

Ю.И. Кутепов, А.С. Миронов, Ю.Ю. Кутепов, М.В. Саблин, Е.Б. Боргер

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ СВИТЫ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОД ГИДРООТВАЛОМ

Аннотация. Рассмотрены проблемы разработки угольных месторождений под водными объектами, приведены горно-геологические условия участка «Благодатный» шахты им. А.Д. Рубана, на поверхности которого располагается открытая горная выработка, частично использованная для размещения намывных пород; дана характеристика гидроотвала как гидротехнического сооружения и рассмотрено инженерно-геологическое строение намывного массива; выявлены потенциально опасные зоны в подрабатываемом породном массиве по условиям формирования водопритоков в горные выработки при отработки свиты пластов; произведены определения безопасной глубины отработки свиты угольных пластов в зависимости от типа водного объекта-гидроотвала; геомеханическим расчетным способом выполнено определение «зоны водопродводящих трещин» (ЗВТ) для условий шахты, с учетом которой выполнена оценка безопасной глубины отработки угля под гидроотвалом; показано, что при обоснованной геомеханическим расчетом ЗВТ ведение подземных горных работ по выемки свиты пластов под гидроотвалом безопасно.

Ключевые слова: подземная разработка угольных месторождений, подработка, водный объект, сдвигание, гидроотвал, безопасная глубина отработки, зона водопродводящих трещин.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-217-226

Введение

Одной из важнейших проблем подземной разработки угольных месторождений является извлечение запасов под водными объектами естественного происхождения — ручьями, реками, озерами, морями и пр. [11, 12].

Интенсификация угольной отрасли в основных бассейнах РФ связана с концентрацией горных работ на небольших участках, применением различных способов (открытого и подземного) и технологий (строительных, рекультивационных, ликвидационных и пр.), строительством в пределах шахтных полей специальных гидротехнических сооружений водоотведения и водонакопления: каналов, водохранилищ, прудов, гидроотвалов, шламонакопителей и пр., а также затоплением

горных выработок и породных массивов ликвидируемых шахт и разрезов. Данные обстоятельства существенно осложняют условия разработки угольных месторождений за счет появления в зонах подземной отработки новых водных объектов техногенного происхождения и определяют разработку мероприятий по обеспечению безопасности ведения горных работ в сложных гидрогеологических условиях.

Решение проблемы отработки полезного ископаемого под водными объектами требует рассмотрения двух вопросов: предотвращение опасных поступлений воды и насыщенных водой пород в горные выработки; обеспечение сохранности и нормальной эксплуатации подрабатываемого водного объекта [6, 7, 13].

В данной статье применительно к условиям шахты им. А.Д. Рубана в Ленинск-Кузнецкого экономического района Кемеровской области рассмотрим варианты решения вопроса отработки свиты угольных пластов под гидроотвалом вскрышных пород, являющимся, с одной стороны, водным объектом, а с другой — гидротехническим сооружением, которое относится к опасным производственным объектам и подпадает под действие ФЗ № 117 «О безопасности гидротехнических сооружений».

Шахта им. А.Д. Рубана отрабатывает пласты Польшаевский II, Надбайкаимский и Байкаимский на участках Красноярский и Магистральный Егозово — Красноярского угольного месторождения. В ближайшей перспективе шахтой планируется отработка данных пластов на новом участке — Перспективном, на поверхности которого находится открытая горная выработка по пласту Красногорский II, частично используемая под гидроотвал вскрышных пород. Данный объект является гидротехническим сооружением, поэтому представляет собой водный объект, создает угрозу безопасности производства подземных горных работ и объектов на поверхности земли в случае возникновения гидродинамической аварии на дамбах.

При подработке гидроотвала в результате развития процессов сдвижения происходит изменение структуры подрабатываемого массива, а также фильтрационных и физико-механических свойств пород. Кроме того, наблюдается изменение в мульде сдвижения углов наклона поверхности земли и геометрических параметров сооружения, что в купе с трансформацией напряженного состояния и свойств пород приводит к закономерному ухудшению инженерно-геологических и гидрогеологических условий, и может привести к развитию неблагоприятных гидрогеомеханических процессов, как

для гидротехнического сооружения, так и шахты. Подработка гидроотвала может спровоцировать нарушение устойчивости дамб сооружения и образование прорана с последующим развитием гидродинамической аварии.

При формировании ЗВТ — зоны водопроводящих трещин в подработанном массиве возникает угроза прорыва воды и пульпы через зону техногенной трещиноватости в подземные горные выработки [9].

В пределах участка шахтного поля выделяются пять типов пород: намывные и насыпные техногенные, неоген-четвертичные покровные, выветренные и не затронутые выветриванием пермские угленосные. Неоген-четвертичные отложения сплошным покровом залегают на коренных породах, характеризуются суглинистым составом, имеют мощность от 10 м до 45 м. Угленосная толща представлены чередованием мощных слоев песчаников, алевролитов, реже аргиллитов, пластов и пропластов угля. Выветренные породы фиксируются в разрезе участка до глубины 40÷50 м от поверхности коренных отложений. Для отработки участком Благодатный намечены угольные пласты Польшаевский II, Надбайкаимский и Байкаимский с средними мощностями соответственно 4,7; 2,4 и 2,8 м. В пределах шахтного поля выделяются два основных водоносных комплекса, развитых в неоген-четвертичных и углевмещающих породах. Последний характеризуется развитием в верхней приповерхностной части развитием водоносного горизонта выветрелых коренных пород. Кроме того, в теле гидроотвала сформировался техногенный водоносный горизонт, гидродинамический режим которого определяется наличием пруда осветленной воды.

Анализ горно-геологических условий залегания рассматриваемой свиты угольных пластов позволяет априорно

наметить потенциально опасные зоны, подработка которых может сопровождаться незначительными, либо кратковременными интенсивными, водопроявлениями.

К таким опасным зонам можно отнести следующие:

- приповерхностный водоносный горизонт подземных вод, приуроченный к выветренной зоне коренных пород;
- водонасыщенная толща намывных отложений гидроотвала;
- зоны неустойчивой кровли и размывов пласта Польшаевский-II, приуроченные к тектоническим нарушениям;
- участки интенсивного развития тектонических нарушений;
- зоны неустойчивой кровли, связанные с отсутствием или с малой мощностью алевролитов;
- барьерные целики разведочных скважин, качество тампонажа которых неизвестно [10].

Гидроотвал расположен в горных выработках пласта Красногорского II, по проекту относится к I классу, состоит из следующих элементов гидротехнических сооружений (ГТС): намывного массива, сформированного в емкости (чаша) выработанном пространстве пласта Красногорского II; трех ограждающие дамб, сложенных техногенными вскрышными породами разреза «Моховский»; систем гидротранспорта и оборотного водоснабжения (рис. 1). Намывной массив в выработке пласта сформирован средствами гидромеханизации из вскрышных неоген-четвертичного возраста, имеет мощность до 60 м, характеризуется неоднородным строением по составу и консистенции. В плане его можно в плане разделить на зоны песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых пород, а в разрезе на подзоны текучих и пластичных пород. При этом текучие суглинки слагают верхнюю часть намывной толщи мощностью от 10 м в песчано-супес-

чаной зоне до 35 м — в глинистой зоне [5].

Обоснование возможности отработки пластов под гидроотвалом

Предварительный анализ геологических условий разработки пласта Польшаевский-II под гидроотвалом позволяет выделить ряд благоприятных факторов, открывающих перспективу успешной подработки выделенных выше водных объектов (опасных зон). К ним относятся:

- мощный чехол четвертичных отложений, сложенный преимущественно породами глинистого состава, который ограничивает фильтрационное питание приповерхностного водоносного горизонта подземных вод за счет атмосферных осадков и условия восполнения его запасов при дренаже горными выработками;
- низкие фильтрационные свойства приповерхностного водоносного горизонта подземных вод на водоразделах и склонах;
- расположение пласта Польшаевский-II и вмещающих пород на крыльях синклинали и водоразделах, где их обводненность характеризуется как незначительная;
- заилённость трещин в алевролитах и аргиллитах, расположенных в зоне выветривания коренных пород и приуроченных к зоне активного водообмена;
- мягкопластичная и тугопластичная консистенция намывных пород, размещенных в гидроотвале десятилетия назад и подвергнувшихся процессу консолидации.

Однако, несмотря на выделенные благоприятные факторы, гидроотвал все равно следует рассматривать в качестве водного объекта, под которым планируется вести подземные горные работы. Оценка безопасных условий ведения горных работ в данном случае следует производить в соответствии с действующей

щими «Правилами охраны...» [3], начиная с определения типа данного водного объекта. Обоснование типа водного объекта осуществляется на основании информации о мощности, вещественном составе, физико-механических и фильтрационных свойствах донных отложений и пород основания подрабатываемого водного объекта. Поскольку специальных исследований по изучению строения, состояния и свойств гидроотвала выполнено не было, то в настоящее время, до их выполнения, можно лишь произвести оценку безопасной отработки свиты пластов под гидроотвалом на основании имеющегося многолетнего опыта изучения гидроотвалов Кузбасса [1, 2].

Следует отметить, что в зависимости от отнесения водного объекта (гидроотвала) к тому или иному типу (группе) безопасная глубина отработки по пласту Польшаевский II может варьировать в широких пределах. Крайние неблагоприятными условиями при этом следует считать расположение гидроотвала на водопроницаемом основании, имеющим гидравлическую связь с зоной активного водообмена в коренных породах. В этом варианте гидроотвал и приповерхностный водоносный горизонт, приуроченный к зоне свободного водообмена в трещиноватых коренных породах, представляет единый водоносный комплекс. За нижнюю границу подрабатываемого водного объекта, от которой отсчитывается безопасная глубина, следует принимать границу зоны свободного водообмена в коренных выветренных породах, залегающую на глубине 130 м от поверхности. При средней вынимаемой мощности пласта $m_1 = 4,7$ м и отношении суммарной мощности залегающих под водным объектом аргиллитов, алевролитов к мощности подрабатываемой толщи пород больше 0,4 согласно п. 6.8 «Правил...», безопасная глубина отработки пласта Польшаевский II составляет:

$$H_{61} = 40 \times m_1 = 40 \times 4,7 = 188 \text{ м}, \quad (1)$$

Минимальная глубина залегания верхнего пласта Польшаевский II под водным объектом в пределах участка составляет 120 м, поэтому отрабатывать его не допустимо без применения определенных горных мероприятий, связанных с уменьшением безопасной глубины (рис. 2, Вариант 1).

При этом залегающие ниже по разрезу углевещающей толщи пласты Надбайкаимский и Байкаимский при совместной отработке имеют расчетную безопасную глубину ($H_{6(2+3)}$), которая не достигает нижнего контура подрабатываемого водного объекта (см. рис. 2, Вариант 1). Данные условия допускают возможность отработки их в нисходящем порядке последовательным или совместным способом.

Наиболее перспективным в плане безопасной отработки, рассматриваемой свиты пластов является вариант, который предполагает, что на дне гидроотвала сформировались плотные отложения мощностью не менее 10 м, идентичные по фильтрационным свойствам водоупорным глинам. В этом случае данный водный объект относится к II группе и за его нижнюю границу можно принять дно гидроотвала. В соответствии с п. 6.8 «Правил...» безопасная глубина для пласта Польшаевский II следует оценивать, исходя из следующего соотношения:

$$H_{61} = 20m_1 = 20 \times 4,7 = 94 \text{ м}, \quad (2)$$

Данное значение безопасной глубины отработки верхнего пласта открывает возможность полной его выемки под гидроотвалом (рис. 2, Вариант 2) без применения определенных горных мероприятий.

Подводя итог сделанным выше расчетам, следует отметить, что они выполнялись на основании рекомендаций действующего в отрасли нормативно-методического документа, который регламентирует

использования в первом варианте «зоны водопроницаемых трещин» равной $40m_1$ (2). Однако в реальных условиях угольных месторождений величина ЗВТ может быть меньше, а иногда и больше. Зависит она, во многом, от деформационного поведения и физико-механических свойств подрабатываемых пород.

Инженерно-геологические условия шахт г. Ленинск-Кузнецка, отрабатывающие угольные пласты Кольчугинской серии, характеризуются наличием углевмещающих пород не высокой степени метаморфизма, соответствующей марки угля Д. Данные породы имеют глинистый цемент, не высокие прочностные и деформационные свойства, поэтому можно предположить, что ЗВТ при их подработке подземными горными выработками будет меньше нормативного значения [8]. Следует отметить, что прямых определений ЗВТ в районе не производилось.

В данной работе нами использовался расчетный геомеханический способ [4, 11], преимуществом которого по сравнению с методикой определения безопасной глубины подработки водных объектов, изложенной в действующих «Правилах охраны...», является повышение точности определения высоты зоны водопроницаемых трещин при одновременном повышении достоверности и оперативности за счет того, что исходные данные для расчетов берутся с геологических колонок, полученных по существующим разведочным скважинам или дополнительно пробуренным с целью уточнения геологического строения оперативными методами геофизического каротажа этих скважин.

В настоящее время изложенный способ используется узким кругом специалистов, занимающихся вопросами безопасного ведения горных работ подземными объектами. На практике уже существуют единичные случаи проверки действенности данного расчетного спо-

соба методами натурного определения высоты ЗВТ в конкретных горно-геологических условиях (например, на шахте «Октябрьская»), которые показали хорошую сходимость результатов расчета и натуральных исследований.

Высота зоны водопроницаемых трещин (ЗВТ) определялась, исходя из нахождения в подрабатываемом массиве слоя с изгибом равным граничной кривизне. Граничная кривизна — это максимальная кривизна слоя, приуроченного к верхней границе ЗВТ. Поэтому расстояние по вертикали от кровли пласта до этого слоя будет являться высотой ЗВТ. Граничная кривизна является объективной характеристикой и зависит от содержания в толще пород глинистого состава и распределения по мощности слоев подрабатываемой толщи. Высота распространения зоны водопроницаемых трещин в кровле отрабатываемого пласта Польшаевского II, определенная расчетным геомеханическим способом, составила $26m = 124$ м без привлечения результатов наблюдений за деформациями земной поверхности.

Заключение

Выполненная геомеханическим методом оценка безопасной глубины подработки рассматриваемого водного объекта позволяет рекомендовать отрабатывать верхний пласт Польшаевский II независимо от свойств намывных пород и местоположения границы водного объекта. Соответственно, нижние два пласта при таком параметре ЗВТ могут отрабатываться безопасно без всяких ограничений.

Подытоживая результаты выполненного обоснования безопасной глубины подземной отработки свиты угольных пластов под гидроотвалов, следует отметить перспективность данного вопроса как для условий шахт г. Ленинск-Кузнецка, так и разработки других угольных и

рудных месторождений подземным способом. Полученное геомеханическим методом расчетное значение безопасной глубины подработки гидроотвала требует проверки и подтверждения натурными методами исследований. Такие исследования в настоящее время намечены на участках «Магистральном» и

«Благодатный». К сожалению, вопрос сохранности гидроотвала, в связи с ограниченностью объема статьи, остался вне рассмотрения. Это большое и самостоятельное исследование, рассматривающее вопросы сдвижения горных пород и устойчивости откосов гидротехнических сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутепов Ю.И., Кутепова Н.А. Техногенез намывных отложений // Геоэкология. — 2003. — № 5. — С. 405–413.
2. Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях. Ч. II. Обоснование оптимальных параметров отвальных сооружений. — Л.: ВНИМИ, 1990. — 55 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. — СПб., 1998. — 291 с.
4. Гусев В.Н., Миронов А.С., Илюхин Д.А. Способ определения высоты зоны водопродвижения трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях. Патент № 2477792, опубл. 20.03.2013, Бул. № 8.
5. Kuterov, Yu.I., Kuterova N.A., Karasev M.A., Vasilieva A.D., Kuterov Yu. Yu. Hydrogeomechanical processes in development of spoil dumps and hydraulic fills. In V. Litvinenko (Ed.) EUROCK 2018: Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses. Proceedings of the 2018 European rock mechanics symposium (EUROCK 2018, Saint Petersburg, Russia, 22–26 may 2018). 2018, pp. 1645–1652. CRC Press.
6. Zubkov V. V., Zubkova I. A. Zones of technogenic water-conducting cracks by room-and-pillar mining. In V. Litvinenko (Ed.) EUROCK 2018: Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses. Proceedings of the 2018 European rock mechanics symposium (EUROCK 2018, Saint Petersburg, Russia, 22–26 may 2018). 2018, pp. 1081–1084. CRC Press.
7. Зубков В.В., Зубкова И.А. Формирование зоны техногенных водопродвижающих трещин над очистной выработкой // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 05 (59). — С. 172–175.
8. Гусев В.Н. Геомеханика техногенных водопродвижающих трещин. — СПб., 1999.
9. Акимов А.Г., Громов В.В., Бошенятов Е.В. Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений. — СПб.: ВНИМИ, 2003.
10. Galperin A. M. et al. Hydrogeology and Engineering Geology: Geotechnika — Selected Translations of Russian Geotechnical Literature 8. 1993, 377 p.
11. Гусев В.Н. Прогноз безопасных условий разработки свиты угольных пластов под водными объектами на основе геомеханики техногенных водопродвижающих трещин // Записки Горного института. — 2016. — № 5. — С. 638–643.
12. Гвирцман Б.Я., Кацнельсон Н.Н., Бошенятов Е.В., Нестеров Г.А., Самарин В.П. Безопасная выемка угля под водными объектами. — М.: Недра, 1977. — 175 с.
13. Newman C., Agjoutantis Z., Boede G., Leon J. Assessment of potential impacts to surface and subsurface water bodies due to longwall mining. International Journal of Mining Science and Technology. 2017, Vol. 27(1), Pp. 57–64. **WAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кутепов Юрий Иванович¹ — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией, e-mail: koutepov@mail.ru,

Миронов Александр Сергеевич¹ — кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: mironov1940@mail.ru,

Кутепов Юрий Юрьевич¹ — аспирант, инженер, e-mail: KuterovYY@ya.ru,

Саблин Максим Викторович² — главный инженер, e-mail: SablinMV@suek.ru,
Боргер Елена Борисовна² — главный маркшейдер, e-mail: BorgerEB@suek.ru,
¹ Санкт-Петербургский Горный университет,
² АО «СУЭК-Кузбасс», шахтоуправление им. А.Д. Рубана.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 8, pp. 217–226.

Substantiation of safe underground mining in series of coal seams under hydraulic fill

Kutepov Yu.I.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Laboratory, e-mail: koutepovy@mail.ru,
Mironov A.S.¹, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Leading Researcher, e-mail: mironov1940@mail.ru,
Kutepov Yu.Yu.¹, Graduate Student, Engineer, e-mail: KutepovYY@ya.ru,
Sablin M.V.², Chief Engineer, e-mail: SablinMV@suek.ru,
Borger E.B.², Chief Surveyor, e-mail: BorgerEB@suek.ru,
¹ Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia,
² JSC «SUEK-Kuzbass», Mine Administration named after Ruban,
652507, Leninsk-Kuznetsk, Kemerovo region, Russia.

Abstract. The problems of coal mining under water bodies, among which hydraulic fills at open pit coal mines take an exceptional position, are discussed. The article describes geological conditions of Blagodatny site of A.D. Ruban Mine, on the surface of which there is an open pit partly used for placement of alluvium. The hydraulic fill is characterized as a waterworks, near-surface geological structure of alluvium mass is discussed and potentially hazardous zones in undermined rock mass are detected with regard to origination of water intrusions in underground excavations in a series of coal seams. The safe mining depth is determined as function of the type of the water body–hydraulic fill, geomechanical analysis is performed to determine a “permeable fractured zone” (PFZ) and, thereupon, the depth of safe coal mining under the hydraulic fill is estimated. It is shown that underground mining in series of coal seams under hydraulic fill is safe if PFZ is validated and permitted by the appropriate geomechanical analysis.

Key words: underground coal mining, undermining, water body, movement, hydraulic fill, safe mining depth, permeable fractured zone.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-217-226

REFERENCES

1. Kutepov Yu. I., Kutepova N. A. Tekhnogenez namyvnykh otlozheniy [Technogenesis of alluvial deposits]. *Geoekologiya*. 2003, no 5, pp. 405–413.
2. *Ukazaniya po metodam gidrogeomekhanicheskogo obosnovaniya optimal'nykh parametrov gidrootvalov i otvalov na slabykh osnovaniyakh*. CH. II. Obosnovanie optimal'nykh parametrov otval'nykh sooruzheniy [Guidelines on hydro-geomechanical substantiation of optimal parameters for hydraulic fills and dumps on weak bases. Part. II. Validation of optimal parameters of dumps], Leningrad, VNIMI, 1990, 55 p.
3. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob'ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh* [Guidance on protection of structures and nature bodies from underground coal mining impact], Saint-Petersburg, 1998, 291 p.
4. Gusev V. N., Mironov A. S., Ilyukhin D. A. *Patent RU 2477792*, 20.03.2013.
5. Kutepov, Yu. I., Kutepova N. A., Karasev M. A., Vasilieva A. D., Kutepov Yu. Yu. Hydrogeomechanical processes in development of spoil dumps and hydraulic fills. In V. Litvinenko (Ed.) *EUROCK 2018: Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses. Proceedings of the 2018 European rock mechanics symposium (EUROCK 2018, Saint Petersburg, Russia, 22–26 may 2018)*. 2018, pp. 1645–1652. CRC Press.
6. Zubkov V. V., Zubkova I. A. Zones of technogenic water-conducting cracks by room-and-pillar mining. In V. Litvinenko (Ed.) *EUROCK 2018: Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses. Proceedings of the 2018 European rock mechanics symposium (EUROCK 2018, Saint Petersburg, Russia, 22–26 may 2018)*. 2018, pp. 1081–1084. CRC Press.
7. Zubkov V. V., Zubkova I. A. Formirovanie zony tekhnogennykh vodoprovodyashchikh treshchin nad ochistnoy vyработкой [Initiation of induced permeable fractures above roadways]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2017, no 05 (59), pp. 172–175. [In Russ].
8. Gusev V. N. *Geomekhanika tekhnogennykh vodoprovodyashchikh treshchin* [Geomechanics of induced permeable fractures], Saint-Petersburg, 1999.

9. Akimov A. G., Gromov V. V., Boshenyatov E. V. *Geomekhanicheskie aspekty sdvizheniya gornykh porod pri podzemnoy razrabotke ugol'nykh i rudnykh mestorozhdeniy* [Geomechanical aspects of rock mass movement during underground mining of coal and ore deposits], Saint-Petersburg, VNIMI, 2003.

10. Galperin A. M. et al. *Hydrogeology and Engineering Geology: Geotechnika Selected Translations of Russian Geotechnical Literature* 8. 1993, 377 p.

11. Gusev V. N. Prognoz bezopasnykh usloviy razrabotki svity ugol'nykh plastov pod vodnymi ob'ektami na osnove geomekhaniki tekhnogennykh vodoprovodyashchikh treshchin [Prediction of safe mining conditions in series of coal seams under water bodies based on geomechanics of induced permeable fractures]. *Zapiski Gornogo instituta*. 2016, no 5, pp. 638–643. [In Russ].

12. Gvirtzman B. YA., Katsnel'son N. N., Boshenyatov E. V., Nesterov G. A., Samarin V. P. Bezopasnaya vyyemka uglya pod vodnymi ob'ektami [Safe coal mining under water bodies], Moscow, Nedra, 1977, 175 p.

13. Newman C., Agioutantis Z., Boede G., Leon J. Assessment of potential impacts to surface and sub-surface water bodies due to longwall mining. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017, Vol. 27(1), Pp. 57–64.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ПОВЫШЕНИИ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
(№ 1153/08-18, № 1154/08-18 от 07.06.2018 г.; 11 с.)**

Карпенко Сергей Михайлович¹ — кандидат технических наук, доцент,

Иброхимов Анвар Нематугли¹ — магистрант,

¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

Для повышения эффективности мотивации энергосбережения для персонала горных предприятий применена концепция человеческого капитала, позволяющая комплексно оценить роль человека как активного субъекта энергопотребления в процессе повышения энергоэффективности производства. Оценка факторов, влияющих на мотивацию энергосбережения в разрезе различных групп персонала горных предприятий, проведена с помощью экспертного опроса. Выполнен анализ полученных значений средних оценок с применением методов математической статистики (факторный анализ, метод главных компонент). Расчеты, произведенные с помощью ППП STATISTICA, показали, что большинство из рассматриваемых факторов мотивации энергосбережения являются информативными и входят в первые три главные компоненты с достаточно высоким общим вкладом в дисперсию. Результаты исследований могут быть использованы при разработке рекомендаций по внедрению или совершенствованию системы мотивации энергосбережения на горных предприятиях.

Ключевые слова: методы моделирования, управление энергосбережением, промышленные предприятия, календарное планирование, графики Ганта, финансовый анализ, программа энергосбережения, срок окупаемости, анализ рисков и чувствительности.

**APPLICATION OF METHODS OF MODELLING OF PROCESSES ENERGY
SAVING MANAGEMENT AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Карпенко S.M.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,

Ibrokhimov A.N.¹, Master's Degree Student,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

To increase the efficiency of energy saving motivation for the personnel of mining enterprises, the concept of human capital is applied, which allows to assess the role of a person as an active subject of energy consumption in the process of improving the energy efficiency of production. Evaluation of factors influencing the motivation of energy conservation in the context of different groups of personnel of mining companies conducted by the expert survey. The analysis of the obtained values of the average estimates using the methods of mathematical statistics (factor analysis, principal component method). The calculations made with the help of PPPs STATISTICA showed that most of the considered factors of motivation of energy saving are informative and are included in the first three main components with a sufficiently high overall contribution to the variance. The results of the research can be used to develop recommendations for the implementation or improvement of the system of motivation of energy saving in mining enterprises.

Key words: methods of mathematical statistics, human factor, energy efficiency, mining enterprise, category of personnel, expert evaluation, principal component, concordance factor, motivation system.