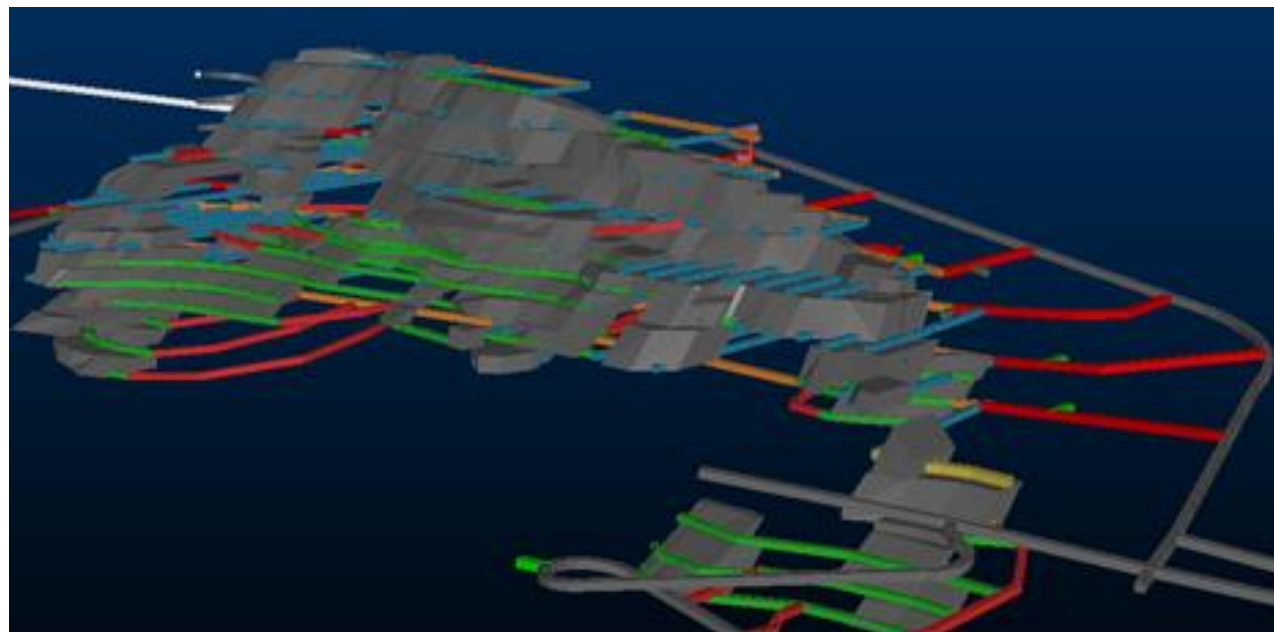


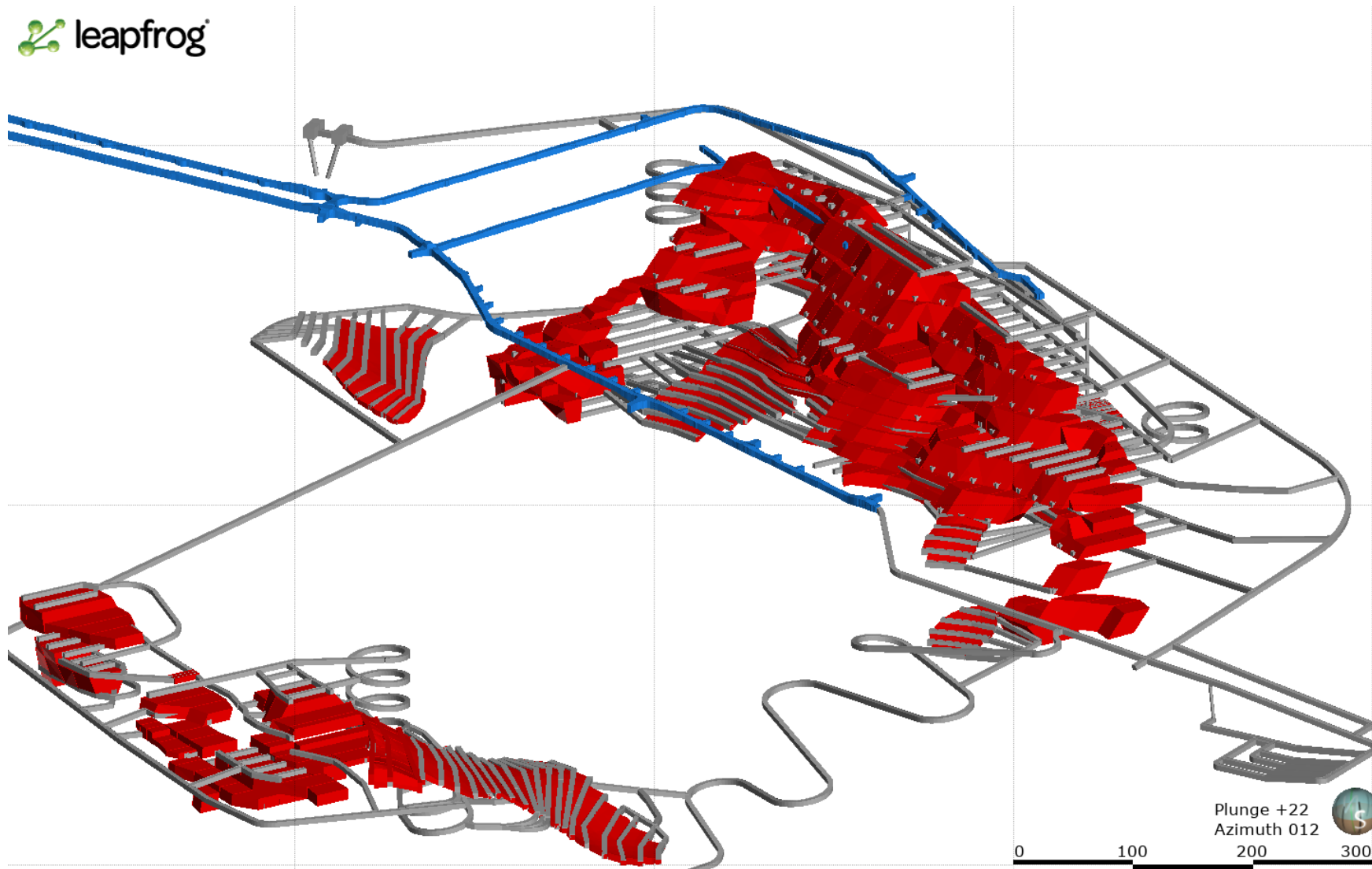
Оценка геомеханического состояния горного массива на руднике Долинный



Отчет подготовлен для
ТОО «Казцинк»

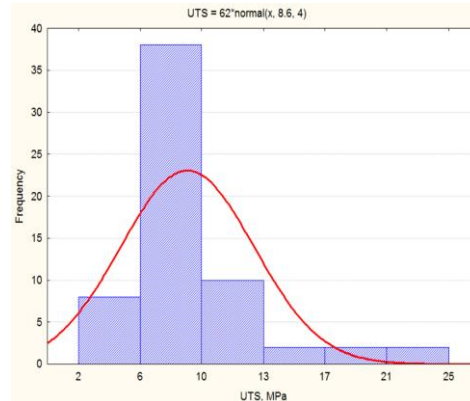
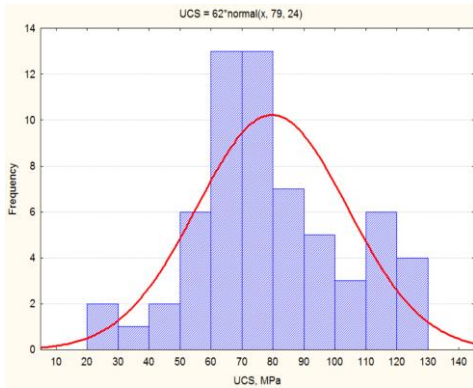
Отчет подготовлен

SRK Consulting (Russia) Ltd.
Номер проекта RU00582
Февраль 2018 г.

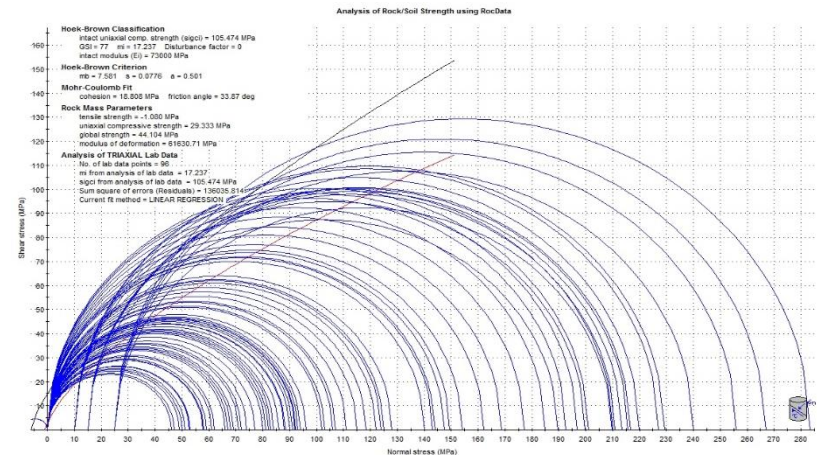


Физико-механические свойства

Физико-механические свойства горных пород и руд месторождения изучались по кернам глубоких разведочных скважин и пробам скальных пород и руд из горных выработок.



Паспорт прочности для домена №5



Обобщенные физико-механические свойства

Домен	2	3+22	4	5	8+9	11+12+13	14	15	17	21+25
N, кол-во	11	19	62	80	35	25	18	33	32	6
UCS, МПа	64.5	91.2	79.3	95.7	82.2	59.5	79.3	72.0	88.6	86.9
UTS, МПа	7.4	7.6	8.6	9.0	8.9	8.0	8.6	7.4	10.7	11.2
E, ГПа	66	67	65	73	60	61	73	58	64	72
μ	0.18	0.19	0.18	0.21	0.19	0.17	0.21	0.18	0.19	0.24
γ , т/м ³	2.73	2.70	2.72	2.73	2.73	2.71	2.73	2.71	2.70	2.78
E _d , ГПа	-	-	54	57	44	50	-	30	49	-
UCS _r , МПа	-	-	6.4	6.9	8.3	11.0	-	11.6	12.0	-
E / M	-	-	0.08	0.05	0.11	0.62	-	0.13	0.39	-
Sig _{cl}	68	96	85	105	86	66	82	70	106	91
m _i	9.1	12.5	14.1	17.2	8.8	4.8	9.4	15.2	19.1	8.0

Трещиноватость массива пород и руд

Съемка трещиноватости проводилась на основании картирования выработок в различных типах пород и на различных участках месторождения. В результате анализа были выявлены три системы трещин.

Азимуты и углы падения основных систем трещин

	Dip	Dip direction
Система трещин №1	51°	243°
Система трещин №2	50°	56°
Система трещин №2	85°	332°

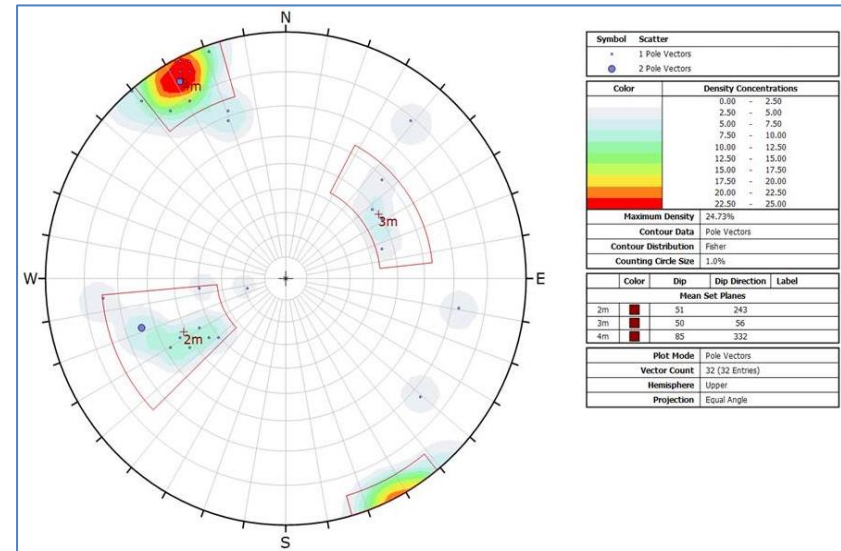


Диаграмма трещиноватости массива рудника Долинный



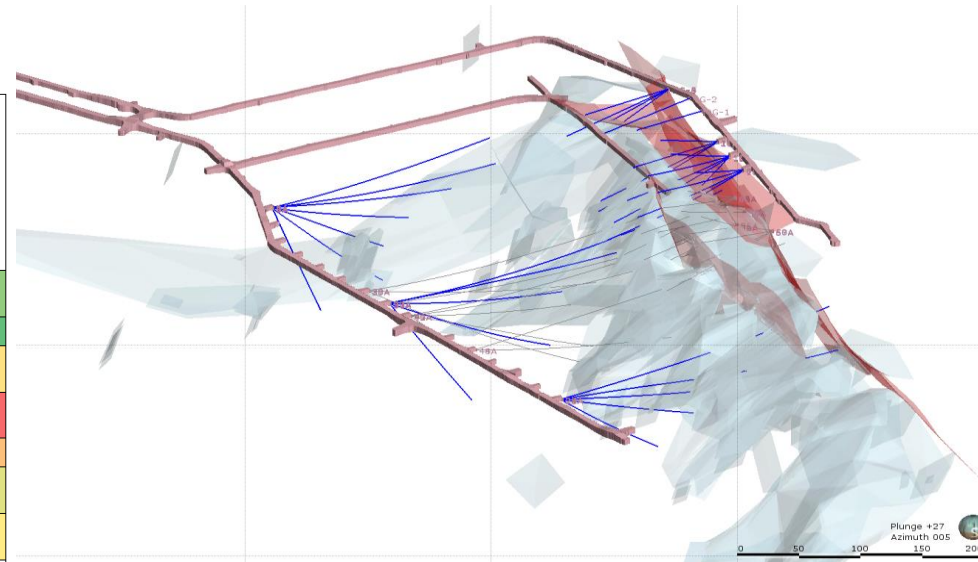
Данные по геомеханике

Оценка рейтинговой характеристики массива

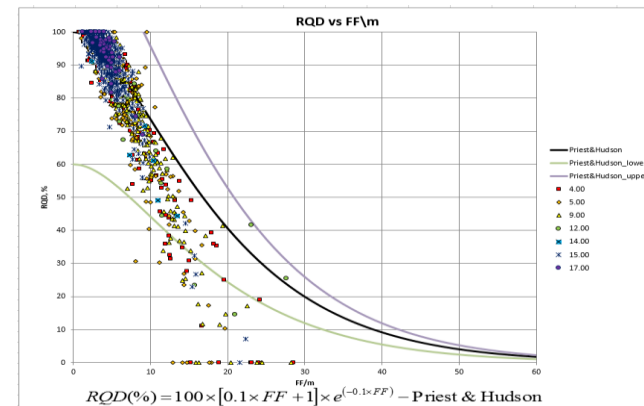
Для сбора дополнительных данных о свойствах трещиноватого массива горных пород месторождения специалистами SRK было проведено геомеханическое документирование керна скважин по предоставленным фотографиям керна и геологическому документированию.

Усредненные рейтинговые показатели по различным литотипам

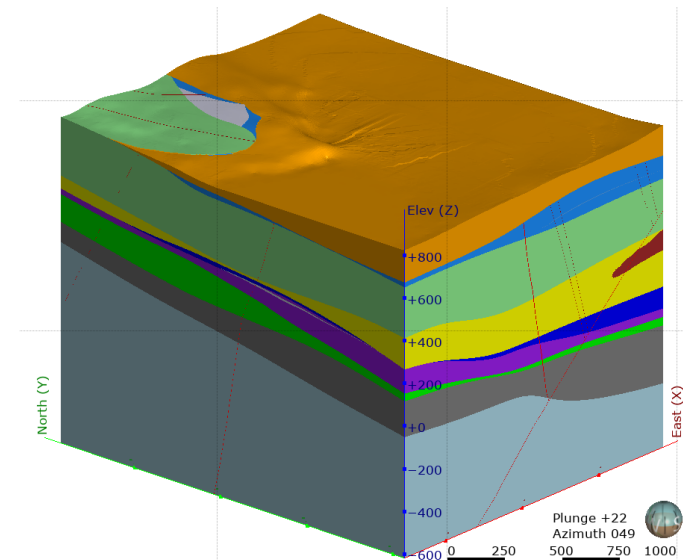
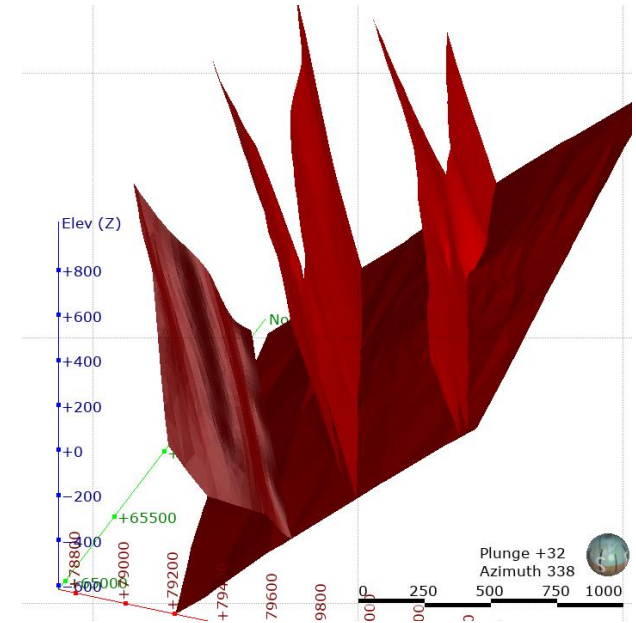
Геомеханический домен	Код домена	Длина интервалов, м	Длина интервалов, %	RQD	FF/m	UCS	RMRLJ01	MRMLJ01	RMRE89	GSI from RMRB89	RMRL90(RQD+Js)	RMRL90(FF)	GSI(2013)	Q'
кварцевые альбитофиды	17	104.1	2.09%	93	4.5	89	58	46	70	65	53	53	78	34.1
туфогравелиты	15	1179.9	23.69%	92	4.2	72	59	48	70	65	52	52	78	35.4
алевропелиты кремнистые	14	35.5	0.71%	85	5.2	79	56	45	69	64	51	50	75	29.1
серцитизированные породы	12	74.8	1.50%	78	7.2	60	53	43	66	61	44	45	68	6.2
микрокварциты	9	592.6	11.90%	74	7.9	82	54	43	65	60	48	46	68	22.8
алевропелиты висячего бока	5	2001.1	40.18%	89	4.5	96	58	47	70	65	53	53	77	31.8
туфы красно-зеленые	4	992.8	19.93%	88	4.7	79	59	47	70	65	51	52	76	30.8
Всего		4981.0	100%											



Скважины с геомеханическим описанием керна по фотографиям



- SRK создала концептуальную литолого-структурную модель Долинного месторождения на основе графической информации, представленной серией продольных и поперечных разрезов. Модель отражает основные геологические подразделения, литологические различия и тектонические разломы. Мелкие геологические тела и линзы, а также тектонические разломы, не имеющие продолжения на соседних разломах - не создавались и не увязывались, т.к. существует высокий риск при экстраполяции таких невыдержанных тел за пределы распространения имеющихся данных.
- SRK отмечает, что созданная трехмерная каркасная модель месторождения носит концептуальный характер и может быть использована только с целью укрупненной оценки геомеханических параметров устойчивости массива и планирования мест заложения геомеханических скважин.
- Для разработки более детальной литолого-структурной модели месторождения SRK рекомендует оцифровать геологическую базу данных скважин, включая геологоразведочные скважины, скважины опережающей эксплуатационной разведки и подземных горных выработок.



- На руднике Долинный при проходке транспортного уклона было зафиксировано проявление горного давления в динамической форме (11.06.2017).
- Данный вид проявления горного давления имел форму щелчков и стреляния в виде отслоения пластинок горной породы с кровли выработки.
- После проявления горного давления все горнопроходческие работы, на данном участке были остановлены. По прохождению трех дней ситуация нормализовалась, стреляние и щелчки прекратились

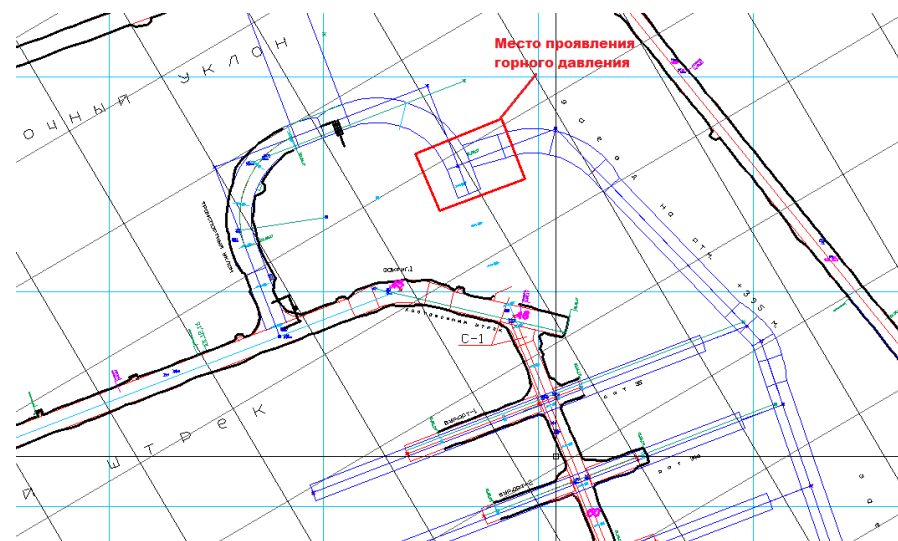
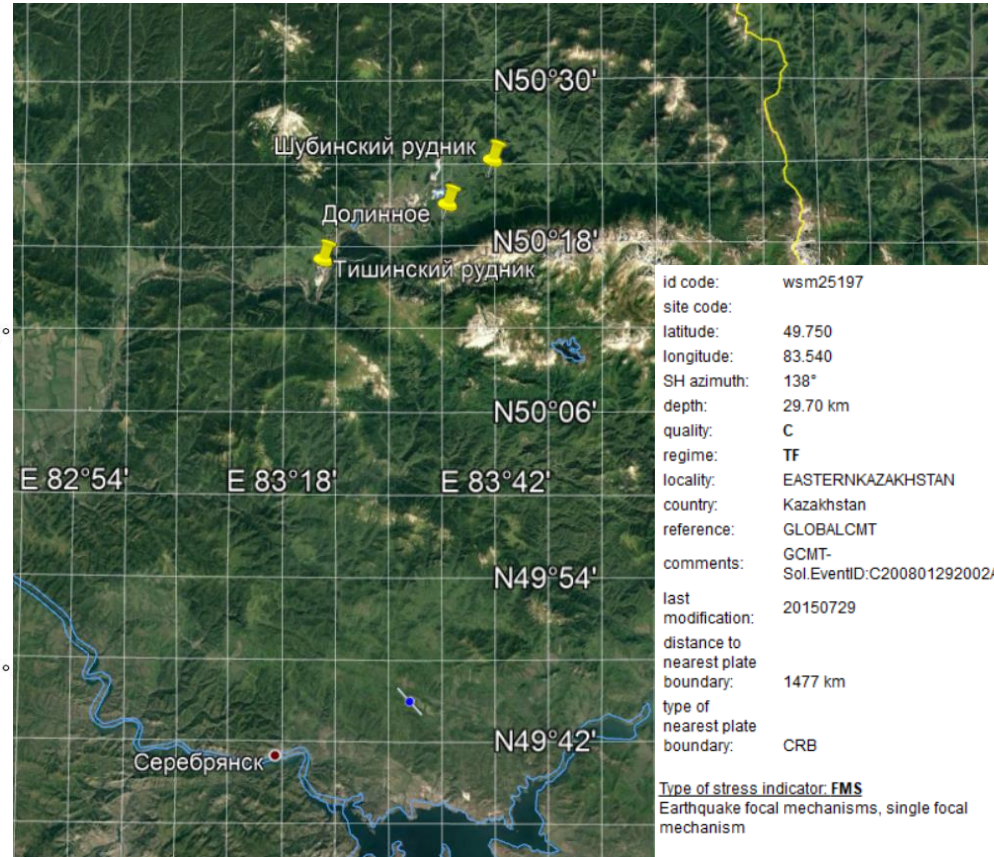
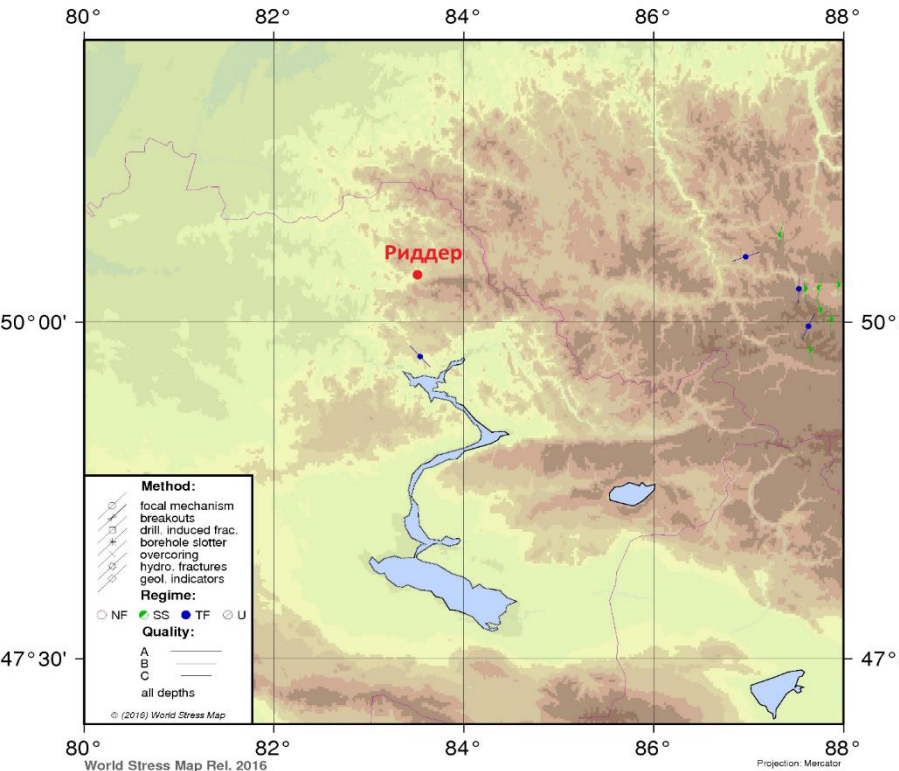


Схема выработок с указанием места проявления горного давления

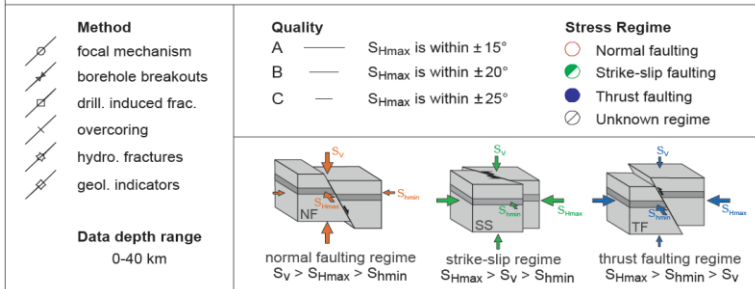
Основными причинами проявления горного давления в динамической форме являются:

- способность массива горных пород к упругому деформированию и накоплению потенциальной энергии упругих деформаций;
- склонность к горным ударам являются породы с высокими упругими свойствами способными к хрупкому разрушению под нагрузкой;
- высокий уровень напряжений, действующих на контуре выработок

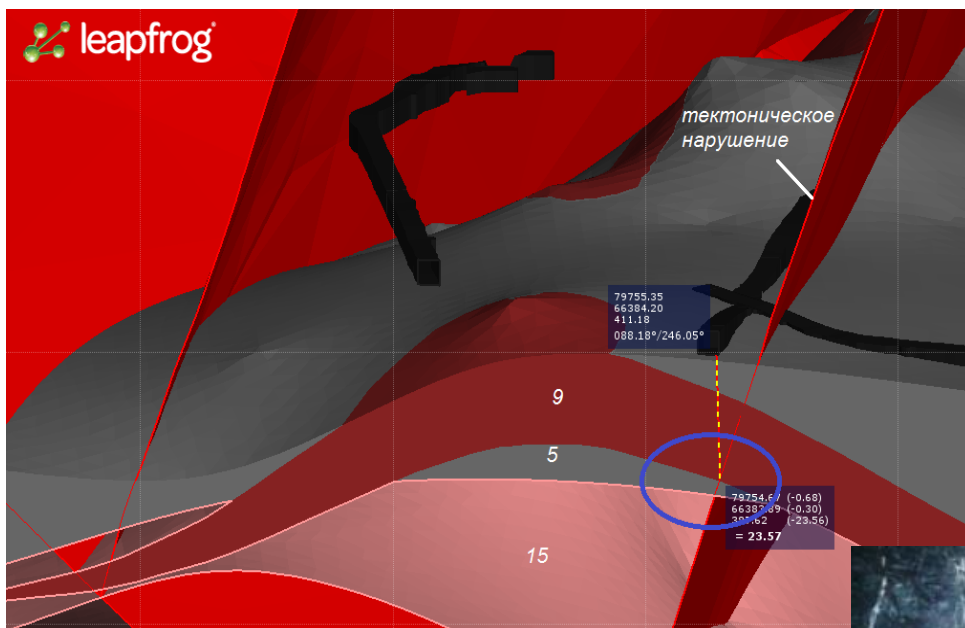


id code:	wsm25197
site code:	
latitude:	49.750
longitude:	83.540
SH azimuth:	138°
depth:	29.70 km
quality:	C
regime:	TF
locality:	EASTERNKAZAKHSTAN
country:	Kazakhstan
reference:	GLOBALCMT
comments:	GCMF-Sol.EventID:C200801292002A
last modification:	20150729
distance to nearest plate boundary:	1477 km
type of nearest plate boundary:	CRB
Type of stress indicator: FMS	
Earthquake focal mechanisms, single focal mechanism	

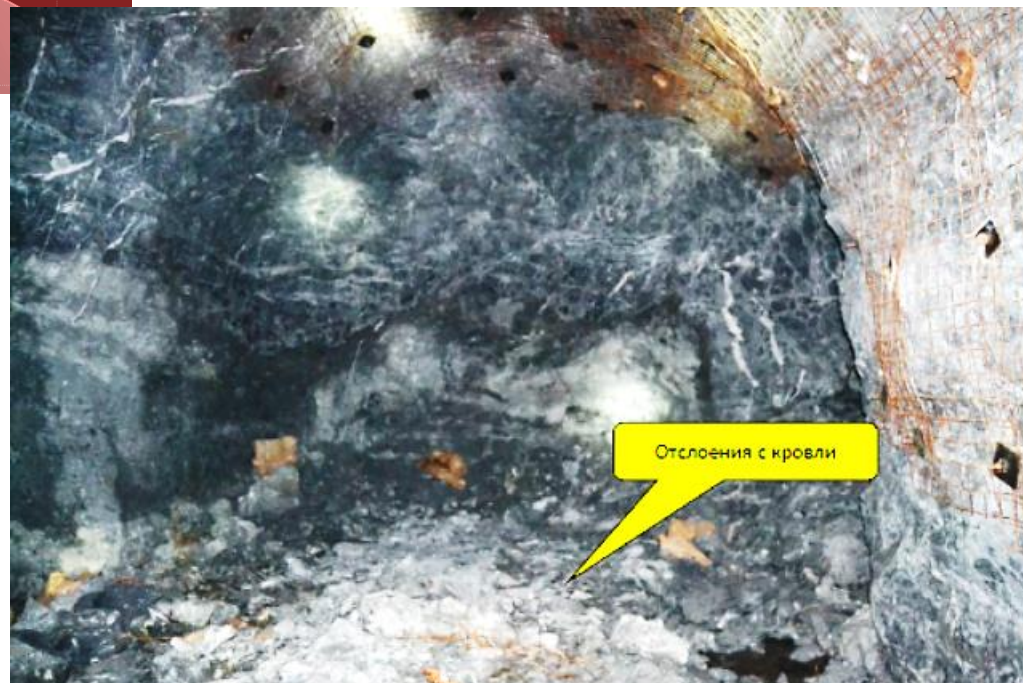
Stress map displays the orientation of maximum horizontal compressional stress S_{Hmax}



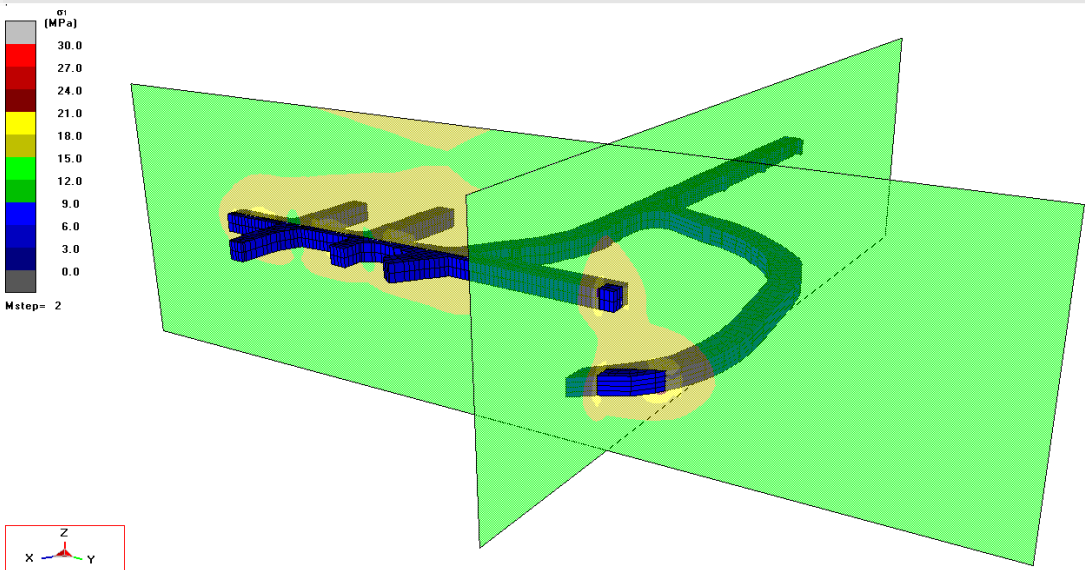
date of earthquake:	20080129
time of earthquake:	20:02:28
number of focal mechanisms analyzed:	
standard deviation of orientations:	
method:	
azimuth of S1- or P-axis:	138°
plunge of S1- or P-axis:	2°
azimuth of S2- or B-axis:	228°
plunge of S2- or B-axis:	8°
azimuth of S3- or T-axis:	33°
plunge of S3- or T-axis:	82°
type of magnitude:	Mb
magnitude:	5.0



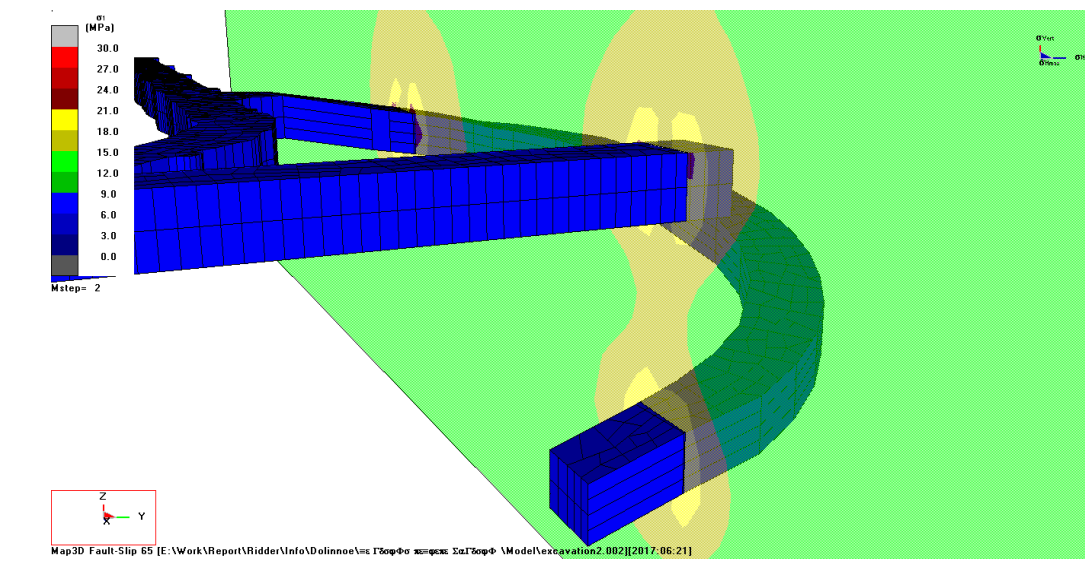
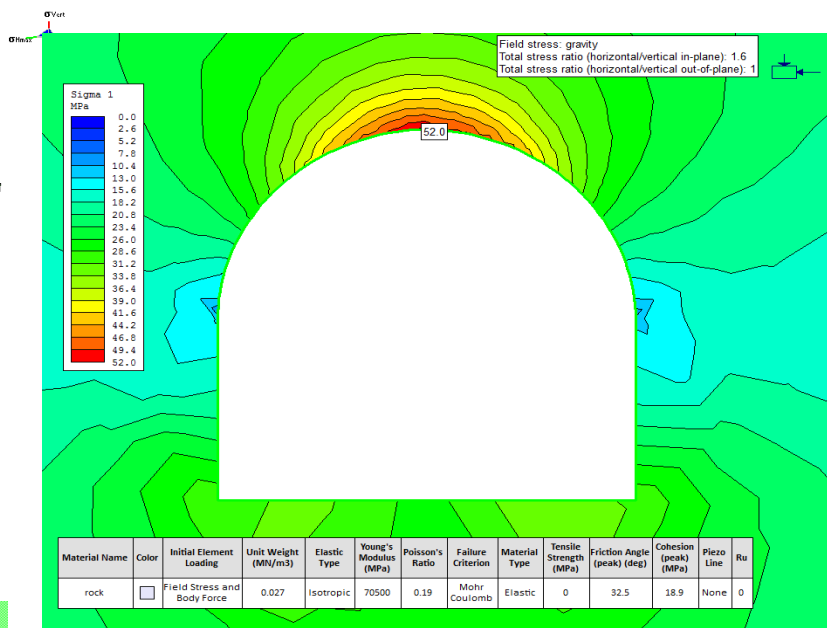
На литолого-структурной модели (Рисунок 12) видно, что предположительное место проявления горного давления приурочено к участку пересечения тектонического нарушения с контактами микрокварцитов и алевропилитов, на рисунке данный участок выделен фиолетовым цветом.



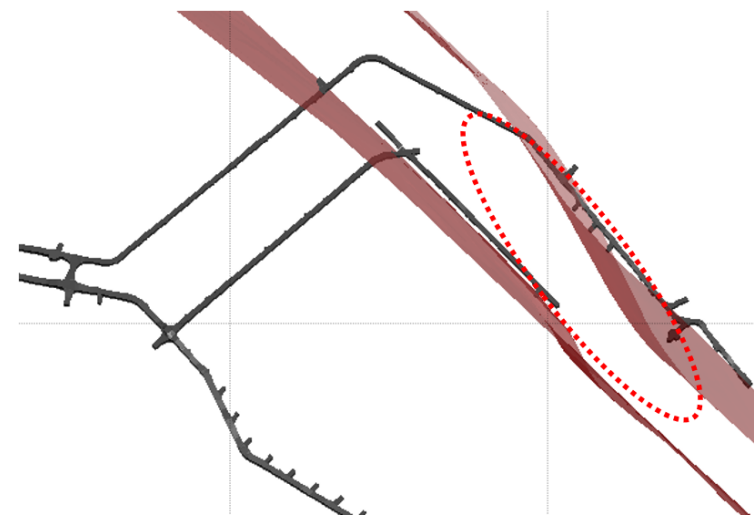
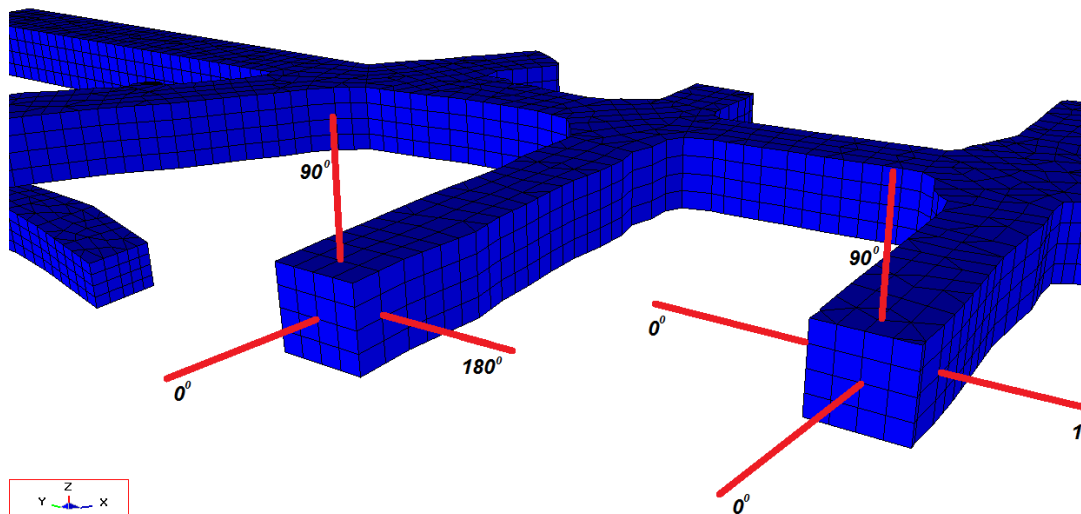
Вскрытие Долинного месторождения



Map3D Fault-Slip 65 [E:\Work\Report\Ridder\Info\DoInnoe\ms Γεωφφε κελφας ΣελΓεωφφε \Model\excavation2.002][2017.06.21]

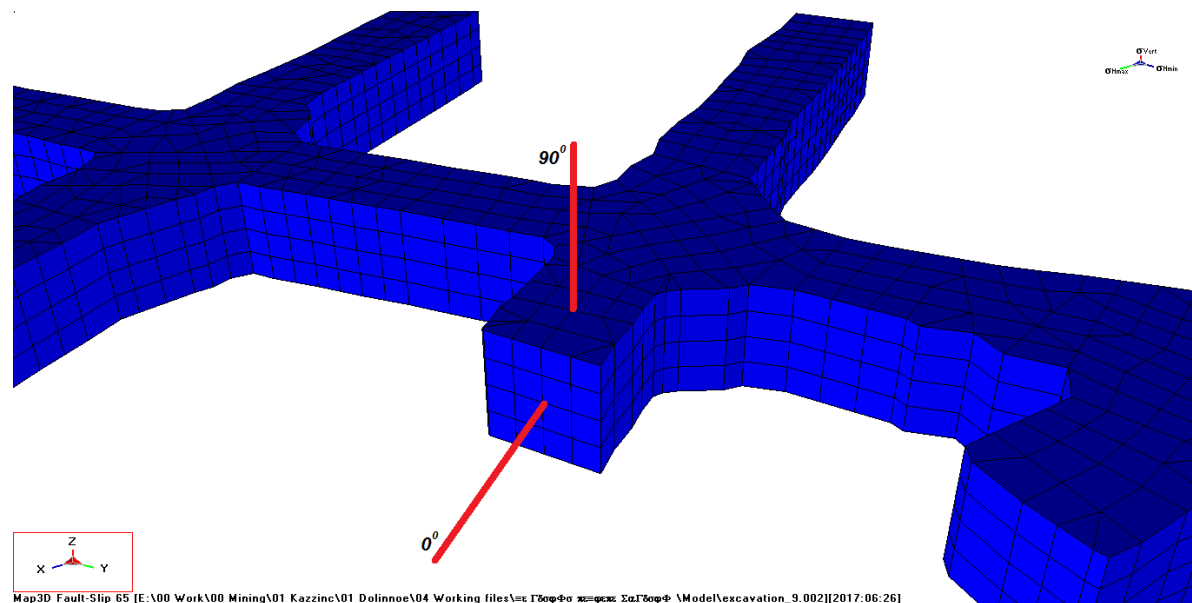


Map3D Fault-Slip 65 [E:\Work\Report\Ridder\Info\DoInnoe\ms Γεωφφε κελφας ΣελΓεωφφε \Model\excavation2.002][2017.06.21]



Map3D Fault-Slip 65 [E:\00 Work\00 Mining\01 Kazzinc\01 Dolinnoe\04 Working files\Глоффо жерге: ΣαΓβοφΦ \Model\excavation_9.002][2017:06:26]

Места заложения скважин
выбираются таким образом,
что бы минимизировать
влияние соседних выработок



Map3D Fault-Slip 65 [E:\00 Work\00 Mining\01 Kazzinc\01 Dolinnoe\04 Working files\Глоффо жерге: ΣαΓβοφΦ \Model\excavation_9.002][2017:06:26]

Прибор для измерения напряжений методом гидроразрыва

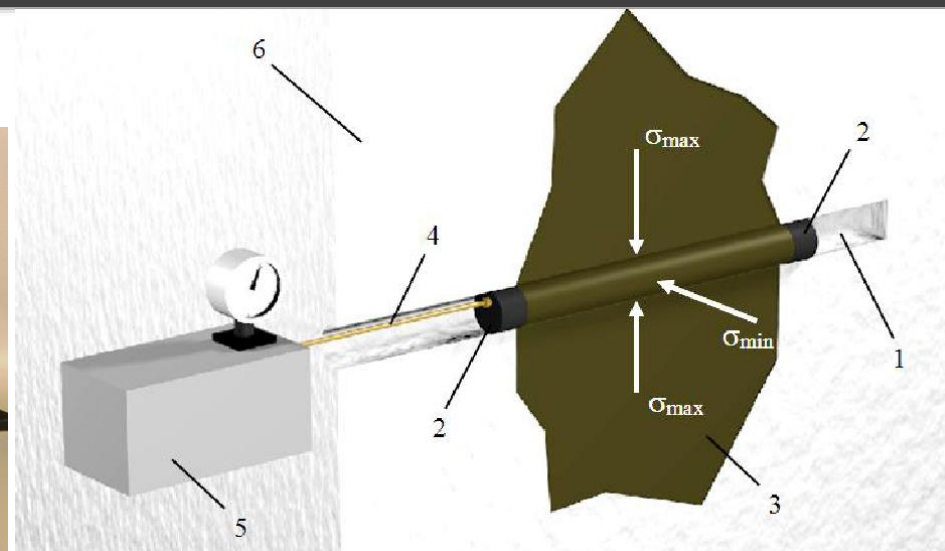
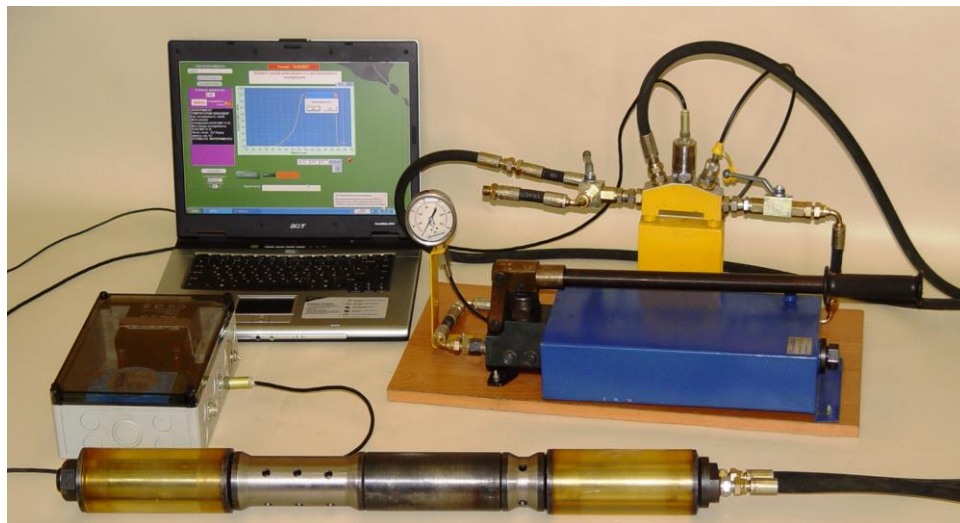
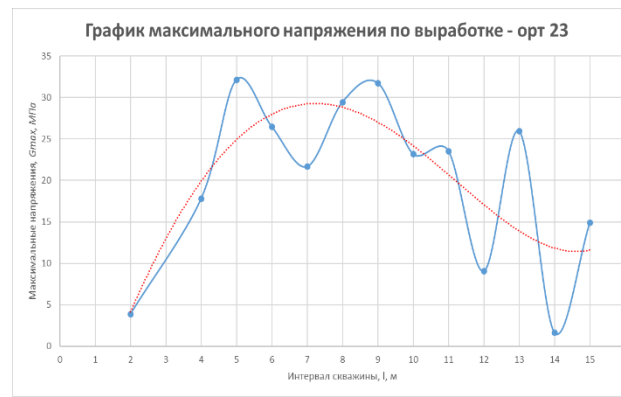
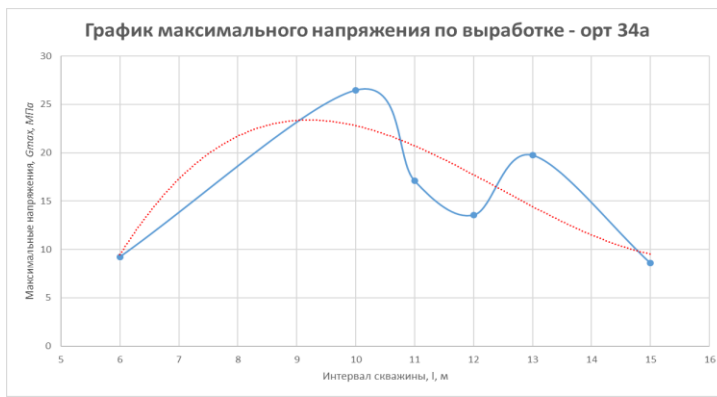


Схема проведения испытаний методом гидроразрыва: 1 – измерительная скважина; 2 – пакеры; 3 – трещина разрыва; 4 – маслопровод; 5 – маслостанция; 6 – массив горных пород

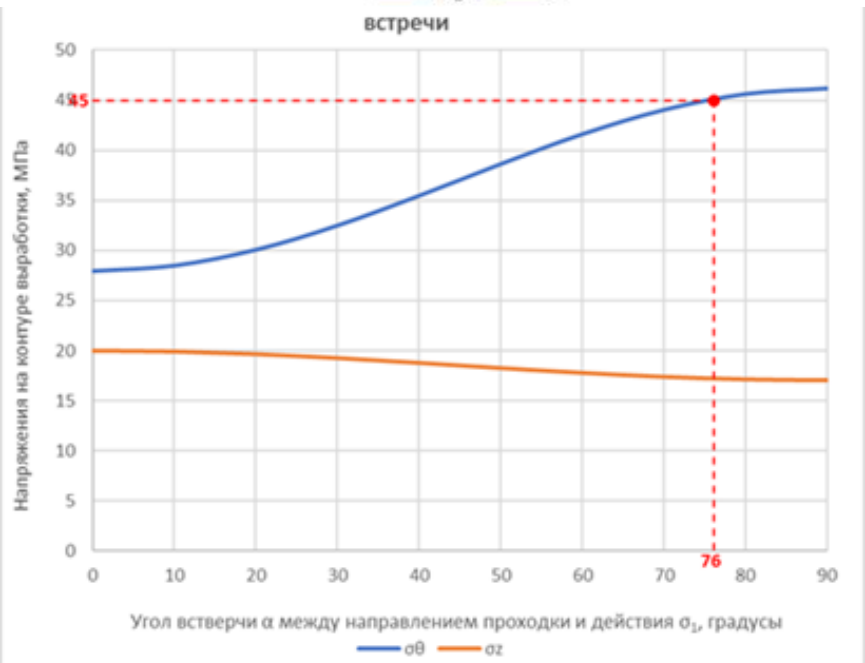
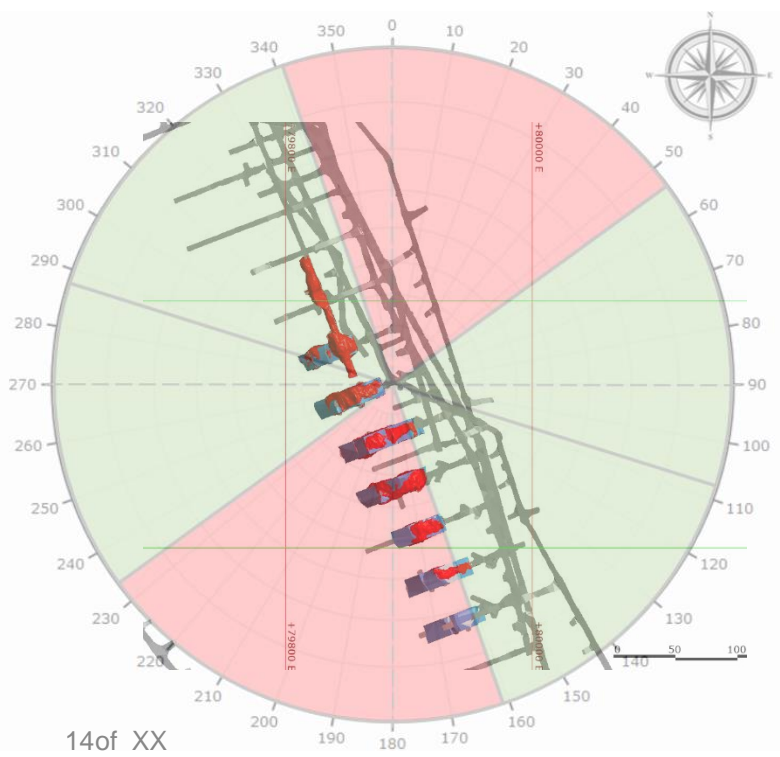
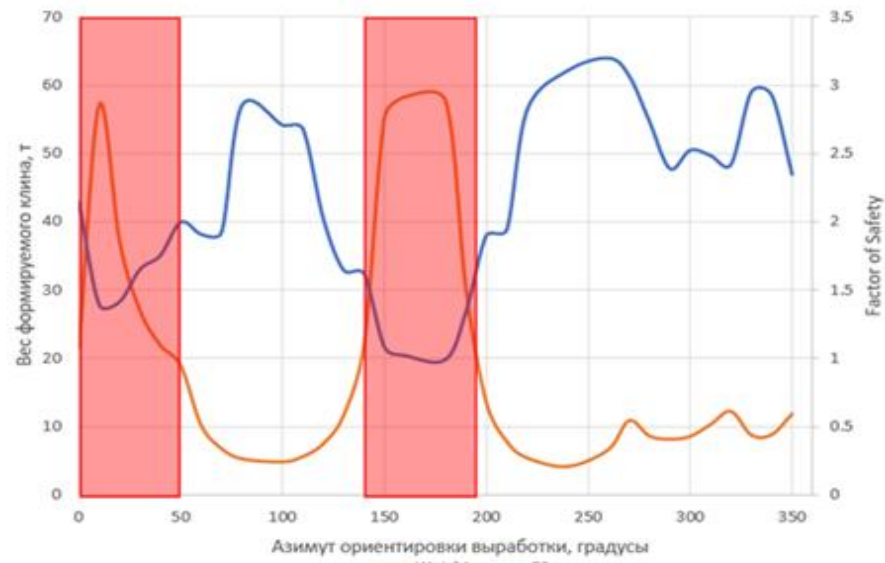
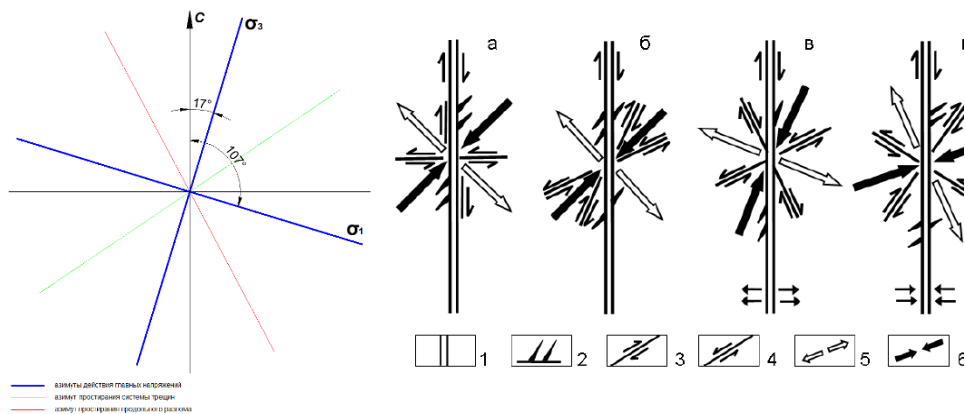


Результаты испытаний методом гидроразрыва

Наименование выработки	Интервал скважины	1 нагружение		2 нагружение		Величины напряжений, МПа			Прочность породы на разрыв, Tс, Мпа	σ_H/σ_h	σ_H/σ_v	σ_h/σ_v
		Давление гидроразрыва, Pс, МПа	Давление запаривания, Pс', МПа	Давление раскрытия трещины, Pr, МПа	Давление запаривания, Pс'', МПа	σ_v	σ_H	σ_h				
орт 23	15			12.06	7.83	12.3	8.98	14.88	без разрыва	1.66	1.21	0.73
орт 23	13	23.93	13.51	21.78	12.87	12.3	15.91	25.95	2.15	1.63	2.11	1.29
орт 23	12			12.03	4.58	12.3	7.02	9.03	без разрыва	1.29	0.73	0.57
орт 23	11	26.98	13.31	19.12	11.98	12.3	14.22	23.54	7.86	1.66	1.91	1.16
орт 23	10	28.48	12.92	20.25	12.28	12.3	14.47	23.16	8.23	1.60	1.88	1.18
орт 23	9	29.12	15.76	26	15.44	12.3	19.25	31.75	3.12	1.65	2.58	1.57
орт 23	8	29.12	14.41	20.78	13.7	12.3	16.74	29.44	8.34	1.76	2.39	1.36
орт 23	7	25.6	11.46	18.24	10.65	12.3	13.3	21.66	7.36	1.63	1.76	1.08
орт 23	6	28.78	13.85	21.52	12.94	12.3	16.0	26.48	7.26	1.66	2.15	1.30
орт 23	5	24.18	14	20.97	15.32	12.3	17.7	32.13	3.21	1.82	2.61	1.44
орт 23	4			16.71	8.87	12.3	11.5	17.79	без разрыва	1.55	1.45	0.93
орт 34а	6			12.43	4.6	12.3	7.22	9.23	без разрыва	1.28	0.75	0.59
орт 34а	10			23.72	12.4	12.3	16.73	26.47	без разрыва	1.58	2.15	1.36
орт 34а	11			19.79	9.01	12.3	12.29	17.08	без разрыва	1.39	1.39	1.00
орт 34а	12			18.72	7.55	12.3	10.76	13.56	без разрыва	1.26	1.10	0.87
орт 34а	13			19.8	8.78	12.3	13.18	19.74	без разрыва	1.50	1.60	1.07
орт 34а	15			12.43	4.6	12.3	7.0	8.57	без разрыва	1.22	0.70	0.57
Среднее						12.3	13.1	20.6		1.54	1.68	1.06



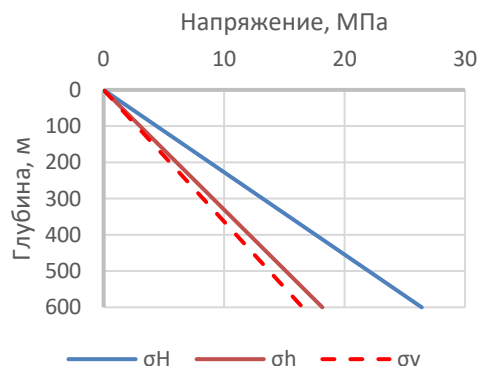
Оценка устойчивости выработок



Для оценки уровня напряженно деформированного состояния вокруг выработанных пространств рудника Долинный, специалистами SRK было произведено численное моделирование в объемной постановке. Моделирование выполнялось в программном комплексе MIDAS GTS NX.

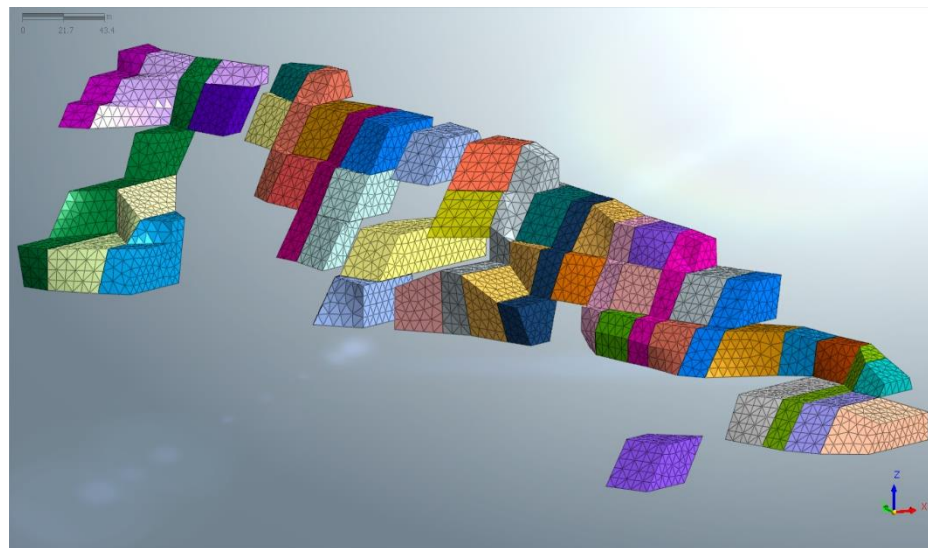
В качестве граничных условий закладывалась гидростатика, т.е. напряжения во всех направлениях равны между собой.

$$\sigma_H = 1,6\gamma H; \sigma_h = 1,1\gamma H; \sigma_V = \gamma H$$



Физико-механические свойства (Generalized Hoek Brown)

Name	E, kN	ν	γ , kN/m ³	Initial m	Initial s	Initial a	UCS, kN
5	2.67E+07	0.16	27.2	1.30648	0.005395	0.504656	118000
8	3.55E+07	0.17	36.1	2.0046	0.006738	0.504048	150000



Расчетная схема

Моделирование отработки Тишинского месторождения проводилось в несколько этапов.

1. Этап: отработка камер первой очереди;
2. Этап, отработка камер второй очереди нижних этажей;
3. Этап, отработка камер второй очереди нижних этажей;
4. Доработка запасов

На основании данных результатов численного моделирования, можно заключить, что:

- После отработки камер первой очереди максимальные сжимающие напряжения не превышают значения -20 МПа;
- Растягивающие напряжения формируются на (боковых) рудных стенках камер. Значения не превышают $0,4$ МПа

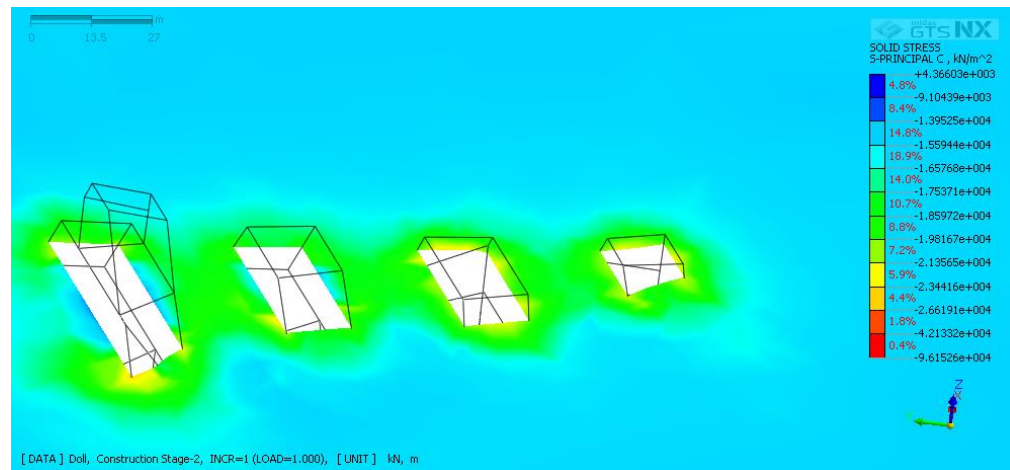
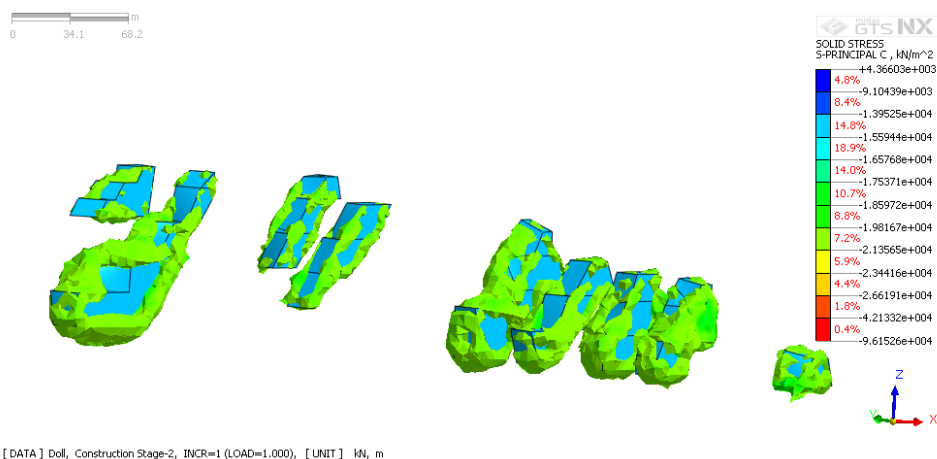
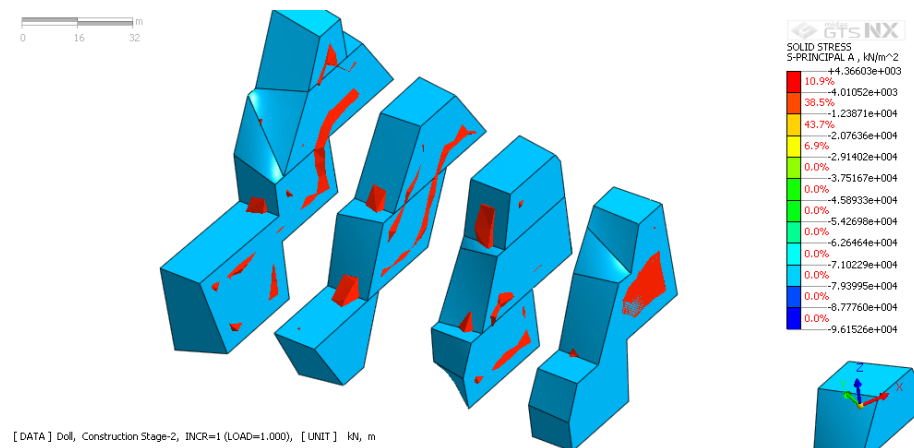


Схема распределения максимальных сжимающих напряжений



Формирование зон сжимающих напряжений более -20 МПа



Формирование зон растягивающих напряжений

Спасибо за внимание!