



## Применение программ Rosscience в проектировании бортов карьера

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



# Карьер Аксу

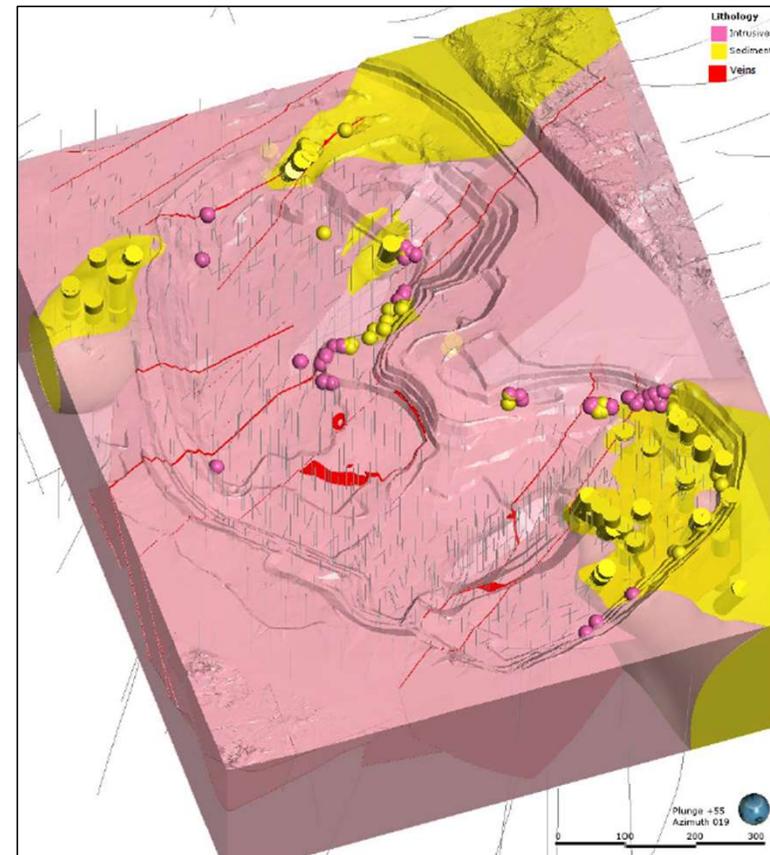


- Аксуское рудное поле расположено в Акмолинской области, 20км от города Степногорск
- Способ добычи Открытый (карьер)
- Производительность 5 млн тонн руды в год

# ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение Аксу сложено метаосадочными породами (сланцами и песчаниками), которые вмещают минерализацию и метавулканические породы (диорит и гранодиорит). На рисунке представлены основные литологические различия, которые обнажаются в борту карьера, и из которого видно, что основным типом первичных пород, обнажаемым в карьере, является диорит.

Средняя глубина выветрелых пород в карьере составляет приблизительно 40 м.



Основные литологические различия на карьере Аксу

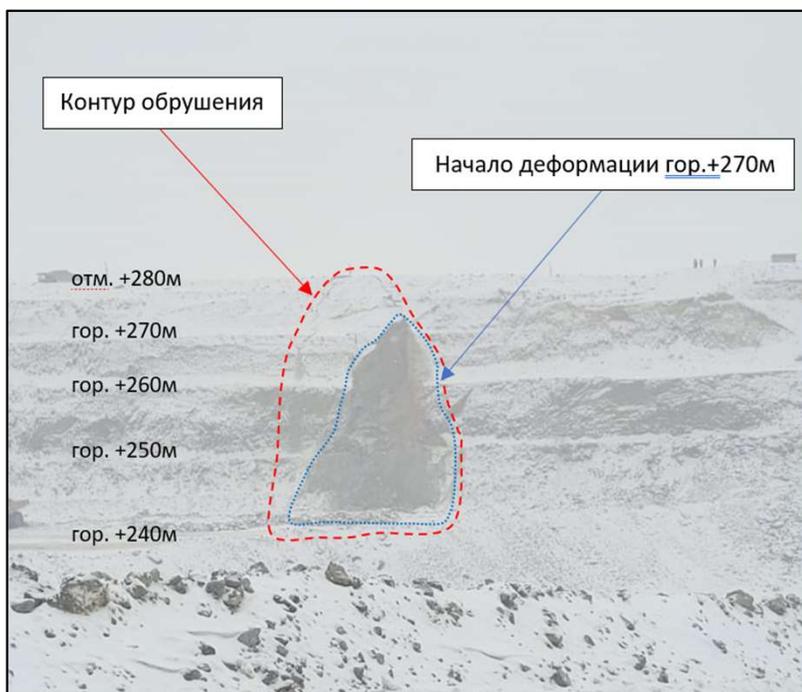
# ВВЕДЕНИЕ

- Данная работа выполнена с целью обоснования безопасных параметров выветрелых пород карьера Аксу путем расчета устойчивости бортов карьера. Основной причиной выполнения данной работы является проявление неустойчивого состояния для выветрелых участков прибортового массива карьера, сложности с выдерживанием проектных углов откосов, а также факт, что при проектировании карьера не учитывались физико-механические свойства выветрелых пород.
- Работа выполнена с учетом данных геотехнического отчета SRK Consulting 2019г, отчета о НИР по теме «Исследование физико-механических свойств горных пород в лабораторных условиях» (договор № КА-У-190614-1 от 14.06.2019 г.), геотехнического описания керна по системе RMR89 Бенявского (1989), картирования и визуального мониторинга (**Низкая изученность выветрых пород**).
- Для проведения расчета устойчивости и определения физико-механических свойств прибортового массива на выветрелых участках был произведен обратный расчет по историческим данным обрушения, произошедшего на карьере Аксу.
- Для расчетов применялись программные обеспечения пакета Rocscience, такие как RocData, Slide2, RS2, Slide3 и RS3.

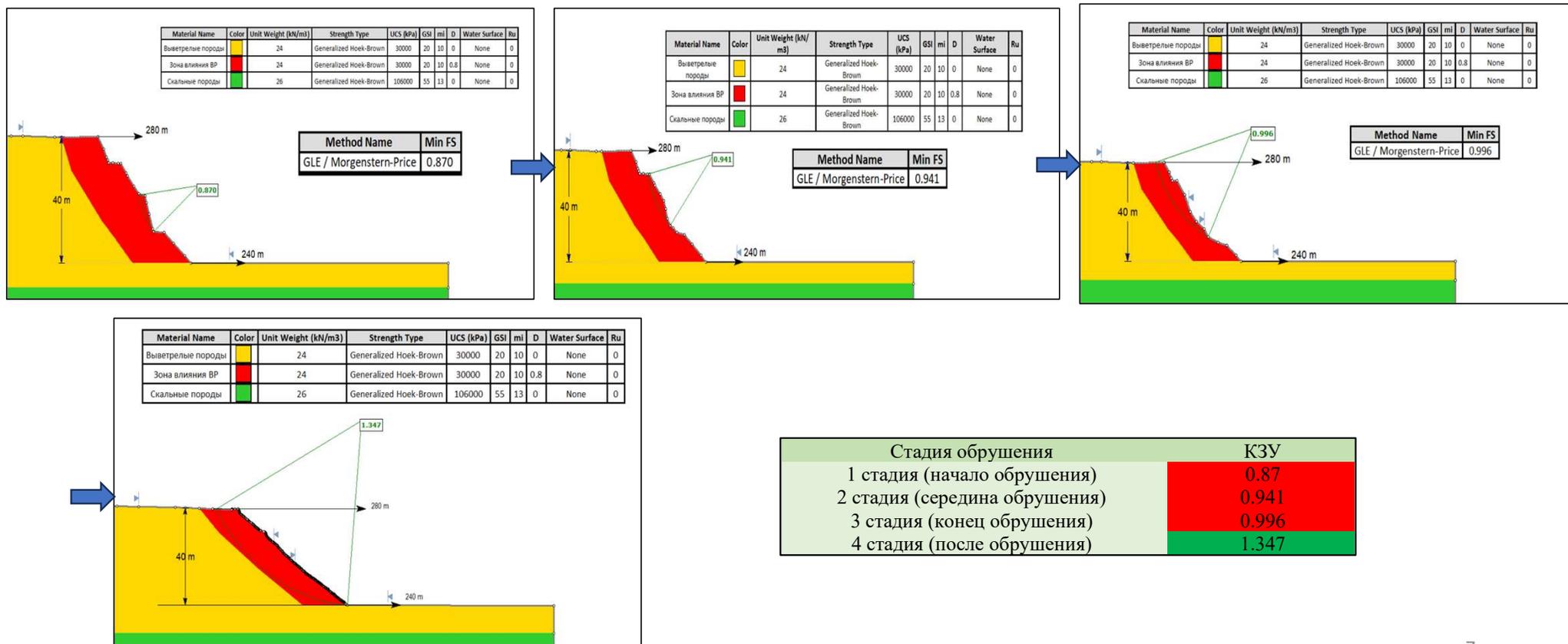
## Обратный анализ

- Целью обратного расчета является выявление физико-механических свойств массива на выветрелых участках прибортового массива карьера в связи с низкой изученностью свойств пород на данных участках а так же отсутствием данным по лабораторным испытаниям образцов выветрелой породы.
- Для обратного расчета применялось ПО Slide2, которое основано на методе предельного равновесия по обобщенному критерию Хука-Брауна.
- В анализе использовалось обрушение от 22.02.22, произошедшее на юго-западной части борта карьера отм. +280м/+240м. Ширина видимой линии отрыва на отм. +280м составляет 14 м, объем обрушенной массы 1840 м<sup>3</sup>. Породы, слагающие участок, представлены выветрелыми диоритами и кварцевыми диоритами.

Обрушение данного участка происходило в несколько стадий, деформационный процесс начал происходить с гор. +270м/+260м. На рисунках ниже представлены фотографии с индикацией начального и конечного процессов обрушения.



Согласно полученным результатам численного моделирования можно выявить, что процесс обрушения происходил в несколько стадий, что подтверждается по фактическому положению и визуальным наблюдениям. Увеличение КЗУ по мере проявления обрушения объясняется тем, что 1 и 2 стадии происходили в промежутке времени в несколько часов, а 3 стадия на промежутке времени около суток. Касательно 4 стадии, которая была смоделирована для разреза после обрушения, КЗУ составил 1,34, что соответствует устойчивому состоянию массива и подтверждается действительности.

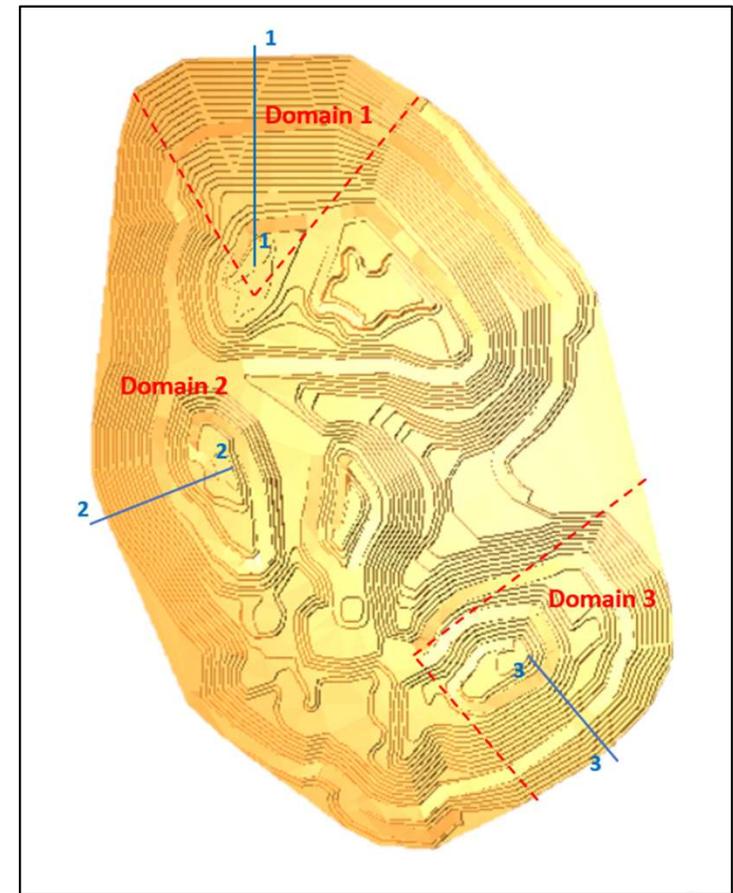


Стадия обрушения	КЗУ
1 стадия (начало обрушения)	0.87
2 стадия (середина обрушения)	0.941
3 стадия (конец обрушения)	0.996
4 стадия (после обрушения)	1.347

# Проектные параметры карьера

Параметр	Проектный домен 1	Проектный домен 2	Проектный домен 3
Высота уступа (м)	10	10	10
Угол откоса уступа (°)	75	75	75
Ширина бермы (м)	9	4,5	6
Угол наклона между съездами (°)	41	54	49

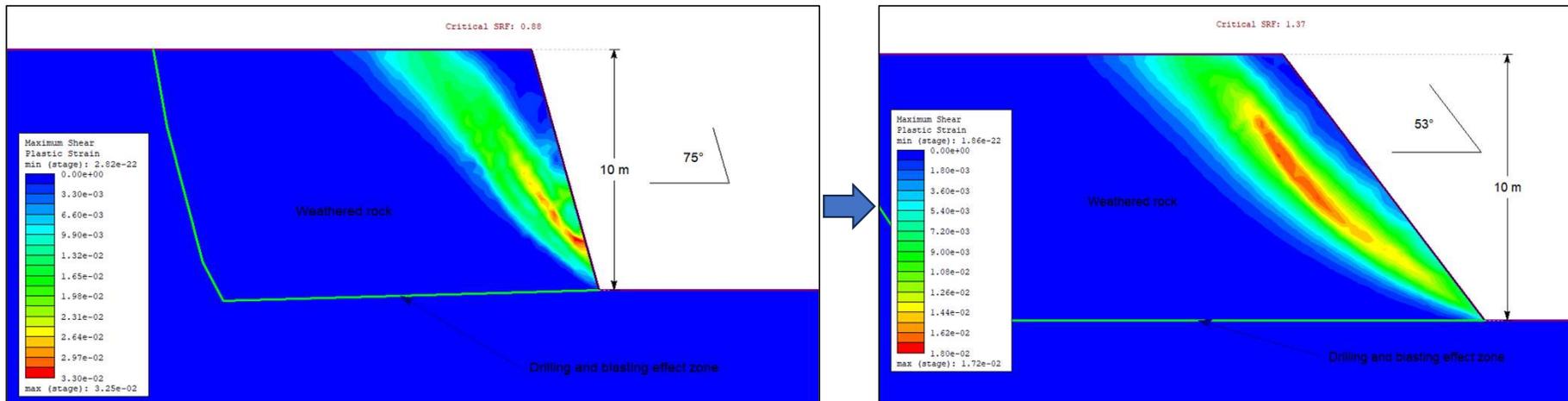
На рисунке представлено расположение в плане проектных доменов с указанием разрезов, по которым были произведены расчеты



# Определение угла откоса уступа (BFA)

Моделирование производилось в программе RS2 методом конечных элементов по обобщенному критерию Хука-Брауна.

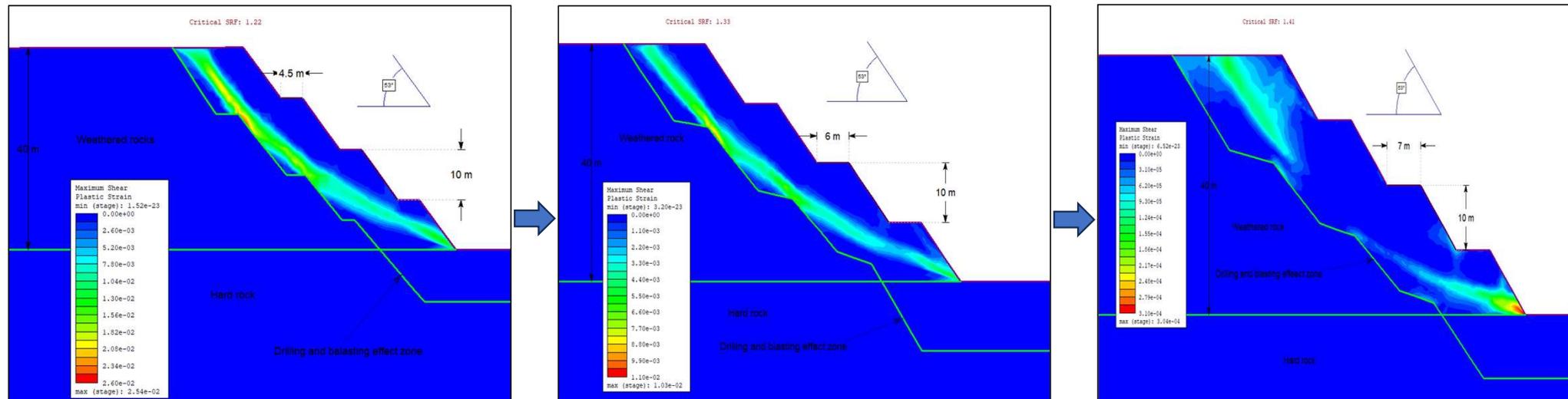
Моделирование отдельного уступа было проведено для оптимизации угла откоса для выветрелых пород путем изменения угла откоса уступа до тех пор, пока не будет достигнут оптимальный параметр КЗУ



BFA	Strength reduction factor
75°	0.88
70°	0.93
65°	0.99
60°	1.04
55°	1.28
53°	1.37
50°	1.54

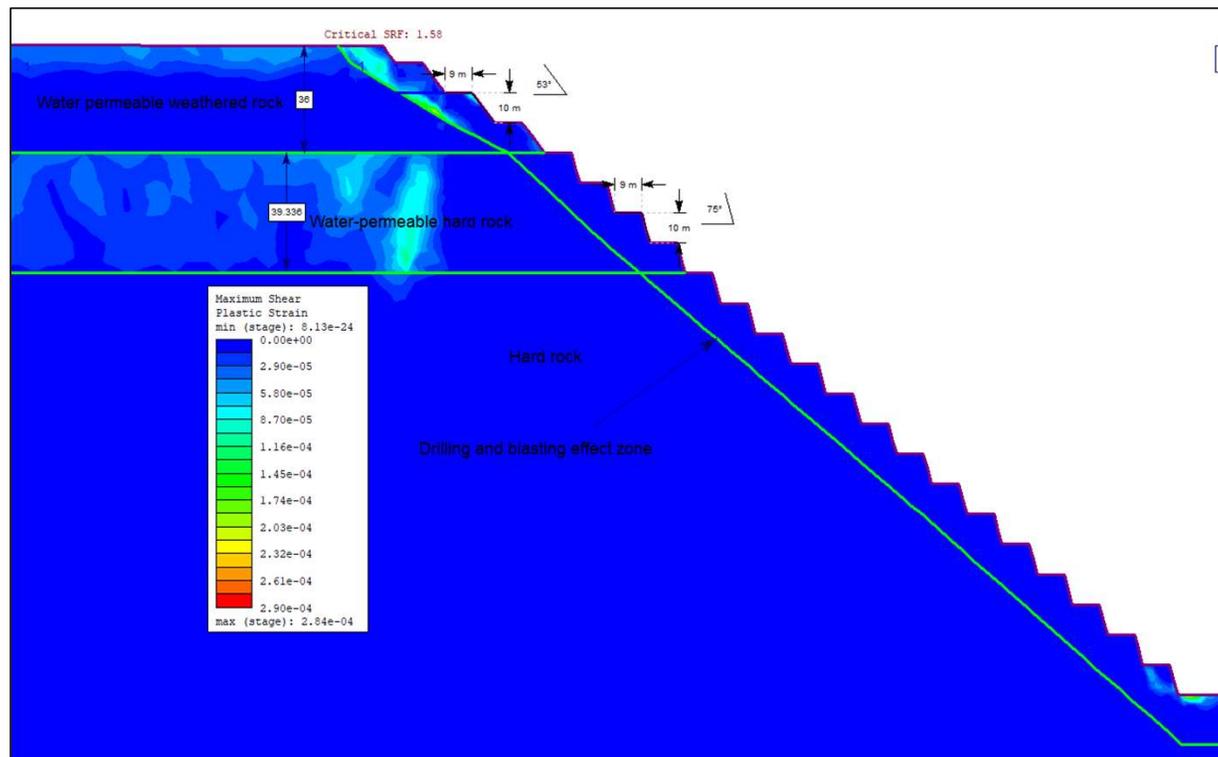
# Оптимизация угла откоса между съездами (IRA)

Было произведено моделирование выветрелой зоны под углом откоса уступа в 53°. Угол откоса между съездами оптимизировался за счет изменения ширины бермы до достижения подходящего значения КЗУ.



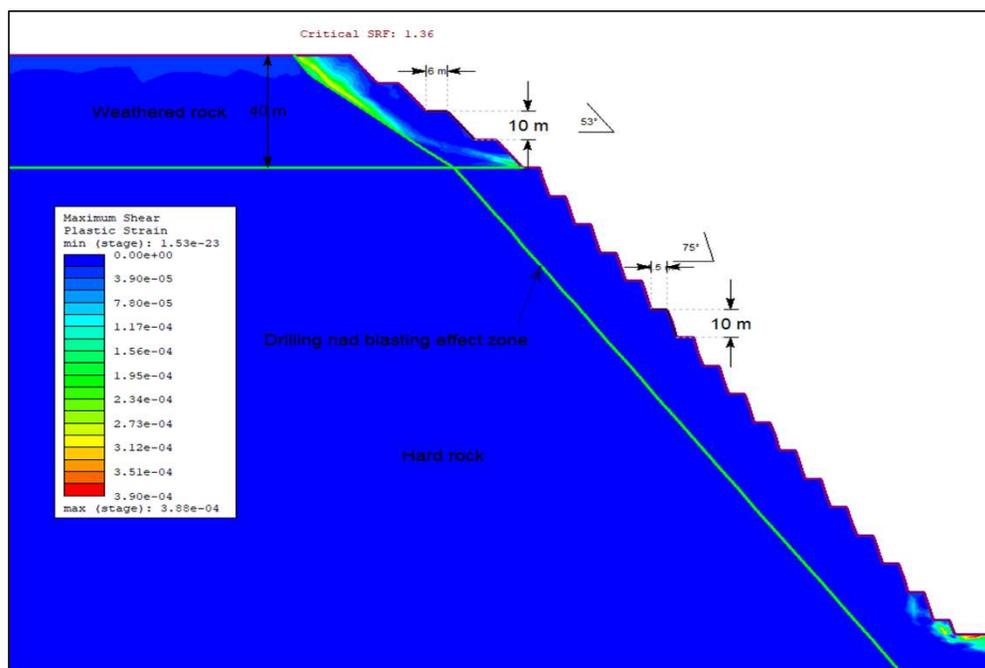
Weathered rock zone thickness	BFA	Bench width	Bench height	IRA	Strength reduction factor
40m	53°	4.5m	10m	40°	1.22
	53°	6m	10m	37°	1.33
	53°	7m	10m	35°	1.41

# Результаты анализа устойчивости бортов карьера по доменам



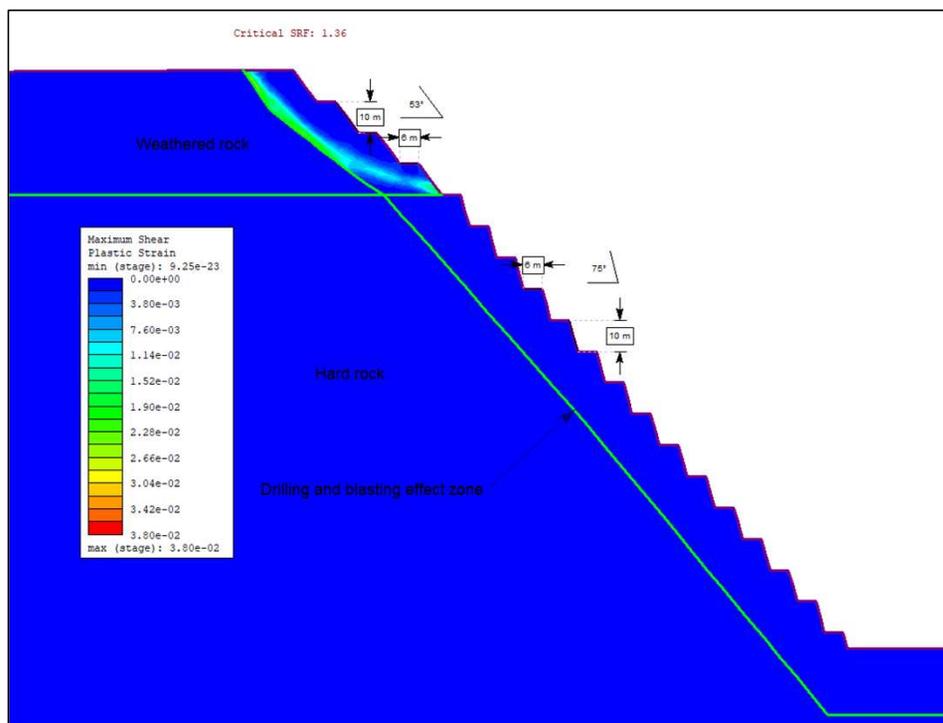
Анализ устойчивости борта карьера Домена 1 по разрезу 1-1 (Северная часть карьера)

# Результаты анализа устойчивости бортов карьера по доменам



Анализ устойчивости борта карьера Домена 2 по разрезу 2-2 (Западная и восточная часть карьера)

# Результаты анализа устойчивости бортов карьера по доменам

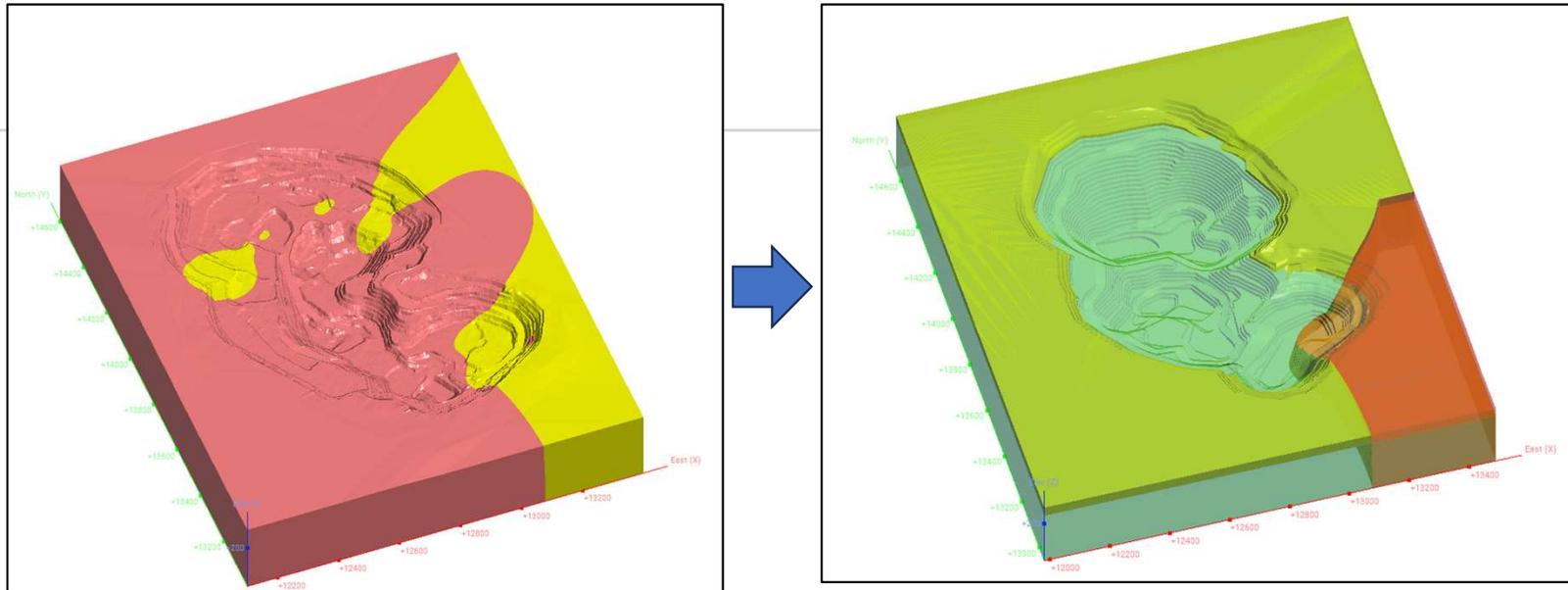


Анализ устойчивости борта карьера Домена 3 по разрезу 3-3 (Южная часть карьера)

Результаты моделирования показывают, что борта карьера стабильны при примененных расчетных параметрах

## Построение геомеханической 3D модели

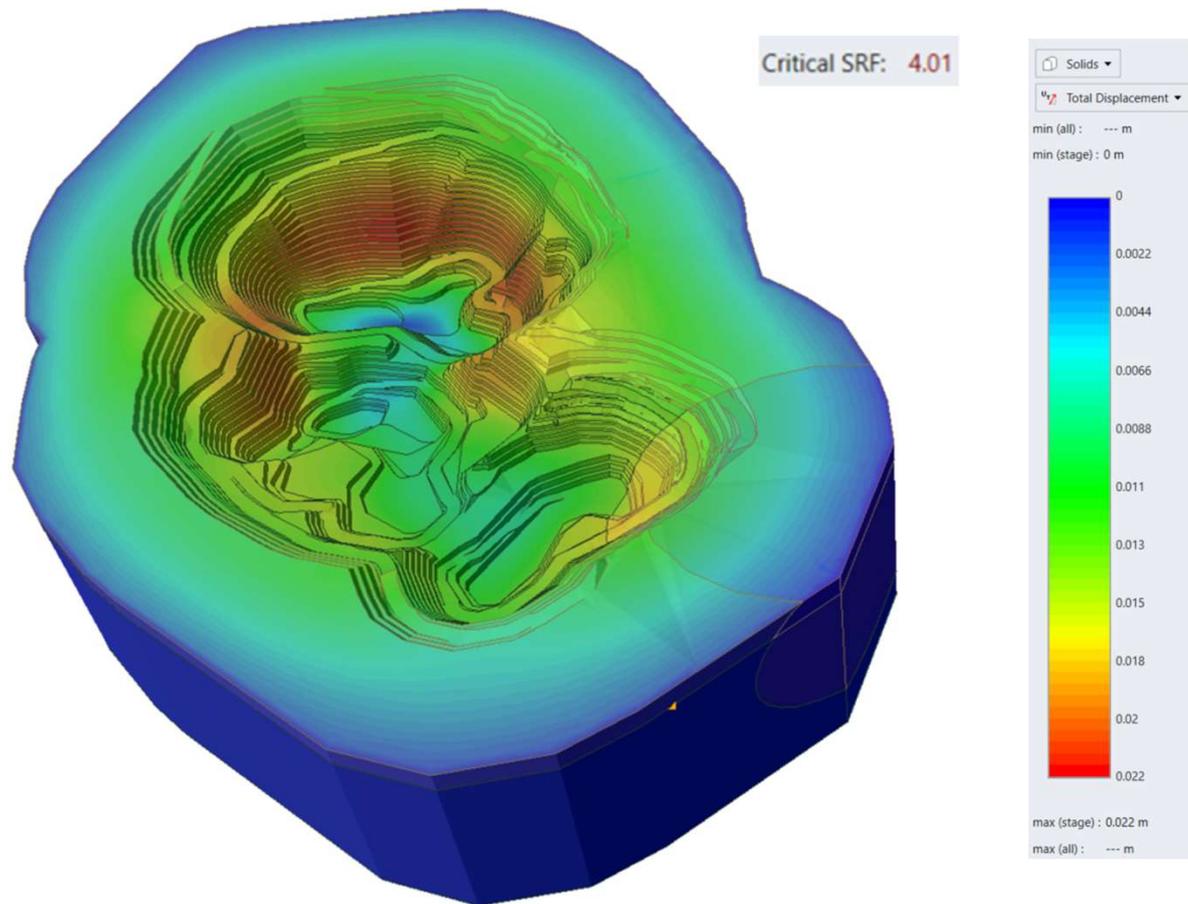
Для построения геомеханической 3D модели с целью расчета устойчивости бортов карьера Аксу 2 использовался метод численного моделирования. Моделирование производилось путем построения моделей методом конечных элементов в программе RS3 и методом предельного равновесия в программе Slide3



Моделирование производилось на основании существующей геологической модели, которая была преобразована в доменную модель (обработка каркасов и группировка по геотехническим доменам) и импортирована в ПО

## Результаты – модель RS3

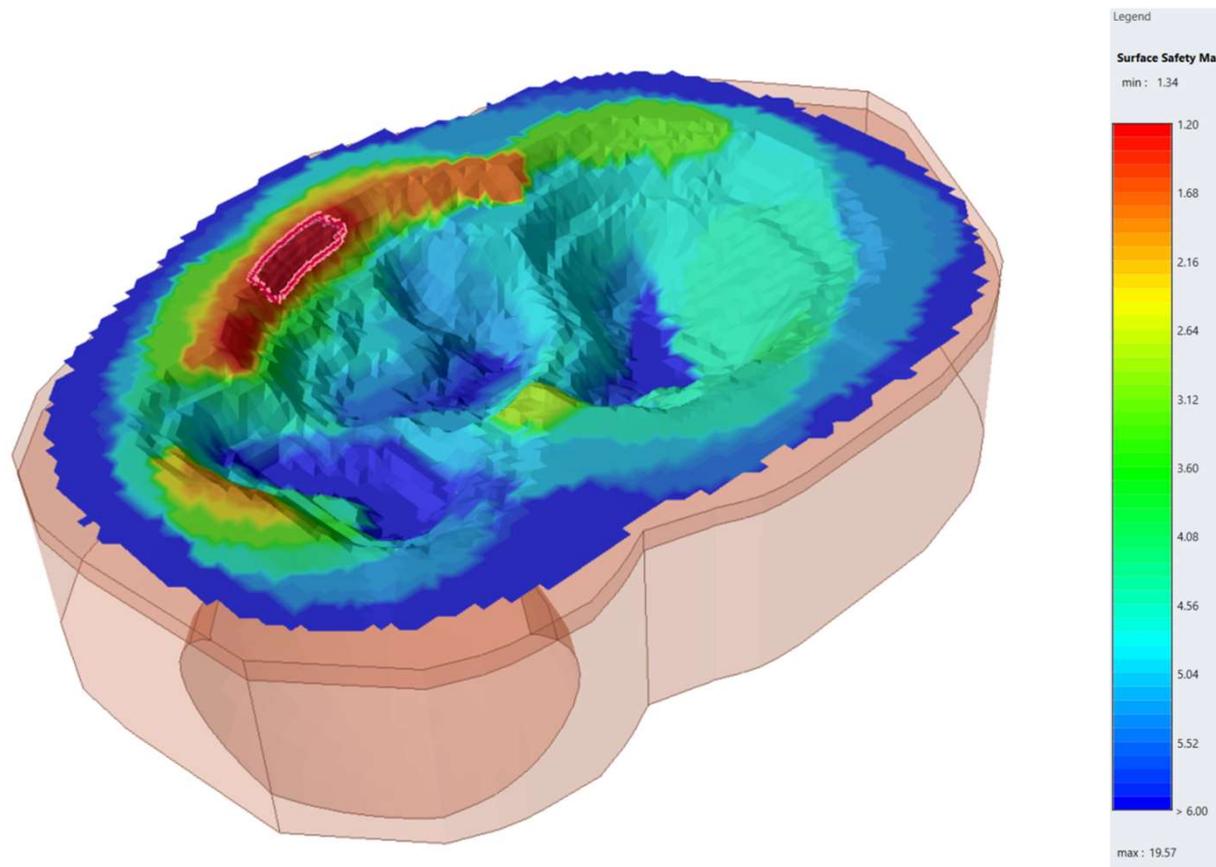
Результаты расчетов представлены в виде визуализации смещения с обозначением параметра «Critical SRF», который соответствует коэффициенту запаса устойчивости (далее КЗУ).



## Результаты – модель Slide3

GLE FOS 1.336

Минимальный КЗУ равен 1.336, что соответствует устойчивому состоянию массива. Наиболее подверженные обрушению участки располагаются на западе карьера в выветрелом массиве





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ