ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;(6):124-135

УДК 622.841 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-124-135

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТРАБОТКИ СВИТЫ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ШАХТЕ ИМ. А.Д. РУБАНА ПОД ГИДРООТВАЛОМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

М.В. Саблин[1], Е.Б. Боргер[1], Ю.И. Кутепов[2], Ю.Ю. Кутепов[2], А.С. Миронов[2]

[1] АО «СУЭК-Кузбасс», Ленинск-Кузнецк, Россия

[2] Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: KutepovYY@ya.ru

Аннотация: Рассмотрены горногеологические условия участка «Благодатный Глубокий» шахты «Имени А.Д. Рубана» и гидроотвала в открытой горной выработке по пласту «Красногорский-II» филиала «Моховский угольный разрез» в связи с планируемой отработкой нижележащих пластов Полысаевский II, Надбайкаимский и Байкаимский. Сформулированы научно-технические задачи, возникающие при решении проблем обеспечения безопасности подземных горных работ и устойчивости гидроотвала на подработанной территории. Выполнен анализ результатов опытно-промышленного эксперимента по отработке пласта Полысаевский-II лавой № 812 с контролем перемещений глубинных реперов и изменения напоров воды в подработанного массива, а также наблюдений за деформациями поверхности и определена фактическая высота зоны водопроводящих трещин. На основании расчетов определены безопасные глубины отработки пластов под гидроотвалом на участке «Благодатный Глубокий». Сделан вывод о том, что при границе «водного объекта», совпадающей с ложем гидроотвала, водопроводящие трещины в подработанном массиве до него не дойдут. Произведено расчетное геомеханическое обоснование оградительных конструкций при подработке гидроотвала, которое свидетельствует о том, что устойчивость дамб будет обеспечиваться с коэффициентом запаса выше нормативного значения при отработке угольных пластов Полысаевский-II и Надбайкаимский, однако при отработке пласта Байкаимский коэффициент запаса устойчивости уменьшится до значения ниже нормативного. Разработаны мероприятия по обеспечению устойчивости откосов подрабатываемых дамб посредством формирования устойчивой конструкции отсыпкой пригрузов.

Ключевые слова: сдвижение породных массивов, гидроотвал, гидродинамическая авария, «водный объект», подработка, зона водопроводящих трещин, безопасная глубина отработки, устойчивость дамб.

Для цитирования: *Саблин М. В., Боргер Е. Б., Кутепов Ю. И., Кутепов Ю. Ю., Миронов А. С.* Геомеханическое обоснование отработки свиты угольных пластов на шахте им. А.Д. Рубана под гидроотвалом открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 6. – С. 124–135. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-124-135.

Geomechanical study of coal series mining in the Ruban Mine under hydraulic fill of open pit

M.V. Sablin[1], E.B. Borger[1], Kutepov Yu.I.[2], Yu.Yu. Kutepov[2], A.S. Mironov[2]

[1] JSC «SUEK-Kuzbass», Leninsk-Kuznetsk, Russia

[2] Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: KutepovYY@ya.ru

© М.В. Саблин, Е.Б. Боргер , Ю.И. Кутепов , Ю.Ю. Кутепов, А.С. Миронов. 2019.

Abstract: Geological conditions of Blagodatnyi Gluboki site in the Ruban Mine and hydraulic fill formed during open pit mining of Krasnogorski II coal seam of the Mokhovo Open Pit Coal Mine division are analyzed in connection with scheduled mining of lower lying Polysaevski II, Nadbaikaim and Baikaim seams. In this case, the hydraulic fill is a water body, on the one hand, involving hazards associated with water and water-saturated rock breakouts in underground excavations and, on the other hand, is a water-saturated mass which may present an environmental threat in case of an accident. The scientific missions and engineering problems are formulated to ensure the underground mine safety and hydraulic fill stability on the undermined site. The results of the pilot longwall 812 mining of Polysaevski II coal seam with monitoring of deep-seated check point displacements and variation in water pressure in undermined rock mass, as well as with ground surface deformation surveillance are analyzed, and the actual height of water-conducting fracturing zone is determined. The depths of safe mining are calculated for the Blagodatnyi Gluboki coal site under the hydraulic fill. It is concluded that water-conducting fractures in the undermined rock mass will not reach the water body if its boundary fits the hydraulic fill bed. The geomechanical design of shield-type structures for the hydraulic fill undermining shows that safety factor of dams will be higher than standard value in Polysaevski II and Nadbaikaim coal seams while it will drop below the standard in Baikaim seam mining. The structural stability of dam slopes will be provided by means of additional dumping.

Key words: rock mass movement, hydraulic fill, hydrodynamic accident, water body, undermining, water-conducting fracture zone, safe mining depth, dam stability.

For citation: Sablin M. V., Borger E. B., Kutepov Yu. I., Kutepov Yu. Yu., Mironov A. S. Geomechanical study of coal series mining in the Ruban Mine under hydraulic fill of open pit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(6):124-135. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-124-135.

Введение

Интенсификация добычи угля в Ленинском геолого-экономическом районе Кузбасса, характеризующимся наличием большого количества шахт и разрезов, сопровождается неизбежным возникновением конфликтных ситуаций на участках сопряжения, разрешающихся в виде различных геомеханических процессов и явлений. Это обстоятельство предопределяет необходимость их учета при обосновании безопасных условий ведения как подземных, так и открытых горных работ. В частности, шахта «Имени А.Д. Рубана» планирует на участке «Благодатный Глубокий» отработать пласты Полысаевский II, Надбайкаимский и Байкаимский под гидроотвалом вскрышных пород, сформированным в выработке пласта Красногорский-II разреза «Моховский». Гидроотвал представляет собой гидротехническое сооружение, намывной массив которого сложен водонасыщенными текучими «слабыми» глинистыми отложениями мощностью до 60 м.

При извлечении подземным способом законсервированных под ним запасов угля данное намывное сооружение следует рассматривать как «водный объект», опасный по прорыву в подземные горные выработки воды и водопородной смеси. Кроме того, гидроотвал является гидротехническим сооружением, поэтому подработка его подпорных конструкций может спровоцировать развития опасных гидродинамических аварий, сопровождающихся значительными технико-экономическими издержками, а иногда и человеческими жертвами. Обеспечение безопасности функционирования гидроотвала и подземных горных работ под ним требует решение научно-технических задач по обоснованию безопасной глубины отработки свиты угольных пластов под водным объектом и устойчивости гидроотвалов на подрабатываемых территориях.

Рис. 1. Ситуационный план гидроотвала в выработке пл. Красногорский-II филиала «Моховский угольный разрез»
Fig. 1. Site plan of the hydraulic mine dump in former open-pit of Krasnogorsky-II seam of Mokhovsky coal mine

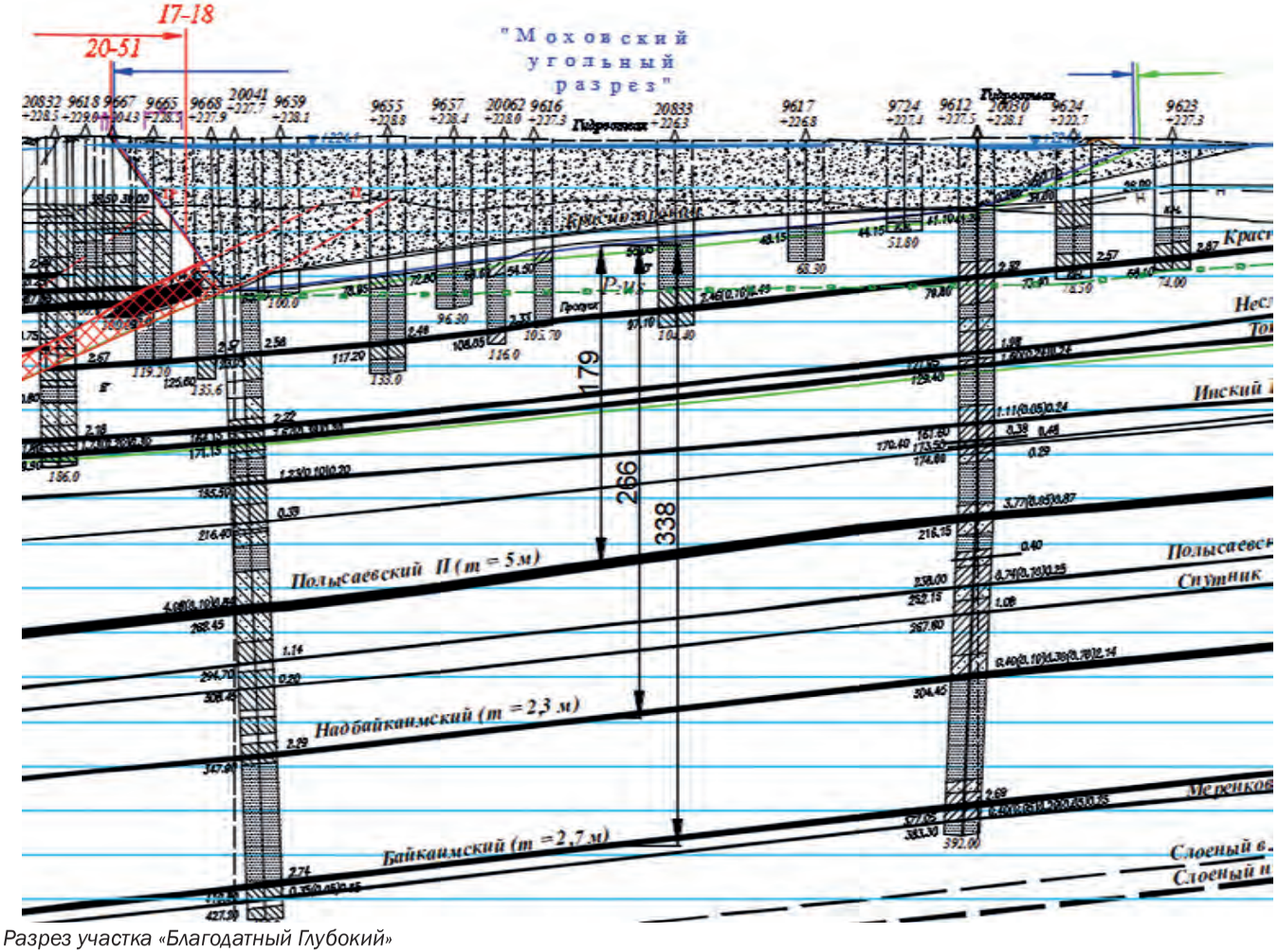

Рис. 2. Разрез участка «Благодатный Глубокий»
Fig. 2. The cross section of the «Blagodatnyy Glubokiy» mine site

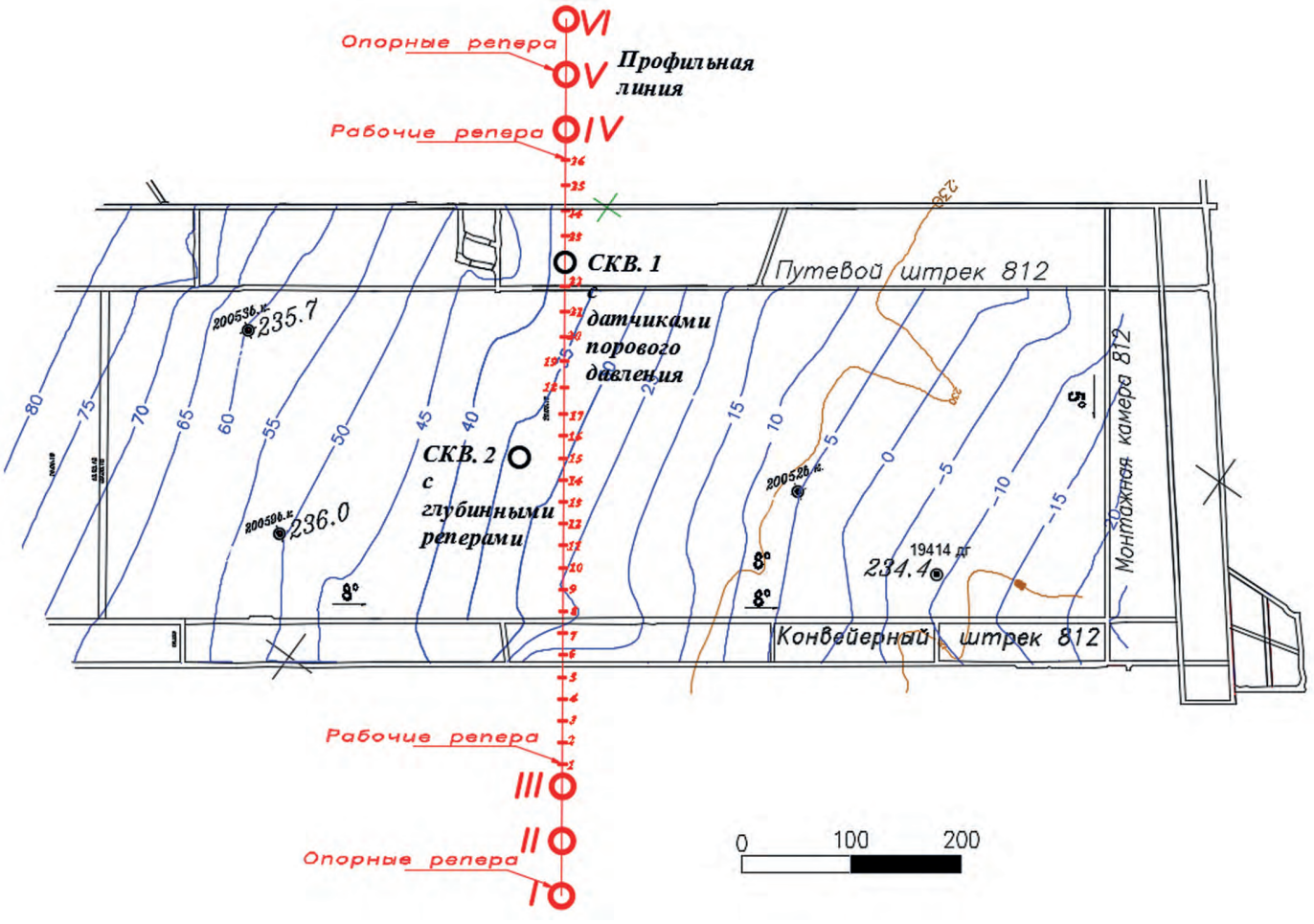

Рис. 3. Комплексная наблюдательная станция для изучения гидрогеомеханического состояния массива горных пород и поверхности
Fig. 3. Integrated observation station to study the hydrogeomechanical state of the rock mass and ground surface

Характеристика гидроотвала

Гидроотвал в выработанном пространстве пласта Красногорский-II находится в пределах горного и земельного отводов предприятия открытой угледобычи «Моховский угольный разрез» на территории Беловского района Кемеровской области. Для его строительства использовалась часть выработки пласта Красногорский—II протяженностью 1200 м (рис. 1). Горные работы в этой части выработки подошли к своему конечному контуру и запасы угля полностью отработаны. В дальнейшем горная выработка использовалась для гидравлического складирования вскрышных пород, представленных покровными неоген-четвертичными суглинками.

При намыве гидроотвала в выработке сформировался техногенный массив мощностью от 25 до 60 м высотой, характеризующийся по глубине закономерной сменой глинистых водонасыщенных пород различной консистенцией — от текучей до пластичной.

Горногеологические условия участка «Благодатный Глубокий»

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 представлена 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 Глубокий намечены угольные пласты Полысаевский II, Надбайкаимский и Байкаимский со средними мощностями соответственно 4,7; 2,3 и 2,7 м (рис. 2). В пределах шахтного поля выделяются два основных водоносных комплекса, развитых в неоген—четвертичных и углевмещающих породах. Последний характеризуется развитием в верхней приповерхностной части наличием водоносного горизонта выветрелых коренных пород. Кроме того, в теле гидроотвала сформировался техногенный водоносный горизонт, гидродинамический режим которого определяется наличием пруда осветленной воды.

При разработке угольных пластов над выработанным пространством образуется зона водопроводящих трещин (ЗВТ), распространение которой до водного объекта может повлечь за собой значительное увеличение водопритока в горные выработки, а в отдельных случаях — прорыв воды и их затопление [1—3, 5, 7]. Высота рапространения ЗВТ в подработанной толще является, по сути, безопасной глубиной подработки водных объектов ($H_б$) и регламентируется нормами в действующих «Правилах охраны...» [12]. Однако на практике фактическая безопасная глубина $H_б$ (высота ЗВТ) зачастую оказывается значительно меньше значений, полученных по методике, изложенной в «Правилах...». Фактическая высота ЗВТ в конкретных горно-геологических условиях определяется по результатам специальных натурных гидрогеомеханических исследований, выполняемых на действующих шахтных полях [6, 10, 11].

Обоснование безопасных условий ведения горных работ под гидроотвалом

На шахте «Имени А.Д. Рубана» такие исследования были организованы и выполнены при отработке пласта Полысаевского II лавой № 812 на Магистральном участке шахтного поля. Опытно-промышленный эксперимент включал изучение сдвижения горных пород по оборудован-

ной комплексной наблюдательной станции (рис. 3), состоящей их:

• скважины № 1 с датчиками порового давления, по которым определялись параметры развития зоны водопроводящих трещин (ЗВТ);

• скважины № 2 с глубинными реперами для изучения распределения сдвижений и деформаций в слоях коренных пород и наносов;

• профильной линии грунтовых реперов, заложенных вкрест простирания пласта Полысаевский II, для изучения процессов сдвижений и деформаций подрабатываемой земной поверхности.

Определение ЗВТ проводилось двумя методами — прямым, по наблюдениям за изменением гидродинамического режима подработанной толщи с помощью датчиков гидростатического давления [10], и расчетным (геомеханическим) способом [6]. Последний предполагает последовательное определение содержания пород глинистого состава в подрабатываемой толще, граничной кривизны породного слоя как функции содержания пород глинистого состава, высоты зоны водопроводящих трещин как функции граничной кривизны породного слоя и вынимаемой мощности пласта.

Полученные значения высоты распространения зоны водопроводящих трещин (ЗВТ) в кровле отрабатываемого пласта Полысаевского II на Магистральном участке поля шахты «Имени А.Д. Рубана», определенные по результатам натурных гидрогеомеханических исследований (127 м и 140 м), оказались соизмеримыми со значениями, определенными геомеханическими расчетами (135 м). При фактической вынимаемой мощности m пласта Полысаевского II в лаве № 812, равной 4,2 м, кратность подработки рассматриваемого водного объекта (гидроотвала) составляет (30÷33) · m. При средней вынимаемой мощности пласта Полысаевского II m = 4,7 м безопасная глубина его отработки под гидроотвалом на Благодатном участке шахтного поля составит 141÷155 м. Минимальная глубина залегания пласта Полысаевского II под гидроотвалом составляет 167 м. Это обстоятельство показывает перспективу безопасной отработки всех трех пластов под гидроотвалом с учетом того, что мощности междупластий пластов Полысаевского II, Надбайкаимского и Байкаимского составляют соответственно 100 м и 70 м.

Высота ЗВТ, являющаяся основным геомеханическим параметром безопасной глубины отработки верхнего пласта рассматриваемой свиты, должна отсчитываться вниз по вертикальному разрезу от нижнего контура подрабатываемого водного объекта т. е. гидроотвала. Однако к настоящему времени положение нижней границы гидроотвала Моховского угольного разреза на Благодатном участке шахтного поля, расположенного в выработанном пространстве пласта Красногорского-II, остается неопределенным и будет установлено при дальнейших исследованиях [8].

Оценка устойчивости гидроотвала на подрабатываемой территории и обеспечение безопасности его функционирования

Подработка гидроотвала существенным образом ухудшает его гидрогеомеханические условия за счет изменений техногенного и естественного породных массивов при развитии процесса сдвижения горных пород. Наиболее неблагоприятными частями намывного сооружения являются ограждающие дамбы, деформации которых могут привести к нарушению их сплошности с образованием прорана, что повлечет за собой растекание воды и водонасыщенных текучих пород за пределы гидротехнического объекта, т.е. возникновению гидродинамической аварии. Поэтому при

проектировании подземных горных работ под гидроотвалом необходимо выполнить специальный комплекс работ и исследований, в состав которых обязательным образом входит прогноз сдвижения и деформаций дамб, а также оценка их устойчивости с учетом влияния подработки. Учитывая неизбежность возникновения значительных деформаций на откосах гидроотвалов при развитии процесса сдвижения техногенного массива, следует предусмотреть разработку, организацию и проведение специальных мероприятий по улучшению состояния устойчивости откосов и предотвращению негативных последствий от значительных деформаций подпорных конструкций.

Прогноз деформаций гидроотвала на подрабатываемой территории рекомендуется осуществлять как с использованием широко применяемой нормативной методики [12], так и численного моделирования МКЭ [4, 9, 14]. Данные методы позволяют спрогнозировать смещения отметок поверхности сооружения в пространстве, а также границы техногенного массива и основания.

Поскольку деформации поверхности сооружения при их подработке и формировании динамической мульды сдвижения имеют сложный характер, особенно в моменты попадания откоса сооружения в зону деформаций, то в определенные этапы следует ожидать изменения углов откоса, наклонов основания и оседания гребня дамбы.

Планируемое извлечение запасов угля на участке «Благодатный Глубокий» повлечет за собой изменение отметок поверхности подпорных конструкций гидроотвала. Согласно выполненному прогнозу вероятных сдвижений и деформаций дамбы намывного сооружения, при отработке пластов «Полысаевский-II», «Надбайкаимский» и «Байкаимский» следует ожидать образование оседаний на величину 8,68 м, при этом отметка поверхности понизится до отметки +220,1 м. В настоящее время отметка уровня воды в прудке-отстойнике гидроотвала составляет +221,4 м, что естественно на 1,3 м выше спрогнозированной, поэтому на определенном этапе подработки гидроотвала следует ожидать возникновение критической ситуации, которая будет сопровождаться перетеканием воды через гребень дамбы, ее размывом и образованием прорана. Для предотвращения данного негативного процесса, связанного с перемещением воды и пульпы за пределы гидроотвала, следует предусмотреть изменение параметров подпорных конструкций, в частности, увеличение высоты дамбы.

Одним из обязательных видов исследований безопасности функционирования гидроотвалов на подрабатываемых территориях является оценка устойчивости их оградительных конструкций, которую следует производить по наиболее ответственным диагностическим профилям откосов, вовлеченных в деформационный процесс сдвижения [13].

В частности, на исследуемом объекте — гидроотвале в выработке пласта Красногорский-II — оценка устойчивости подработанного откоса производили для условий восточной части сооружения, приуроченной к середине плотины № 2, где высота максимальна и составляет 20 м, а угол откоса равен 35°. Она была выполнена также для различных этапов подработки гидроотвала: на фактическое его состояние до подработки; последовательно после отработки пластов Полысаевский-II; Надбайкаимский и Байкаимский. Геомеханические расчеты осуществлялись с использованием программного комплекса RocScience Phase 2, базирующегося на МКЭ. Он позволяет учесть изменение инженерно-геологических и гидрогеологических условий при развитии процессов сдвижения.

Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что на фактическое состояние гидроотвала (до подработки) устойчивость дамб обеспечивается с коэффициентом запаса (k_s = 1,31) выше нормативного значения 1,15. Первичная подработка пластом Полысаевский-II снизит коэффициент запаса устойчивости до значения 1,23, повторная подработка пластом Надбайкаимский уменьшит коэффициент запаса до 1,19, а конечная — до 1,10, что ниже нормативного значения — k_n = 1,15. Приведенные значения коэффициентов запаса устойчивости рассчитаны при условии, что период полных сдвижений от каждого пласта завершен, дамба при этом оказалась в плоском дне сформировавшейся мульды. Снижение коэффициента запаса устойчивости k_s на каждом из этапов подработки обусловлено «подъемом» депрессионной поверхности водоносного горизонта относительно откоса сооружения. Однако в активной фазе сдвижения, соответствующей моменту непосредственной подработки дамбы, деформации в откосе будут происходить неравномерно, в намывном массиве будет формироваться избыточное поровое давление при попадании его в зону сжатия. Возрастание нейтральных напряжений в скелете намывных пород приведет к уменьшению их прочности и существенному ухудшению устойчивости откосов.

Для обеспечения безопасности эксплуатации гидроотвала на подрабатываемой территории рекомендуется предусмотреть разработку специальных мероприятий по улучшению устойчивости откосов до начала подработки. Например, наиболее целесообразным будет предусмотреть отсыпку пригруза низового откоса дамбы или снижение уровня воды в пруде-отстойнике. При условии попадания дамбы в плоское дно мульды сдвижения наиболее целесообразно выполнить подсыпку дамбы на высоту, соответствующую максимальным оседаниям, что позволит исключить возможность перетекания воды или пульпы через гребень дамбы. При попадании дамбы в краевую часть мульды помимо ее наростки по высоте необходимо осуществить подсыпку откоса, чтобы компенсировать изменение угла наклона дамбы. Принципиальная схема подсыпки дамб в краевых частях мульды приведена на рис. 4.

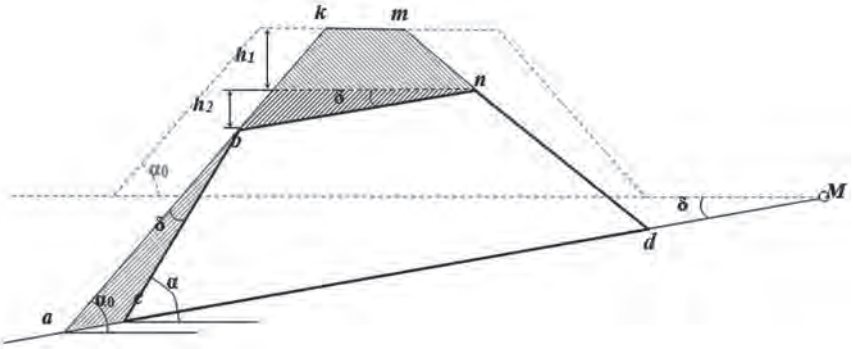

Рис. 4. Схема к расчету геометрических параметров подсыпки, подрабатываемой горными работами дамбы: α_0 — угол откоса дамбы до подработки; α — угол откоса дамбы после подработки; δ — угол наклона мульды; h_1 — высота подсыпки за счет угла наклона мульды; h_2 — высота подсыпки вследствие оседаний в мульде; cbnd — контур дамбы; abc и bkmn — контуры подсыпки

Fig. 4. Scheme to the calculation of the geometrical parameters of undermining dam enforcement: α_0—slope angle of dam before undermining; α—slope angle of dam after undermining; δ—dip of subsidence trough; h_1—height of filling due to subsidence trough dip; h_2—height of filling due to subsidence in the trough; *cbnd*—boundary of the dam; *abc* and *bkmn*—boundaries of filling

Заключение

На участках сопряжения подземных и открытых горных работ возникают конфликтные геомеханические ситуации, разрешение которых требует разработки специального геомеханического обоснования. В частности, под участком открытых горных работ разреза «Моховский», в котором намыт гидроотвал вскрышных пород, находятся запасы угля, пригодные для отработки подземным способом участком шахты имени А.Д. Рубана.

Решение данной проблемы требует, с одной стороны, обоснования безопасной глубины отработки свиты пластов под водным объектом — гидроотвалом, а с другой — оценки устойчивости его подпорных конструкций при развитии процессов сдвижения горных пород.

Рассмотрены горногеологические условия намывного сооружения и подрабатываемого свитой пластов массива горных пород, а также разработаны рекомендации по безопасной глубине подработки водного объекта и устойчивости дамб гидроотвала при извлечении из-под него свиты из трех угольных пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Guo W., Zou Y., Hou Q.* Fractured zone height of longwall mining and its effects on the overburden aquifers // International Journal of Mining Science and Technology, 2012, no 5 (22), pp. 603—606. DOI: 10.1016/j.ijmst.2012.08.001.

2. *Li Y., Peng S.S., Zhang J.* Impact of longwall mining on groundwater above the longwall panel in shallow coal seams // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2015, no 3 (7), pp. 298—305. DOI: 10.1016/j.jrmge.2015.03.007.

3. *Newman C., Agioutantis 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. DOI: 10.1016/j.ijmst.2016.11.016.

4. Suchowerska *Iwanec A.M.*, *Carter J.P.*, *Hambleton J.P.* Geomechanics of subsidence above single and multi-seam coal mining // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2016. Vol. 8, no 3, pp. 304—313. DOI: 10.1016/j.jrmge.2015.11.007.

5. *Zubkov V.V.*, *Zubkova I.A.* Zones of technogenic water-conducting cracks by room-and-pillar mining / Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proc. of the 2018 European Rock Mechanics Symposium, Vol. 2, 2018. pp. 1081—1084.

6. *Гусев В.Н.* Прогноз безопасных условий разработки свиты угольных пластов под водными объектами на основе геомеханики техногенных водопроводящих трещин // Записки Горного института. — 2016. — С. 638—643.

7. *Зубков В.В.*, *Зубкова И.А.* Формирование зоны техногенных водопроводящих трещин над очистной выработкой // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 5 (59). — с. 172—175. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59.146.

8. *Кутепов Ю.И.*, *Миронов А.С.*, *Кутепов Ю.Ю.*, *Саблин М.В.*, *Боргер Е.Б.* Обоснование безопасных условий подземной отработки свиты угольных пластов под гидроотвалом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 8. — С. 217—226. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-217-226.

9. *Кутепов Ю.Ю.*, *Боргер Е.Б.* Численное моделирование процесса сдвижения породных массивов применительно к горно-геологическим условиям шахты имени Рубана в Кузбассе // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 5. — С. 66—75.

10. *Методические* указания по натурному определению высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством в конкретных горно-геологических условиях. — Л.: ВНИМИ, 1973. — 32 с.

11. *Гусев В.Н.*, *Миронов А.С.*, *Илюхин Д.А.* Патент 2477792 РФ, С1, МПК E21C 39/00. Способ определения высоты зоны водопроводящих трещин над выработанным пространством на пластовых месторождениях. Опубл. 20.03.2013. Бюл. № 8.

12. *ПБ 07-269-98.* Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: утв. Минтопэнерго РФ 16.03.1998 : ввод. в действие с 01.10.1998. — СПб.: ВНИМИ, 1998. — 291 с.

13. *Протосеня А. Г., Кутепов Ю. Ю.* Прогноз устойчивости гидроотвалов на подрабатываемых подземными горными работами территориях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 3. — С. 97—112. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-97-112.

14. *Шпаков П. С., Долгоносов В. Н., Нагибин А. А., Кайгородова Е. В.* Численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива в окрестности очистного пространства в программе «Phase 2» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 9. — С. 59—66. ГИАБ

REFERENCES

1. Guo W., Zou Y., Hou Q. Fractured zone height of longwall mining and its effects on the overburden aquifers. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2012, no 5 (22), pp. 603—606. DOI: 10.1016/j.ijmst.2012.08.001.

2. Li Y., Peng S. S., Zhang J. Impact of longwall mining on groundwater above the longwall panel in shallow coal seams. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2015, no 3 (7), pp. 298—305. DOI: 10.1016/j.jrmge.2015.03.007.

3. Newman C., Agioutantis 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. DOI: 10.1016/j.ijmst.2016.11.016.

4. Suchowerska Iwanec A. M., Carter J. P., Hambleton J. P. Geomechanics of subsidence above single and multi-seam coal mining. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2016. Vol. 8, no 3, pp. 304—313. DOI: 10.1016/j.jrmge.2015.11.007.

5. Zubkov V. V., Zubkova I. A. Zones of technogenic water-conducting cracks by room-and-pillar mining. *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proc. of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*, Vol. 2, 2018. pp. 1081—1084.

6. Gusev V. N. Prognosis of safe conditions of the coal seams extraction under water objects on the basis of geomechanics of technogenic water-conducting cracks. *Zapiski Gornogo instituta*. 2016, pp. 638—643. [In Russ].

7. Zubkov V. V., Zubkova I. A. Formation of a zone of technogenic water-conducting cracks over opening. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2017, no 5 (59), pp. 172—175. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59.146. [In Russ].

8. Kutepov Yu. I., Mironov A. S., Kutepov Yu. Yu., Sablin M. V., Borger E. B. Substantiation of safe underground mining in series of coal seams under hydraulic fill. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018, no 8, pp. 217—226. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-8-0-217-226. [In Russ].

9. Kutepov Yu. Yu., Borger E. B. Numerical modeling of the rock mass subsidence applied to geological conditions of the mine named after Ruban in Kuzbass. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2017, no 5, pp. 66—75. [In Russ].

10. *Metodicheskie ukazaniya po naturnomu opredeleniyu vysoty zony vodoprovodyashchikh treshchin nad vyrabotannym prostranstvom v konkretnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh* [Methodical instructions on the natural determination of the height of the zone of water-conducting cracks above the excavation in specific geological conditions], Leningrad, VNIMI, 1973, 32 p.

11. Gusev V. N., Mironov A. S., Ilyukhin D. A. *Patent RU 2477792*, S1, MPK E21S 39/00, 20.03.2013.

12. *PB 07-269-98. Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh*: utv. Mintopenergo RF 16.03.1998 : vvod. v deystvie s 01.10.1998 [PB 07-269-98. Protection Regulations of constructions and natural objects from harm-ful influence of underground mining in coal deposits: approved. Mintopenergo RF 16.03.1998, enter. with effect from 01.10.1998], Saint-Petersburg, VNIMI, 1998, 291 p.

13. Protosenya A. G., Kutepov Yu. Yu. Stability estimation of hydraulic fills in undermined areas. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019, no 3, pp. 97—112. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-97-112. [In Russ].

14. Shpakov P. S., Dolgonosov V. N., Nagibin A. A., Kaygorodova E. V. Modeling stress–strain state of rocks around stoping zone in Phase 2 program. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 9, pp. 59—66. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Саблин Максим Викторович[1] — главный инженер
шахтоуправления им. А.Д. Рубана, e-mail: SablinMV@suek.ru,
Боргер Елена Борисовна[1] — главный маркшейдер
шахтоуправления им. А.Д. Рубана, e-mail: BorgerEB@suek.ru,
Кутепов Юрий Иванович[2] — д-р техн. наук, профессор,
зав. лабораторией, e-mail: koutepovy@mail.ru,
Кутепов Юрий Юрьевич[2] — аспирант, инженер, e-mail: KutepovYY@ya.ru,
Миронов Александр Сергеевич[2] — канд. геол.-минерал. наук,
ведущий научный сотрудник, e-mail: mironov1940@mail.ru,
[1] АО «СУЭК-Кузбасс»,
[2] Санкт-Петербургский горный университет,
Для контактов: Кутепов Ю.Ю., e-mail: KutepovYY@ya.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

M.V. Sablin[1], Chief Engineer of Mine Administration named after Ruban
e-mail: SablinMV@suek.ru,
E.B. Borger[1], Chief Surveyor of Mine Administration named after Ruban,
e-mail: BorgerEB@suek.ru,
Yu.I. Kutepov[2], Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Laboratory, e-mail: koutepovy@mail.ru,
Yu.Yu. Kutepov[2], Graduate Student, Engineer, e-mail: KutepovYY@ya.ru,
A.S. Mironov[2], Cand. Sci. (Geol. Mineral.), Leading Researcher, e-mail: mironov1940@mail.ru,
[1] JSC «SUEK-Kuzbass», 652507, Leninsk-Kuznetsk, Kemerovo region, Russia,
[2] Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.
Corresponding author: Yu.Yu. Kutepov, e-mail: KutepovYY@ya.ru.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ, ПРЕДПРИНЯТЫХ ПО ИТОГАМ ПРОВЕДЕННОГО АНАЛИЗА СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА

(№ 1188/06—19 от 22.05.2019; 6 с.)

Садридинов Ахлидин Бахридинович[1] — старший преподаватель, e-mail: sabrtima@mail.ru,
Амантай Алиби Болатбайулы[1] — магистр, e-mail: alibi.amantai@gmail.com,
[1] МГИ НИТУ «МИСиС».

Рассмотрены цель и задачи энергетической оценки системы энергоменеджмента в условиях Актюбинского заводе ферросплавов. Для постоянного улучшения деятельности завода разработаны мероприятия по повышению энергоэффективности, методологические инструкции по энергопланирование, мониторингу и анализу. Разработаны Методики «Учета расхода электрической энергии» и «Учета расхода тепловой энергии, кислорода, питьевой и технической воды».

Ключевые слова: энергетическая оценка, энергоменеджмент, энергопланирование, энергоэффективность, энергоемкость.

IMPLEMENTATION OF ACTIONS TAKEN AS A RESULT OF ANALYSIS OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

A.B. Sadridinov[1], Senior Lecturer, e-mail: sabrtima@mail.ru, *A.B. Amantai*[1], Magister,
[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The purpose and objectives of energy assessment of the energy management system in the conditions of Aktobe ferroalloys plant are considered. For continuous improvement of the plant's activities, measures to improve energy efficiency, methodological instructions for energy planning, monitoring and analysis have been developed. The developed Technique known as «electric power consumption» and «consumption of thermal energy, oxygen, and drinking water.»

Key words: energy assessment, energy management, energy planning, energy efficiency, energy intensity.