



Обоснование установки  
крепления бортов карьера  
Пустынное за счет  
комплексного  
моделирования в  
программных  
обеспечениях Rocscience

Октябрь 2024

Любое использование данного материала без соглашения  
АО «АК Алтыналмас» строго запрещено



## О месторождении



Месторождение золота «**Пустынное**» расположено в Актогайском районе Карагандинской области в 100 км восточнее г. Балхаш.

Добыча ведется открытым способом.

Геологически **Пустынное** характеризуется сложной системой трещин и неоднородностью пород, что требует проведения детальных исследований для оценки устойчивости бортов карьера.

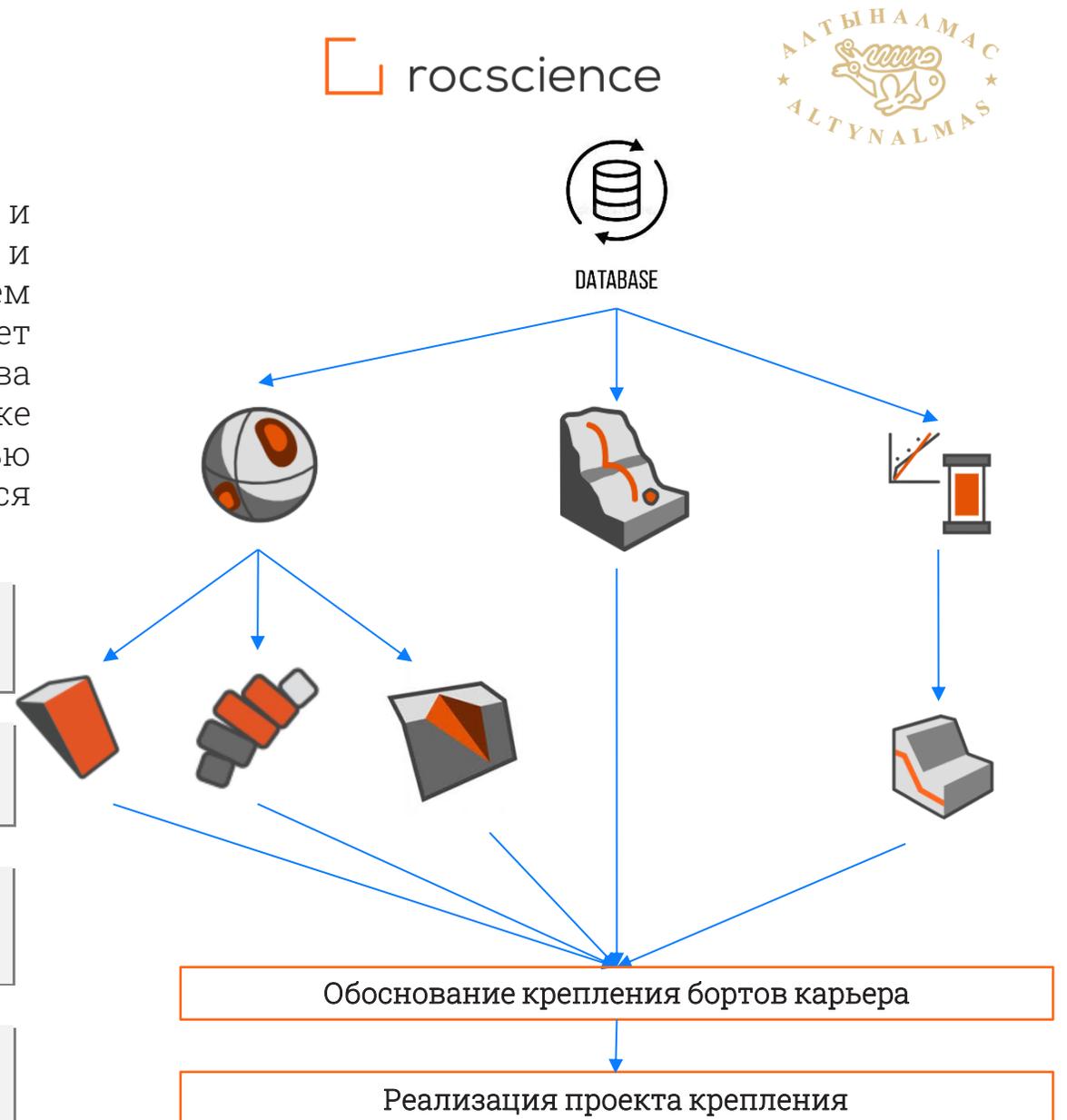
Геомеханики месторождения активно применяют инновационные методы мониторинга, сбора и анализа данных, включая использование программного обеспечения **Rocscience** для моделирования и оценки геомеханических рисков.



## Цель и реализация

Целью исследования является обеспечение устойчивости и безопасности бортов карьера **Пустынное** путем разработки и обоснования мер по их укреплению с использованием армированной сетки. Достижение этой цели требует всестороннего анализа геомеханического состояния массива горных пород, выявления зон потенциальных рисков, а также моделирования и оценки устойчивости склонов. С помощью программного обеспечения **Rocscience** проводится комплексное моделирование, включающее:

- 1 3D моделирование карьера в **Slide 3** для общего анализа устойчивости всех бортов
- 2 Анализ систем трещин в **Dips** для определения основных систем трещин
- 3 Расчет коэффициентов запаса устойчивости в **Swedge**, **RocTopple**, **RocPlane (RocSlope2)** для выявления участков с риском обрушения по типу разрушения
- 4 Оценка риска камнепадов в **RockFall 3** на критических участках



# Трехмерное моделирование в Slide 3



Трехмерное моделирование бортов карьера **Пустынное** в программном обеспечении **Slide 3** было выполнено для анализа общего состояния устойчивости склонов. В **Slide 3** была создана подробная модель карьера с учетом геометрии склонов, параметров массивов горных пород и различных геомеханических характеристик. Основные этапы моделирования включали:



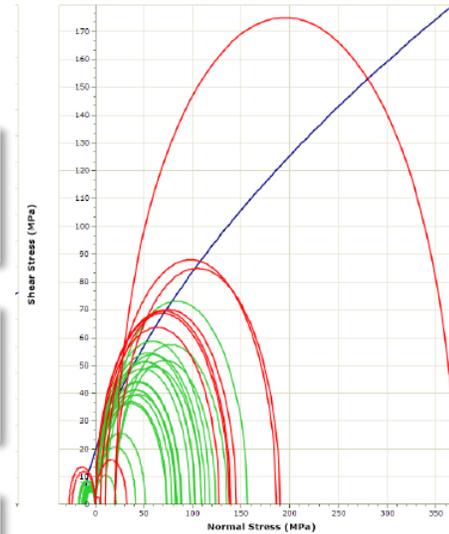
Создание цифровой модели рельефа – построена геолого-структурная модель карьера



Построение паспорта прочности в **RsData**  
Назначение геотехнических характеристик пород – каждому слою и блоку массива были присвоены физико-механические свойства

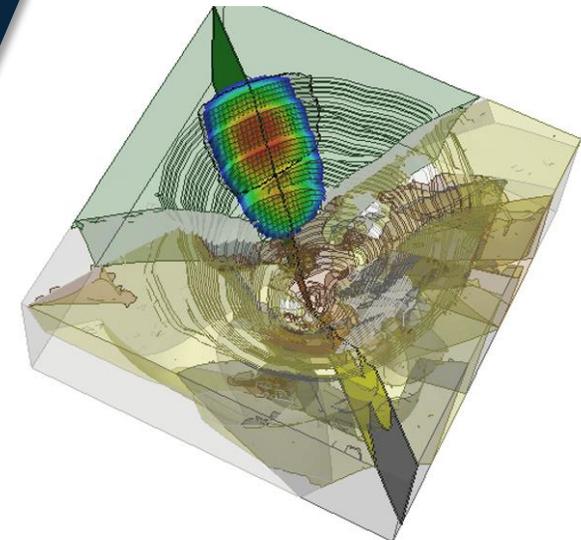
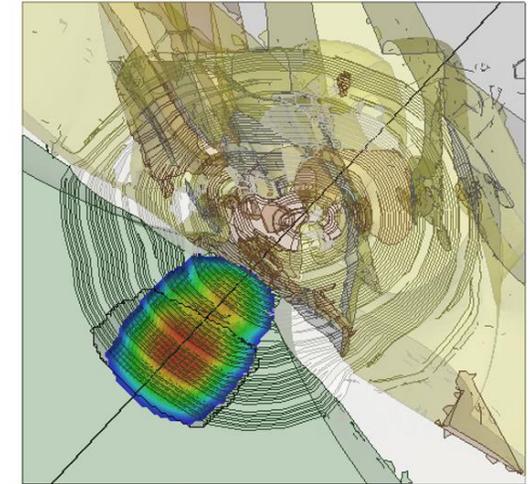


Расчетный анализ устойчивости – в **Slide 3** проведен анализ устойчивости для разных участков бортов с целью определения их общего состояния.



— SL - Principal Stress Envelope  
◆ SL - Dataset Included in Compute  
◆ SL - Dataset Excluded from Compute  
— SL - Shear vs. Normal Stress Envelope  
— SL - Mohr Circles from Computed Dataset  
— SL - Mohr Circle(s) from Uncomputed Dataset

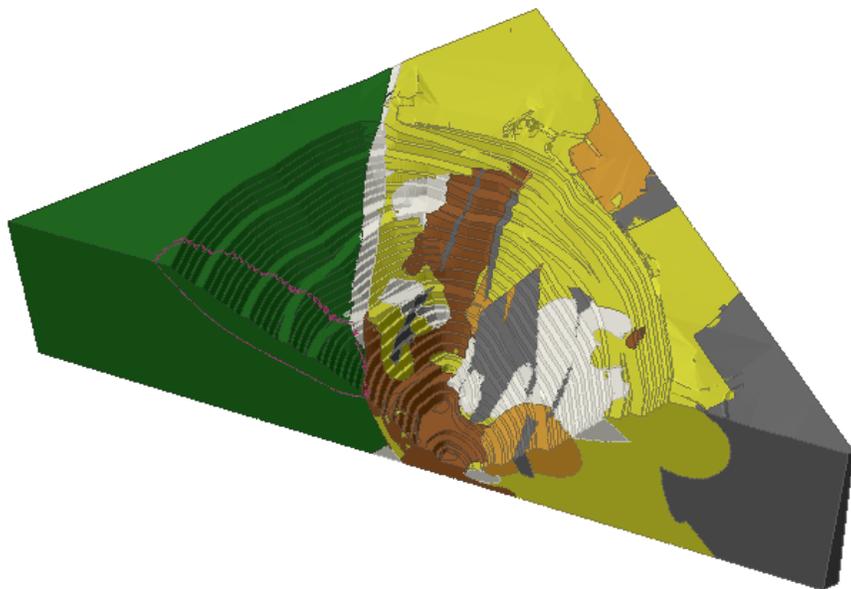
SL	
Results (Triaxial)	
intact uniaxial compressive strength (sigc)	87.343 MPa
m	0.697
cohesion (c)	
Prediction Interval	
interval	none
Curve Fit Parameters	
fit algorithm	modified cutton
error summation	basic
error type	absolute
Tensile Cutoff	
cutoff option	none



# Результаты моделирования в Slide 3



**FS: 2.042**



**FS: 1.941**

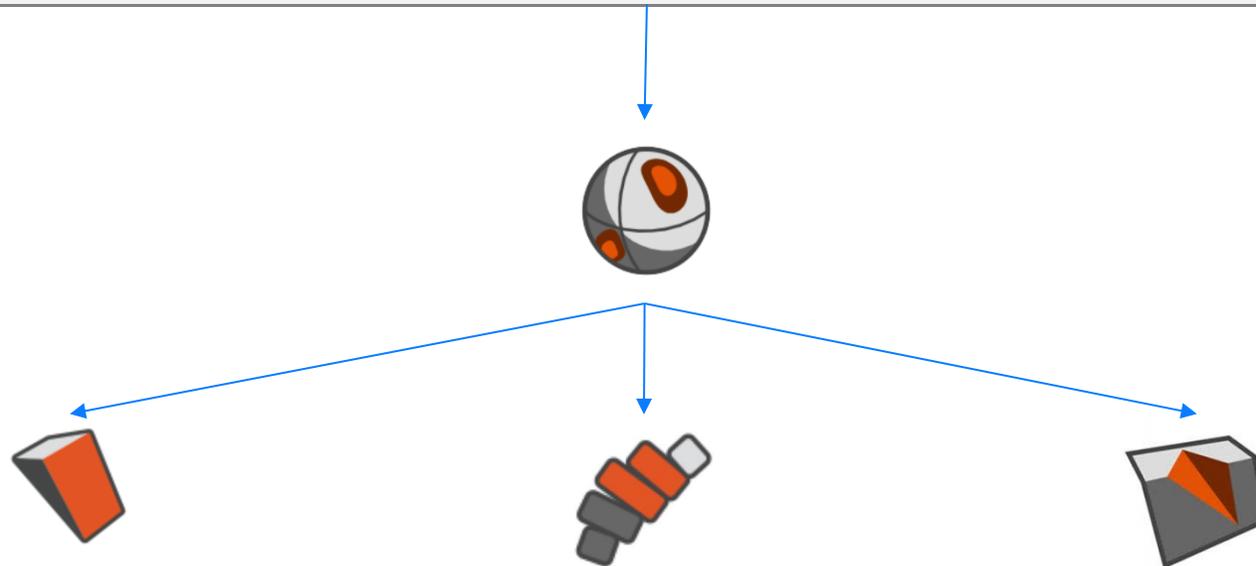


Результаты моделирования показали, что при учёте только внешней геометрии и основных характеристик пород все борта карьера демонстрируют устойчивость и высокий коэффициент запаса.

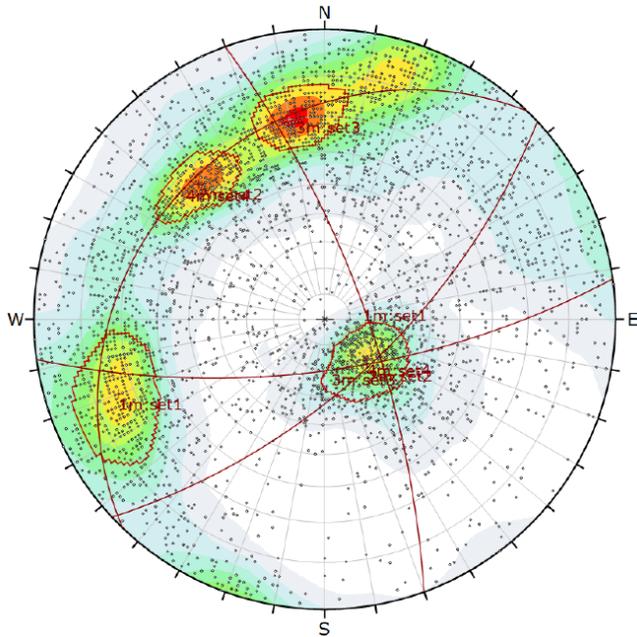
# Влияние структур на устойчивость бортов



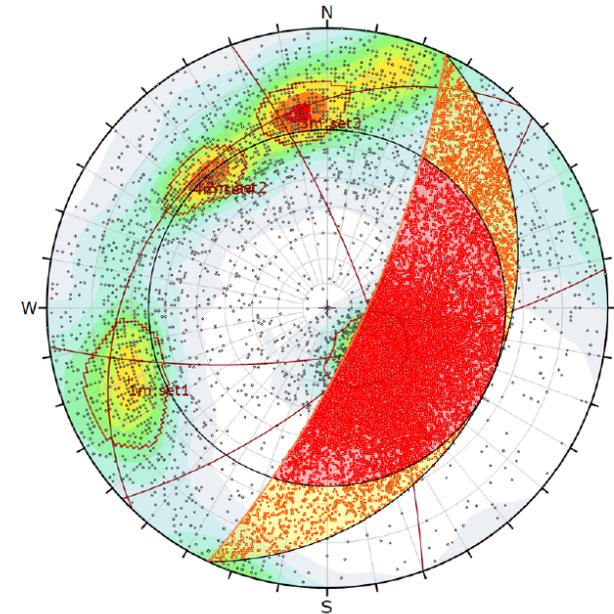
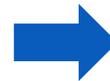
Результаты расчета в трехмерной постановке позволяет определить целостную картину устойчивости бортов на макроуровне. Тем не менее, для оценки локальных рисков и выявления возможных зон неустойчивости потребовалось более детальное моделирование в специализированных программах **Rocscience**, что позволило глубже исследовать влияние структур на устойчивость отдельных склонов.



# Определение основных систем трещин и кинематического анализа в Dips



Symbol	Feature		
-	Pole Vectors		
<b>Density Concentrations</b>			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 0.45		
	0.45 - 0.90		
	0.90 - 1.35		
	1.35 - 1.80		
	1.80 - 2.25		
	2.25 - 2.70		
	2.70 - 3.15		
	3.15 - 3.60		
	3.60 - 4.05		
	4.05 - 4.50		
<b>Contour Data</b>			
	Pole Vectors		
	Maximum Density 4.26%		
	Contour Distribution Fisher		
	Counting Circle Size 1.0%		
<b>Mean Set Planes</b>			
Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	74	70	set1
2m	65	137	set2
3m	70	172	set3
4m	23	314	set4
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>		3929 (3929 Entries)	
<b>Hemisphere</b>		Lower	
<b>Projection</b>		Equal Angle	

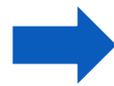
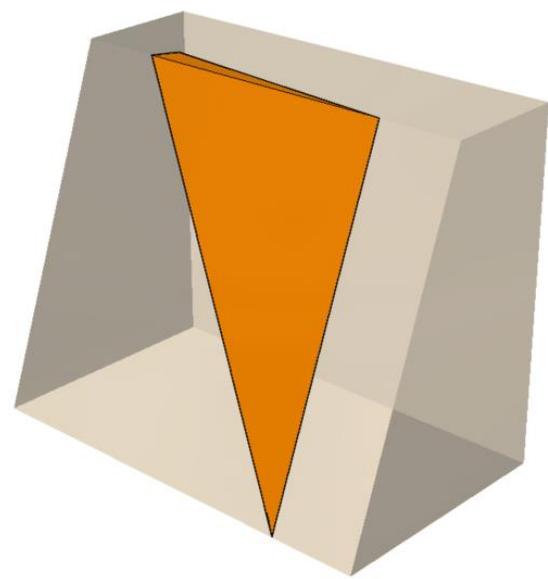


Symbol	Feature		
-	Pole Vectors		
+	Critical Intersection		
<b>Density Concentrations</b>			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 0.45		
	0.45 - 0.90		
	0.90 - 1.35		
	1.35 - 1.80		
	1.80 - 2.25		
	2.25 - 2.70		
	2.70 - 3.15		
	3.15 - 3.60		
	3.60 - 4.05		
	4.05 - 4.50		
<b>Contour Data</b>			
	Pole Vectors		
	Maximum Density 4.26%		
	Contour Distribution Fisher		
	Counting Circle Size 1.0%		
<b>Kinematic Analysis</b>		Wedge Sliding	
<b>Slope Dip</b>		75	
<b>Slope Dip Direction</b>		115	
<b>Friction Angle</b>		25°	
		Critical	Total
Wedge Sliding		2724101	7715879
			35.31%
<b>Mean Set Planes</b>			
Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	74	70	set1
2m	65	137	set2
3m	70	172	set3
4m	23	314	set4
<b>Plot Mode</b>		Pole Vectors	
<b>Vector Count</b>		3929 (3929 Entries)	
<b>Intersection Mode</b>		Grid Data Planes	
<b>Intersection Count</b>		7715879	
<b>Hemisphere</b>		Lower	
<b>Projection</b>		Equal Angle	

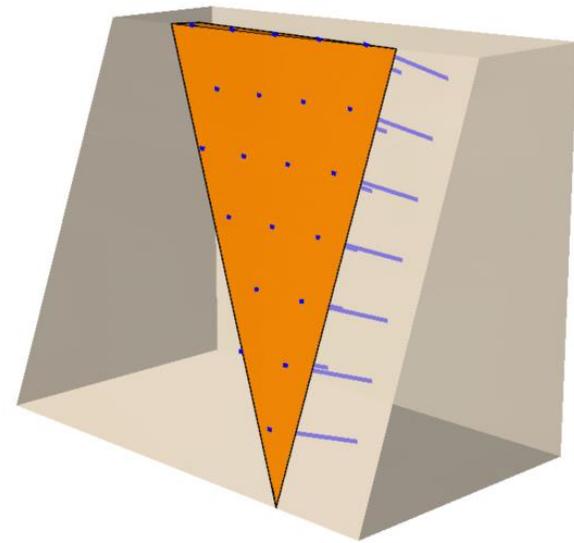
# Расчет коэффициента запаса устойчивости в Swedge



Wedge Analysis FS: 1.04



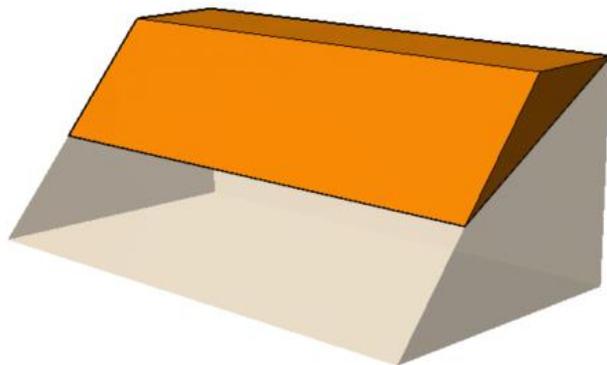
Wedge Analysis FS: 1.65



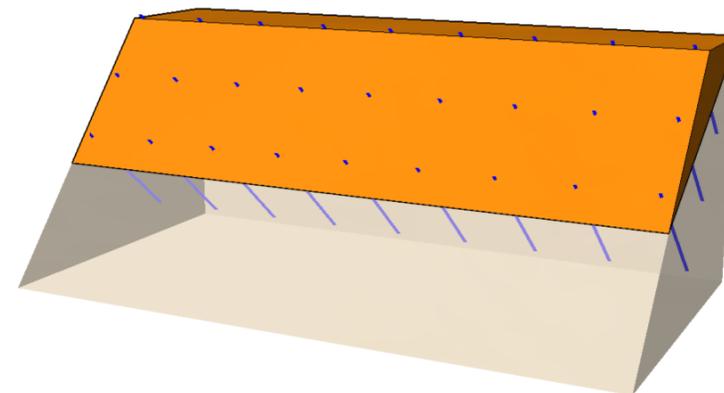
# Расчет коэффициента запаса устойчивости в RocPlane



Planar Analysis FS: 1.02



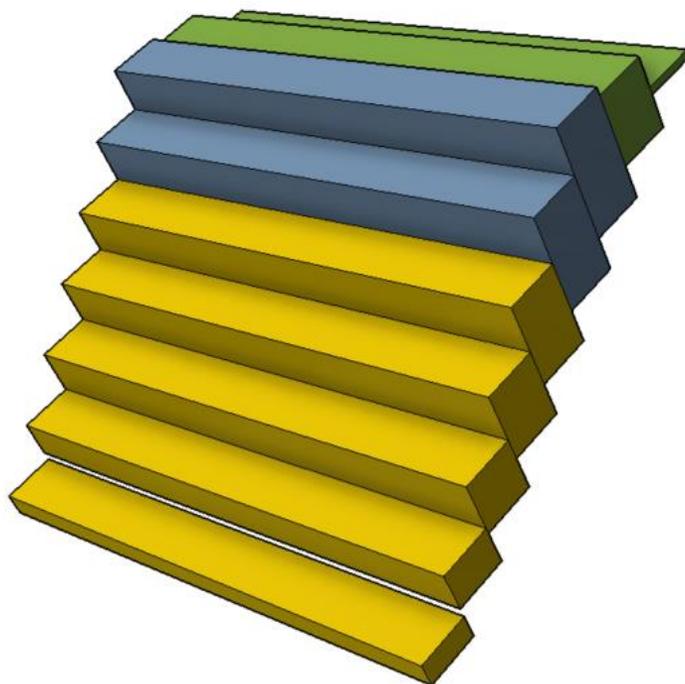
Planar Analysis FS: 1.318



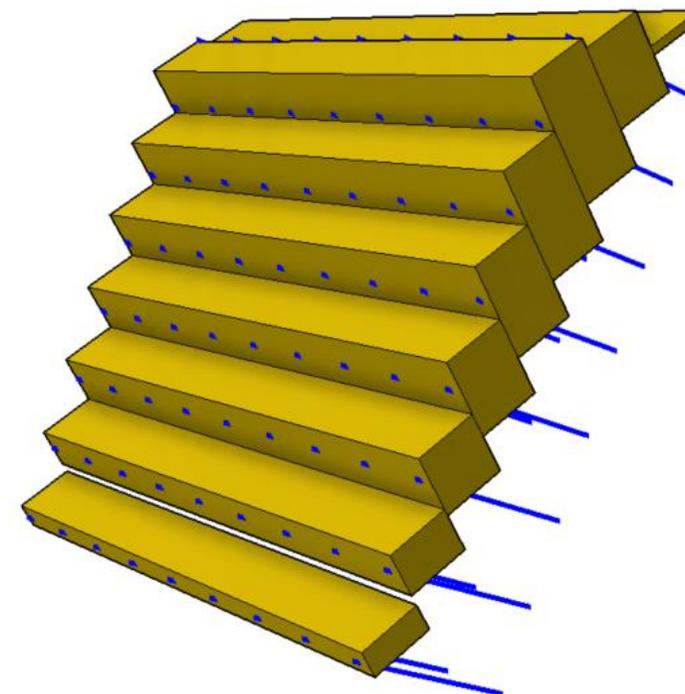
# Расчет коэффициента запаса устойчивости в RocTopple



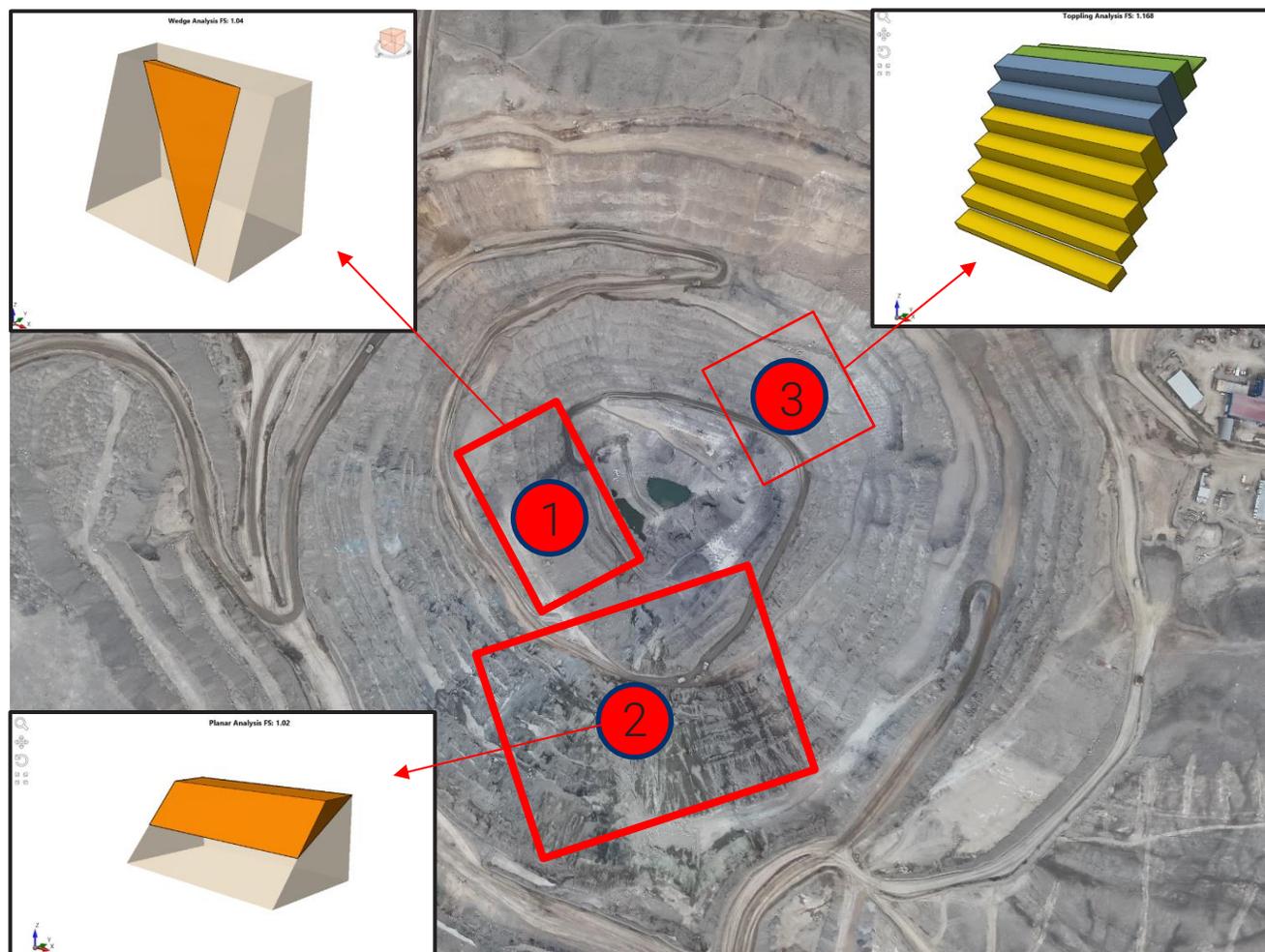
Toppling Analysis FS: 1.168



Toppling Analysis FS: 1.55



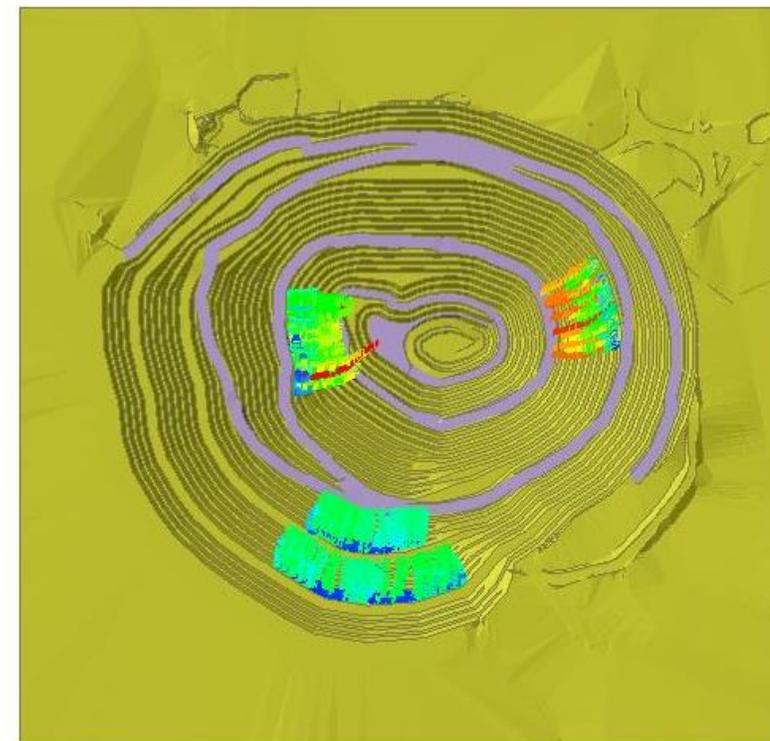
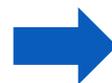
## Участки по типам обрушения



На основе результатов расчетов устойчивости склонов с учетом структур карьера **Пустынное** были определены участки с наибольшим риском обрушения. Учитывая выявленные риски были предложены меры направленные на повышение устойчивости породного массива и минимизацию опасностей для работы на карьере путем анкерного крепления.

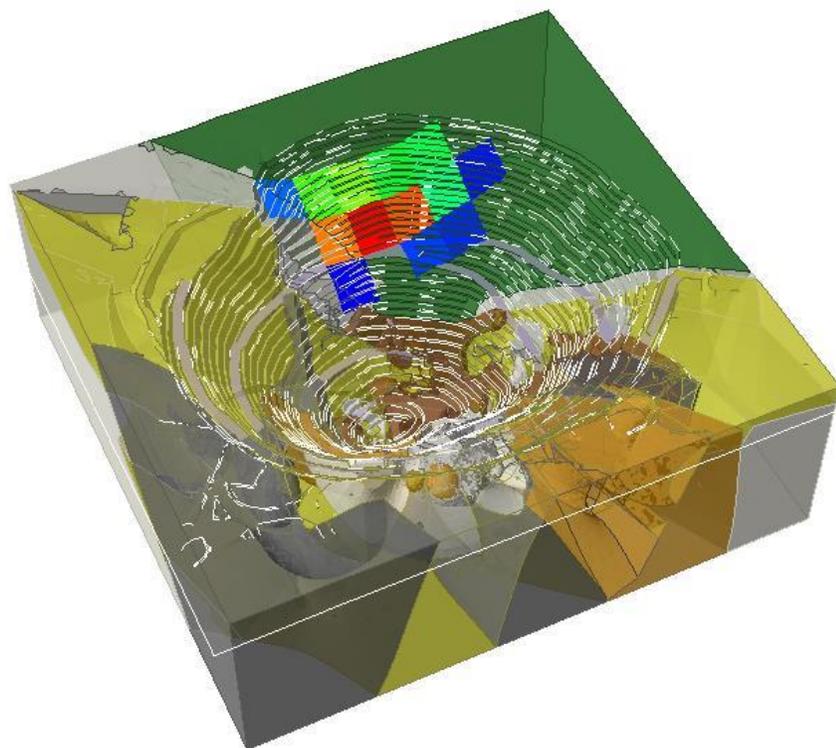
## Анализ риска камнепадов в RocFall 3

rocscience

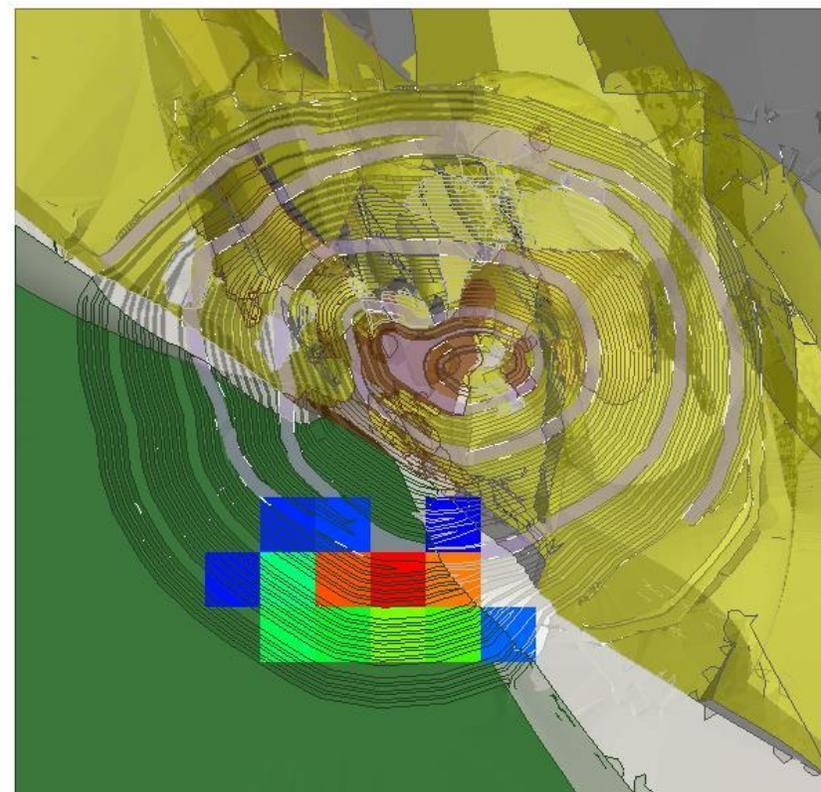


На участках с потенциальными геотехническими рисками при ведении визуального и инструментального мониторинга наблюдается и осыпание горной массы.

# Расчет юго-западного борта на камнепады

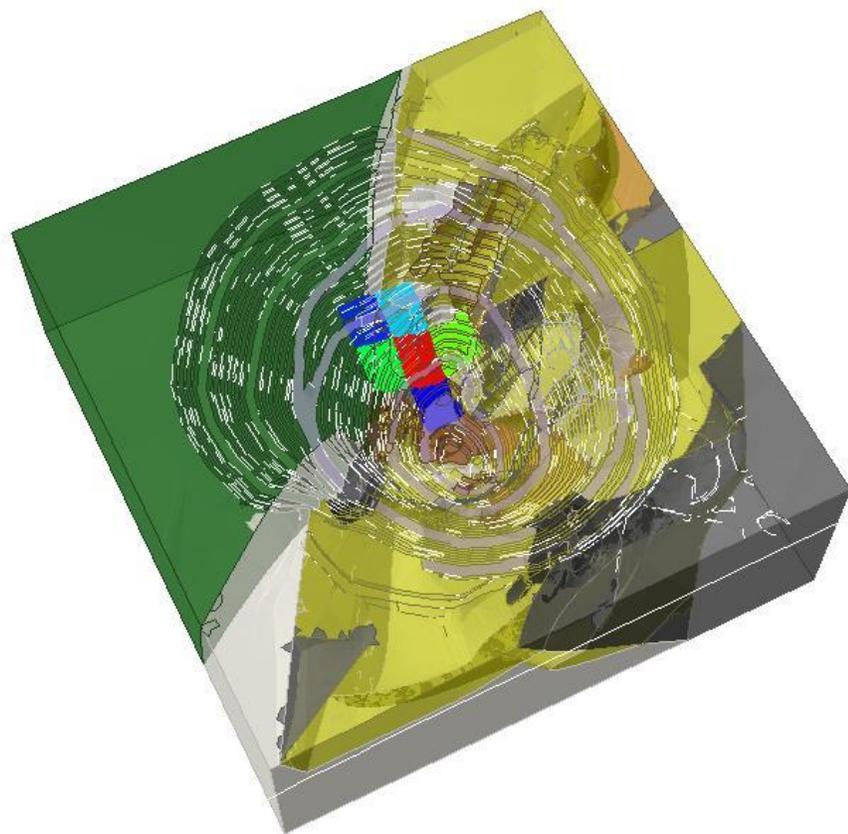


Вид в изометрии

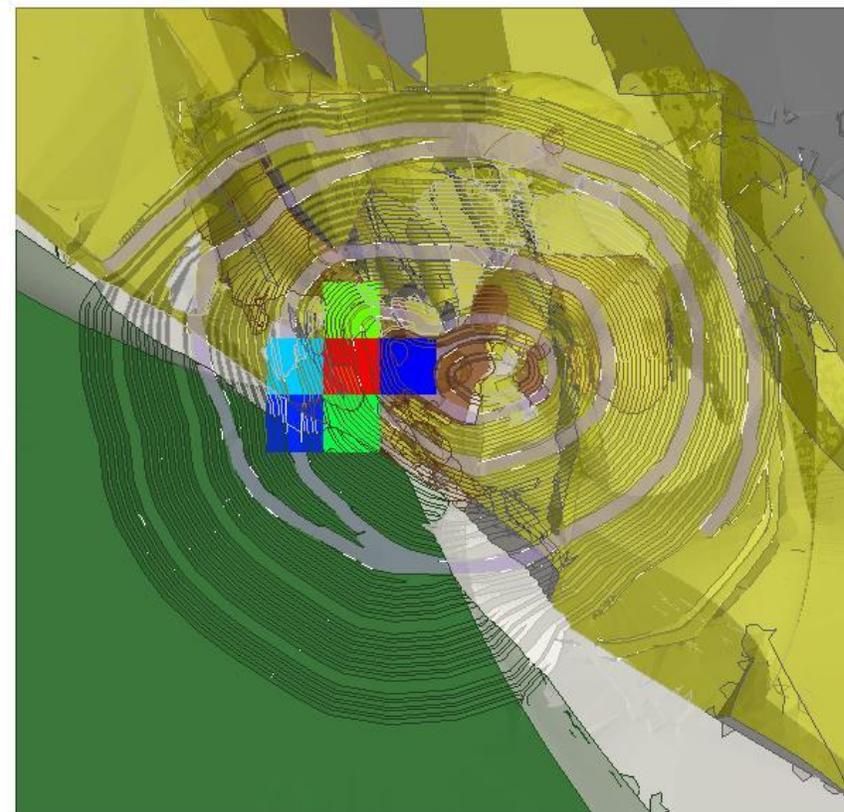


Вид в плане

# Расчет западного борта на камнепады

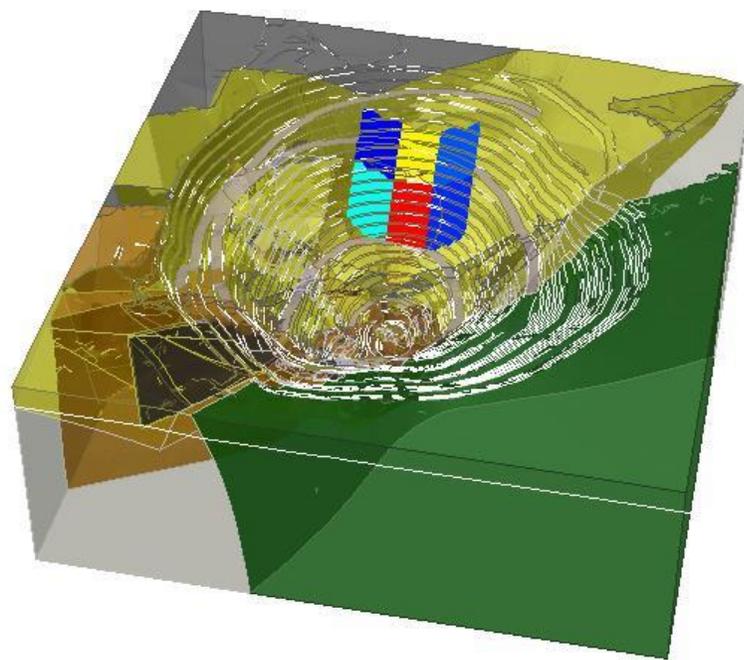


Вид в изометрии

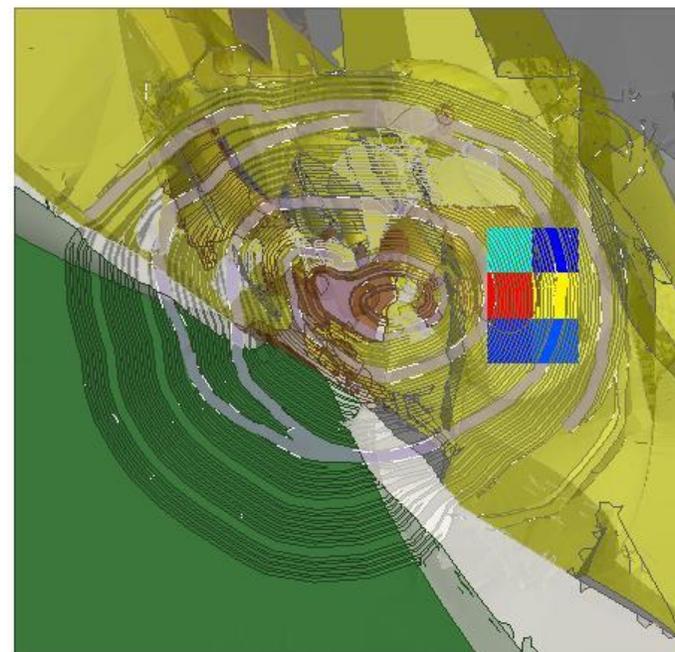


Вид в плане

# Расчет восточного борта на камнепады

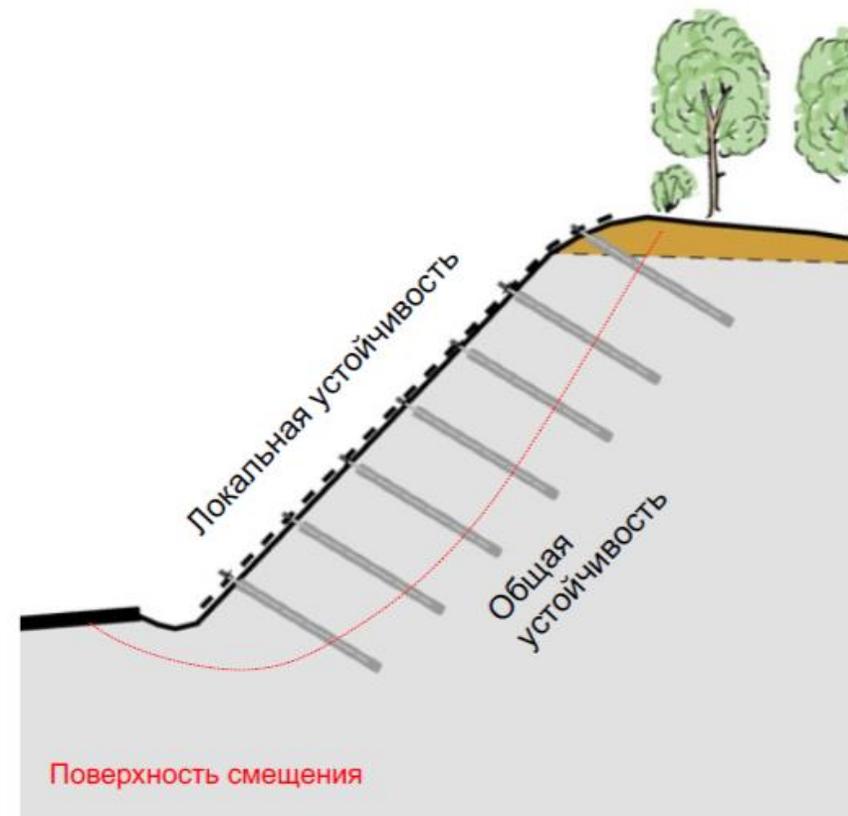
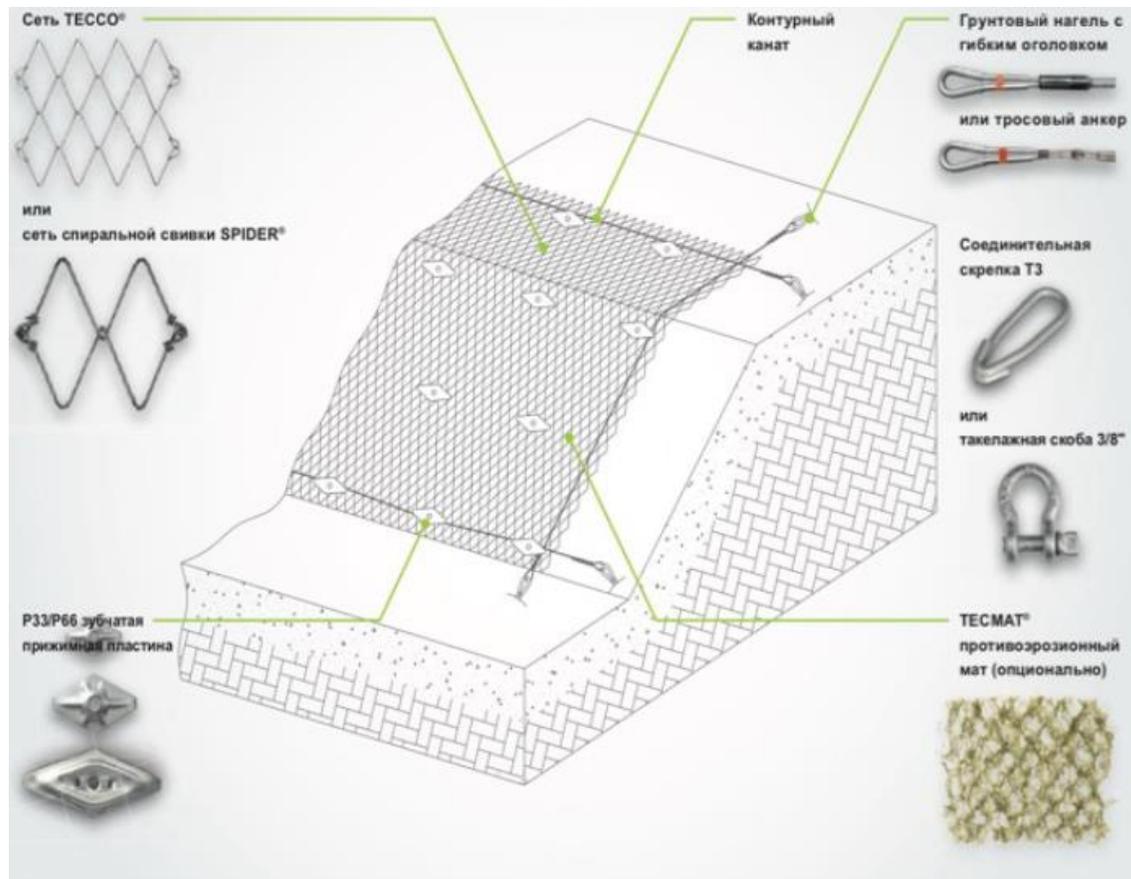


Вид в изометрии

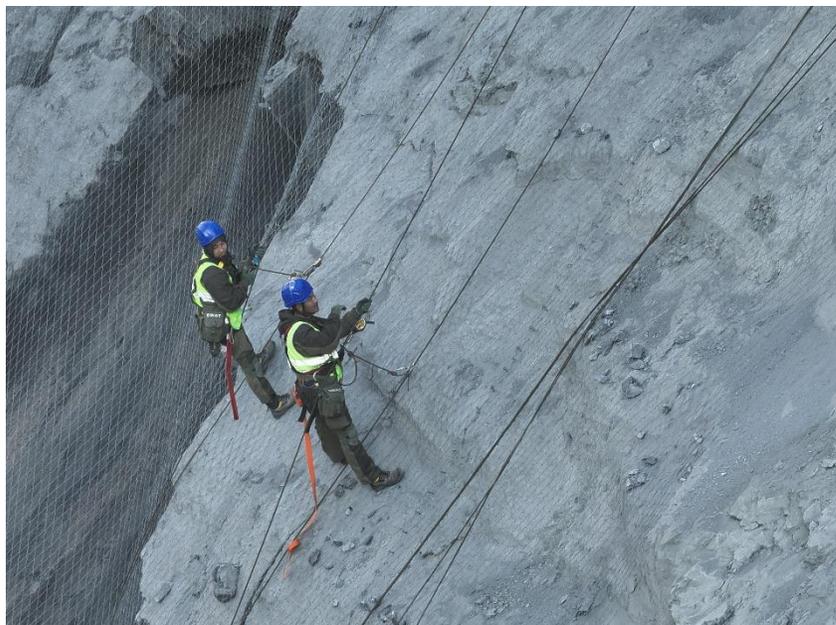


Вид в плане

# Рекомендации по укреплению бортов карьера Пустынное



# Реализация укрепления бортов с противокампанной завесой карьера Пустынное





# Спасибо за внимание

АО «АК Алтыналмас»  
050013 (А15Х3С7), Республика Казахстан,  
г. Алматы, Площадь Республики 15  
Тел: +7 (727) 350-02-00  
E-mail: [info@altynalmas.kz](mailto:info@altynalmas.kz)  
Web site: [www.altynalmas.kz](http://www.altynalmas.kz)

Любое использование данного материала без соглашения  
АО «АК Алтыналмас» строго запрещено