

2. Нікбахт Е. Фінанси / Е. Нікбахт, А. Гропеллі ; пер. з англ. – К. : Основи, 1993. – 383 с.
3. Лисенко О. А. Геолого-економічна оцінка корисних копалин (актуальні питання й методичні аспекти) / О. А. Лисенко. // ISSN 1682-721X. Мінеральні ресурси України. – 2017. – С. 22–26.
4. Любчик О. С. Розрахунок доходу власника надр від господарської діяльності з видобутку підземних вод згідно законодавства України та Польщі / Любчик Оксана Сергіївна // Матеріали конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування". – 2017. – С.297–302
5. Методичні вказівки щодо порядку техніко-економічного обґрунтування балансової належності експлуатаційних запасів родовищ питних і технічних підземних вод. Затверджені наказом ДКЗ України від 29.12.2010 р №720. [Електронний ресурс] // ДКЗ. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://www.cct.com.ua/2016/29.12.2010_720.htm.
6. Облікова ставка Національного банку України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=53647.
7. Ольшанська І. Звіт про гідрогеологічні дослідження: «Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів питних підземних вод в межах ділянки водозабору КП ПОР «Полтававодоканал», с. Стасі Диканського району Полтавської області (свердловини №№1, 2, 3)» / І. Ольшанська, С. Гендріховський, І. Панікарська. – Дніпропетровськ: Казенне підприємство «Південукргеологія», 2016. – 178 с.
8. Податковий кодекс України [Електронний ресурс] // Законодавство України. Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2755>
9. Про особливості справляння у 2017 році рентної плати [Електронний ресурс] // Офіційний портал Державної фіскальної служби. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://ch.sfs.gov.ua/media-ark/news-ark/print-284376.html>.
10. Ралко О. С. Методи визначення ставки дискотування / О. С. Ралко. // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. – 2015. – №11. – С. 150–153.
11. Рудько Г. І. Співставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів та ресурсів у міжнародній практиці геолого-економічної оцінки на прикладі родовищ вугілля / Г. І. Рудько, М. М. Курило. // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2016. – №72. – С. 76–80.
12. Рентна плата. Видобування підземних вод. // Вісник. Офіційно про податки. – 2015. – №39. – С. <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/8978>.
13. Шевченко О. Л. Чинники формування та алгоритм розрахунку техніко-економічних показників експлуатації родовищ підземних вод / Олексій Леонідович Шевченко. // Мінеральні ресурси України. – 2017. – №2. – С. 37–42.
14. Шевченко О. Визначення прогнозних техніко-економічних показників експлуатації родовищ підземних вод за емпіричними залежностями / Олексій Леонідович Шевченко, Олексій Євгенович Кошляков. // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2017. – № 3(78). – С. 89-94.
15. Fisher I. The Theory of Interest / I. Fisher // New York, the Macmilan company, 1930. – 566p.
16. Keynes J.M. The Pure Theory Of Money (1930) / J.M. Keynes // Kessinger Publishing, LLC, 2010. – 382 p

Рукопис подано до редакції 18.04.2018

УДК 622.271.4.012.3

Е.А. НЕСМАШНЫЙ, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
 А.В. БОЛОТНИКОВ, канд. техн. наук, Академия горных наук Украины
 А.А.ГРИЦАЕНКО, РУ ЧАО «ЦГОК»

РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРОВАННОГО УЧАСТКА ЗАПАДНОГО БОРТА КАРЬЕРА №4 ЧАО «ЦГОК»

Цель. Целью данной работы является расчет устойчивости деформированных участков западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК» с последующей разработкой мероприятий по ликвидации последствий оползневых явлений и деформаций бортов, основанных на результатах оперативных обратных геомеханических расчетов.

Методы исследований. Для подтверждения результатов и выводов в работе авторами использованы ранее полученные результаты исследований, связанные с особенностью развития оползневых процессов на карьерах Кривбасса. Приведенная научно-методическая база, учитывающая закономерности деформации песчано-глинистых горных пород на карьерах, подкреплена практикой оценки устойчивости бортов железорудных карьеров.

Научная новизна. Разработанные подходы могут быть использованы при оценке геомеханических рисков особо ответственных объектов при разработке железорудных месторождений.

Практическая ценность. Определена зависимость между молекулярным сцеплением и физическим трением для песчано-глинистых пород, в районе оползневого участка. Использование обратных геомеханических расчетов на основании маркшейдерской съемки оползневых участков открытых горных выработок позволяет производить корректировку, расчет и обоснование их устойчивых параметров с наименьшими трудозатратами. Применительно к деформированному участку западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК» определены его скорректированные устойчивые параметры и обосновано применение ряда мероприятий по стабилизации данного участка западного борта карьера.

Результаты. Выполнены обратные геомеханические расчеты оползневых участков деформированного участка западного борта карьера по результатам маркшейдерской съемки, используя метод алгебраического сложения сил.

© Несмашный Е.А., Болотников А.В., Грицаенко А.А., 2018

Полученные значения коэффициента запаса устойчивости позволяют предположить, что в рассматриваемых геометрических параметрах данный участок западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК» будет обладать минимально необходимым запасом устойчивости, что позволит стабилизировать оползневые процессы на рассматриваемом участке в геометрических параметрах, предусмотренных проектными решениями по уборке оползневых масс.

Ключевые слова: устойчивость бортов, коэффициент запаса устойчивости, физико-механические свойства пород, обратные геомеханические расчеты, углы наклона бортов, текущее положение откосов.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-47-53

Проблема и ее связь с практическими задачами. Нарушение устойчивости уступов, групп уступов и бортов карьеров, несмотря на все достижения мировой геомеханики, практически всегда сопутствуют процессам разработки полезных ископаемых открытым способом. В этих условиях возникает проблема оперативной разработки мероприятий по ликвидации последствий оползневых явлений и обеспечения устойчивости деформированных участков открытых горных выработок. В данных условиях проблема геомеханического обеспечения горных работ, в аспекте обеспечения добычи полезного ископаемого с минимальными затратами на проведение вскрышных работ с одновременным обеспечением достаточной степени устойчивости бортов разрабатываемых карьеров, выходит на один из первых планов в общем объеме задач, направленных на обеспечение экономической эффективности открытых горных работ.

Одним из основных факторов влияющих, с геомеханической точки зрения, на устойчивость бортов карьеров является значение прочностных свойств пород слагающих данные борта. В настоящее время для определения значения прочностных свойств пород проводятся специальные исследования направленные на определения пределов прочности образцов пород с последующим расчетом угла внутреннего трения и сцепления для каждой из выделенной группы пород. Однако следует отметить, что проведение таких исследований довольно дорогостояще и осложнено отсутствием необходимого оборудования [1-4]. Ориентируясь на вышеизложенное, нужно отметить необходимость разработки методов определения прочностных свойств пород в массиве на основе анализа текущего состояния карьерных откосов действующих карьеров с использованием обратных геомеханических расчетов [3-6].

Анализ исследований и публикаций. В большинстве случаев метод обратных расчётов для определения физико-механических свойств горных пород рекомендуется применять при оценке фактов, которые привели к нарушению устойчивости породного откоса [5 - 11]. То есть, обратные геомеханические расчёты применяются для установления реальных физико-механических свойств горных пород в теле оползня.

Требования к мероприятиям по борьбе с нарушениями устойчивости уступов, бортов карьеров и отвалов регламентируются инструкциями и методическими указаниями [7-10], при этом работы на оползневых участках бортов карьеров и отвалов должны производиться согласно [9, 10].

При возникновении оползневых явлений, трещин и заколов на поверхности открытых горных выработок рекомендуется следующий порядок ведения горных работ [9]:

исходя из условия возникновения трещин и заколов на поверхности борта, соответствующего устойчивому состоянию с минимально допустимым коэффициентом запаса устойчивости, равным $1,1 \div 1,15$ ($1,0$ для поверхности сдвижения в районе оползня), корректируют расчетные характеристики прочности пород;

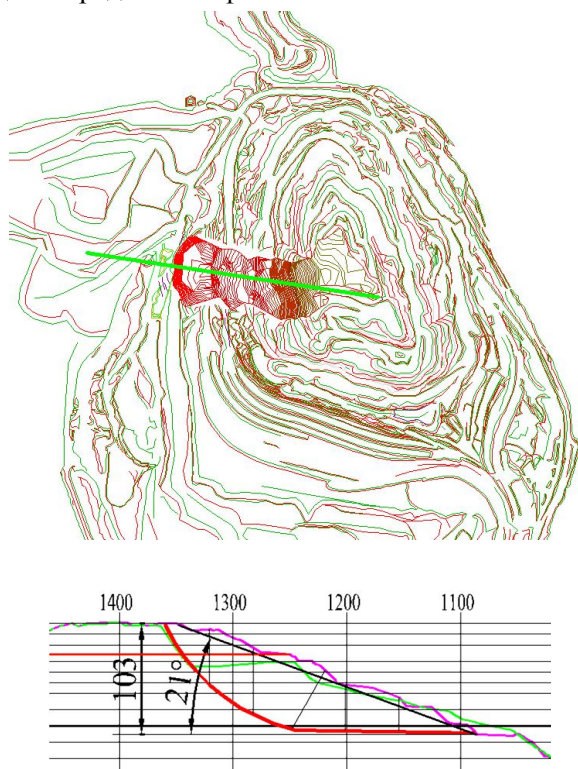


Рис. 1. План и разрез оползневого участка на западном борту карьера № 4 ЧАО «ЦГОК»

по скорректированным характеристикам производят переоценку устойчивости борта на предельном контуре и устанавливают в соответствии с геомеханическим расчетом его параметры;

геомеханическим расчетом определяют параметры рабочего борта с коэффициентом запаса устойчивости $1,15 \div 1,2$ и выше, сконцентрировав горные работы в верхней части борта, оформляют рабочий борт по расчетному профилю;

контроль за оползневым участком осуществляют наблюдениями по профильным линиям и при увеличении скорости смещений породного массива по старым заколам, следует прекратить работы и сосредоточить усилия по разгрузке верхней части борта.

Изложение выполненных работ. Деформирование групп уступов, сложенных песчано-глинистыми породами в м.о. 190.....240, гор. +60.....+150 м, на западном борту карьера № 4 ЧАО «ЦГОК» произошло вследствие многолетнего переувлажнения породного массива вследствие неэффективной работы системы гидрозащиты карьера.

Для ликвидации негативных последствий этих оползневых процессов нами, в соответствии с рекомендациями нормативных документов [2, 4], для устранения причин деформирования западного борта карьера, выполнены следующие работы:

обратные геомеханические расчеты, на основании маркшейдерских замеров оползневых участков, для корректировки прочностных свойств песчано-глинистых горных пород на данном участке западного борта карьера;

расчет устойчивости участка западного борта карьера, в зоне деформирования, после корректировки проектных решений в части приведения борта в положение с нормативным значением коэффициента запаса устойчивости.

Полученные результаты. Обратные геомеханические расчеты для определения фактических прочностных свойств горных пород в районе оползневого участка проведены с помощью метода алгебраического сложения сил, с учетом фактического профиля поверхности скольжения, установленного по результатам маркшейдерских замеров участка деформирования [6, 7].

План оползневого участка на западном борту карьера № 4 ЧАО «ЦГОК» и расчетный разрез приведены на рис.1. Результаты обратных геомеханических расчетов по соответствующему расчетному разрезу представлены в табл.1.

Таблица 1

Результаты обратных геомеханических расчетов по разрезу 1

| № блока | Объем, м ³ | Длина дуги площадки, м | Наклон площадки град. | Объемный вес, Н/м ³ | Угол внут. трения, град. | Сцепление, МПа | Силы удерживающие Н | Силы сдвигающие, Н |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 1050 | 70 | 55 | 20000 | 18 | 0,060 | 8113692 | 17202193 |
| 2 | 2240 | 50 | 38 | 18500 | 18 | 0,060 | 13610306 | 25513012 |
| 3 | 3130 | 36 | 22 | 17500 | 18 | 0,060 | 18661533 | 20519076 |
| 4 | 1640 | 48 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 8831355 | 1001616 |
| 5 | 1755 | 48 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 9332829 | 1071851 |
| 6 | 1105 | 67 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 7163454 | 674869 |
| Итого по поверхности: | | | | | | | 65713169 | 65982616 |
| Коэффициент запаса устойчивости | | | | 1,00 | | | | |

Общепризнанно, что изменение угла внутреннего трения горных пород с понижением глубины горных работ не отмечается или не значительно, его значение может быть принято постоянным. Поэтому целью любых обратных геомеханических расчетов является определение усредненной величины молекулярного сцепления по вероятной поверхности скольжения [6, 7].

На основании полученных данных, определена зависимость между молекулярным сцеплением и физическим трением для песчано-глинистых пород, в районе оползневого участка (рис. 2). По результатам обратных расчетов, определены скорректированные значения прочностных свойств песчано-глинистых пород в оползневой зоне группы уступов, которые находятся в пределах:

угол внутреннего трения по слою обводнённых пород, который находился в основании призмы скольжения, не более $12 \div 17$ градусов;

молекулярное сцепление по слою обводнённых пород, который находился в основании призмы скольжения, не более $10 \div 55$ кПа.

Мероприяття по ліквідації наслідків деформування груп уступів і участків бортов кар'єрів повинні виконуватися в послідовності і об'ємах, рекомендованих нормативними документами в області спостереження і контролю за їх стійкістю [7- 9]. Ураховуючи це, розрахунки по визначенню стійких параметрів деформованого участка західного борту кар'єра № 4 ЧАО «ЦГОК» вироблялися з урахування виконання наступних протипожезних заходів:

розвантаження верхньої частини західного борту кар'єра (часового відвалу) з зниженням денної поверхні до отм. +150 м;

привантаження уступів +60/+75 м і +75/+90 м по всій довжині західного борту в вигляді контрфорсів із скальної вскріши висотою на всю висоту уступів і шириною 20 м на гор. +60 м і 15 м на гор. +75 м.

При виконанні геомеханічних розрахунків по визначенню стійких параметрів деформованого участка західного борту кар'єра №4 нами розглядалися два варіанти.

1. При вирахуваннях використовувалися показники молекулярного сцеплення і фізического трия для піщано-глинистих порід в районі оползневого участка, установленні зворотними розрахунками.

2. Вирахування вироблялися з урахування можливого дальнішого зниження молекулярного сцеплення піщано-глинистих порід в районі оползневого участка в результаті їх дальнішого значительного обводнення внаслідок недостаточної ефективної роботи системи гідрозащити західного борту кар'єра № 4.

План з нанесеними розрахунковими розрізами рекомендуваного контура західного борту кар'єра № 4 ЧАО «ЦГОК» показаний на рис. 3, а геомеханічні схеми к розрахунку стійкості оползневого участка західного борту кар'єра №4 - на рис. 4.

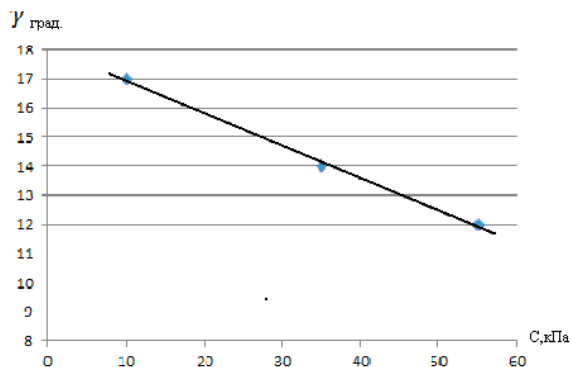


Рис. 2. Соотношение между сцеплением и трением песчано-глинистых пород (западный борт карьера №4 ЧАО «ЦГОК»)

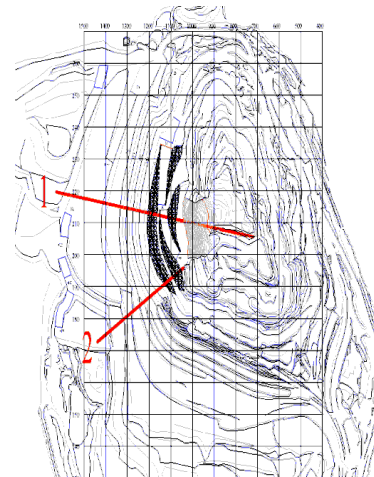


Рис. 3. План с нанесенными расчетными разрезами рекомендуемого контура западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК»

Результати розрахунку ступені стійкості оползневого участка західного борту кар'єра №4 ЧАО «ЦГОК» по розрахунковим розрізам 1 і 2 з використанням установленних зворотними розрахунками показателів молекулярного сцеплення і фізического трия, приведені в табл. 2.

Результати розрахунку ступені стійкості оползневого участка західного борту кар'єра №4 ЧАО «ЦГОК» по розрахунковим розрізам 1 і 2 з використанням показателів молекулярного сцеплення і фізического трия, які відповідають стану піщано-глинистих порід в стані предельного водонасичення, приведені в табл. 3.

З урахування скорректированных, на основании зворотних геомеханічних розрахунків, прочностних властивостей піщано-глинистих порід, вироблені контрольні розрахунки стійкості участка західного борту кар'єра №4 ЧАО «ЦГОК» (гор. +60.....+150 м, м.о. 190....240), в геометричних параметрах, передбачених проектними рішеннями по уборці оползневих мас. В результаті отримані значення коефіцієнта запасу стійкості ($n_3 = 1,30-1,50$), а значить запропоновані генеральним проектувальником проектні рішення і заходи дозволять стабілізувати оползневі процеси на розглянутому участку.

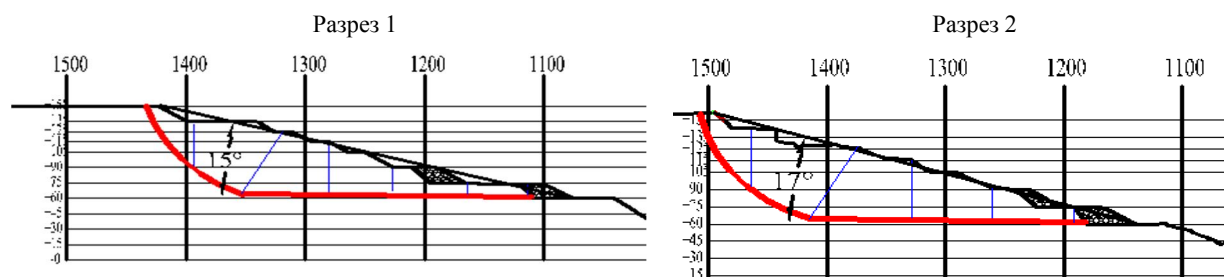


Рис. 4. Расчетные геомеханические схемы на предлагаемом контуре западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК»

Таблица 2

Расчет по фактическим показателям прочности пород в районе оползня

| № блока | Объем, м ³ | Длина дуги площадки, м | Наклон площадки град. | Объемный вес, Н/м ³ | Угол внут. трения, град. | Сцепление, МПа | Силы удерживающие Н | Силы сдвигающие, Н |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Разрез 1 | | | | | | | | |
| 1 | 1030 | 75 | 58 | 17500 | 18 | 0,06 | 7603566 | 15286067 |
| 2 | 3510 | 46 | 34 | 17500 | 18 | 0,06 | 19306091 | 34348424 |
| 3 | 3100 | 73 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 16072804 | 1893298 |
| 4 | 2150 | 54 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 11265251 | 1313094 |
| 5 | 1495 | 64 | 2 | 21000 | 14 | 0,035 | 10062893 | 1095670 |
| 6 | 575 | 50 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 4257344 | 351176 |
| 7 | 350 | 38 | 2 | 24000 | 24 | 0,03 | 4877651 | 293156 |
| Итого по поверхности: | | | | | | | 73445602 | 54580884 |
| Коэффициент запаса устойчивости | | | | 1,35 | | | | |
| Разрез 2 | | | | | | | | |
| 1 | 1100 | 80 | 60 | 17500 | 18 | 0,06 | 7927352 | 16670989 |
| 2 | 3700 | 52 | 32 | 17500 | 18 | 0,06 | 20961703 | 34312272 |
| 3 | 3220 | 77 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 16736074 | 1966587 |
| 4 | 2250 | 60 | 2 | 17500 | 14 | 0,035 | 11911310 | 1374168 |
| 5 | 1380 | 61 | 2 | 19000 | 14 | 0,035 | 8668407 | 915065 |
| 6 | 465 | 46 | 2 | 24000 | 24 | 0,03 | 6345734 | 389478 |
| Итого по поверхности: | | | | | | | 72550579 | 55628559 |
| Коэффициент запаса устойчивости | | | | 1,30 | | | | |

Таблица 3

Расчет по показателям прочности пород, находящихся в водонасыщенном состоянии

| № блока | Объем, м ³ | Длина дуги площадки, м | Наклон площадки град. | Объемный вес, Н/м ³ | Угол внут. трения, град. | Сцепление, МПа | Силы удерживающие Н | Силы сдвигающие, Н |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Разрез 1 | | | | | | | | |
| 1 | 500 | 51 | 58 | 17500 | 18 | 0,06 | 4566586 | 7420421 |
| 2 | 1475 | 35 | 28 | 17500 | 18 | 0,06 | 9505272 | 12118235 |
| 3 | 1000 | 44 | 2 | 17500 | 12 | 0,01 | 4157474 | 610741 |
| 4 | 670 | 40 | 2 | 17500 | 12 | 0,01 | 2890707 | 409197 |
| 5 | 420 | 45 | 2 | 24000 | 24 | 0,03 | 5835178 | 351787 |
| Итого по поверхности: | | | | | | | 26955218 | 20910380 |
| Коэффициент запаса устойчивости | | | | 1,29 | | | | |
| Разрез 2 | | | | | | | | |
| 1 | 360 | 41 | 58 | 17500 | 18 | 0,06 | 3544742 | 5342703 |
| 2 | 1100 | 28 | 32 | 17500 | 18 | 0,06 | 6984290 | 10200946 |
| 3 | 765 | 36 | 2 | 17500 | 12 | 0,01 | 3203868 | 467217 |
| 4 | 570 | 28 | 2 | 17500 | 12 | 0,01 | 2398960 | 348122 |
| 5 | 280 | 21 | 2 | 17500 | 12 | 0,01 | 1250893 | 171008 |
| 6 | 300 | 30 | 2 | 24000 | 24 | 0,03 | 4103700 | 251276 |
| Итого по поверхности: | | | | | | | 21486452 | 16781272 |
| Коэффициент запаса устойчивости | | | | 1,28 | | | | |

Обобщенные результаты выполненных геомеханических расчетов приведены в табл.4.

Выполненные геомеханические расчеты по определению степени устойчивости участка западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК» (гор. +60...+150 м, м.о. 190.....240), позволили учесть возможность дальнейшего значительного обводнения песчано-глинистых пород вплоть до состояния предельного водонасыщения. Полученные значения коэффициентов запаса устойчивос-

Таблица 4
Результаты расчета устойчивых параметров оползневого участка западного борта карьера № 4

| № разреза | Высота откоса, м | Угол наклона, град. | Коэф. запаса устойчивости, доли ед. |
|-----------|------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1 | 90 | 15 | $1,35 / 1,15$ |
| | 75 | 17 | $1,50 / 1,30$ |
| | 75 | 16 | $1,45 / 1,24$ |
| | 60 | 19 | $1,44 / 1,29$ |
| 2 | 90 | 17 | $1,30 / 1,13$ |
| | 75 | 18 | $1,34 / 1,15$ |
| | 105 | 16 | $1,30 / 1,13$ |
| | 60 | 19 | $1,47 / 1,28$ |

* В числителе коэффициент запаса устойчивости при прочности песчано-глинистых пород, находящихся в естественном состоянии, в знаменателе - в водонасыщенном состоянии.

С целью безопасности, авторами предложено, при выполнении работ по уборке оползневых масс с западного борта карьера №4 ЧАО «ЦГОК» обеспечить минимальный наклон площадок +75 м и +90 м в сторону карьера. Для эффективного отвода водопритоков с рабочих площадок данных горизонтов рекомендуется выполнить в песчано-глинистой толще проходку лучевых дренажных траншей глубиной до 0,5 м с наклоном дна в сторону карьера, с их последующей засыпкой качественной невыветрелой скальной вскрышей. Строительство данных лучевых траншей рекомендуется производить с шагом 50 м по всей протяженности западного борта, которое необходимо осуществить до отсыпки контрфорса уступа +75/+90 м.

Выводы. Таким образом, использование обратных геомеханических расчетов по результатам маркшейдерской съемки оползневых участков бортов карьеров позволяет производить корректировку, расчет и обоснование их устойчивых параметров с минимальными затратами, так как нет необходимости в выполнении дополнительных исследований по определению физико-механических свойств песчано-глинистых горных пород. Рекомендовано выполнять мероприятия по стабилизации устойчивого состояния оползневых участков, используя результаты выполненных исследований и расчетов.

Список литературы

1. Болотников А.В., Биленко А.Е., Ткаченко Г.И. Определение возможности увеличения результирующих углов наклона бортов карьера, путем обратных расчетов прочностных свойств пород, на примере Глеватского карьера ПАО «ЦГОК» Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2015. - № 39. - С. 122-127.
2. Несмашний Е.А., Герасимова Е.В., Ткаченко Г.И. Геомеханическое обоснование устойчивых параметров отвалов карьера № 4 ПАО «ЦГОК». Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. - Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», - 2016. - № 43. - С. 127-132.
3. Несмашний Є.О., Болотніков А.В., Ткаченко Г.І. Расчет устойчивости участка восточного борта карьера ПАО «ИнГОК» в песчано-глинистой толще. Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ. - 2016. - № 41. - С. 64-69.
4. Несмашний Е.А. Оптимизация геометрических параметров открытых горных выработок. Кривой Рог, Минерал. 1999. -120 с.
5. Несмашний Е.А. и др. Определение устойчивых параметров отвала № 2 ПАО «ИнГОК» на предельном контуре с учетом величины порового давления // Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск, №7, 2013, с. 72-75.
6. Несмашний Е.А. и др. Обоснование оптимальных параметров открытых горных выработок на Криворожских карьерах Кривой Рог, Изд-во «Дионис», -2012, -398 с.: ил.
7. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов, уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Л., ВНИМИ, 1971 г.
8. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. Л.: ВНИМИ, 1987 -118с.
9. Правила охраны труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – Харьков: - 2010.
10. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізгорудних та флюсових кар'єрів // Під ред. проф. А.Г.Шапаря // -К: - 2009. – 201с.
11. Попов И.И., Окатов Р.П. Борьба с оползнями на карьерах. -М.: Недра, 1980. - 238 с.
12. Болотніков А.В., Несмашний Е.А., Наминат А.С. Прогнозирование и оценка состояния устойчивости бортов карьера №4, внешних и временных отвалов Артемовского месторождения. Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. праць. -Кривий Ріг: КТУ. - № 95. 2012. с.69-74.
13. С.С. Серый, А.В. Дунаев. Методика изучения структуры массива скальных пород для оценки устойчивости карьерных откосов // Маркшейдерия и недропользование. №4 (36), июль-август 2008. – с. 40-41

Рукопись поступила в редакцию 19.04.2018