

УДК 622.83

**Бермухамбетов Валихан Айдарович**

кандидат технических наук,  
директор Департамента геомеханики,  
ТОО «НИИЦ ERG»,  
Республика Казахстан, г. Астана,  
пр. Кабанбай батыра, 30 «А»  
e-mail: [Valikhan.Bermukhambetov@erg.kz](mailto:Valikhan.Bermukhambetov@erg.kz)

**Сашурин Анатолий Дмитриевич**

доктор технических наук,  
главный научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [sashour@igd.uran.ru](mailto:sashour@igd.uran.ru)

**Усанов Сергей Валерьевич**

кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [usv@igduration.ru](mailto:usv@igduration.ru)

**Мельник Виталий Вячеславович**

кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией,  
Институт горного дела УрО РАН  
e-mail: [melnik@igduration.ru](mailto:melnik@igduration.ru)

**Боликов Владимир Егорович**

доктор технических наук,  
главный научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН  
e-mail: [bolik@igduration.ru](mailto:bolik@igduration.ru)

**СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ИДЕЙ  
«ГАРМОНИИ НЕДР» А.Ж. МАШАНОВА  
В РЕШЕНИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ  
ПРОБЛЕМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
КАЗАХСТАНА\****Аннотация:*

*Рассмотрена роль структурных особенностей массива горных пород в развитии геомеханических процессов и явлений, определяющих безопасность и эффективность освоения и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Исследования на Качарском карьере выявили взаимосвязь устойчивости бортов карьера со структурными факторами, идентифицируемыми в работах А.Ж. Машанова в качестве «гармонии недр». Механизм возникновения зон риска нарушения устойчивости бортов карьера связан с вторичным структурированием иерархически блочного массива под воздействием современных геодинамических движений. На границах вторичных структур происходит концентрация напряжений и деформаций, создающая условия для развития аварийных нарушений.*

*Ключевые слова: недра, массив горных пород, иерархическая блочность, устойчивость, борт карьера, геодинамические движения*

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.044

**Bermukhambetov Valikhan A.**

candidate of technical sciences,  
Director of geo-mechanics department.  
Eurasian Resources Group,  
Astana, Kazakhstan,  
30 «A» Kabanbaybatir av.  
e-mail: [Valikhan.Bermukhambetov@erg.kz](mailto:Valikhan.Bermukhambetov@erg.kz)

**Sashourin Anatoly D.**

doctor of technical sciences,  
chief researcher,  
The Institute of Mining UB RAS  
620075, Yekaterinburg,  
58 Mamin-Sibiryak st.  
e-mail: [sashour@igd.uran.ru](mailto:sashour@igd.uran.ru)

**Usanov Sergey V.**

candidate of technical sciences,  
laboratory chief,  
The Institute of Mining UB RAS  
e-mail: [usv@igduration.ru](mailto:usv@igduration.ru)

**Melnik Vitaly V.**

candidate of technical sciences,  
laboratory chief,  
The Institute of Mining UB RAS  
e-mail: [melnik@igduration.ru](mailto:melnik@igduration.ru)

**Bolikov Vladimir E.**

doctor of technical sciences,  
chief researcher,  
The Institute of Mining UB RAS  
e-mail: [bolik@igduration.ru](mailto:bolik@igduration.ru)

**THE MODERN DEVELOPMENT  
OF THE IDEAS OF "HARMONY  
OF THE DEPTHS" A. MASHANOV  
IN SOLVING GEO-MECHANICAL PROBLEMS  
IN THE KAZAKHSTAN PLANTS***Abstract:*

*The role of structural rock mass features in the development of geo-mechanical processes and phenomena that determine the safety and efficiency of the development and mineral deposits exploitation is considered. Researches in the Kacharsky pit revealed the relationship of pit's edges stability with structural factors, that are identified in the works of A. Mashanov as "the subsoil harmony". The mechanism of pit's edges stability risk zones is associated with secondary structuring hierarchically block rock mass under the influence of modern geo-dynamic movements. On the borders of secondary structures the concentration of stresses and deformations, creating conditions for the development of emergency failures arises.*

*Key words: subsurface soil, rock mass, hierarchical modularity, stability, pit's edge, geo-dynamic movements*

\* Исследования выполнены в рамках Госзадания 007-01398-17-00. Тема № 0405-2015-0015.  
Проект 15-10-5-12

В решении геомеханических проблем, определяющих эффективность и безопасность разработки месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами, одну из ключевых ролей играет структура массива горных пород, исследования которой на протяжении многих лет не теряют своей актуальности. Прошло двадцать лет после ухода из жизни А.Ж. Машанова, выдающегося ученого, основателя национальной школы геомеханики Казахстана, но идеи «гармонии недр», пронизывающие его творчество и отражающие взгляды на структуру массива горных пород, становятся все актуальнее и востребованнее в решении проблем современной горной промышленности Республики Казахстан. Продолжая, развивая и перенося из биосферы в геосферу идеи гармонии В.И. Вернадского, А.Ж. Машанов через исследования в области геометрии недр подошел к всеобщему закону строения земной коры, устанавливающему взаимосвязь между горным массивом и слагающими его частями, структурными блоками пород, возникающими в соответствии с деформациями массива [1]. Наряду с практическим использованием полученных результатов в области раскрытия генезиса и освоения многих месторождений полезных ископаемых Казахстана, А.Ж. Машанов внес свою лепту в развитие современных модельных представлений о массиве горных пород как о высокосложных структурных средах, разрабатываемых академиком М.А. Садовским [2 – 4].

Блочность массива горных пород и формирование на его основе дискретного неоднородного напряженно-деформированного состояния особенно контрастно проявляется при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Карьеры обнажают масштабные участки массива горных пород. Размеры областей их влияния обычно составляют несколько километров, что охватывает блочные структуры нескольких рангов. Ярким примером проявления блочности массива горных пород явилась проблема с устойчивостью бортов Качарского карьера.

Устойчивость бортов карьеров, определяющая эффективность и безопасность открытой разработки месторождений, зависит от многих факторов, распределяющихся по прибортовому массиву горных пород карьерного пространства неравномерно. Прогнозная оценка устойчивости бортов на различных участках проведена на основе районирования прибортового массива с учетом следующих факторов, негативно влияющих на их устойчивость:

- физико-механические и прочностные характеристики горных пород;
- элементы залегания геологических структур относительно выработанного пространства карьера;
- области структурных ослаблений массива по результатам инженерно-геофизических исследований;
- границы кластеров напряженно-деформированного состояния и области концентрации деформаций от трендовых геодинамических движений;
- границы кластеров напряженно-деформированного состояния, области концентрации деформаций и интенсивности короткопериодных геодинамических движений;
- распределение фактических деформаций бортов и уступов по бортам карьера.

Распределение негативных факторов по прибортовым массивам карьерного пространства, в том числе и с перекрытием зон разных факторов, представлено на рис. 1.

Наибольшее количество факторов, снижающих устойчивость бортов карьера, приходится на западный борт. Здесь на одном участке находится сосредоточение всех рассматриваемых негативных условий. К сожалению, в этом районе было запроектировано и начато строительство дробильного комплекса на горизонте –30 м, прерванное крупной деформацией борта карьера.

Всего в результате сопоставления и интерпретации данных комплекса теоретических и инструментальных геомеханических исследований в бортах Качарского карьера выделено восемь участков, где наиболее вероятно возникновение проблем с устойчивостью горных выработок (рис. 2). Участки градуированы по количеству осложняющих факторов (от 3 до 6), действующих в данном месте карьера. Участки бортов карьера,

находящиеся вне оконтуренных областей, испытывают воздействие двух и менее осложняющих факторов. В частности, площадка альтернативного размещения дробильного комплекса на горизонте –120 м располагается на более благоприятном участке карьера. Вне оконтуренных потенциально опасных участков возможен пересмотр углов предельного контура бортов Качарского карьера.

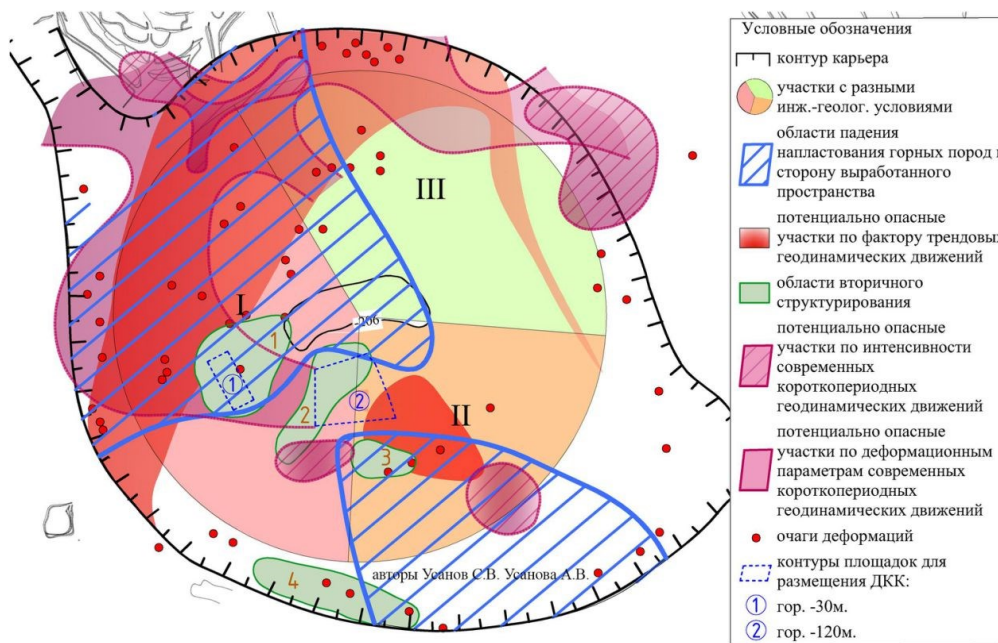


Рис. 1 – Распределение негативных факторов, влияющих на устойчивость бортов, по карьеру

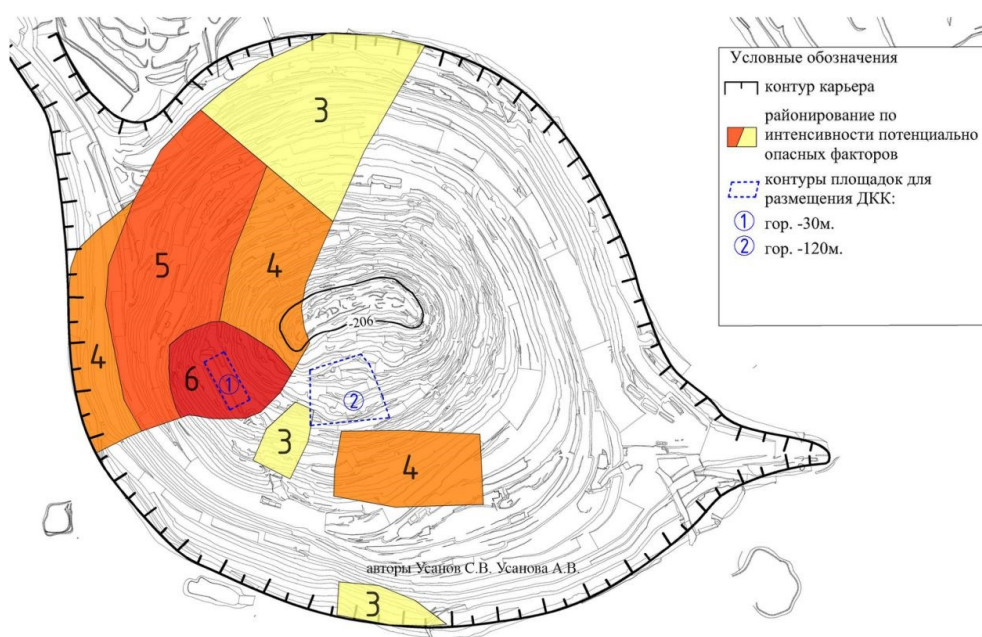


Рис. 2 – Районирование карьерного пространства по условиям устойчивости прибортового массива горных пород (цифрами обозначено количество негативных факторов, влияющих на устойчивость)



По результатам исследования геодинамической активности в районе Качарского карьера выявлена система структурных блоков, имеющих специфическую индивидуальную направленность и скорость современных геодинамических движений, представленная на рис. 3. В результате разнонаправленных движений блоков формируется неоднородное напряженно-деформированное состояние массива горных пород, вмещающего карьер [5]. На участке строительства дробильного комплекса аварийная ситуация с нарушением устойчивости борта возникла в связи с формированием аномальной зоны сжатия вследствие смещений двух соседних блоков с разными скоростями в перпендикулярных друг другу направлениях (см. рис. 3).

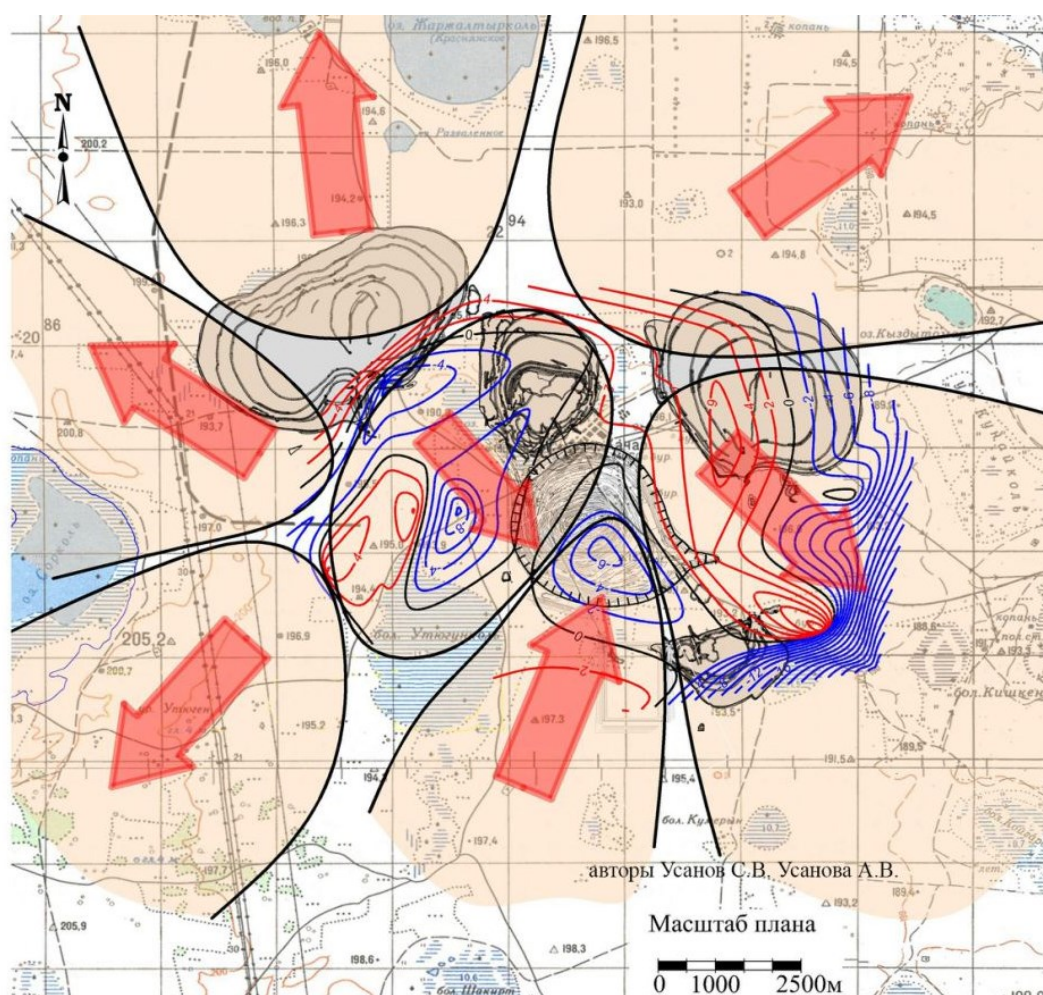


Рис. 3 – Современные геодинамические движения структурных блоков в районе Качарского карьера

Для оценки блочности и структурной нарушенности прибортового массива карьера хорошо себя зарекомендовал метод спектрального сейсмопрофилирования, прошедший большое количество промышленных экспериментов в России и Казахстане [6, 7].

С точки зрения наглядности представления результатов спектрального сейсмопрофилирования значительно выигрывают проекции сейсморазрезов на борта карьера по каждому уступу (рис. 4).

Таким образом, идеи «гармонии недр» А.Ж. Машанова о структуре массива горных пород, развитые с использованием современных методов исследования, позволяют раскрыть реальные закономерности формирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород при решении задач недропользования.

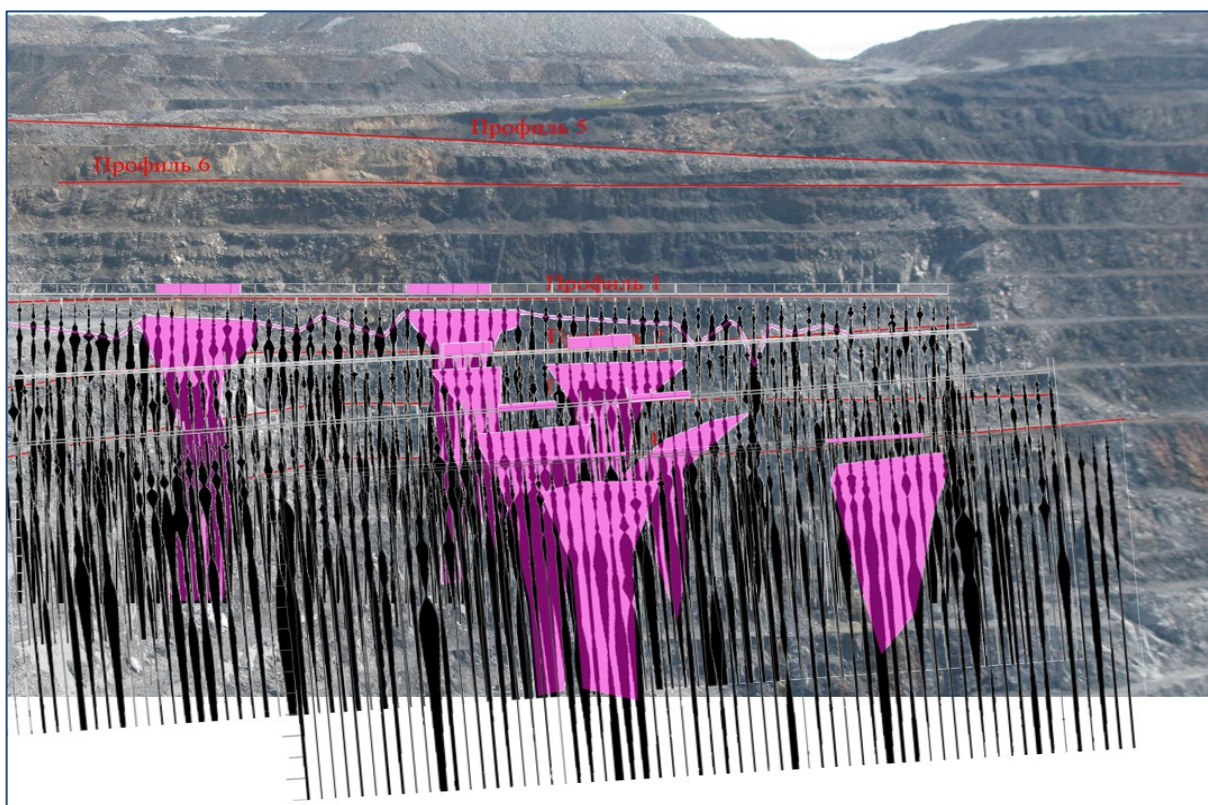


Рис. 4 – Спектральные сейсморезы в проекции на борт карьера

### Литература

1. Машанов А.Ж. Геомеханика / А.Ж. Машанов, М.Б. Нурпеисова. - Алматы: КазНТУ, 2000. – 150 с.
2. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы / М. А. Садовский // ДАН СССР. - 1979. - Т. 247. - № 4.
3. Садовский М.А. Иерархия от пылинок до планет / М. А. Садовский // Земля и Вселенная. – 1984. – № 6. – С. 4 - 9.
4. Садовский М.А. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс / М.А. Садовский, Л. Г. Болховитинов, В.Ф. Писаренко. – М.: Наука, 1987. – 100 с.
5. Сашурин А.Д. Современные геодинамические движения и их роль в формировании напряженно-деформированного состояния массива горных пород / А.Д. Сашурин // Геомеханика в горном деле. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2014. - С. 3 - 12.
6. Сашурин А.Д. Обеспечение устойчивости бортов карьеров в целях безопасной эксплуатации транспортных берм / А.Д. Сашурин, А.А. Панжин, В.В. Мельник. - Безопасность труда в промышленности. - 2016. - № 7. - С. 28 - 33.
7. Сашурин А.Д. Обеспечение устойчивости бортов карьеров / А.Д.Сашурин, А.А.Панжин, В.В. Мельник. - Горный журнал Казахстана. - 2016. - № 5. – С. 19 – 23.