

Оползневые процессы в бортах при ведении горных работ на угольном разрезе «Ангренский»

Караблин М. М.^{1*}, Простов С. М.², Лесин Ю. В.²

¹ Кузбасский головной институт по проектированию угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий «Кузбассгипрошахт», г. Кемерово, Россия

² Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово, Россия

*e-mail: karablin.mm@gmail.com

Реферат

Введение. Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом осложнена рядом негативных явлений, в числе которых особую позицию занимает проблема нарушения устойчивости бортов. В условиях современной экономики, когда рост добычи полезных ископаемых неминуем, обеспечение безопасности жизни людей и непрерывности технологического цикла является одним из критериев рентабельности горнодобывающих предприятий. Разрабатываемые противооползневые мероприятия и произошедшие оползневые явления при ведении открытых горных работ на месторождениях Кузбасса, Забайкалья, Республики Казахстан и Республики Узбекистан, США, Польши свидетельствуют об актуальности решения возникшей проблемы. При этом характерной особенностью данных месторождений являются сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия. К числу таких месторождений относятся и Ангренское буроголовное месторождение.

Цель работы. Выявление инженерно-геологических и гидрогеологических факторов, влияющих на формирование оползневых процессов.

Методология. Проанализированы инженерно-геологические условия Ангренского буроголовного месторождения, результаты маркшейдерских инструментальных и гидрогеологических наблюдений.

Результаты. В геологическом строении площади Ангренского буроголовного месторождения принимают участие породы палеозойского фундамента и мезокайнозойского покрова. Гидрогеологические условия месторождения включают четыре водоносных горизонта и комплекса, которые влияют на образование оползней: четвертичных, неогеновых, мел-палеогеновых и юрских отложений. Гидрографическая сеть месторождения представлена саями – оврагами с постоянным или временным водотоком, а также самим водотоком: Саяк-сай, Бадамзар-сай, Боксук-сай. В результате расширения инженерной деятельности, связанной с разработкой месторождения, сформировались неблагоприятные факторы, влияющие на устойчивость откосов: выход подземных вод на поверхность откосов, снижение прочностных характеристик в зонах дисъюнктивных нарушений, набухание глинистых пород, появление зон трещиноватости в породах коры выветривания, изменение напряженного состояния. Наиболее опасным оползнем является «Центральный». По состоянию на 2017–2018 г. площадь оползневого цирка достигла 1,06 км², объем – 120 млн м³. Результатами маркшейдерских инструментальных наблюдений установлены периоды смещений: наиболее интенсивных – с января по май 2018 г., наименее интенсивных – с мая по декабрь 2018 г. Анализ изменения расхода дренажных вод за 2017–2018 г. показывает, что наибольшее увеличение уровня грунтовых вод происходит в весенний период (март–май).

Выводы. Наряду с отклонениями от проектных параметров бортов (завышение углов откосов, подрезка контактов слоев и др.) одной из основных причин оползней является неблагоприятное сочетание инженерно-геологических и гидрогеологических факторов: высокая водопроницаемость вмещающих пород, представленных суглинками, галечниками, гравелитами, и обильные притоки грунтовых вод от поверхностных источников, атмосферных осадков, перетока по трещинным коллекторам.

Ключевые слова: оползневые явления; устойчивость бортов и уступов; горные породы; инженерно-геологические условия; гидрогеологические особенности; маркшейдерские наблюдения; уровень грунтовых вод.

Введение. Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом осложнена рядом негативных явлений, в числе которых особую позицию занимает проблема нарушения устойчивости бортов. В условиях современной экономики, когда рост добычи полезных ископаемых неминуем, обеспечение безопасности жизни людей и непрерывности технологического цикла является одним из критериев рентабельности горнодобывающих предприятий. Разрабатываемые противооползневые мероприятия [1–3] и произошедшие оползневые явления при ведении открытых горных работ на месторождениях Кузбасса [4],

Таблица 1. Усредненные физико-механические свойства горных пород
Table 1. Averaged physico-mechanical properties of rocks

Литологическое описание пород	n , %	W , %	ρ_w , г/см ³	ρ_e , г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа	σ_p , МПа
<i>Четвертичные отложения Q</i>						
Лессовидные суглинки	37,10	3,90	2,73	1,91	1,86	0,17
Валуно-галечниковые отложения	–	16,00	2,15	2,07	–	–
<i>Неогеновые отложения N₁₋₂</i>						
Конгломераты	21,70	8,57	2,66	2,25	1,46	0,10
Алевриты	21,91	7,59	2,63	2,20	16,67	1,07
Песчанки	22,29	8,54	2,69	2,13	7,14	0,66
<i>Палеогеновые отложения P₂³⁻¹</i>						
Известняки	19,79	0,36	2,67	2,26	21,70	2,81
Мергели	27,80	14,62	2,68	1,85	11,55	0,64
Песчаники	30,07	6,02	2,66	1,78	1,21	0,19
Гравелиты	32,60	11,20	2,65	2,00	0,15	0,08
Глины	30,60	13,90	2,57	1,74	3,15	0,51
<i>Меловые K₂ и Юрские J₃₋₂ отложения</i>						
Глины	36,92	5,33	2,61	1,96	1,67	–
Алевриты	30,20	11,40	2,66	2,12	1,40	0,20
Конгломераты	25,90	9,80	2,25	1,94	1,40	–
Глины песчанистые	29,40	4,80	2,68	2,07	1,43	0,20
Песчаники	29,92	4,96	2,64	2,04	4,04	0,51
Гравелиты	18,72	4,20	2,70	2,27	–	–
Глины каолиновые	37,42	6,58	2,68	1,96	13,60	3,00
Глины запесоченные	–	18,30	–	–	49,80	5,50
Песчаники	25,50	11,30	–	–	29,80	2,00
Уголь	46,20	35,90	–	–	2,63	0,20

n – пористость; W – влажность; ρ_w – плотность во влагонасыщенном состоянии; ρ_e – плотность в естественном состоянии; $\sigma_{сж}$, σ_p – предел прочности при сжатии и растяжении.

Забайкалья [5], Республики Казахстан [6–8] и Республики Узбекистан [9–11], США [12], Польши [13] свидетельствуют об актуальности решения возникшей проблемы. При этом характерной особенностью данных месторождений являются сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия. К числу таких месторождений относится и Ангренское бурогольное месторождение.

Целью работы является выявление инженерно-геологических и гидрогеологических факторов, влияющих на формирование оползневых процессов.

Результаты. Ангренское бурогольное месторождение находится на территории Уртачирчикского района Ташкентской области Республики Узбекистан в долине р. Ахангаран между Чаткальским и Кураминским хребтами. Месторождение протянулось с юго-запада на северо-восток на 9 км и с юго-востока на северо-запад на 15 км. Общая площадь месторождения составляет около 70 км² [14, 15]. Ангренское бурогольное месторождение относится к Приташкентскому району Арало-Ташкентской области угленакопления. В геологическом строении изучаемой площади принимают участие породы палеозойского фундамента и мезокайнозойского покрова (табл. 1) [15, 16].

Палеозойские отложения (верхний карбон, пермь) представлены осадочными метаморфизованными и изверженными породами, среди которых преобладают сиреневые кварцевые порфиры и порфириты. В триасовое время верхняя часть палеозойских формирований подверглась интенсивному химическому выветриванию, что привело к образованию коры выветривания каолинового типа 20–45 м. Мезокайнозойские отложения сложены юрскими, меловыми, палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями.

Таблица 2. Характеристика основных оползней
Table 2. Characteristics of major landslides

Оползень	Наугарзанский	Атчинский	Центральный	Северный
Год формирования	1954	1972	1985	1999
Объем за 2017–2018 гг., млн м ³	15	800	120	1,3
Площадь за 2017–2018 гг., км ²	0,8	1,05	1,06	0,17
Расположение оползня	Юго-восточная часть карьерного поля	Южная часть карьерного поля	Северная часть карьерного поля	Северо-восточная часть карьерного поля
Направление смещения	Северо-запад, азимут 301°	Север, азимут 0°	Юго-восток, азимут 149°	Юго-запад, азимут 200°
Причины оползня	Увлажнение пород вблизи водоема	Подработка станцией «Подземгаз» естественного склона	Суффозионные процессы, сток подрусловых потоков боковых саев и подземных вод	Выклинивание подземных вод по контакту четвертичных галечников и песчано-глинистых пород

Юрские отложения по литологическим признакам подразделяют на Ангренскую J_{an}^{1-2} и Джигиристанскую J_{dg}^3 свиты. Ангренская (угленосная) свита представлена чередованием песчаников, алевролитов, глин и бурым углем мощностью до 10–30 м.

Отложения Джигиристанской свиты несогласно перекрывают отложения Ангренской свиты. Джигиристанская свита сложена пестроцветными глинами и песчаниками мощностью до 20 м. Особенностью свиты является пестроцветная окраска ее отложений. Меловые отложения представлены толщей коричнево-красных и зеленоватых известковистых песчаников, алевролитов и мелкогалечниковых конгломератов. Палеогеновые отложения залегают на образованиях меловой системы с видимым несогласием. Разрез по данному участку начинается с эоцена, в составе которого установлены все три его подотдела: нижний эоцен (сузакский горизонт P_2^1), средний эоцен (алайский горизонт P_2^2) и верхний эоцен (туркестанский горизонт P_2^3).

Сузакский горизонт представлен кварцевыми песчаниками и гравелитами с тонкими слоями и линзами монтмориллонитовых глин и опок суммарной мощностью 20–22 м. Характерной особенностью отложений сузакских слоев является наличие пластов кварцевого песка, а также опоковидных глин с желваками чистых опок. Алайский горизонт залегает на породах нижнего эоцена со следами незначительного размыва. Разрез представлен карбонатными породами – известковыми песчаниками и известняком-ракушечником суммарной мощностью 8–15 м.

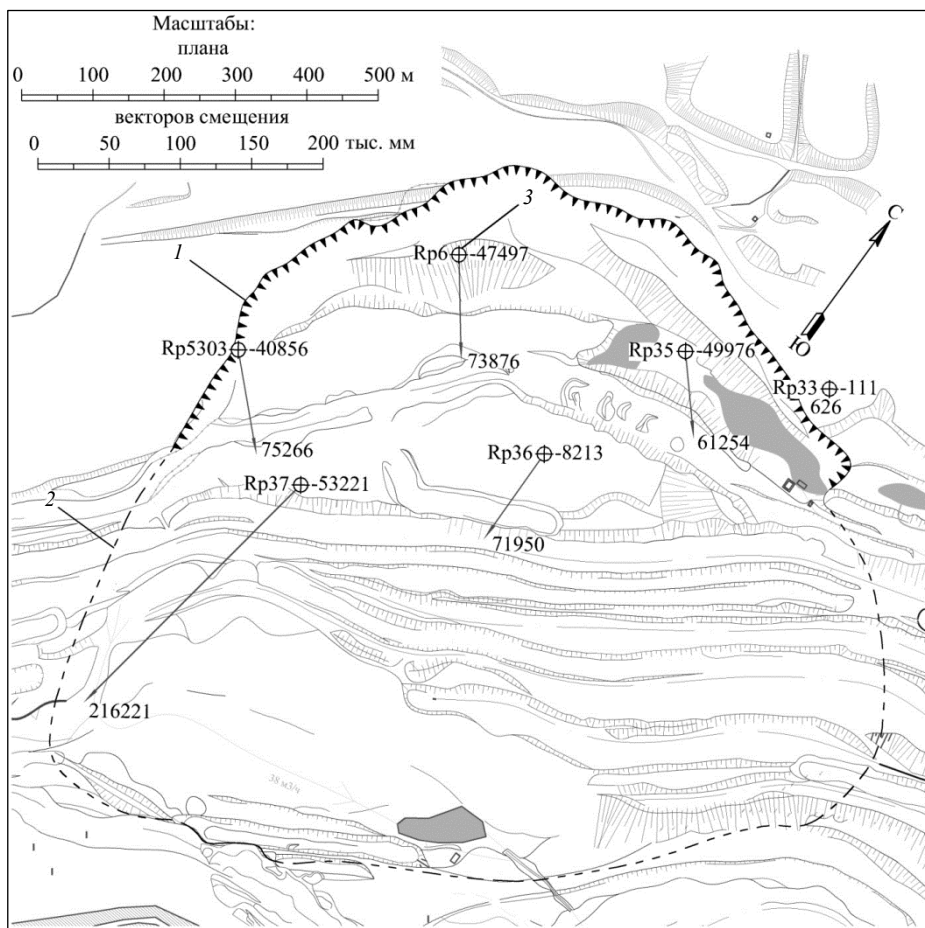


Рис. 1. План оползня «Центральный» с векторами смещения:
1 – трещина отрыва; 2 – граница оползня; 3 – репер наблюдательной станции
Fig. 1. Plan of landslide Tsentralny with displacement vectors:
1 – separation crack; 2 – landslide boundary; 3 – reference of observation station

Туркестанский горизонт залегает согласно на среднем эоцене. В основании горизонт представлен пластом мергеля-устричника с прослоями устричных известняков, вверх по разрезу переходящего в устричники на песчано-глинистом цементе, выше залегают мергели, мергелистые известняки. Мощность туркестанского горизонта 9–15 м.

Неогеновые отложения N_{1-2} представлены в основном кирпично-красными («бурая моласса») и бурыми глинистыми и рыхлообломочными осадками мощностью 50 м. Четвертичные отложения Q представлены лессовидными суглинка-

ми и валунно-галечниковыми отложениями. Лессовидные суглинки макропористые (среднее значение пористости 37,1 %), характеризуются слабой прочностью (временное сопротивление сжатию до 1,96 МПа). При водонасыщении суглинки размокают через 5–10 мин, приобретая текучее состояние. Легко выветриваются, образуя осыпи у подошвы уступов. Валунно-галечниковые отложения имеют два типа заполнителя: песчано-гравийный и суглинисто-песчаный. Отложения буровато-красного цвета, валуны и галька хорошей окатанности, по петрографическому составу – кварцевые порфиры и порфириты, граниты, гранодиориты, являющиеся высокопрочными породами. Песчано-гравийный заполнитель, приуроченный к кровле валунно-галечниковых отложений, к подошве постепенно сменяется суглинисто-песчаным. Уступы, сложенные валунно-галечниковыми отложениями с суглинисто-песчаным заполнителем, сравнительно устойчивые. Уступы, где суглинисто-песчаный заполнитель сменяется песчано-гравийным, менее устойчивы, более подвержены выветриванию и склонны к осыпанию.

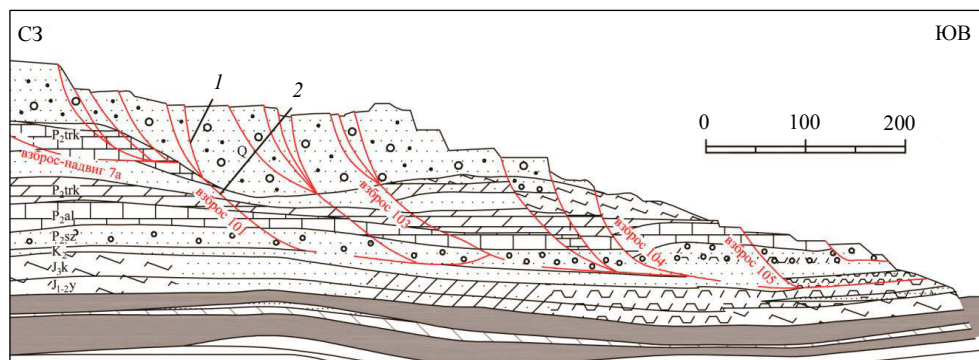


Рис. 2. Геологический разрез по оси оползня «Центральный»:
1 – трещина отрыва; 2 – разрывное нарушение
Fig. 2. Geological section along the axis of the landslide Tsentralny:
1 – separation crack; 2 – breaking fault

Гидрогеологические условия месторождения включают четыре водоносных горизонта и комплекса, которые влияют на образование оползневых явлений.

1. Степень водообильности четвертичных отложений зависит от литологического состава пород и приуроченности к той или иной террасе. Четвертичные отложения расположены повсеместно, представлены галечниками, валунниками с песчано-глинистым, суглинистым или глинистым заполнителем. Мощность четвертичных отложений достигает 100 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации поверхностных и атмосферных вод, а также перетока трещинных вод. Глубины залегания грунтовых вод по саям (сай – овраг с постоянным или временным водотоком, а также сам водоток) составляют: Саяк-сай – от 5 до 16 м; Бадамзар-сай – от 7 до 20 м, Боксук-сай – от 6 до 14 м. Подземные воды выклиниваются на нижележащие уступы разреза и дренируются по отводным дренажным канавам и лоткам.

2. Неогеновый водоносный горизонт приурочен к песчано-конгломератовой свите и имеет повсеместное распространение. Питание водоносного горизонта неогеновых отложений осуществляется за счет инфильтрации поверхностных водатмосферных осадков и притока подземных вод со стороны гор.

3. Водоносный горизонт мел-палеогеновых отложений приурочен к галечникам с песчано-гравийным заполнителем в верхней и галечником с песчано-сугли-

нистым заполнителем в нижней части разреза, где представлен отложениями боковых притоков Туган-Баши-сая, Саяк-сая, Баксук-сая. Воды по своему характеру напорные.

4. Водоносный комплекс юрских отложений подстилается и ограничивается с бортов слабопроницаемыми отложениями более древних комплексов, имеет повсеместное распространение. Характер подземных вод – напорный.

Отработка месторождения велась в северном и северо-западном направлении. По мере развития горных работ в сложных инженерно-геологических (высокая размокаемость, склонность к набуханию, низкие значения прочностных характеристик, физическое выветривание, наличие зон трещиноватости) и гидрогеологических условиях (выход подземных вод на поверхность откосов, наличие зон обводнения и водоупоров) произошло формирование четырех основных оползней на естественных склонах и бортах разреза: «Наугарзанский», «Атчинский», «Центральный», «Северный». Характеристика основных оползней по данным маркшейдерской службы разреза «Ангренский» представлена в табл. 2.

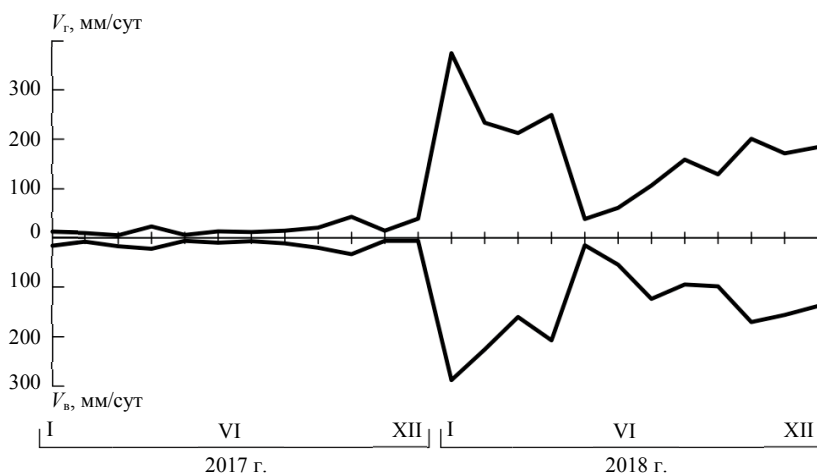


Рис. 3. График максимальных горизонтальных V_g и вертикальных V_b скоростей смещения по оползню «Центральный» в 2017–2018 гг.

Fig. 3. The graph of the maximum horizontal V_h and vertical V_v displacement velocities along Tsentralny landslide in 2017–2018

Особую актуальность представляет выявление механизма деформирования оползня «Центральный», который препятствует безопасному продвижению фронта горных работ.

Неблагоприятное влияние гидрогеологических условий на развитие деформационного процесса осложнено произошедшими тектоническими процессами. Разрывные нарушения, классифицируемые как взбросо-надвиги с очень пологим сместителем в нижней и крутым в верхней части, придали северной части месторождения «чешуйчатое» строение. Сползанию горных масс оползня «Центральный» способствует согласное с откосом залегание взбросо-надвига 7а, взбросов 100–106, секущих толщу пород от сузакского горизонта палеогена до четвертичных отложений. За счет инфильтрации поверхностных и подземных вод через разрывные нарушения происходит механическая суффозия кварцевых песков. В результате фильтрационного выноса мелких частиц из массива горных пород образуется контактный оползень по поверхности скольжения, представленной в верхней части сместителем разрывного нарушения, в нижней – суффозионной

полостью. При этом геометрические параметры оползневых участков ограничены размерами тектонических блоков. План оползня «Центральный» с векторами смещения представлен на рис. 1.

На рис. 2 представлен геологический разрез по оси оползня «Центральный», включающий данные о геологическом строении прибортового массива разреза «Ангренский», его геометрических параметрах, расположении трещин отрыва и разрывных нарушений. Данная информация необходима для прогноза устойчивости борта в соответствии с нормативными документами.

Для контроля оползневых процессов, разработки мероприятий по снижению их интенсивности и ликвидации негативных последствий на разрезе «Ангренский» ведутся постоянные маркшейдерские инструментальные и гидрогеологические наблюдения. На рис. 3 представлены графики максимальных горизонтальных $V_{\text{г}}$ и вертикальных $V_{\text{в}}$ скоростей смещения в 2017–2018 гг. по оползню «Центральный».

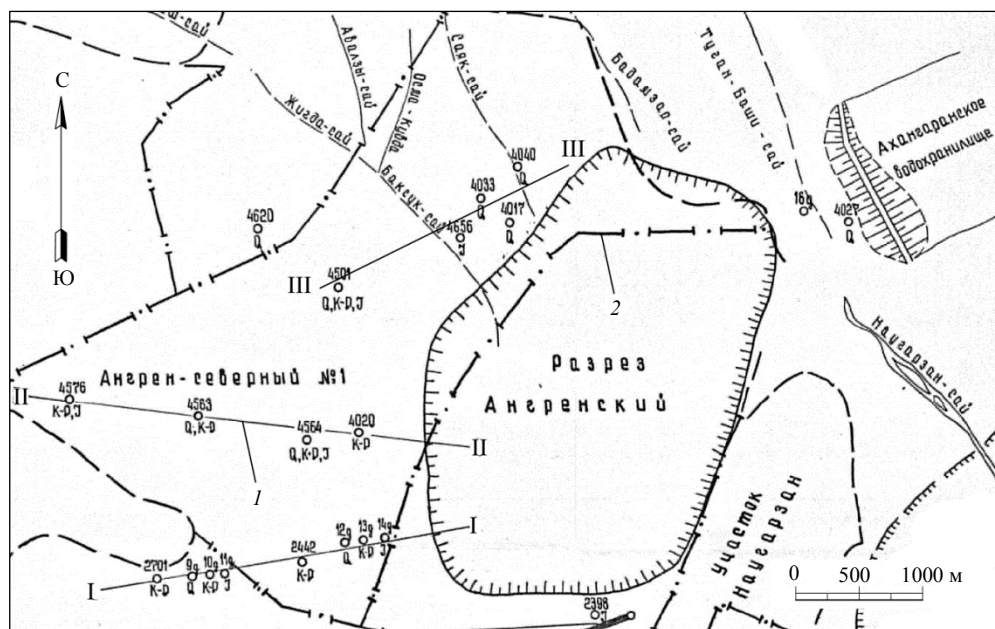


Рис. 4. Схема саев и скважин гидрорежимной сети:

1 – профили гидрорежимной сети; 2 – границы геологических участков

Fig. 4. Scheme of “sai” and wells of the hydro-regime network:

1 – profiles of the hydraulic mode network; 2 – boundaries of geological sites

Из приведенных данных по скоростям смещений видно, что оползневые процессы значительно усилились в 2018 г. Менее интенсивно смещения происходят в период с мая по декабрь, более интенсивно – в январе–мае.

Для изучения и оценки водопритоков по периметру разреза создана гидрорежимная сеть из наблюдательных скважин (рис. 4), по которым ежемесячно производят замеры уровней грунтовых вод.

Из 13 водопонижающих скважин ведется откачка воды с последующим сбросом в водохранилища. Из 7 водопонижающих скважин, пробуренных в Южном борту, за 2017 г. откачено 178 715 м³ воды, за 2018 г. – 177 081 м³. Из 6 водопонижающих скважин, расположенных на Северном борту, объемы откачки составили: в 2017 г. – 305 742 м³, в 2018 г. – 316 107 м³.

Анализ изменения расхода дренажных вод Q за 2017–2018 гг. (рис. 5) показывает, что наибольшее увеличение уровня грунтовых вод происходит в весенний период (март–май).

Выводы. Анализ геологических и гидрогеологических условий ведения горных работ на разрезе «Ангренский» позволил сделать следующие выводы.

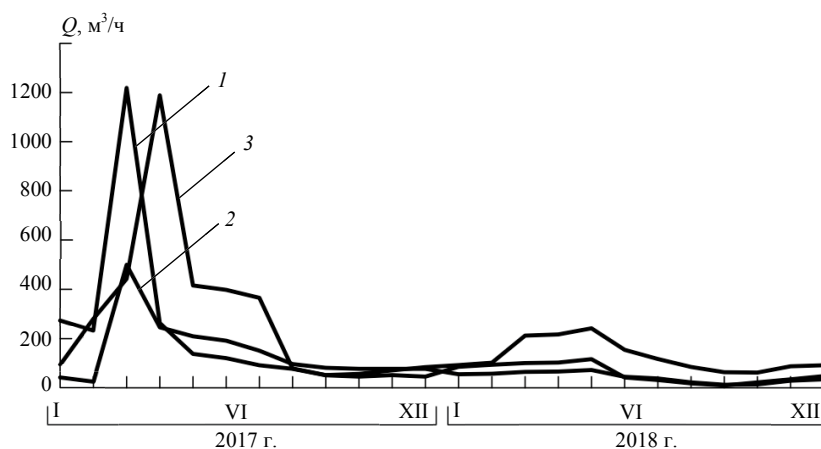


Рис. 5. График изменения расхода Q дренажных вод в 2017 и 2018 гг.:

I – профиль I; 2 – профиль II; 3 – профиль III

Fig. 5. Schedule of changes in the flow rate Q of drainage water in 2017 and 2018:

I – profile I; 2 – profile II; 3 – profile III

Ведение горных работ на разрезе «Ангренский» сопровождается массовыми оползневыми процессами во всех бортах, снижающими безопасность работ и приводящими к нарушению технологического режима работы предприятия. Наряду с отклонениями от проектных параметров бортов (завышение углов откосов, подрезка контактов слоев и др.) важную роль в формировании оползней играет неблагоприятное сочетание инженерно-геологических, гидрогеологических факторов и тектонических процессов: высокая водопроницаемость вмещающих пород; обильные притоки грунтовых вод от поверхностных источников, атмосферных осадков, перетока по трещинным коллекторам; согласное с откосом залегание сместителей разрывных нарушений; физические и механические свойства пород прибортового массива.

Очень большие объемы оползней (в среднем 60 млн м³/год по оползню «Центральный»), высокие скорости горизонтальных и вертикальных смещений свидетельствуют о недостаточной эффективности применяемых противооползневых мероприятий, которые сводятся к водопонижению путем откачки воды из скважин и перепуску грунтовых вод.

Основные научные рекомендации по решению проблемы образования оползней на разрезе «Ангренский» сводятся к следующему:

- необходима детализация границ обводненных зон в бортах и уступах, приуроченных к основным фильтрационным коллекторам, способом геофизического зондирования с построением объемных моделей оползнеопасных зон;
- корректировка безопасных технологических параметров бортов на всех участках горных работ с использованием объемных геолого-геофизических моделей для применения в проектной и рабочей документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурцев С. В., Рыбак Л. В. Радиолокационные системы контроля устойчивости бортов на разрезе «Черниговец» // Известия Тульского государственного университета. 2018. № 1. С. 203–210.

2. Макеев М. А. Инновации на службе промышленной безопасности: опыт использования передовых радарных систем контроля устойчивости бортов карьеров Reutech на предприятиях РФ // Горная промышленность. 2017. № 2. С. 48–50.
3. Fleurisson J.-A. Slope design and implementation in open-pit mines: geological and geomechanical approach // Procedia Engineering. 2012. No. 46. P. 27–38. DOI:10.1016/j.proeng.2012.09.442
4. Скударнов Д. Е., Портола В. А., Квасова А. А., Сачков А. В. Анализ смертельного травматизма при добыче угля открытыми горными работами // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 1. С. 33–39.
5. Верхотуров А. Г., Размахина И. Б. Причины деформирования бортов угольных разрезов Забайкалья // ГИАБ. 2016. № 9. С. 211–221.
6. Старостина О. В., Долгоносов В. Н., Алиев С. Б., Абуева Е. В. Исследование устойчивости уступов верхних горизонтов стационарного борта разреза «Богатырь» // Уголь. 2019. Январь. С. 27–32.
7. Сашурин А. Д., Панжин А. А., Мельник В. В. Обеспечение устойчивости бортов карьеров в целях безопасной эксплуатации транспортных берм // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 7. С. 28–33.
8. Сашурин А. Д., Бермухамбетов В. А., Панжин А. А. Воздействие современных геодинамических движений на устойчивость бортов карьеров // Проблемы недропользования. 2017. № 3. С. 38–43.
9. Якубов С. И., Сидорова И. П., Раимжанов Б. Р. Изучение оползневых явлений – один из проблемных вопросов при добыче угля на разрезе «Ангренский» // ГИАБ. 2017. № 6. С. 370–375.
10. Пенек А. И., Красников С. Я. Атчинский оползень – уникальный опыт борьбы с опасным явлением // Горный вестник Узбекистана. 1998. № 1. С. 18–21.
11. Хурсанов Х. П., Колпаков В. Н., Красников С. Я. Оползневые явления на Ангренском месторождении бурового угля // Горный вестник Узбекистана. 2002. № 2. С. 19–26.
12. Septian A., Llano-Serna M., Ruest M., Williams D. Three-dimensional kinematic analysis of Bingham Canyon mine pit wall sides // Procedia Engineering. 2017. No. 175. P. 86–93.
13. Jacobczyk J., Cala M., Stopkowicz A. What were the reasons for the rapid landslide occurrence in “Piaseczno” open-pit? Analysis of the landslide process // Studia Geotechnica et Mechanica. 2015. No. 1. P. 25–35. DOI: 10.1515/sgem-2015-0004
14. Хурсанов Х. П. Угольная промышленность Узбекистана: этапы становления, пути развития и перспективы // Горный вестник Узбекистана. 2008. № 1. С. 3–9.
15. Кривенко Ю. Н., Бондар В. И. Разрез «Ангренский» – уникальное каолино-угольное месторождение // Горный вестник Узбекистана. 2008. № 1. С. 10–14.
16. Кельгинбаев А. Н., Салимов З. С., Ибрагимов Г. М., Якубов С. И. К вопросу комплексного использования минерального сырья Ангренского каолино-угольного месторождения // Горный вестник Узбекистана. 2008. № 1. С. 22–25.

Поступила в редакцию 6 мая 2019 года

Сведения об авторах:

Караблин Михаил Михайлович – ведущий инженер технического отдела Кузбасского головного института по проектированию угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий «Кузбассгипрошахт». E-mail: karablin.mm@gmail.com

Простов Сергей Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и геотехнической механики Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. E-mail: psm.kem@mail.ru

Лесин Юрий Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геологии Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. E-mail: lyuv.geo@kuzstu.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-47-57

Landslides at the slopes of Angren opencast coal mine

Mikhail M. Karablin¹, Sergei M. Prostov², Iurii V. Lesin²

¹ Kuzbass Head Institute on Designing of Coal Mining and Coal Processing Enterprises Kuzbassgiproshakht, Kemerovo, Russia.

² Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia.

Abstract

Introduction. Opencast mining is complicated by a number of negative events. The problem of slopes instability plays a special part. In the conditions of modern economy, when the growth of mineral production is inevitable, human protection and work cycle permanence are the criteria of mining enterprises productivity. The actions aimed at protecting against landslides being developed and landslides that took place when carrying out opencast mining operations at the fields of Kuzbass, Transbaikal, Republic of Kazakhstan, Republic of Uzbekistan, the USA, and Poland prove that it is crucial to find the solution to this problem. At the same time, particular features of the mentioned fields are complex engineering-geological and hydrogeological conditions. One such field is Angren brown coal field.

Research aim is to determine engineering-geological and hydrogeological factors influencing the development of landslides.

Methodology. Engineering-geological conditions of Angren brown coal field have been analyzed, together with the results of surveying instrumental and hydrogeological observations.

Results. Geological structure of Angren brown coal field area includes the rocks of the Paliozoic foundation and the Mezo-Cenozoic deposits. Hydrogeological conditions of the field include four different water-bearing strata and complexes, which influence the development of landslides: quaternary, Neogene, the Cretaceous-Palaeogene, and Jurassic deposits. Drainage pattern of a field is represented by ravines with permanent or temporary watercourse ("sai" in the Kazakh language) and the watercourse itself: Saiak-sai, Badamzar-sai, and Boksuk-sai. The expansion of engineering activities connected with field development, resulted in some negative effects which influence the stability of slopes: discharge of subsurface waters on the surface of slopes, reduction of strength characteristics in the zones of disjunctive faults, shale hydration, development of fracture zones in weathering crust rock, and variation of stress. The most hazardous landslide is Tsentralny. As of 2017–2018, the area of the landslide cirque reached 1.06 km², volume – 120 million m³. By the results of surveying instrumental observations, the following displacement periods have been determined: most intensive – from January to May 2018, least intensive – from May to December 2018. The analysis of drainage water delivery in 2017–2018 shows that maximum increase in the level of ground waters is in spring (March – May).

Conclusions. Together with deviations from design parameters of slopes (slope angle increases, strata contacts trim, etc.), one main reason of landslides is unfavorable combination of engineering-geological and hydrogeological factors: high water permeability of enclosing rock represented by loam, pebble, and gravelite, and rush of ground water from surface sources, precipitation, and overflow along the fractures reservoir rock.

Key words: landslide; stability of slopes and benches; engineering-geological conditions; hydrogeological conditions; surveying; ground water level.

REFERENCES

1. Burtsev S. V., Rybak L. V. Radar control systems stability of boards at the open pit "Chernigovets". *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Tula State University*. 2018; 1: 203–210. (In Russ.)
2. Makeev M. A. Innovations for industrial safety: Case study of the application of Reutech advanced radar system for pit wall stability monitoring at mines of the Russian Federation. *Gornaya promyshlennost' = Mining Industry Journal*. 2017; 2: 48–50. (In Russ.)
3. Fleurisson J-A. Slope design and implementation in open-pit mines: geological and geomechanical approach. *Procedia Engineering*. 2012; 46: 27–38. DOI:10.1016/j.proeng.2012.09.442
4. Skudarnov D. E., Portola V. A., Kvasova A. A., Sachkov A. V. Analysis of fatal traumatism in opencast coal mining operations. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti = Bulletin of the Scientific Center for Work Safety in the Coal Industry*. 2018; 1: 33–39. (In Russ.)
5. Verkhoturov A. G., Razmakhina I. B. Causes of deformation of Transbaikalian coal mines pit sides. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2016; 9: 211–221. (In Russ.)
6. Starostina O. V., Dolgonosov V. N., Aliev S. B., Abueva E. V. Study of stability of the benches of the upper horizons of the stationary side of the "Bogatyr" open-pit mine. *Ugol = Coal*. 2019; January: 27–32. (In Russ.)
7. Sashurin A. D., Panzhin A. A., Melnik V. V. Ensuring resistance of open-cast edges for the objective of ramp safe operation. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2016; 7: 28–33. (In Russ.)
8. Sashurin A. D., Bermukhambetov V. A., Panzhin A. A. The impact of up-to-date geo-dynamic movements on the stability of pit's edges. *Problemy nedropolzovaniia = The Problems of Subsoil Use*. 2017; 3: 38–43. (In Russ.)
9. Iakubov S. I., Sidorova I. P., Raimzhanov B. R. Studies of landslide phenomena – one of the challenges of Angren open pit mine. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 6: 370–375. (In Russ.)
10. Peneko A. I., Krasnikov S. Ia. Atchinsky landslide – a unique experience in dealing with a dangerous phenomenon. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 1998; 1: 18–21. (In Russ.)
11. Khursanov Kh. P., Kolkpakov V. N., Krasnikov S. Ia. Landslides on the Angren coal deposit. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2002; 2: 19–26. (In Russ.)
12. Septian A., Llano-Serna M., Ruest M., Williams D. Three-dimensional kinematic analysis of Bingham Canyon mine pit wall sides. *Procedia Engineering*. 2017; 175: 86–93.
13. Jacobchik J., Cala M., Stopkowicz A. What were the reasons for the rapid landslide occurrence in "Piaseczno" open-pit? – Analysis of the landslide process. *Studia Geotechnica et Mechanica*. 2015; 1: 25–35. DOI: 10.1515/sgem-2015-0004.
14. Khursanov Kh. P. Coal industry of Uzbekistan: stages of formation, development paths and prospects. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2008; 1: 3–9. (In Russ.)
15. Krivenko Iu. N., Bondar V. I. The Angrensky open-pit mine is a unique kaolin-coal deposit. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2008; 1: 10–14. (In Russ.)

16. Kelginbaev A. N., Salimov Z. S., Ibragimov G. M., Iakubov S. I. On the issue of integrated use of mineral raw materials of the Angren kaolin-coal deposit. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2008; 1: 22–25. (In Russ.)

Received 6 May 2019

Information about authors:

Mikhail M. Karablin – management engineer of the Engineering Department of Kuzbass Head Institute on Designing of Coal Mining and Coal Processing Enterprises Kuzbassgiproshakht. E-mail: karablin.mm@gmail.com

Sergei M. Prostov – DSc (Engineering), professor of the Department of Theoretical and Geotechnical Mechanics, Kuzbass State Technical University. E-mail: psm.kem@mail.ru

Iurii V. Lesin – DSc (Engineering), professor of the Chair of Surveying and Geology, Kuzbass State Technical University. E-mail: lyuv.geo@kuzstu.ru

Для цитирования: Караблин М. М., Простов С. М., Лесин Ю. В. Оползневые процессы в бортах при ведении горных работ на угольном разрезе «Ангренский» // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 8. С. 47–57. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-47-57

For citation: Karablin M. M., Prostov S. M., Lesin Yu. V. Landslides at the slopes of Angren opencast coal mine. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 8: 47–57 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-8-47-57