

**ХМЫРОВА Е.Н.** (Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ), г. Караганда, Казахстан)

**БЕСИМБАЕВА О.Г.** (Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ), г. Караганда, Казахстан)

**ОЛЕЙНИКОВА Е.А.** (Карагандинский государственный технический университет (КарГТУ), г. Караганда, Казахстан)

**ТОККУЖИН Е.А.** (Акционерное общество Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное предприятие (АО ССГПО), г. Костанай, Казахстан)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА КАЧАРСКОГО КАРЬЕРА НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Цель.** Исследование устойчивости прибортовых массивов Качарского карьера, сложенных неоднородными, слоистыми, скальными и сильнотрещиноватыми горными породами путем разработки и совершенствования методики проведения инструментальных маркшейдерских наблюдений для предотвращения опасных деформаций и обеспечения безопасности при ведении горных работ.

**Методика.** Разработана система геотехнического мониторинга состояния горного массива на основе внедрения новых технологий с использованием спутниковых методов определения координат твердых точек, измерений величины деформаций высокоточным тахеометром по стационарным призмам в сочетании с лазерным геосканированием деформационного участка с созданием 3D модели массива.

**Результаты.** Установлено значительное снижение прочностных свойств горных пород, слагающих прибортовой массив, ослабление их структурных связей с увеличением влажности пород и их трещиноватости. Формирование оползневой призмы в этих условия обусловлено потерей устойчивости отдельных породных призм, оконтуренных с одной стороны поверхностью откоса, а с другой – одной или несколькими поверхностями ослабления (контактами пород). Проведенные комплексные наблюдения позволили определить скорость деформации и выявить контуры оползневой призмы. Скорость деформации оползня в зимнее время составила 12–14 мм в сутки, максимального значения достигло в весенний период и составило 19 мм в сутки.

**Научная новизна.** Научная новизна предложенного в работе метода – комплексные инструментальные наблюдения за состоянием горного массива с использованием высокоточных лазерных приборов и спутниковых систем с построением 3D модели массива.

**Практическая значимость.** Совершенствование методики инструментальных наблюдений за устойчивостью прибортовых и отвальных массивов на основе комплексного сочетания высокоточных измерений с использованием тахеометра TA1201 и лазерного сканера HDS 8800, которая позволяет определить скорость деформации, выявить границы оползневой призмы и создать модель деформируемого участка для разработки противооползневых мероприятий с целью повышения устойчивости горного массива.

**Ключевые слова:** деформация, прибортовой массив, горная порода, сканирование, тектоническое нарушение, трещиноватость, лазерное геосканирование, спутниковые технологии.

**Постановка проблемы.** Обеспечение безопасности при разработке рудных месторождений открытым способом в сложных геологических условиях на глубоких горизонтах требует рационального планирования ведения горных работ с учетом изменения физико-механических характеристик горных пород и проведения дополнительных гидрогеологических

изысканий [1–38]. Исследования показали, что для горных пород (метасоматитов), слагающих юго-западный борт Качарского месторождения, характерны процессы гипергенезиса. Температурные колебания поверхностных горизонтов горных пород, особенно сильное переохлаждение зимой, приводят к объемно-градиентному напряжению и образованию морозобойных



трещин, которые в дальнейшем разрабатываются замерзающей в них водой. В этих условиях выветривание связано главным образом с расклинивающим действием замерзающей воды в трещинах, и при выходе на поверхность метасамотиты оказываются малоустойчивыми и сильнотрещиноватыми.

#### **Выделение нерешенной проблемы.**

Устойчивость карьерных и отвальных откосов определяется двумя основными факторами: напряженным состоянием прибортового (отвального) массива и физико-механическими (прочностными) свойствами горных пород. При этом напряженное состояние определяет действующие нагрузки, а физико-механические свойства – прочность пород по потенциальной поверхности скольжения. Для предотвращения оползневых явлений на Качарском месторождении необходимо выполнить расчет устойчивости откосов с учетом измененных прочностных характеристик горных пород. Не допускается принимать в расчеты физико-механические свойства горных пород, в которых не учитывается временной фактор.

#### **Анализ последних исследований.**

Обеспечением устойчивости карьерных откосов занимаются ряд научно-исследовательских и проектных институтов в Республике Казахстан: ИГД им. Д.А. Кунаева, Головной проектный институт ТОО «Корпорация Казахмыс», ВНИИцветмет, научно-исследовательские лаборатории высших учебных заведений (КазНТУ им. К.И. Сатпаева, КарГТУ, ВКГТУ им. Д. Серикбаева); в Российской Федерации: ВИОГЕМ, Горный институт НИТУ «МИСиС», УГГУ, СПбГГУ на базе ВНИМИ, ИГД им. А.А. Скочинского и др.

Современный этап развития открытых разработок месторождений полезных ископаемых в Казахстане характеризуется увеличением их глубины до 500 м и выше, модернизацией технических средств и интенсификацией горного производства. В

этих условиях возникает острая необходимость в создании полномасштабного маркшейдерского геомеханического мониторинга состояния прибортовых массивов глубоких карьеров с корректировочной оценкой их устойчивости, учитывающей фактическое положение горных работ, уточненные значения прочностных характеристик горных пород и структурных особенностей прибортовых массивов.

#### **Формулирование цели работы.**

Проведенный анализ способов наблюдений и расчетов устойчивости техногенных сооружений показывает, что исследования в этой области позволили разработать и внедрить в практику надежные инженерные методы расчета устойчивости прибортовых массивов. Однако, несмотря на достаточно большой объем работ по оценке их устойчивости, не полностью рассмотрены вопросы учета изменяющихся во времени физико-механических свойств горных пород, геометрических параметров сооружения, неполный учет влияния их обводненности и тектонической нарушенности на устойчивость прибортовых массивов. В соответствии с вышеизложенным целью работы является прогнозирование состояния устойчивости прибортовых массивов путем совершенствования методики проведения инструментальных маркшейдерских наблюдений, выполнения расчетов устойчивости откосов с учетом изменившихся физико-механических свойств горных пород для предотвращения опасных деформаций и обеспечения их безопасной эксплуатации.

#### **Изложение основного материала.**

Наиболее опасными видами деформаций бортов карьеров и откосов уступов, нарушающими нормальный технологический процесс, приводящими к потерям готовых к выемке запасов полезного ископаемого и представляющих опасность для работающих в разрезе людей и техники, являются обрушения и оползни.



Задача горных предприятий по обеспечению устойчивости бортов карьеров заключается в предотвращении активной стадии развития оползней и обрушений, т. е. в ограничении деформаций бортов карьеров, откосов уступов и отвалов до допустимых величин. Для управления процессом устойчивости откосов уступов карьеров и отвалов необходимо проводить систематические инструментальные наблюдения согласно требованиям «Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по их устойчивости» [41].

Изменение напряженного состояния горных пород в процессе ведения горных работ приводит к тому, что практически при любых коэффициентах запаса устойчивости бортов они деформируются.

При напряжениях для всех слоев пород более предела ползучести затухающие деформации бортов с течением времени могут смениться деформацией с постоянной скоростью, которая со временем может перейти в деформацию с возрастающей

скоростью, заканчивающуюся обрушением или оползанием борта.

Завершение активной стадии деформирования зависит главным образом от геологического строения борта, механических и деформационных свойств пород, составляющих борт.

При наличии в откосе крупных тектонических нарушений, слабых прослоек и других поверхностей ослабления, а также пластичных слоев, характер развития деформаций изменяется и в каждом конкретном случае будет зависеть от положения поверхности ослабления либо слабого слоя в откосе.

Структурно-тектонические особенности горного массива, характеризующиеся дизъюнктивной и пликативной нарушенностью пород, степенью и характером их трещиноватости, слоистостью и сланцеватостью, являются одним из основных факторов, которые следует учитывать при решении проблемы обеспечения устойчивости карьерных откосов на открытых разработках. На рис. 1 приведена геологическая карта деформирующегося участка юго-западного борта карьера.

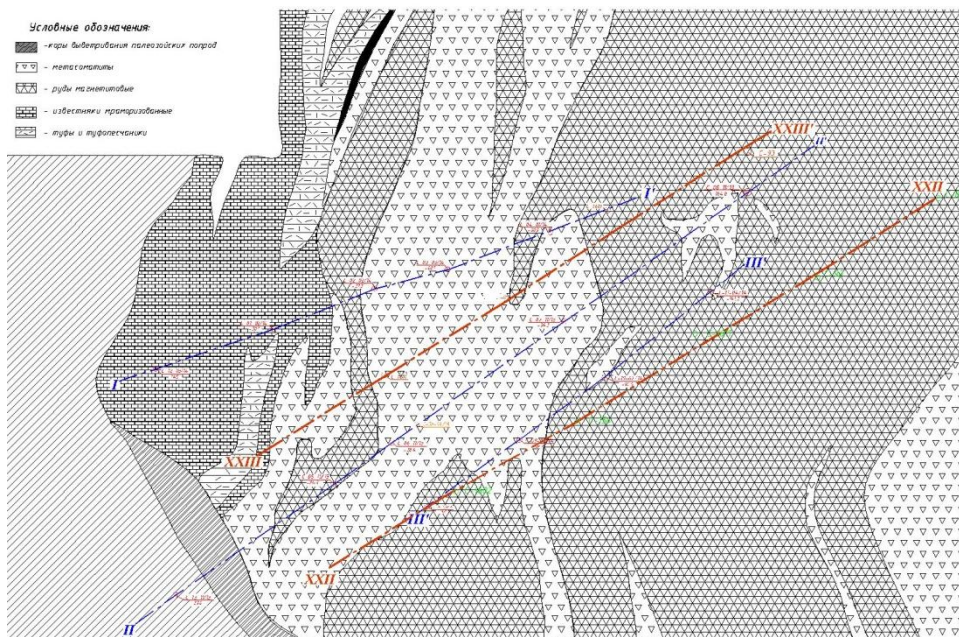


Рис. 1. Геологическая карта юго-западного участка карьера

Возможные наличия в прибортовом массиве поверхностей ослабления в виде отдельных трещин большого протяжения, поверхностей сместителей тектонических нарушений, контактов слоистости пород, не выявленных при разведке месторождения, способны резко ухудшить устойчивое состояние откосов. Это связано с тем, что при значительной прочности куска породы сдвиговые характеристики трещиноватого массива всегда в несколько раз меньше и ещё ниже сопротивляемость сдвигу по поверхностям ослаблений. Поэтому управление устойчивостью карьерных откосов в трещиноватых массивах – задача, требующая своего решения в каждом конкретном случае. От ориентировки поверхностей ослабления в массиве относительно поверхности откоса зависят положение и форма поверхностей скольжения [42].

На деформируемом участке откосы уступов юго-западного борта Качарского карьера с горизонта –30 м сложены сильнотрещиноватыми и ослабленными процессами выветривания метасоматитами, которые к тому же находятся в зоне влияния водоносного горизонта. Характер процесса деформирования данного участка борта карьера показал, что в апреле 2012 г. появились первые деформации на транспортной берме горизонта –30 м, которые представляли собой оползень в районе разреза XXIII, охвативший два уступа.

После проведения противооползневых мероприятий процесс деформирования стабилизировался. В дальнейшем решении по развитию транспортных коммуникаций карьера были выполнены работы по строительству на горизонте –30 м на западном борту карьера дробильного комплекса и конвейерной линии для транспортировки горной массы на поверхность. Работы по возведению железобетонных конструкций привели к увеличению нагрузки на

оползневом участке, а также трещиноватость горного массива, процессов выветривания и увлажнения повлияли на снижение прочностных свойств горных пород и на сопротивляемость пород сдвигу по поверхностям ослаблений. Вследствие вышеуказанных причин, в октябре 2015 г. возобновился процесс деформирования на том же участке, что и в 2012 г., со скоростью смещения оползня более 10 мм в сутки. Для наблюдений за состоянием деформируемого участка еженедельно проводились инструментальные измерения по стационарным призмам, установленным по границам оползня на горизонтах: –30,0 м и –95,0 м с использованием высокоточной электронной съемки, а также были выполнены три цикла лазерного геосканирования исследуемого участка, последнее из которых было выполнено в мае 2016 г.

На геологическом разрезе XXIII и на локальных разрезах, построенных на оползневом участке, прослеживается наличие потенциальной поверхности скольжения, которая проходит по контакту метасоматитов и рудного тела (рис. 2, 3).

Установлено значительное снижение прочностных характеристик метасоматитов во времени и ослабление их структурных связей при увеличении влажности пород и их трещиноватости, что приводит к потере устойчивости пород в откосах и является существенным фактором развития оползней различных типов.

Инструментальные наблюдения, проведенные электронным тахеометром и лазерным сканером с апреля по сентябрь 2016 г., показали характер процесса деформирования и увеличение интенсивности процесса деформации горного массива на оползневом участке [39].

Результаты наблюдений электронным тахеометром представлены в табл. 1, 2.



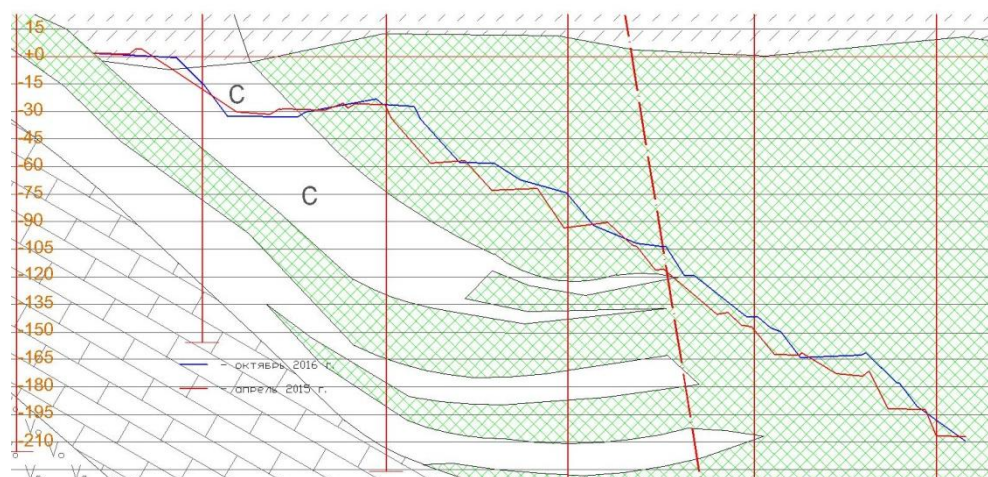


Рис. 2. Геологический разрез по линии XXIII

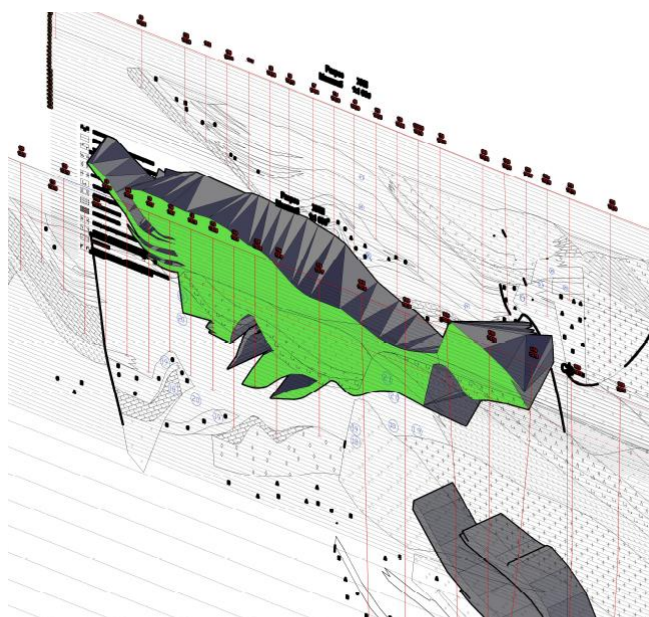


Рис. 3 Построение 3D модели для выделения горных пород с низкими прочностными характеристиками и рудного тела в пространственных координатах

Таблица 1

Результаты инструментальных наблюдений по границам оползневого блока Качарский карьер.  
Юго-западный борт, гор –30м

№ стационарной призмы	Разность от предыдущего цикла измерений (м)						Разность от начального цикла измерений: 05.11.15 г–10.10.16 г. (м)			
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta H/\text{сутки}$	$\Delta L$	$\Delta L/\text{сутки}$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta L$
1	–0,011	0,059	–0,003	–0,003	0,060	0,060	0,209	1,809	–1,733	1,821
2	–0,008	0,051	0,004	0,004	0,052	0,052	0,202	1,499	–1,115	1,513
3	–0,013	0,036	0,006	0,006	0,038	0,038	1,093	1,070	–1,949	1,530
4	0,002	0,048	0,000	0,000	0,048	0,048	0,778	0,329	–1,359	0,845
5	0,002	0,073	0,001	0,001	0,073	0,073	0,102	0,863	–0,861	0,869
6	0,001	0,054	–0,001	–0,001	0,054	0,054	–0,009	0,064	–0,028	0,065
7	0,004	0,056	–0,009	–0,009	0,056	0,056	0,737	0,564	–2,770	0,928
8	–0,001	0,044	0,006	0,006	0,044	0,044	0,008	0,054	–0,009	0,055
9	–0,009	0,061	0,005	0,005	0,062	0,062	–0,047	0,009	–0,083	0,048
10	–0,011	0,058	0,012	0,012	0,059	0,059	–0,065	0,099	–0,248	0,118
11	0,013	–0,040	–0,014	–0,014	0,042	0,042	–0,007	–0,050	–0,014	0,050



Таблица 2

Результаты инструментальных наблюдений по границам оползневого блока Качарский карьер.

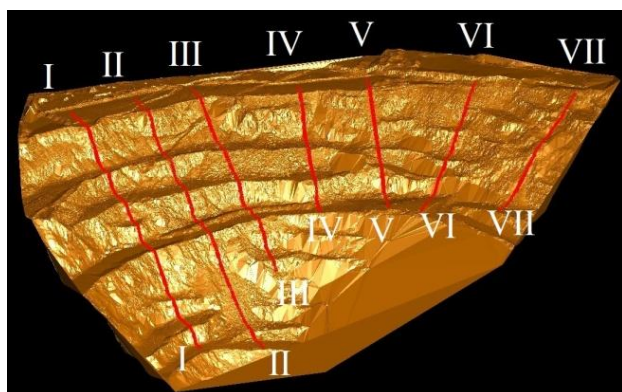
Юго-западный борт, гор –95м

№ стационарной призмы	Разность от предыдущего цикла измерений (м)						Разность от начального цикла измерений: 05.11.15г-10.10.16г.(м)			
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta H$ /сутки	$\Delta L$	$\Delta L$ /сутки	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta H$	$\Delta L$
1	–0,009	0,022	0,002	0,001	0,023	0,012	–0,199	3,225	0,221	3,231
2	0,003	0,036	–0,007	–0,003	0,036	0,018	0,126	3,483	–0,196	3,485
3	0,003	0,021	–0,015	–0,008	0,021	0,011	0,521	2,324	–1,274	2,382
4	–0,009	0,009	–0,010	–0,005	0,013	0,006	–0,058	2,594	–1,053	2,594
5	–0,008	0,007	–0,009	–0,004	0,010	0,005	0,321	2,674	–1,007	2,694
6	–0,003	0,007	0,004	0,002	0,008	0,004	0,709	2,858	0,025	2,945
7	0,002	0,026	–0,001	0,000	0,026	0,013	0,480	3,192	–0,006	3,228
8	0,011	0,025	–0,005	–0,003	0,028	0,014	0,246	0,616	–0,050	0,663
9	–0,002	–0,010	–0,009	–0,005	0,010	0,005	0,017	0,013	0,003	0,022
10	–0,004	0,025	–0,004	–0,002	0,026	0,013	0,004	1,130	–0,336	1,130
11	–0,004	–0,005	–0,003	–0,001	0,006	0,003	0,003	0,007	–0,010	0,008
12	–0,009	0,005	–0,012	–0,006	0,010	0,005	0,055	2,618	–1,287	2,619
13	–0,003	0,009	–0,002	–0,001	0,009	0,005	0,328	1,189	–0,031	1,233
14	–0,004	0,001	–0,006	–0,003	0,004	0,002	0,323	1,031	–0,147	1,081
15	–0,001	0,022	0,003	0,001	0,022	0,011	0,039	0,183	–0,009	0,188

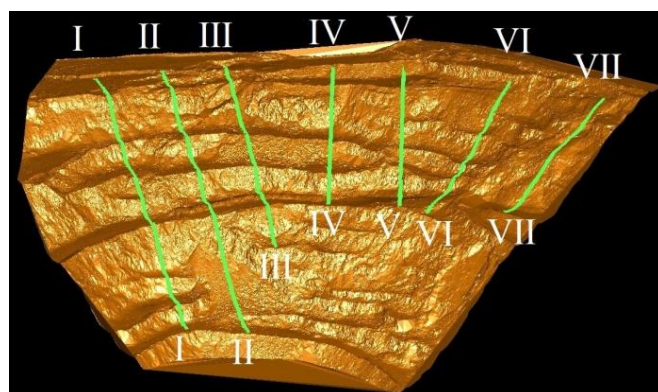
Для получения полной картины механизма деформирования оползня была внедрена технология лазерного геосканирования, которая позволяет отследить изменения и структуру целостности массива, с помощью программного обеспечения построить 3D модели массива.

Результаты лазерного геосканирования представлены в виде 3D модели исследуемого участка с VII сечениями в период с ноября 2015 г. по май 2016 г. (рис. 4) [40].

Наблюдения по поперечным сечениям показали, что значительные смещения происходят по второй, третьей и четвертой линиям (рис. 5).

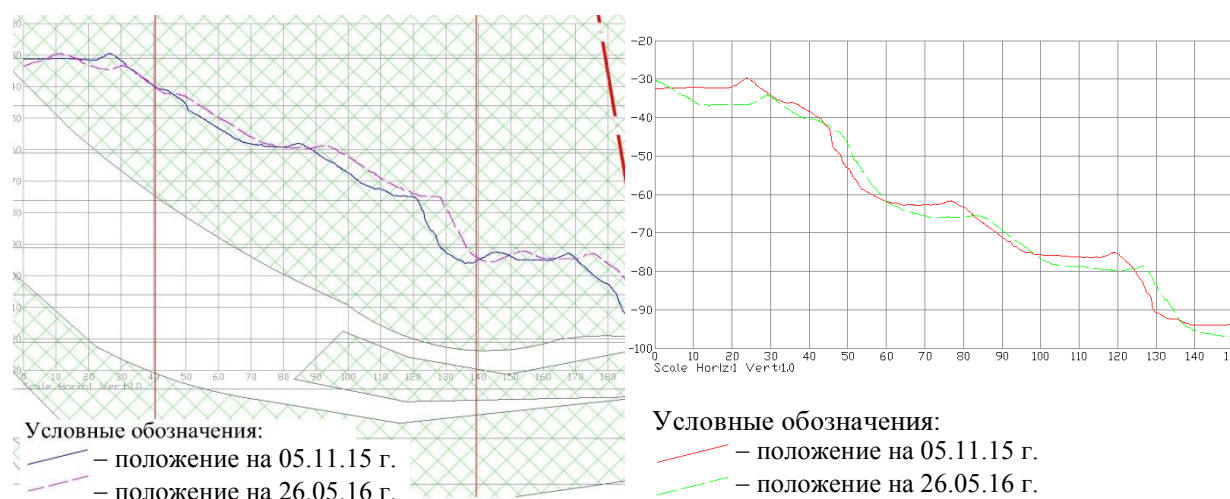


Результаты сканирования 05.11.15 г.



Результаты сканирования 26.05.16 г.

Рис. 4. 3D модель оползневого участка



Продольный профиль оползневого участка по сечению III-III

Продольный профиль оползневого участка по сечению IV-IV

Рис. 5. Сечения, построенные на оползневом участке по результатам обработки лазерного

Величина и направление вертикальных и горизонтальных смещений позволили сделать вывод о том, что образование трещин отрыва на транспортной берме горизонта  $-30$  м привело к деформированию оползневой призмы и оползанию массива, например, оползневые процессы зафиксированы по линии II с горизонта  $-30$  м по горизонт  $-141$  м. На плане (рис. 6) юго-западного участка карьера показаны трещины, оконтуривающие оползневую призму по простирацию красным цветом. Проведенные в дальнейшем исследования оползневой участка методом лазерного сканирования, анализа физико-механических свойств горных пород, наличия поверхностей ослабления позволили выявить наличие микротрещин отрыва на плане горных работ с корректировкой контура зоны деформирования горного массива, которая выделена зеленой линией (рис. 6).

При прогнозировании развития оползней откосов уступов во времени необходимо принимать во внимание, что при нарастании скорости смещений возможно также развитие оконтуривающей оползень трещины отрыва на флангах оползня (активная стадия оползня наступает при его полном оконтуривании трещиной отрыва на флангах).

По результатам систематических наблюдений с использованием высокоточных электронного тахеометра TA 1202 и горного сканера HDS 8800 фирмы Leica установлено увеличение скорости смещения до  $17$  мм в сутки в его центральной части и развитие трещин отрыва по флангам оползня. Формирование трещин отрыва зависит о наличия возможных контактов ослабления, структурных особенностей массива, физико-механических характеристик горных пород, инженерно-геологических и горнотехнических условий.

Инструментальные наблюдения, проведенные электронным тахеометром и лазерным сканером с апреля по сентябрь 2016 г., показали характер процессе деформирования и увеличение интенсивности процесса деформации горного массива на оползневом участке [39].

Анализ результатов исследований по инженерно-гидрогеологическим изысканиям и данных инструментальных наблюдений на основе внедрения инновационных технологий позволил спрогнозировать развитие деформаций и принять меры по предотвращению аварийной ситуации (рис. 7).



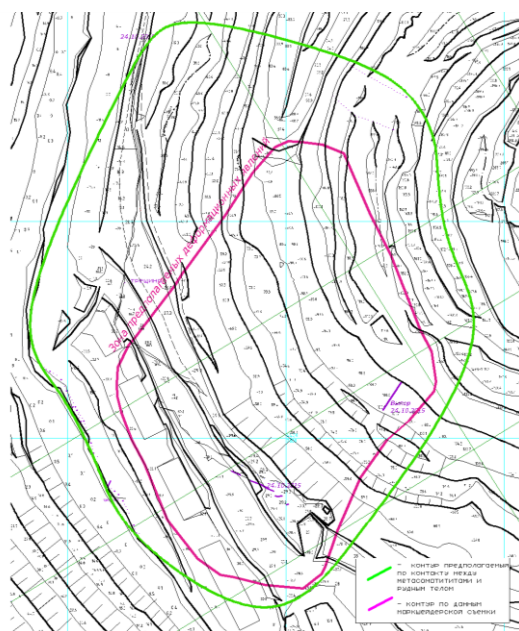


Рис. 6. План горных работ масштаба 1:500 с предполагаемыми контурами оползневой призмы



Рис. 7. Линия отрыва с оседанием площадки более 5 м на горизонте –30,0 м

### Выводы и перспективы развития направления.

При разработке глубоких карьеров нередко возникают ситуации связанные с ошибками проектирования, не работает в полной мере дренажная система, не ведутся гидрогеологические изыскания в период эксплуатации, в то время как внедряется крупногабаритная и тяжелая техника с грузоподъемностью более 200 т,

не учитываются реологические свойства горных пород и напряженно-деформированное состояние массива. Все это приводит к неустойчивому положению бровок откоса, транспортных берм и рабочих площадок и способствует развитию оползней, обрушений и даже аварийной ситуации в карьере.

Одним из перспективных направлений в развитии горной геомеханики является



изучение механического поведения горных пород на больших глубинах на основе внедрения инновационных технологий с применением наземных, спутниковых и космических технологий с прогнозированием безопасности ведения горных работ.

### **Библиографический список**

1. Akdag, S., Basarir, H., Karpuz, C., Ozyurt, M. Stability analysis and optimized slope angle for the iron ore open-pit mine (2015) Proceedings of the 24th International Mining Congress of Turkey, IMCET 2015, pp. 606-611. Cited 1 time.
2. Allasia, P., Giordan, D., Lollino, G., Cravero, M., Iabichino, G., Bianchi, N.W., Monticelli, F. Monitoring and computations on a landslide in an open pit mine. 43rd U.S. Rock Mechanics Symposium and 4th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, 2010.
3. Bednarczyk, Z. Slope instabilities in Polish open-pit mines (2016) Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice, 2, pp. 371-379.
4. Bieniawski, Z.T. Engineering classification of jointed rock masses. Civ Eng S Afr, 1973, № 15 (12), pp. 335-343.
5. Bieniawski, Z.T. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. 1989 Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering, 1989. 264 p.
6. Bo, L., Peng, Z., Jianwei, Z. Analysis on slope stability of open pit coal mine based on grey support vector machine (2016) International Journal of Smart Home, 10 (9), pp. 169-178. DOI: 10.14257/ijsh.2016.10.9.16
7. Cammack, R. Developing an engineering geological model in the fractured and brecciated rocks of a copper porphyry deposit (2016) Geological Society Engineering Geology Special Publication, 27 (1), pp. 93-100. Cited 1 time. DOI: 10.1144/EGSP27.8
8. Cao, H., Hu, J.J., Wu, P. The analysis of slope stability and optimized slope angle for the open-pit mining of a porphyry copper mine. Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 469-473.
9. Cao, L., Qi, L., Wang, D., Li, Y., Song, Z. Stability research of combination slope with fault in open-pit mine (2016) Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 35 (8), pp. 804-809. DOI: 10.11956/j.issn.1008-0562.2016.08.004
10. Cao, L., Wang, M., Wang, D., Song, Z. Slip mode and stability of anti-dip stratified slope of open pit mine (2015) Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 34 (2), pp. 170-174. Cited 1 time. DOI: 10.11956/j.issn.1008-0562.2015.02.006
11. Capdeville-Pérez, F. Building a rock mass model for a large open pit. 49th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2015, 2015, №4, pp. 2556-2564.
12. Contreras, L.F. An economic risk evaluation approach for pit slope optimization (2015) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 115 (7), pp. 607-622. DOI: 10.17159/2411-9717/2015/v115n7a7
13. Cui, T., Ma, Y., Wang, L. Simulation of earthquake stability for open-pit coal mine slope and treatment research (2016) Yingyong Lixue Xuebao/Chinese Journal of Applied Mechanics, 33 (2), pp. 339-344. DOI: 10.11776/cjam.33.02.B158
14. Ding, X.-P., Wang, Z.-W., Li, W. Dynamic process and typical deformation-failure mechanism of mining slope Meitan Xuebao/Journal of the China Coal Society, 2016, 41 (10), pp. 2606-2611. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2015.1991
15. Duran, F.I., Diederichs, M.S., Hutchinson, D.J. A numerical analysis of stress path and rock mass damage in open pit rock slopes. 48th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2014, 2014, № 3, pp. 1750-1758.
16. Eivazy, H., Esmaili, K., Jean, R., Albor, F. Application of 3D geotechnical block models in design of open pit mines - A case study at mont wright open pit mine. Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry - Proceedings of the 37th International Symposium, APCOM 2015, 2015, pp. 401-410.
17. Gadri, L., Hadji, R., Zahri, F., Benghazi, Z., Boumezbeur, A., Laid, B.M., Raïs, K. The quarries edges stability in opencast mines: a case study of the Jebel Onk phosphate mine, NE Algeria Arabian Journal of Geosciences, 2015, №8 (11), pp. 8987-8997. DOI: 10.1007/s12517-015-1887-3
18. González-Nicieza, C., Álvarez-Fernández, M.I., Mora, O., Amor-Herrera, E. Back analysis and radar interferometry monitoring in a large open pit slope. Rock Engineering and Rock Mechanics: Structures in and on Rock Masses - Proceedings of EUROCK 2014, 2014, ISRM European Regional Symposium, pp. 925-930.
19. Han, G., Cui, T., Ma, Y., Wang, L. Research on the phenomenon and failure process simulation of open-pit slope in coal spontaneous combustion (2016) Yingyong Lixue Xuebao/Chinese Journal of Applied



- Mechanics, 33 (3), pp. 535-540. DOI: 10.11776/cjam.33.03.B004
20. Hu, J.J., Yu, B., Zheng, L., Wu, P. Technology for reducing boulder yield of blasting in fracture developed rock of an open-pit mine. Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 635-638.
21. Jhanwar, J.C. A classification system for the slope stability assessment of opencast coal mines in central India. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2012. № 45 (4), pp. 631-637. DOI: 10.1007/s00603-012-0223-4
22. Laubscher, D.H. Geomechanics classification of jointed rock masses - mining applications. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Technology, (1977), № 86, pp. a1-a8.
23. Li, W.-X., Qi, D.-L., Zheng, S.-F., Ren, J.-C., Li, J.-F., Yin, X. Fuzzy mathematics model and its numerical method of stability analysis on rock slope of opencast metal mine (2015) Applied Mathematical Modelling, 39 (7), pp. 1784-1793. Cited 4 times. DOI: 10.1016/j.apm.2014.10.006
24. Madowe, A. Design and implementation of steeper slope angles on a kimberlite open pit diamond operation-A practical approach (2016) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 116 (8), pp. 723-730. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n8a3
25. Maihemuti, B., Wang, E., Hudan, T., Xu, Q. Numerical simulation analysis of reservoir bank fractured rock-slope deformation and failure processes (2016) International Journal of Geomechanics, 16 (2), art. no. 04015058. DOI: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000533
26. Nie, L., Li, Z., Lv, Y., Wang, H. A new prediction model for rock slope failure time: a case study in West Open-Pit mine, Fushun, China (2016) Bulletin of Engineering Geology and the Environment, pp. 1-14. Article in Press. DOI: 10.1007/s10064-016-0900-8
27. Peng, C., Guo, Q.S., Zhang, Z.C., Zhao, L., Yan, Z.X. Study on ultimate slope angle optimization and stability analysis of slopes in an open-pit mine Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 435-438.
28. Rakishev, B.R., Seituly, K., Kovrov, O.S. Physical modeling geomechanical stability of open-cast slopes and internal overburden dumps (2015) Legislation, Technology and Practice of Mine Land Reclamation - Proceedings of the Beijing International Symposium Land Reclamation and Ecological Restoration, LRER 2014, pp. 583-588.
29. Ren, G.-F., Fang, X.-K. Study on the law of mining damage with the combination of underground mining and open-pit mining. 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2010, 2010, art. no. 5516877. DOI: 10.1109/ICBBE.2010.5516877
30. Salvoni, M., Dight, P.M. Rock damage assessment in a large unstable slope from microseismic monitoring - MMG Century mine (Queensland, Australia) case study (2016) Engineering Geology, 210, pp. 45-56. DOI: 10.1016/j.enggeo.2016.06.002
31. Sasaoka, T., Shimada, H., Matsui, K., Takamoto, H. Geotechnical considerations in highwall mining applications in Indonesia. Proceedings - 29th International Conference on Ground Control in Mining, ICGCM, 2010, pp. 312-317.
32. Stead, D. The Influence of Shales on Slope Instability (2016) Rock Mechanics and Rock Engineering, 49 (2), pp. 635-651. DOI: 10.1007/s00603-015-0865-0
33. Tamburini, A., Martelli, D.C.G., Alberto, W., Villa, F. Geomechanical rock mass characterization with Terrestrial Laser Scanning and UAV. 49th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2015, 2015, №3, pp. 1813-1819.
34. Tan, W., Kulatilake, P.H.S.W., Sun, H., Sun, Z. Effect of faults on in-situ stress state in an open-pit mine Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 2014, №19 (Z1), pp. 9597-9629.
35. Wen, L., Li, X., Su, W. Study of physico-mechanical characteristics of slope hard rocks of metal mine influenced by freeze-thaw cycles (2015) Caikuang yu Anquan Gongcheng Xuebao/Journal of Mining and Safety Engineering, 32 (4), pp. 689-696. DOI: 10.13545/j.cnki.jmse.2015.04.027
36. Wines, D. A comparison of slope stability analyses in two and three dimensions (2016) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 116 (5), pp. 399-406. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n5a5
37. Xu, G., Xiong, D., Duan, Y., Cao, X. Open pit slope deformation monitoring by fiber Bragg grating sensors (2015) Optical Engineering, 54 (1), art. no. 011003. DOI: 10.1117/1.OE.54.1.011003
38. Zhong, W., Wang, X., Liu, L., Zhao, K., Tan, Z. Rock mass structures and weathering characterization of weathered slope in an open-pit mine (2015) Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 20 (13), pp. 5223-5234.
39. Бесимбаева О.Г. Анализ точности инструментальных наблюдений / [Бесимбаева О.Г., Хмырова Е.Н., Бесимбаев Н.Г. ] // Журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – Москва, 2014. – № 4. – С.15-20.
40. Бесимбаева О.Г. Решение горно-геометрических задач с использованием программ



3D моделирования на месторождениях Казахстана / [Бесимбаева О.Г., Хмырова Е.Н., Олейникова Е.А. и др.] // XI Международный научный конгресс: «Интерэкспо Гео-Сибирь. – Новосибирск, 2015. – Сб. материалов Т2. – С.175-180.

41. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и

разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – СПб, ВНИМИ, 1998г.

42. Низаметдинов Ф.К. Состояние и перспективы развития геометрического обеспечения открытых горных работ / [Хмырова Е.Н., Ожигин С.Г., Низаметдинов Ф.К., и др.] // XV International ISM Congress (Deutscher Markscheider-Verein e.V.-DMV – Aachen, 2013. – Сб. материалов – С.338-349.

<b>“Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2016, No. 4, pp. 10-20</b>	
<b>Title:</b>	<b>RESEARCH OF PROCESS OF DEFORMATION OF PREBOARD OF ARRAY OF KACHARSKIY QUARRY ON BASIS OF INTRODUCTION INNOVATIVE TECHNOLOGIES</b>
<b>Author 1</b>	Name&Surname: <b>Elena N. Khmyrova</b> Company: <b>Karaganda state technical University (KSTU)</b> Adress: <b>Republic of Kazakhstan, 100020, Karaganda city, Pavluchenko street, 26</b> Scientific Degree: <b>Candidate of technical Sciences</b> Work Position: <b>associate Professor</b> Contacts: <b>hmyrovae@mail.ru</b>
<b>Author 2</b>	Name&Surname: <b>Olga G. Bessimbaeva</b> Company: <b>Karaganda state technical University (KSTU)</b> Adress: <b>Republic of Kazakhstan, 100024, Karaganda, Republic Ave 18, apt 155</b> Scientific Degree: <b>Candidate of technical Sciences</b> Work Position: <b>associate Professor</b> Contacts: <b>bog250456@mail.ru</b>
<b>Author 3</b>	Name&Surname: <b>Elena A. Oleinikova</b> Company: <b>Karaganda state technical University (KSTU)</b> Adress: <b>Republic of Kazakhstan, 101201, Saran, St., 57</b> Scientific Degree: <b>master of technical Sciences</b> Work Position: <b>Senior lecturer</b> Contacts: <b>panasenkoelena@mail.ru</b>
<b>Author 4</b>	Name&Surname: <b>ErmeK N. Tokkujin</b> Company: <b>JSC Sokolov-Sarbai ore-dressing PREDPRIYATIE (AO SSGPO)</b> Adress: <b>Republic of Kazakhstan, 110001, Kostanay, Naberezhnaya St., building 143, room 12</b> Scientific Degree: <b>Master of technical Sciences</b> Work Position: <b>senior specialist, mining engineer-surveyor</b> Contacts: <b>ermek_t@mail.ru</b>
<b>DOI:</b>	<b>10.17073/2500-0632-2016-4-10-20</b>
<b>Abstract:</b>	<p><b>Purpose.</b> Research of stability of preboard arrays of kacharskiy quarry, build heterogeneous, stratified, rocky and strongly cracked mountain breeds by development and perfection of methodology of realization of instrumental surveyor supervisions for prevention of dangerous deformations and providing of safety at the conduct of mountain works.</p> <p><b>Methodology.</b> The system of the geotechnical monitoring of the state of mountain range is worked out on the basis of introduction of NT with the use of satellite methods of determination of coordinates of hard points, measuring of size of deformations high-fidelity тахеометром on stationary prisms in combination with laser geoscanner of deformation area with creation 3 D of model of array.</p> <p><b>Findigs.</b> The considerable decline of durable properties of mountain breeds composing a preboard array is set, weakening of their structural connections with increase of humidity of breeds and their cracking. Forming of landslide prism in these the terms contingently the loss of stability of separate pedigree prisms contoured from one side the surface of slope, and from other - by one or a few surfaces of weakening (by the contacts of breeds). The conducted complex supervisions allowed to define speed of deformation and educe the contours of landslide prism. Speed of deformation of landslide in winter time was made by a</p>



	<p>12-14 mm in twenty-four hours, a maximal value attained in a spring period and made a 19 mm in twenty-four hours.</p> <p><b>Originality.</b> A scientific novelty of an offer in-process method is the complex instrumental watching the state of mountain range with the use of high-fidelity laser devices and satellite systems with a construction 3 D of model of array.</p> <p><b>Practical value.</b> Perfection of methodology of the instrumental watching stability of preboard and dump arrays on the basis of complex combination of the high-fidelity measuring with the use of tacheometer of TA1201 and laser scintiscanner of HDS 8800, that allows to define speed of deformation, educe the borders of landslide prism and create the model of the deformed area for development of antilandslide events with the purpose of increase of stability of mountain range.</p>
<b>Keywords:</b>	Deformation, preboard array, mountain breed, scan-out, tectonic violation, cracking, laser геосканирование, satellite technologies.
<b>References:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akdag, S., Basarir, H., Karpuz, C., Ozyurt, M. Stability analysis and optimized slope angle for the iron ore open-pit mine (2015) Proceedings of the 24th International Mining Congress of Turkey, IMCET 2015, pp. 606-611. Cited 1 time.</li> <li>2. Allasia, P., Giordan, D., Lollino, G., Cravero, M., Iabichino, G., Bianchi, N.W., Monticelli, F. Monitoring and computations on a landslide in an open pit mine. 43rd U.S. Rock Mechanics Symposium and 4th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, 2010.</li> <li>3. Bednarczyk, Z. Slope instabilities in Polish open-pit mines (2016) Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice, 2, pp. 371-379.</li> <li>4. Bieniawski, Z.T. Engineering classification of jointed rock masses. Civ Eng S Afr, 1973, № 15 (12), pp. 335-343.</li> <li>5. Bieniawski, Z.T. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. 1989 Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering, 1989. 264 p.</li> <li>6. Bo, L., Peng, Z., Jianwei, Z. Analysis on slope stability of open pit coal mine based on grey support vector machine (2016) International Journal of Smart Home, 10 (9), pp. 169-178. DOI: 10.14257/ijsh.2016.10.9.16</li> <li>7. Cammack, R. Developing an engineering geological model in the fractured and brecciated rocks of a copper porphyry deposit (2016) Geological Society Engineering Geology Special Publication, 27 (1), pp. 93-100. Cited 1 time. DOI: 10.1144/EGSP27.8</li> <li>8. Cao, H., Hu, J.J., Wu, P. The analysis of slope stability and optimized slope angle for the open-pit mining of a porphyry copper mine. Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 469-473.</li> <li>9. Cao, L., Qi, L., Wang, D., Li, Y., Song, Z. Stability research of combination slope with fault in open-pit mine (2016) Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 35 (8), pp. 804-809. DOI: 10.11956/j.issn.1008-0562.2016.08.004</li> <li>10. Cao, L., Wang, M., Wang, D., Song, Z. Slip mode and stability of anti-dip stratified slope of open pit mine (2015) Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 34 (2), pp. 170-174. Cited 1 time. DOI: 10.11956/j.issn.1008-0562.2015.02.006</li> <li>11. Capdeville-Pérez, F. Building a rock mass model for a large open pit. 49th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2015, 2015, №4, pp. 2556-2564.</li> <li>12. Contreras, L.F. An economic risk evaluation approach for pit slope optimization (2015) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 115 (7), pp. 607-622. DOI: 10.17159/2411-9717/2015/v115n7a7</li> <li>13. Cui, T., Ma, Y., Wang, L. Simulation of earthquake stability for open-pit coal mine slope and treatment research (2016) Yingyong Lixue Xuebao/Chinese Journal of Applied Mechanics, 33 (2), pp. 339-344. DOI: 10.11776/cjam.33.02.B158</li> <li>14. Ding, X.-P., Wang, Z.-W., Li, W. Dynamic process and typical deformation-failure mechanism of mining slope Meitan Xuebao/Journal of the China Coal Society, 2016, 41 (10), pp. 2606-2611. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2015.1991</li> </ol>



15. Duran, F.I., Diederichs, M.S., Hutchinson, D.J. A numerical analysis of stress path and rock mass damage in open pit rock slopes. 48th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2014, 2014, № 3, pp. 1750-1758.
16. Eivazy, H., Esmaili, K., Jean, R., Albor, F. Application of 3D geotechnical block models in design of open pit mines - A case study at mont wright open pit mine. Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry - Proceedings of the 37th International Symposium, APCOM 2015, 2015, pp. 401-410.
17. Gadri, L., Hadji, R., Zahri, F., Benghazi, Z., Boumezbeur, A., Laid, B.M., Raïs, K. The quarries edges stability in opencast mines: a case study of the Jebel Onk phosphate mine, NE Algeria Arabian Journal of Geosciences, 2015, №8 (11), pp. 8987-8997. DOI: 10.1007/s12517-015-1887-3
18. González-Nicieza, C., Álvarez-Fernández, M.I., Mora, O., Amor-Herrera, E. Back analysis and radar interferometry monitoring in a large open pit slope. Rock Engineering and Rock Mechanics: Structures in and on Rock Masses - Proceedings of EUROCK 2014, 2014, ISRM European Regional Symposium, pp. 925-930.
19. Han, G., Cui, T., Ma, Y., Wang, L. Research on the phenomenon and failure process simulation of open-pit slope in coal spontaneous combustion (2016) Yingyong Lixue Xuebao/Chinese Journal of Applied Mechanics, 33 (3), pp. 535-540. DOI: 10.11776/cjam.33.03.B004
20. Hu, J.J., Yu, B., Zheng, L., Wu, P. Technology for reducing boulder yield of blasting in fracture developed rock of an open-pit mine. Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 635-638.
21. Jhanwar, J.C. A classification system for the slope stability assessment of opencast coal mines in central India. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2012. № 45 (4), pp. 631-637. DOI: 10.1007/s00603-012-0223-4
22. Laubscher, D.H. Geomechanics classification of jointed rock masses - mining applications. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Technology, (1977), № 86, pp. a1-a8.
23. Li, W.-X., Qi, D.-L., Zheng, S.-F., Ren, J.-C., Li, J.-F., Yin, X. Fuzzy mathematics model and its numerical method of stability analysis on rock slope of opencast metal mine (2015) Applied Mathematical Modelling, 39 (7), pp. 1784-1793. Cited 4 times. DOI: 10.1016/j.apm.2014.10.006
24. Madowe, A. Design and implementation of steeper slope angles on a kimberlite open pit diamond operation-A practical approach (2016) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 116 (8), pp. 723-730. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n8a3
25. Maihemuti, B., Wang, E., Hudan, T., Xu, Q. Numerical simulation analysis of reservoir bank fractured rock-slope deformation and failure processes (2016) International Journal of Geomechanics, 16 (2), art. no. 04015058. DOI: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000533
26. Nie, L., Li, Z., Lv, Y., Wang, H. A new prediction model for rock slope failure time: a case study in West Open-Pit mine, Fushun, China (2016) Bulletin of Engineering Geology and the Environment, pp. 1-14. Article in Press. DOI: 10.1007/s10064-016-0900-8
27. Peng, C., Guo, Q.S., Zhang, Z.C., Zhao, L., Yan, Z.X. Study on ultimate slope angle optimization and stability analysis of slopes in an open-pit mine Transit Development in Rock Mechanics-Recognition, Thinking and Innovation - Proceedings of the 3rd ISRM Young Scholars Symposium on Rock Mechanics, 2014, pp. 435-438.
28. Rakishev, B.R., Seituly, K., Kovrov, O.S. Physical modeling geomechanical stability of open-cast slopes and internal overburden dumps (2015) Legislation, Technology and Practice of Mine Land Reclamation - Proceedings of the Beijing International Symposium Land Reclamation and Ecological Restoration, LRER 2014, pp. 583-588.
29. Ren, G.-F., Fang, X.-K. Study on the law of mining damage with the combination of underground mining and open-pit mining. 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2010, 2010, art. no. 5516877. DOI: 10.1109/ICBBE.2010.5516877
30. Salvoni, M., Dight, P.M. Rock damage assessment in a large unstable slope from microseismic monitoring - MMG Century mine (Queensland, Australia) case study (2016) Engineering Geology, 210, pp. 45-56. DOI: 10.1016/j.enggeo.2016.06.002



31. Sasaoka, T., Shimada, H., Matsui, K., Takamoto, H. Geotechnical considerations in highwall mining applications in Indonesia. Proceedings - 29th International Conference on Ground Control in Mining, ICGCM, 2010, pp. 312-317.
32. Stead, D. The Influence of Shales on Slope Instability (2016) Rock Mechanics and Rock Engineering, 49 (2), pp. 635-651. DOI: 10.1007/s00603-015-0865-0
33. Tamburini, A., Martelli, D.C.G., Alberto, W., Villa, F. Geomechanical rock mass characterization with Terrestrial Laser Scanning and UAV. 49th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2015, 2015, №3, pp. 1813-1819.
34. Tan, W., Kulatilake, P.H.S.W., Sun, H., Sun, Z. Effect of faults on in-situ stress state in an open-pit mine Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 2014, №19 (Z1), pp. 9597-9629.
35. Wen, L., Li, X., Su, W. Study of physico-mechanical characteristics of slope hard rocks of metal mine influenced by freeze-thaw cycles (2015) Caikuang yu Anquan Gongcheng Xuebao/Journal of Mining and Safety Engineering, 32 (4), pp. 689-696. DOI: 10.13545/j.cnki.jmse.2015.04.027
36. Wines, D. A comparison of slope stability analyses in two and three dimensions (2016) Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 116 (5), pp. 399-406. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n5a5
37. Xu, G., Xiong, D., Duan, Y., Cao, X. Open pit slope deformation monitoring by fiber Bragg grating sensors (2015) Optical Engineering, 54 (1), art. no. 011003. DOI: 10.1117/1.OE.54.1.011003
38. Zhong, W., Wang, X., Liu, L., Zhao, K., Tan, Z. Rock mass structures and weathering characterization of weathered slope in an open-pit mine (2015) Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 20 (13), pp. 5223-5234.
39. Besimbaeva O.G. Analiz tochnosti instrumental'nyh nabljudenij [*Analysis of the accuracy of instrumental observations*] / [Besimbaeva O.G., Hmyrova E.N., Besimbaev N.G.] // Journal Proceedings of the universities "Geodesy and aerial photography." – Moskva, 2014. – No. 4. – Pp. 15-20.
40. Besimbaeva O.G. Reshenie gorno-geometricheskikh zadach s ispol'zovaniem programm 3D modelirovaniya na mestorozhdenijah Kazakhstana [*Solution mining and geometrical problems using 3D modeling programs in the fields of Kazakhstan*] / [Besimbaeva O.G., Hmyrova E.N., Olejnikova E.A., et al.] // XI Int. Scien.Congress: "Interexpo Geo-Siberia." – Novosibirsk, 2015. – Sat. materials T2. – Pp. 175-180.
41. Instrukcija po nabljudenijam za deformacijami bortov, otkosov ustupov i otvalov na kar'erah i razrabotke meroprijatij po obespečeniju ih ustojchivosti. [*Instructions on observations over deformations boards, benches and slopes of dumps in the quarries and the development of measures to ensure their sustainability.*] – St. Petersburg, VNIMI, 1998.
42. Nizametdinov F.K. Sostojanie i perspektivy razvitija geometricheskogo obespečenija otkrytyh gornyh rabot [*Status and prospects of development of geometric software open pit mining*] / [Hmyrova EN, Ozhigin SG Nizametdinov FK, et al.] // XV Int. ISM Congress (Deutscher Markscheider-Verein e.V.-DMV – Aachen, 2013. – Sat. materials – Pp.338-349.

