



## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Из анализа литературы следует, что, хотя проблема устойчивости изучается давно, но актуальности своей не потеряла и на сегодняшний день, т.к. различные научные исследования, как правило, проводились для отдельно взятых месторождений и регионов. Данные, полученные различными исследователями, в большинстве случаев справедливы для конкретных условий, в которых проводились экспериментальные работы, поэтому для условий месторождений в Кузбассе, требуется проведение комплекса исследований с целью изучения и анализа геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических условий и геомеханической изученности участков недр для оценки геомеханических рисков и разработки мероприятий по управлению устойчивостью уступов, бортов разреза.*

*Анализ геолого-структурного плана в совокупности с материалами детальной разведки и других геолого-геофизических исследований, выполненных на месторождении и его окрестностях, позволяет, как правило, существенно уточнить структуру месторождения (горного массива) в различных аспектах. Прежде всего это касается уровней структурной неоднородности массива и вертикальной гипергенной его зональности. Кроме того, визуальный анализ геолого-структурного плана дает возможность проследить поведение в пространстве каждой выделенной системы трещин и индивидуализированных разрывных нарушений с учетом этапности их возникновения.*

**Ключевые слова:** открытые горные работы, геомеханика, устойчивость бортов, параметры устойчивости, анализ пород, мероприятия для предотвращения деформации, деформация бортов карьерной выемки.



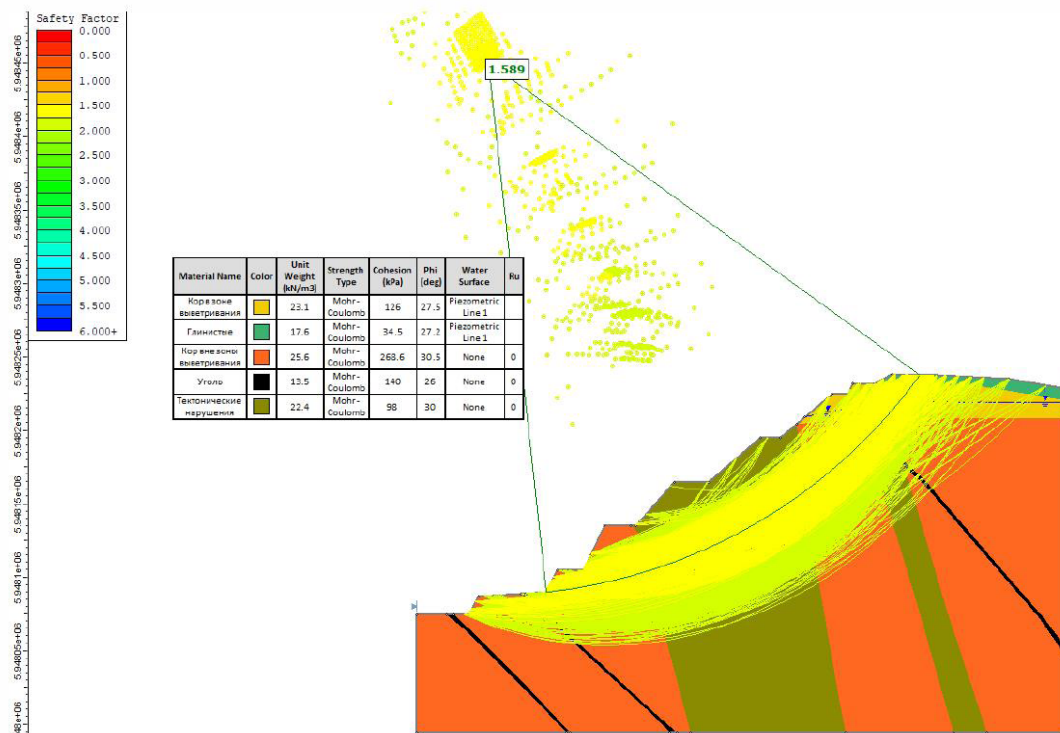
**Климкин М.А.**  
Аспирант кафедры ОГРиЭ  
m.klimkin@energy-nc.ru

Объектом исследования выступило горнодобывающее предприятие, находящееся на юге Кузбасса в 20 км от г. Новокузнецка.

На предприятии проведено геомеханическое обоснование параметров, обеспечивающих устойчивость борта и его элементов в зависимости от геологического строения массива.

Расчет устойчивости откосов выполняются на условии предельного равновесия потенциальной призмы возможного обрушения массива горных пород.

Прочность и условия залегания пород, ориентировка и угол наклона слабого контакта пород относительно простирания откоса определяют форму потенциальной поверхности скольжения и метод суммирования сдвигающих и удерживающих сил, которые, в свою очередь, определяют схему расчета устойчивости откоса. Согласно имеющейся информации, падение слоистости направлено в массив и в сторону выработанного пространства до 70°.



**Рис. 1.**  
 Расчет устойчивости проектного положения юго-восточной части борта.  
 Условные обозначения к рисунку 1:  
 Material Name – имя материала; Color – цвет;  
 Unit Weight, kN/m<sup>3</sup> – удельный вес, кН/м<sup>3</sup>; Strength Type – модель напряженного состояния;  
 Mohr-Coulomb – модель Кулона-Мора; Cohesion, kPa – сцепление, кПа; Phi, deg – угол внутреннего трения, градусы.

Поверочный расчет методом векторного сложения сил применяют для откосов, имеющих естественные поверхности ослабления (слоистость, тектонические нарушения и слабые контакты пород), падение которых направлено в сторону выемки и которые при определенных условиях могут реализоваться в поверхности скольжения. Этот метод расчета используют также для откосов, в пределах которых расположены ослабленные зоны или тектонические нарушения, неблагоприятно ориентированные относительно выемки. Для бортов (уступов) при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления (падение в сторону массива), поверочный расчет выполняют методом алгебраического сложения сил.

Расчеты устойчивости проектного контура бортов, отвалов и их элементов выполнены по наиболее характерным сечениям методами алгебраического и векторного сложения сил по наиболее напряженной поверхности скольжения и приведены на **рисунке 1**.

На данный момент ведется отработка по восточному крылу дополнительной синклинали, с соблюдением расчетных параметров устойчивости. По проектным параметрам, при высоте

борта 70-80 м, угол откоса борта не должен превышать 32 градуса, при этом фактический угол откоса составил менее 21 градуса. При этом в данных условиях обнаружены зоны деформации на горизонте +310 - +320м.

Ситуационный план с зонами деформации, а также поперечные профили представлены на **рисунках 2,3**.

Так же на горизонте +330 были зарегистрированы зоны деформации по восточному борту. По данным зонам были выставлены репера и произведен мониторинг смещения массива в зоне деформации. Фотоматериал линии деформации горного массива представлен на **рисунке 4**.

Результаты наблюдения по зоне деформации представлены на **рисунке 5**.

Съемка по реперам 1,7 представлена некорректно и не принята к учету. Максимальные смещения составили 132,6 мм за сутки, что говорит о продолжении деформации массива, и требует продолжения мониторинга в данной зоне, а также соблюдения необходимых мероприятий.

#### Текущая программа мониторинга

Согласно пункту 559 Федеральных норм и правил в области промышленной безопас-

ности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», утвержденных приказом Ростехнадзора России от 10.11.2020г. № 436, на предприятии должен быть организован контроль состояния ведения открытых горных работ в соответствии с проектными решениями и календарным планом развития работ.

В настоящее время на предприятии данное требование правил безопасности осуществляется посредством контроля маркшейдерской службы, которая проводит инструментальные съемки забоев, с последующей обработкой данных в программном обеспечении «MacroStation».

Рекомендуется организовать в программном обеспечении предприятия соответствующие формы для контроля ведения открытых горных работ в соответствии с проектными решениями и календарным планом развития горных работ.

#### Система контроля геомеханических процессов

В настоящее время имеется достаточно большое количество разработанных систем контроля состояния массива горных пород применительно к различным горно-геологическим и техническим условиям эксплуатации горнорудных предприятий и подземных сооружений. Основным назначением систем геомеханического контроля является получение конкретной исходной информации для последующих расчетов и оценки степени устойчивости горных выработок и безопасного проведения основных технологических работ. В соответствии с этим назначением системы контроля состояния массива горных пород подразделяются на две большие группы:

- группу прямых методов контроля на основе инженерных изысканий, визуальных и инструментальных наблюдений;
- группу косвенных (геофизических) методов контроля на связи параметров состояния и свойств горных пород в аномальных зонах с параметрами разного рода физических полей.

Прямые методы контроля являются наиболее распространенными, хорошо разработанными и наиболее информативными, несмотря на трудоемкость.

Проектируемую подсистему по контролю геомеханических процессов для обеспечения безопасности ведения горных работ по добыче угля открытым способом на угольном разрезе рекомендуется осуществлять прямым методом контроля на основе визуальных и инструментальных наблюдений, т.е. маркшейдерско-геодезическим методом, который основан на закладке в массиве горных пород специальных наблюдательных

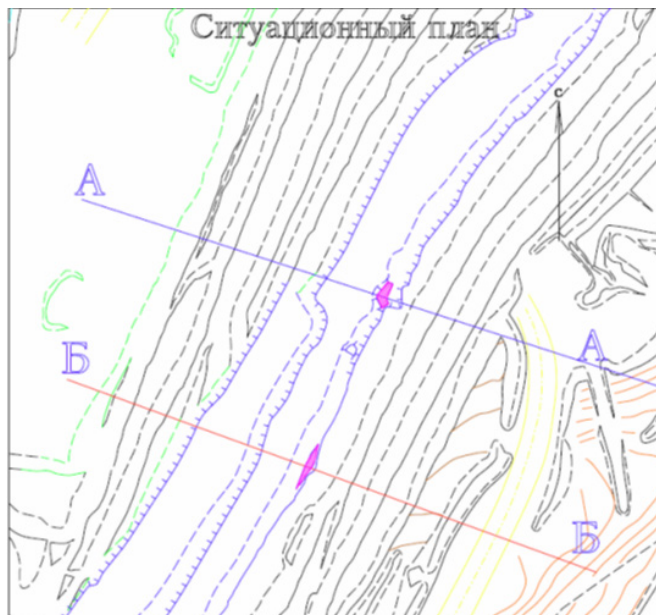


Рис. 2. Ситуационный план зон деформации.

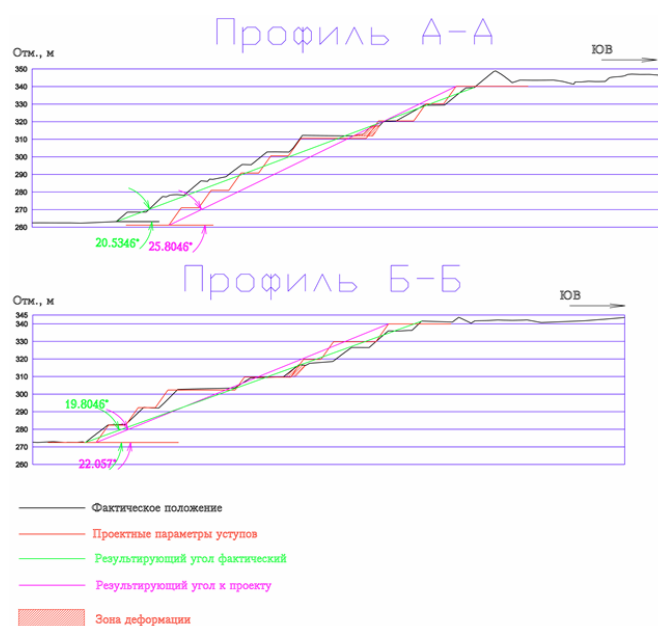


Рис. 3. Профили зон деформации.

станций в виде системы поверхностных и глубинных реперов и контроля их состояния с помощью измерительных приборов. Пример данного контроля представлен на **рисунке 5**.

#### Заключение

Предотвращение деформаций больших массивов горных пород достигается формированием бортов и уступов с параметрами, не превышающими расчетных значений.

Вместе с тем, даже при соблюдении этих требований отдельные наиболее ослабленные участки бортов могут подвергаться локальным деформациям, что мы и наблюдаем на локальном участке.

Для предотвращения такого рода деформаций и обеспечения безопасности при эксплуатации горной выработки, необходимо применять специальные мероприятия:

1. Поверхностные и подземные воды – важная причина инженерно-геологических явлений, вызывающая нарушение устойчивости бортов и откосов уступов. Процессы выветривания связаны, главным образом, с деятельностью воды, стекающей по поверхности откосов. Для снижения отрицательного влияния воды на ведение открытых горных выработок необходимо:

1.1. Организовать сток атмосферных осадков со всех уступов, для чего придать площадкам соответствующий уклон в сторону водосборников.

1.2. Организовать прибортовой дренаж и отвод дождевых и талых вод, а также грунтовых вод, высачивающихся из вышележащих уступов и скапливающихся на площадках.

2. С целью защиты от падающих блоков коренных пород в местах с интенсивным камнепадом или на особо ответственных участках, где часто возникает необходимость присутствия людей и оборудования, рекомендуется установка защитных противодеформационных сооружений, перехватывающих и камнеулавливающих систем (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы). Мероприятие применяется при риске камнепада или локальных обрушений.

3. Производить механизированную оборку уступов. Высокая эффективность по снижению камнепада создается применением для оборки уступов экскаватора.

4. Производить зачистку предохранительных берм безопасности между уступами с применением специальной техники.

Мероприятие по зачистке берм уменьшает объем обрушенной горной массы на бермах и существенно уменьшает риск камнепада на нижележащие горизонты. Ограничением является отсутствие доступности техники на все участки берм. Для очистки предохранительных берм могут использоваться бульдозеры.

5. Основным требованием, предъявляемым к технологии отбойки на предельном контуре карьера, является обеспечение максимальной степени сохранности формируемых породных уступов – как откоса, так и бермы. Это обусловлено необходимостью поддержания безопасного состояния уступов на протяжении достаточно длительного времени существования разреза. Основное решение указанного требования очевидно: необходимо снизить интенсивность техногенного воздействия на окружающий породный массив до минимально приемлемого уровня, который бы обеспечил, с одной стороны,



Рис. 4. Зона деформации.

	1 марта						2 марта						Линия 1-1													
	X		Y		Z		X		Y		Z		dX		dY		η		ξ		b		Период, сут		Скорость смещения, мм/сут	
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	η	ξ	b	VX	VY	Vη	Vξ	Vb							
Rp1-1	44331,693	6098,069	327,021	44328,813	6093,416	324,221	-2,880	-4,653	-2,800	5,472	6,147	1	-2880,0	4653,0	2800,0	5472,2	6146,9									
Rp1-2	44315,7	6092,991	326,609	44315,684	6093,022	326,586	-0,016	0,031	-0,023	0,035	0,042	1	-16,0	31,0	23,0	34,9	41,8									
Rp1-3	44306,994	6090,263	327,114	44306,98	6090,285	327,1	-0,014	0,022	-0,014	0,026	0,030	1	-14,0	22,0	14,0	26,1	29,6									
Rp1-4	44297,864	6087,785	327,22	44297,873	6087,824	327,183	0,009	0,039	-0,037	0,040	0,055	1	9,0	39,0	37,0	40,0	54,5									
Rp1-5	44291,086	6082,895	327,047	44291,065	6082,9	327,082	-0,021	0,005	0,035	0,022	0,041	1	-21,0	5,0	35,0	21,6	41,1									
Rp1-6	44289,565	6079,024	327,122	44289,59	6079,09	327,152	0,025	0,066	0,030	0,071	0,077	1	25,0	66,0	30,0	70,6	76,7									
Rp1-7	44289,53	6075,16	327,596	44306,98	6090,285	327,1	17,450	15,125	-0,496	23,093	23,098	1	17450,0	15125,0	496,0	23092,6	23097,9									
Rp1-8	44279,308	6069,561	327,743	44279,307	6069,571	327,76	-0,001	0,010	0,017	0,010	0,020	1	-1,0	10,0	17,0	10,0	19,7									
Rp1-9	44274,441	6066,79	328,217	44274,414	6066,792	328,243	-0,027	0,002	0,026	0,027	0,038	1	-27,0	2,0	26,0	27,1	37,5									
Rp1-10	44277,443	6066,955	327,049	44277,439	6066,939	326,998	-0,004	-0,016	-0,051	0,016	0,054	1	-4,0	16,0	51,0	16,5	53,6									
Rp1-11	44294,177	6080,43	325,774	44294,091	6080,447	325,785	-0,086	0,017	0,011	0,088	0,088	1	-86,0	17,0	11,0	87,7	88,4									
Rp1-12	44297,351	6077,436	325,601	44297,333	6077,411	325,607	-0,018	-0,025	0,006	0,031	0,031	1	-18,0	25,0	6,0	30,8	31,4									
Rp1-13	44304,053	6084,512	325,795	44303,934	6084,561	325,827	-0,119	0,049	0,032	0,129	0,133	1	-119,0	49,0	32,0	128,7	132,6									

Рис. 5. Результаты наблюдений.

достаточную степень сохранности законтурного массива, с другой, достаточную технологичность производства буровзрывных работ.

Вблизи предельного контура разреза рекомендуется минимизировать влияние взрывных работ на законтурный массив. При подходе к проектному контуру применять контурное взрывание.

6. В случае выявления в процессе эксплуатации карьера отклонений от значений физико-механических характеристик и (или) структуры массива горных пород, принятых при оценке устойчивости уступов, бортов, откосов при проектировании, эксплуатирующей организацией должен проводиться перерасчет параметров бортов и уступов с учетом вновь полученных исходных данных. Для выполнения работ по перерасчету параметров горнотехнических конструкций на основании решения технического руководителя эксплуатирующей организации могут привлекаться проектные и (или) специализированные организации.

7. Вести визуальные наблюдения за устойчивостью бортов и уступов не реже одного раза в месяц специалистами геолого-маркшейдерской службы и специалистами группы по мониторингу, при этом фиксировать все признаки начинающихся деформаций бортов и уступов, геологических и горнотехнических факторов, влияющих на их устойчивость. Для проведения наблюдений могут привлекаться специализированные организации.

Результаты визуального наблюдения заносятся в специальный журнал осмотра состояния бортов, уступов, откосов и подписываются лицом, произведшим осмотр. О результатах наблюдений в обязательном порядке информируется технический руководитель эксплуатирующей организации.

8. Вести инструментальные маркшейдерские наблюдения для выявления зон и участков проявления деформаций бортов, уступов, откосов. Периодичность наблюдений в зависимости от фактических горно-геологических условий на месторождении необходимо установить в проекте производства маркшейдерских работ (наблюдательной станции) и корректировать по мере развития деформационных процессов при отработке месторождения и интенсивности понижения работ в карьере, но не реже 1 раза в год.

Инструментальные маркшейдерские наблюдения могут быть проведены маркшейдерской службой эксплуатирующей организации или специализированной организацией, имеющей лицензию на производство маркшейдерских работ [3].

9. На основании результатов мониторинга устойчивости на участках проявления деформаций, превышающих допустимые значения, пересматривать режим, состав маркшейдерских инструментальных и иных наблюдений, определять мероприятия по приведению выявленных участков в безопасное состояние, которые отражаются в плане развития горных работ на предстоящий календарный период [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что по мере углубки разреза, с периодичностью один раз в полгода, необходимо проводить картирование уступов на каждом вновь вскрытом горизонте с нанесением выявленных структурных элементов на горно-графическую документацию.

Полученные результаты имеют практическое применение и актуальность исследований для оптимальной отработки месторождения и прогнозирования воздействия отработки участков на параметры устойчивости. **XXI**

#### Литература

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов, строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Ленинград: ВНИМИ, 1972.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов». Утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.11.2020 № 439. - Москва, 2020.
3. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий угольных месторождений, подлежащих к разработке открытым способом. - Л., Недр, ВНИМИ, 1965г.

UDC: 622.831

M.A. Klimkin, Postgraduate student of the Department of Open-pit Mining and Electrical Mechanics, m.klimkin@energy-nc.ru

## ANALYSIS OF MINING STABILITY PARAMETERS IN THE CONDITIONS OF A COAL ENTERPRISE

**Abstract:** From the analysis of the literature it follows that, although the problem of sustainability has been studied for a long time, it has not lost its relevance today, because various scientific studies, as a rule, were carried out for individual fields and regions. The data obtained by various researchers, in most cases, are valid for the specific conditions in which the experimental work was carried out, therefore, for the conditions of the fields in Kuzbass, a complex of studies is required to study and analyze geological, engineering-geological, hydrogeological conditions and geomechanical knowledge of subsoil areas to assess geomechanical risks and develop measures to manage the stability of benches and pit sides.

Analysis of the geological and structural plan in conjunction with materials from detailed exploration and other geological and geophysical studies carried out at the deposit and its surroundings, as a rule, allows us to significantly clarify the structure of the deposit (rock mass) in various aspects. First of all, this concerns the levels of structural heterogeneity of the massif and its vertical hypergene zoning. In addition, visual analysis of the geological and structural plan makes it possible to trace the spatial behavior of each identified system of cracks and individual faults, taking into account the stages of their occurrence.

**Keywords:** open-pit mining, geomechanics, side stability, stability parameters, rock analysis, measures to prevent deformation, deformation of the sides of a quarry.



**УЛАНОВ**  
Владимир Леонидович



Доктор экономических наук, профессор, профессор Департамента мировой экономики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». До перехода на работу в университет руководил функциональными подразделениями крупных компаний: в ГК «Норильский никель» — начальник управления стратегического и перспективного планирования, начальник управления консолидации и анализа управленческой информации; АО «Русский алюминий менеджмент» — начальник планово-экономического управления. Был директором по экономике и информатике Научно-инженерного центра нефтяной компании «Лукойл», одновременно заведовал кафедрой экономики и управления химической, нефтяной и газовой промышленности Московского государственного открытого университета. Являлся директором Научно-исследовательского института проблем хранения Росрезерва и руководил базовой организацией государств — участников Содружества Независимых Государств в области научно-технического развития систем государственных материальных резервов, организации переподготовки и повышения квалификации кадров. Указом Президента РФ от 2013 г. был введен в научный совет при Совете безопасности Российской Федерации. Имеет докторскую степень (защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук в 1995 г.) и ученое звание профессора (1996). Распоряжением Российской академии наук от 27 августа 2021 г. включен в состав обновленного корпуса экспертов РАН. Автор статей в ведущих международных и российских экономических и отраслевых журналах, ряда учебных пособий и учебников, председатель редакционного совета практической энциклопедии «Топ-менеджер».

ISBN: 978-5-16-018708-2



9 785160 187082

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ  
НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ

МАГИСТРАТУРА

В.Л. Уланов

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ  
И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ  
НА КОРПОРАТИВНОМ УРОВНЕ

УЧЕБНИК

