

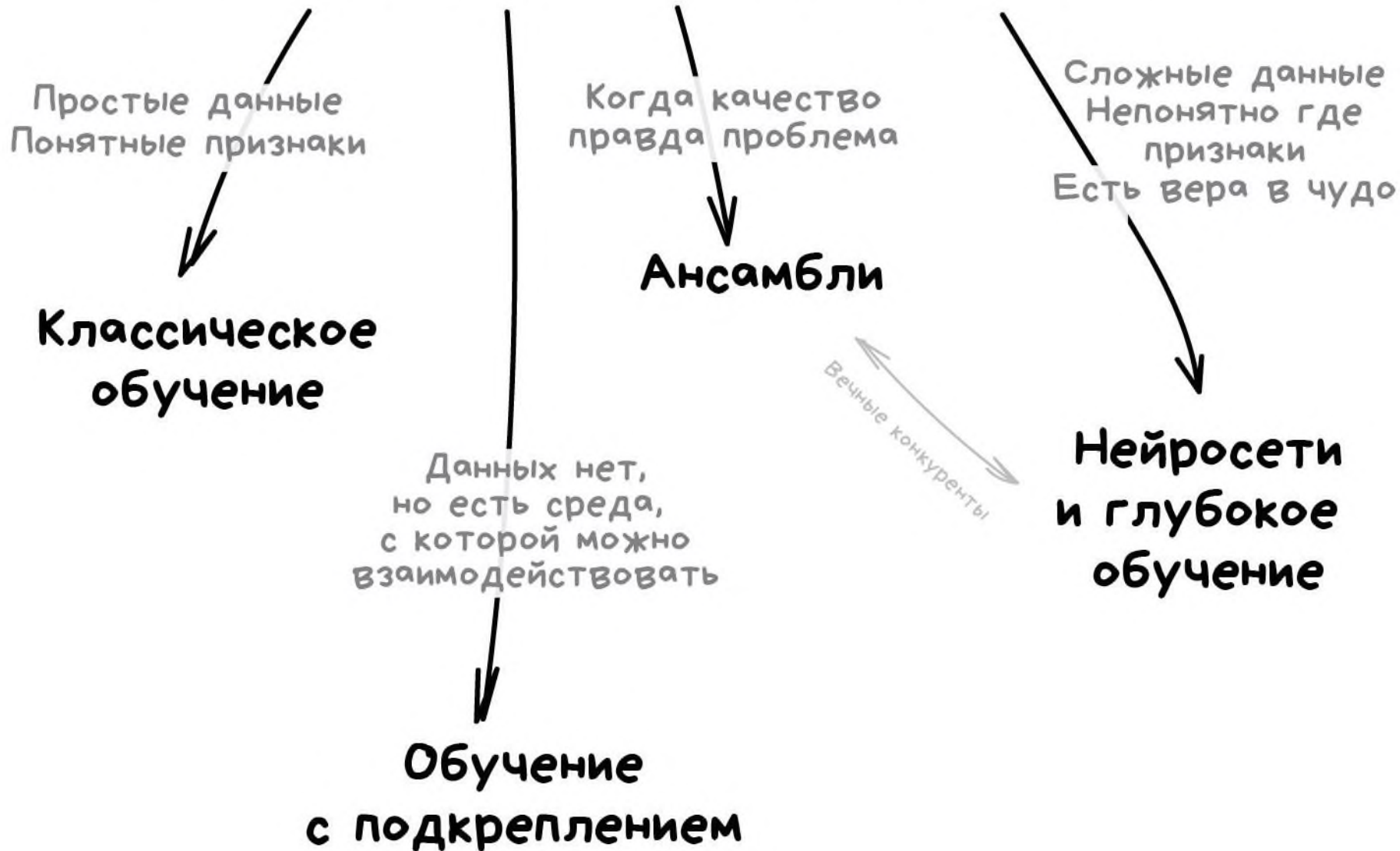


ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А. П. КАРПИНСКОГО

# Искусственный интеллект: технологии прогноза и локализации перспективных алмазоносных площадей – возможности, препятствия, ограничения

Виноградов И.В. (Московский филиал)

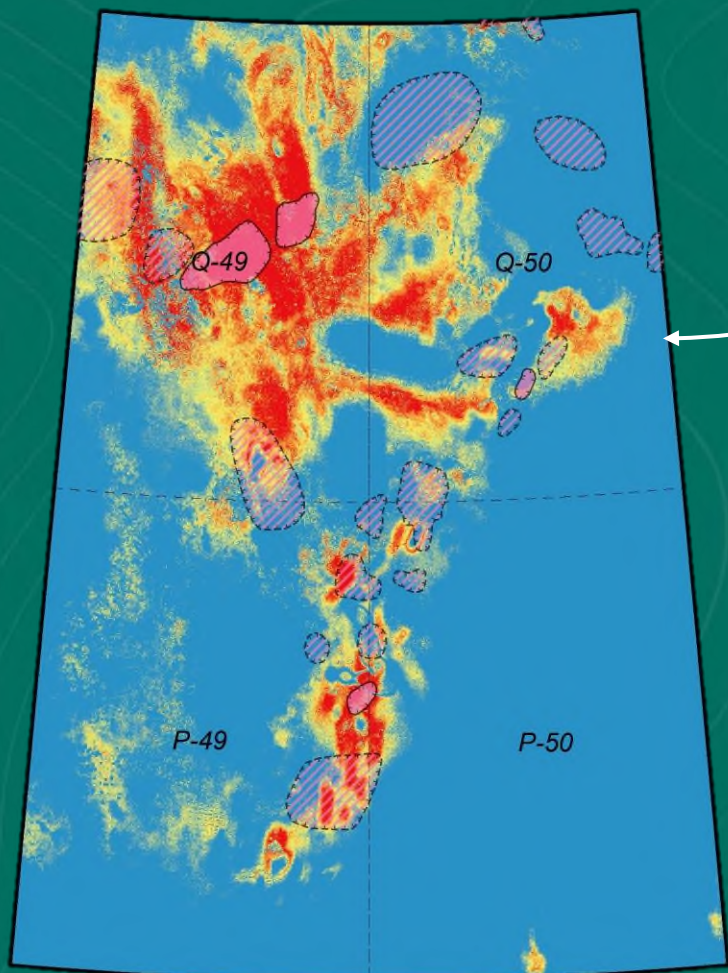
# Основные виды машинного обучения



**«GIGO - garbage in, garbage out»  
(«мусор на входе – мусор на выходе»)**

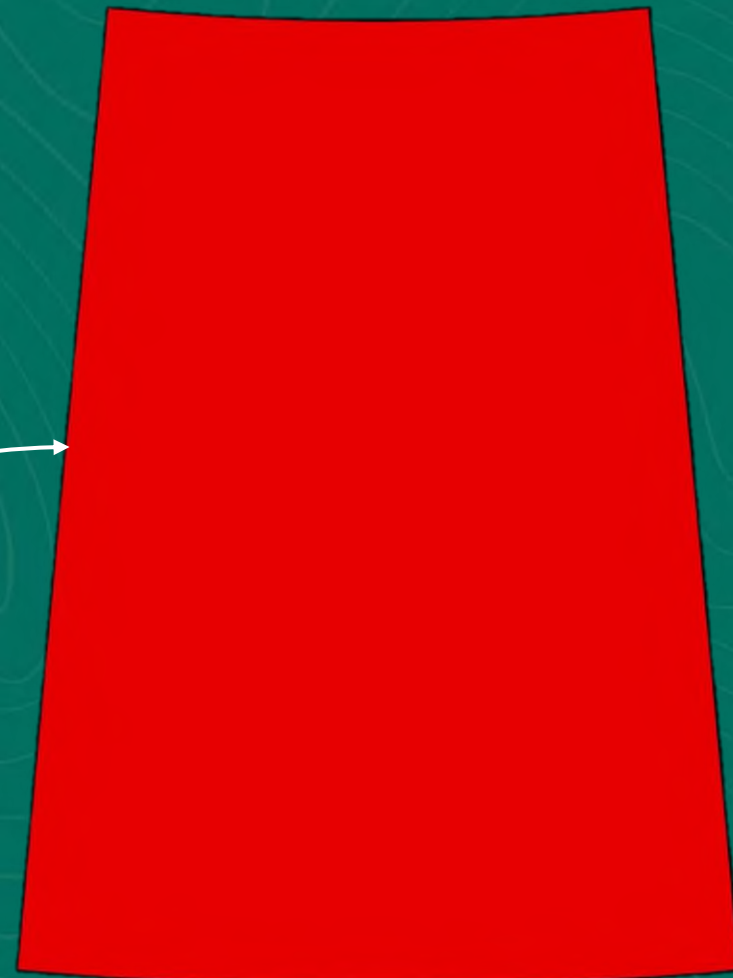
# Проблема №1. Субъективность данных

Данные ГКК (дизъюнктивные элементы, магматические и стратифицированные образования на поверхности)



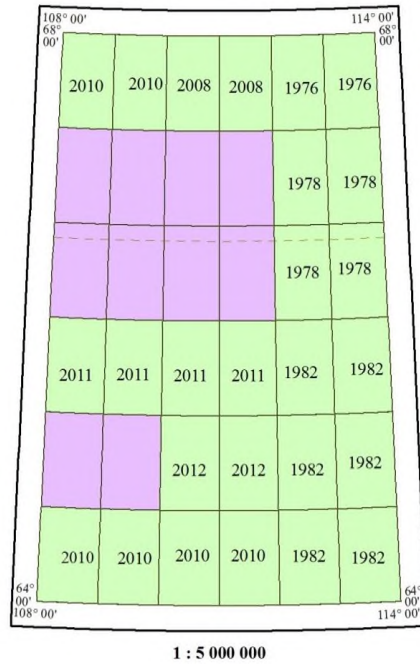
Большой вес имеют субъективные разломы

Ошибка обучения = 0 %,  
Ошибка человека = 100%

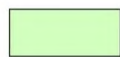


## Проблема №2. Неравномерность, анизотропия данных


Q-49



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

 Листы Государственной гравиметрической карты РФ масштаба 1:200 000

1975 Год издания листа Государственной гравиметрической карты

 Материалы гравиметрической карты СССР масштаба 1 : 2 500 00 [Степанов, Янушевич, 1990]

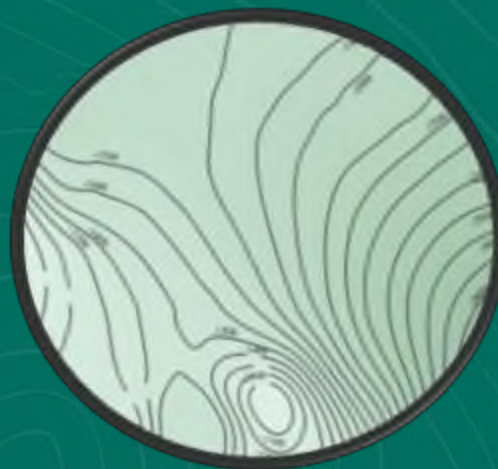
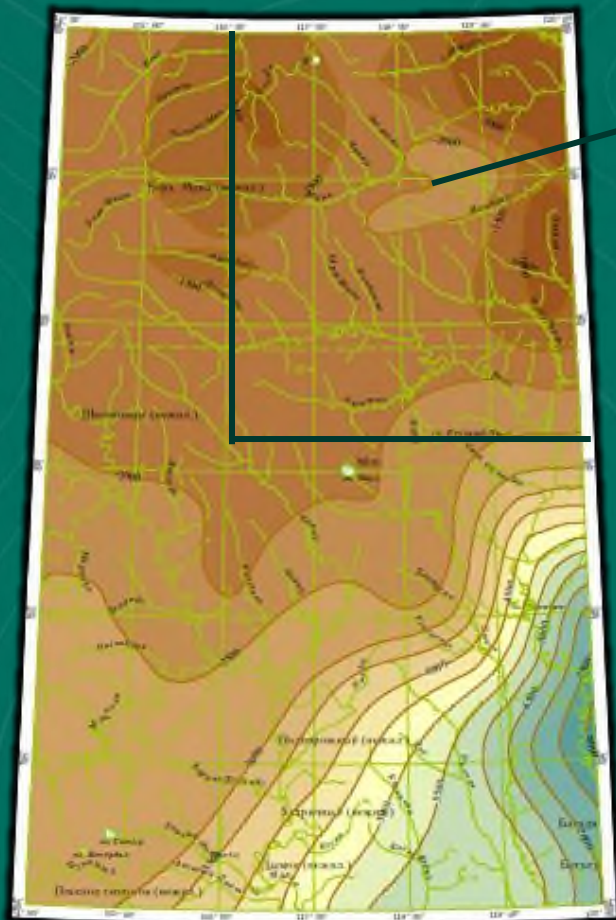


Анизотропия + неравномерная плотность

# Проблема №3. Качество данных

Поверхность фундамента

Подошва кембрия

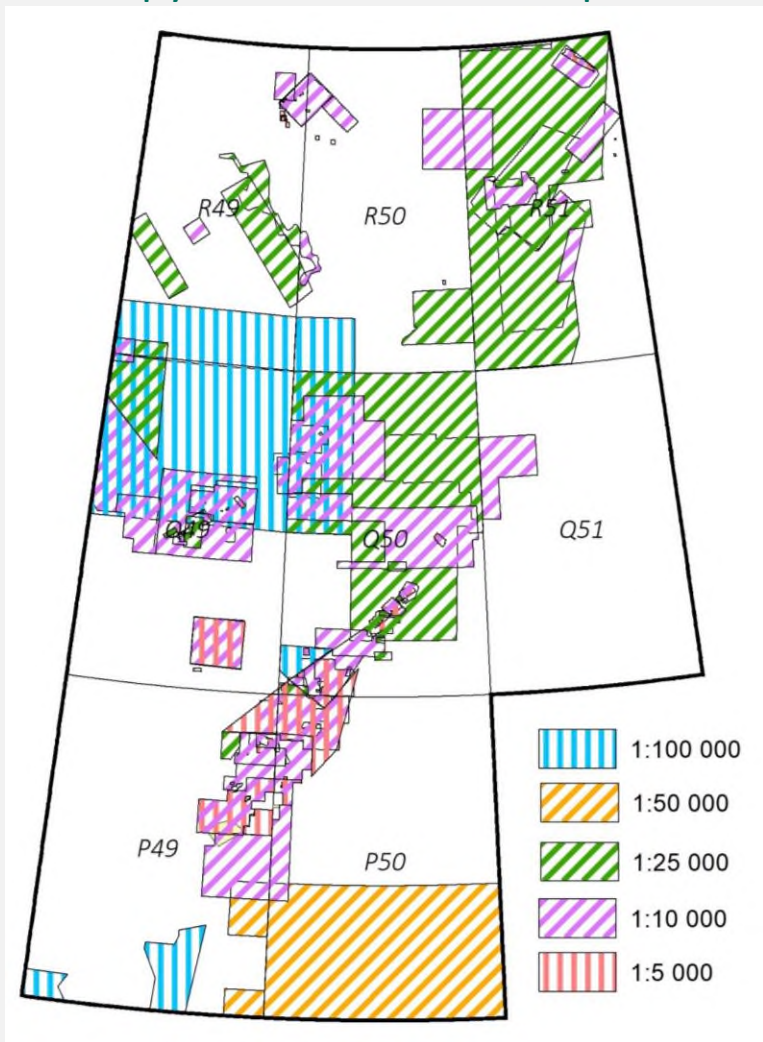


Подошва кембрия ниже поверхности фундамента

Лист Q-50

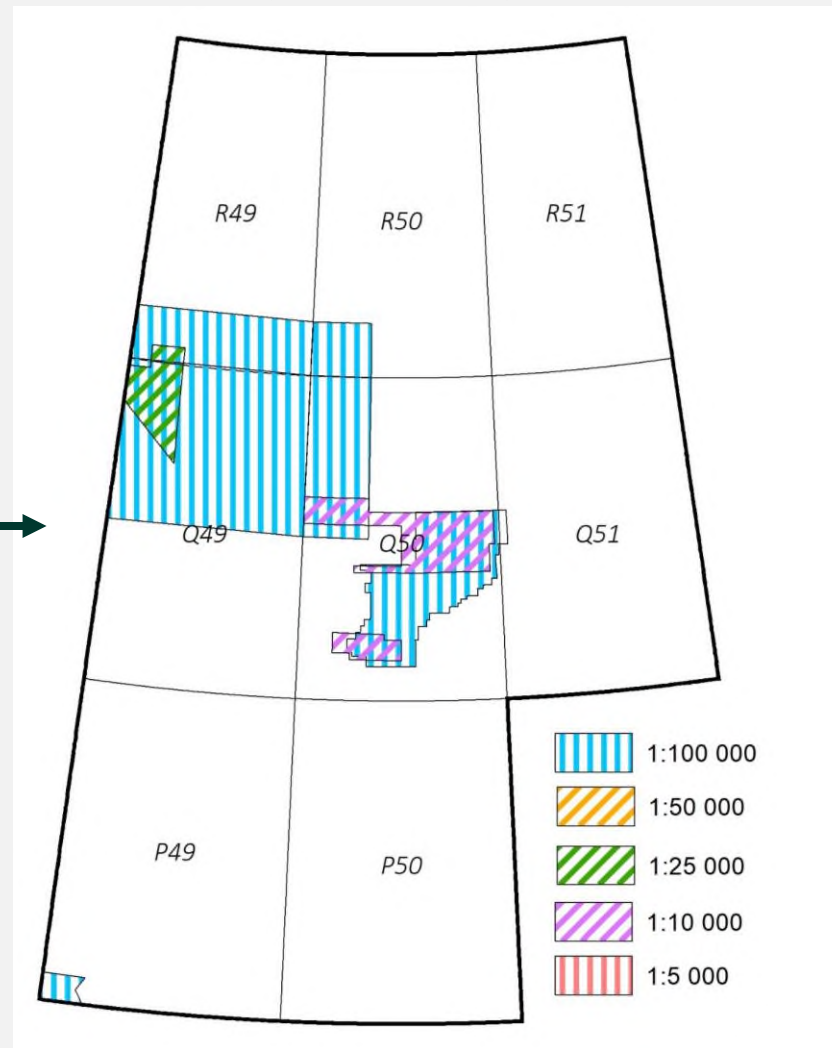
# Проблема №4. Наличие данных

Современные крупномасштабные аэромагнитные данные

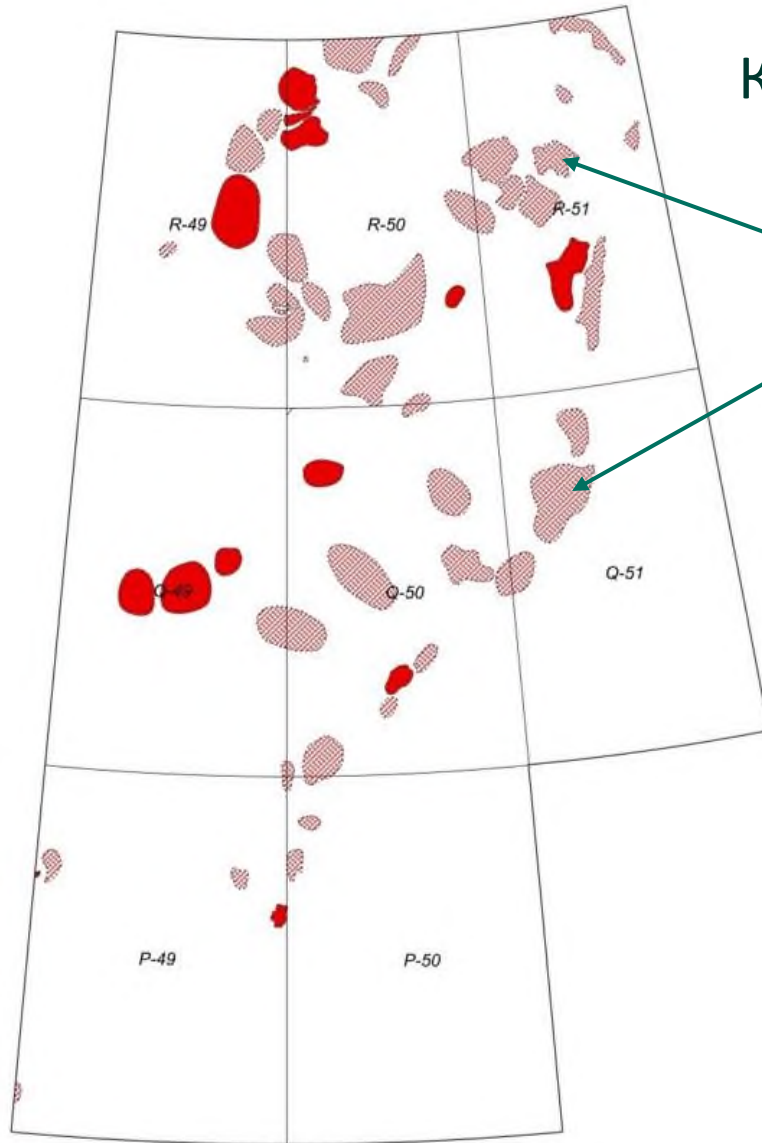


ДСП, «секретно»

Доступные материалы



## Проблема №5. Интерпретация



Кто прав: человек или машина?

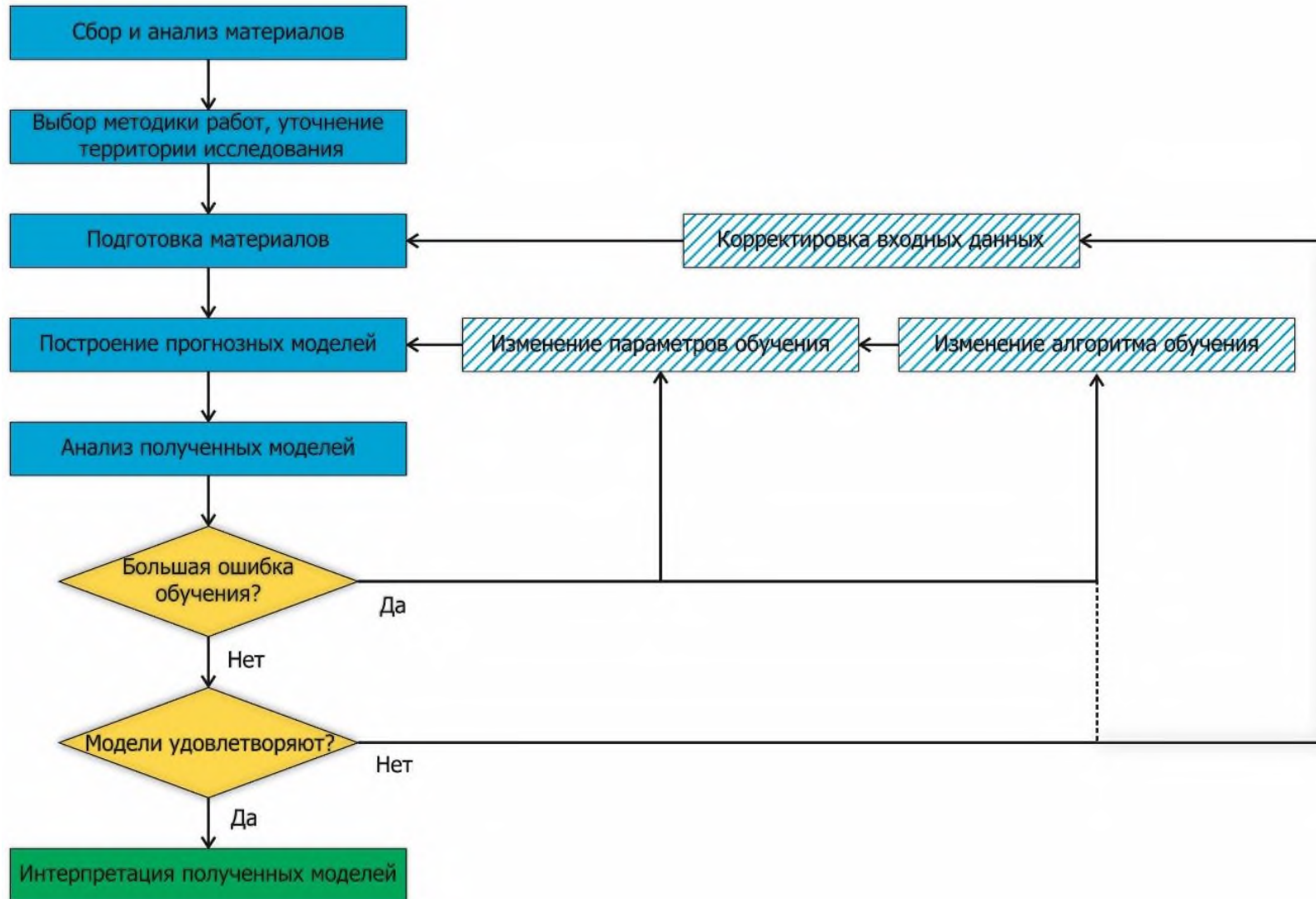
Прогнозные, перспективные объекты ранга «алмазоносное кимберлитовое поле»:

- Единственный фактор сопоставления
- Сложно как опровергнуть его наличие, так и доказать



# Результаты 2023 года

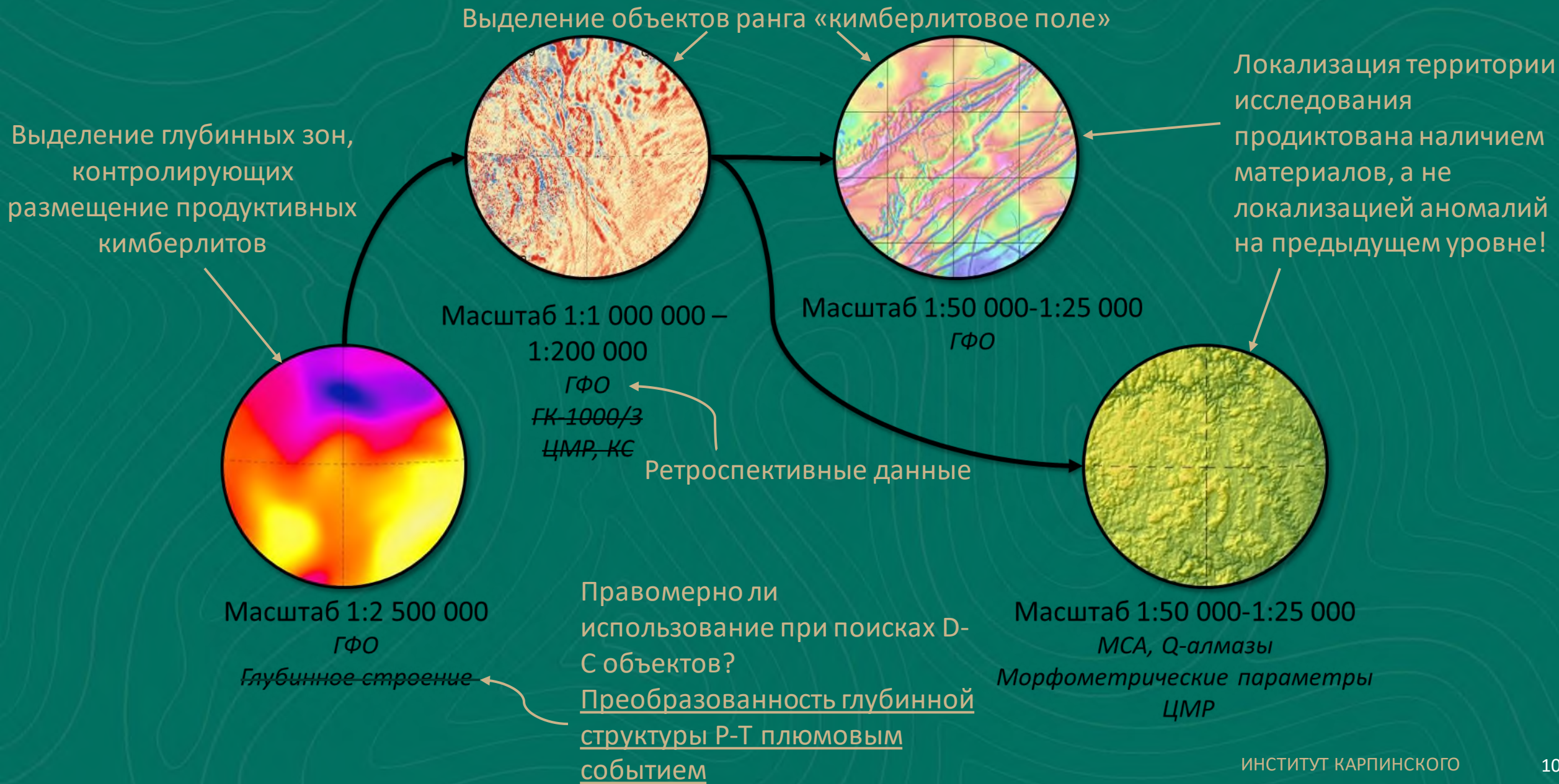
## Алгоритм выполнения работ



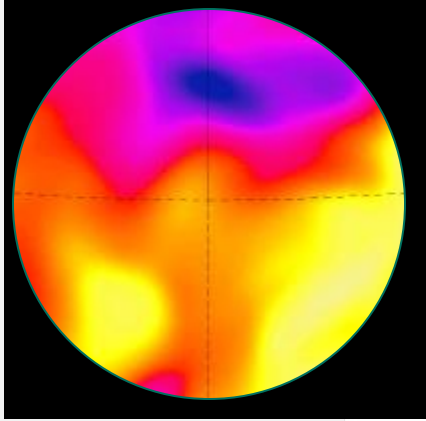
### Условия для признакового пространства:

- Матричный вид
- Матрицы имеют единый экстенст
- Матрицы имеют единую систему координат
- Матрицы имеют единый размер ячейки

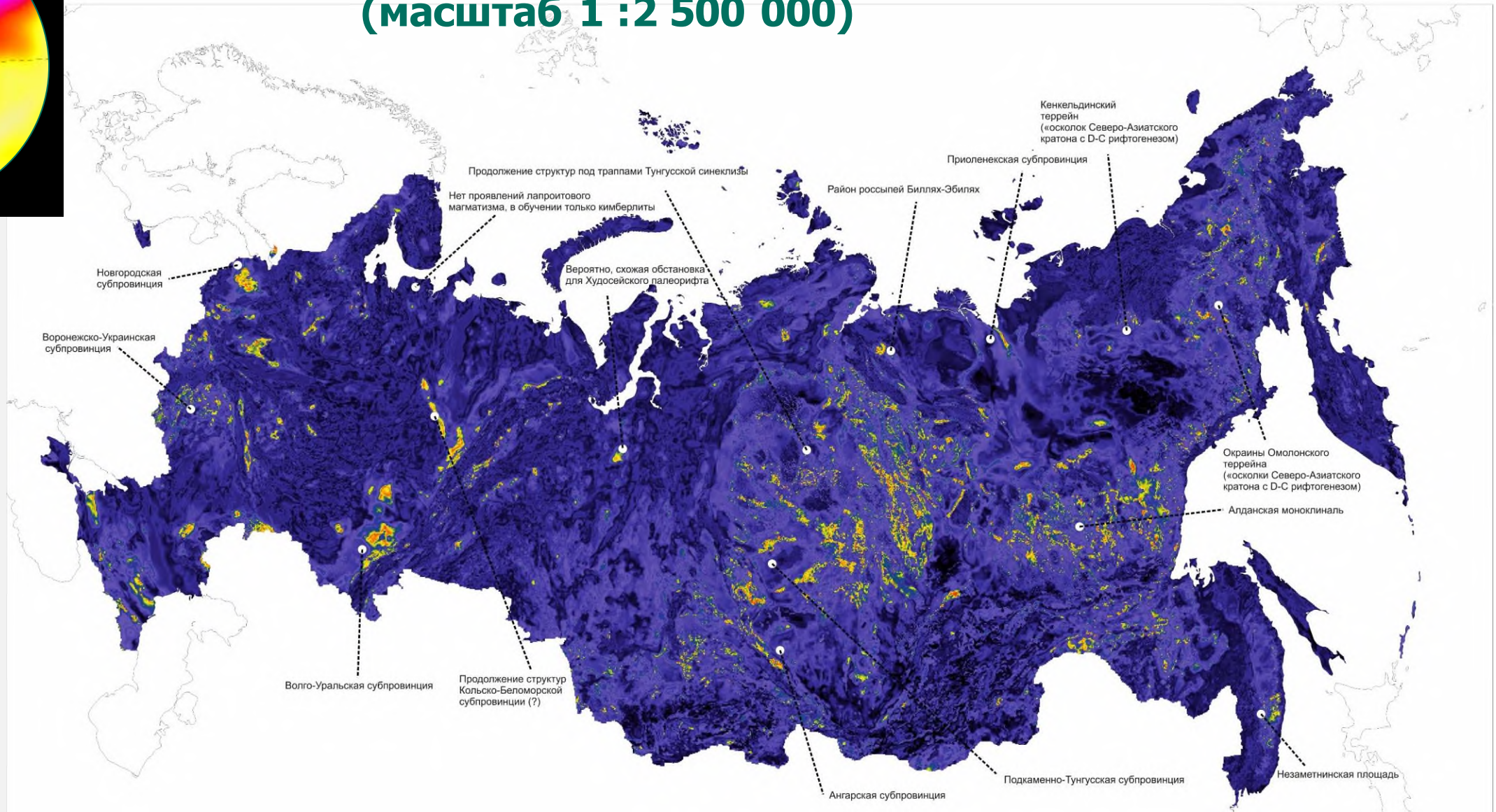
# Результаты 2023 года

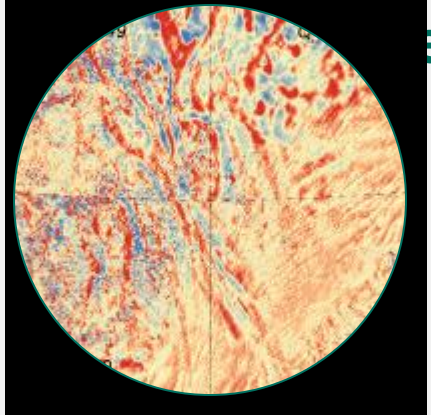


# Глобальный уровень (масштаб 1 : 2 500 000)



Матрицы –  
признаки:  
локальные  
компоненты  
магнитного и  
гравитационного  
поля





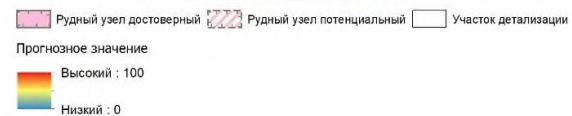
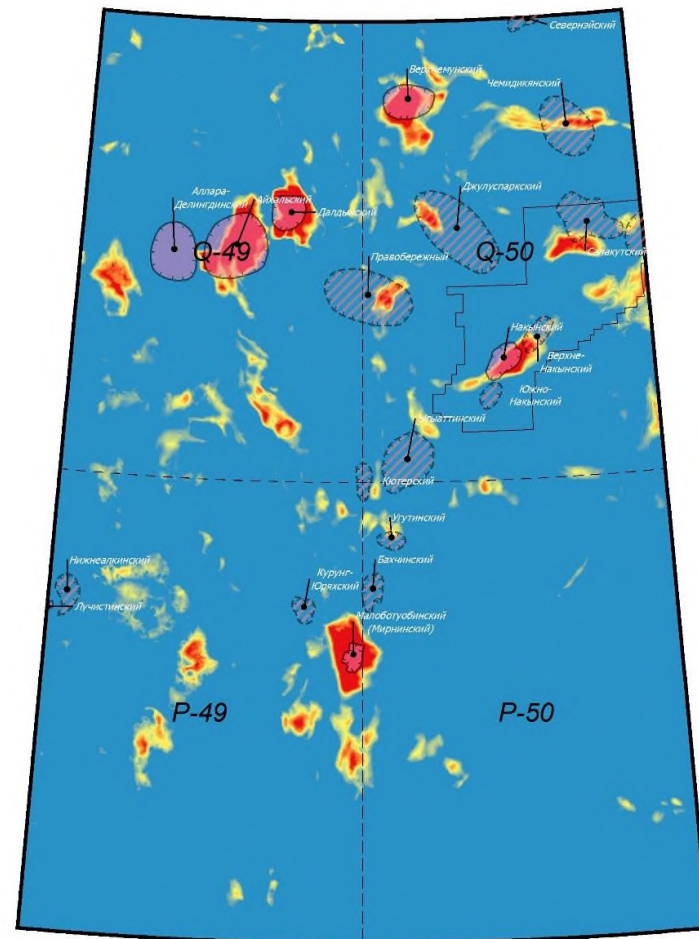
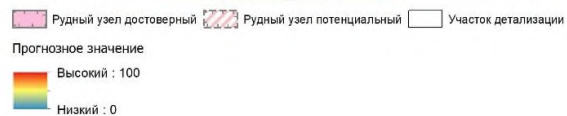
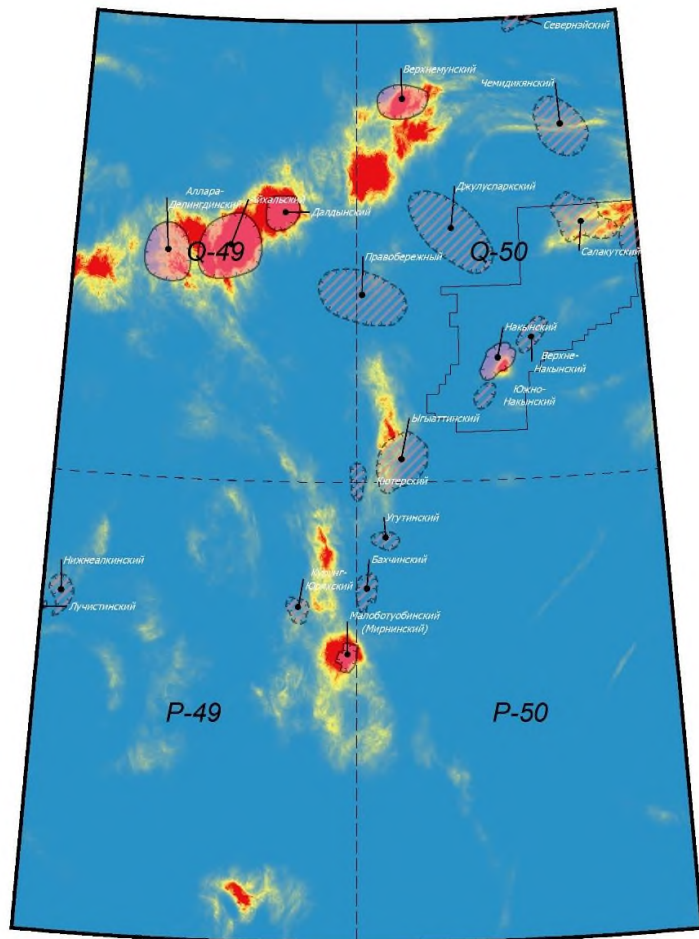
# Региональный уровень (масштаб 1 : 1 000 000 – 1:200 000)

Алгоритм Колмогорова

Алгоритм Кохонена

Матрицы – признаки:

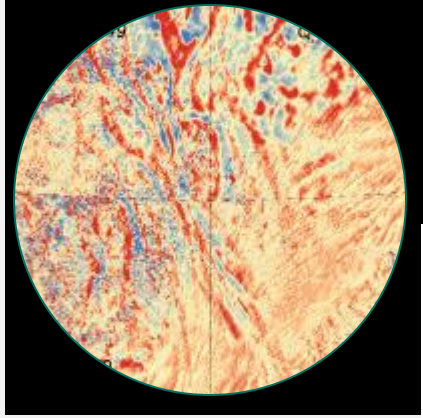
- Аномальное магнитное поле
- Аномальное гравитационное поле (Буге, 2.67)
- Локальные компоненты
- Региональные компоненты
- Вертикальные и горизонтальные градиенты



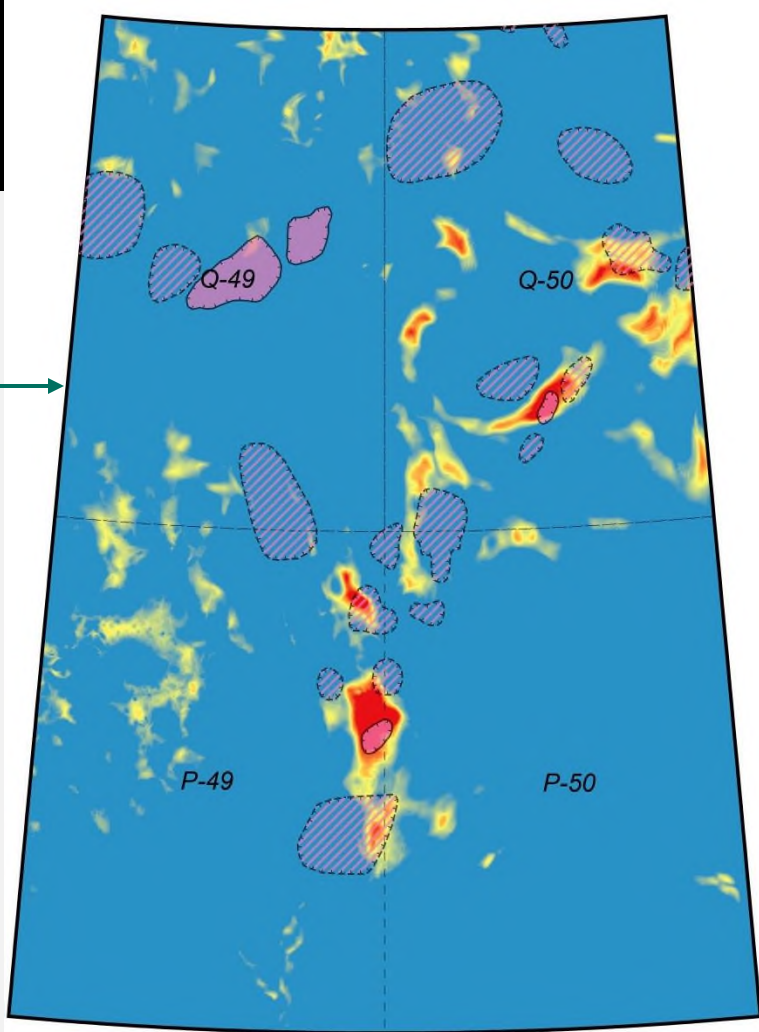
Наложены  
прогнозные  
ресурсы (ЦНИГРИ)

# Региональный уровень (масштаб 1 :1 000 000 – 1:200 000)

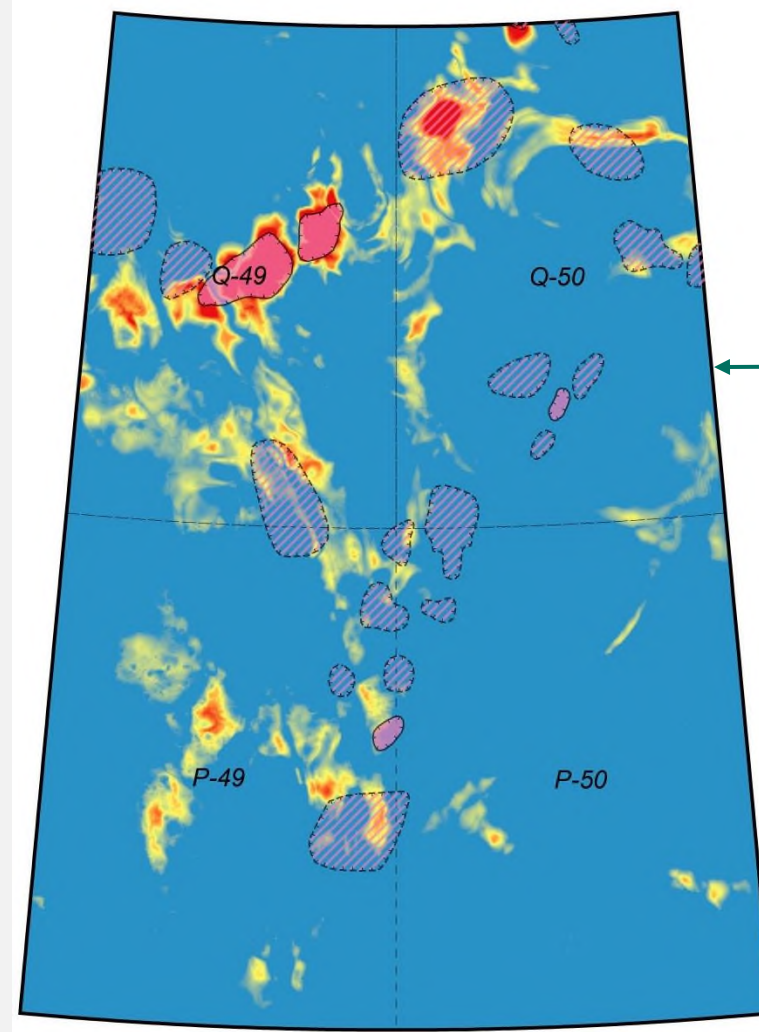
## Спецификация учителей



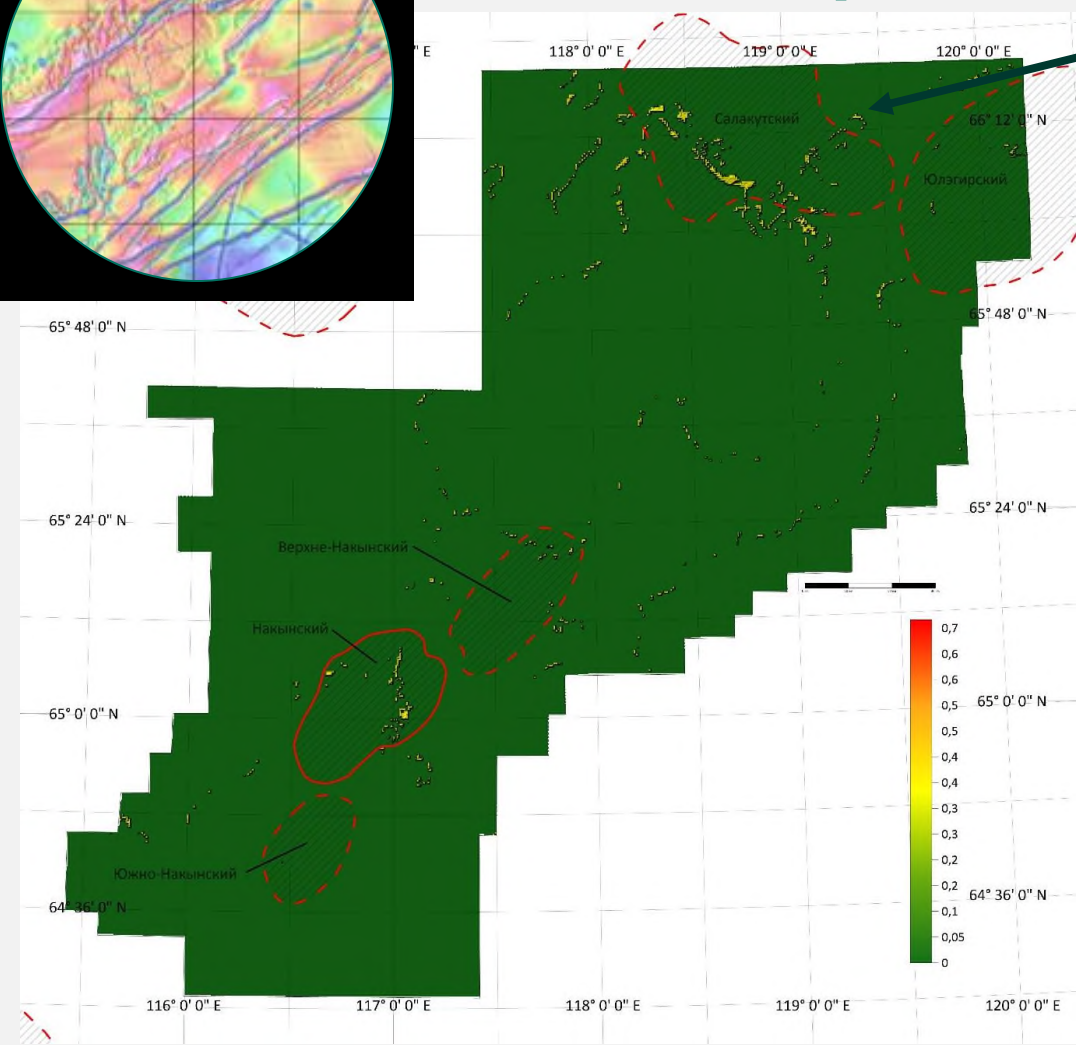
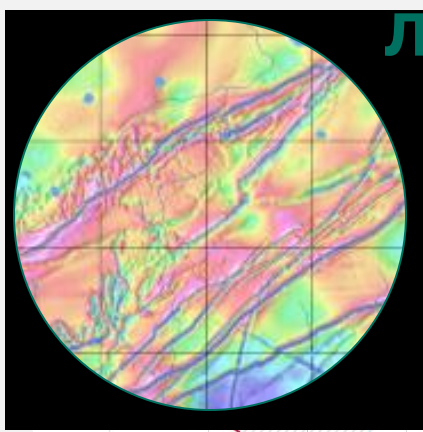
Учителя: трубки  
Далдыно-  
Алакитского и  
Верхнемунского  
поля



Учителя: трубки  
Мирнинского и  
Накынского поля

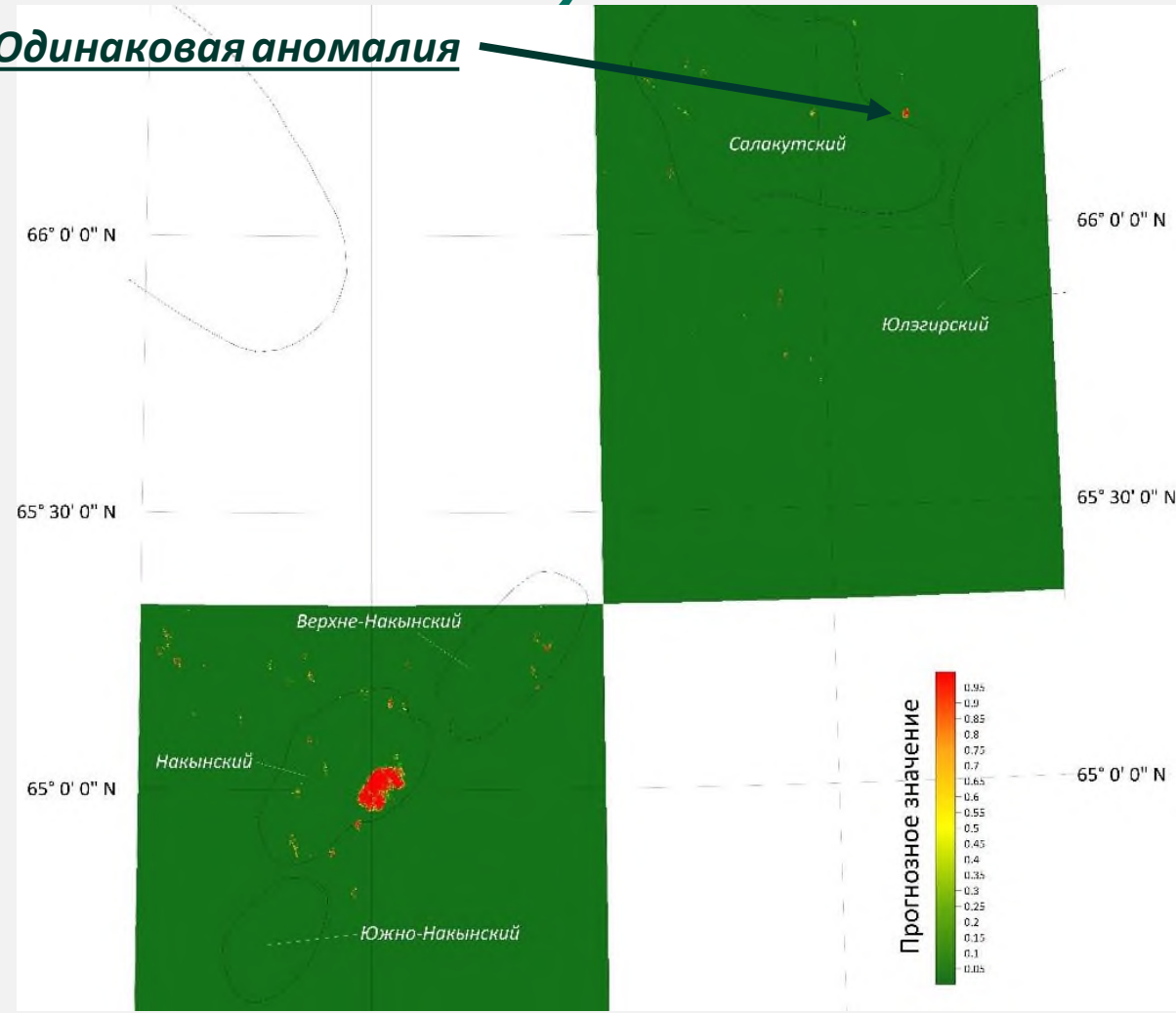


# Локальный уровень (масштаб 1 :50 000 – 1:25 000)



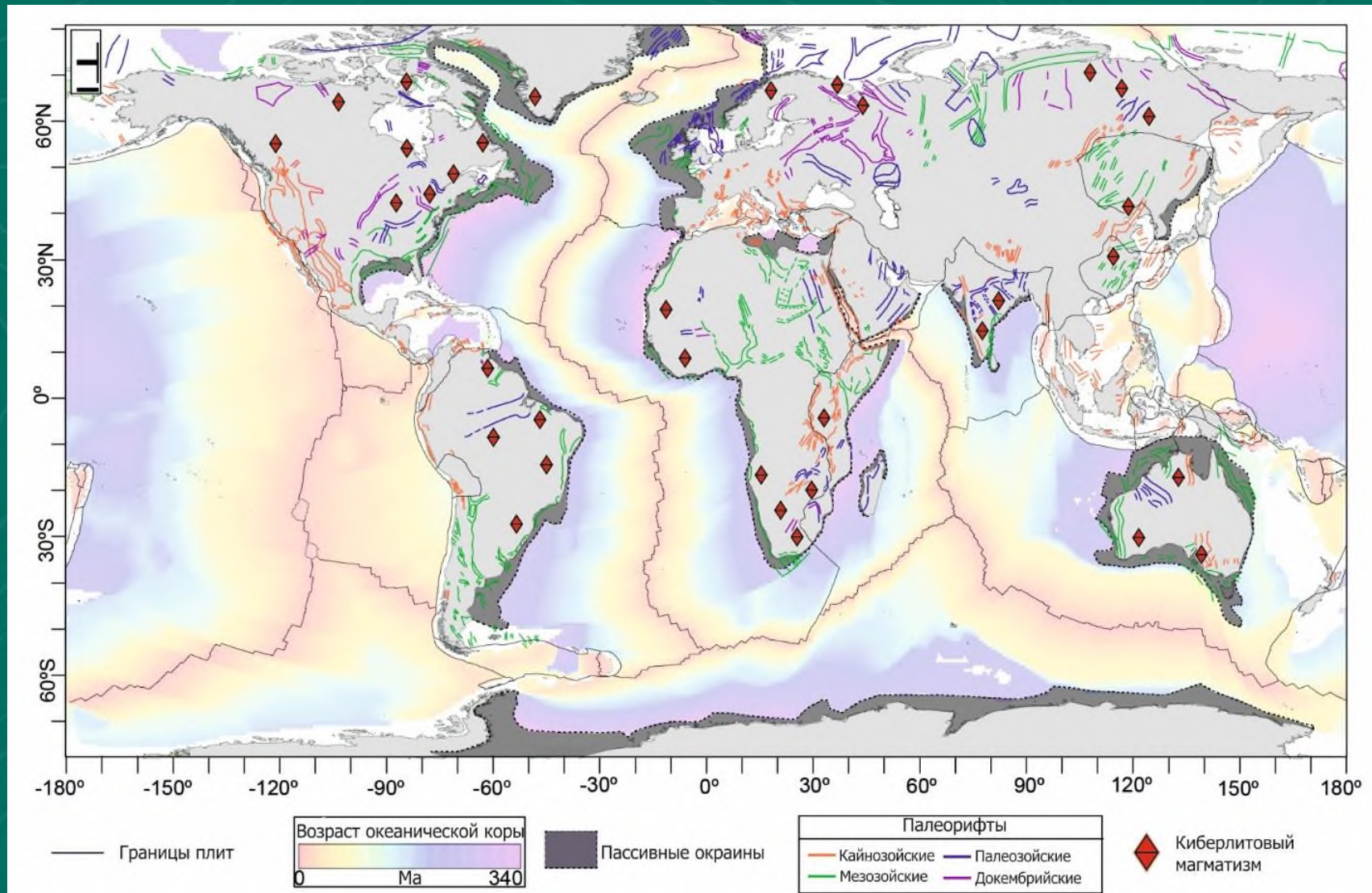
Геофизика

Одинаковая аномалия

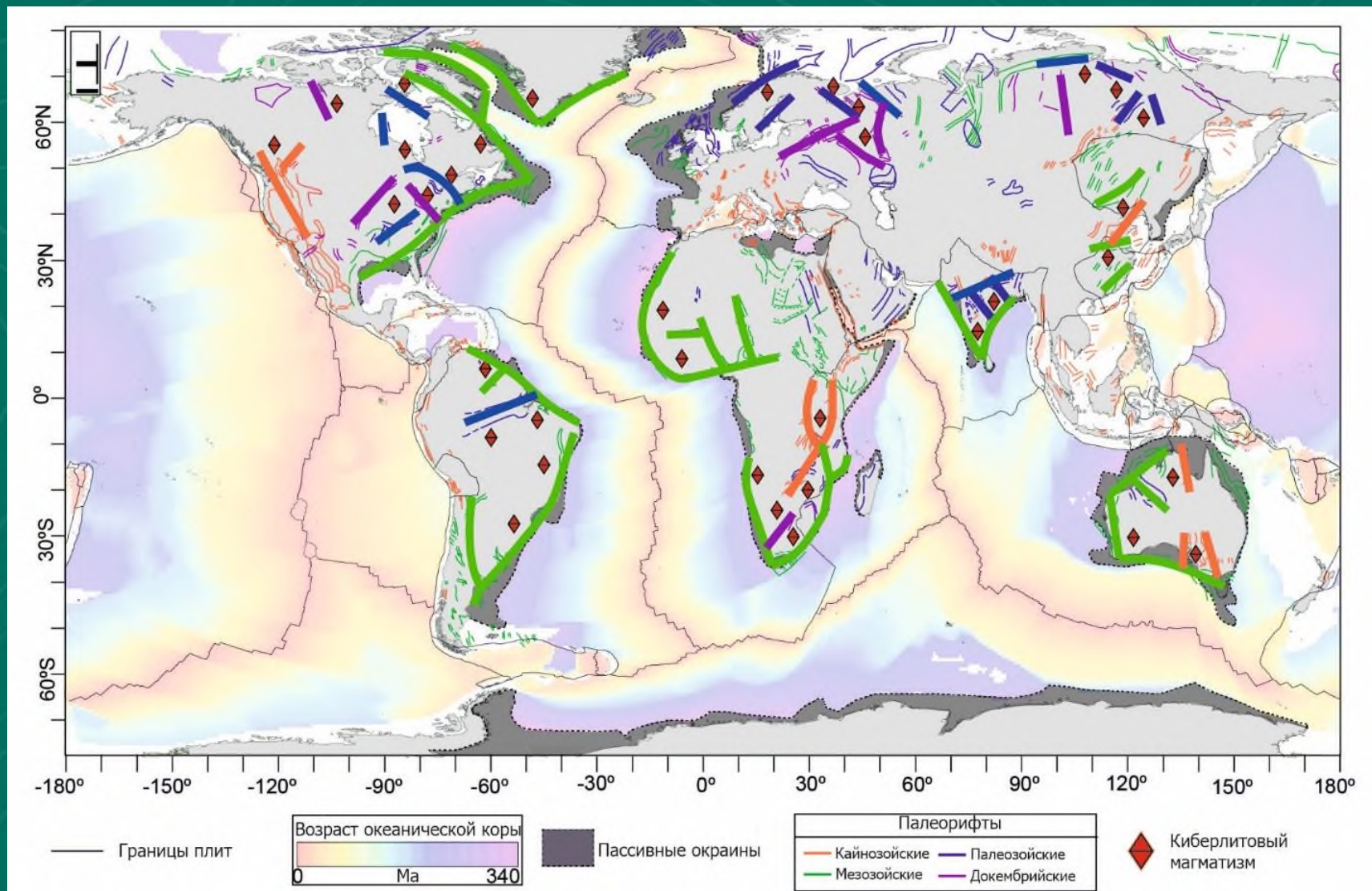


МСА, Q-алмазы, морфометрические характеристики

# Прогностно-поисковая модель



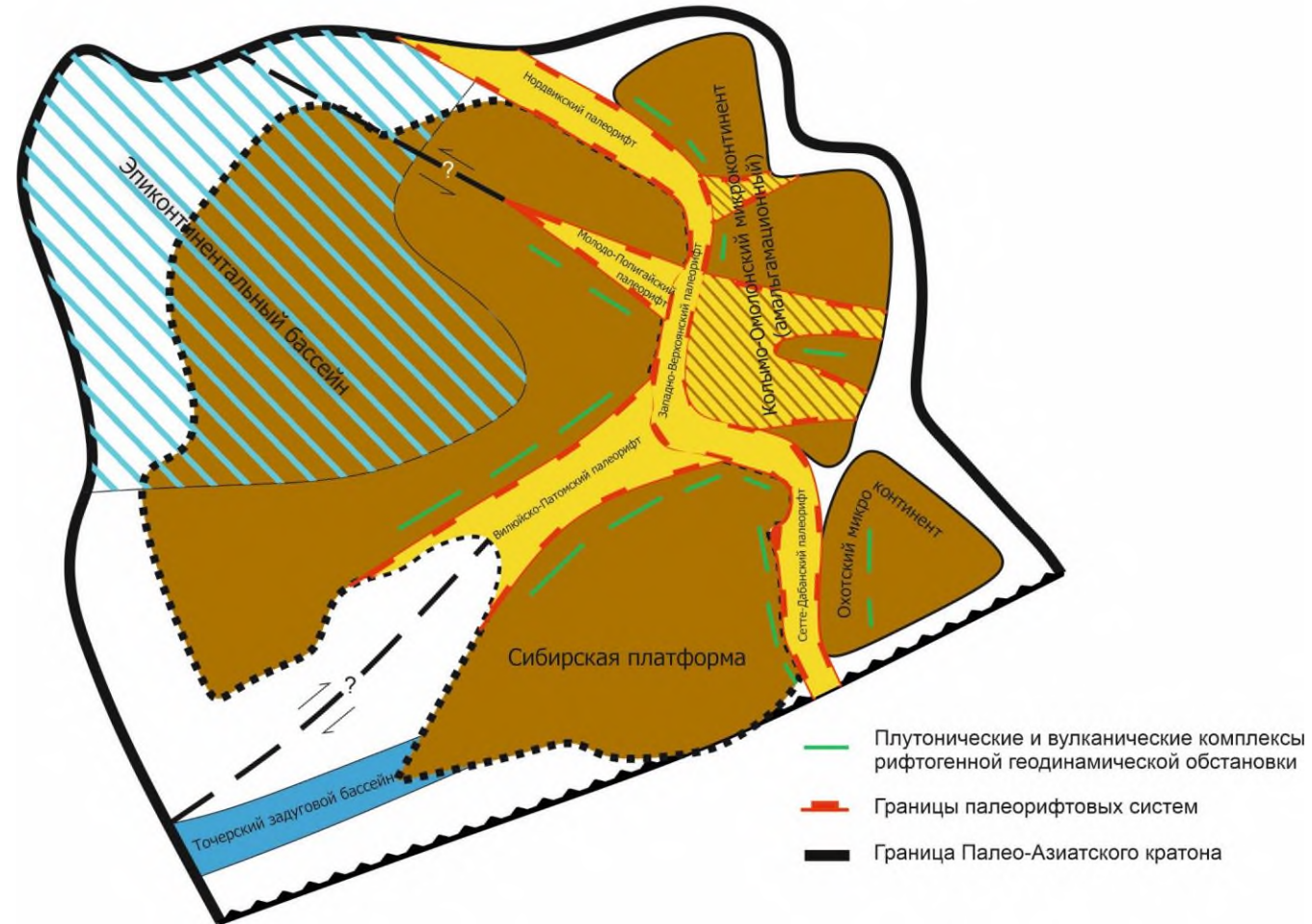
# Прогнозно-поисковая модель

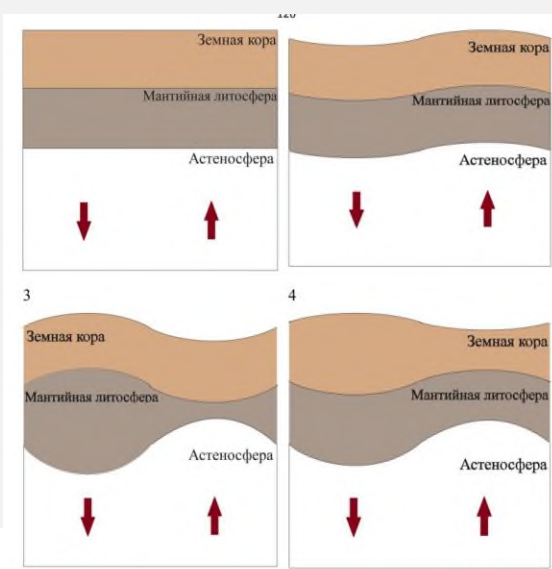
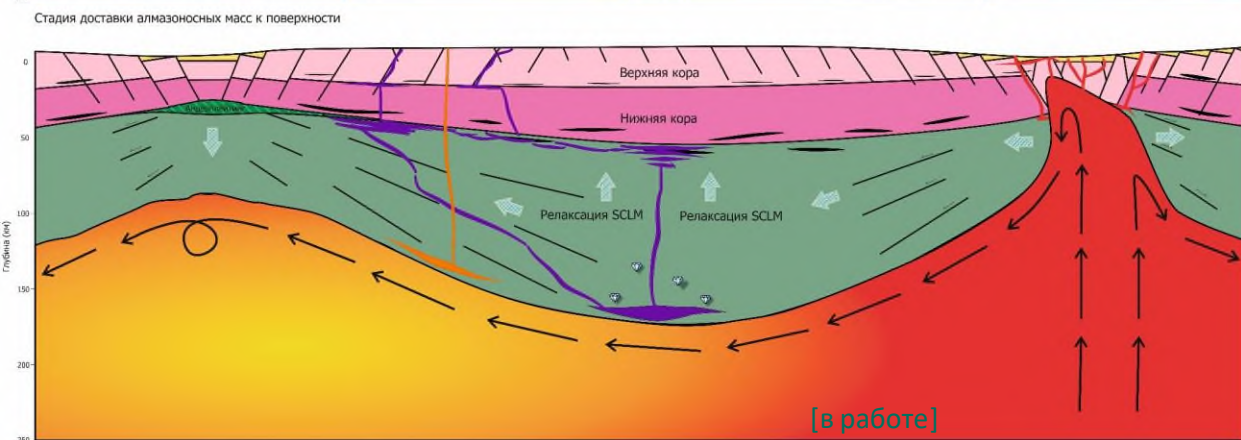
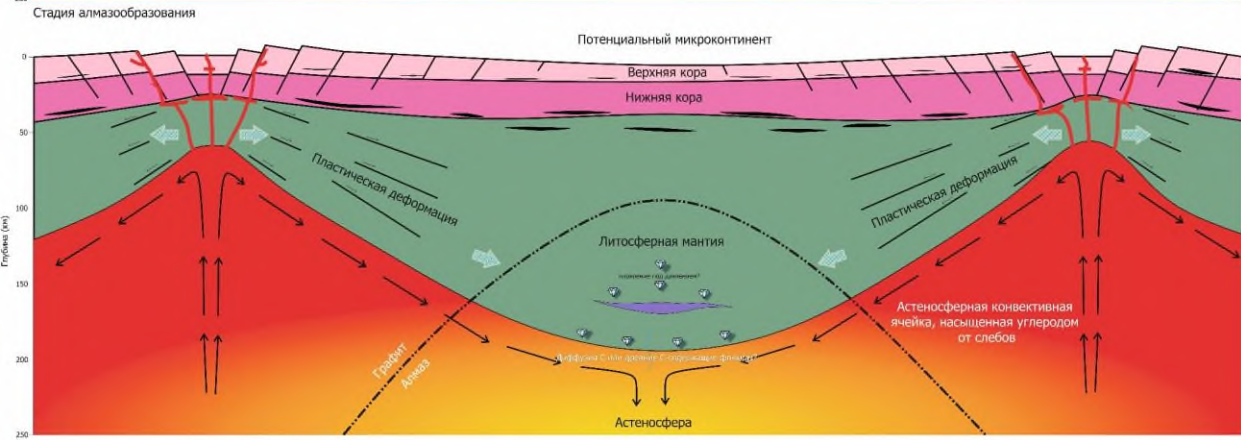
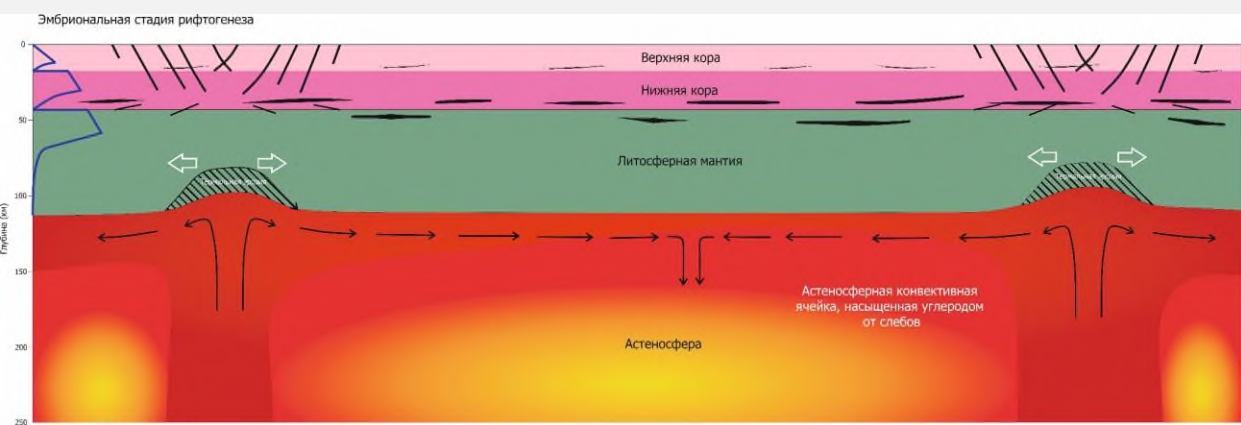




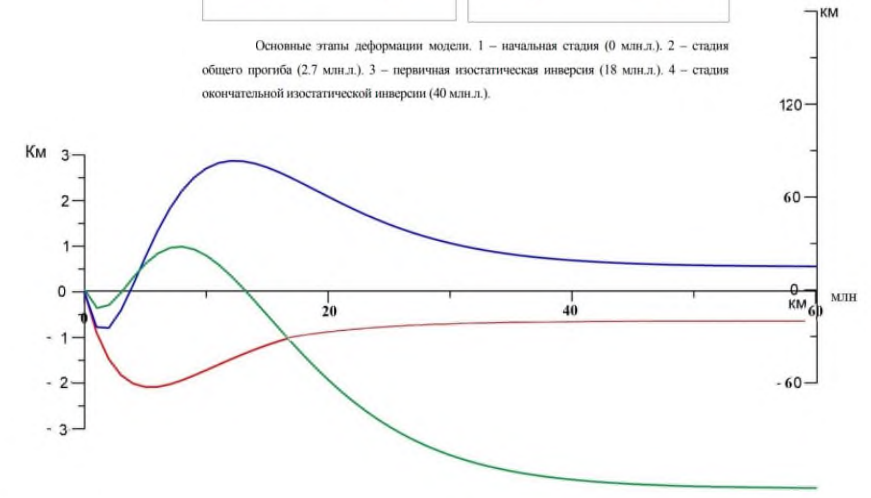
# Прогнозно-поисковая модель

Тектоническая схема Палео-Азиатского континента  
на поздний девон - ранний карбон





Основные этапы деформации модели. 1 – начальная стадия (0 млн.л.). 2 – стадия общего прогиба (2,7 млн.л.). 3 – первичная изостатическая инверсия (18 млн.л.). 4 – стадия окончательной изостатической инверсии (40 млн.л.).

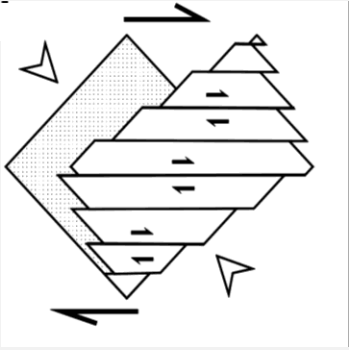


Функции амплитуды погружения рельефа дневной поверхности (синим цветом, построена относительно левой вертикальной шкалы), подошвы коры (зелёным цветом, построена относительно левой вертикальной шкалы) и подошвы литосферы коры (красным цветом, построена относительно правой вертикальной шкалы) построенные для модели учёта влияния астеносферной конвекции.

[Мягков Д.С., 2022]

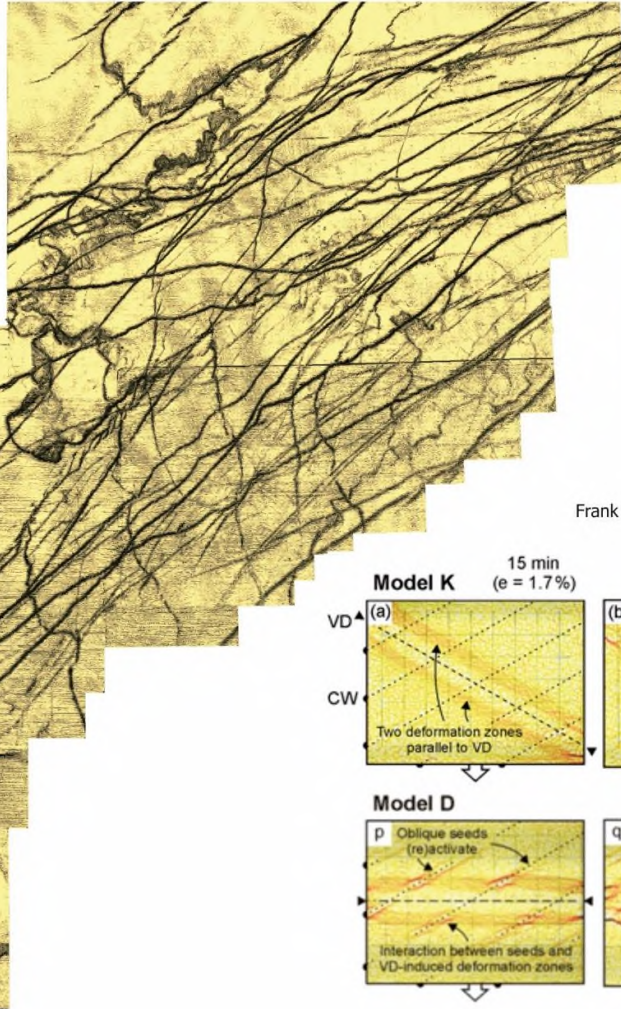
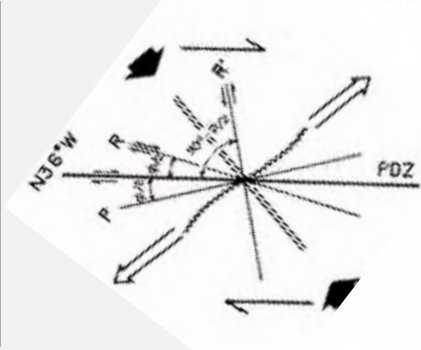
# Прогнозно-поисковая модель

Простой сдвиг – транскуррентный

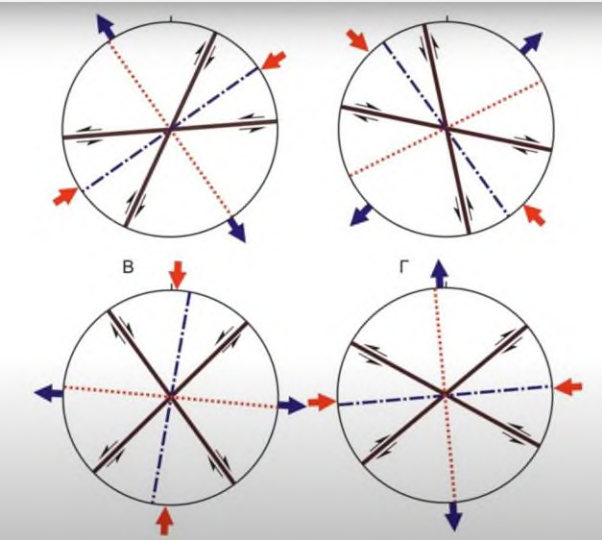


## Вилуйско-Мархинская зона разломов

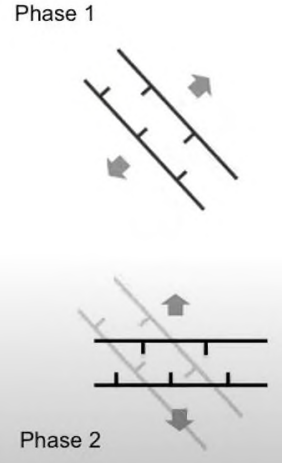
Николаев А.В., Коваленко Н.И., 2005



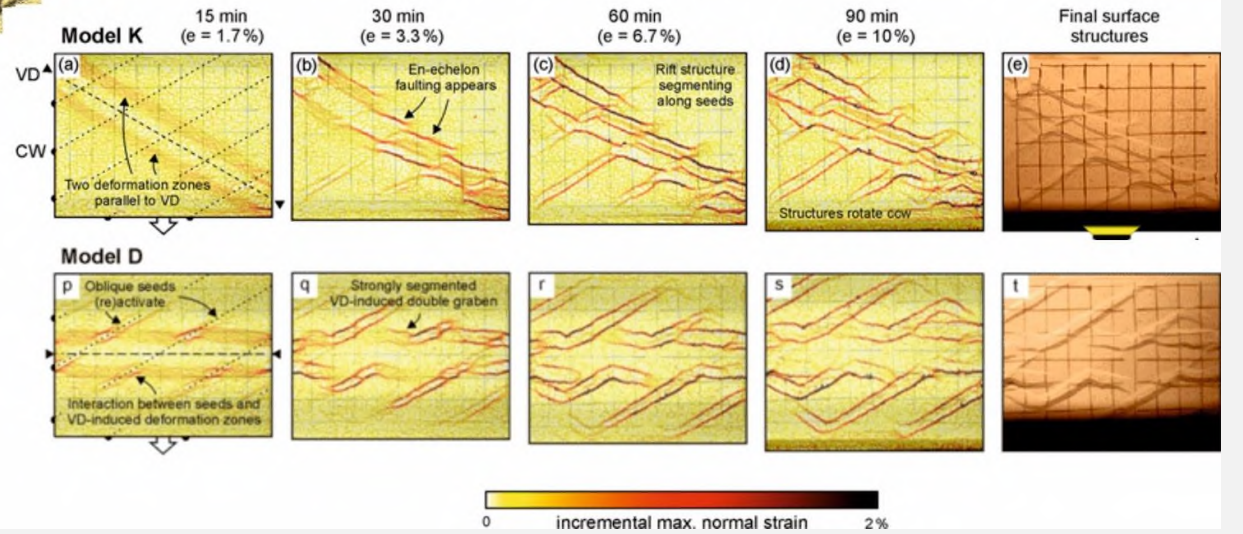
Структурные парагенезисы  
накынского поля



Гладков А.С., 2017



Frank Zwaan et al. Complex rift patterns, a result of interacting crustal and mantle weaknesses, or multiphase rifting? 2021



# Формирование «объективного» признаков пространства



pyLEFA

Автоматическое выделение линеаментов по данным ЦМР и КС (конволюция, преобразование Хафа)

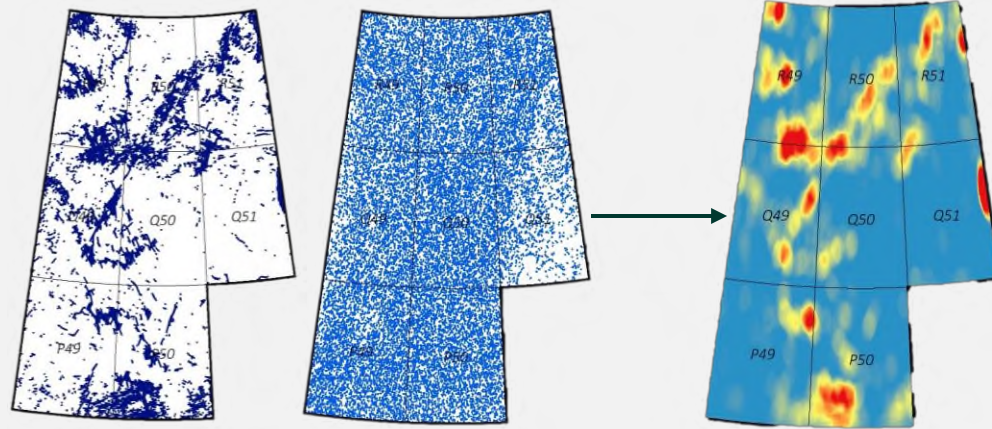
Плотность линеаментов, «узловые» структуры, выделение по простиранию



ГИС ИНТЕГРО

Расчет трансформант, фильтрации, обнаружение аномалий на фоне случайных помех, линеаменты, градиенты и т.д.

Особенности коры: внутрикоровые границы, локальные аномалии, линейные аномалии



IPLAB LLC

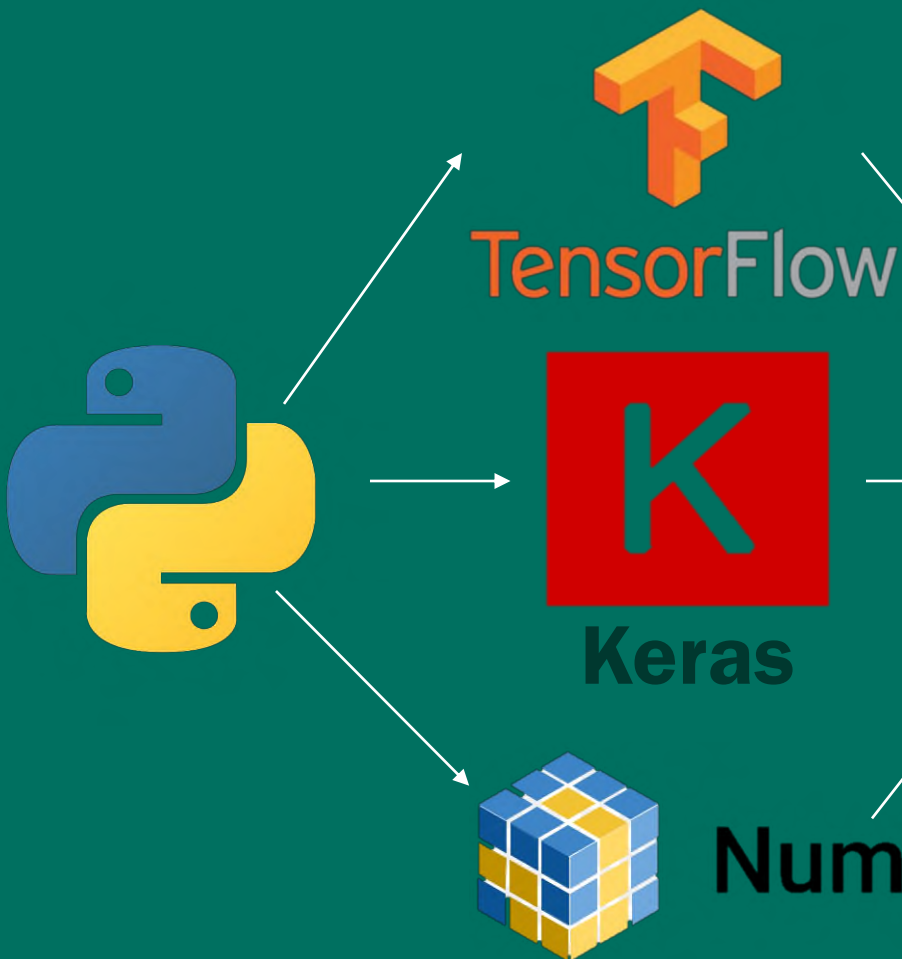
IPSeismic



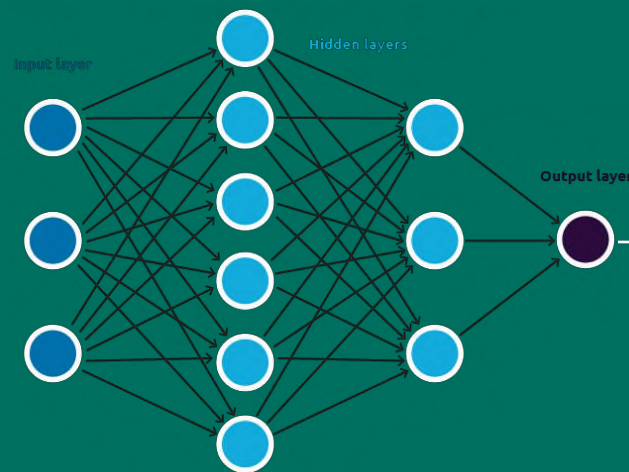
Python

# Реализация алгоритмов глубокого обучения в среде Python

Библиотеки для  
машинного обучения



Создание моделей  
машинного обучения



Применение  
моделей

(предварительная  
подготовка входных  
матриц возможна  
как в Python, так и  
в привычных ГИС)

Визуализация данных



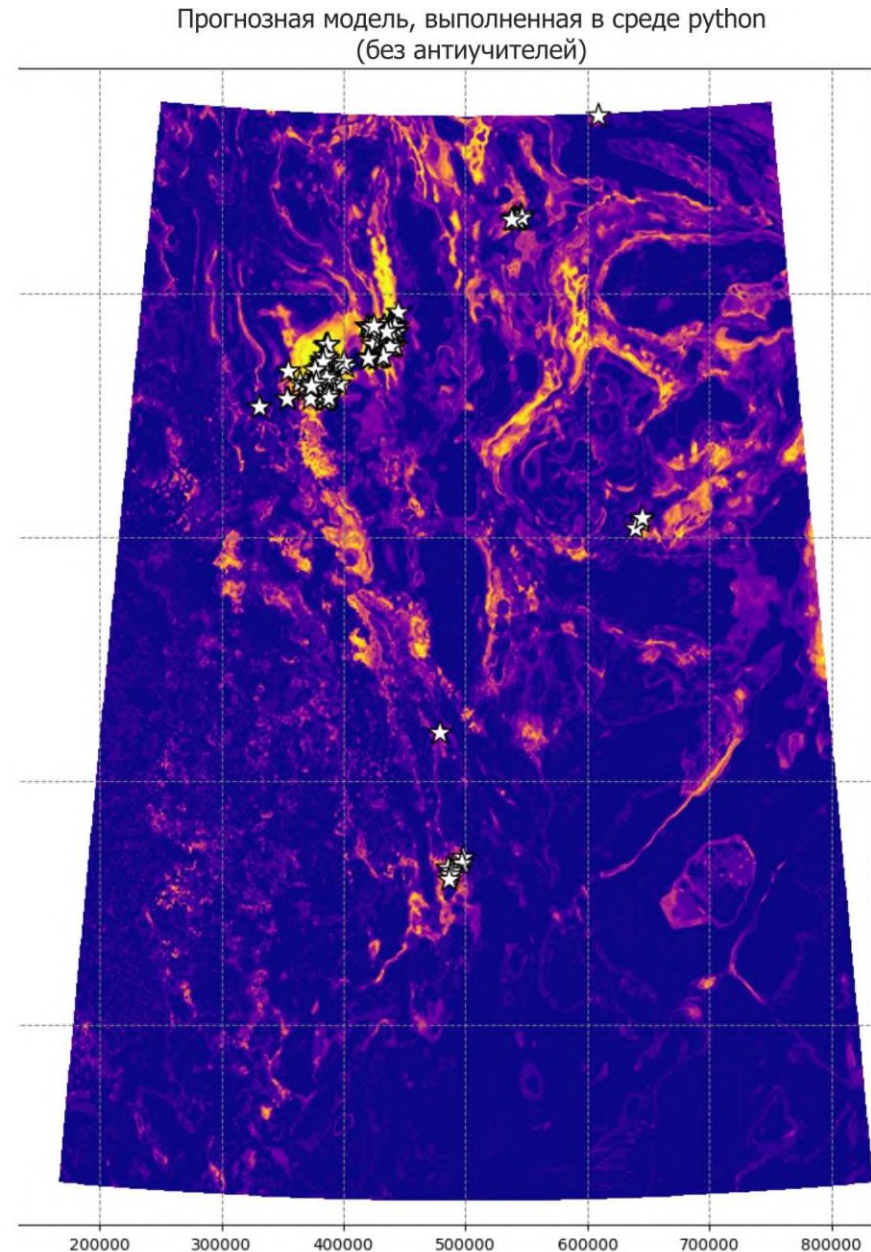
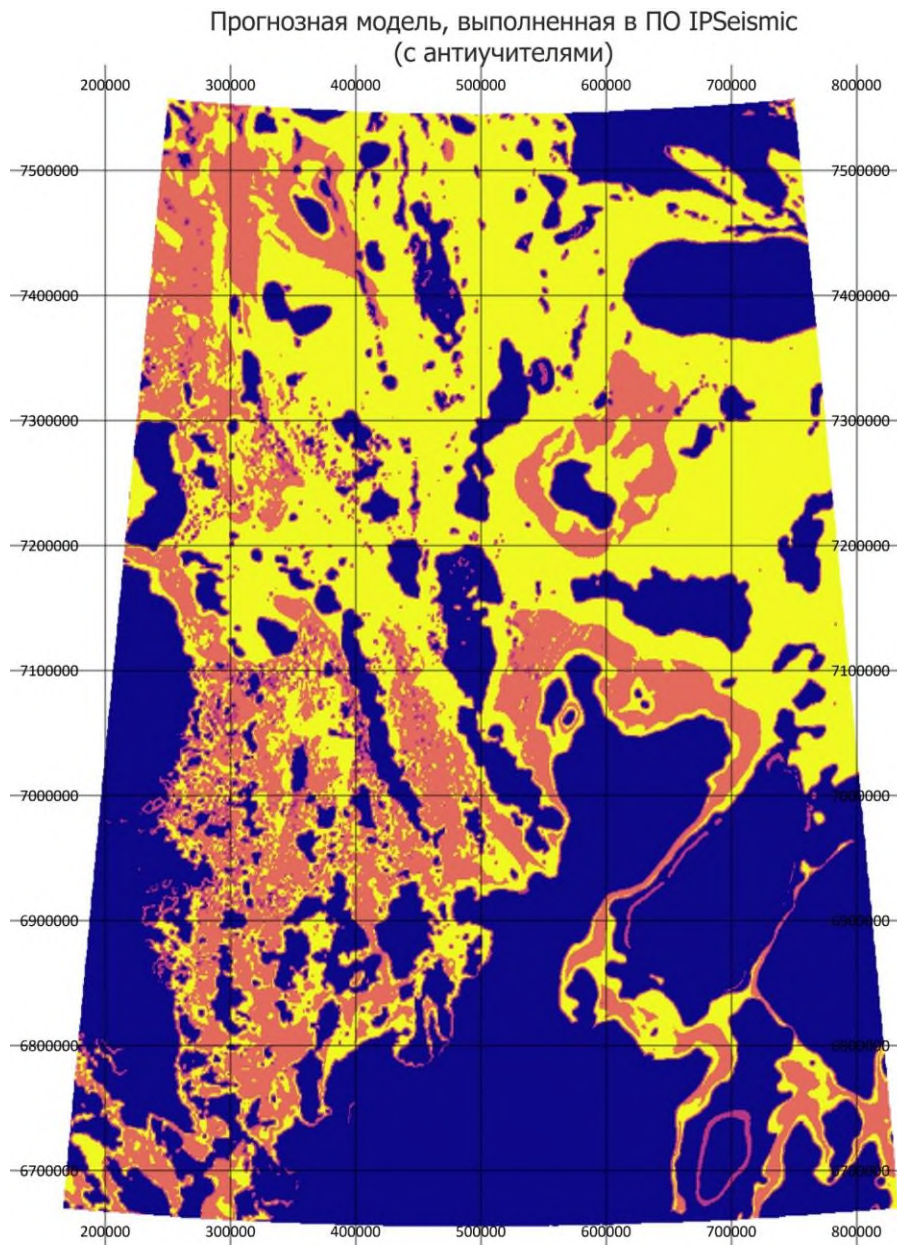
или выгрузка матриц в  
привычные ГИС

**Плюсы:**

- *Использование собственного программного кода, использование библиотек с открытым исходным кодом*
- *Расширенные функции и алгоритмы*

# Реализация алгоритма «Random forest» в среде python

Прогнозные модели, полученные в среде «python» (справа) и в ПО «IPSeismic» (слева).





ВСЕРОССИЙСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ им. А. П. КАРПИНСКОГО

Спасибо за  
внимание!