./0536-1028-2017-65-73.
19. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы, утв. приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010247>
20. Мельник В.В. Осушение рудных тел в условиях повышенной обводненности и закарстованности налегающей толщи / В.В. Мельник, А.Л. Замятин // Проблемы недропользования. – 2018. – №1 (16). - С. 105-111. - DOI: 10.25635/2313-1586.2018.01.105.
21. Мельник В.В. Диагностика карстопроявлений при проведении инженерно-геологических изысканий / В.В. Мельник // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 7 – С. 275 - 278.
22. Едигенов М.Б. Гидрохимические геориски центральной промплощадки АО «ССГПО» / М.Б. Едигенов // Горный журнал Казахстана. – 2015. - № 10. – С. 12 - 15.
23. Едигенов М.Б. Рекомендации по осушению горных выработок, ведению мониторинга и охране окружающей среды на Ломоносовском месторождении железных руд / М.Б. Едигенов // Геология и охрана недр. - 2015. - № 1 (54). - С. 54 - 64.