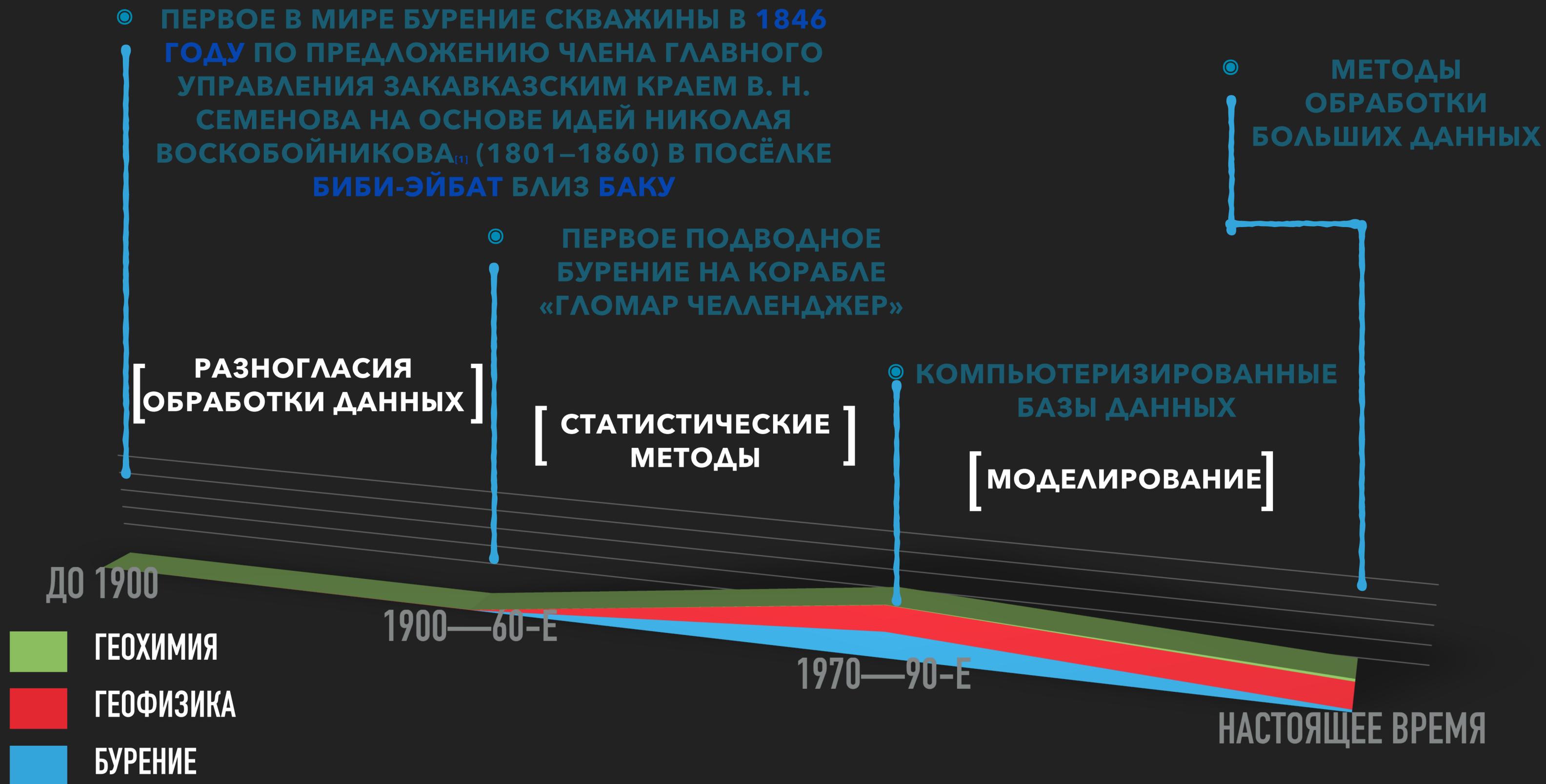


И.И. НИКУЛИН, ДОКТОР ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

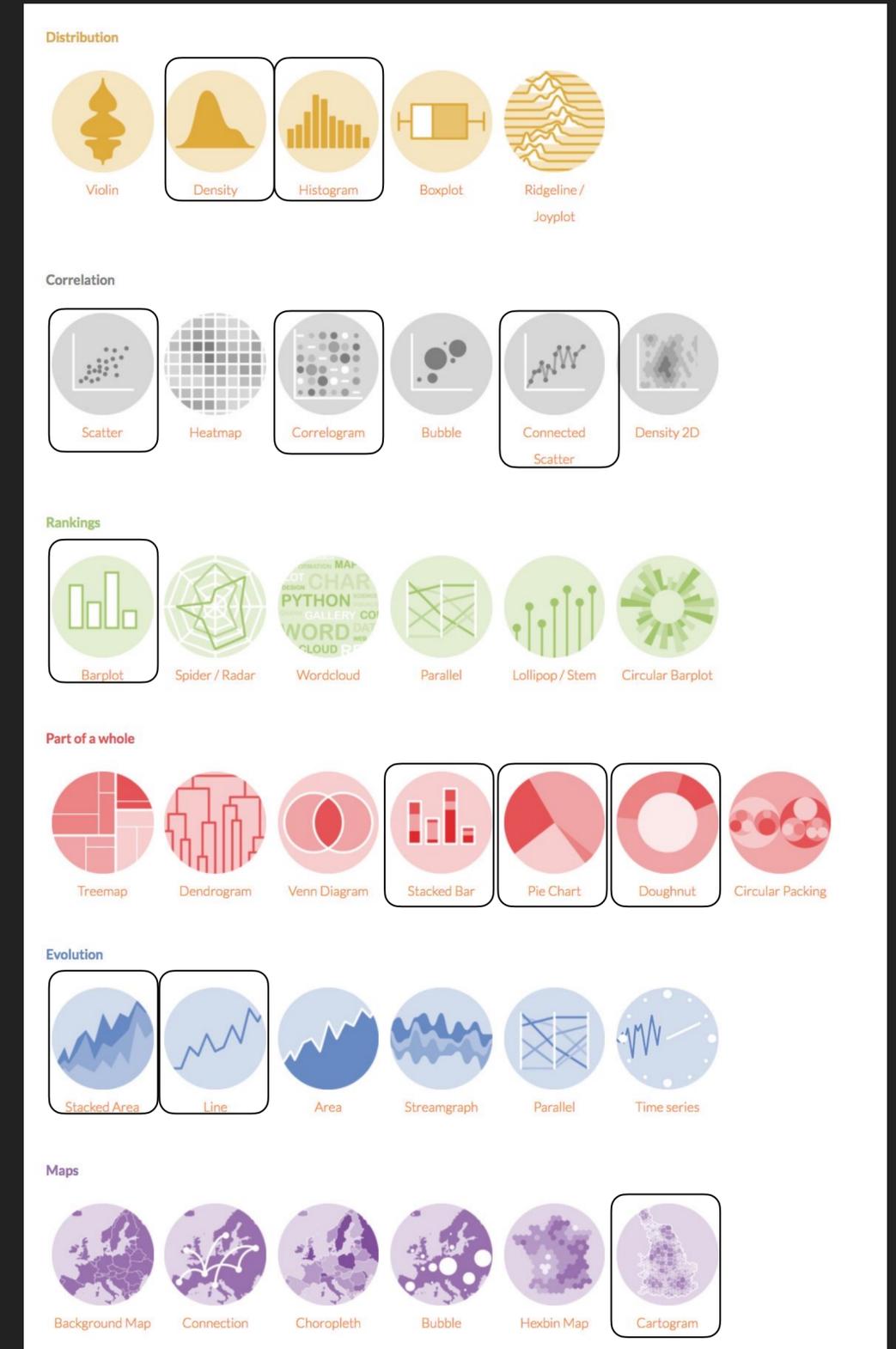
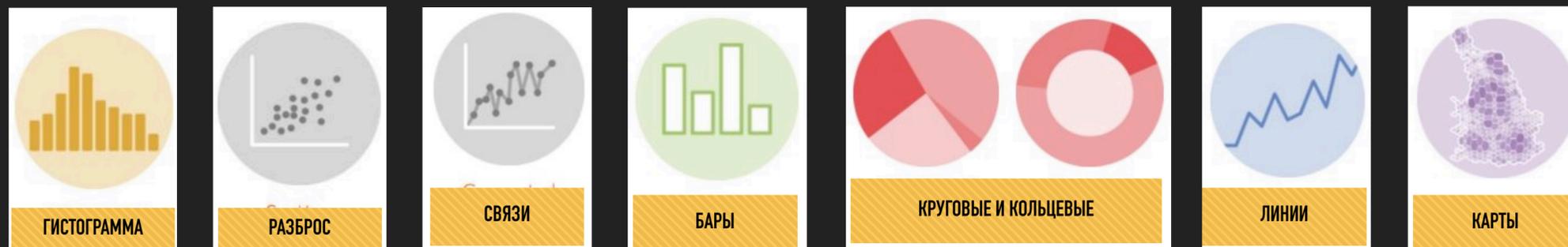
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

НОЯБРЬ, 2020, LOGINOM

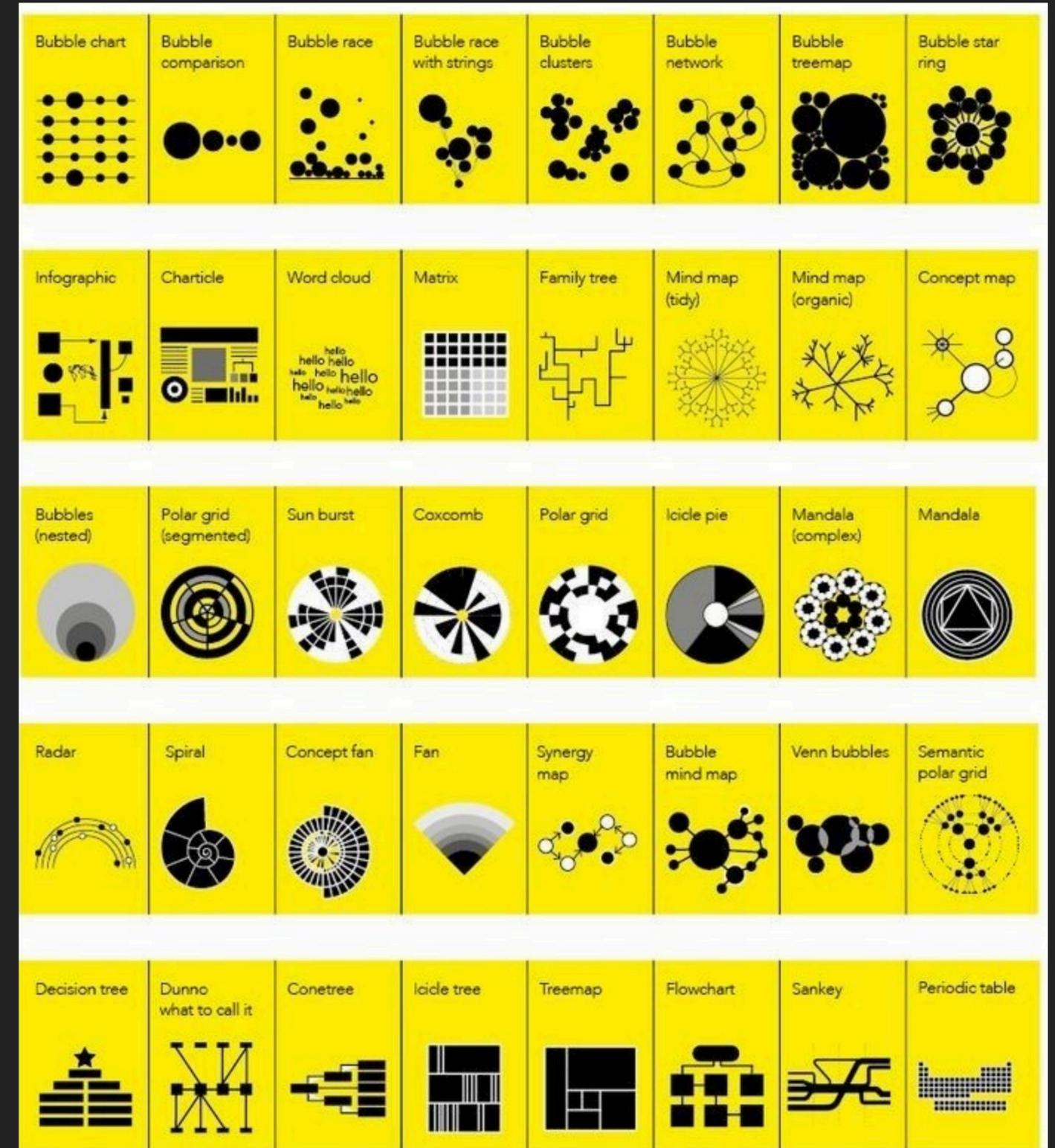
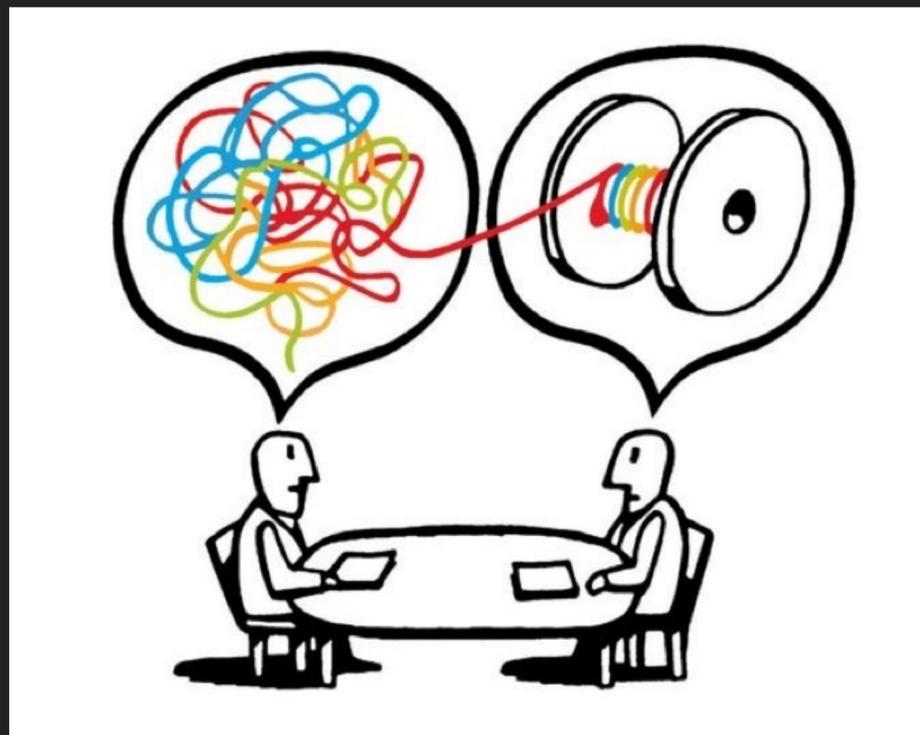


ВЕСЬМА ОГРАНИЧЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
СПЕЦИАЛИСТАМИ ИНТЕРПРЕТИРУЮТСЯ В
СИСТЕМЫ ПО-РАЗНОМУ



РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛИСТАМИ ИНТЕРПРЕТИРУЮТСЯ В СИСТЕМЫ ПО-РАЗНОМУ И ПРЕДСТАВЛЯЮТСЯ ОЧЕНЬ СУБЪЕКТИВНО И НЕОДНОЗНАЧНО



ПРЕДПОСЫЛКИ

Появление состоятельных методов обработки больших данных проявили потребности:

- В увеличение количества знаний
- Научной конкуренции
- Коммерческой конкуренции

Время “лоскутных исследований” стремительно проходит, уступая место комплексному (сейчас говорят “системному”) подходу к описанию процессов и явлений. Поэтому актуальной стратегией современной прикладной статистики является обработка массивов постоянно пополняемых и расширяемых данных с целью создания адекватных многофункциональных моделей изучаемых систем.



МОДЕЛИРОВАНИЕ

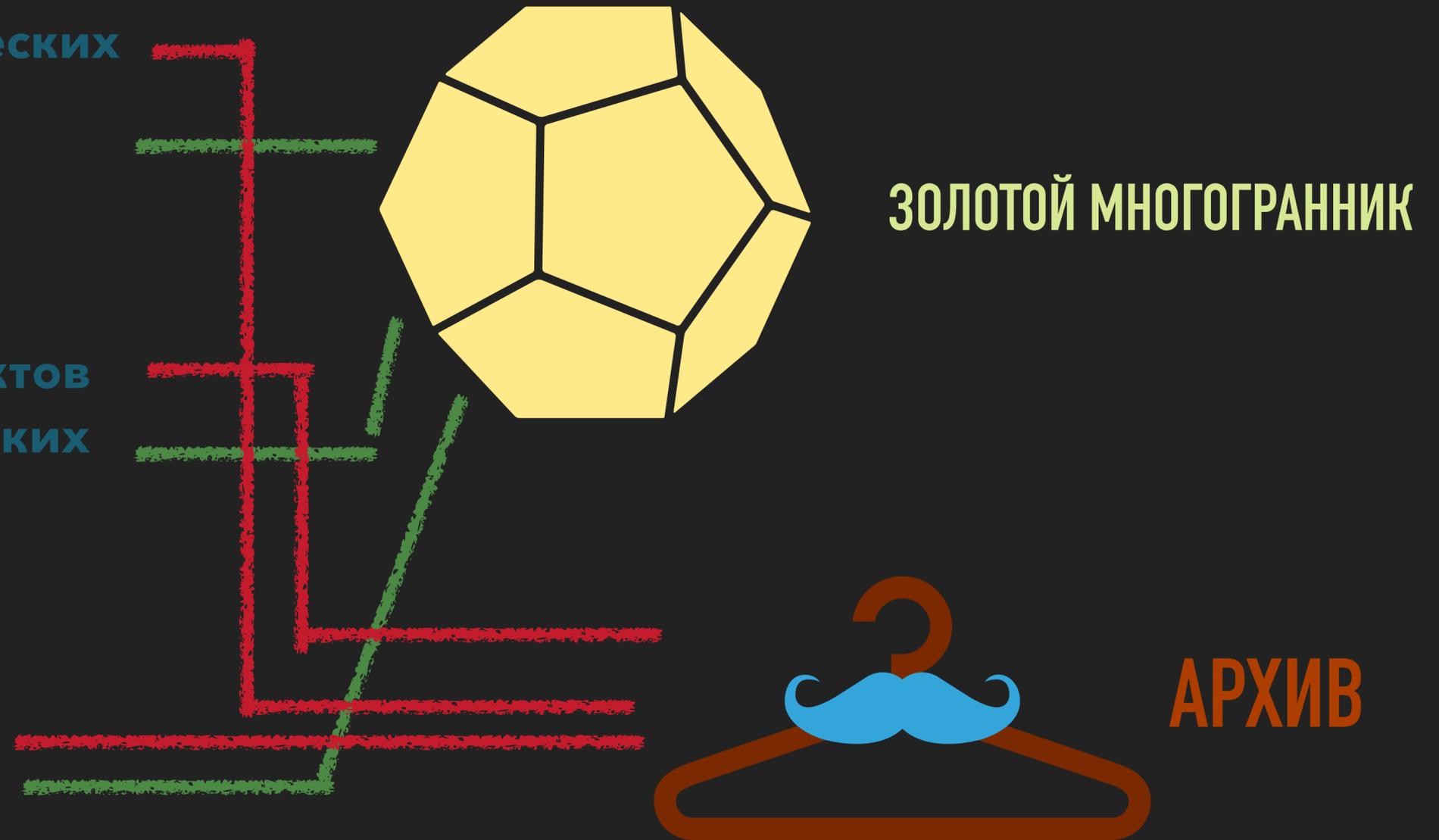
Создались предпосылки для построения адаптируемых моделей, шаг за шагом улучшающихся по мере поступления новых практических и экспериментальных данных или расширения “сферы влияния” модели.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОТРЕБНОСТИ ГЕОЛОГОВ, ГЕОХИМИКОВ И ГЕОФИЗИКОВ

- **ИНСТРУМЕНТЫ СКОРЕЙШЕГО СБОРА ВСЁ ЧАЩЕ АКТУАЛИЗИРУЕМЫХ ДАННЫХ**
- **МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**
- **МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**
- **МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**
- **ИНСТРУМЕНТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**
- **МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗНАНИЙ**



- В геологических, геофизических, геохимических и минералогических науках мнение специалиста занимает ведущее место
- А на самом деле нечёткие связи между характеристиками объектов (от изотопов до металлогенических провинций) не обоснованы стройными системами
- Потому что актуалистический подход оправдывает недоразвитость методов



ДАННЫЕ Цифровые



- СБОР
- ХРАНЕНИЕ

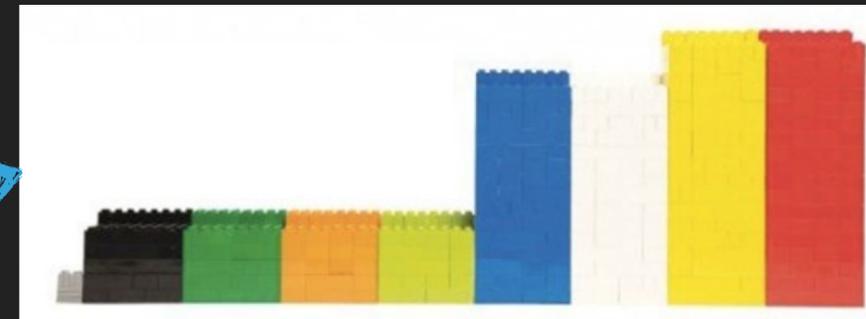
**ВСЕХ УСТРАИВАЮЩИЙ
АЛГОРИТМ ДЕЙСТВИЙ С
ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ
ДААННЫМИ**

СОРТИРОВКА



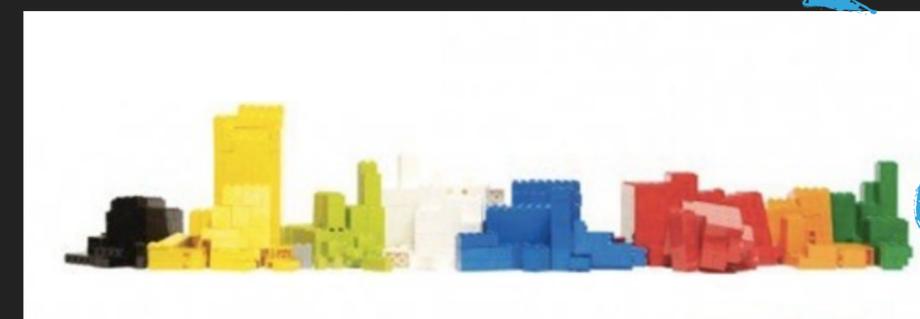
- STATISTICA
- EXCEL

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ



- POWERPOINT
- CORELDRAW

РАНЖИРОВАНИЕ



- SURFER
- SIGMAPLOT

**И ЭТО НА ПРОТЯЖЕНИИ
ДЕСЯТКОВ ЛЕТ!**

- СБОР
- ХРАНЕНИЕ

МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННЫЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

МОЩНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ ПОЗВОЛЯЮТ ЭТО ОСУЩЕСТВЛЯТЬ

- STATISTICA
- EXCEL

ЧЁТКИЕ ПРОТОКОЛЫ ДЛЯ ОТЧЁТНОСТИ

+

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОСТИ

- SURFER
- SIGMAPLOT

ЧЁТКИЕ ПРОТОКОЛЫ ДЛЯ ОТЧЁТНОСТИ

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ

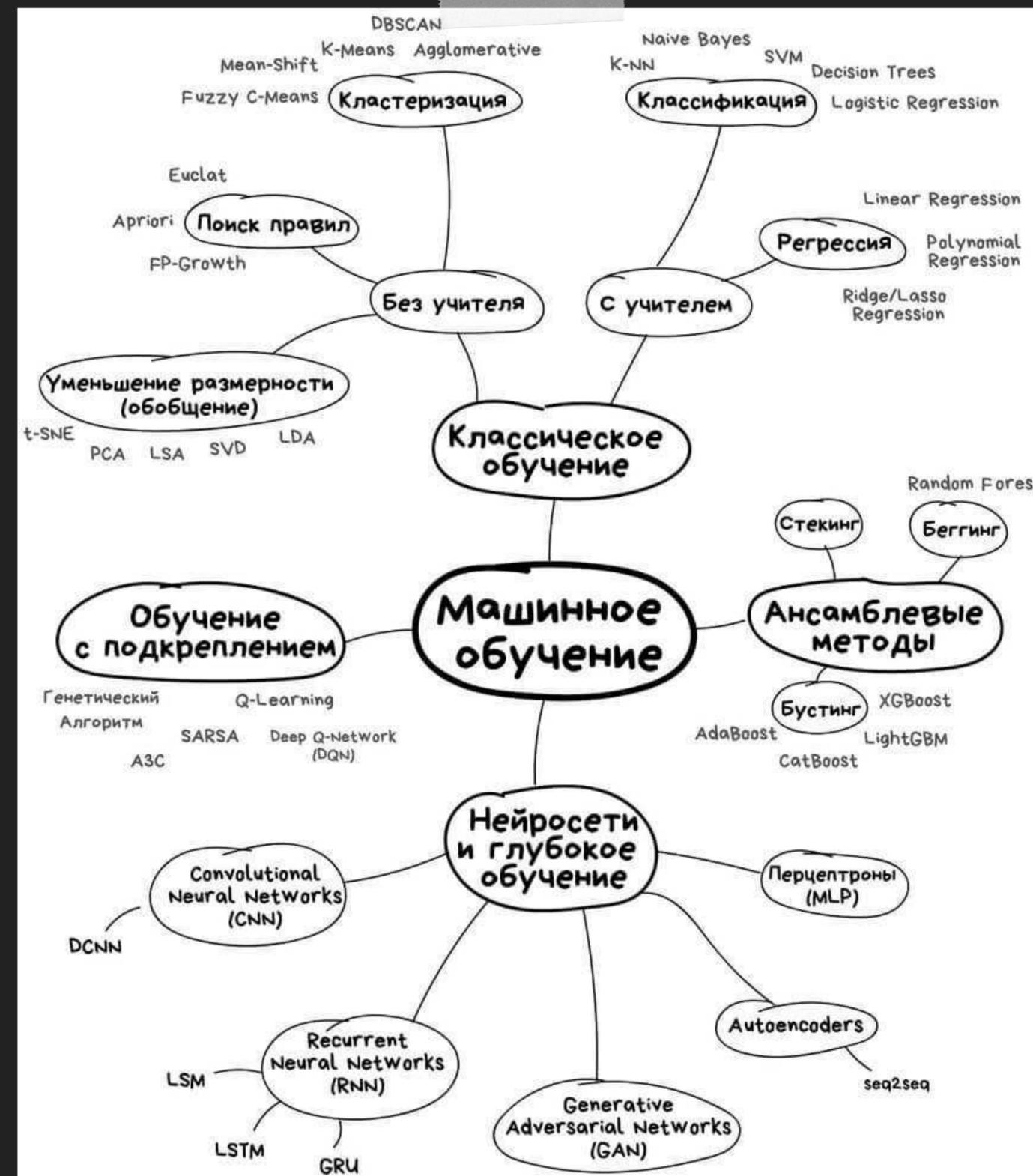
- POWERPOINT
- CORELDRAW

ЧЁТКИЕ ПРОТОКОЛЫ ДЛЯ ОТЧЁТНОСТИ

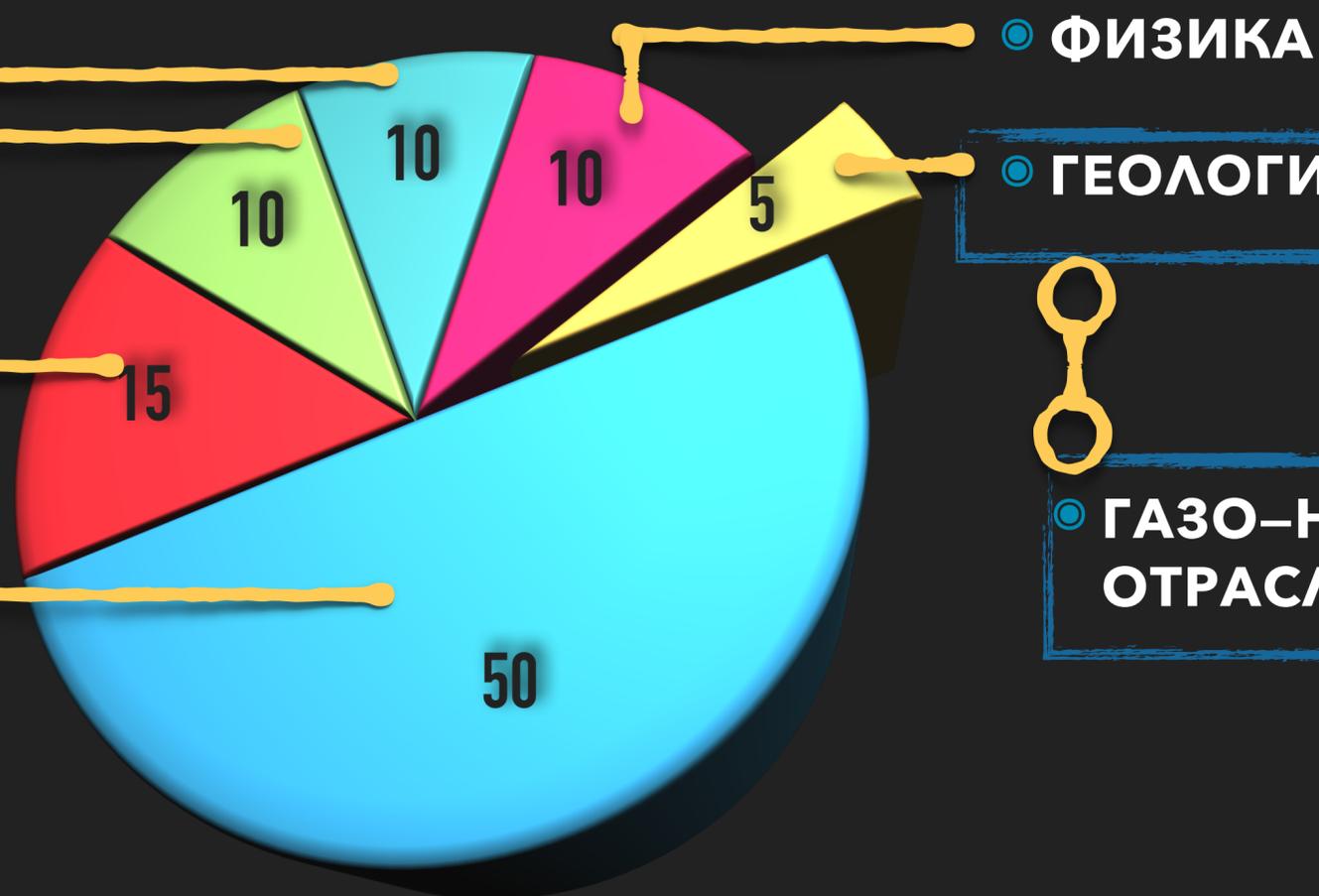
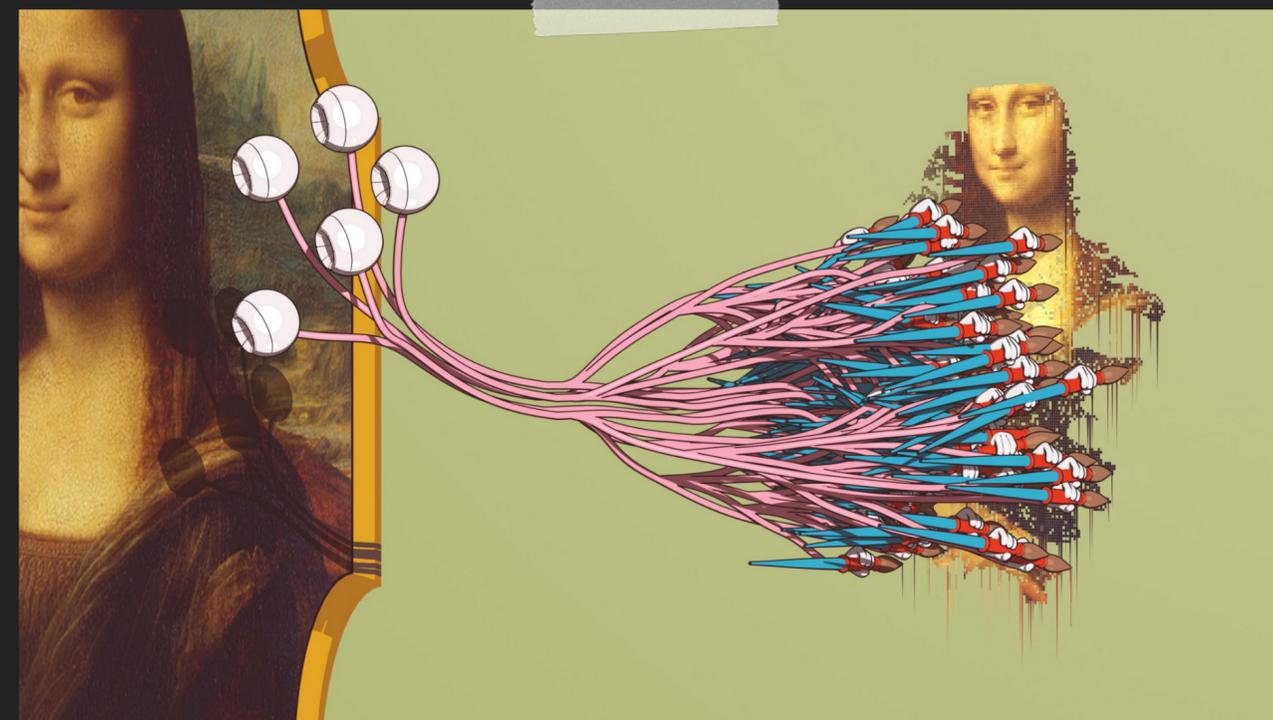
ОДНОЗНАЧНОСТЬ МОДЕЛЕЙ НЕЧЁТКИХ ДАННЫХ

НАДО ДАТЬ МАШИНЕ ДАТЬ САМОЙ
МАТЕМАТИЧЕСКИ ОБОСНОВАТЬ МОДЕЛЬ
МОЗГОПОДОБНЫМИ СПОСОБАМИ

БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО
СТАТИСТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА
ПОД САМЫЕ РАЗНЫЕ
ЗАДАЧИ



- ЭКОНОМИКА
- БИОЛОГИЯ
- СОЦИОЛОГИЯ
- ХИМИЯ



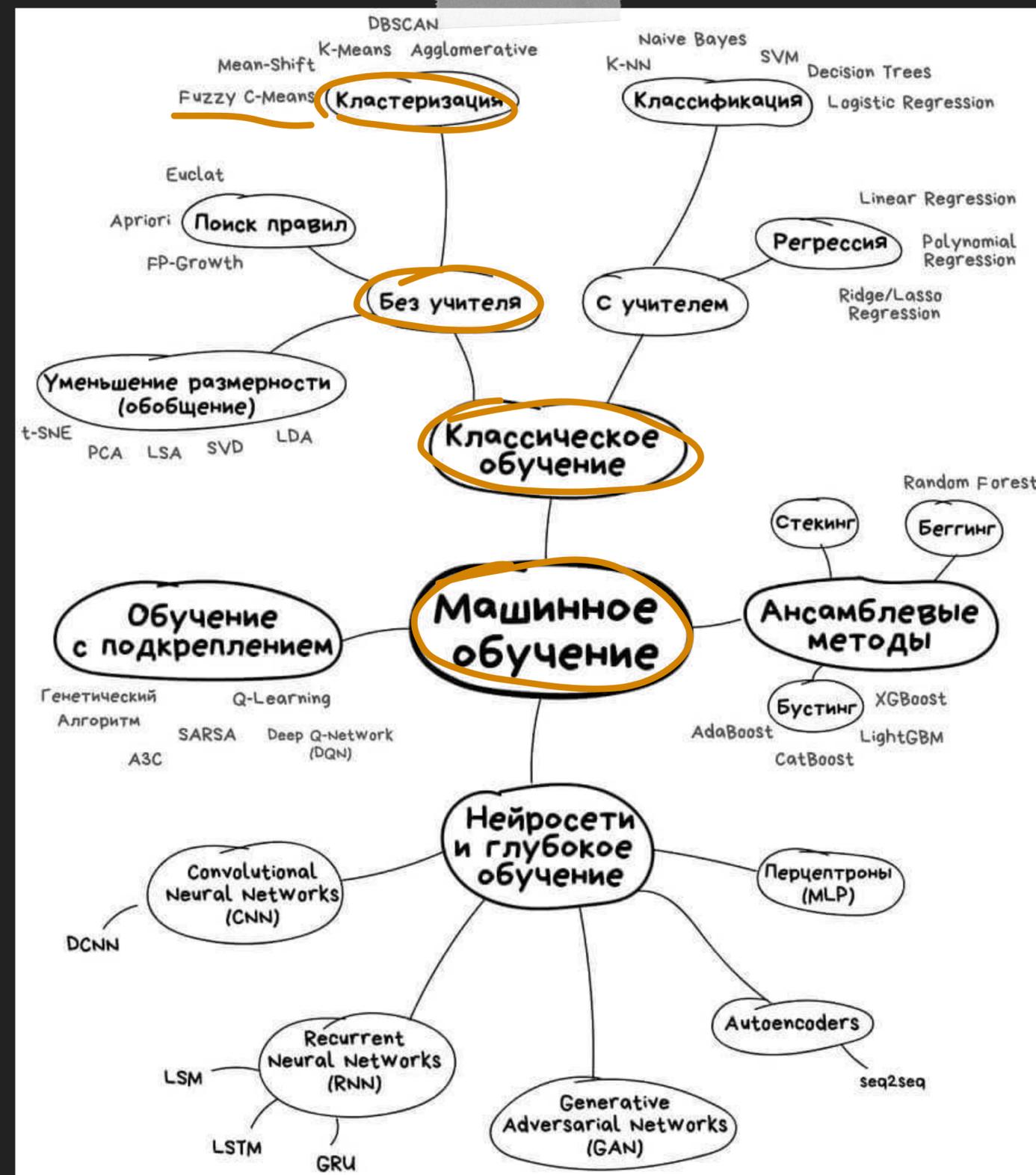
- ФИЗИКА
- ГЕОЛОГИЯ
- ГАЗО-НЕФТЯНАЯ ОТРАСЛЬ

- ◎ ОБУЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРА УЗНАВАТЬ
- ◎ ПОИСК НЕОЧЕВИДНЫХ МОДЕЛЕЙ

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ СЧИТАЕТСЯ ВЕТВЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ОСНОВНАЯ ИДЕЯ КОТОРОГО ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТОБЫ КОМПЬЮТЕР НЕ ПРОСТО ИСПОЛЬЗОВАЛ ЗАРАНЕЕ НАПИСАННЫЙ АЛГОРИТМ, А САМ ОБУЧИЛСЯ РЕШЕНИЮ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ:

- РЕГРЕССИЯ.
- КЛАССИФИКАЦИЯ.
- КЛАСТЕРИЗАЦИЯ.
- УМЕНЬШЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ.



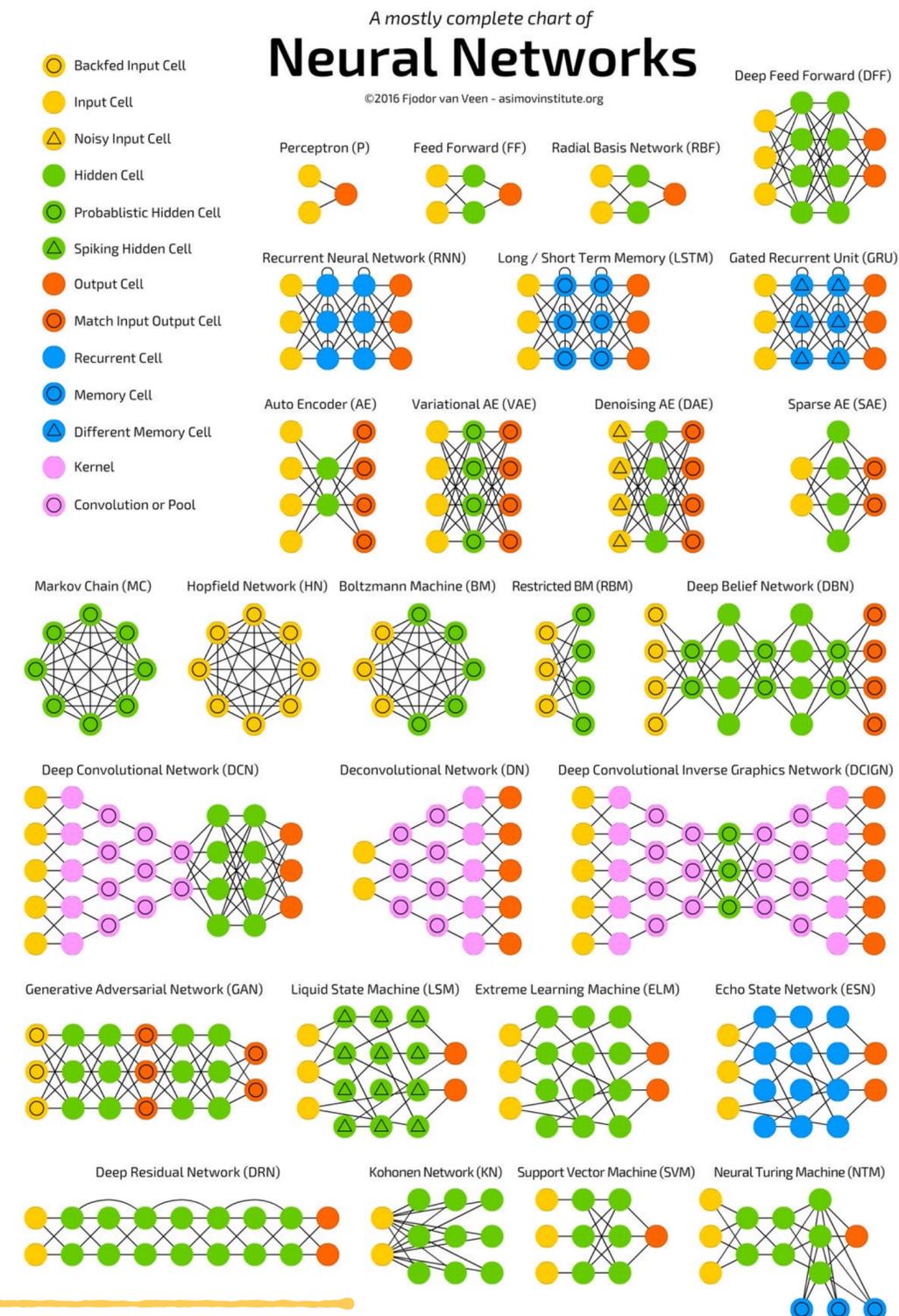
ОБУЧЕНИЕ БЕЗ УЧИТЕЛЯ (UNSUPERVISED LEARNING) — ОТВЕТЫ НЕ ЗАДАЮТСЯ, И ТРЕБУЕТСЯ ИСКАТЬ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ

- ◎ ЗАДАЧА КЛАСТЕРИЗАЦИИ (CLUSTERING)
- ◎ ЗАДАЧА ПОИСКА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ (ASSOCIATION RULES LEARNING)
- ◎ ЗАДАЧА ФИЛЬТРАЦИИ ВЫБРОСОВ (OUTLIERS DETECTION)
- ◎ ЗАДАЧА ПОСТРОЕНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ (QUANTILE ESTIMATION)
- ◎ ЗАДАЧА СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ (DIMENSIONALITY REDUCTION)
- ◎ ЗАДАЧА ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОПУЩЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ (MISSING VALUES)

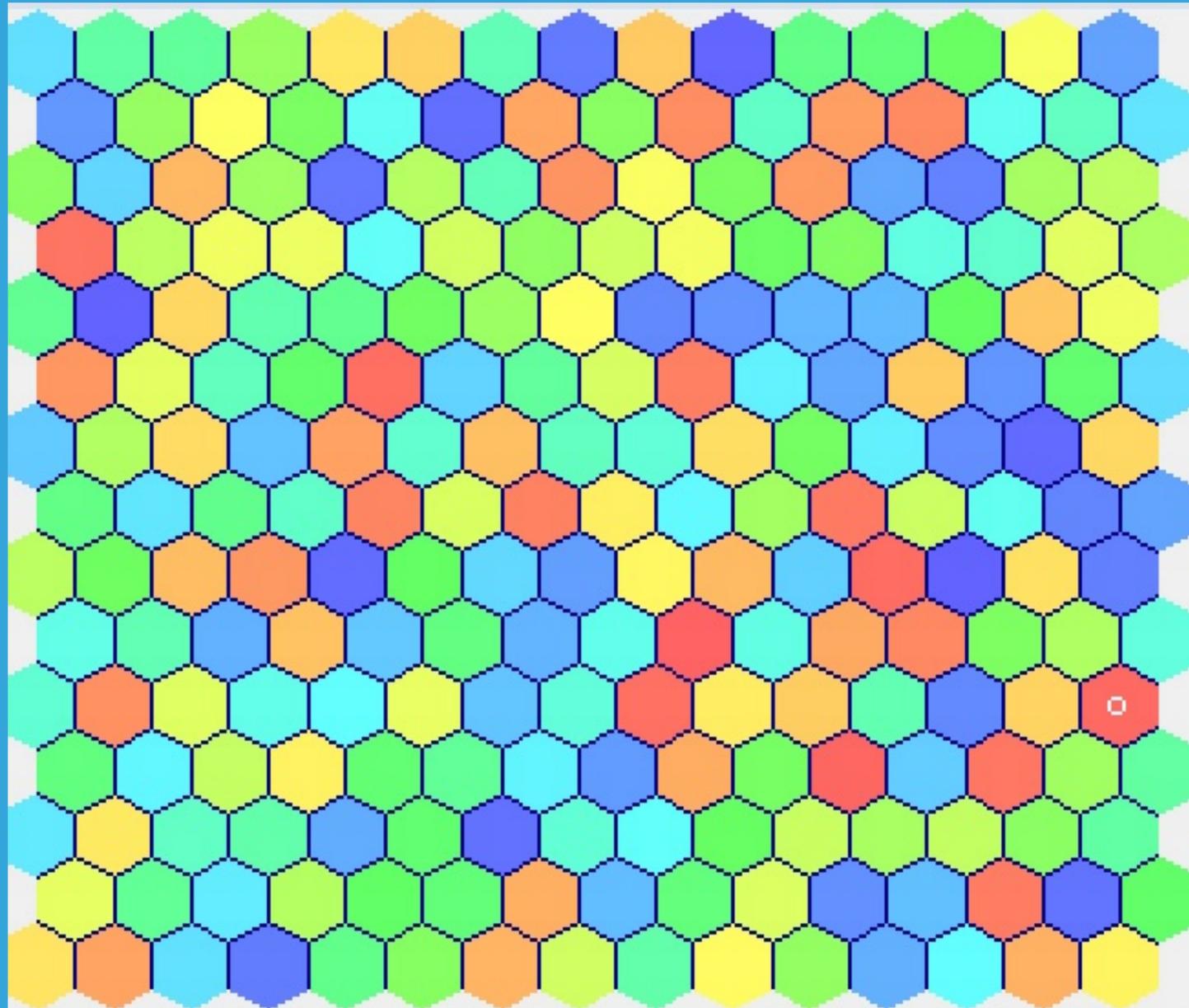
- С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ МОЖНО РЕШАТЬ КАК МИНИМУМ ЗАДАЧИ РЕГРЕССИИ И КЛАССИФИКАЦИИ
- НЕ ВДАВАЯСЬ В МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДРОБНОСТИ, МОЖНО СКАЗАТЬ, ЧТО В СЕРЕДИНЕ ПРОШЛОГО ВЕКА АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ КОЛМОГОРОВ ДОКАЗАЛ – С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ МОЖНО АППРОКСИМИРОВАТЬ ЛЮБУЮ ПОВЕРХНОСТЬ С ЛЮБОЙ ТОЧНОСТЬЮ
- СТРОИТЬ КРАЙНЕ СЛОЖНЫЕ МОДЕЛИ

ГЛАВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ:

- МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗ УЧИТЕЛЯ
- САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ СЕТЬ КОХОНЕНА



САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ КАРТА КОХОНЕНА

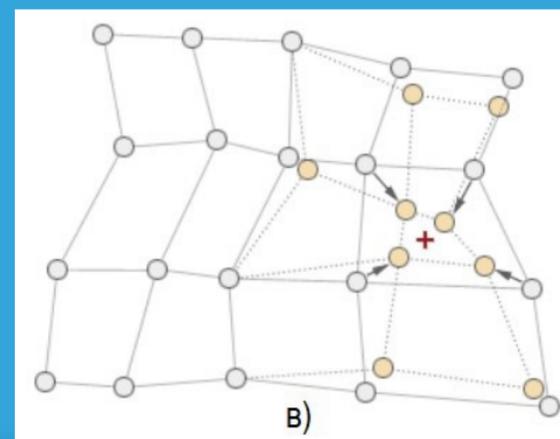
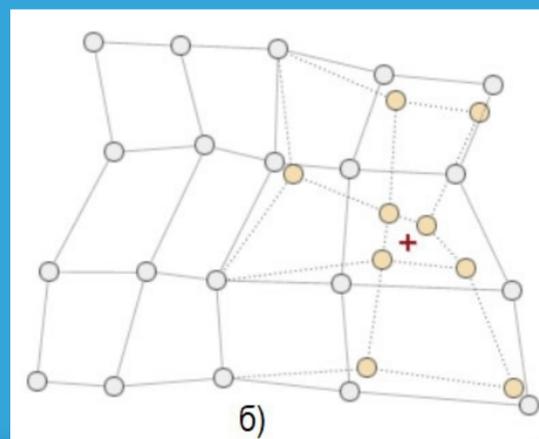
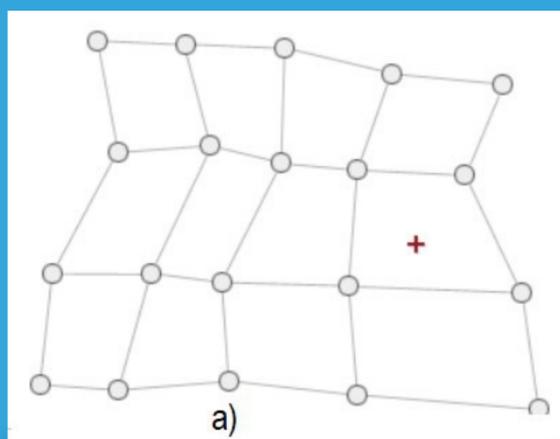
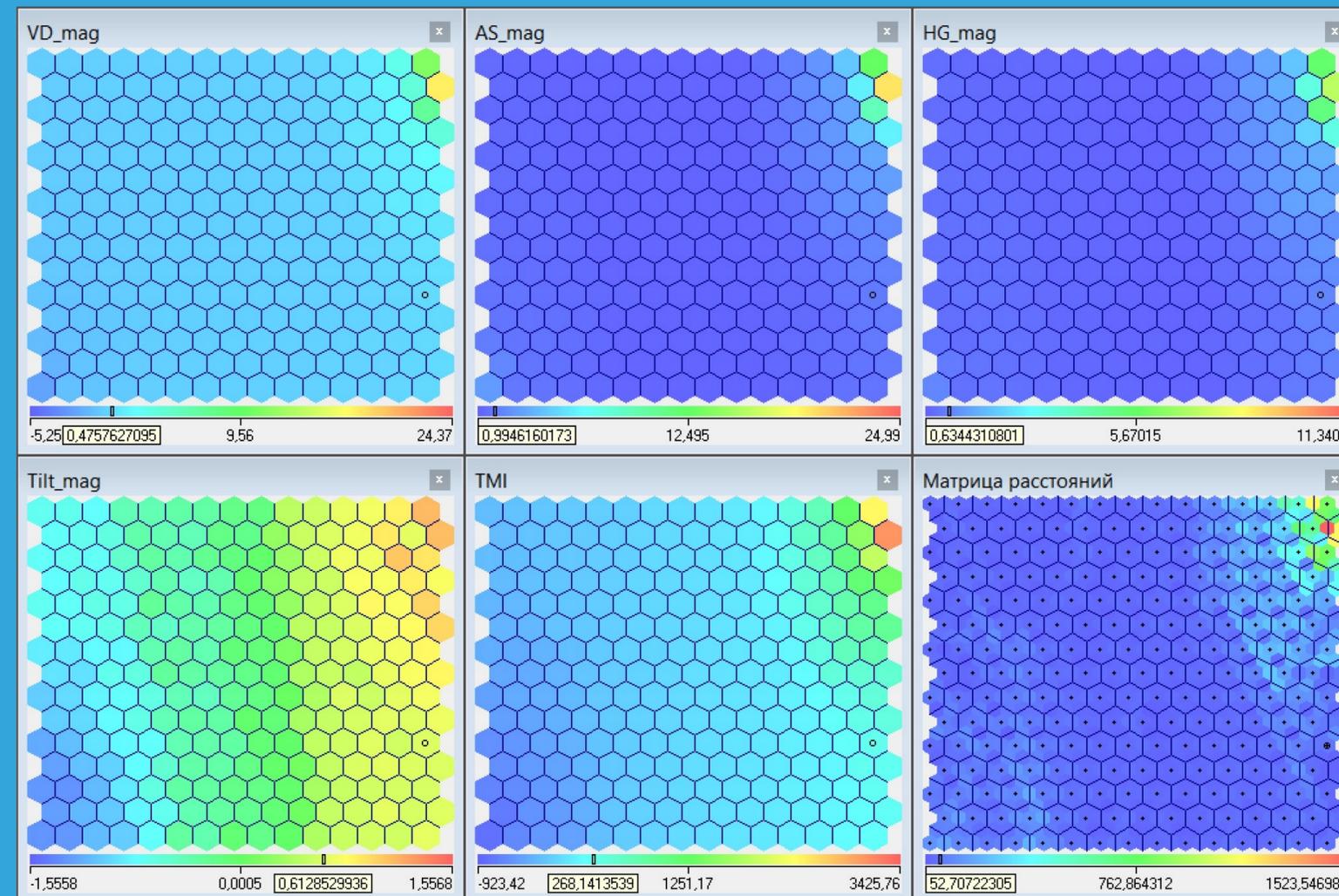
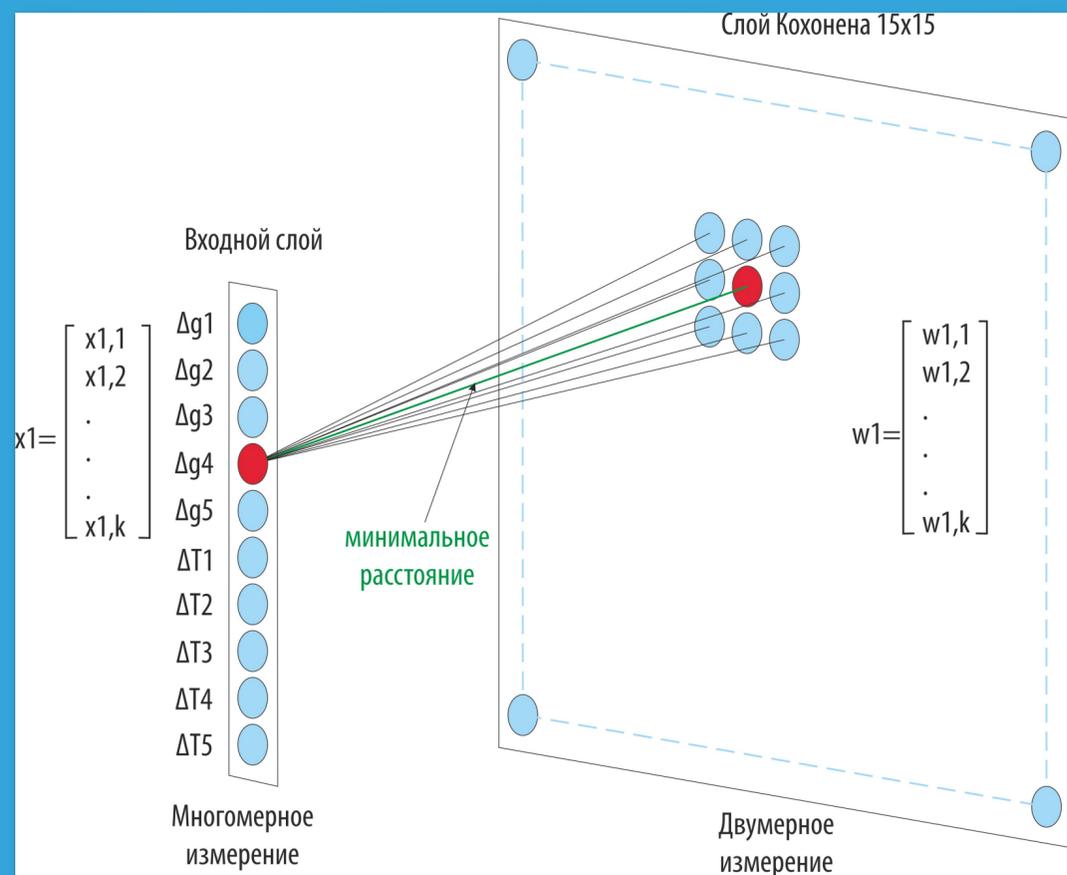


АНАЛИЗ БЕЗ УЧИТЕЛЯ

САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ КАРТЫ КОХОНЕНА СЛУЖАТ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ, ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО («РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО») АНАЛИЗА ДАННЫХ

- ◎ Самоорганизующиеся карты могут рассматриваться как аппроксимации главных многообразий
- ◎ Не являются точкой зрения какого-то специалиста
- ◎ Схожесть кластеров интерактивно отображается рядом

ИДЕЯ СЕТИ КОХОНЕНА ВОЗНИКЛА ПО АНАЛОГИИ С ИЗВЕСТНЫМ СВОЙСТВОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА



ОБУЧАЕТСЯ СЕТЬ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

СВОЙСТВО ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ ДОСТИГАЕТСЯ В АЛГОРИТМЕ С ПОМОЩЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОНЯТИЯ ОКРЕСТНОСТИ, КОГДА НЕСКОЛЬКО НЕЙРОНОВ ОКРУЖАЮТ ВЫИГРАВШИЙ НЕЙРОН

В РЕЗУЛЬТАТЕ ИТЕРАТИВНОЙ ПРОЦЕДУРЫ ОБУЧЕНИЯ СЕТЬ ОРГАНИЗУЕТСЯ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ЭЛЕМЕНТЫ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ЦЕНТРАМ, РАСПОЛОЖЕННЫМ БЛИЗКО ДРУГ ОТ ДРУГА В ПРОСТРАНСТВЕ ВХОДОВ, БУДУТ РАСПОЛАГАТЬСЯ БЛИЗКО ДРУГ ОТ ДРУГА И НА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ

R

Анализ через программирование

BIGML

Наиболее распространённый движок для науки

D3.JS

Интерактивная визуализация

APACHE SPARK

Наибыстрейший анализ данных наиболее крупных масштабов

SAS

Полный пакет для обработки данных

+GGPLOT2

Визуализация через программирование

MATLAB

Анализ через программирование

PYTHON

Анализ через программирование

+TABLEAU

Форматирование через программирование

+MATPLOTLIB

Графы через программирование

+JUPYTER

Пред- и постобработка через программирование

○ **Требуются углубленные знания**

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ
ПЛАТФОРМА
LOGINOM**

**LOW-CODE ПЛАТФОРМА ДЛЯ
РЕАЛИЗАЦИИ ВСЕХ
АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: ОТ
ИНТЕГРАЦИИ И ПОДГОТОВКИ
ДААННЫХ ДО МОДЕЛИРОВАНИЯ,
РАЗВЕРТЫВАНИЯ И
ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

**○ Выбор для естествоиспытателя
будущего**

- Новые методы обработки данных сдерживаются не только малой доступностью аддитивных технологий
- Элемент новизны в новом подходе или новом методе не должен превышать 15%, потому что совсем уже революционные решения, как правило, не находят своего пользователя (исследования маркетологов)
- А вот к необычным формам зрений геологи более благосклонны

- ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОПРОБОВАНИИ КЕРНА СКВАЖИН;
- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАНЖИРОВАНИЕ РУД;
- ЭКСПРЕСС-РАСШИФРОВКА КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ ПО СКВАЖИНАМ;
- ЭКСПРЕСС-ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ПЛОЩАДНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ.

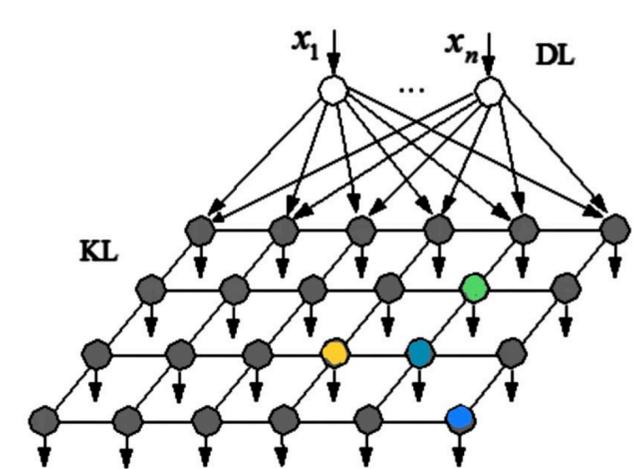
- В геологоразведке
- на руднике

ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ, ПОСТРОЕНИЯ РАЗРЕЗОВ И 3D

- РАЗНЫЕ МНЕНИЯ О ПЕТРОГРАФИИ
- ТЫСЯЧИ АНАЛИЗОВ ПРОБ КЕРНА СКВАЖИН

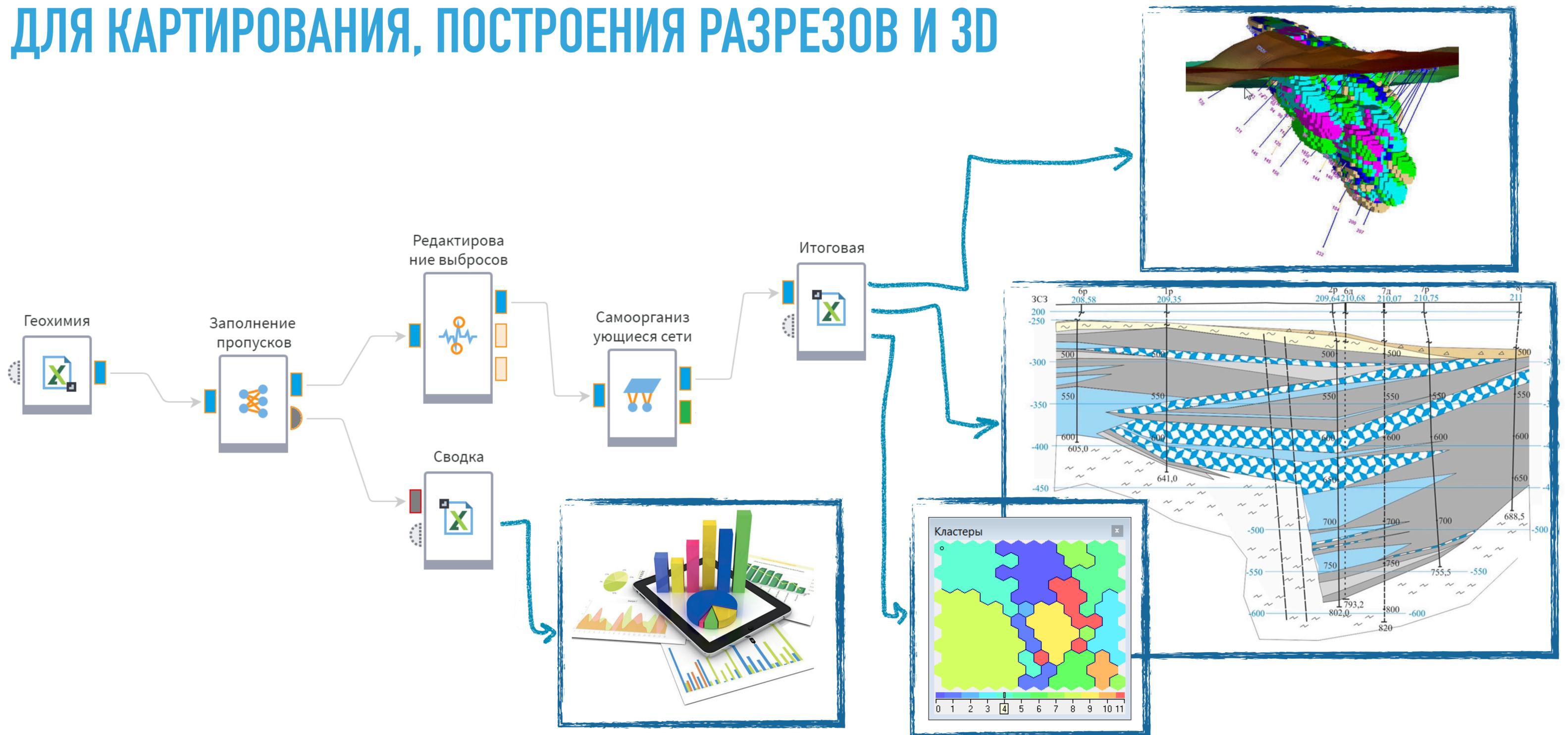
№№ п/п	скв./проба	Минерально-технологические типы	Интервалы опробования, м		Длины проб, м	Выход керна, м, %		Химический состав													
			от	до		м	%	Feобш.	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	П.п.п.	CaO	MgO	MnO	S _{общ.}	V ₂ O ₅	Ge	TiO ₂
1	1P/1	Руда г/гем.-сидер.-мартитов., скальная	467,3	467,8	0,5	0,3	60	55,98	80,05	11,49	7,60	1,25	0,08	6,71	2,70	0,48	0,090	0,360	0,02	0,00053	0,025
2	1P/2	Сланец с рудными прослоями, п/скальн.	467,8	468,6	0,8	0,3	40	47,09	67,34	20,04	10,47	6,39	0,13	10,26	1,58	1,08	0,13	3,52	0,02	0,00088	0,154
3	1P/3	Руда г/гем.-сидер.-мартитов.с г/гет., скальн.	468,6	473,2	4,6	3,6	78	60,17	86,05	17,75	2,02	2,13	0,1	7,33	1,04	0,74	0,12	0,076	0,02	0,00073	0,04
4	1P/4	Руда г/гематит-мартитовая, скальная с прослоями рыхлой-полурыхлой	473,2	478,0	4,8	3,4	71	63,31	90,54	12,23	2,41	2,21	0,1	3,47	0,6	0,47	0,05	0,14	0,02	0,0012	0,047
5	1P/5		478	479,7	1,7	1,3	76	62,34	89,14	11,93	3,47	2,62	0,11	2,89	0,68	0,43	0,04	0,047	0,02	0,0012	0,05
6	1P/6		479,7	487,7	8,0	5,9	74	64,81	92,68	14,07	1,88	1,47	0,08	3,02	0,47	0,33	0,07	0,12	0,02	0,00065	0,029
7	1P/7	Руда г/гем.-мартитов.с жел.сл., шамоз., карбонатом, выщелоченная, п/скальн.-скальн.	487,70	494,1	6,4	4,8	75	64,16	91,75	16,65	2,28	1,76	0,09	3,36	0,5	0,32	0,07	0,086	0,02	0,00059	0,02
8	1P/8		494,1	495,1	1,0	0,8	80	63,72	91,11	15,1	3,52	2,75	0,1	1,87	0,37	0,24	0,04	0,09	0,02	0,00063	0,025
9	1P/9	Руда сидер.-г/гем.-мартитовая, п/скальная	495,1	496,1	1,0	0,7	70	65,05	93,02	11,27	3,34	1,53	0,08	1,22	0,37	0,18	0,02	0,037	0,02	0,00057	0,022
10	1P/10	Та же, с жел.сл., шамозитом, п/ск.-скальная	496,1	498,75	2,65	2,0	75	67,43	96,42	10,6	1,27	0,98	0,07	1,04	0,27	0,13	0,02	0,11	0,02	0,00059	0,029
11	1P/11	Та же руда, с прослоями рыхлой	498,75	500,6	1,85	1,05	57	66,87	95,62	10,68	1,66	0,87	0,08	1,08	0,49	0,14	0,03	0,41	0,02	0,00011	0,029
12	1P/12	Та же руда, скальная	500,6	504,5	3,9	2,9	74	68,07	97,34	9,58	0,79	0,48	0,04	1	0,33	0,13	0,04	0,11	0,02	0,00033	0,02
13	1P/13	Руда сидер.-мартит.с пиритом, п/скальная	504,5	505,0	0,5	0,35	70	59,52	85,11	7,37	0,48	0,42	0,04	5,13	8,31	0,14	0,03	0,58	0,02	0,00066	0,02
14	1P/14	Та же руда	505	506,5	1,5	1,0	67	68,95	98,6	7,44	0,53	0,49	0,04	-0,1	0,29	0,05	0,01	0,48	0,02	0,00072	0,02
15	1P/15	Руда мартит.с шамоз., жел.сл., п/ск.-п/рыхл.	506,5	508,5	2,0	1,5	75	69,15	98,88	8,32	0,87	0,51	0,05	-0,34	0,12	0,06	0,01	0,21	0,02	0,00045	0,029
16	1P/16	Руда сид.-март.с шам., ж.сл., п/ск.-скальная	508,5	519,3	10,8	8,5	79	68,75	98,31	8,91	0,83	0,74	0,05	0,25	0,17	0,1	0,02	0,11	0,02	0,0006	0,02
17	1P/17	Руда мартит.с шам., ж.сл., п/рыхл.до полуск.	519,3	522,3	3,0	2,35	78	67,74	96,87	6,48	0,83	0,8	0,063	0,25	0,86	0,08	0,01	0,24	0,02	0,00044	0,02
18	1P/18	Руда мартитовая, рыхлая	522,3	523,8	1,5	1,45	97	68,19	97,51	6,19	0,74	0,69	0,062	0,35	0,22	0,08	0,03	0,24	0,02	0,00059	0,02
19	1P/19	Руда сидерит-мартитовая, скальная крепкая	523,8	525,0	1,2	0,9	75	63,17	90,33	6,78	0,79	0,9	0,054	3,37	4,03	0,14	0,04	0,12	0,02	0,00053	0,02
20	1P/20	Та же, с жел.сл., г/гемат., скальн.-полуск.	525	531,55	6,55	4,8	73	65,43	93,57	7,07	1,58	1,22	0,078	1,68	1,35	0,24	0,03	0,02	0,02	0,00072	0,02
21	1P/21		531,55	541,4	9,85	7,0	71	67,57	96,63	4,64	1,53	1,04	0,053	0,76	0,24	0,18	0,02	0,049	0,02	0,0008	0,02
22	1P/22	Руда мартитовая, полурыхлая, с прослоями карбонизированной, полускальной	541,4	542,6	1,2	0,8	67	69,17	98,92	3,31	0,48	0,59	0,078	0,23	0,16	0,07	0,01	0,073	0,02	0,00048	0,02
23	1P/23		542,6	544,2	1,6	1,1	69	69,01	98,68	3,76	0,48	0,65	0,081	0,15	0,22	0,09	0,01	0,082	0,02	0,0007	0,02
24	1P/24	Руда мартитовая, полускальная-полурыхл.	544,2	547,0	2,8	1,9	68	69,3	99,1	2,21	0,7	0,64	0,053	0,31	0,11	0,07	0,01	0,041	0,02	0,0006	0,02
25	1P/25	Руда сидерит-мартитовая, скальная	547	550,0	3,0	2,2	73	67,71	96,82	4,49	0,88	0,8	0,072	1,46	0,47	0,21	0,04	0,022	0,02	0,00055	0,02
26	1P/26	Руда г/гетит-мартитовая, рыхлая-полурыхл.	550	556,9	6,9	5,2	75	67,12	95,98	1,99	1,84	0,97	0,09	1,44	0,28	0,14	0,01	0,016	0,02	0,00055	0,025
27	1P/27	Та же, прослой карбонизир., п/скальной	556,9	562,15	5,25	4,4	84	68,03	97,28	1,69	0,74	0,85	0,133	1,69	0,19	0,07	0,01	0,013	0,02	0,00057	0,02
28	1P/28	Руда г/гет.-март.с г/гематитом, п/ск.-скальн.	562,15	565,9	3,75	3,0	80	67,53	96,57	2,43	1,53	0,85	0,123	1,22	0,21	0,12	0,01	0,017	0,02	0,0006	0,02
29	1P/29	Руда г/гетит-мартитовая, рыхлая-полурыхл.	565,9	567,4	1,50	1,2	80	68,03	97,28	1,92	0,88	0,69	0,088	0,95	0,18	0,07	0,01	0,01	0,02	0,00053	0,02
30	1P/30	Руда г/гетит-мартитовая, полурыхлая	567,4	570,0	2,60	2,4	92	68,35	97,74	2,21	1,18	0,74	0,081	0,96	0,23	0,08	0,01	0,099	0,02	0,0008	0,02
31	1P/31	Руда гидрогематит-мартитовая, скальная	570	572,45	2,45	1,50	61	64,45	92,16	5,75	1,75	1,2	0,116	3,08	1,64	0,32	0,08	0,069	0,02	0,00059	0,029
32	1P/32	Руда гидрогетит-мартитовая, п/ск.-п/рыхлая	572,45	577,75	5,3	3,1	60	66,71	95,4	3,39	1,27	0,9	0,11	2,3	0,65	0,2	0,05	0,016	0,02	0,00048	0,02
33	1P/33	Руда сид.-г/гем.-март.с г/гетитом скальная	577,75	580,68	2,93	2,0	68	64,46	92,18	5,23	1,27	1,01	0,14	2,93	0,68	0,33	0,08	0,087	0,02	0,00062	0,072
34	1P/34	Руда г/гет.-март.с г/гем., п/ск., прослой рыхл.	580,68	587,05	6,37	5,0	78	66,71	95,39	2,28	1,18	0,56	0,083	1,62	0,45	0,11	0,03	0,061	0,02	0,00073	0,047
35	1P/35	Та же руда, рыхлая-полурыхлая	587,05	592,4	5,35	4,2	79	66,06	94,47	2,5	1,45	0,7	0,083	1,64	0,78	0,09	0,03	0,15	0,02	0,00059	0,043
36	1P/36	Руда гидрогетит-мартитовая, полускальная	592,4	595,4	3,0	2,3	77	64,24	91,87	3,68	2,06	1,11	0,14	2,1	1,39	0,19	0,03	0,12	0,02	0,00073	0,061
37	1P/37	Та же, с гидрогематитом, п/скальн.-п/рыхл.	595,4	602,0	6,6	5,1	77	63,72	91,11	3,39	2,41	1,03	0,1	2,2	1,6	0,16	0,04	0,16	0,02	0,00051	0,043
38	1P/38	Руда гидрогетит-мартитовая с гидрогематитом, полурыхлая-рыхлая, прослой полускальной	602	606,0	4,0	3,1	78	66,18	94,64	2,28	1,36	0,8	0,129	1,55	0,72	0,11	0,03	0,14	0,02	0,00045	0,025
39	1P/39		606	609,5	3,5	2,6	74	65,5	93,66	1,84	1,53	0,67	0,101	2,04	1,27	0,09	0,04	0,13	0,02	0,00024	0,05
40	1P/40		609,5	614,45	4,95	3,6	73	66,5	95,1	1,84	1,31	0,77	0,09	1,72	0,54	0,09	0,03	0,072	0,02	0,00041	0,02
41	1P/41		614,45	621,35	6,9	5,1	74	66,63	95,27	1,62	1,1	0,64	0,091	1,9	0,74	0,08	0,03	0,08	0,02	0,00037	0,02
42	1P/42	Руда г/гет.-сидер.-мартит.с жел.сл., ск.-п/ск.	621,35	627,5	6,15	4,7	76	67,77	96,77	3,76	1,1	0,64	0,057	0,96	0,42	0,08	0,02	0,023	0,02	0,00051	0,04
43	1P/43	Руда сид.-март.с г/гет., ж.сл., ск.с просл.п/р.	627,5	631,0	3,50	2,5	71	67,79	96,94	3,54	0,92	0,77	0,062	0,49	0,34	0,08	0,02	0,051	0,02	0,00037	0,02
44	1P/44		631	632,0	1,00	0,8	80	67,50	96,85	2,85	1,31	0,78	0,065	0,66	0,47	0,10	0,02	0,042	0,02	0,00042	0,02

РАБОЧИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ АНАЛИЗА



Нейронная сеть Кохонена: x_1, \dots, x_n – входные параметры факторного пространства; DL, KL – распределительный слой и слой Кохонена соответственно; кластерные элементы изображены шариками

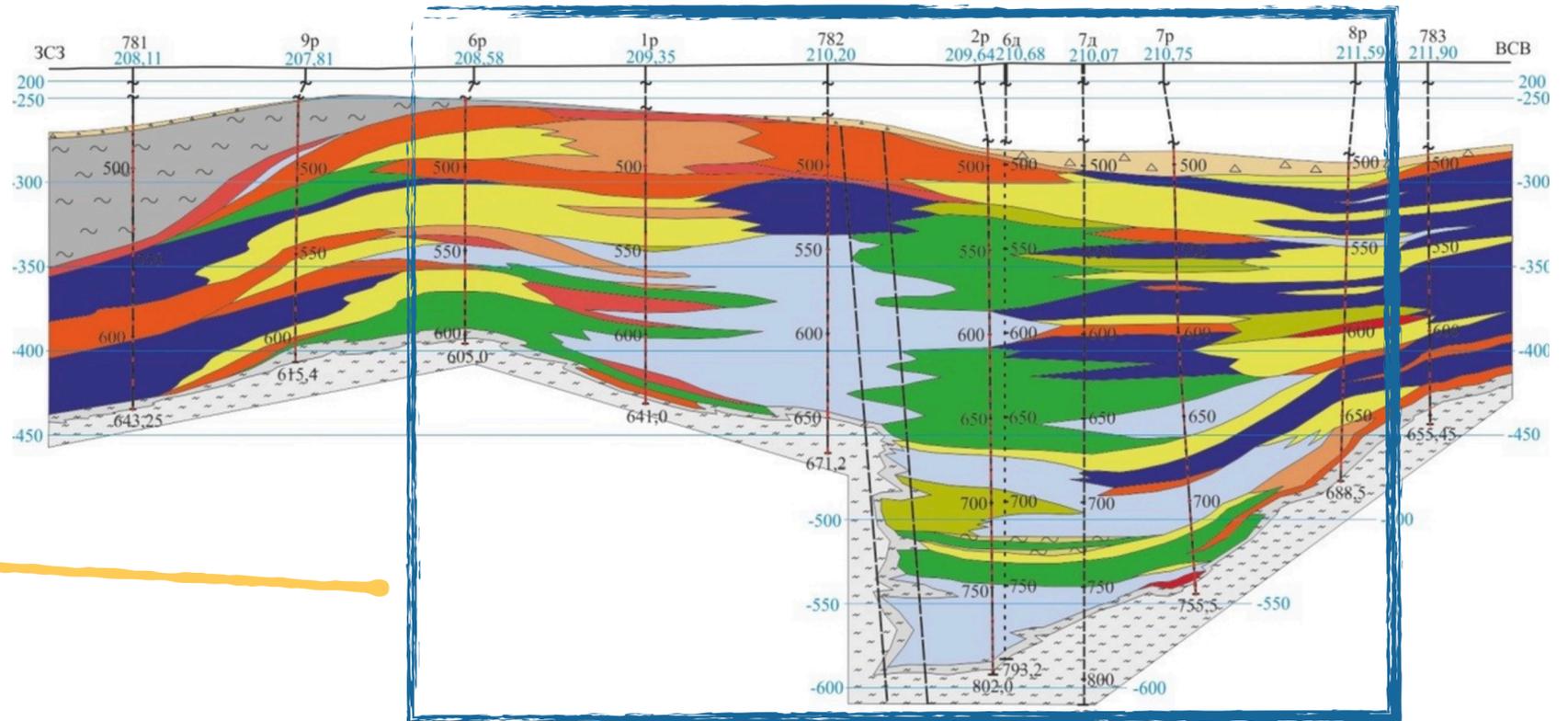
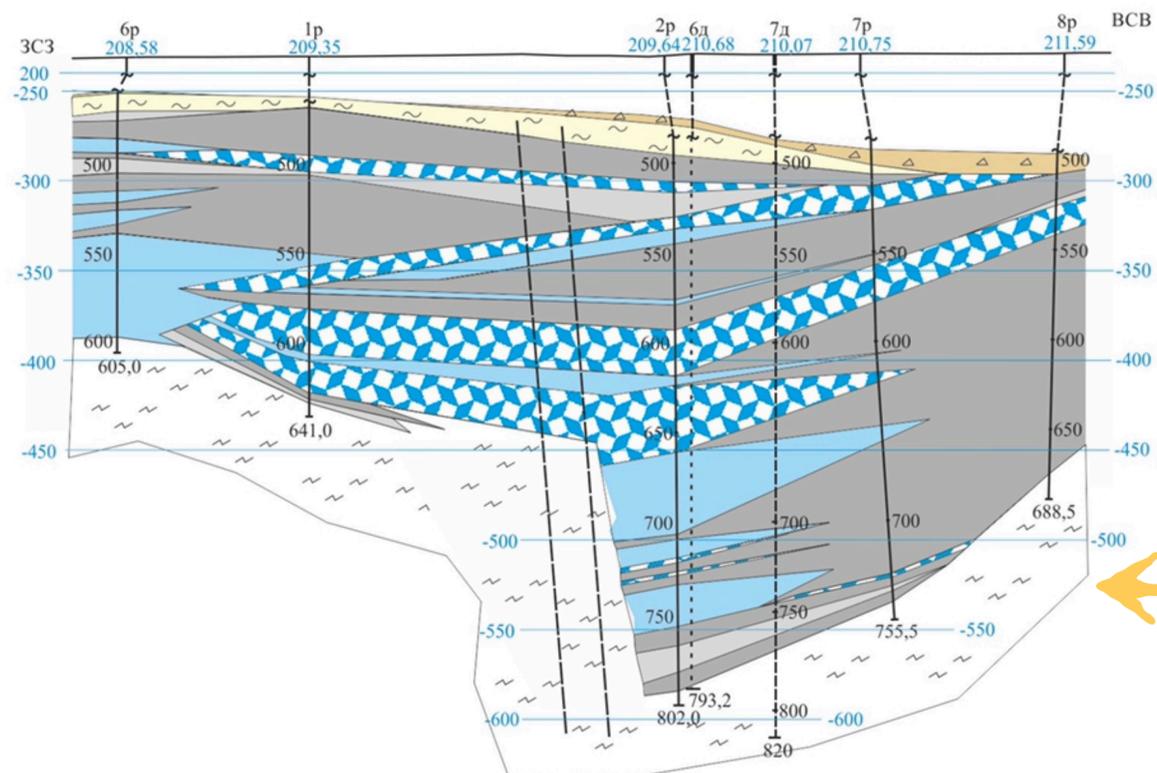
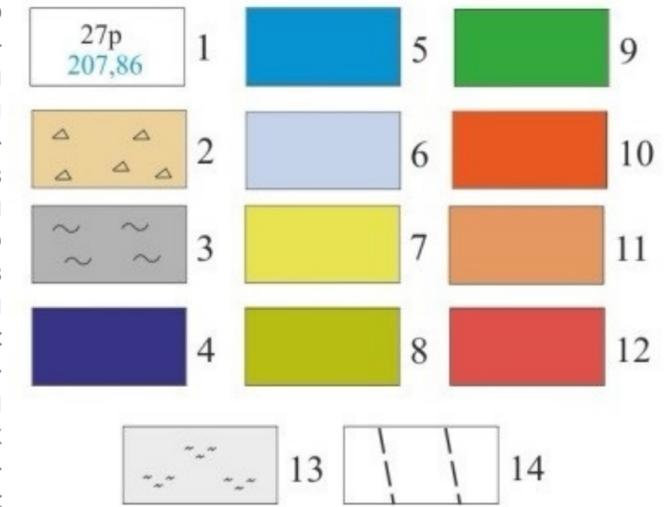
ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ, ПОСТРОЕНИЯ РАЗРЕЗОВ И 3D



РАЗРЕЗ ПО ПОРОДОБРАЗУЮЩИМ ОКСИДАМ

БЕЗ ЛИТОЛОГИИ

Разрез коры выветривания, развитой по джеспилитам Большетроицкого месторождения КМА: 1 - номер скв./абс. отм., м; 2 - осадочные обломочные отложения; 3 - сильно выветрелые филлитовидные сланцы; 4 - первый тип пород (см. в тексте); 5 - второй тип пород; 6 - третий тип пород; 7 - четвертый тип пород; 8 - пятый тип пород; 9 - шестой тип пород; 10 - седьмой тип пород; 11 - восьмой тип пород; 12 - девятый тип пород; 4 - рыхлые-полурыхлые существенно мартитовые серовато-синие до темно-синих; 5 - слоистые из полурыхлых, полускальных и скальных мартитовые серовато-синие; 6 - полускальные и скальные мартитовые с магнетитом и гидрогематитом; 7 - рыхлые-полурыхлые существенно гидрогематитовые с гидрогетитом красноватые и буровато-желтые; 8 - слоистые из полурыхлых, полускальных и скальных гидрогематитовые с гидрогетитом на карбонатном цементе серые, красноватые и буровато-желтые; 9 - полускальные и скальные мартитовые с магнетитом и гидрогематитом на частично карбонатном цементе серые и буровато-красноватые; 10 - рыхлые-полурыхлые существенно гидрогетитовые с гематитом и мартитом от бурых до ярко-желтых; 11 - слоистые из полурыхлых, полускальных и скальных существенно гидрогетитовые с шамозитом на частичном карбонатном цементе; 12 - полускальные и скальные мартитовые существенно гидрогетитовые, сидеритизированные с магнетитом и гидрогематитом бурые и светло-красные; 13 - окисленные кварциты; 14 - тектоническое нарушение



ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

+

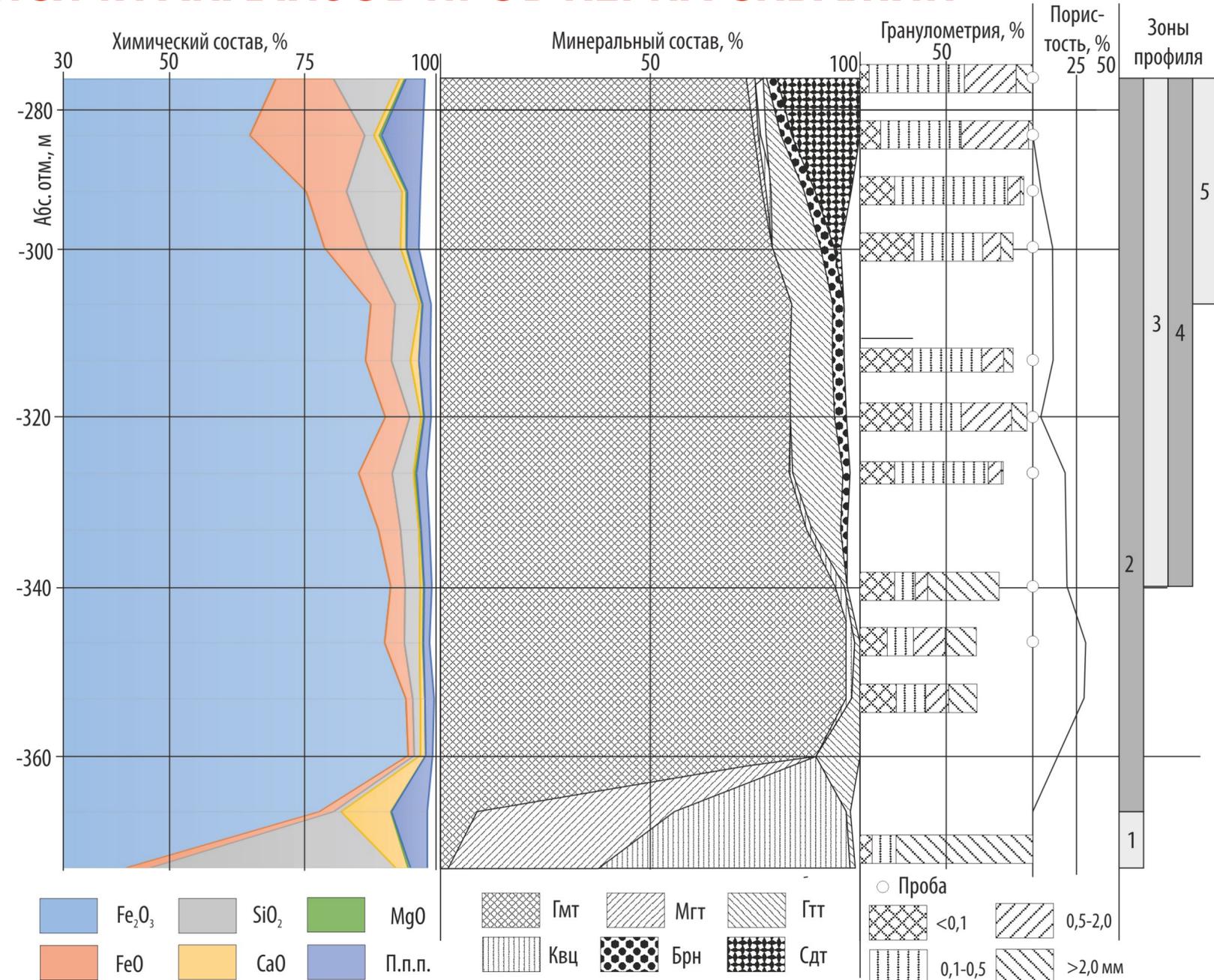
ГРАНУЛОМЕТРИЯ

+

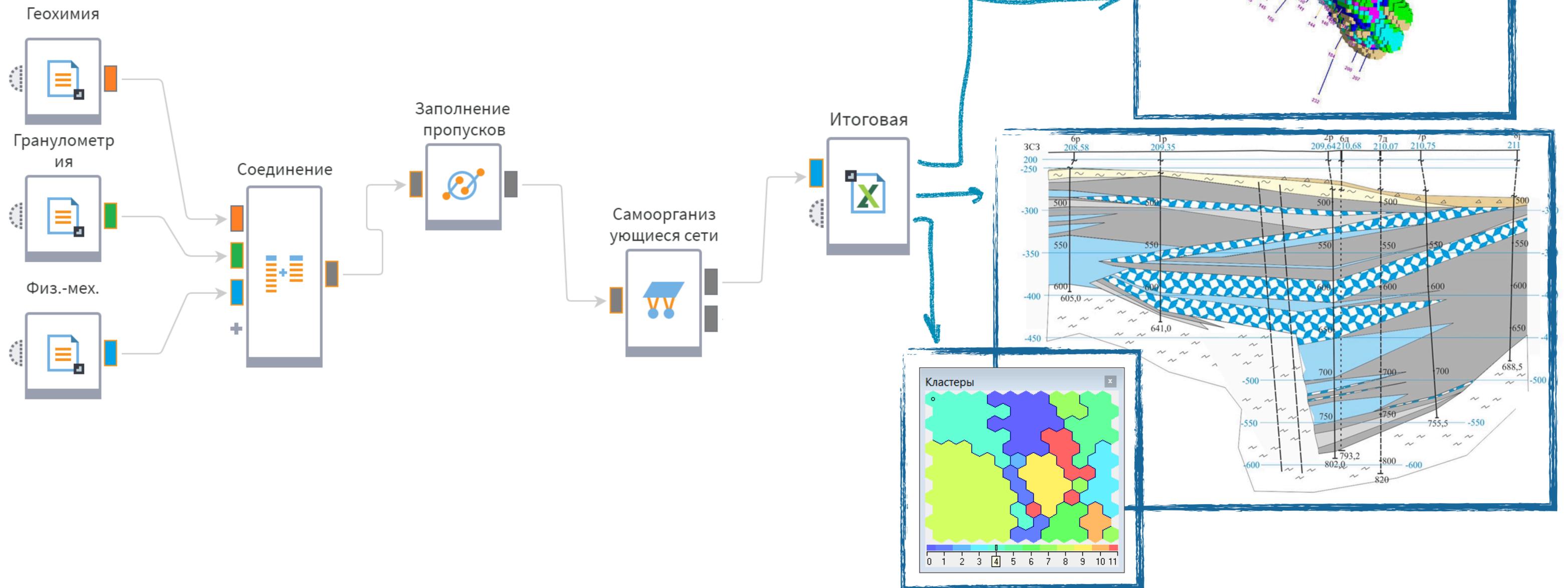
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

● НЕЧЁТКАЯ МОДЕЛЬ РУДНОЙ ПУЛЬПЫ, ПРИГОДНОЙ ДЛЯ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ

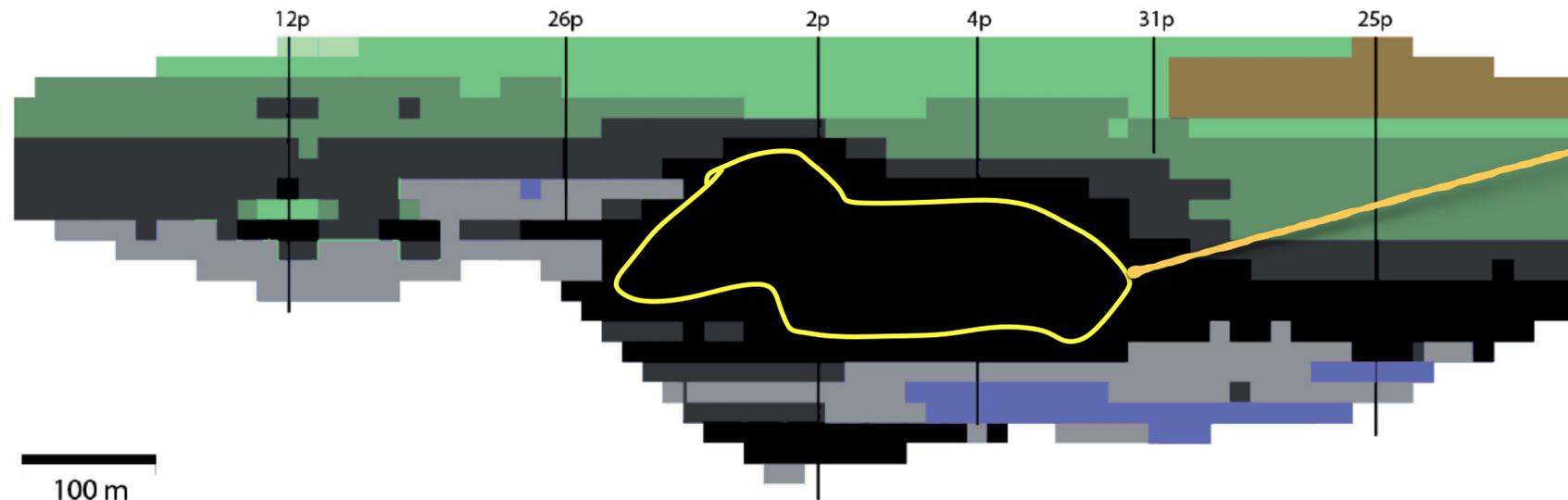
● ТЫСЯЧИ АНАЛИЗОВ ПРОБ КЕРНА СКВАЖИН



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ



● ОПЕРАТИВНО

● МАТЕМАТИЧЕСКИ ОБОСНОВАННО

● РЕЛЕВАНТНО

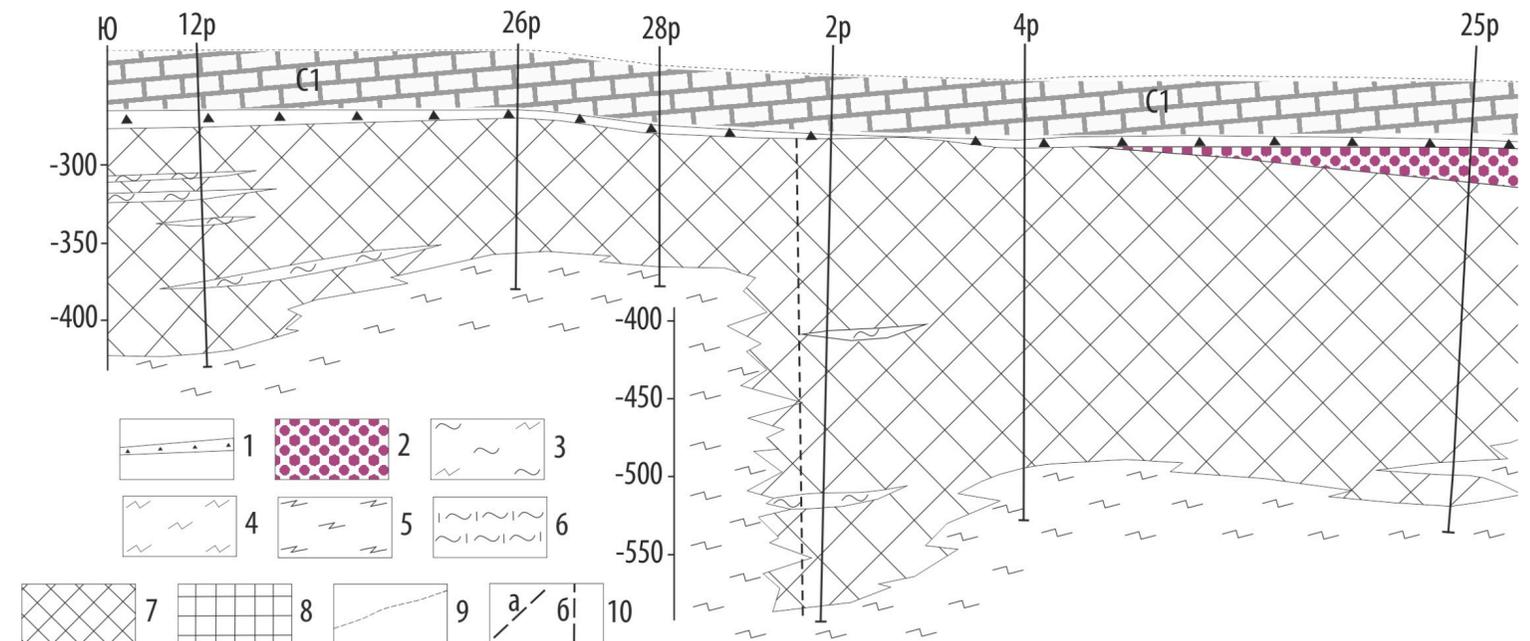
● БЕСКОНЕЧНО ПОВТОРИМО

**НАИБОЛЕЕ БЛАГОПРИЯТНАЯ
ЗОНА ДЛЯ СКВАЖИННОЙ
ГИДРОДОБЫЧИ**

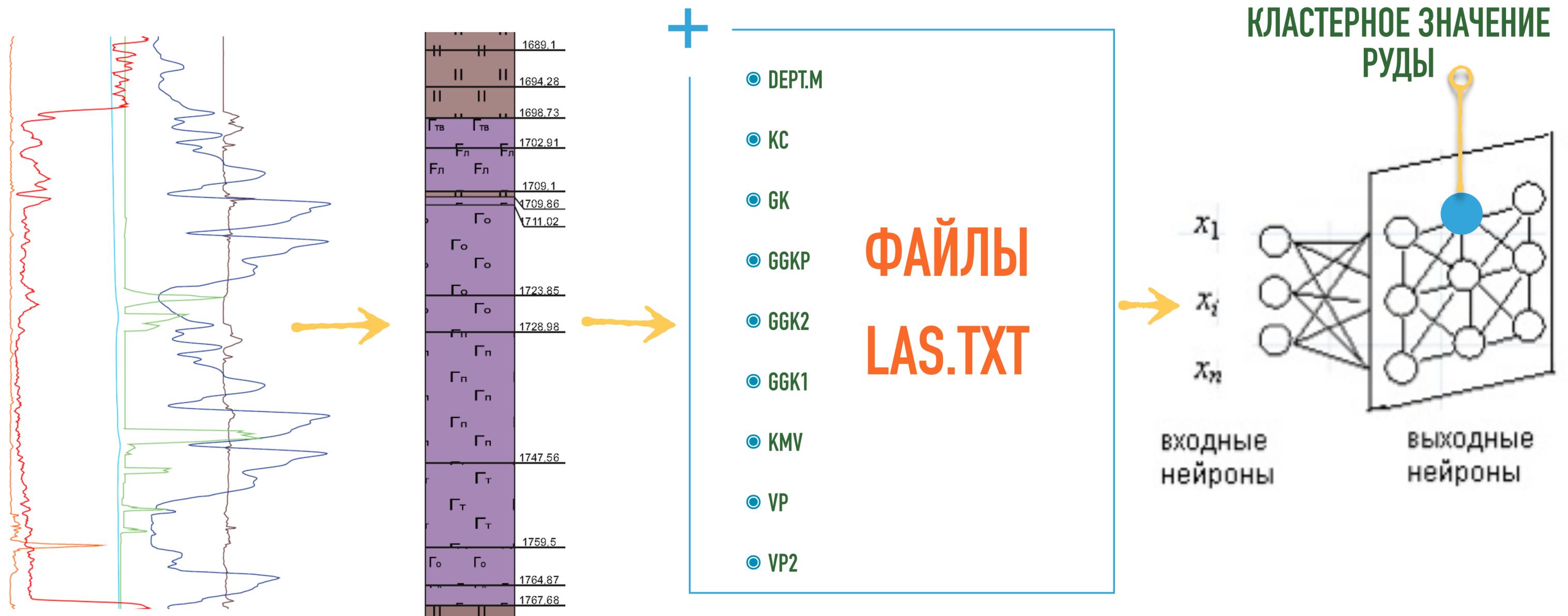
Геологический разрез Большетроицкого месторождения.

1 - карбонатные породы и рудные конгло-брекчии нижнекаменноугольных отложений (С1); 2 - бокситы, Fe-Al-породы PR1kr4; тела сланцев среди Fe-кварцитов kr2-3; 3 - толща, переходная от сланцев к Fe-кварцитам; 4 - Fe-кварциты kr2-3; 5 - Fe-кварциты kr1; 6 - филлитовидные сланцы PR1st; 7 - богатые Fe-руды в kr2-3; 8 - богатые Fe-руды в kr1; 9 - предполагаемые (условные) границы; 10 - предполагаемый разлом (а); предполагаемая ось зоны дробления (б).

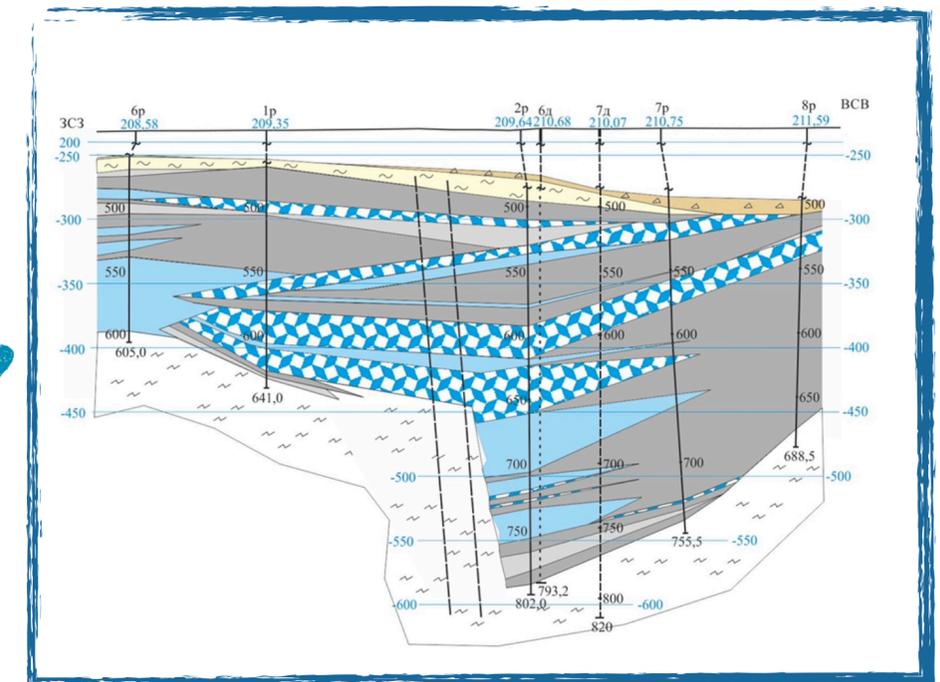
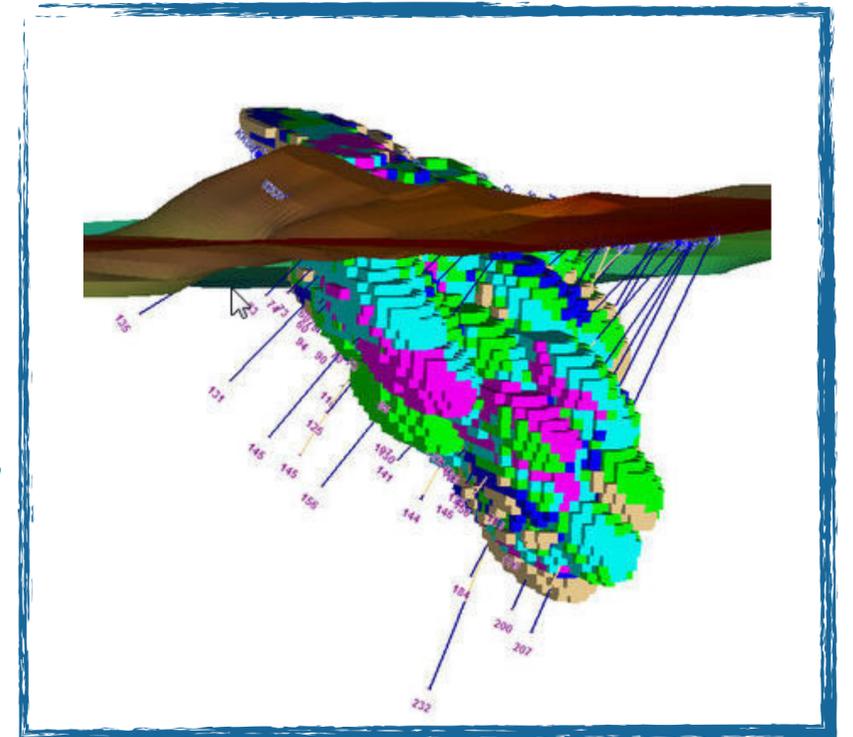
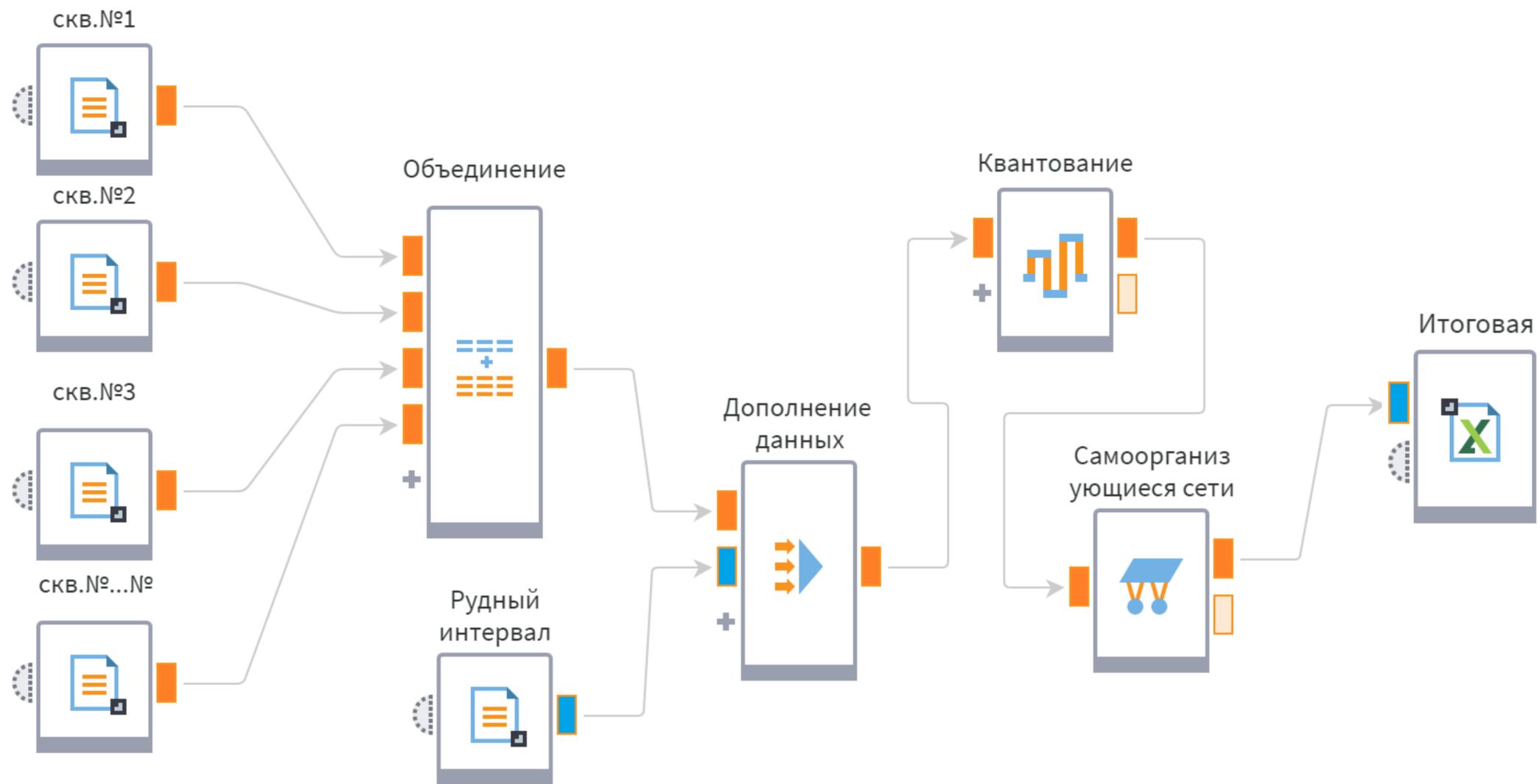
Скважины



РАЗДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ПОРОД В СКВАЖИНЕ



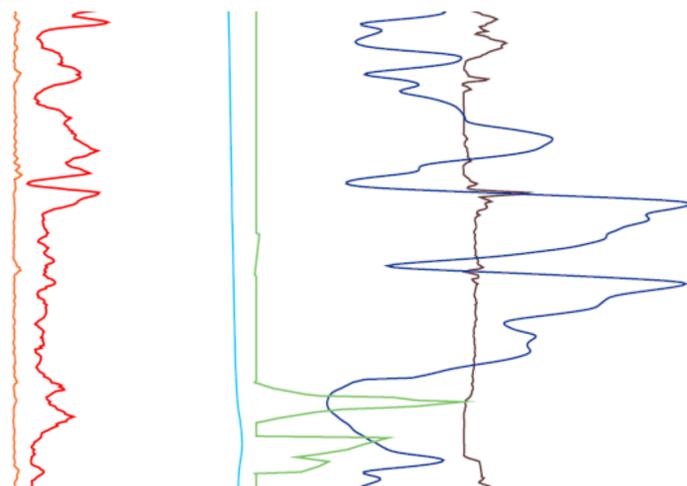
РАЗДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ПОРОД В СКВАЖИНАХ



РАЗДЕЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ПОРОД В СКВАЖИНАХ

Укрупненный класс	Глубин в приложении 1	% Глубин в приложении 1	Глубин в аномальных интервалах	Глубин в аномальных интервалах % аномальных кластеров	Среднее количество кластеров	Увеличение доли укрупненного класса	% Покрытие аномальными кластерами
Инtruзия габбро-долерита	38 318	22,59%	2 197	30,13%	7,58	7,54%	5,7%
Роговики	17 211	10,15%	1 925	26,40%	7,64	16,25%	11,2%
Терригенно-карбонатные отложения	29 723	17,52%	860	11,79%	6,86	-5,73%	2,9%
Различные варианты переслаивания терригенных пород	19 360	11,41%	562	7,71%	6,10	-3,71%	2,9%
Ангидриты	4 744	2,80%	562	7,71%	6,50	4,91%	11,8%
ВКРАПЛЕННАЯ РУДА	5 728	3,38%	525	7,20%	6,69	3,82%	9,2%
Инtruзия долерита	7 620	4,49%	422	5,79%	7,04	1,30%	5,5%
Рыхлые отложения	44 122	26,01%	150	2,06%	7,33	-23,95%	0,3%
Измененные породы (пусто)	671	0,40%	89	1,22%	9,00	0,82%	13,3%
Лед	2	0,00%		0,00%		0,00%	0,0%
Брекчия терригенно-карбонатная, тектоническая	75	0,04%		0,00%		-0,04%	0,0%
Зона дробления	1 614	0,95%		0,00%		-0,95%	0,0%
Зона карста	197	0,12%		0,00%		-0,12%	0,0%
Зона карста	245	0,14%		0,00%		-0,14%	0,0%
Общий итог	169 632	100,00%	7 292	100,00%	7,32	0,00%	4,3%

**ФРАГМЕНТ
ЛИТОЛОГИЧЕСКОЙ
КОЛОНКИ**



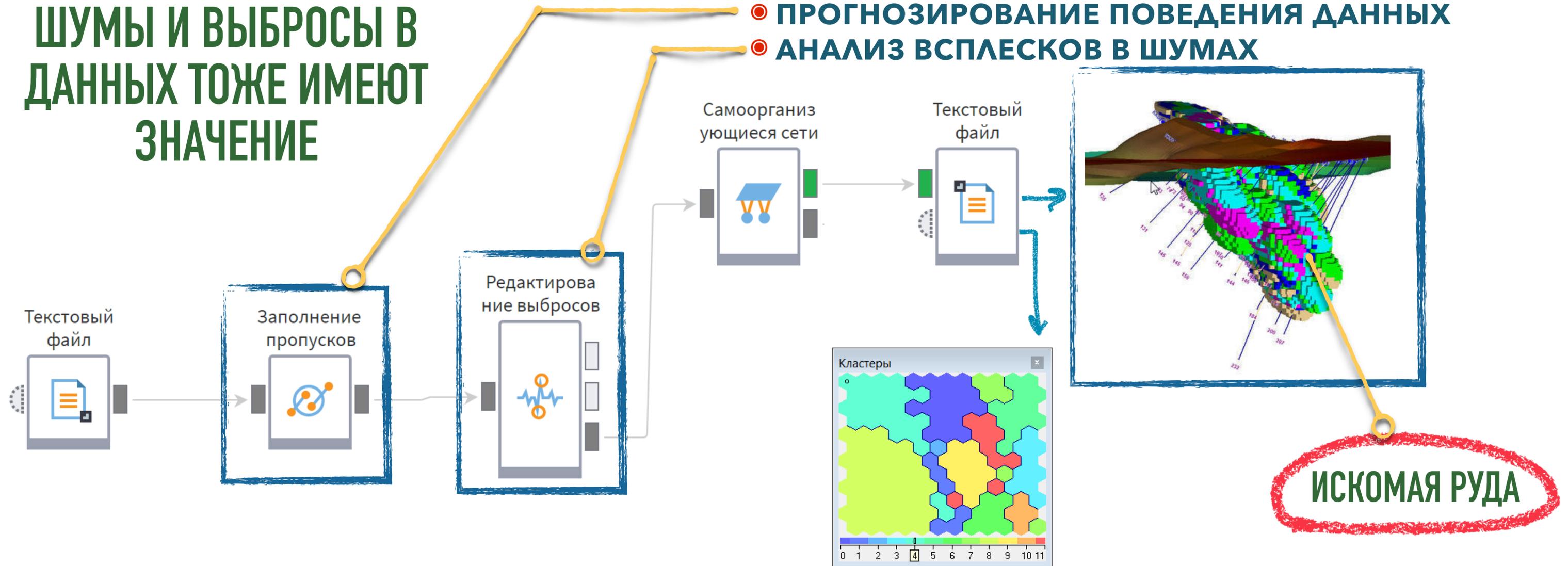
Г _{тв}	Г _{тв}	1699,79	3
		1702,91	2
Ф _л	Ф _л		5
			5
		1709,1	5
		1709,86	7
	Г _о	1711,02	4
	Г _о		1
	Г _о		4
	Г _о		1
	Г _о	1723,85	4
	Г _о		1
		1728,98	1

**НОМЕРА КЛАСТЕРОВ ПО
СОВОКУПНЫМ ДАННЫМ
ЗНАЧЕНИЙ КАРОТАЖА В
СКВАЖИНЕ**

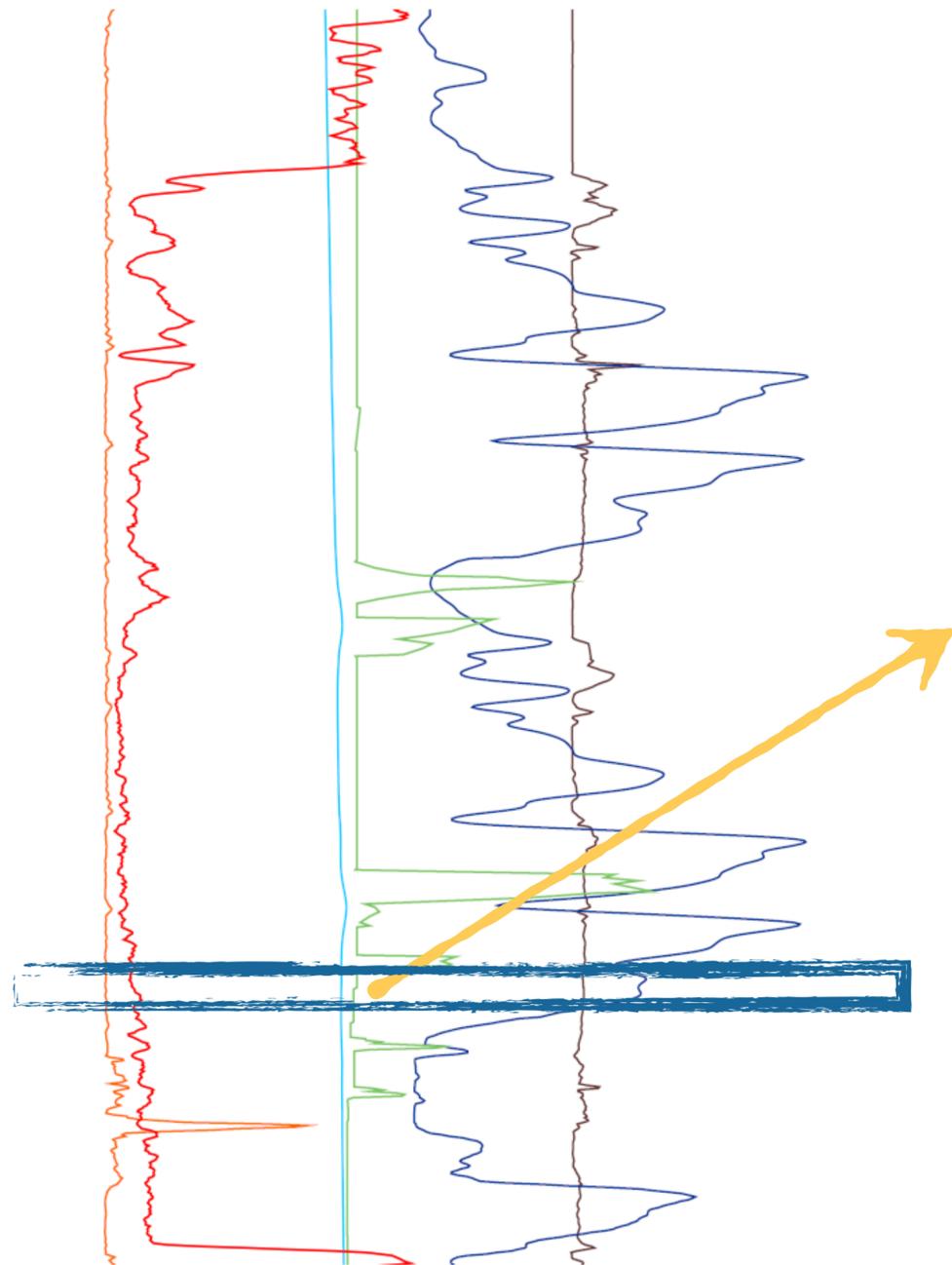
ПОИСК РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ

ШУМЫ И ВЫБРОСЫ В ДАННЫХ ТОЖЕ ИМЕЮТ ЗНАЧЕНИЕ

- ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДАННЫХ
- АНАЛИЗ ВСПЛЕСКОВ В ШУМАХ



ПОИСК РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ



+

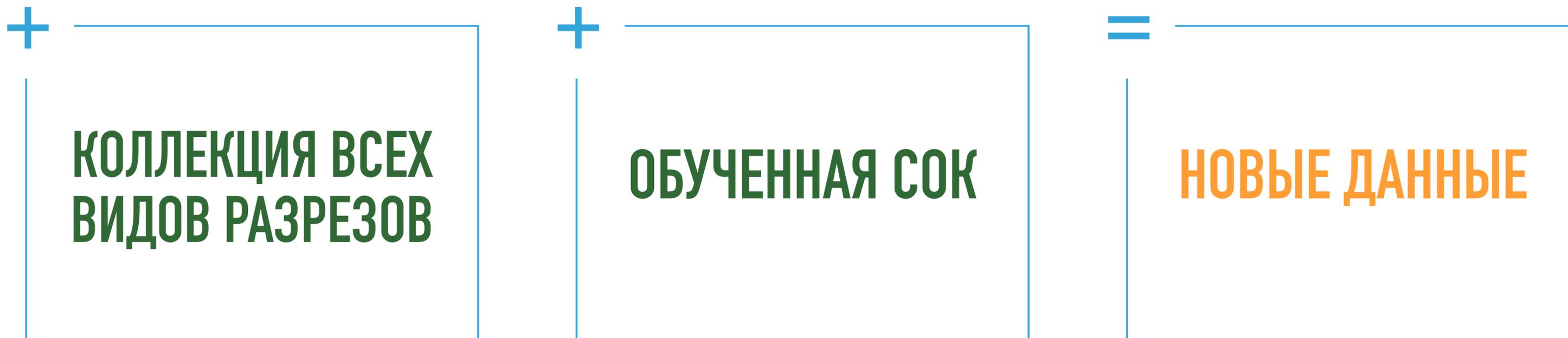
**СЦЕНАРИЙ
РЕАЛИЗАЦИИ СОК**

			1689.1
			1694.28
			1698.73
Г _{ТВ}	Г _{ТВ}		3
Ф _л	Ф _л		2
Ф _л	Ф _л		5
Ф _л	Ф _л		5
			1709.1
			5
			1709.86
			7
			1711.02
			4
			1
Г _о	Г _о		4
Г _о	Г _о		1
Г _о	Г _о		1723.85
Г _о	Г _о		4
Г _о	Г _о		1728.98
Г _п	Г _п		1
Г _п	Г _п		0
Г _п	Г _п		9
Г _п	Г _п		0
Г _п	Г _п		9
Г _п	Г _п		1747.56
Г _п	Г _п		0
Г _Т	Г _Т		6
Г _Т	Г _Т		4
Г _Т	Г _Т		6
Г _Т	Г _Т		8
Г _Т	Г _Т		1759.5
Г _Т	Г _Т		6
Г _о	Г _о		4
Г _о	Г _о		1764.87
Г _о	Г _о		1
Г _о	Г _о		1767.68
Г _о	Г _о		4

● У РУДНОГО
ИНТЕРВАЛА
УНИКАЛЬНЫЙ
НОМЕР КЛАСТЕРА



РАЗДЕЛЕНИЕ В СКВАЖИНАХ БЕЗ КЕРНА



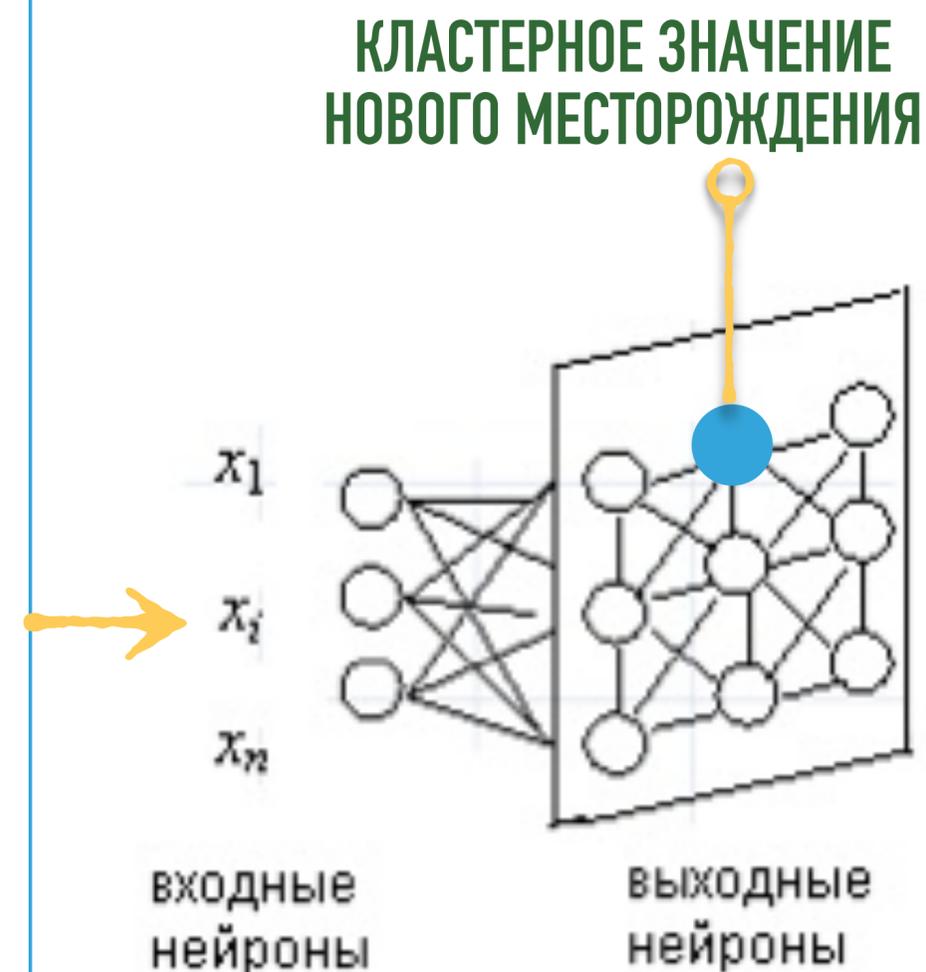
Рекомендация для всех горно-геологических компаний

ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПЛОЩАДНЫХ РАБОТ 50 000–200 000 МАСШТАБОВ СЛЕДУЮЩИЕ ДАННЫЕ:



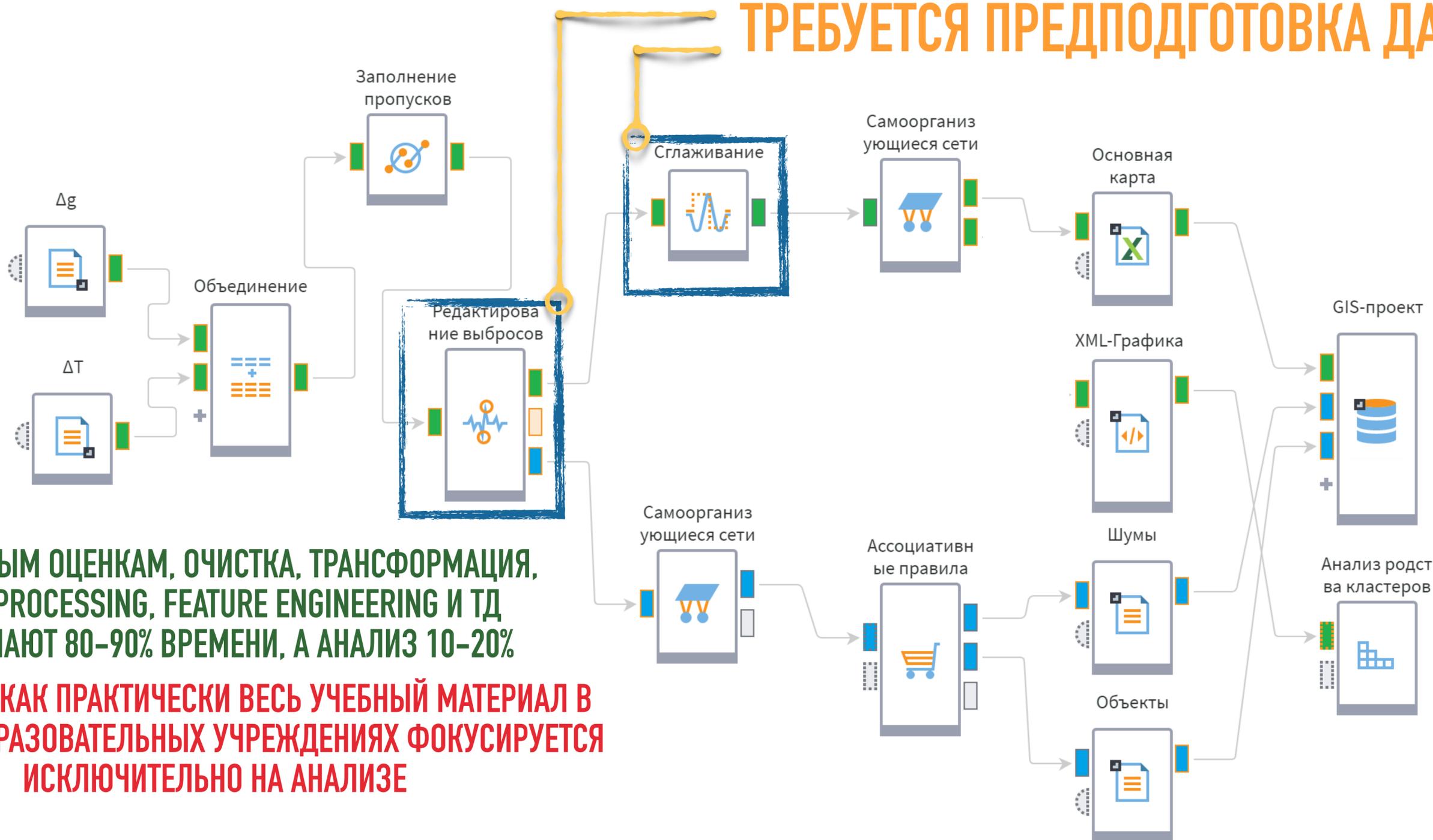
- ИСХОДНОЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ (ΔG), С ВВЕДЕННОЙ ИЗОСТАТИЧЕСКОЙ ПОПРАВКОЙ;
- ПЕРВАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДНАЯ ΔG ;
- ДЕСЯТИЧНЫЙ ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ΔG ;
- ДЕСЯТИЧНЫЙ ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ПОЛНОГО ГРАДИЕНТА ΔG ;
- УГОЛ НАКЛОНА ВЕКТОРА ПОЛНОГО ГРАДИЕНТА ΔG ;
- ИСХОДНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ (ΔT), РЕДУЦИРОВАННОЕ К МАГНИТНОМУ ПОЛЮСУ;
- ПЕРВАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПРОИЗВОДНАЯ ΔT ;
- ДЕСЯТИЧНЫЙ ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ΔT ;
- ДЕСЯТИЧНЫЙ ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ПОЛНОГО ГРАДИЕНТА ΔT ;
- УГОЛ НАКЛОНА ВЕКТОРА ПОЛНОГО ГРАДИЕНТА ΔT .

ФАЙЛЫ
*.CSV



ПОСЛОЖНЕЕ, ЧЕМ С ГЕОХИМИЕЙ

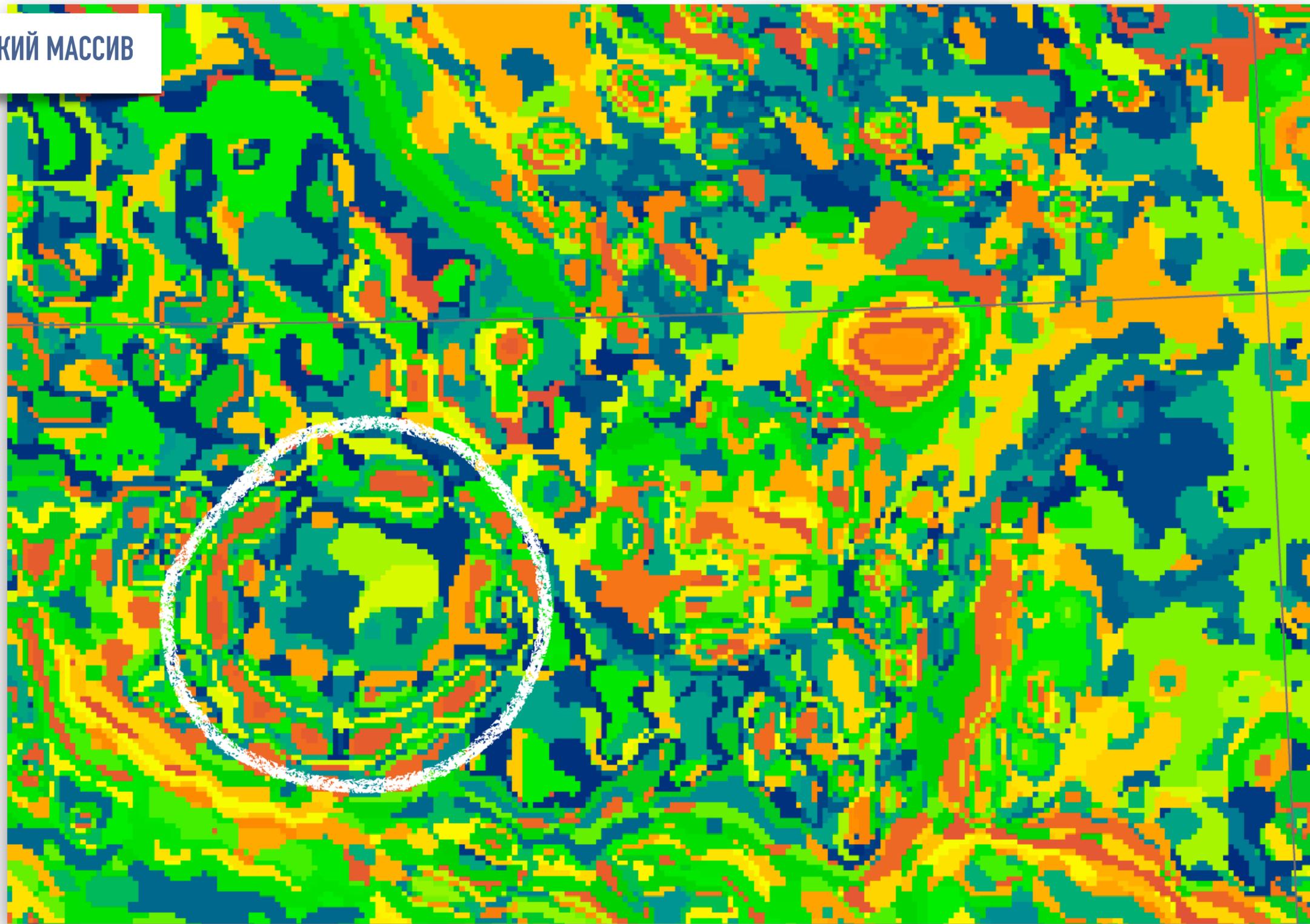
ТРЕБУЕТСЯ ПРЕДПОДГОТОВКА ДАННЫХ



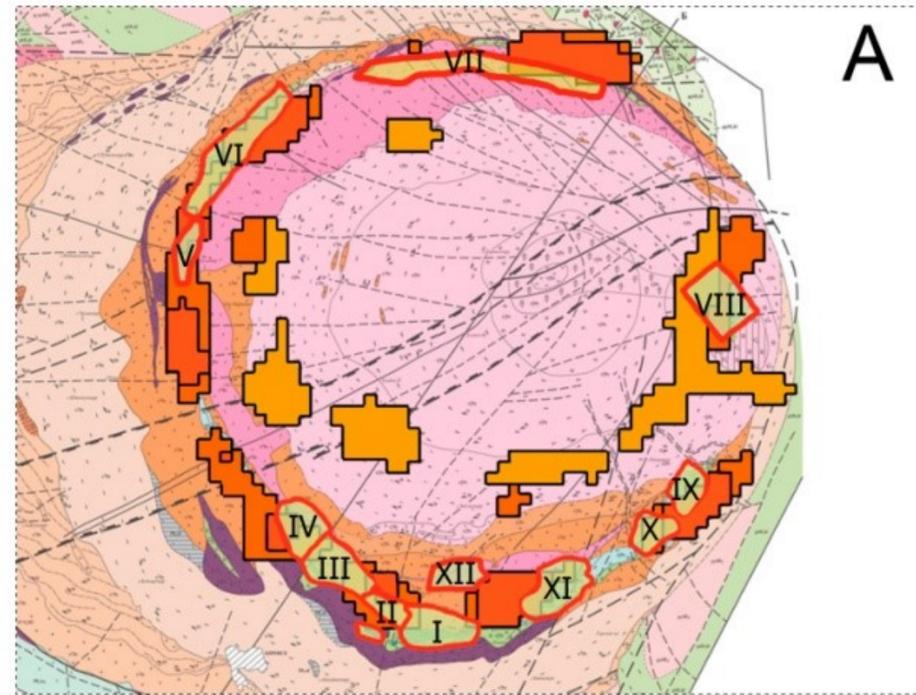
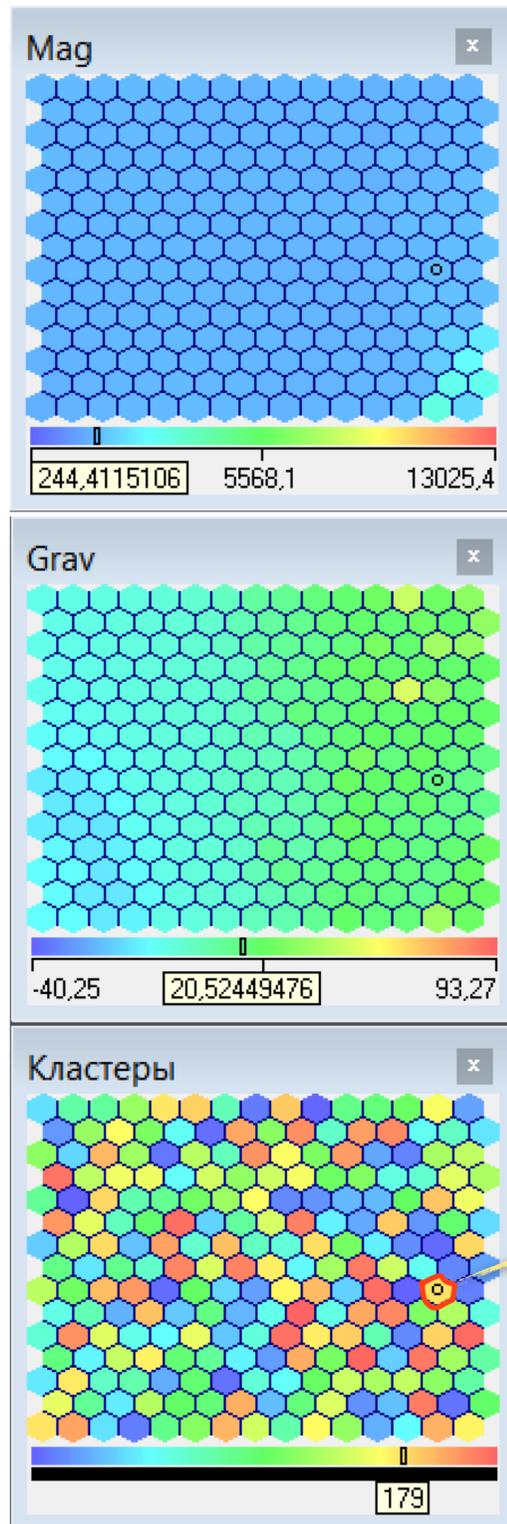
ПО РАЗНЫМ ОЦЕНКАМ, ОЧИСТКА, ТРАНСФОРМАЦИЯ,
DATA PROCESSING, FEATURE ENGINEERING И ТД
ЗАНИМАЮТ 80-90% ВРЕМЕНИ, А АНАЛИЗ 10-20%

В ТО ВРЕМЯ КАК ПРАКТИЧЕСКИ ВЕСЬ УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ В
ИНТЕРНЕТ-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ФОКУСИРУЕТСЯ
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО НА АНАЛИЗЕ

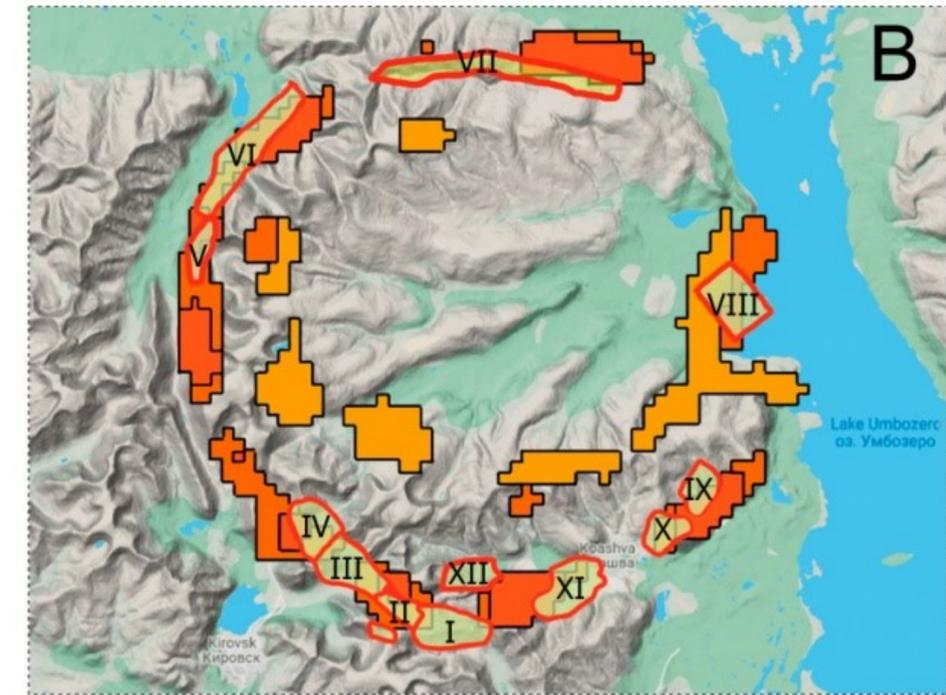
ХИБИНСКИЙ МАССИВ



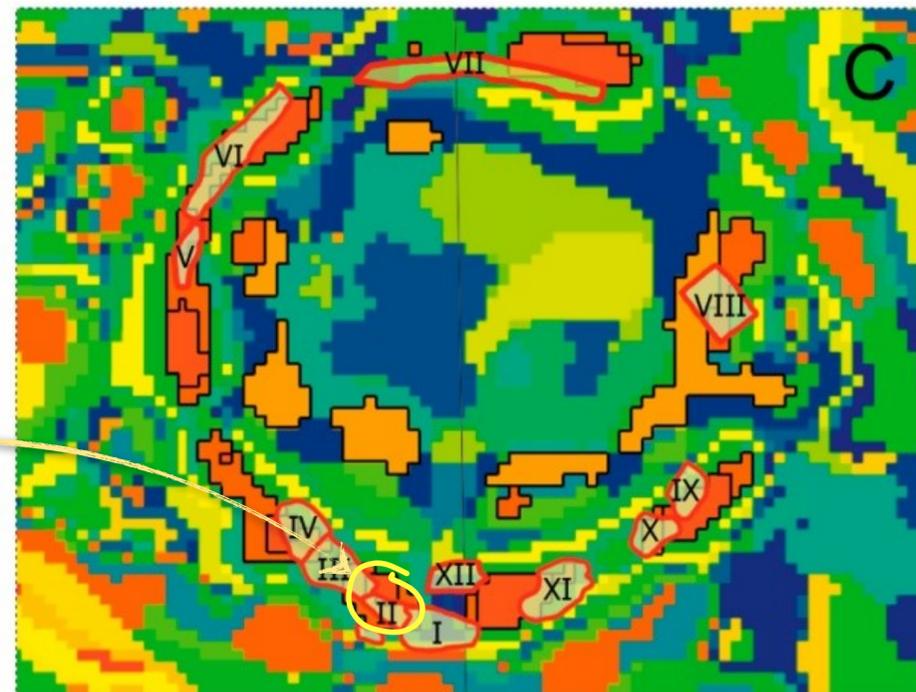
РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИЕ СТРУКТУРЫ
И РУДОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В
РЕЗУЛЬТАТЕ АНАЛИЗА НЕЙРОННЫМИ
СЕТЯМИ (САМООРГАНИЗУЮЩИМИСЯ
КАРТАМИ КОХОНЕНА) ПЛОЩАДНЫХ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ



А. Геологическая схема Хибинского массива



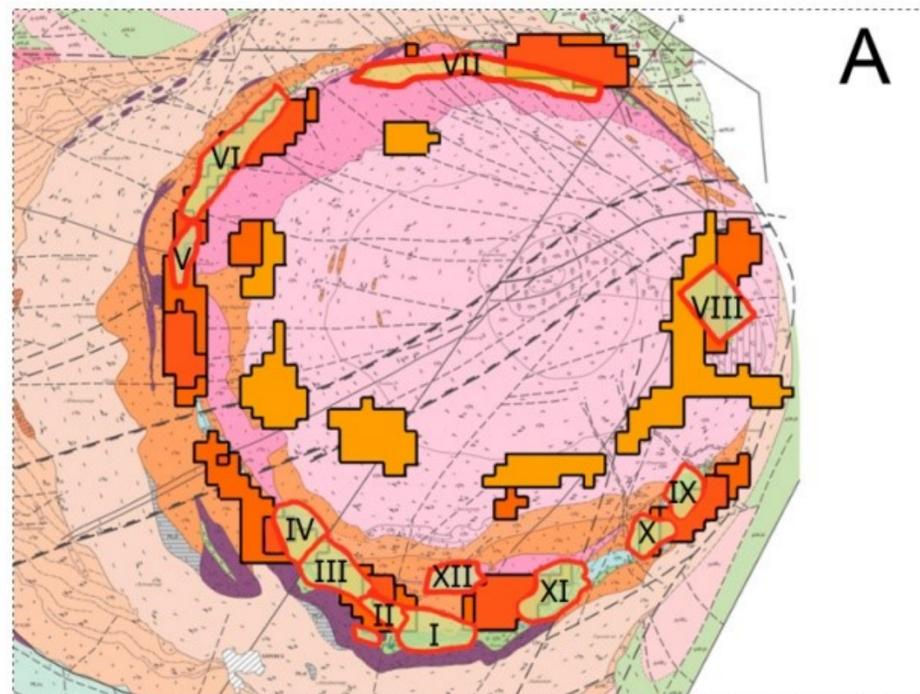
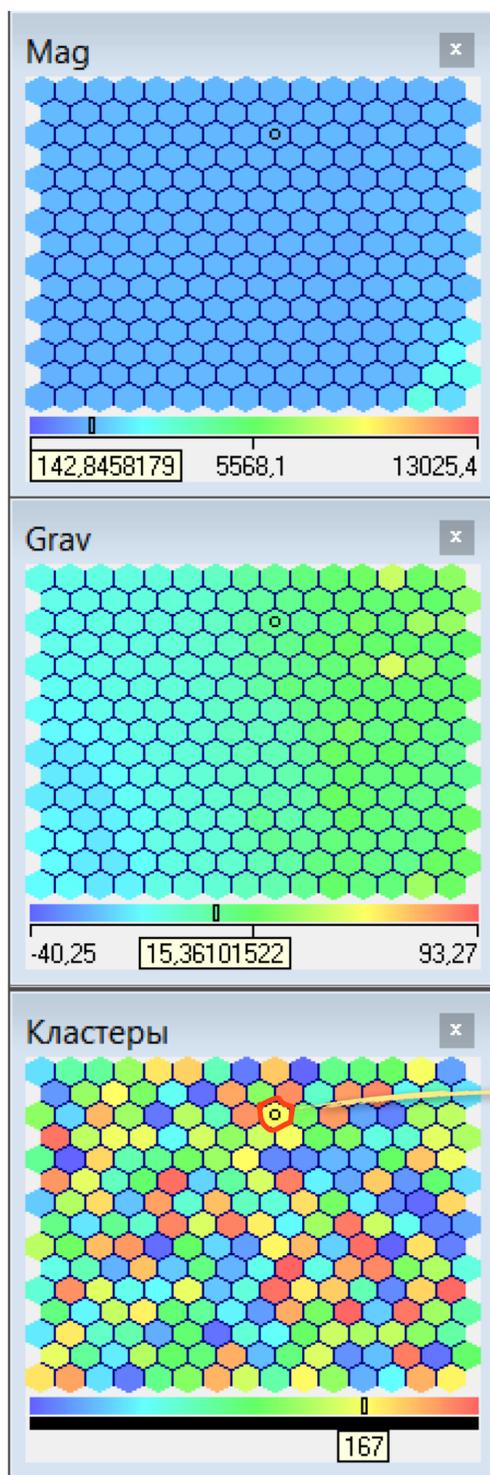
В. Схема Хибинского массива на террейне с рельефом



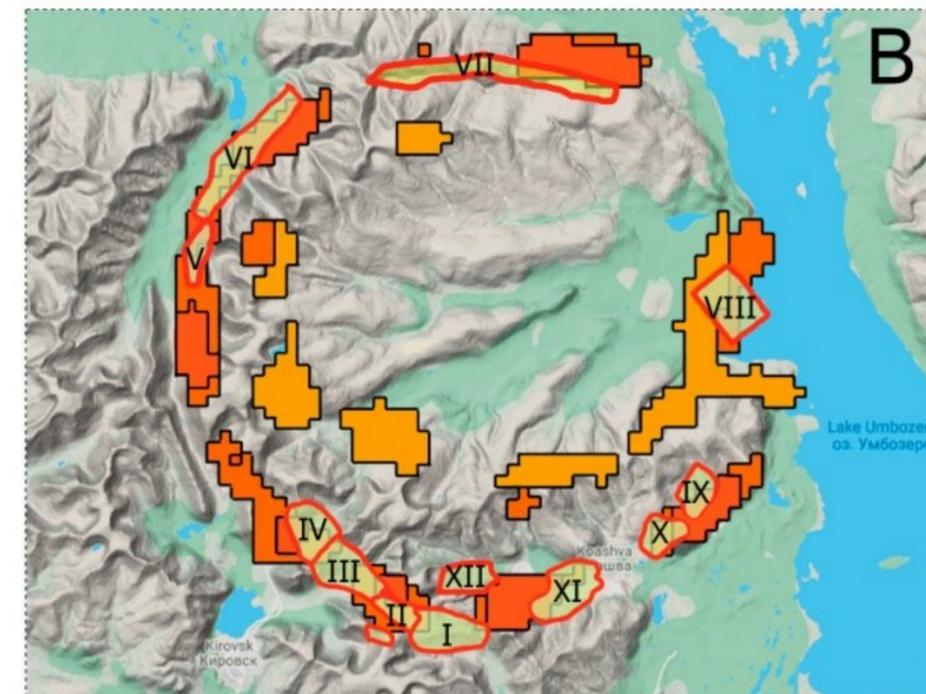
С. Схема сопоставления кластеров методом СОК

Условные обозначения

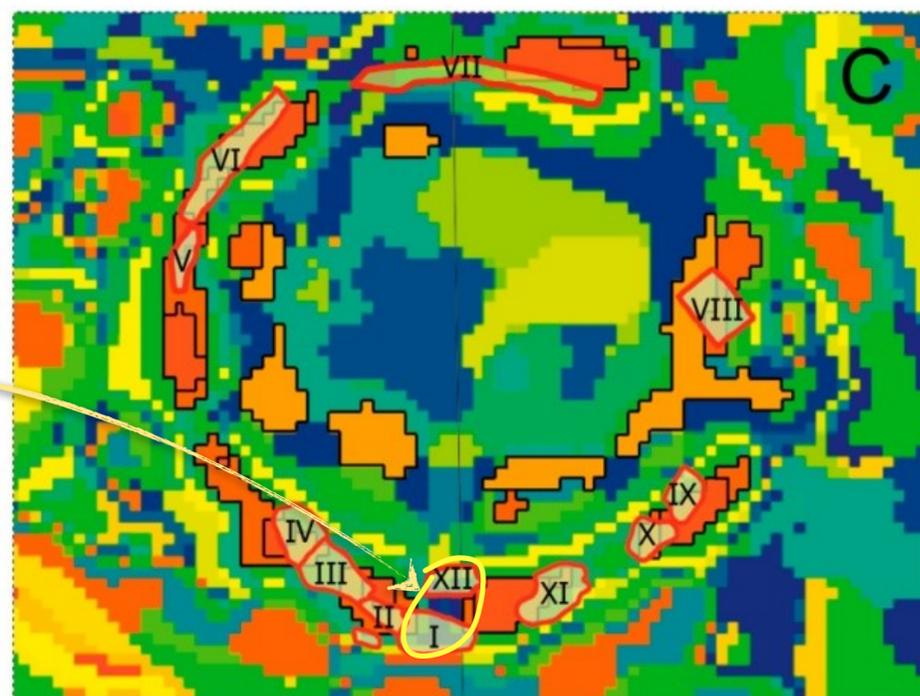
- Участки месторождений и рудопроявлений
- I- Апатитовый цирк, II- Плато Расвумчорр, III- Юкспорское, IV- Кукисвумчорр, V- Куэльпор, VI- Партомчорр, VII- Лявочорр-Валепахк-Намуайв, VIII- Тульйокское, IX- Олений ручей, X- Ньорпахк, XI - Коашва, XII- Эвеслогчорр
- Кластерные группы
- Выделенные кластеры, характеризующие апатитовые рудные зоны: по степени яркости от близповерхностных с пологим падением 30-40° до прослеживающихся на глубину обнаружения метода
- Фойяиты
- Йолиты-уртиты трахитоидные
- Уртиты ПШ
- Ювиты трахитоидные/Йолиты ПШ
- Рисчорриты
- Хибиниты



А. Геологическая схема Хибинского массива



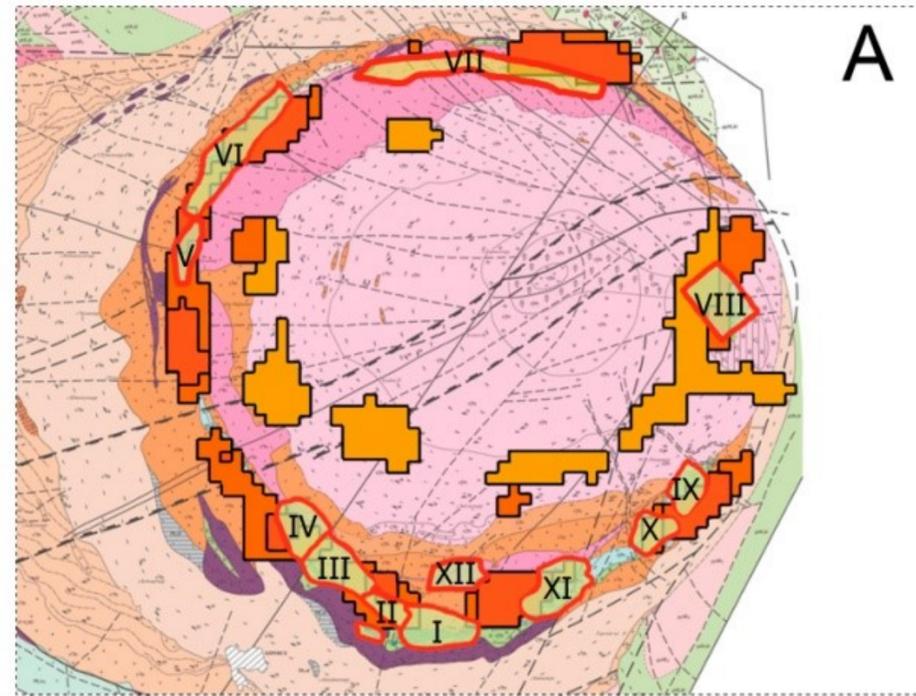
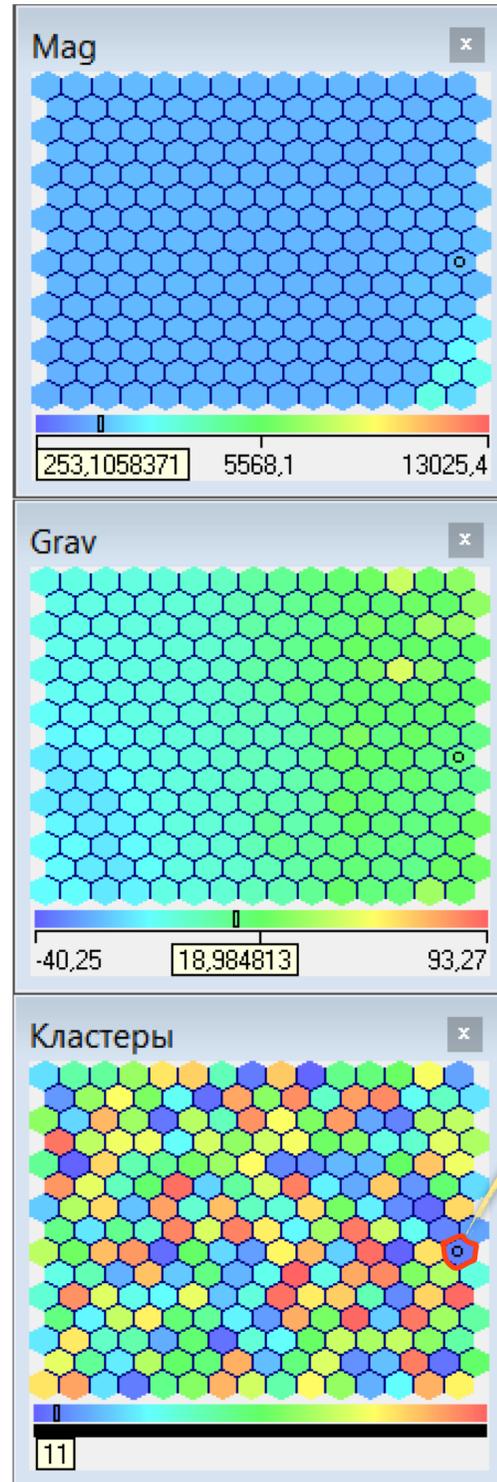
В. Схема Хибинского массива на террейне с рельефом



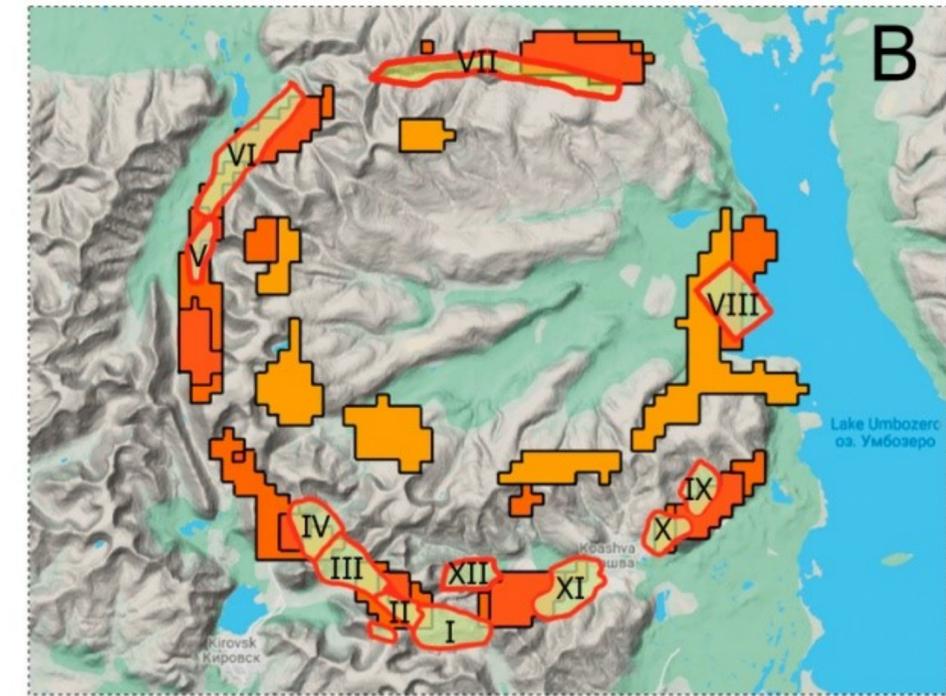
С. Схема сопоставления кластеров методом СОК

Условные обозначения

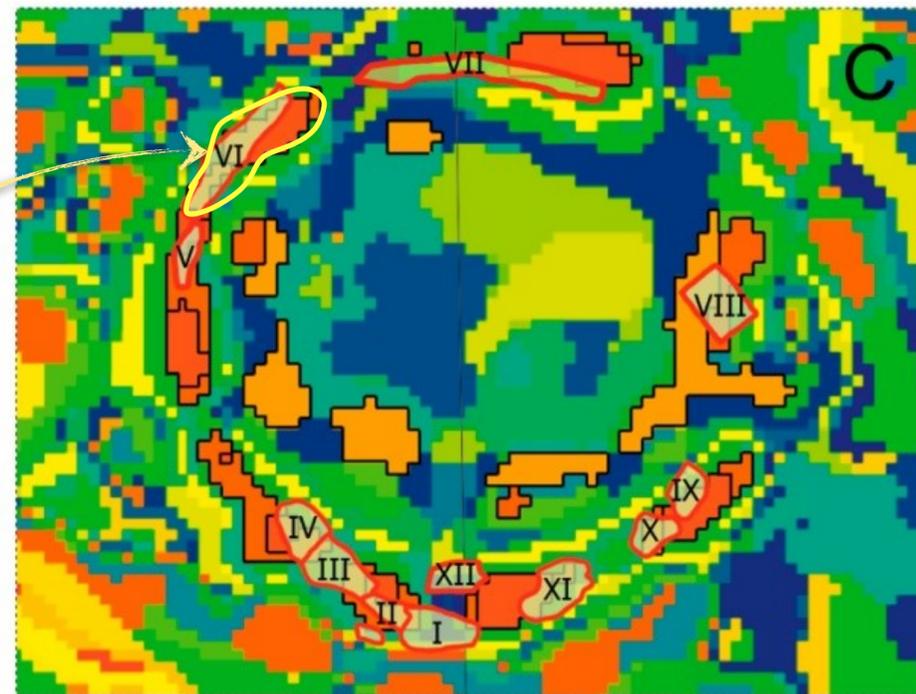
- Участки месторождений и рудопроявлений
- I- Апатитовый цирк, II- Плато Расвумчорр, III- Юкспорское, IV- Кукисвумчорр, V- Куэльпор, VI- Партомчорр, VII- Лявочорр-Валепахк-Намуайв, VIII- Тульйокское, IX- Олений ручей, X- Ньорпахк, XI - Коашва, XII- Эвеслогчорр
- Кластерные группы
- Выделенные кластеры, характеризующие апатитовые рудные зоны: по степени яркости от близповерхностных с пологим падением 30-40° до прослеживающихся на глубину обнаружения метода
- Фойяиты
- Йолиты-уртиты трахитоидные
- Уртиты ПШ
- Ювиты трахитоидные/Йолиты ПШ
- Рисчорриты
- Хибиниты



А. Геологическая схема Хибинского массива



В. Схема Хибинского массива на террейне с рельефом



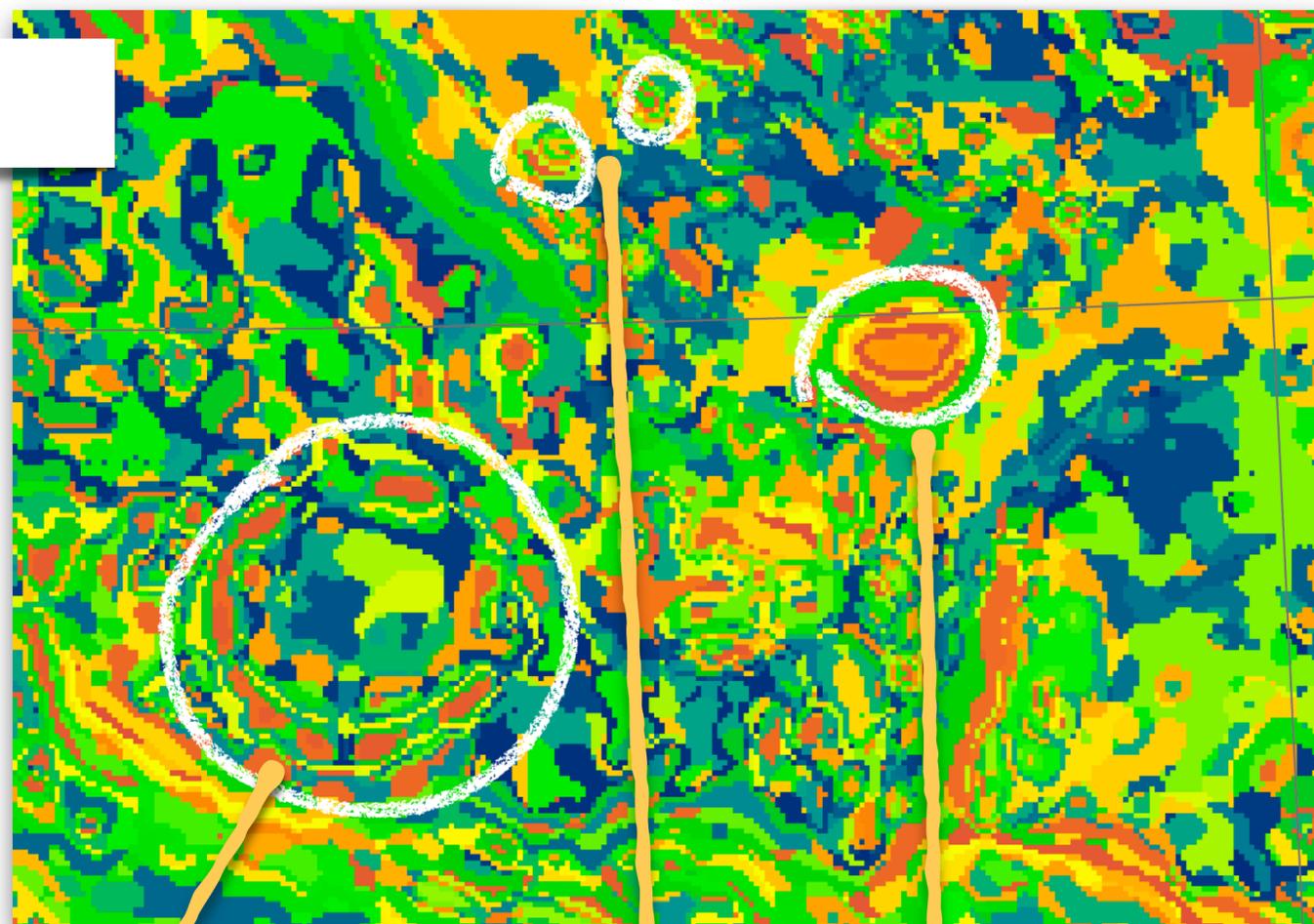
С. Схема сопоставления кластеров методом СОК

Условные обозначения

- Участки месторождений и рудопроявлений
- I- Апатитовый цирк, II- Плато Расвумчорр, III- Юкспорское, IV- Кукисвумчорр, V- Куэльпор, VI- Партомчорр, VII- Лявочорр-Валепахк-Намуайв, VIII- Тульйокское, IX- Олений ручей, X- Ньорпахк, XI - Коашва, XII- Эвеслогчорр
- Кластерные группы
- Выделенные кластеры, характеризующие апатитовые рудные зоны: по степени яркости от близповерхностных с пологим падением 30-40° до прослеживающихся на глубину обнаружения метода
- Фойяиты
- Йолиты-уртиты трахитоидные
- Уртиты ПШ
- Ювиты трахитоидные/Йолиты ПШ
- Рисчорриты
- Хибиниты

Окрестности

- БОЛЬШИНСТВО КЛАСТЕРОВ ВЫДЕЛЕННОГО ЦВЕТА СООТВЕТСТВУЮТ УЧАСТКАМ С РАЗВИТИЕМ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ



**РУДНОЕ ПОЛЕ
ХИБИНСКОГО МАССИВА**

**НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
УЧАСТКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
РАБОТЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ ЯВЛЯЕТСЯ ДОСТАТОЧНО БЫСТРЫМ И УДОБНЫМ СПОСОБОМ ИХ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
- МЕТОДОМ СОК (НЕЙРОННОЙ СЕТИ БЕЗ УЧИТЕЛЯ) ВЫЧИСЛЕНА В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ БЕЗ ЧЕЛОВЕКА-ИНТЕРПРЕТАТОРА КЛАСТЕРЫ, КОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИЗУЮТ РУДНЫЕ ЗОНЫ ГЛАВНОГО КОЛЬЦА ХИБИНСКОГО МАССИВА И ПОДКОВООБРАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЛОВОЗЕРСКОГО ПЛУТОНА
- НАМЕТИЛИСЬ ДВА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УЧАСТКА СВ, ОТВЕЧАЮЩИХ СХОЖИМИ МНОГОМЕРНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ
- РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПРОВЕСТИ РЕВИЗИЮ ДРУГИХ ПЛОЩАДЕЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА МЕТОДОМ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ АНАЛОГИЧНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИЕЙ

- **РАСПОЗНАВАНИЕ АРХИВНЫХ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**
- **РАСПОЗНАВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ**

**БЛАГОДАРЮ ЗА
ВНИМАНИЕ!**

И.И. Никулин

