

Гео-информационные системы в оценке месторождений

Подготовлена: Мухин Павел, PhD, FAIG, Главный геолог, SRK Kazakhstan;
Сохончук Татьяна, Старший геолог, SRK Kazakhsatan.

Дата: 13 Декабря 2011

Место проведения: Алматы, Казахский Национальный технический университет

© SRK Consulting (Kazakhstan) Ltd 2011. All rights reserved.

Что такое Гео-информационные системы (ГИС) и зачем они нужны?

Географическая информационная система (ГИС) –

система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных

- *Для оперативной визуализации поисковых, разведочных и добычных данных;*
- *Для выбора оптимальных способов разведки и добычи;*

В конечном итоге:

- ***Для подсчета ресурсов месторождений,** которые являются основой для получения банковских или биржевых инвестиций.*

Что такое «Минеральные ресурсы»?

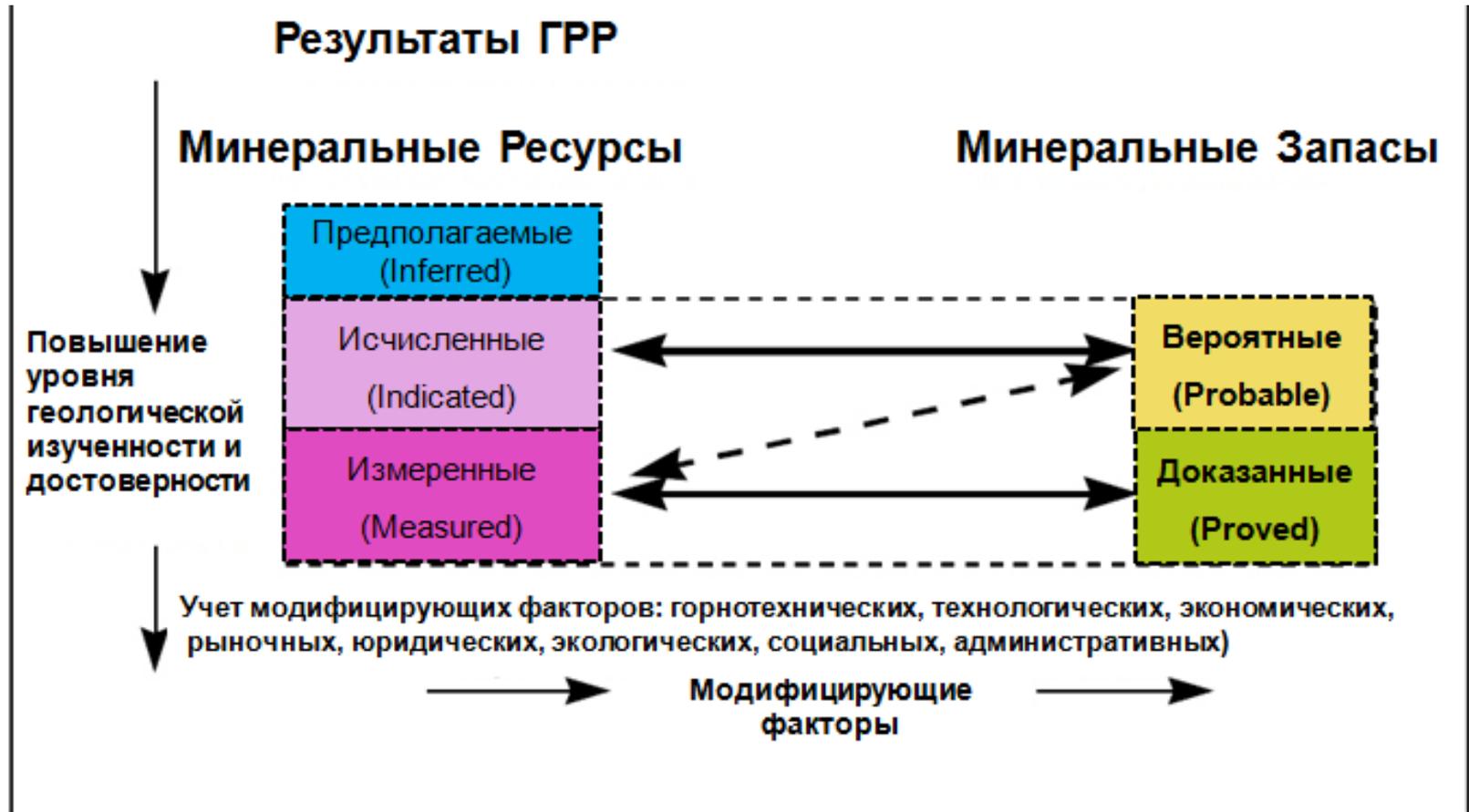
- «Минеральными ресурсами» является экономически значимая концентрация или нахождение природного материала в земной коре в такой форме, качестве и количестве, что есть реальная перспектива возможного экономического извлечения (определение).
- Местоположение, количество, качество, геологические характеристики и непрерывность «минеральных ресурсов» известны и оценены или интерпретированы с определенной точностью по геологическим данным (свойства).
- «Минеральные ресурсы» подразделяются в порядке возрастания надежности геологического знания на категории: Inferred, Indicated и Measured (классификация).

“The Australasian Code for the Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves, The JORC Code, 2004 Edition (“JORC”)”

- Классификация ресурсов:
Inferred, Indicated, Measured
- Что влияет на подсчет
Минеральных ресурсов?
- Ответственность за классификацию и
подсчет ресурсов

Классификация ресурсов по JORC

Соотношение между результатами геологоразведочных работ, ресурсами и запасами ТПИ



Классификация ресурсов

Классификация ресурсов – это функция надежности знаний о пространственном положении, размере и качестве сырья месторождения



Inferred



Indicated



Measured

Что влияет на подсчет ресурсов?

- Понимание геологических процессов, контролирующих минерализацию в пространстве (генезис месторождения)
- Понимание геологических явлений, управляющих распределением концентраций и непрерывностью развития минерализации (структура и состав вмещающих пород, геофизические и геохимические поля, минералы-носители минерализации)
- Количество и пространственная плотность имеющихся данных (анализ разведочной сети)
- Качество и достоверность данных, используемых для подсчета минеральных ресурсов (QAQC, Independent отчеты и т.д.)
- Однородность минерализации, сопутствующие элементы и границы достоверности интерполяций, полученные при геостатистическом исследовании данных (построение гистограмм содержаний, мощности; расчет парных корреляций и т.д.)
- Надежность расчета интерполяционных содержаний
- Сравнение с данными существующей добычи и обогащения

- Определять классификацию и делать подсчет ресурсов может только “Ответственная Персона” (CP) /Квалифицированная Персона (QP) или команда CP/QP
- Зависит от “персоны” к “персоне”, от группы к группе, от вида полезного ископаемого и метода подсчета:
 - Геометрические методы (традиционные и компьютерные 3Д) основанные на ГИС информации, достаточно просто понимаемые и объяснимые, но не дающие количественный расчет риска и неточностей подсчета, всего лишь категорию ресурсов/запасов зависящую от CP/QP.
 - Другие методы использующие количественные методы расчета рисков/ неточностей моделей при подсчете запасов.

ГИС – инструмент для количественного моделирования и оценки месторождения

Функции ГИС:

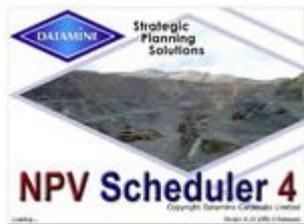
- Управление Базами Данных;
- Интерактивная 3-х мерная графика и картирование;
- Статистическая и геостатистическая обработка информации;
- Трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- Планирование развития рудников и календарное планирование;
- Маркшейдерские расчеты

Наиболее распространенные ГИС

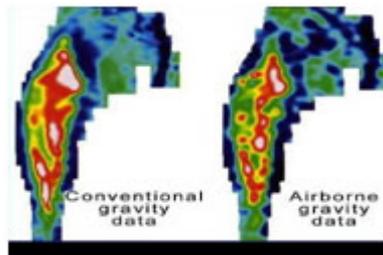
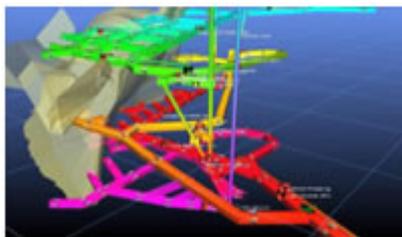


Широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач - все требуемые функции, начиная от ввода первичных данных и заканчивая блочным моделированием месторождений, проектированием и планированием открытых и подземных горных работ

Наиболее распространенные ГИС

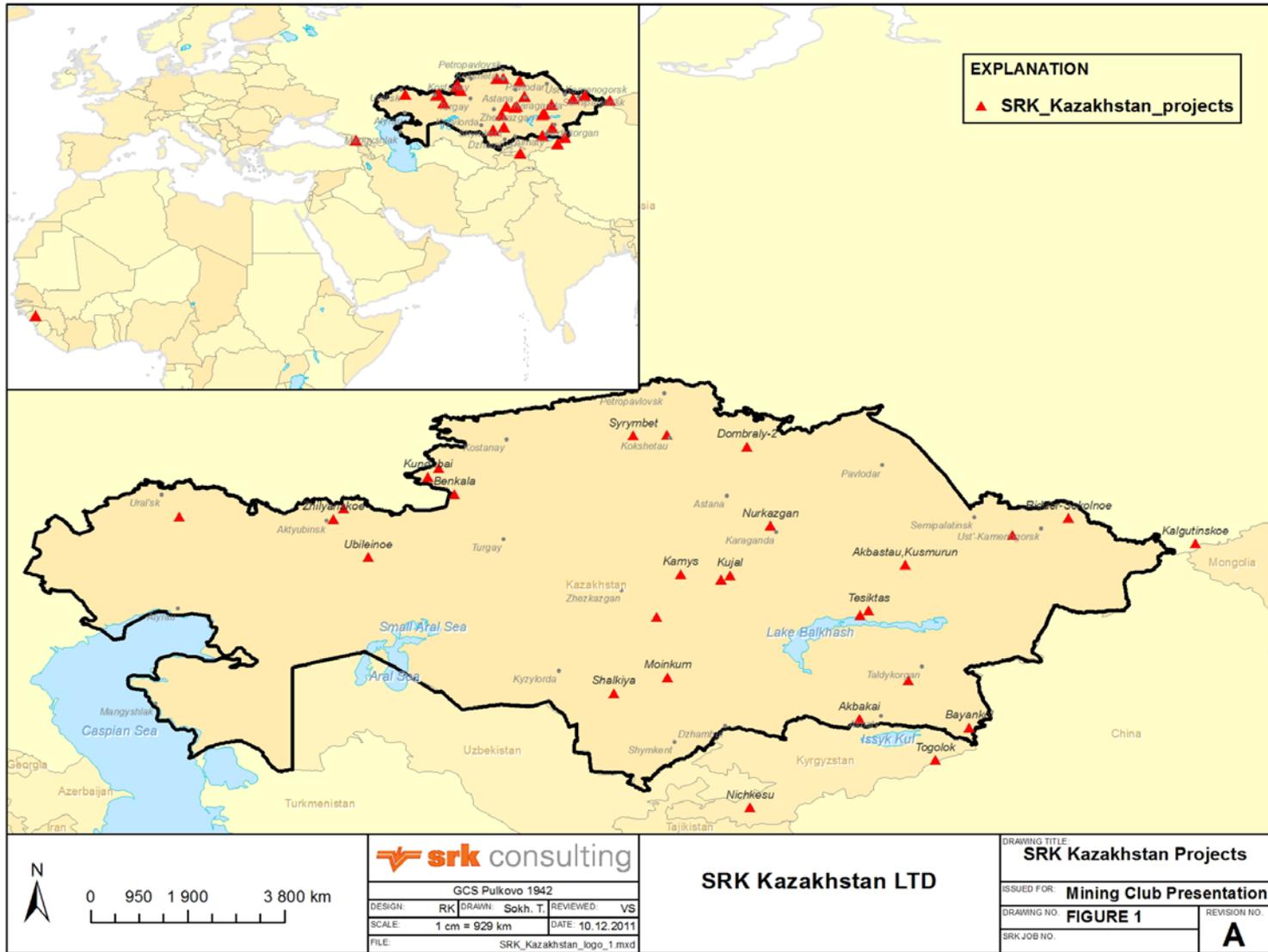


(WHITTLE)



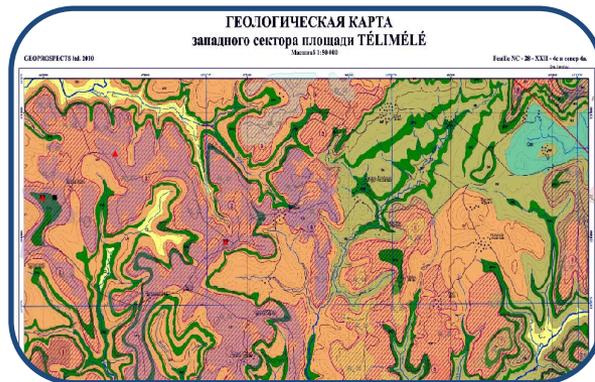
- Системы планирования и оптимизации горных работ:
- оптимизация карьеров Three-D и Four-D;
 - геомеханический расчет устойчивых углов откоса бортов карьеров;
 - планирование подземных горных работ;
 - календарное планирование для открытых и подземных горных работ;
 - трехмерное моделирование сети подземных выработок с расчетом всех параметров воздушного потока и загрязнений

«SRK Kazakhstan» на карте Казахстана и мира

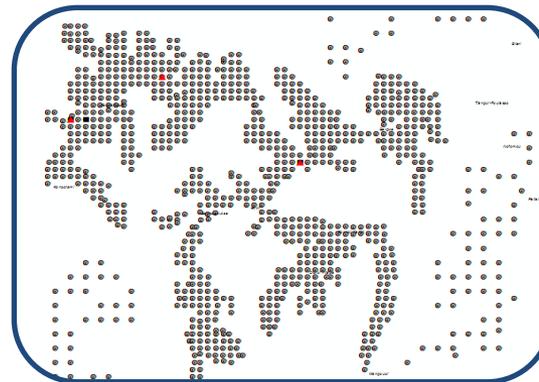


\\SRK\E:\SRK_86\Mining Club presentation\SRK_Kazakhstan_logo_1.mxd

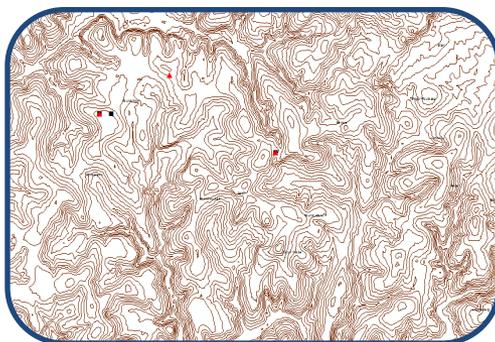
Данные ГИС



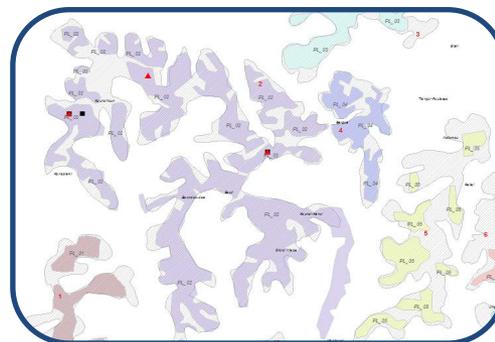
Графические



Векторные (точки)



Векторные (поли линии)



Векторные (полигоны)

FID	Shape*	Id	Area	depth	Av. grade	SG	Ore	Tons	Ore th t	PL nam
2	Polygon	0	1934259.1608	5.25	40.400002	2	62051200	20309700	6205.12	PL_01
3	Polygon	0	5085492.2250	7.35	40.700001	2	30270400	14374490	30270.4	PL_01
4	Polygon	0	2456270.5593	5.6	40.299999	2	11250500	27916000	11250.499994	PL_01
5	Polygon	0	296434.58464	11	41.400002	2	28992999	6521560	2899.92992	PL_01
7	Polygon	0	900247.35496	5.4	42.040001	2	40674099	9722070	4067.41152	PL_02
8	Polygon	0	626689.30989	2.05	39.200001	2	14047400	3583520	1404.74112	PL_02
9	Polygon	0	1708770.4846	4.57	40.950001	2	63966403	15618200	6396.63776	PL_02
10	Polygon	0	3088983.095	6	40.84	2	15137000	37064200	15137.0176	PL_02
11	Polygon	0	1753956.2672	5.75	39.299999	2	79270099	20176500	7927.00544	PL_02
12	Polygon	0	5085470.4472	5.09	41.66	2	20967000	51666000	20966.86332	PL_02
13	Polygon	0	4339073.8303	5.7	41.07	2	20315500	49465400	20315.45472	PL_02
14	Polygon	0	2406253.5424	5.74	41.84	2	11557800	27623000	11557.79328	PL_02
15	Polygon	0	2297874.1247	7.1	42.84	2	14420300	33960000	14420.3136	PL_02
16	Polygon	0	1339811.038	6.34	41.599998	2	70662902	169603010	70662.87616	PL_02
17	Polygon	0	11444224.878	7.11	41.5	2	67535800	162736990	67535.80544	PL_02
18	Polygon	0	995378.19483	3.75	39.200001	2	29204099	7465340	2920.41184	PL_02
19	Polygon	0	1588402.4003	7	41.349998	2	92010502	22251600	9201.05024	PL_02
20	Polygon	0	1638813.7615	6.26	41.900002	2	85970202	20518000	8597.02144	PL_02
21	Polygon	0	490140.04923	3.1	39	2	11851600	3038070	1185.16956	PL_02
22	Polygon	0	189979.44461	6	40.150002	2	87165904	2171750	871.65596	PL_02
23	Polygon	0	4641306.3256	6	41.450001	2	30781100	74260986	30781.1456	PL_03
24	Polygon	0	1092859.6296	6.75	43.150001	2	63632301	14753000	6363.23008	PL_03
25	Polygon	0	1522564.1242	6.7	39.200001	2	59471099	17222000	5947.11168	PL_04
26	Polygon	0	2820991.6859	7.19	41.419998	2	16802300	45665700	16802.31936	PL_04
27	Polygon	0	2048597.9647	6.03	41.57	2	10270300	24706100	10270.32256	PL_04
28	Polygon	0	847881.31947	9.7	40.099998	2	65960102	16448900	6596.00788	PL_05
29	Polygon	0	1460000.6927	6.2	40.84	2	64468000	15000000	64468.00000	PL_05

Описательные таблицы

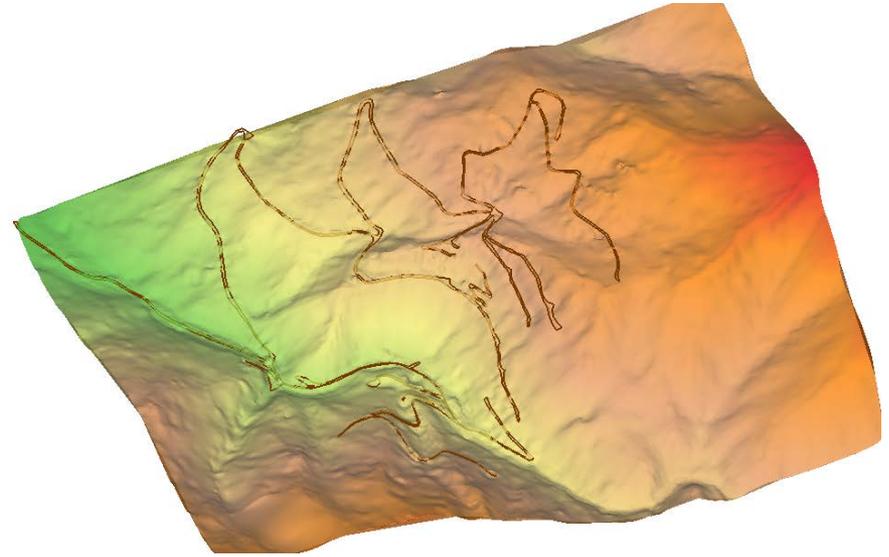
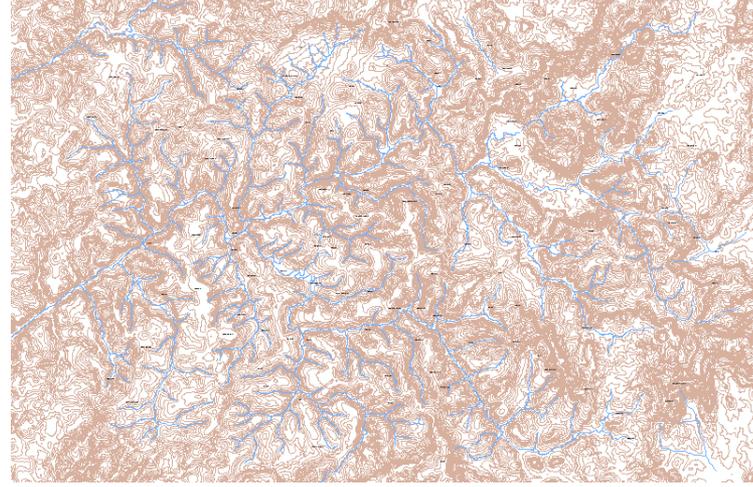
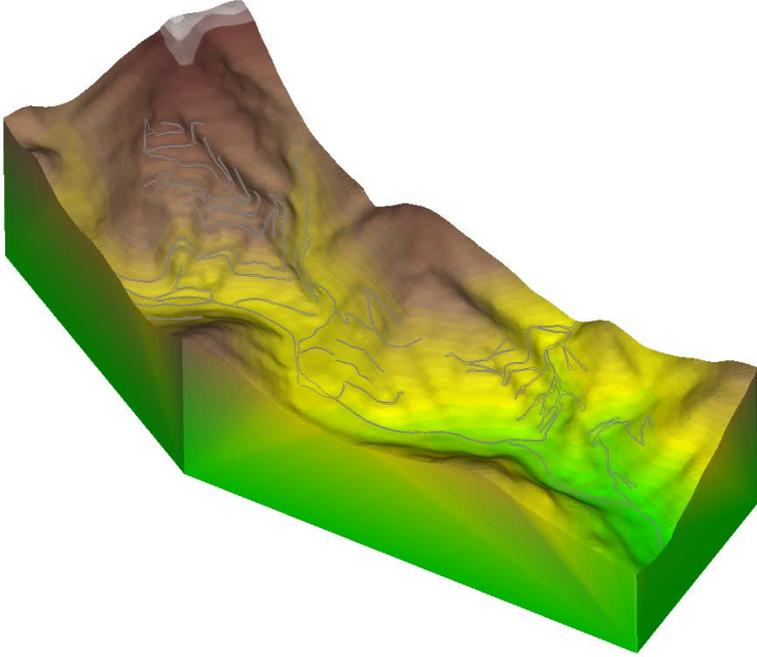
Главные этапы оценки месторождения



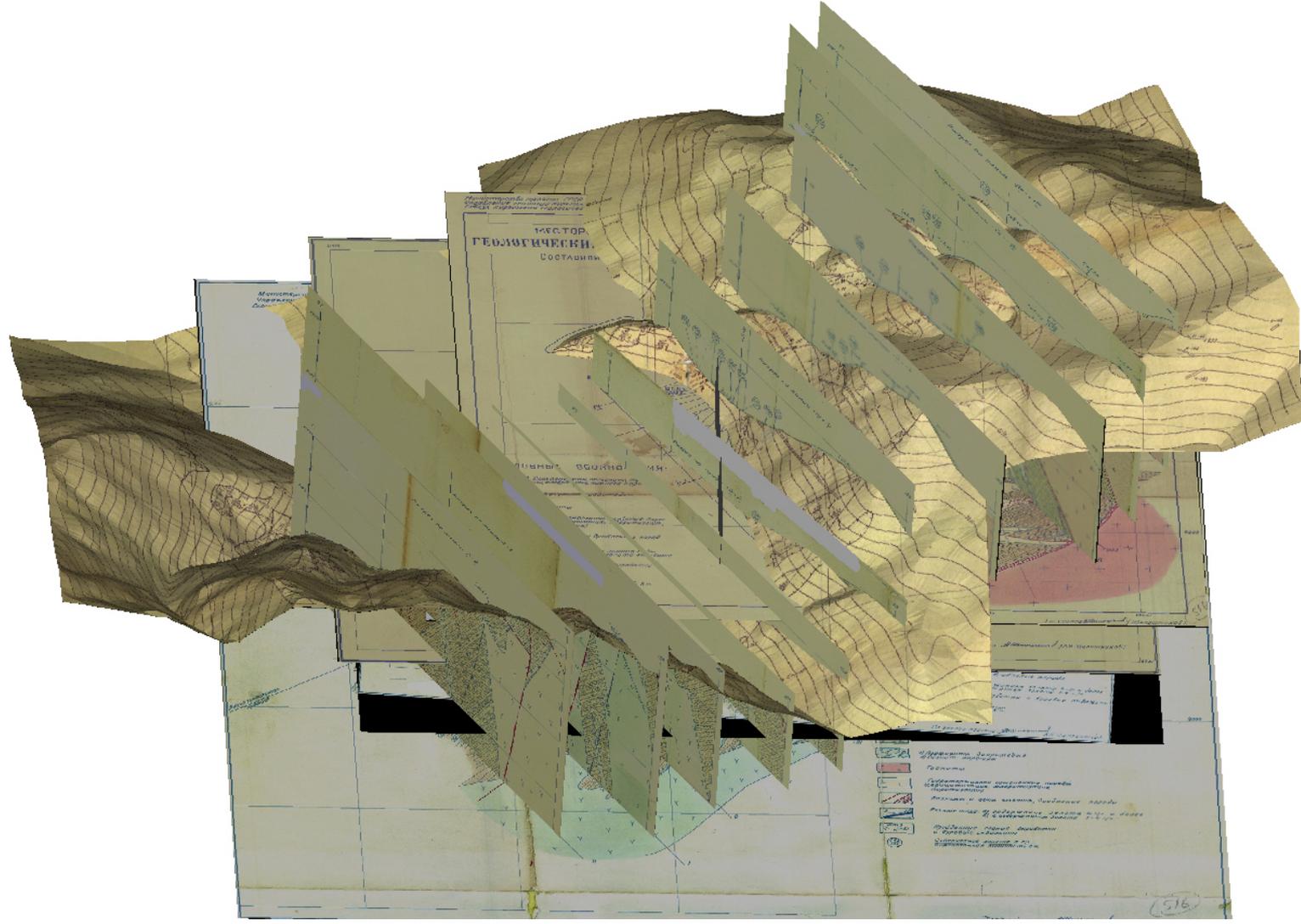
С чего начать?



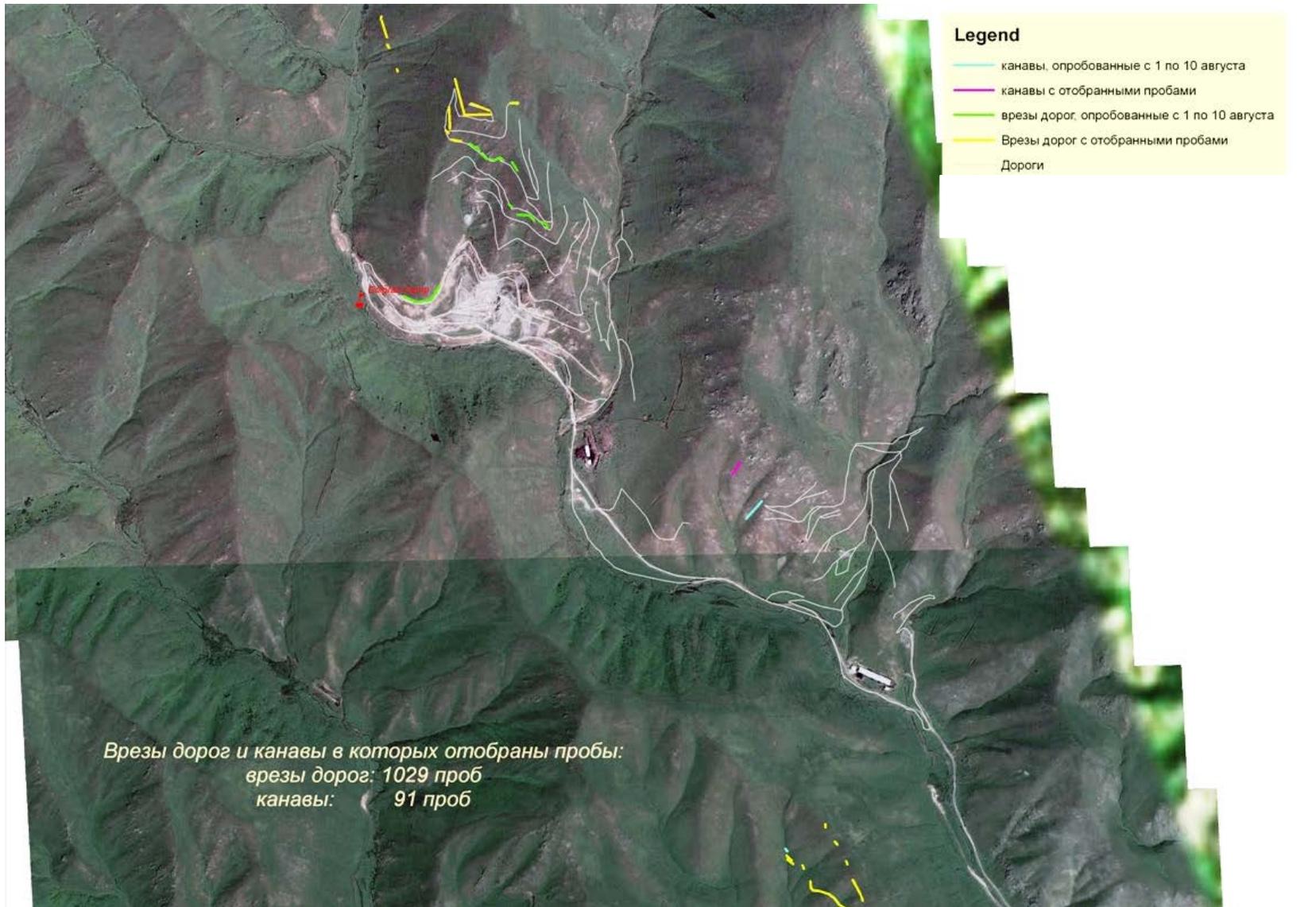
Топографическая поверхность



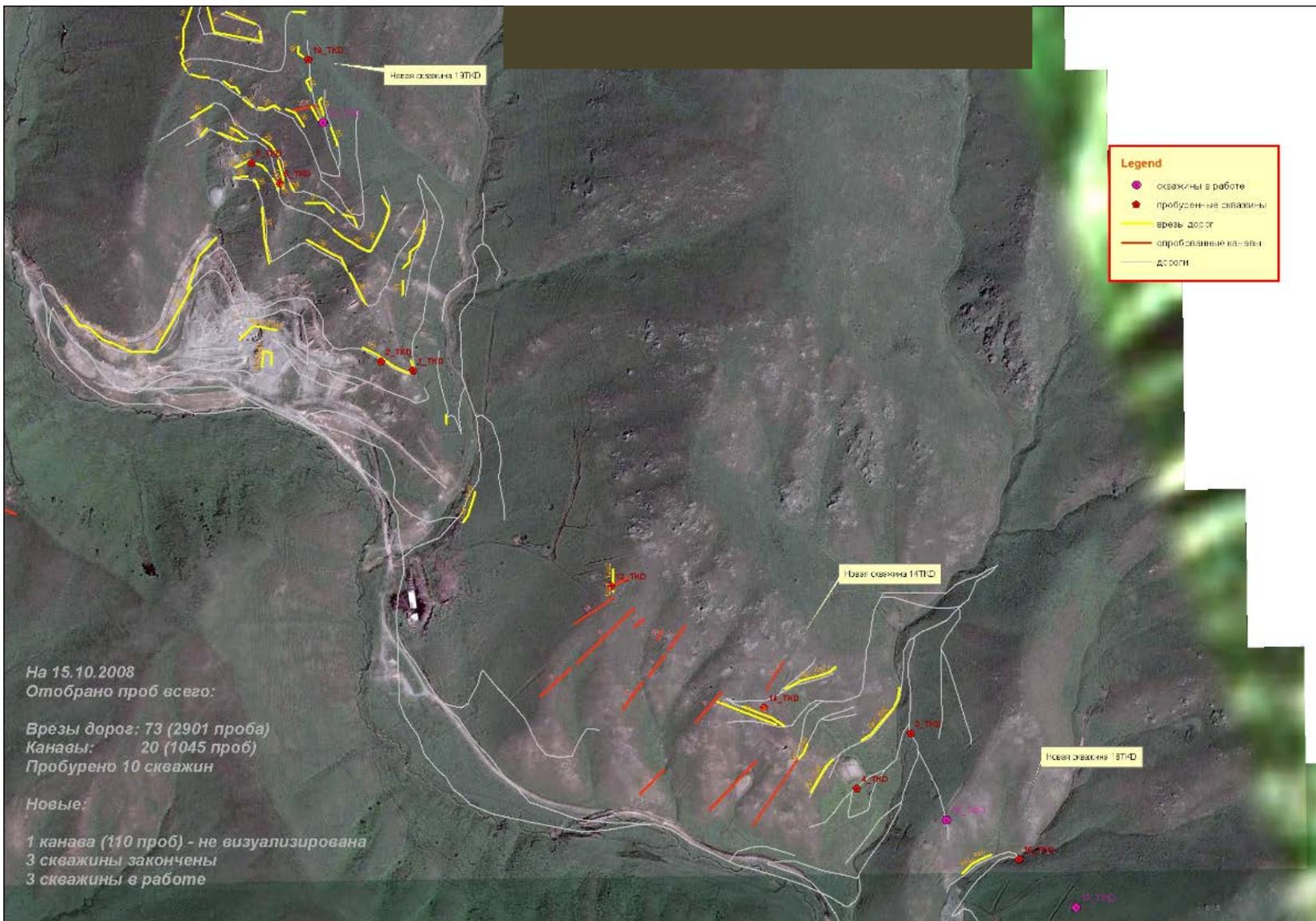
Сбор данных



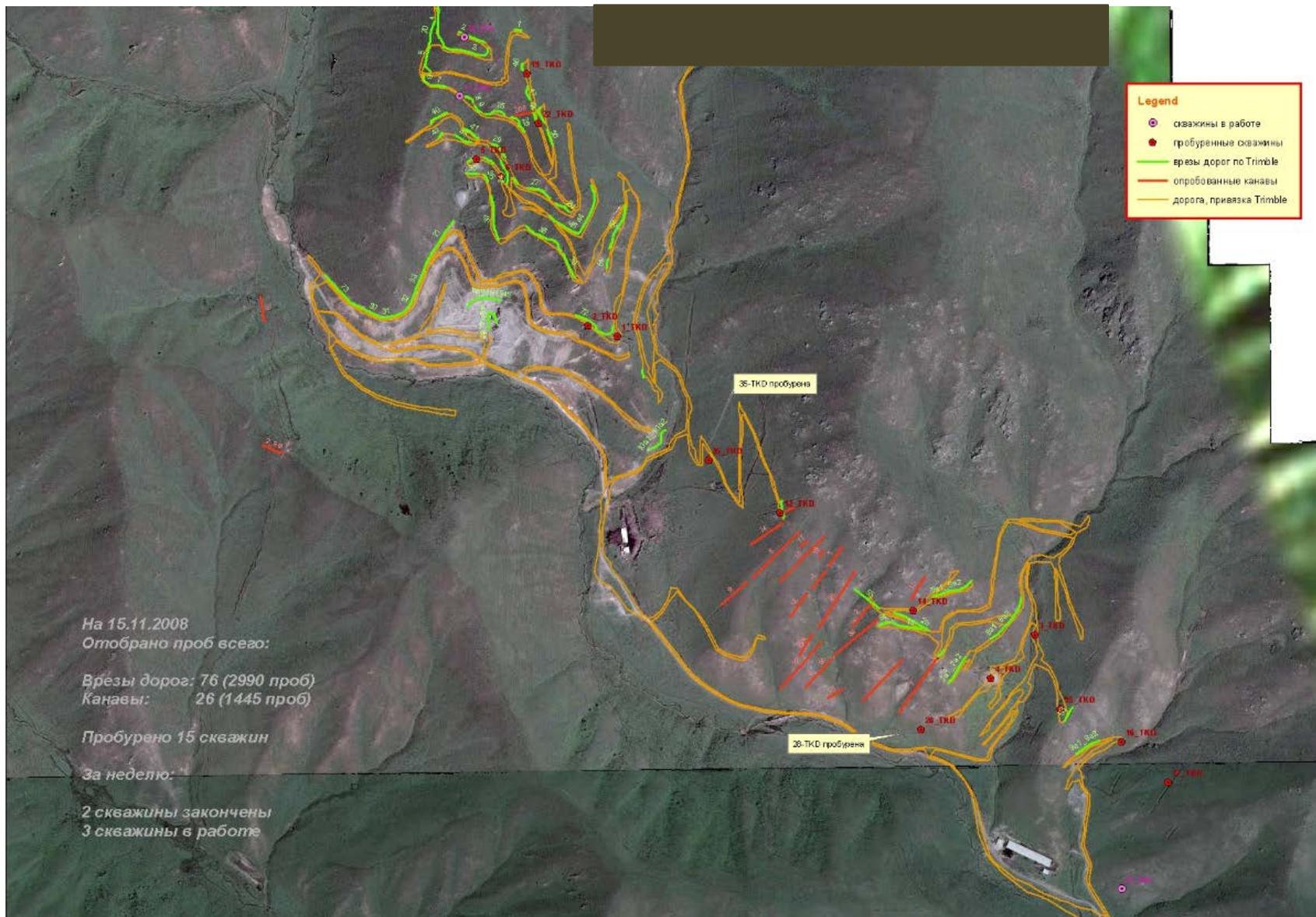
Оперативная визуализация текущих данных



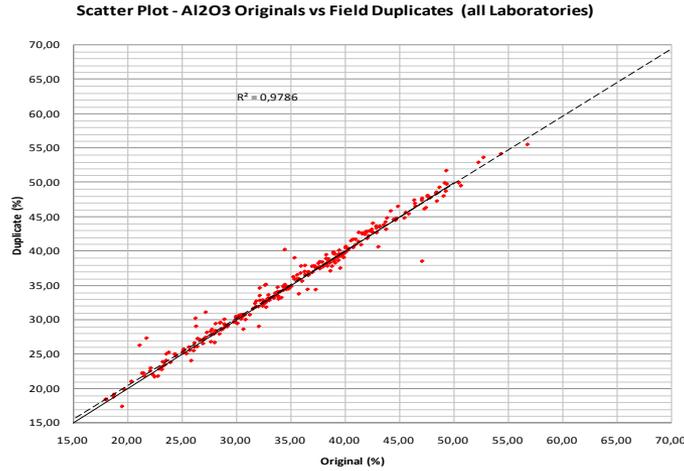
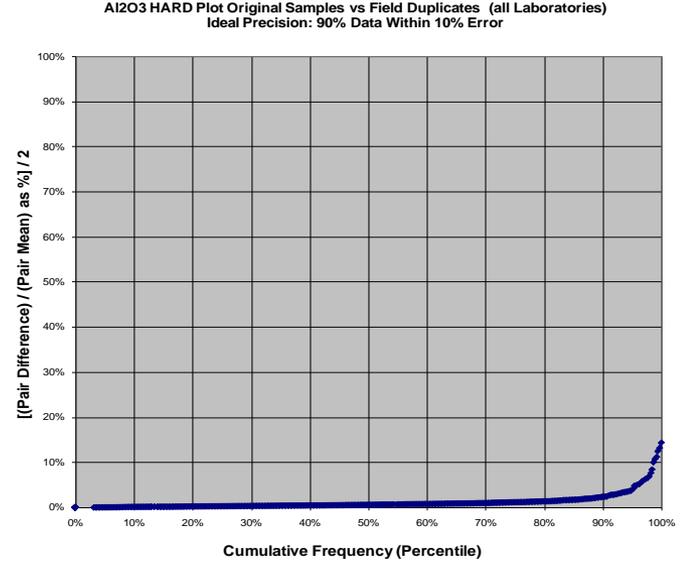
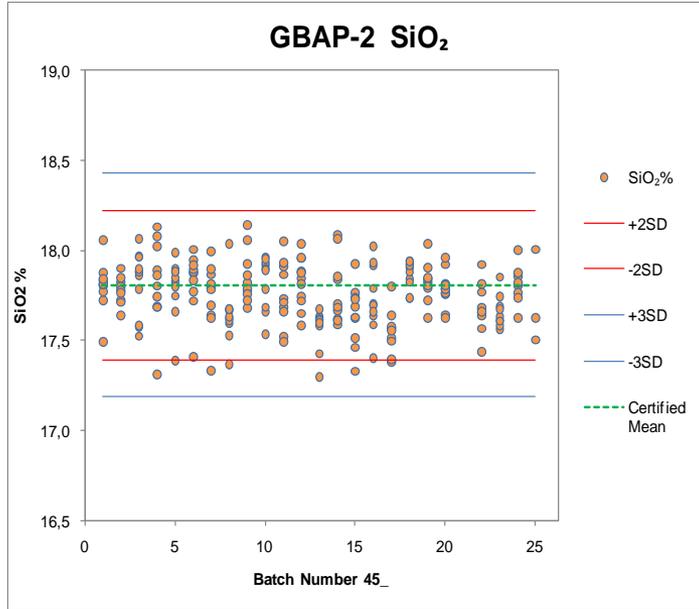
Оперативная визуализация текущих данных



Оперативная визуализация текущих данных

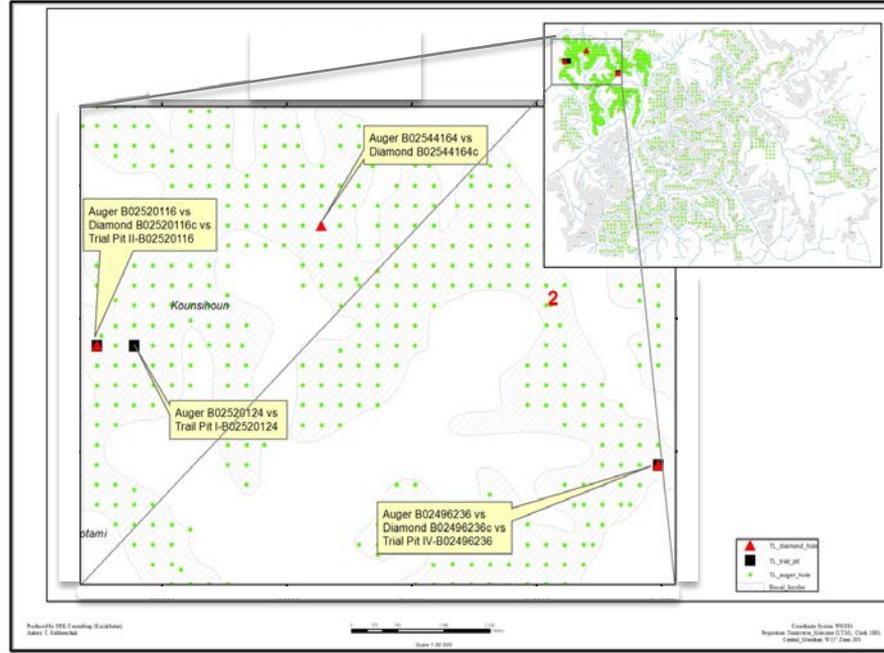
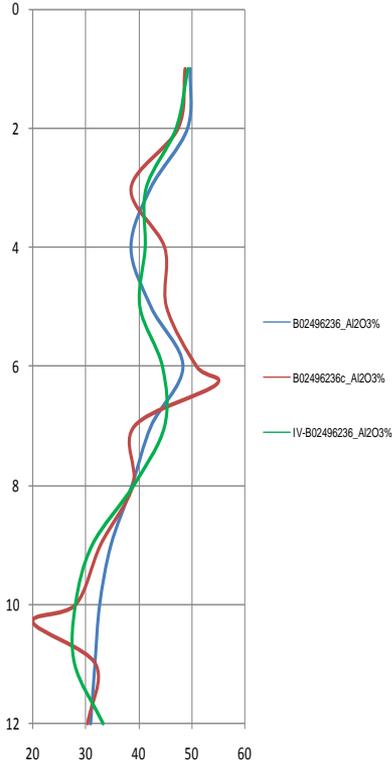


Контроль качества данных (QAQC)

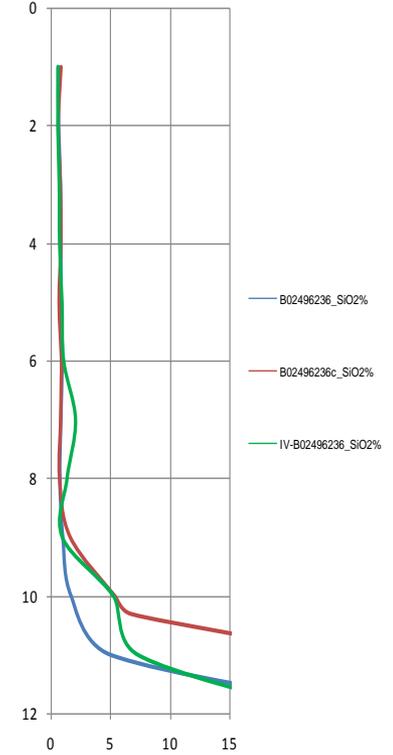


Контроль качества данных (QAQC)

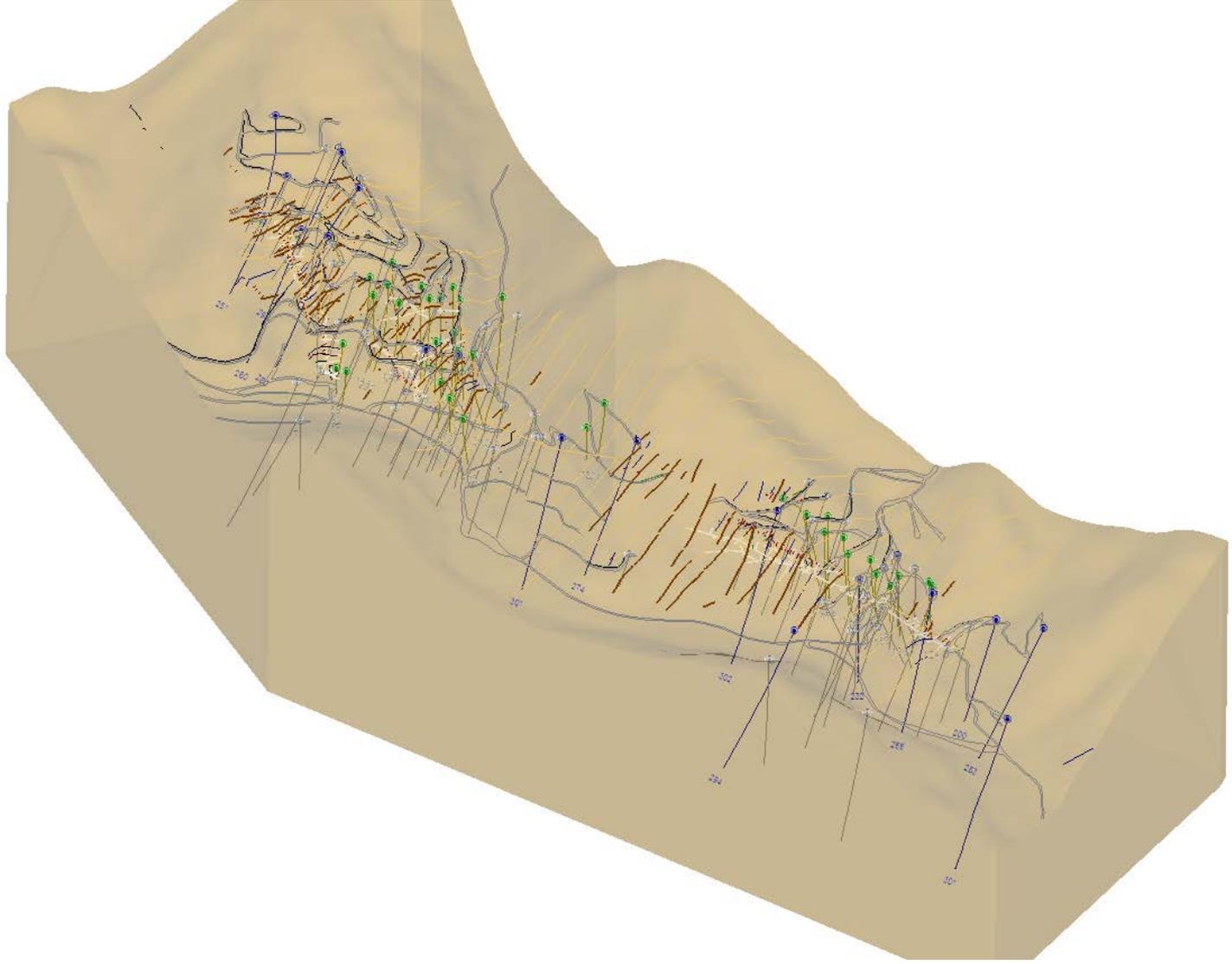
Auger B02496236 vs Diamond B02496236c vs Trial Pit IV-B02496236 Al2O3



Auger B02496236 vs Diamond B02496236c vs Trial Pit IV-B02496236 SiO2



Создание общего файла данных для будущего подсчета



Статистический анализ данных

Гистограмма распределения

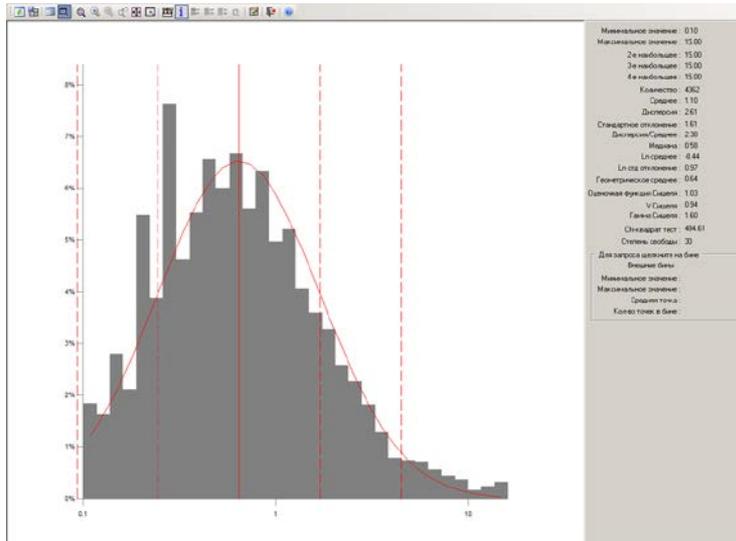


График рассеяния

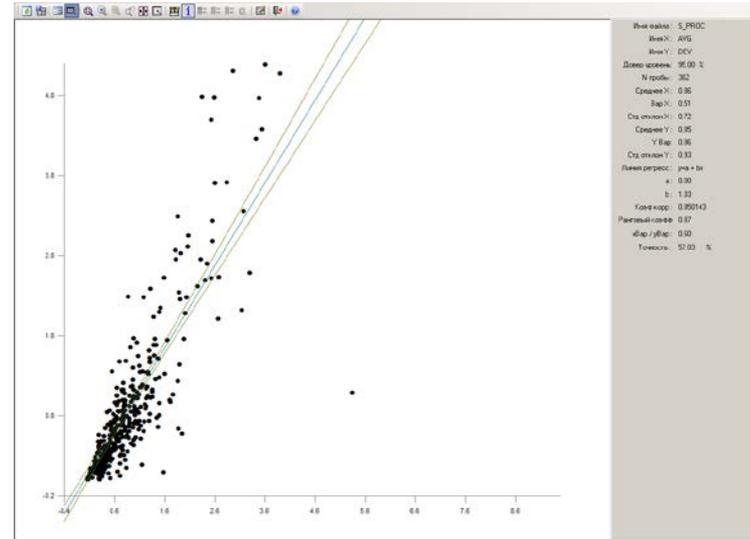


График накопленной частоты

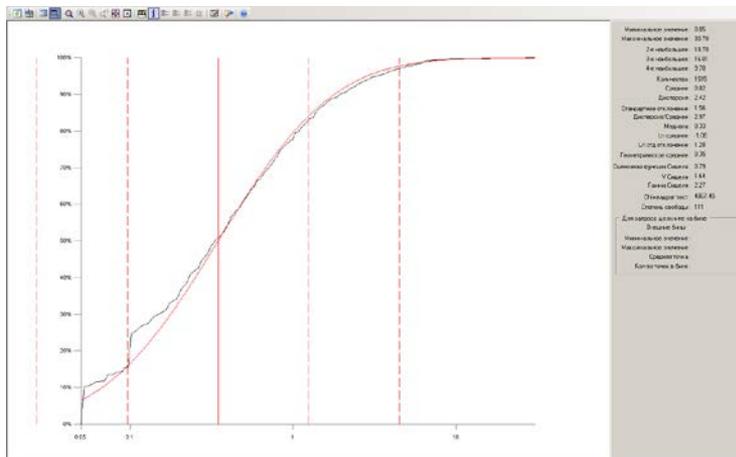
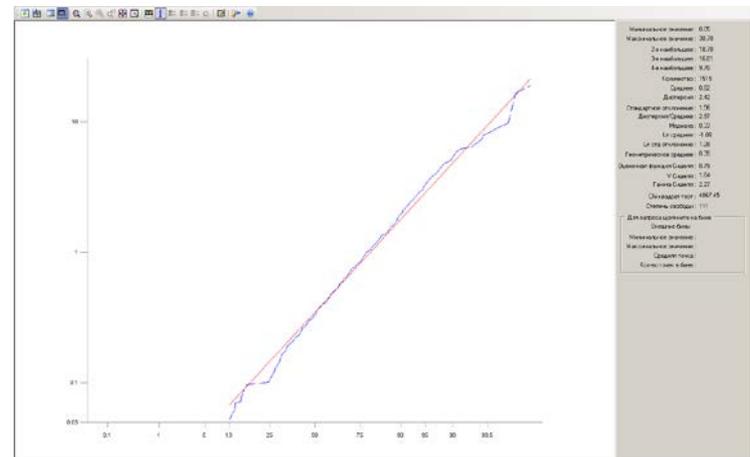
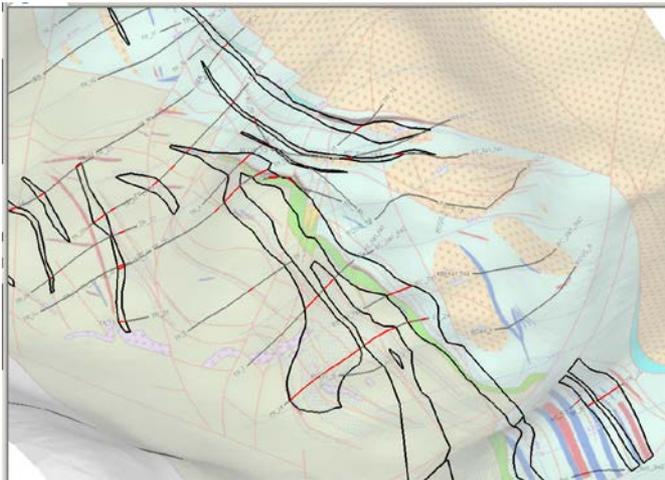


График вероятности

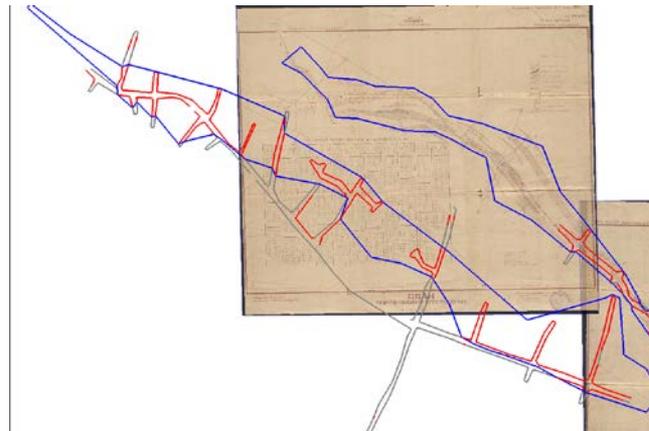


Оконтуривание зон минерализации

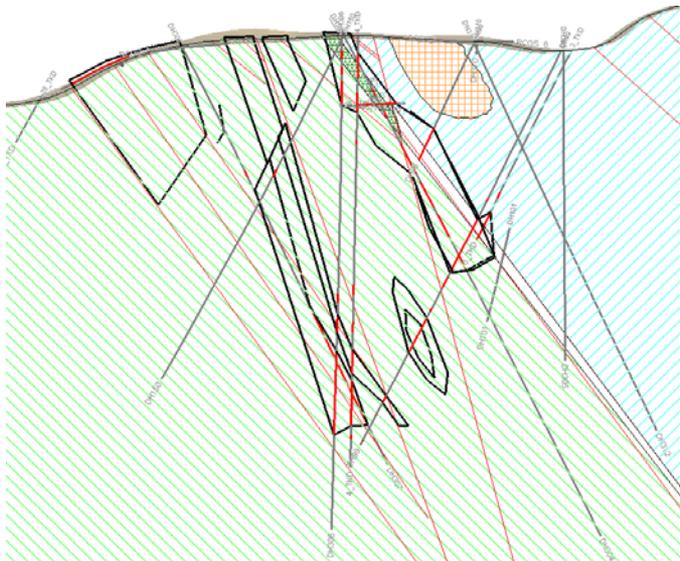
Выделение зон по поверхности



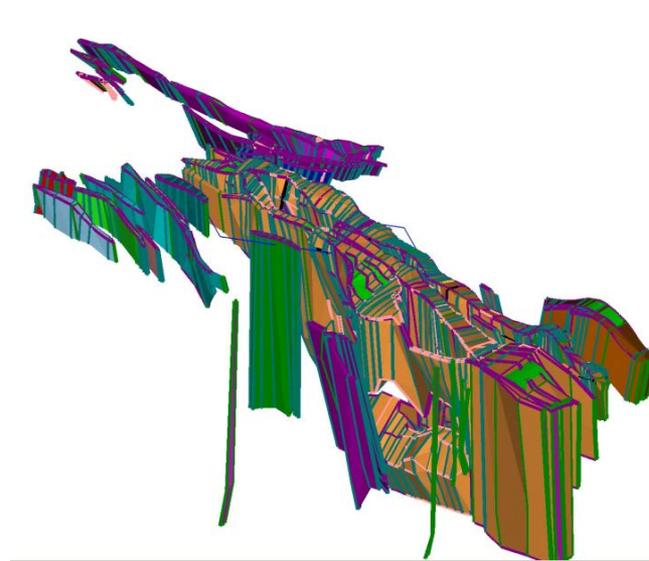
Выделение зон на горизонтах штолен



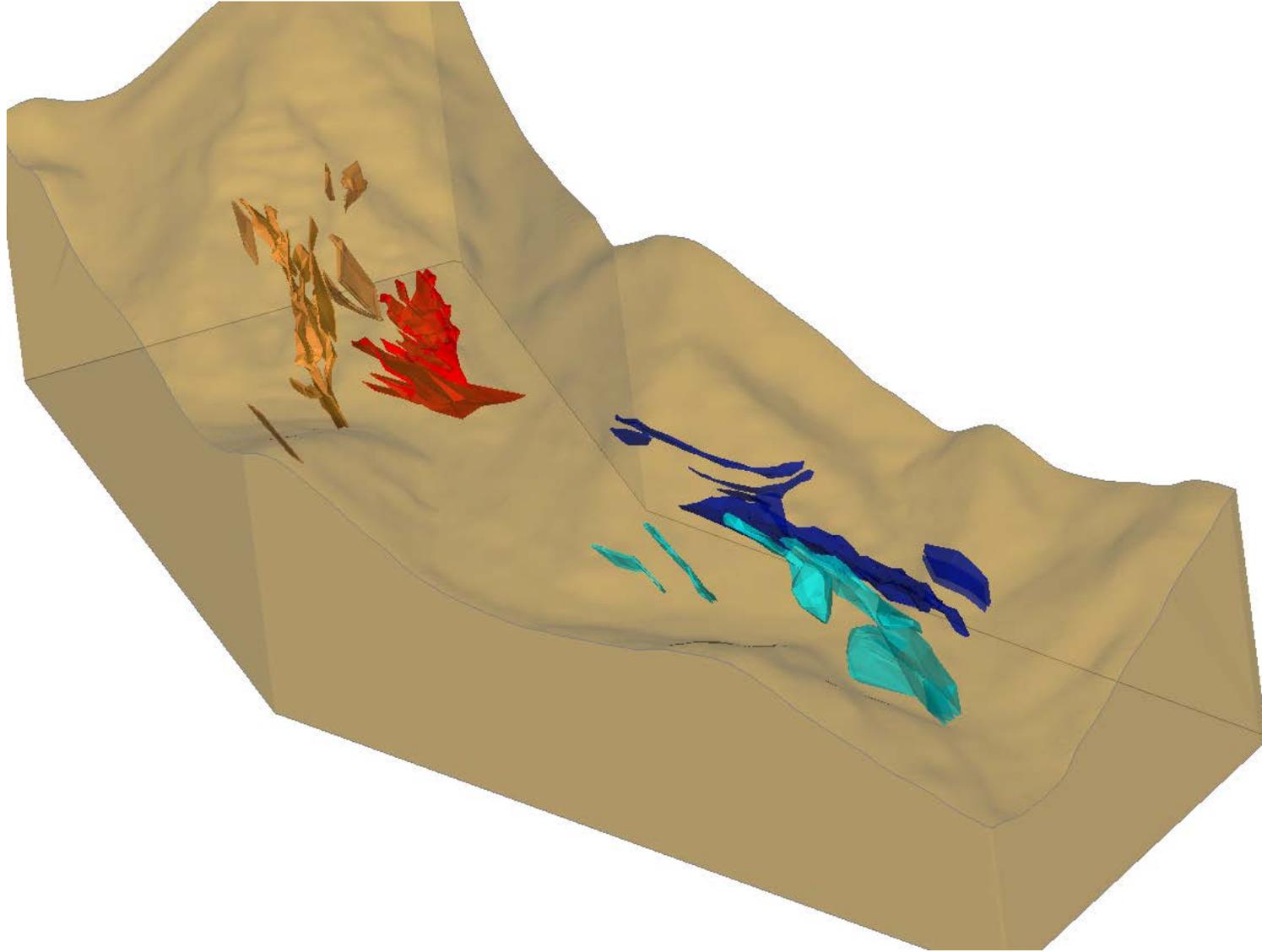
Выделение зон по интервалам скважин



Соединение в каркасы

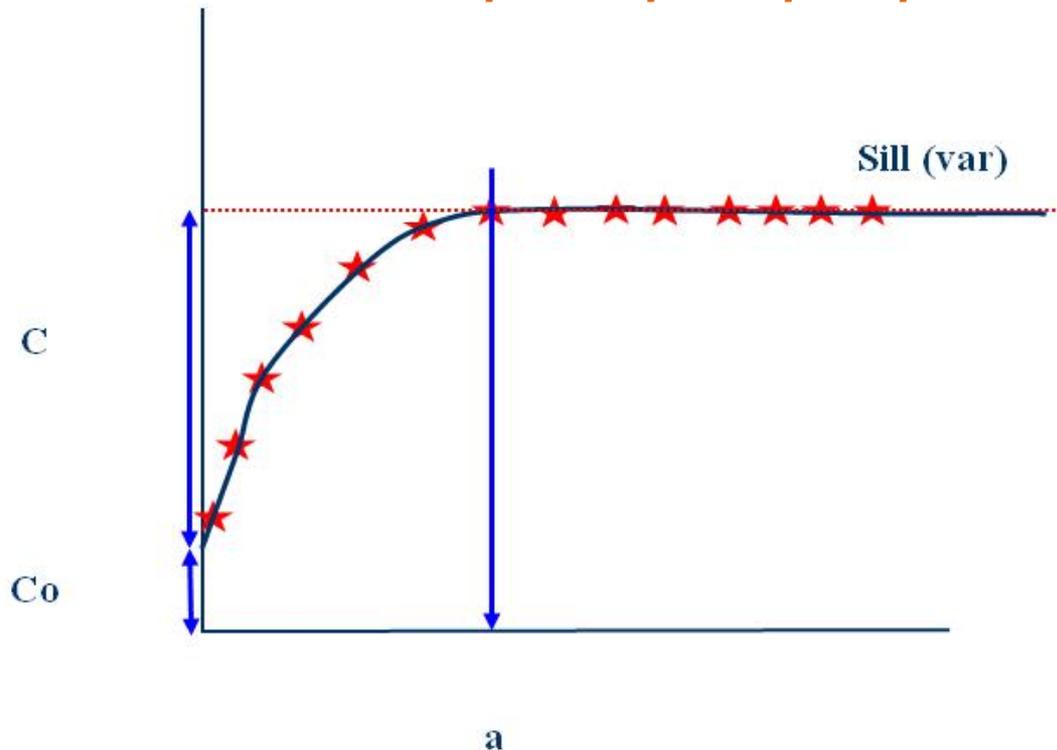


Каркасы зон минерализации



Вариограмма – модель пространственной зависимости данных

Параметры вариограммы



C_0 – Эффект «самородка»
(изменчивость данных на малых расстояниях)

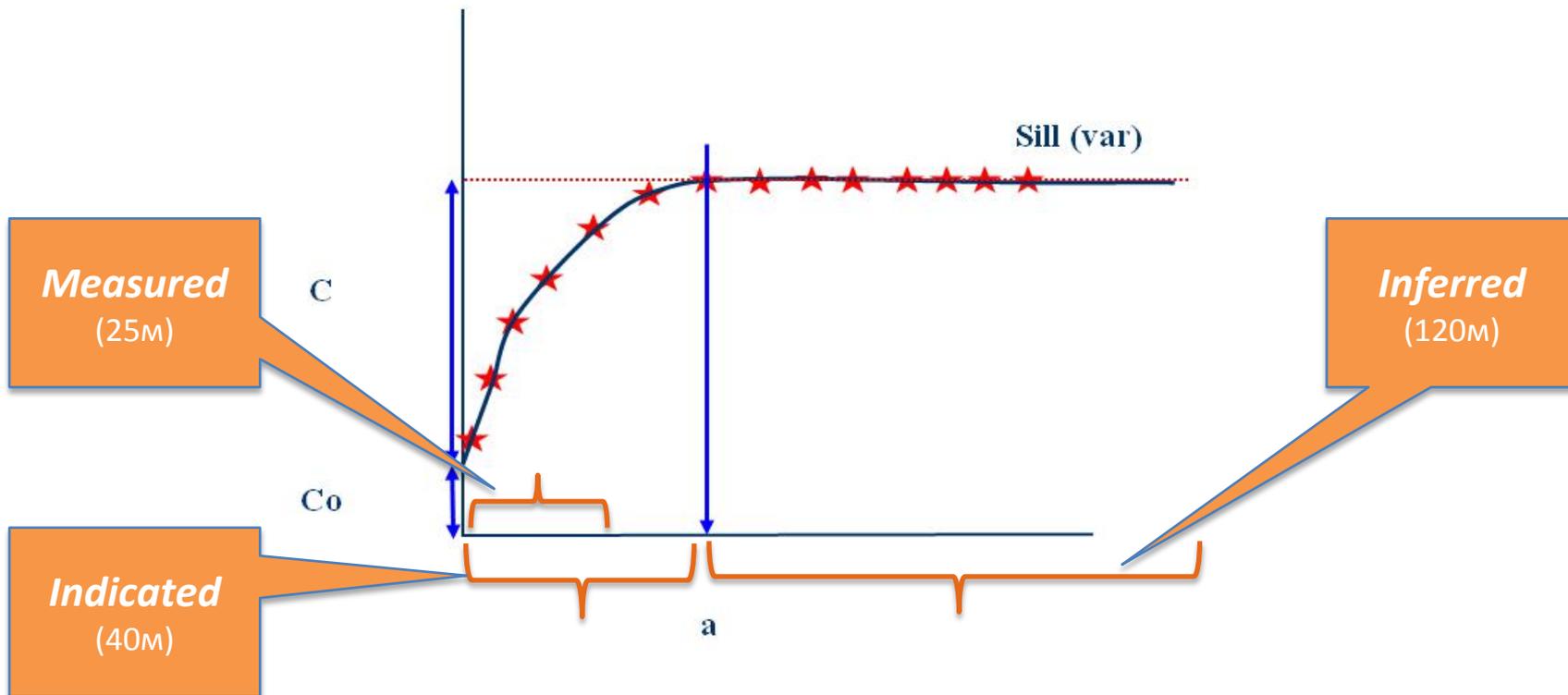
C – Пространственная
изменчивость данных

Sill – Порог ($C_0 + C$)

a – Зона влияния
(Расстояние, после
которого не происходит
влияния данных друг на
друга)

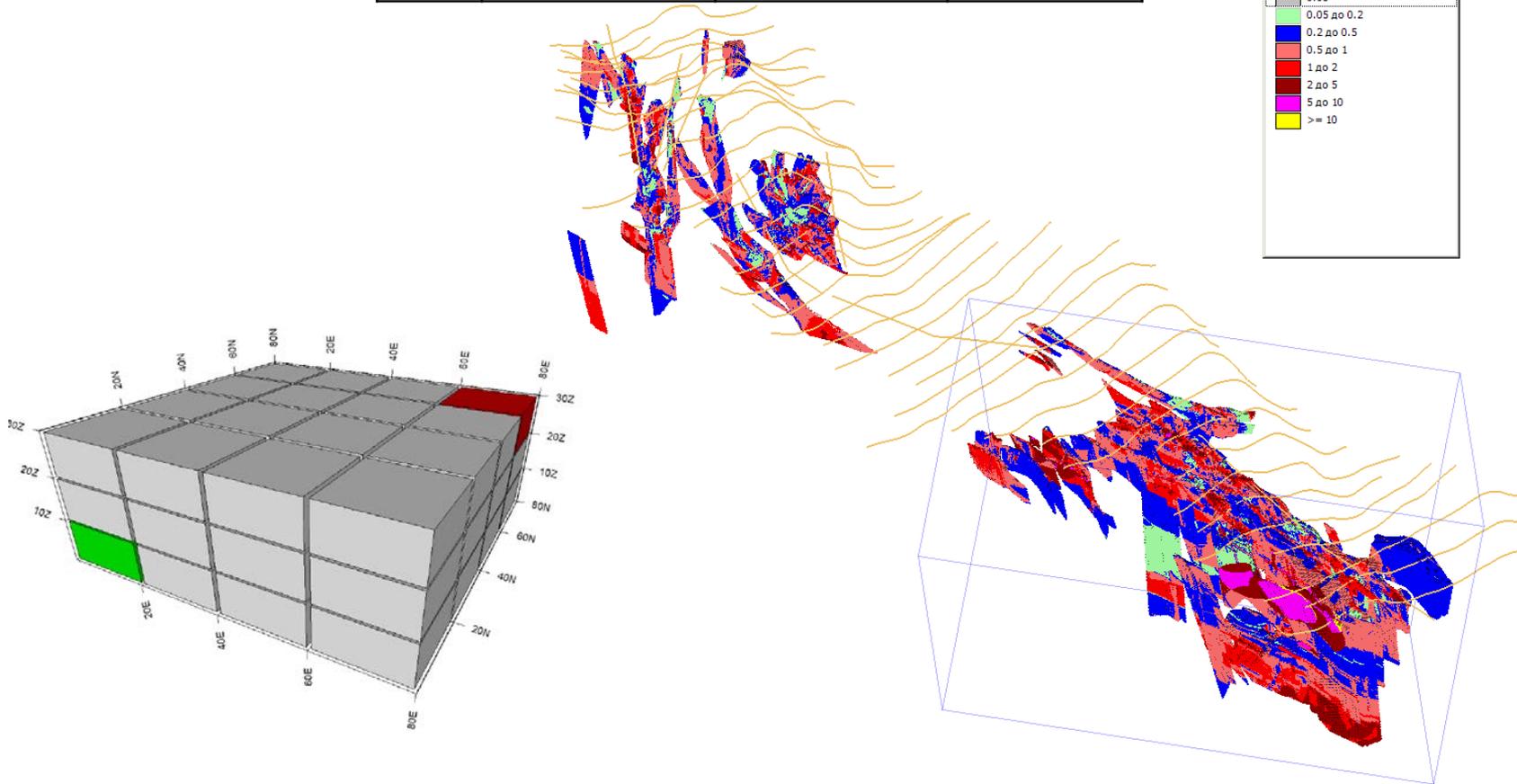
Классификация минеральных ресурсов

Пример классификации на основе Геостатистической теории
(анализ вариограмм)

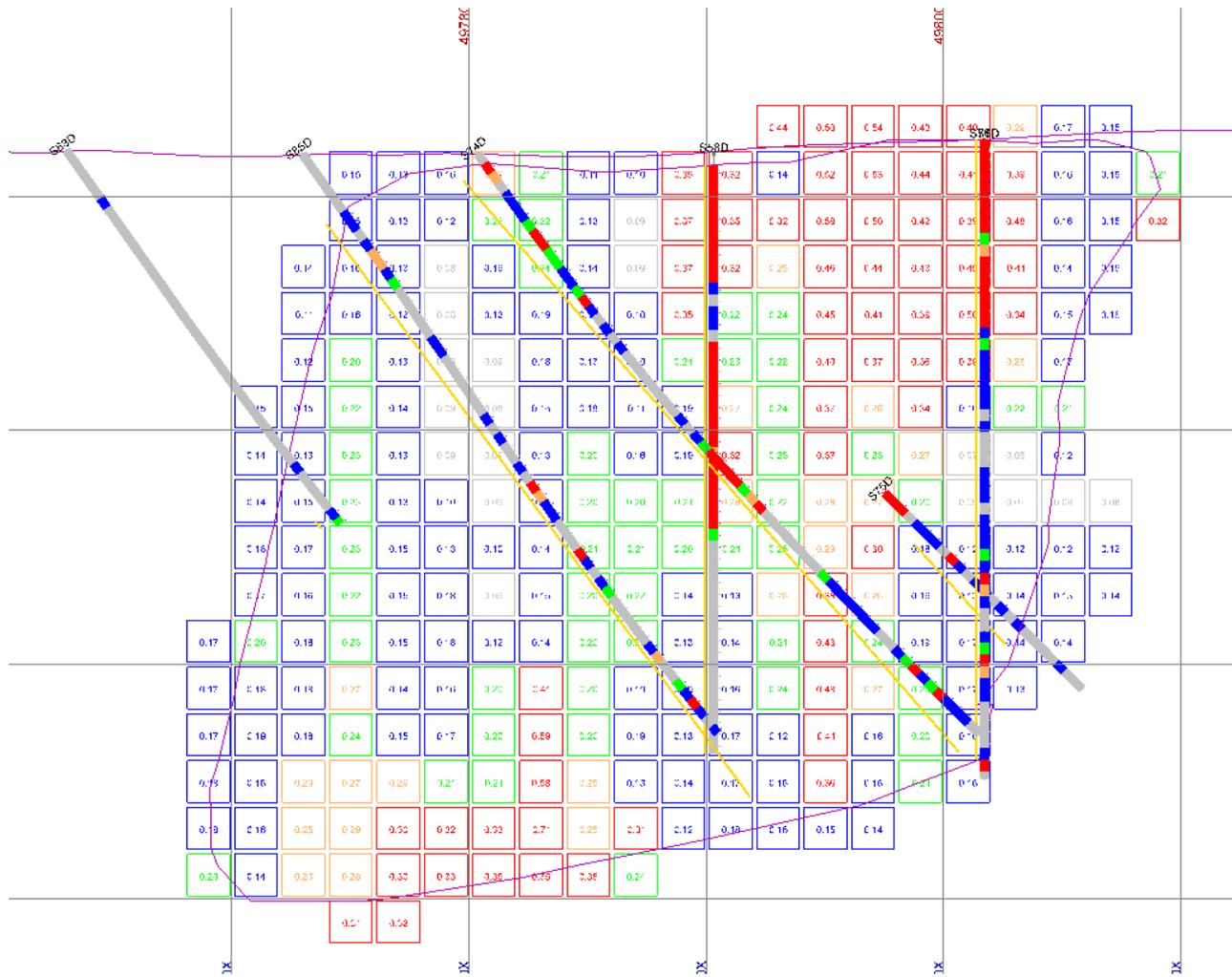


Блочное моделирование

Прогон	Параметры поиска		Миним. кол-во выработок
	Радиус	Миним. кол-во точек	
1	0,67	3	2
2	1	2	2
3+	3+		2



Заверка блочной модели



Отчет по ресурсам

Пример таблицы блочной модели после всех прогонов

	X	_X	Y	_Y	Z	_Z	CLASS	SG	WF	ZONE	ZONEWF	XF	_XF	AU_MODEL	RUN_AU_MODEL	POINTS	KR_VAR	KR_STDERR	
175678	588068.000	1.000	4737656.500	2.000	1810.000	10.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596760.167	0.222	0.17820		1	12	0.17180	0.414
175679	588072.000	1.000	4737657.000	1.000	1809.000	8.000	3	2.700	1	ST	ST_1	596761.056	0.222	0.14295		3	12	0.17237	0.415
175680	588069.000	1.000	4737657.000	1.000	1810.000	10.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596760.389	0.222	0.25747		1	12	0.15808	0.398
175681	588071.000	1.000	4737658.000	1.000	1742.000	6.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596743.663	0.155	0.05000		1	5	0.52081	0.722
175682	588069.000	1.000	4737658.000	1.000	1743.000	4.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596743.353	0.155	0.05000		1	5	0.62692	0.792
175683	588072.000	1.000	4737659.000	3.000	1741.000	8.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596743.818	0.155	0.05000		1	5	0.46613	0.683
175684	588070.000	1.000	4737659.000	3.000	1742.000	6.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596743.508	0.155	0.05000		1	5	0.49441	0.703
175685	588068.000	1.000	4737659.000	3.000	1743.000	4.000	1	2.700	1	ST	ST_1	596743.198	0.155	0.05000		1	5	0.57681	0.759
175686	588071.000	1.000	4737660.500	4.000	1741.000	8.000	2	2.700	1	ST	ST_1	596743.663	0.155	0.05000		2	6	0.44420	0.666
175687	588069.000	1.000	4737660.500	4.000	1742.000	6.000	2	2.700	1	ST	ST_1	596743.353	0.155	0.05000		2	6	0.47116	0.686

Cut off	Category	Volume 1000 m ³	Tonnes kt	Au ^{CUT} g/t	Au g/t	Au ^{CUT} kg	Au kg	Au ^{CUT} kOz	Au kOz
0	Measured	7 349	19 843	0.62	0.63	12 256	12 464	394	401
	Indicated	3 025	8 168	0.53	0.53	4 294	4 350	138	140
	Total:	10 374	28 011	0.59	0.60	16 550	16 814	532	541
	Inferred	5 333	14 398	0.49	0.49	7 017	7 113	226	229
0.1	Measured	6 513	17 584	0.69	0.70	12 094	12 302	389	396
	Indicated	2 609	7 045	0.60	0.61	4 216	4 272	136	137
	Total:	9 122	24 629	0.66	0.67	16 311	16 575	524	533
	Inferred	4 692	12 669	0.55	0.55	6 906	7 002	222	225
0.5	Measured	3 090	8 344	1.15	1.17	9 571	9 779	308	314
	Indicated	1 020	2 753	1.11	1.13	3 043	3 099	98	100
	Total:	4 110	11 097	1.14	1.16	12 614	12 879	406	414
	Inferred	1 607	4 338	1.05	1.07	4 538	4 634	146	149
0.6	Measured	2 572	6 943	1.27	1.30	8 803	9 011	283	290
	Indicated	815	2 202	1.25	1.27	2 742	2 798	88	90
	Total:	3 387	9 145	1.26	1.29	11 545	11 809	371	380
	Inferred	1 301	3 513	1.16	1.19	4 089	4 185	131	135
0.7	Measured	2 155	5 819	1.39	1.42	8 073	8 281	260	266
	Indicated	666	1 799	1.38	1.41	2 481	2 537	80	82
	Total:	2 822	7 618	1.39	1.42	10 554	10 818	339	348
	Inferred	1 061	2 866	1.28	1.31	3 671	3 767	118	121
0.8	Measured	1 800	4 861	1.51	1.56	7 355	7 564	236	243
	Indicated	557	1 504	1.50	1.54	2 260	2 316	73	74
	Total:	2 357	6 364	1.51	1.55	9 616	9 880	309	318
	Inferred	872	2 353	1.40	1.44	3 287	3 383	106	109

Пример таблицы Ресурсов

Оценка возможности извлечения ресурсов



Спасибо за внимание!

УДАЧИ В ОЦЕНКЕ

НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ !