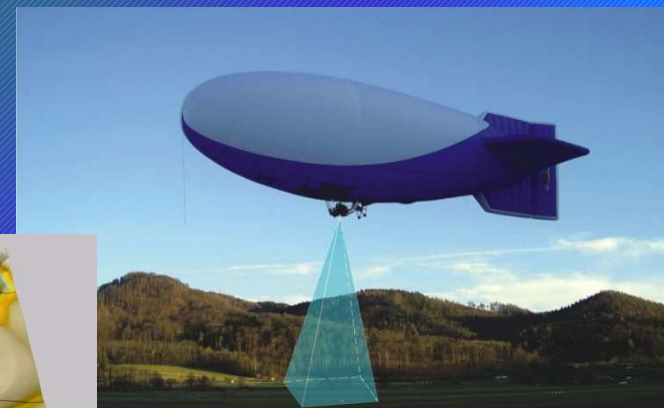
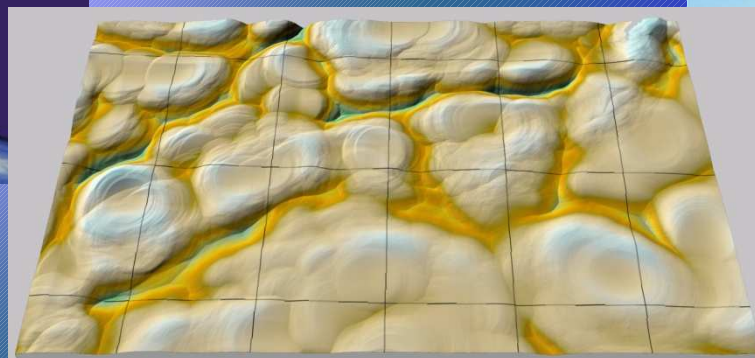
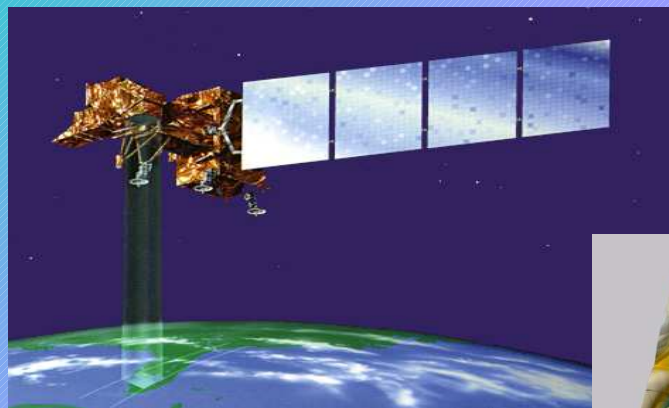




ООО «ТРАНС-СЕРВИС», г. КИРИШИ
trserv@kirishi.ru, trserv@kazan.ru

Современный подход к обработке ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СНИМКОВ

Онегов В.Л., Каримова Л.К.



► **В основу технологии** положено дистанционное непрерывное зондирование Земли с получением разновременных *космических* и разновысотных *авиационных* (вертолетных и/или дирижабельных) снимков теплового излучения в инфракрасном (8–14 мкм) диапазоне. Проводится анализ многоспектральных характеристик поля с вычислением эффективной плотности потока теплового излучения и блоково-разломных структур на заданных глубинах, пространственной и временной динамики нормализованного индекса «стресса» растительности в увязке с глубинным строением геологической среды.

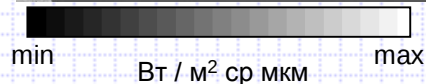
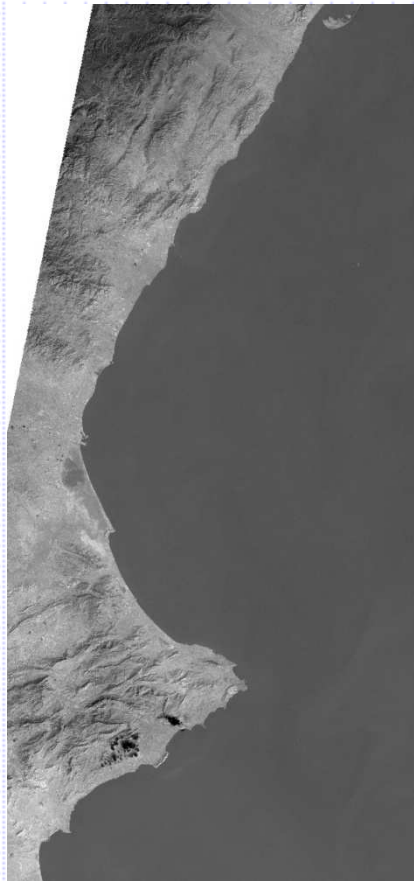
► **Решаемые задачи** охватывают *геологическую* (поиски месторождений полезных ископаемых на суше и море – нефть, газ, вода) и *нефтегазовую* (поиск мест расположения природных резервуаров УВ и контроль за состоянием действующих газовых хранилищ) отрасли, *экологию, лесное хозяйство*.

► **Используемые технические средства** – снимки с космических аппаратов «Landsat-5», «Landsat-7», «Terra», «Aqua» и видеотепловизионного комплекса высокого разрешения на базе вертолета или *теплового дирижабля*.

Исходные данные дистанционного тепловизионного зондирования Земли



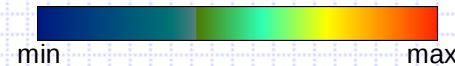
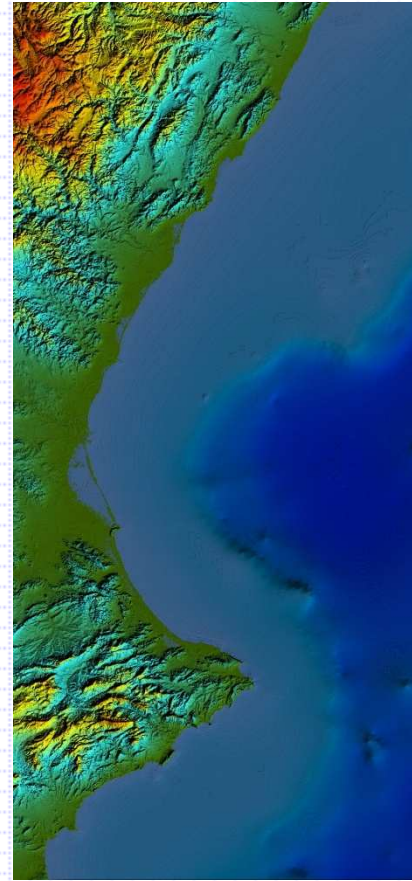
Тепловизионный снимок



Снимок видимого диапазона



Карта рельефа местности и батиметрии

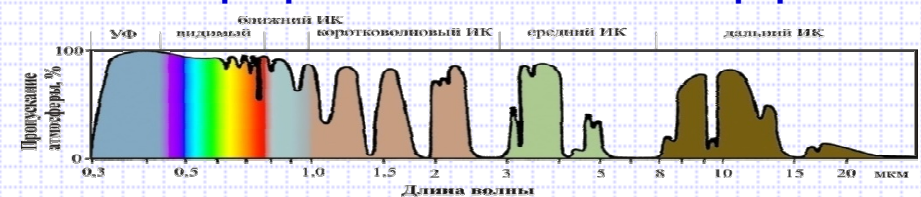


Технология **тепловизионной томографии** геологической среды основана на обработке снимков в тепловом инфракрасном диапазоне 8-14 мкм. Комплексный анализ многоспектральных космических и авиационных данных по суше и морю выполняют с использованием ИК и видимого снимков, карт рельефа местности и батиметрии моря. В качестве топографической основы используют векторные и растровые электронные карты высокого разрешения.

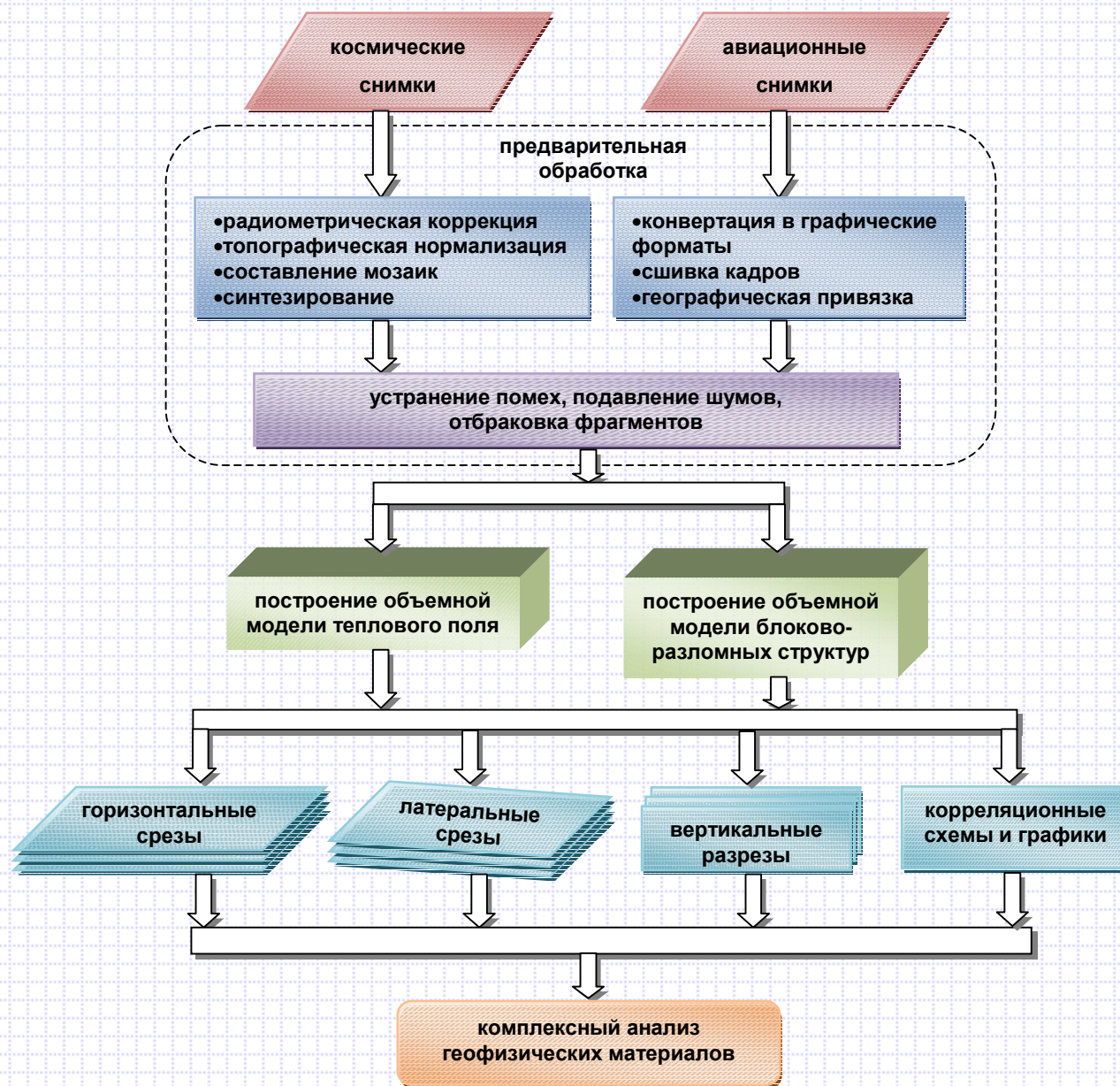
Оптический диапазон электромагнитных волн



Окна прозрачности земной атмосферы



Блок-схема обработки тепловизионных снимков



Расчет объемной модели плотности потока теплового излучения среды

$$s_{ij}^n = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \sum_{m=i-n}^{i+n} \sum_{k=j-n}^{j+n} s_{mk}^0 e^{-\frac{m^2+k^2}{2\sigma^2}}$$

Алгоритм вейвлет-анализа теплового поля

$$W_s(a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} S(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx,$$

Эвристический алгоритм расчета объемной модели

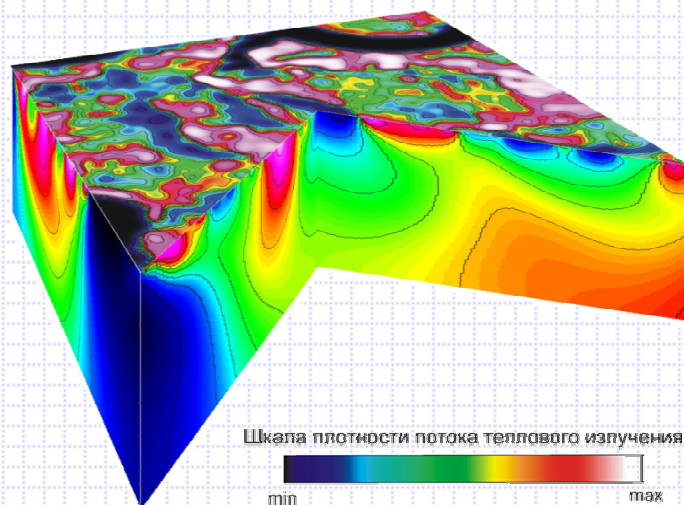
$$S_n(x, y) = a_{xn} \cdot a_{yn} \cdot \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^K S_1(x_i, y_j) e^{-\frac{|x-x_i|+|y-y_j|}{z}}$$

где $a_{xn} = \frac{1}{\sum_{i=0}^M e^{-\frac{|x-x_i|}{z}}}$ $a_{yn} = \frac{1}{\sum_{j=0}^K e^{-\frac{|y-y_j|}{z}}}$

Расчет объемной модели блоково-разломных структур

$$b_{ij}^n = \max\{s_{mk}^n \mid m = \overline{i-n, i+n}, k = \overline{j-n, j+n}, \}$$

Объемная модель теплового поля



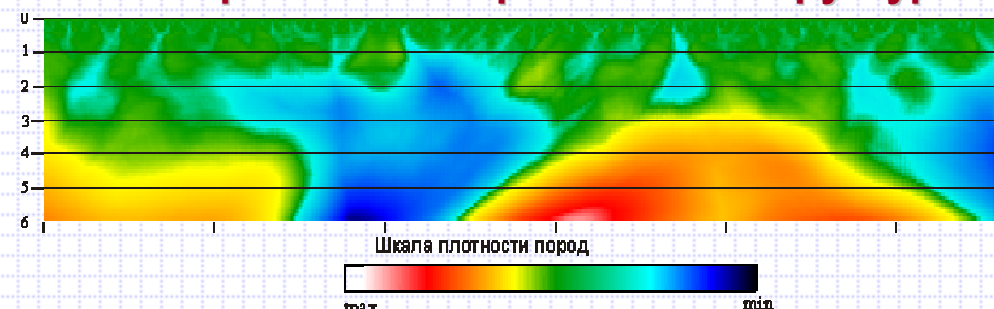
На основе разработанных алгоритмов и программ вычисляется по тепловому полю поверхности Земли эффективная плотность потока теплового излучения на заданных глубинах. В процессе интерпретации рассчитывается объемная модель среды.

Выявляемые в разрезе геотермические аномалии позволяют формализовать их в реальные модели среды, так как температурный режим пород (ниже нейтрального слоя) определяется восходящим эндогенным тепловым потоком, динамикой геологической среды и тепловыми свойствами пород.

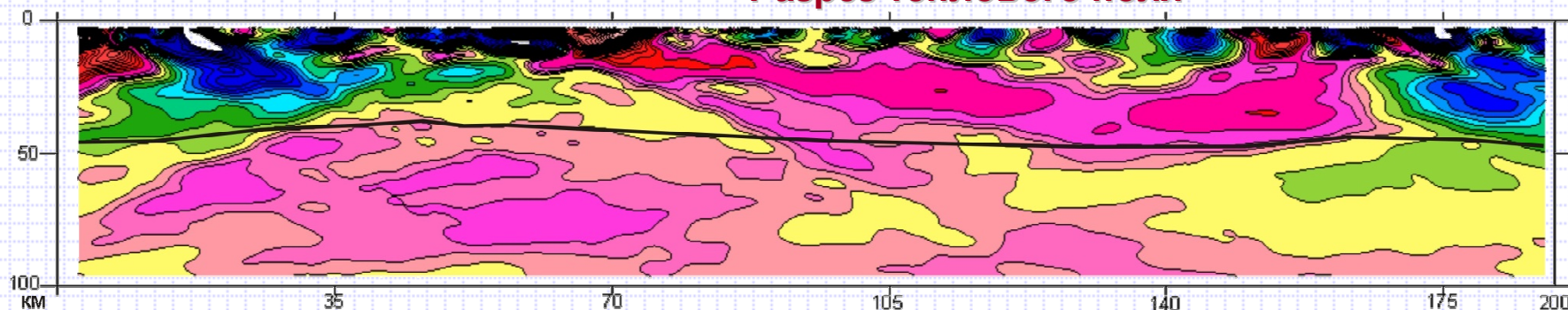
Технология дешифрирования разрезов и схем теплового поля Земли нацелена на селективное отображение :

- геодинамических блоков и разрывов;
- внутренних термодинамических неоднородностей;
- зон сжатия, растяжения и разуплотнения пород, в состав которых входят зоны флюидоперетоков и флюидонакопления.

Разрез блоково-разломных структур

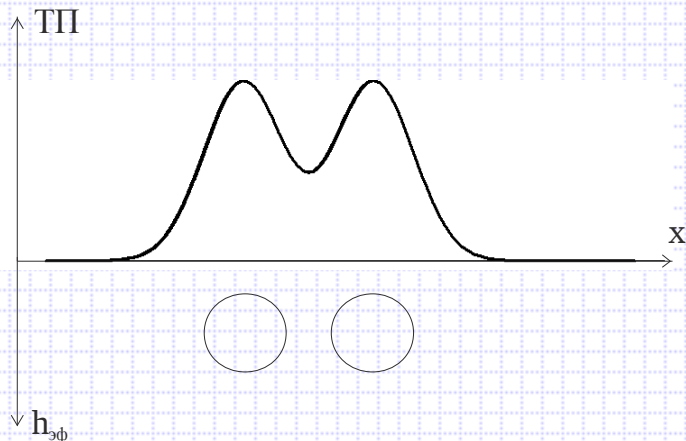


Разрез теплового поля



Модель теплового поля, создаваемого двумя шарообразными объектами

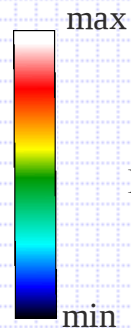
Тепловое поле над шарообразными объектами



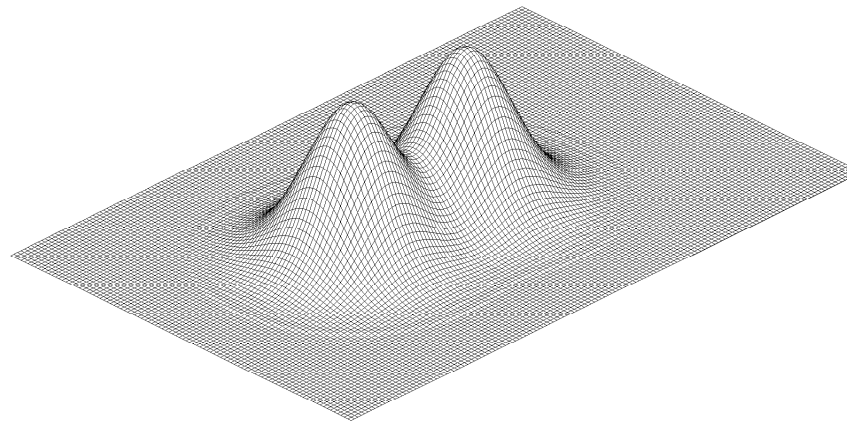
Регистрируемое тепловое изображение



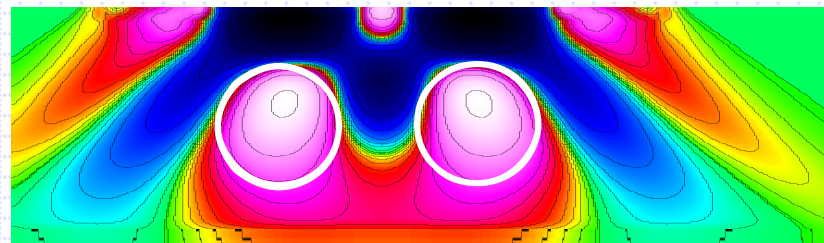
Шкала
интенсивности



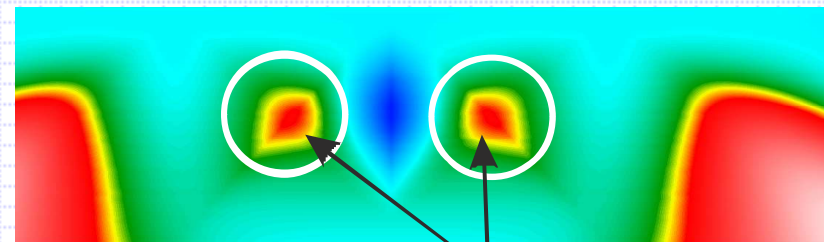
Объемное представление теплового поля объекта



Вертикальный разрез модели теплового поля



Вертикальный разрез модели блоково-разломных структур



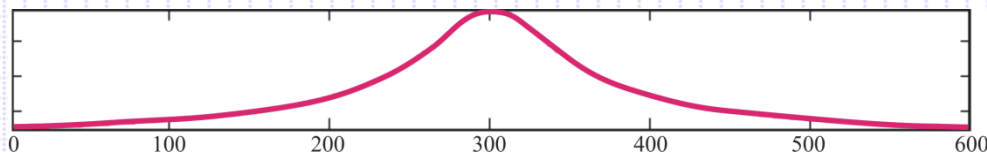
регистрируемые объекты

Рис. 2.12 Модель теплового поля, создаваемого двумя шарообразными объектами в однородной среде

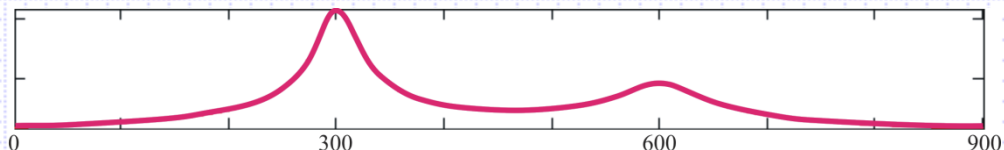
Модель теплового поля, и его вейвлет-разложение



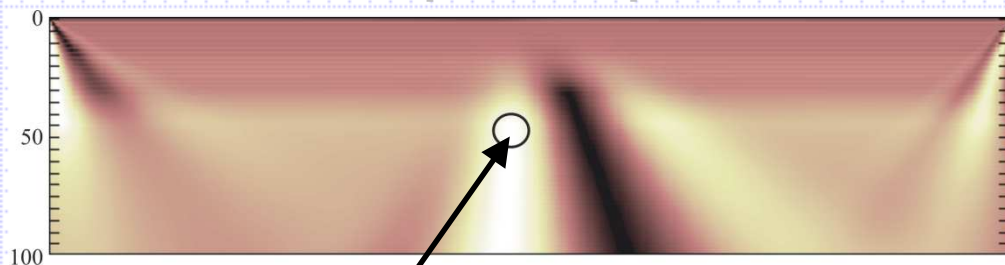
Тепловое поле созданное одиночным источником



Тепловое поле созданное двумя источниками

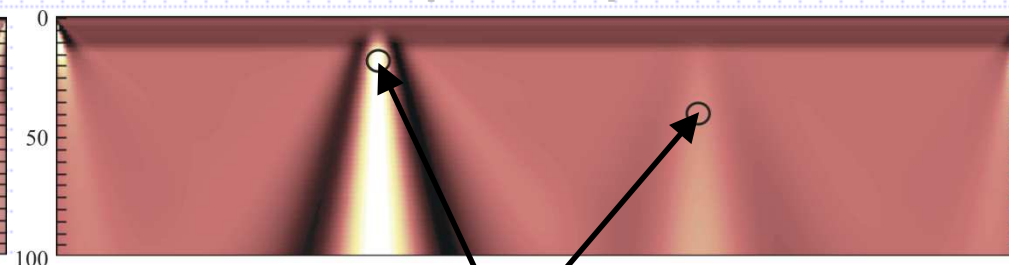


Разложение по вейвлету Добеши четвертого порядка



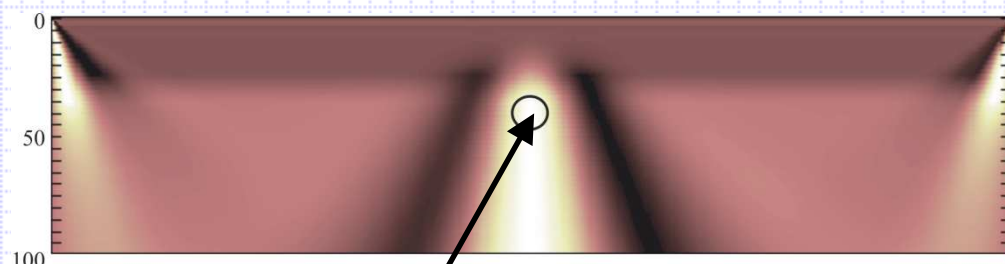
Регистрируемый объект

Разложение по вейвлету Койфмана второго порядка



Регистрируемый объект

Разложение по вейвлету Койфмана второго порядка



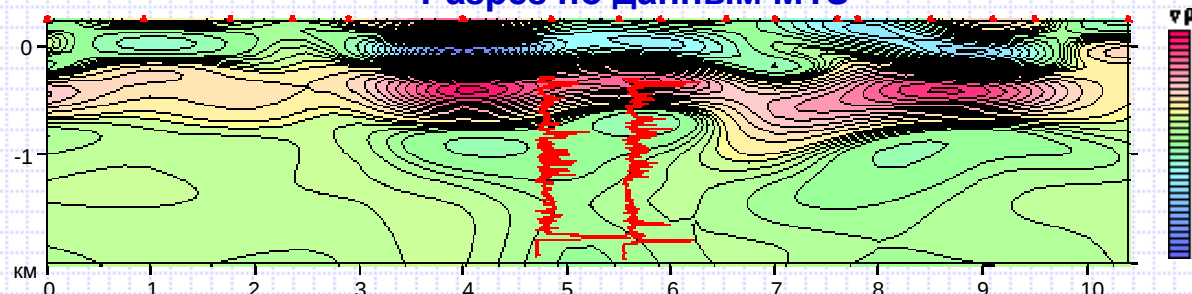
Регистрируемый объект

Вейвлет-преобразование позволяет выделять локальные источники в температурном поле. Путем выбора вида вейвлета и его порядка можно установить точное соответствие масштаба разложения с глубиной, которое не зависит от других параметров (теплопроводности среды, температуры и радиуса источника). Наилучшая локализация объекта достигнута при использовании вейвлета Койфмана второго порядка.

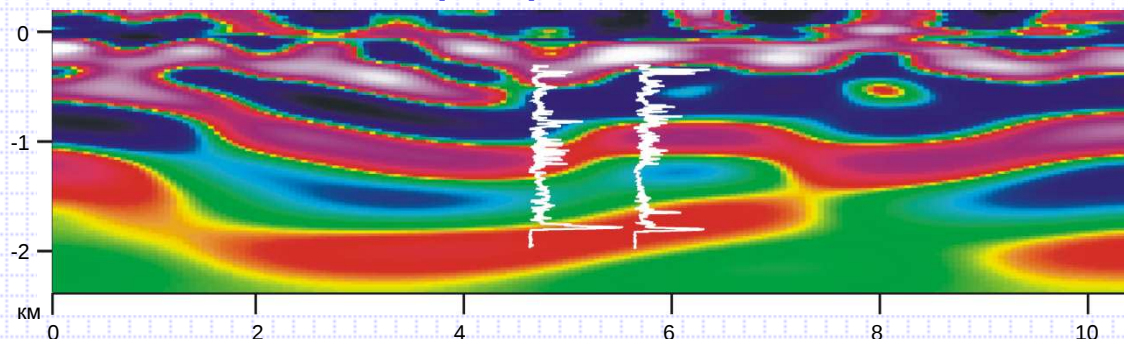
Комплексные геофизические исследования Скоропадовского поднятия на Южно-Татарском своде (Татарстан)



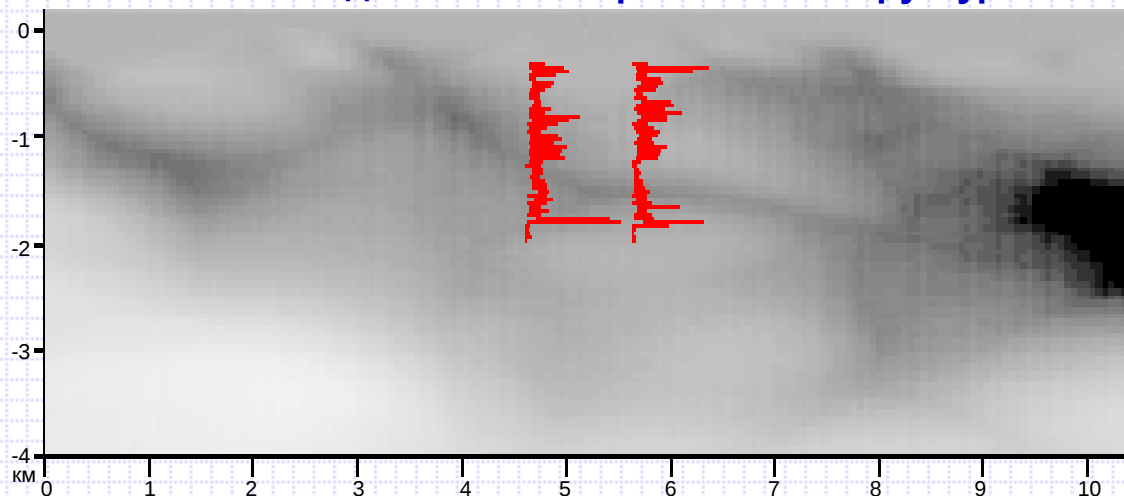
Разрез по данным МТЗ



Вейвлет преобразование теплового поля

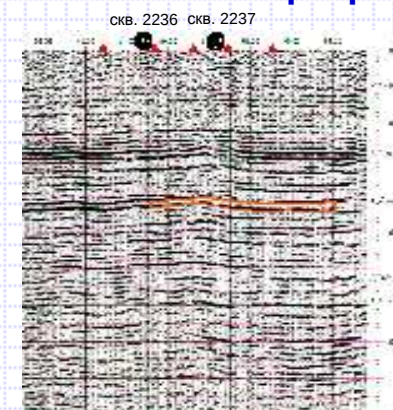


Модель блоково-разломных структур

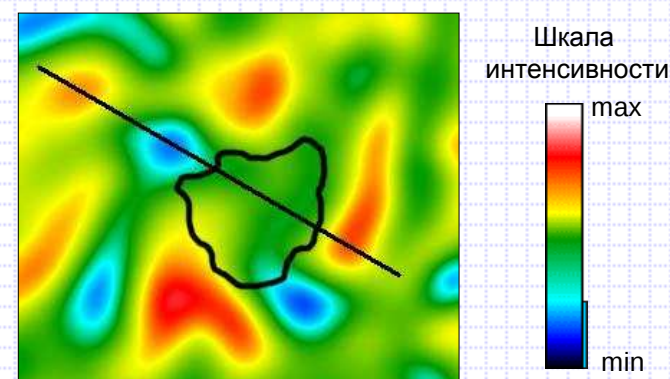


Предлагаемые признаки проявления нефтеносности осадочного чехла в тепловизионных характеристиках поля, находят хорошее подтверждение в комплексных геофизических исследованиях Скоропадовского поднятия, расположенного на Южно-Татарском своде.

Сейсмический разрез



Локальное тепловое поле в районе Скоропадовского поднятия на глубине 1200 м

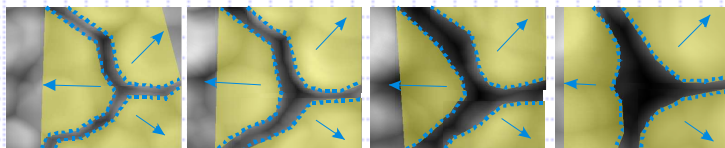


Форма представления моделей теплового поля Земли

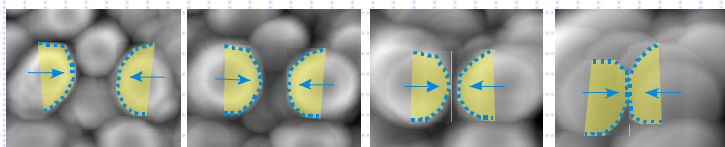


Схемы отображения блоков и граничных разрывов

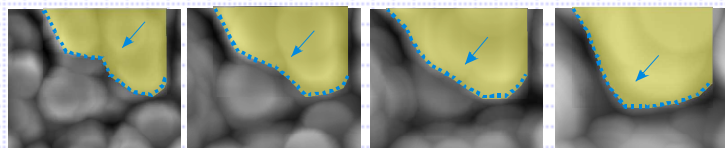
Эффект растяжения геоблоков



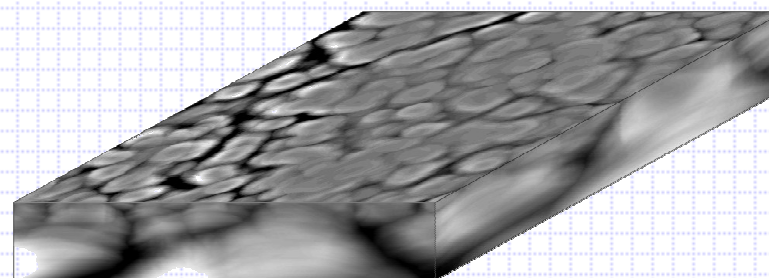
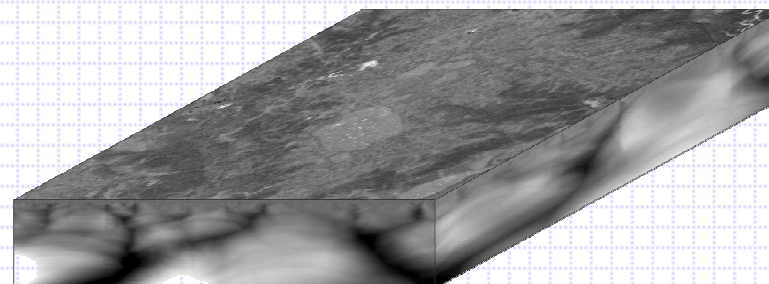
Эффект сжатия геоблоков



Эффект сдвига (надвига) геоблоков

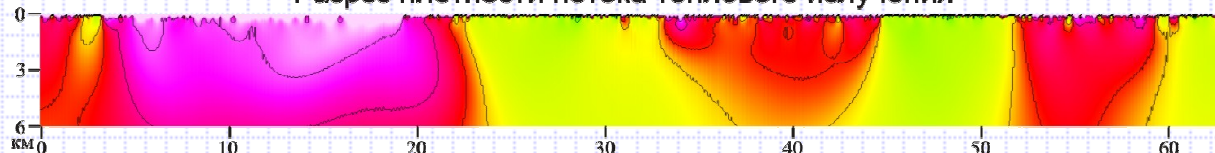


Объемная модель блоково-разломных структур

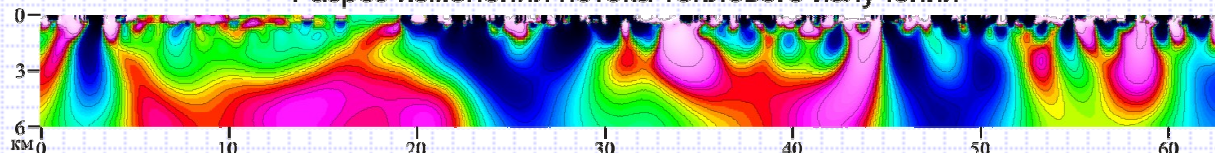


Принятая форма представления материала позволяет обеспечить систематизацию разрывных нарушений и районирования территории по характеру их пространственного распределения.

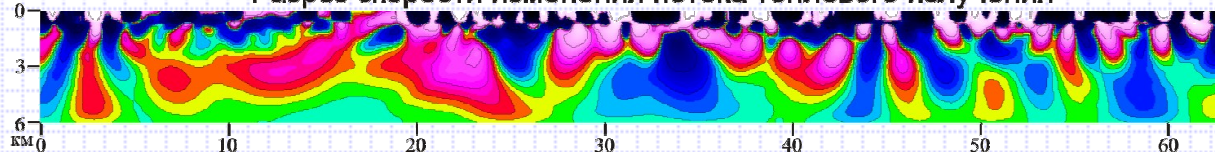
Разрез плотности потока теплового излучения



Разрез изменения потока теплового излучения



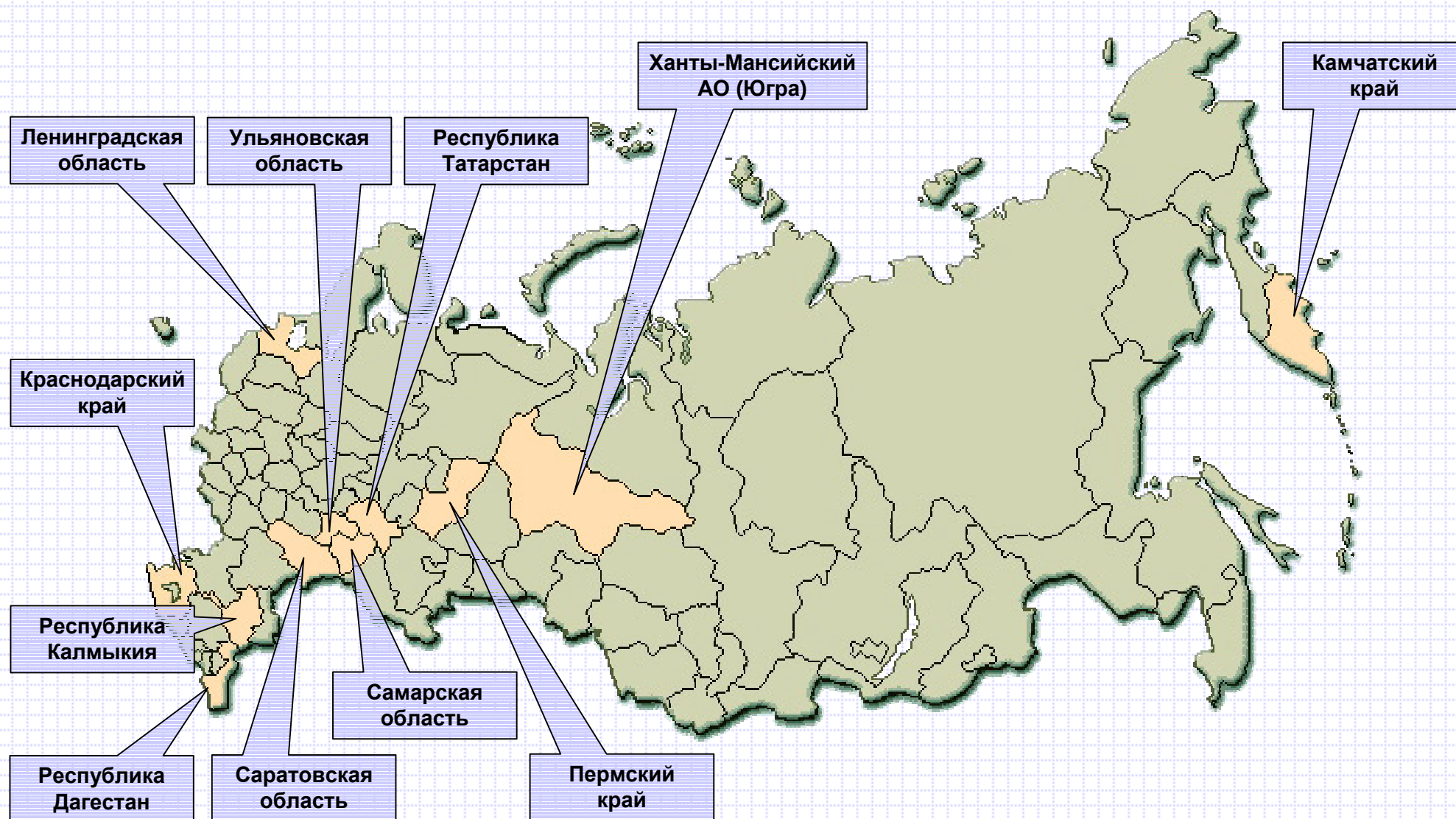
Разрез скорости изменения потока теплового излучения



География наших работ в Российской Федерации



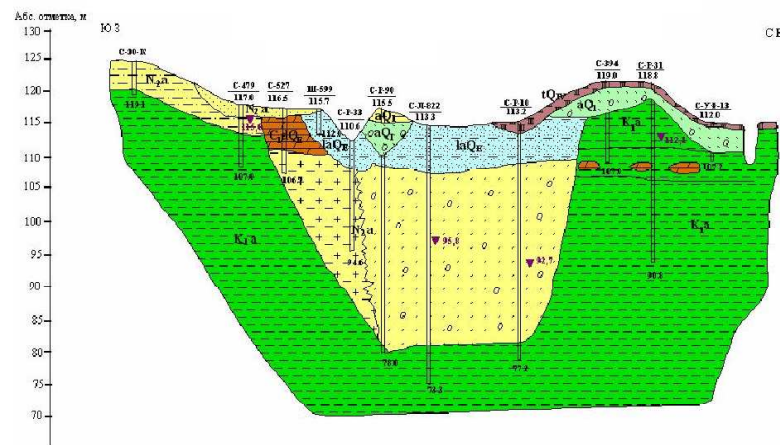
Метод функционирует в производственном режиме по проектам крупных российских и зарубежных (TINGSA, Испания) компаний и программам Министерства природных ресурсов Российской Федерации.



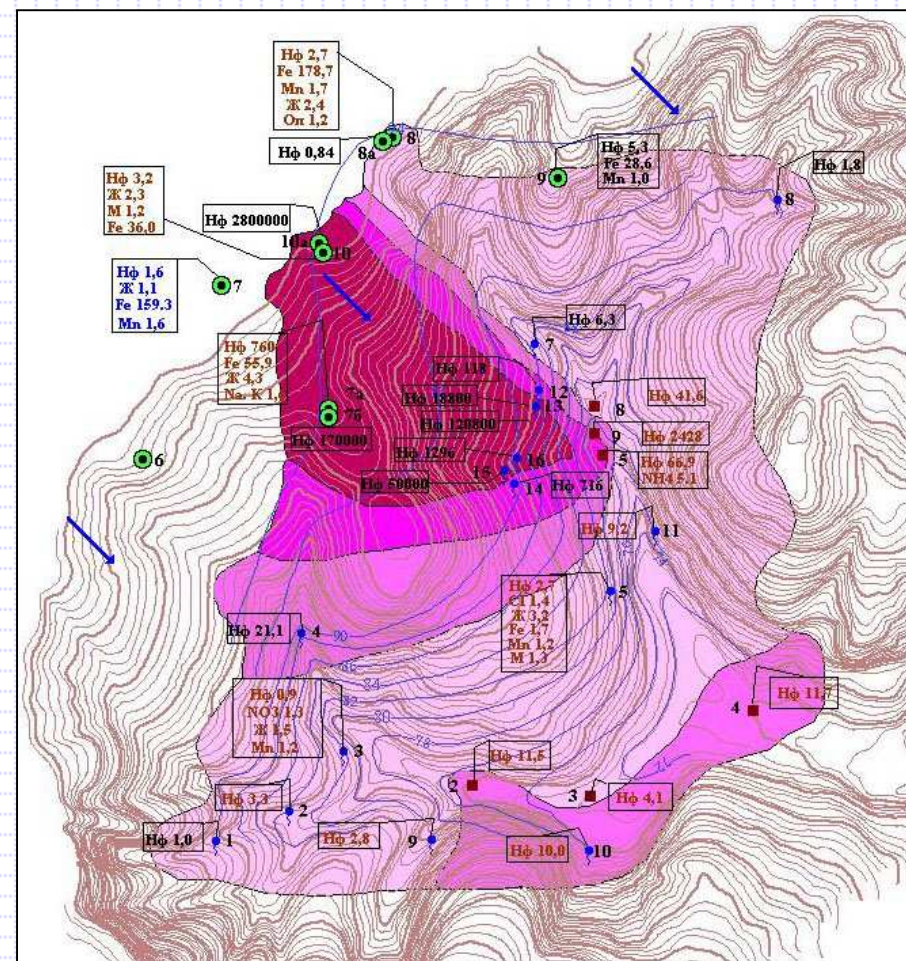


Экологическое загрязнение ПКИО «Винновская роща» г. Ульяновска

Геолого-литологический разрез палеодолины
Волжско-Свияжского водораздела



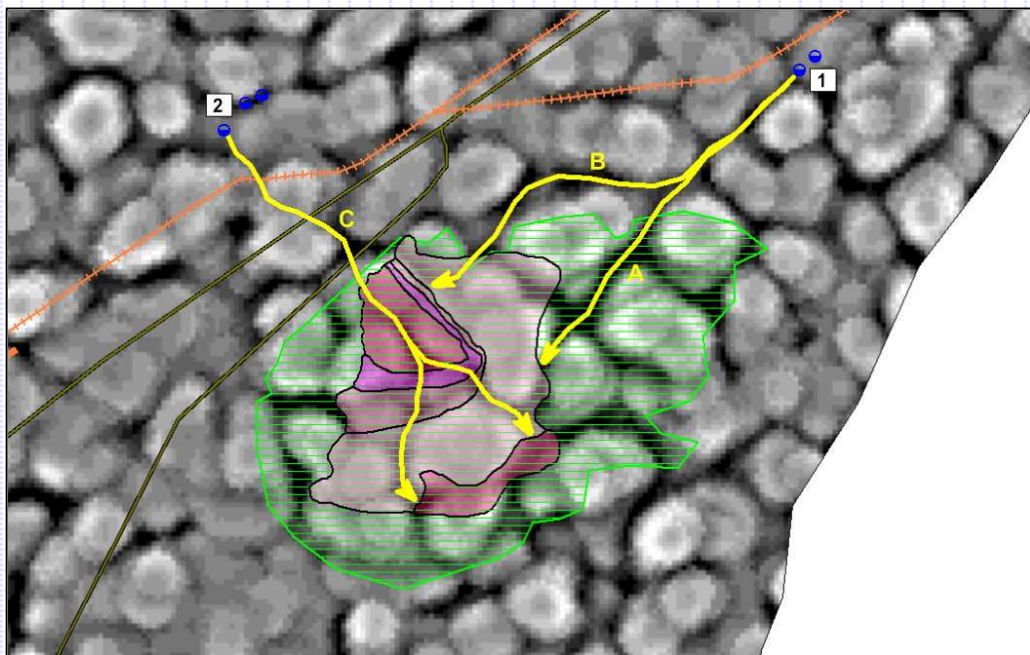
Выходы нефтепродуктов на земную поверхность
в районе родников № 14 - 16



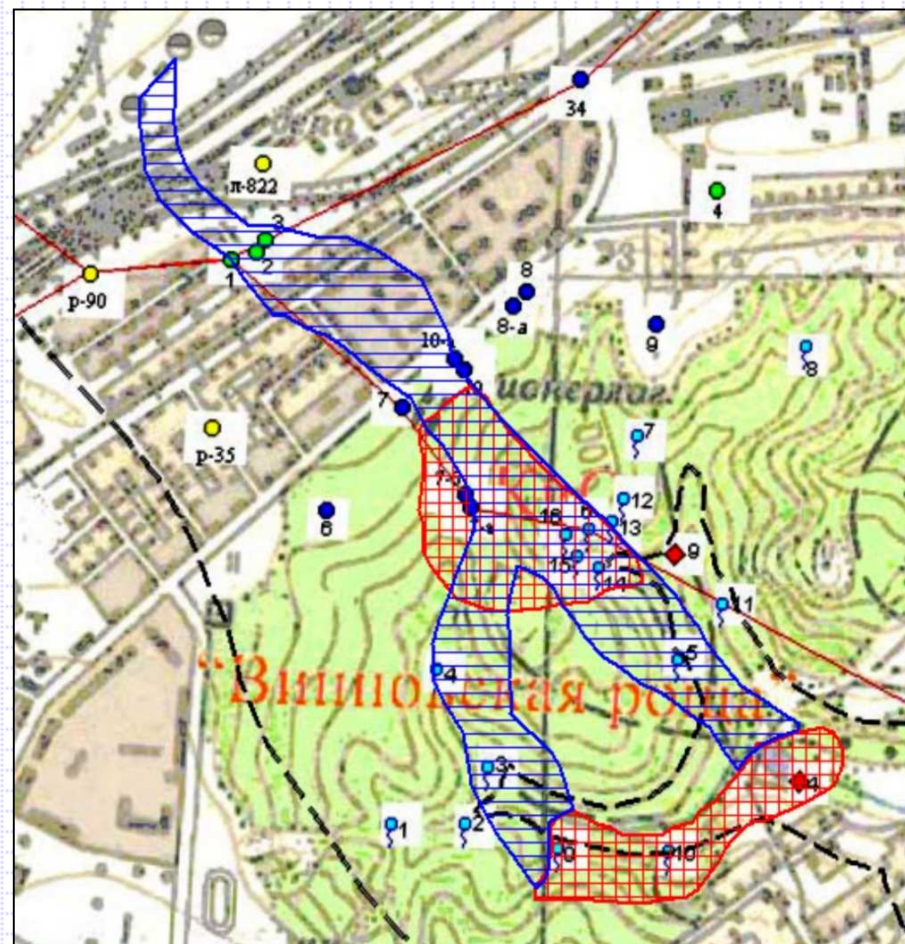
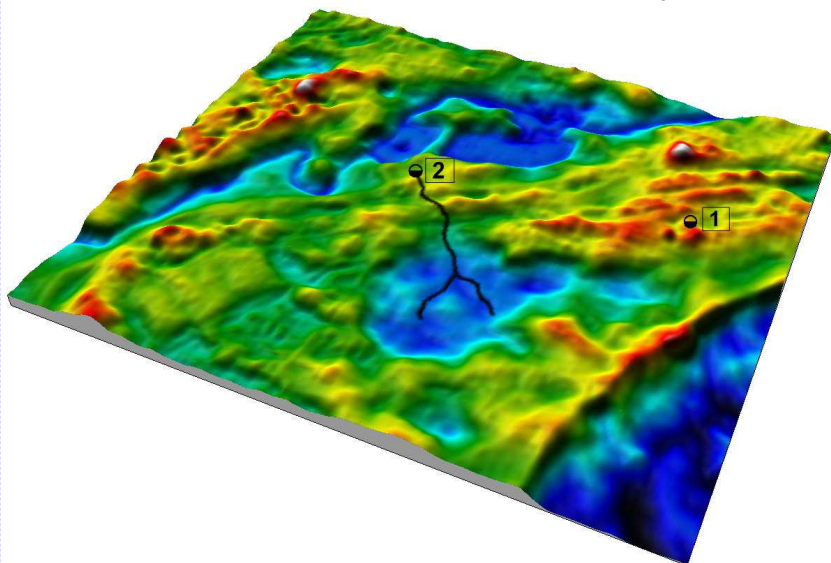
- Условные обозначения:
- Контур загрязнения подземных вод нефтепродуктами
 - Скважина наблюдательная
 - Гидрологический пост
 - Родник
 - Горизонталы

Результаты интерпретации данных тепловизионного зондирования

Схема блоково-разломных структур на глубине 30 м



Модель 2,5D теплового поля на глубине 30 м



Условные обозначения:

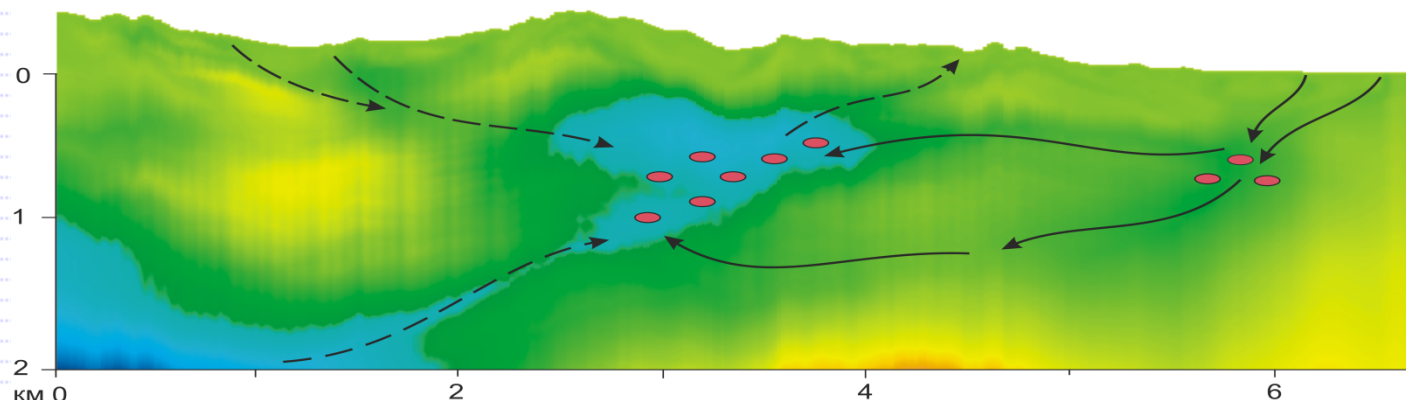
- | | |
|---|--|
| Территория ПКТО "Винновская роща" | Зоны возможной миграции флюидов по данным тепловизионного зондирования |
| Направления возможной миграции флюидов по данным тепловизионного зондирования | Ореол наибольшего загрязнения подземных вод нефтепродуктами по данным Симбирской ГРЭ |
| Контур загрязнения подземных вод нефтепродуктами по данным Симбирской ГРЭ | 8-а Скважина наблюдательная |
| Резервуары хранения нефтепродуктов | 4 Скважина заверочная |
| Железная дорога | p-35 Скважина предыдущих исследований |
| Автомобильная дорога | Родник |

Целевое назначение работ

- **Выявление термогеодинамических обстановок**, благоприятных в отношении поисков зон разгрузки подземных пресных вод через морское дно в полосе моря на основе космической тепловизионной съемки
- **Определение зон**, где есть вероятность существования процессов морской интрузии (проникновение морской воды в континент и ее попадание в водоносные горизонты)

В основе методики определения зон разгрузки подземных пресных вод через морское дно лежит выявление участков с пониженной биологической продуктивностью. В качестве индикатора используется **вегетационный индекс NDVI**, имеющий устойчивую корреляцию с концентрацией хлорофилла, который представляет собой зеленый пигмент, обуславливающий расцветку растений в зеленый цвет. Он присутствует во всех фотосинтезирующих организмах, в том числе в водорослях.

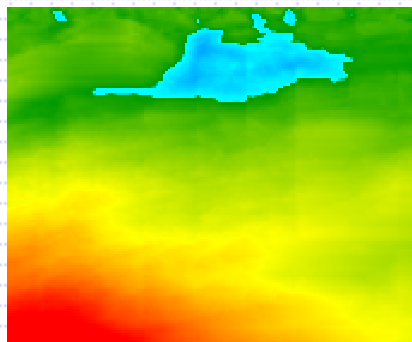
Разрез блоково-разломных структур через горно-складчатые области и море Испании



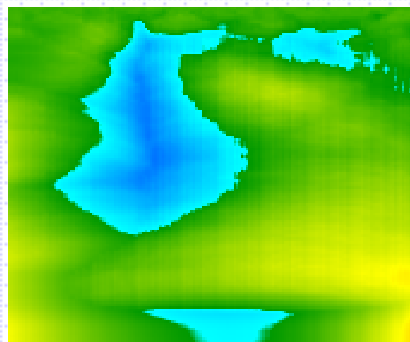
Особенности строения природных резервуаров субмаринных вод Испании



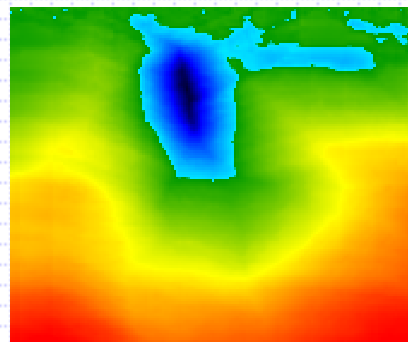
Классификация природных резервуаров в моделях блоково-разломных структур



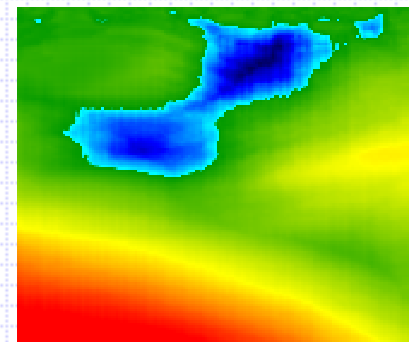
горизонтально-линейные



вертикально-линейные

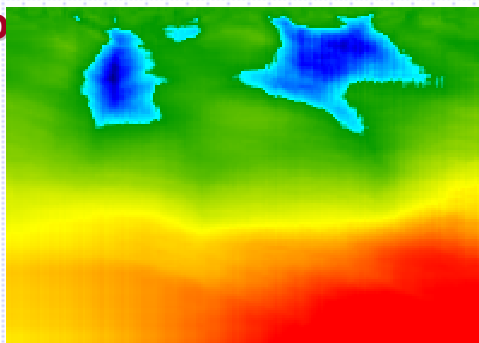


объемные

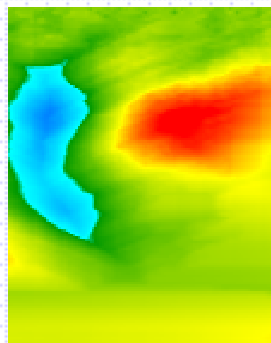


сложно-построенные

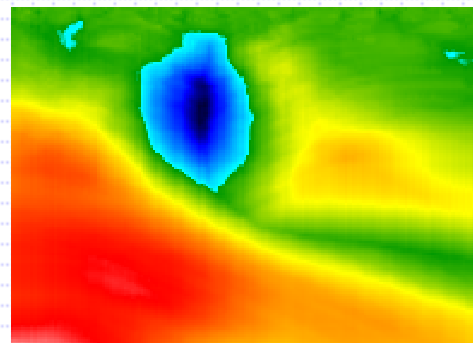
Отражение каналов флюидопритока в моделях блоково-разломных структур



замкнутые



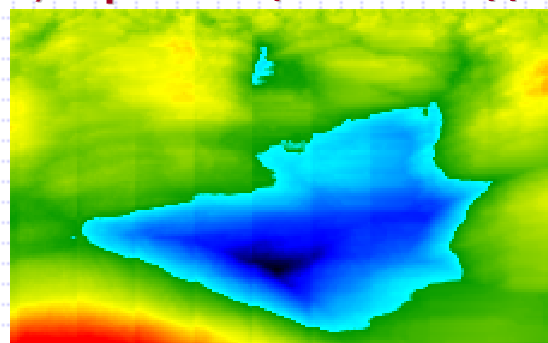
вертикально-восходящие



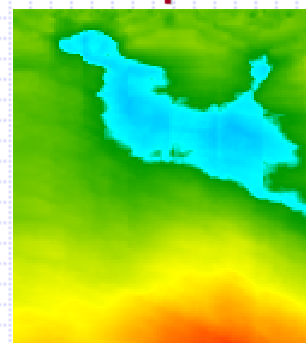
наклонно-восходящие

Вид покрышек, отражающийся в моделях блоково-разломных структур

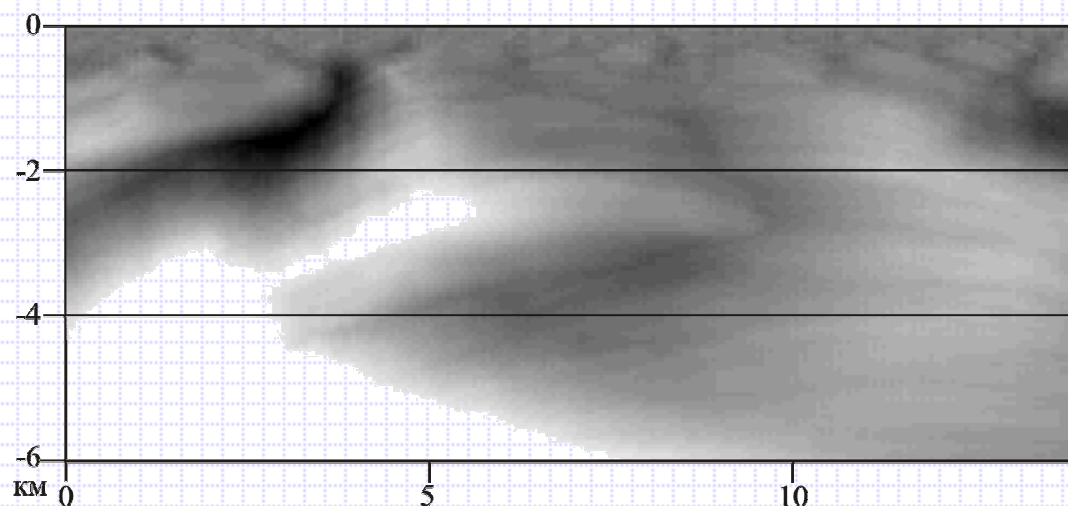
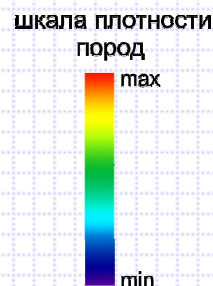
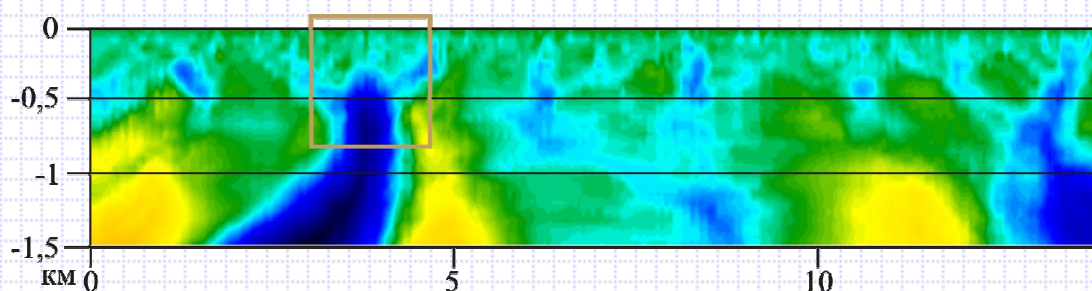
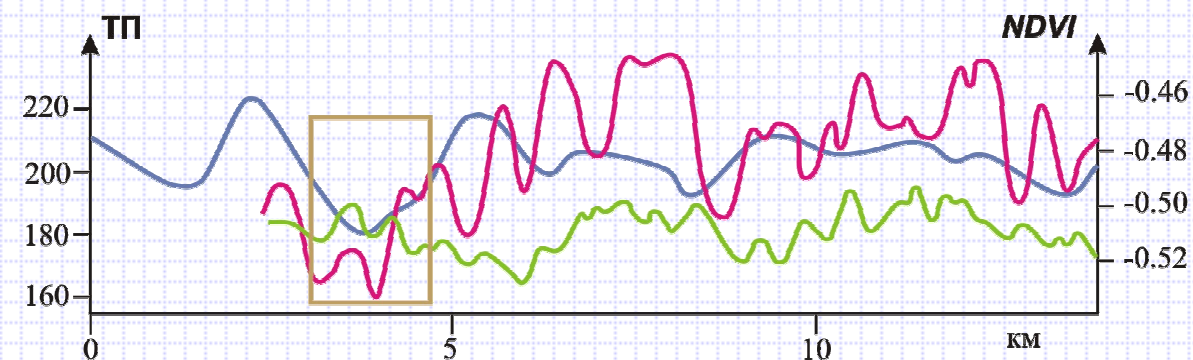
непроницаемые



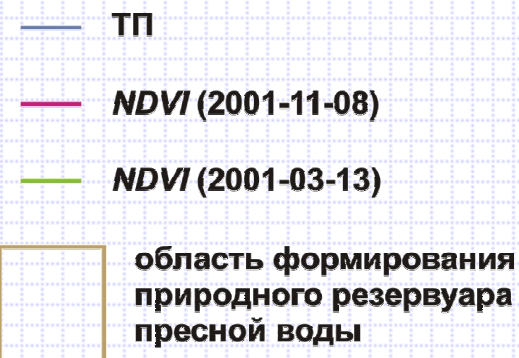
разуплотненные



Сопоставление модели блоково-разломных структур и графика вегетационного индекса



Установлено, что если имеется корреляционная зависимость между параметрами *NDVI* и областью нарушения верхней части разреза, которая может быть соединена с глубинной ловушкой, то в этой структурной зоне обязательно присутствует континентальная вода. Минимум графиков *NDVI* показывает местоположение выхода пресной воды в море.

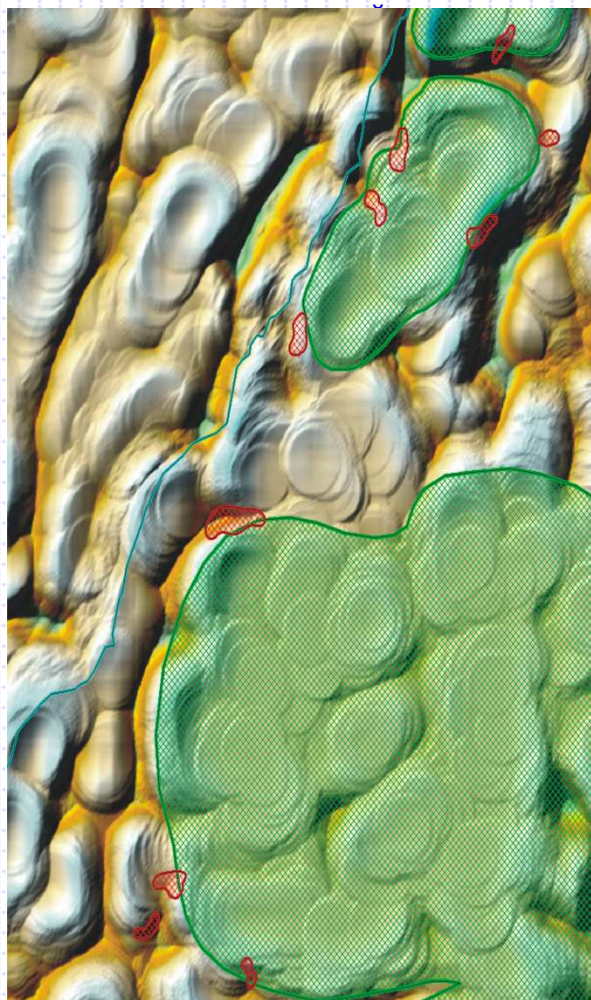


Карты районирования территории Испании по зонам формирования природных резервуаров пресной воды

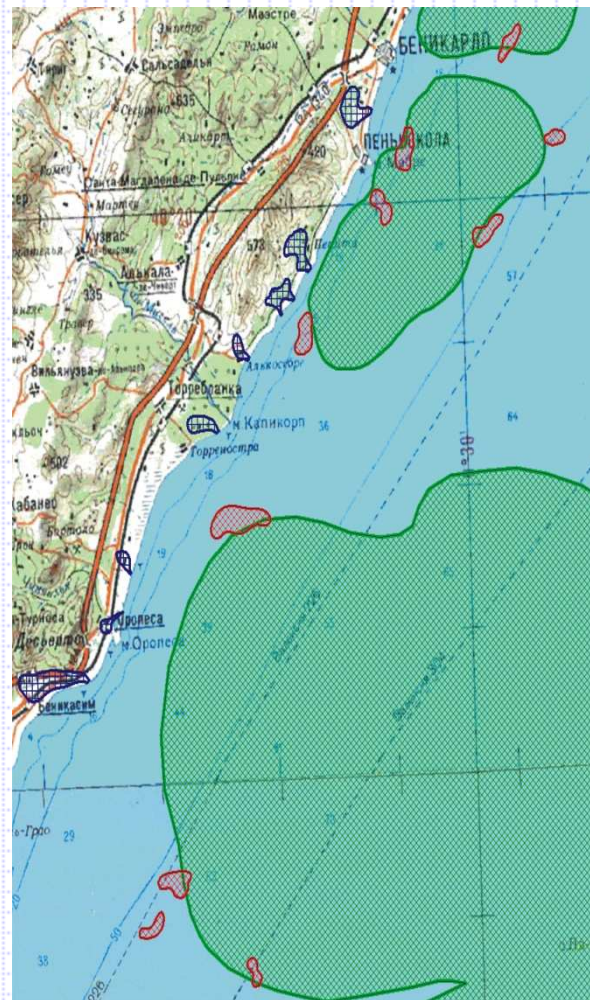


Карта районирования территории Испании, совмещенная с

блоково-разломной



топографической основой

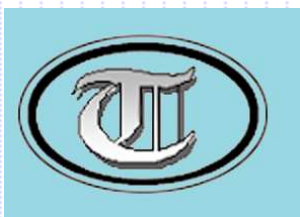


Отражены два аспекта применения метода:

во-первых, изучение в региональном плане областей разгрузки подземных пресных вод в прибрежных зонах моря с целью их использования для водоснабжения;

во-вторых, установление процессов морской интрузии (проникновение морской воды в континент и ее попадание в водоносные горизонты).

Горно-складчатые сооружения Испании характеризуются водонапорной системой с **фильтрационным** и **элизионным** режимами. Определяются пути миграции воды с больших глубин и места аккумуляции ее в верхней части осадочного чехла.



ООО «ТРАНС-СЕРВИС»

187110, Ленинградская область г. Кириши

ул. Волховская набережная, 18

тел./факс: +7 (81368) 52-250

+7 (81368) 54-764

E-mail: trserv@kirishi.ru

Генеральный директор

Соколов Владимир Николаевич

Директор по науке

Каримов Камиль Мидхатович

*Презентация является интеллектуальной
собственностью компании и для использования
материалов в любой форме требуется разрешение*