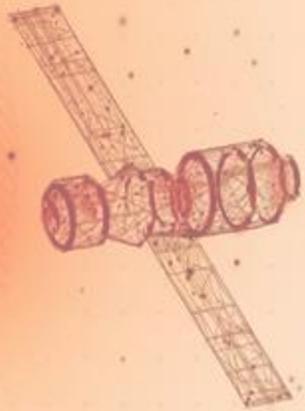


Center of Aerospace Technologies Ltd

Радио-Тепловизорные Технологии поиска
залежей углеводородов



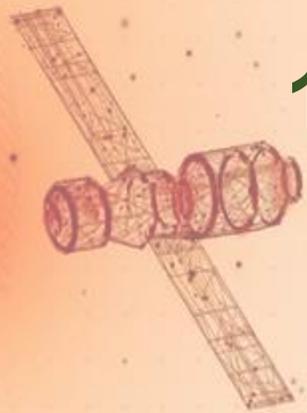
Center of Aerospace Technologies Ltd



Во всем мире одним из новейших методов изучения геологического и тектонического строения, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Радиотепловизионная технология (РТТ), которой владеет наша компания является элементом ДЗЗ, применяется более 10 лет для решения геологических задач по всему миру.

На сегодняшний день в Center of Aerospace Technologies Ltd. накоплен большой опыт исследований с целью **выявления залежей нефти, природного газа, газового конденсата**. РТТ зарекомендовала себя как рабочий инструмент для изучения структуры геосреды, а также как метод выявления геотермических аномалий, которые являются прообразами зон **ловушек углеводородов (объекты поиска), содержащих пласты, насыщенные нефтью или газом**.

1. РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)



РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)

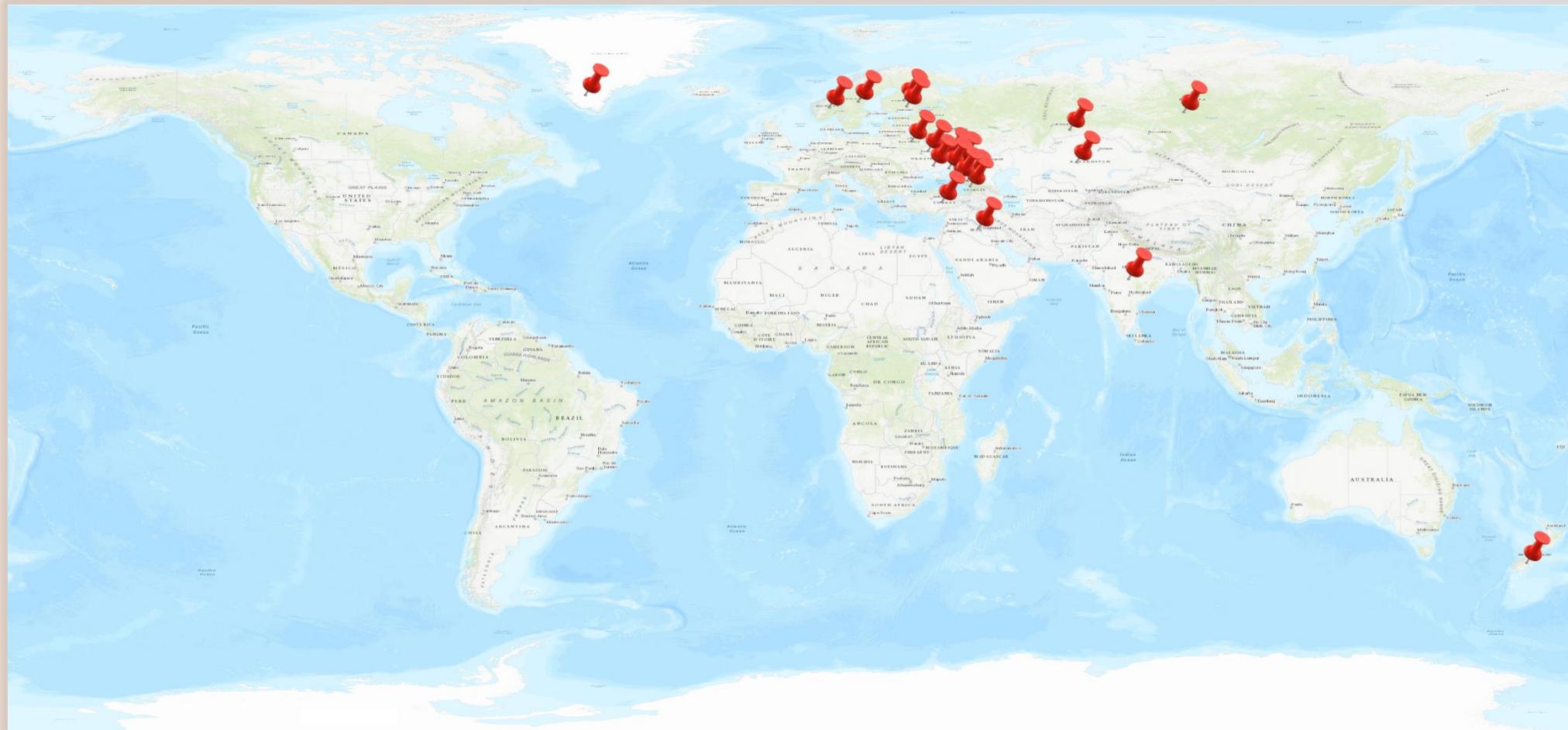
РТТ рассматривается как пассивный метод дистанционного зондирования, основанный на регистрации излучаемой тепловой энергии Земли, которая представлена непрерывным спектром электромагнитных волн и выражается физическим параметром - радиояркостная температура.

Для решения геологических задач: поиска **подземных водных и углеводородных ресурсов** наиболее информативными являются методы, обладающие эффектом "просвечивания" Земной коры, чем характеризуются **Радио Тепловизорные Технологии (РТТ)**.



РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)

География работ, выполненных методом РТТ:



РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)

Краткие физические основы Радио Тепловизорных Технологий изложены в статье ***“Basics of Thermal Imaging Technologies and their experience” (Stepchenko V.N., Bagryancev V.A., Rodnaya V.A. World of Geotechnics ISSN 2520-2987 “Світ ГЕОТЕХНІКИ” 1(61)’2019 УДК 550.836)*** ([ссылка](#)), где показаны геофизические аспекты дешифрирования и интерпретации космической информации с иллюстрацией результатов исследований последних лет, связь спутниковых снимков с глубинным строением Земли. В основу технологии положено дистанционное зондирование с использованием разновременных космических снимков теплового излучения электромагнитного спектра Земли.

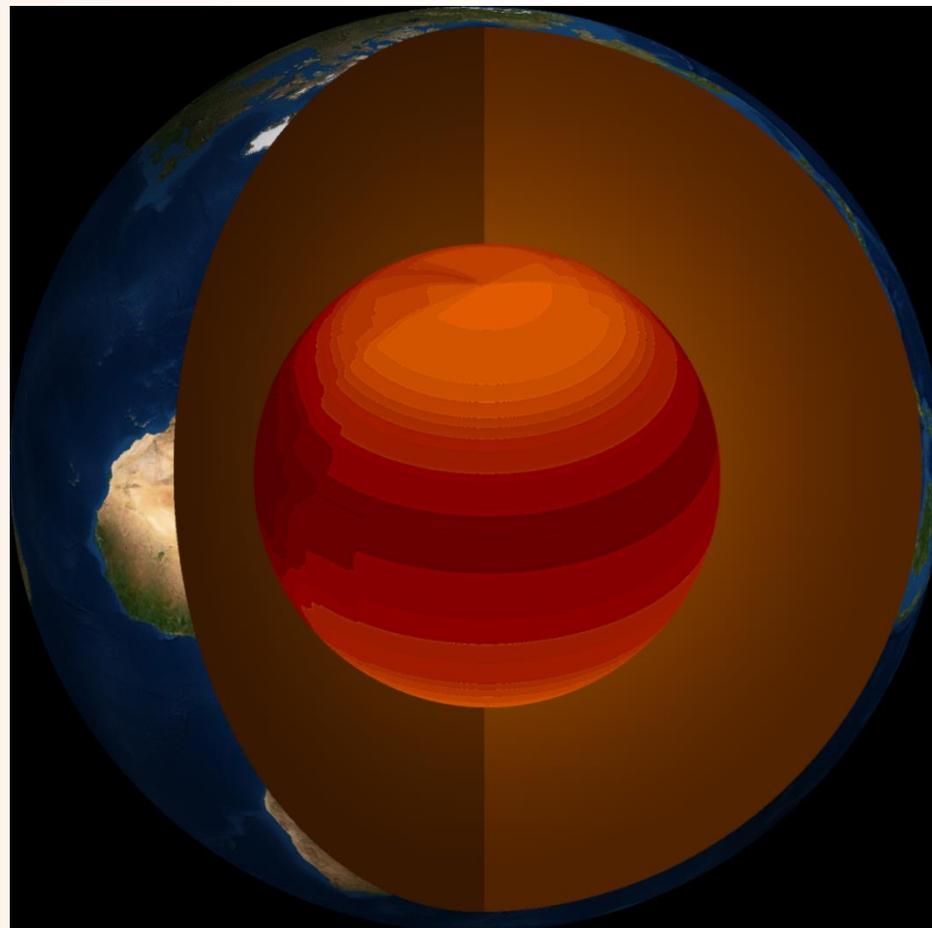
В качестве исходных данных используется информация, полученная со спутников Земли в радиотепловом диапазоне электромагнитных волн (Landsat 8 (OLI/TIRS), GCOM-W1 (AMSR-2), ASTER/GDEM, Sentinel и др.).

Космические снимки в радиотепловом диапазоне являются исходной информационной основой для геофизической интроскопии при наличии соответствующего инструмента обработки (в нашем случае это Программное обеспечение собственной разработки), дешифрирования и целевой интерпретации.

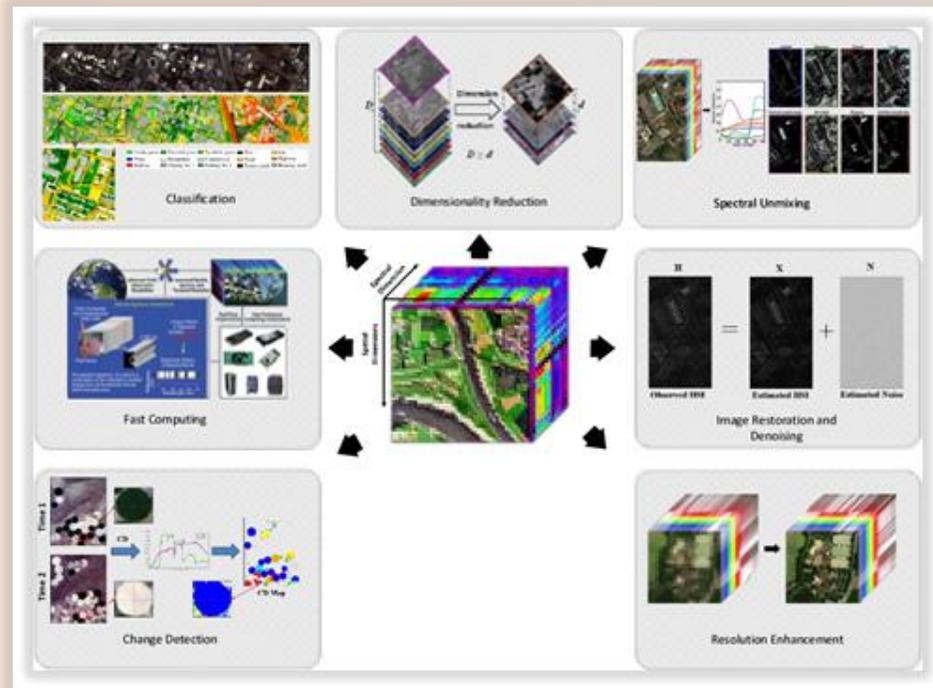
Обработка космических снимков производится в Программной среде (путем обучающей выборки) с построением модели 3D куба.

РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)

Существенное отличие РТТ заложено в алгоритме обработки аэрокосмических снимков: значение контраста радиоярких температур $[\Delta T]$ и плотность теплового потока используются для расчета и визуализации всех неоднородностей земной коры, включая **разломы различных рангов, контролирующие залежи углеводородов**. Кроме того, программа обработки позволяет вводить бесконечное множество точек, несущих исходную априорную информацию о геологии, повышать температурную чувствительность и разрешающую способность съемки, и, как следствие – получать более достоверную и более точную картину строения Земли в процессе интерпретации.



Построение геотермической модели 3D куба



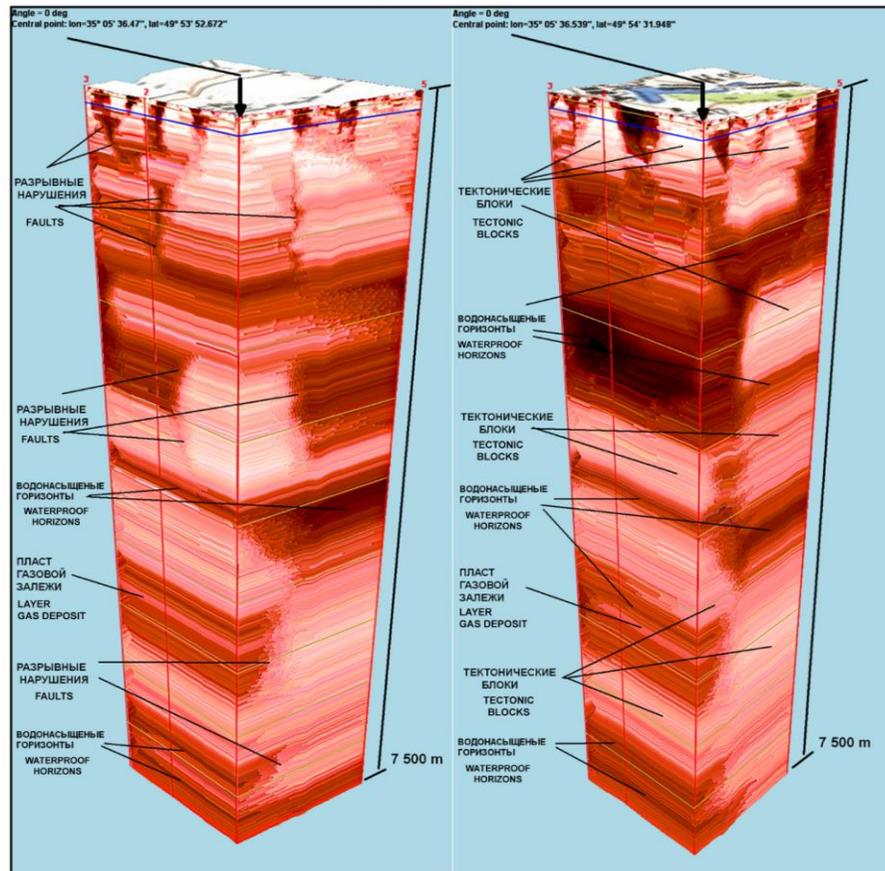
Построение геотермической модели 3D куба осуществляется за счет комбинации нескольких микроволновых каналов, далее можно рассчитать информацию результирующих вертикальных профилей радиояростной температуры. Одним из элементов построения геотермического 3D куба является применение технологий повышения температурной чувствительности в каждой точке куба (пикселе). Например, метод генерализации.

Применив элементы дешифрирования к подвергнутому цифровой обработке интегральному тепловому космоснимку поверхности, вернее, к его эндогенной составляющей, очищенной от влияния ландшафта и техногенных влияний, мы получаем послойные геотермические сцены, которые составляют объемный геотермический 3D-куб.

Построение геотермической модели 3D куба

ОБЪЕМНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ РАЗРЕЗЫ
построены по данным геотермического 3D куба

VOLUME VERTICAL CUTS
built according to the geothermal 3d cube



Пример построения и интерпретации объемных вертикальных разрезов по данным геотермического 3-D куба

В основе аксонометрических проекций лежат квадраты [основой может быть плоская фигура любой геометрической формы], вырезающие фрагменты из тела 3D куба. Используя специализированные программные средства, полученные объемные разрезы, можно увеличивать и уменьшать, вращать и поворачивать под любым углом. Для целей наиболее наглядного представления деталей разреза.

Пример интерпретации объемных геотермических вертикальных разрезов с указанием блочных структур и разрывных нарушений, отображением водонасыщенных горизонтов и газовых залежей.

Оптимальные масштабы построения 3D моделей. Возможности съема информации с модели 3D куба

Используя метод РТТ и возможности спутниковых радио-тепловизорных данных можно создавать 3D модели Земли или других планет в масштабах от М1:50 000 000 до М1:10 000. Зависит от глобализации или детализации геологических задач. В ближайшее время можно ожидать получение материалов с использованием низколетающих летательных аппаратов для построения 3D моделей в масштабах М1:5 000 до М1:500.

Съем информации в любой точке 3D куба возможен построением горизонтальных разрезов любой формы и размеров по огибающей рельефа местности или путем среза (как ножом) с заданной дискретностью расстояния между слоями.

Съем информации в любой точки 3D куба возможен также построением вертикальных разрезов любой протяженности с шагом дискретности пиксела по горизонтали. Или построением 3D объемных разрезов (перспектива) любой формы в любом направлении с шагом дискретности пиксела по горизонтали и вертикали. С любой верхней подложкой которая заложена в базе данных (карта, снимок, рельеф, тематическая карта и др.).

Дискретность, точность, детализация по площади и по глубине

Детализация приповерхностных скин-слоев зависит от детализации тепловых ИК – снимков. Например, ИК-снимки тематического картографа Landsat-8, считаются корректными для масштабов работ не крупнее М 1:25 000 по горизонтали и не крупнее М 1:10 000 по вертикали. ИК-снимки тематического картографа Aster, можно считать корректными для масштабов работ не крупнее М 1:10 000 - М 1:5 000.

Для этих и более крупных масштабов так же можно использовать спутниковые радиометры: AVHRR, MODIS, AMSR, SSMI, WINDSAT, VIIRS, ATMS и другие.

Существуют технологии восстановления разрешающей способности изображений: ИК-снимки можно реализовать в масштабах работ в 2-5 раза детальнее (используя технологии восстановления разрешающей способности, детализации изображений). С глубиной детализация падает. Но ее также можно восстанавливать с использованием технологий восстановления изображений. Практически можно детализировать изображения, используя материалы Landsat и Aster до 2.5 м и 1.25 м соответственно.

Примеры детализации геологического разреза на вертикальном геотермическом разрезе показаны на **слайде 12**, где четко выделяются цветом и тоном литологические разности пород, выделенные по данным бурения.

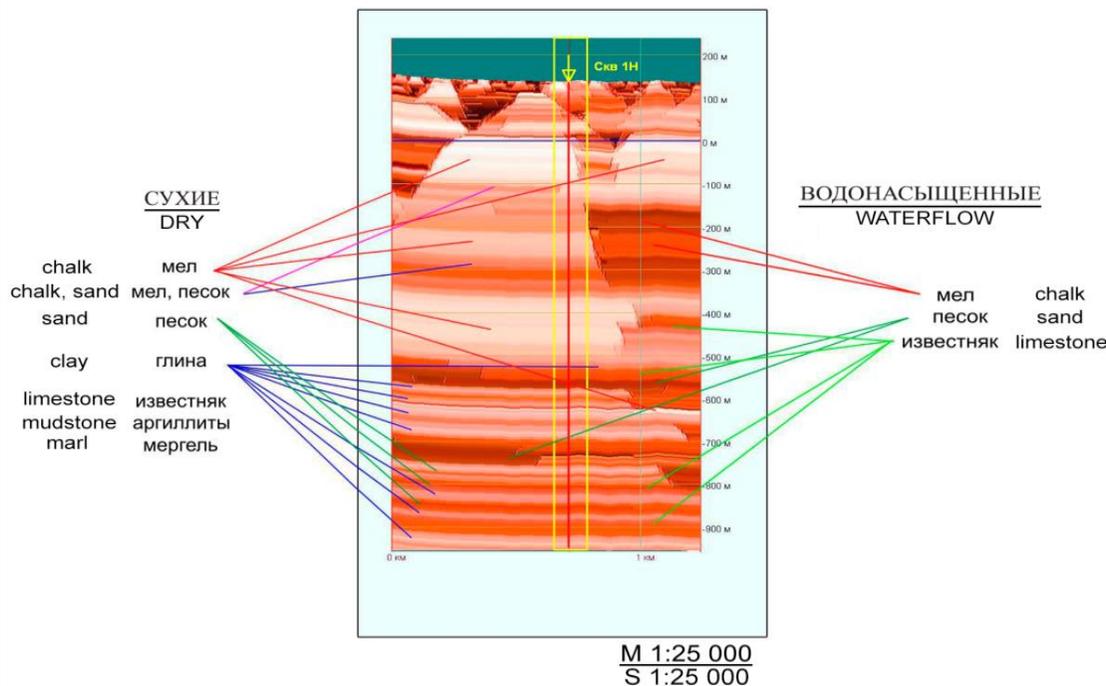
Выделение литологических интервалов разреза скважины по данным РТТ

Пример выделения «сухих» и водонасыщенных литологических интервалов разреза скважины 1-Нс по данным РТТ

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ GEOTHERMAL VERTICAL CUT

пример интерпретации геотермического разреза с литолого-фациальной разбивкой и градацией водонасыщенных и <сухих> интервалов

An example of the interpretation of a geothermal section with a lithofacial breakdown and gradation of water-saturated and <dry> intervals.



ЛЕГЕНДА LEGEND

— линии, указывающие местонахождение литологических слоев
— линия расположения скважины
— line indicating the location of lithological layers

СУХИЕ DRY

	Мел	Chalk
	Мел, песок	Chalk, sand
	Песок	Sand
	Глина	Clay

ВОДОНАСЫЩЕННЫЕ WATERFLOW

	Мел	Chalk
	Песок	Sand
	Известняк	Limestone



2. ПОИСК И КАРТИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Калибровка модели

Калибровка модели 3D куба осуществляется для уточнения положения и глубины залегания структурных неоднородностей предполагаемой **залежи углеводородов**, путем сравнения с эталонным объектом например, разведанной залежи. Для этих целей используется, в роли эталонного объекта, информация существующих геологических **разведочных скважин или действующих эксплуатационных (паспорт скважины)**.

Калибровка модели выполняется для каждого объекта поисков, в зависимости от полезного ископаемого и геолого-тектонических условий региона.

Для корреляции используется график зависимости номенклатуры слоя (множества слоев) от глубины. Данные получены эмпирическим путем при калибровке. Выделяется полезный слой по однозначным (защищенным) геологическим материалам.

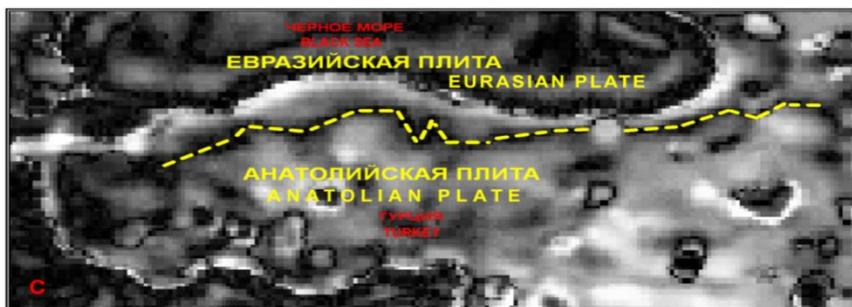
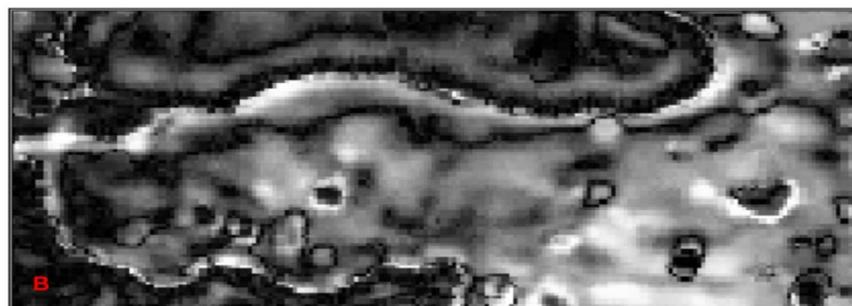
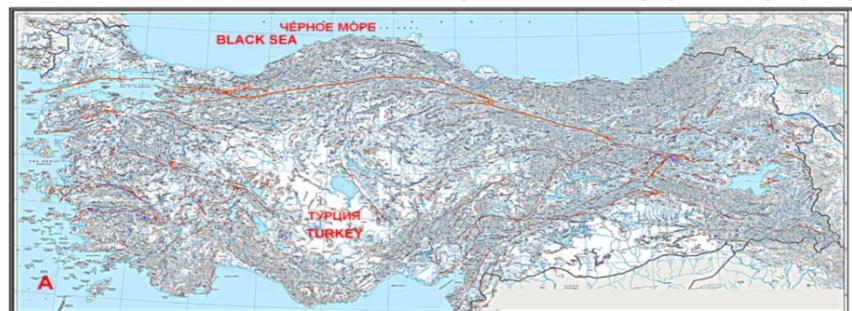
Следует отметить: чем больше используется достоверного геологического материала по исследуемому участку (выборка), тем точнее калибровка, и как следствие, геотермический куб максимально отображает геологическое строение исследуемой площади и пространственное положение полезной залежи.

Наша база данных содержит информацию о более 100 тестовых участках – **наиболее известных месторождений нефти и газа, примеры успешной эксплуатации которых подтверждены данными добычи**. При отсутствии данных поисково-разведочного бурения, **эксплуатационных скважин** или других геологических исследований по заданной площади, применяется метод аналогий.

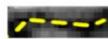
Разломы, выделенные методом РТТ

ФРАГМЕНТ СЕВЕРО-АНАТОЛИЙСКОГО РАЗЛОМА
Пример тектонического разлома, выявленного с использованием радиотепловизорных технологий [РТТ]

FRAGMENT OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT
An example of a tectonic fault identified using radio thermal imaging technologies [RTT]



ЛЕГЕНДА LEGEND

 Линия Северо-Анатолийского разлома
The line of the North-Anatolian fault

- A. Карта активных разломов Турции
- B. Результирующий фрагмент радиотепловизионного спутникового снимка
- C. Результирующий фрагмент радиотепловизионного спутникового снимка с отображением линии Северо-Анатолийского разлома

Одним из главных достоинств метода является возможность картирования и определения пространственного положения зон тектонических разломов и разрывных нарушений, которые создают блоковый характер строения земной коры, контролируют залежи углеводородов (УВ), являются каналами подпитки УВ и влияют на формирование высокопродуктивных трещинных коллекторов.

Разрывные нарушения являются ярким примером неоднородностей геотермического поля.

Алгоритм Программы обработки космических снимков предусматривает блоковое строение земной коры.

Блоки любого порядка отделены друг от друга нарушениями сплошности.

Разломы, выделенные методом РТТ

Geological zoning. The Thrace Basin, Turkey. Турция. Геологическое районирование. Бассейн Фракии.

A. Geological cross section. N.Görür, A.I. Okay [Istanbul Technical University] A. Вертикальный геологический разрез
 B. Geothermal cross section Radio-Thermal Technology. Remote sensing. [2018] B. Вертикальный геотермический разрез

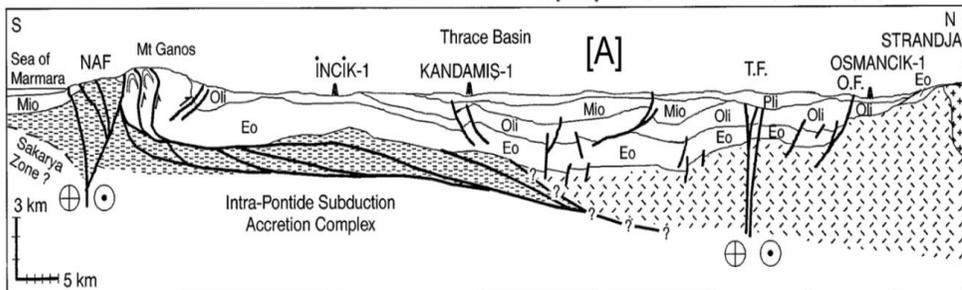
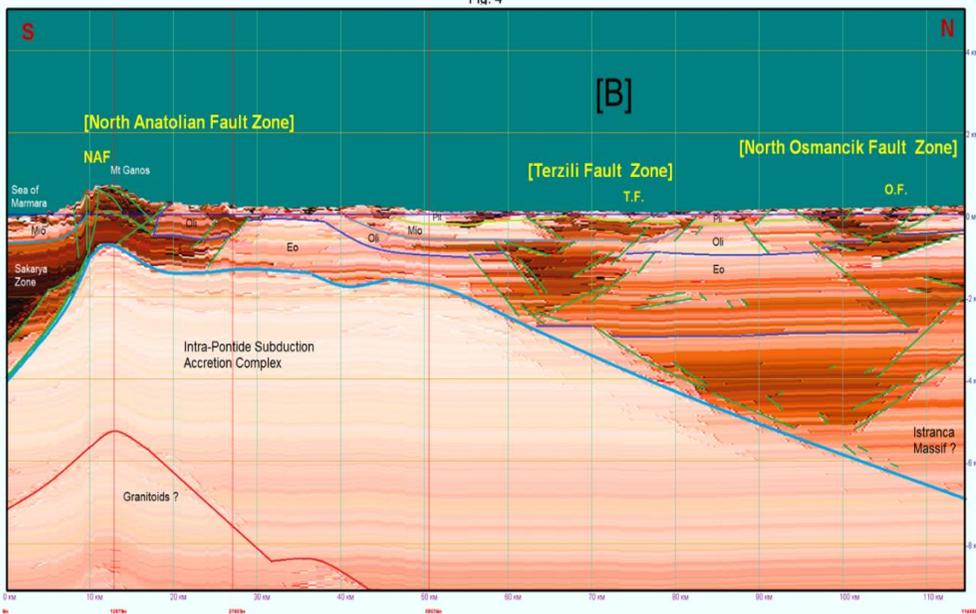


Fig. 4



ORIGINAL SCALE G M1:500 000 - V M1:50 000

Сопоставительные геологический [A] и геотермический [B] разрезы, показывающие структурные связи между бассейном Фракия и окружающими тектоническими провинциями

Критерии выявления ловушек углеводородов

Ловушки, содержащие углеводороды, на вертикальных геотермических разрезах (*слайд 19*), можно распознать: как горизонтальные пласты близкие по цветовой шкале от розового к красному фототону (светлый-газ, темный-нефть). По степени контрастности (бледный средний или яркий) углеводородные пласты можно характеризовать как (слабо-, средне- или сильно насыщенные). При этом, литологические разности горных пород можно распознавать, используя различные методы спектрального анализа путем фрагментации интересующей части разреза. Пласты, не содержащие углеводороды, а заполненные водой, имеют цветовые оттенки: от светло коричневого до бурого и черного. Качество воды, так же, можно распознавать, используя методы спектрального анализа. Каждую ловушку в верхней и нижней части ограничивают непроницаемые породы в виде пачки слоев («покрышки»).

Ниже ловушки, как правило, находятся водонасыщенные пласты. Ловушка ограничена с западной части «активным» разломом, выполняющим функцию подпитки (миграции) из нижних слоев в верхние, и зависит от процессов происходящих в коре и мантии Земли, или в обратном направлении, под воздействием сил гравитации (эффект впитывания или воронки). С восточной стороны расположен ограничивающий разлом.

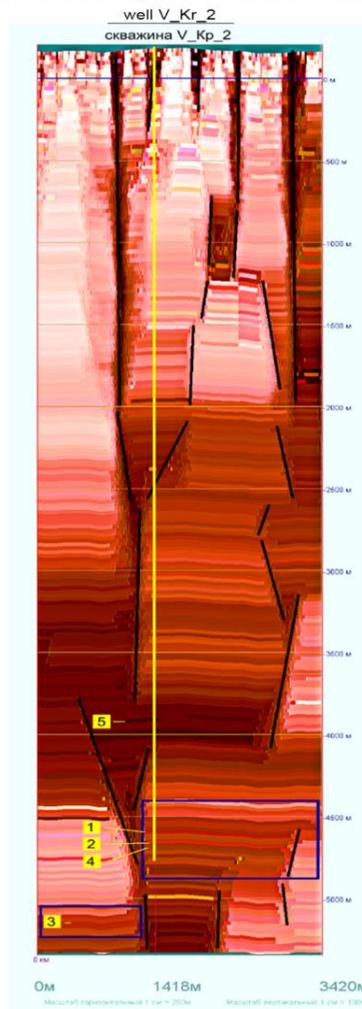
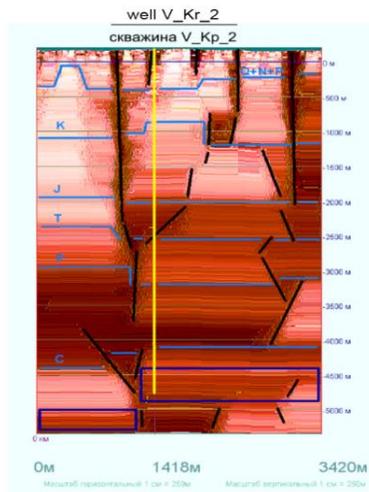
Ловушку, содержащую углеводороды, на горизонтальных геотермических разрезах (*слайд 19, 20*) можно распознать как верхняя и нижняя части близкого планового расположения.

Критерии выявления ловушек углеводородов

Вертикальный геотермический разрез V_Kr_2. Краснокутская площадь ДДВ

ПЛОЩАДЬ КРАСНОКУТСКАЯ
 ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ V_Kr_2 [ЮГ - СЕВЕР]
 KRASNOKUDSKAYA AREA
 VERTICAL GEOTHERMAL CUT V_Kr_2 [SOUTH-NORTH]

год получения спутниковых материалов: 2013
 Year of receiving satellite materials: 2013



ЛЕГЕНДА
 LEGEND

Пласт газовой, газоконденсатной залежи С-5 [4766-4775 м]
 Formation gas, gas condensate deposits C-5 [4766-4775 m]

1 $Q_g = 327,0$ тыс.м³/д $Q_c = 62$ м³/д

Пласт газовой, газоконденсатной залежи С-5 [4810-4826 м]
 Formation gas, gas condensate deposits C-5 [4810-4826 m]

2 $Q_g = 347,0$ тыс.м³/д $Q_c = 54$ м³/д

3 нефть [требуется подтверждение бурением]
 oil [requires confirmation by drilling]

4 вода water

5 вода water

— линия расположения скважины
 well location line

— линия расположения разрывных нарушений
 fault location line

— линии стратиграфических горизонтов
 stratigraphic line

По горизонтали M 1:25 000
 Horizontal S 1:25 000

По вертикали M 1:10 000
 Vertical S 1:10000

Критерии выявления ловушек углеводородов

Горизонтальные геотермические разрезы (срезы) на глубинах 4766-4775м и 4810-4826м. Краснокутская площадь ДДВ

Горизонт С-5 [4766-4775 м]
Horizon C-5 [4766-4775 m]



Год получения спутниковых материалов 2013
Year of receiving satellite materials: 2013

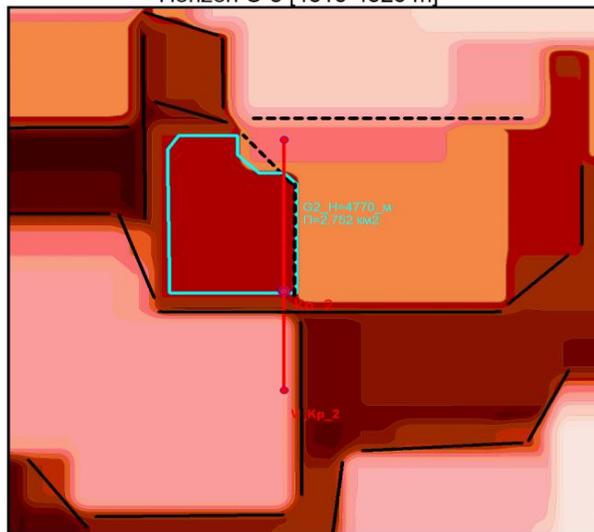
ЛЕГЕНДА LEGEND

Пласт газовой, газоконденсатной залежи
C-5 [4766-4775 м]
Formation gas, gas condensate deposits
C-5 (4766-4775 m)

 $Q_r = 327,0 \text{ тыс. м}^3/\text{д}$ $Q_s = 62 \text{ м}^3/\text{д}$

 Площадь залежи 3,280 км²
Pool area

Горизонт С-5 [4810-4826 м]
Horizon C-5 [4810-4826 m]



Пласт газовой, газоконденсатной залежи
C-5 [4810-4826 м]
Formation gas, gas condensate deposits
C-5 [4810-4826 m)

 $Q_r = 347,0 \text{ тыс. м}^3/\text{д}$ $Q_s = 54 \text{ м}^3/\text{д}$

 Площадь залежи 2,752 км²
Pool area

 Разрывные нарушения
Faults

 Ограничивающие разрывные нарушения
Limiting faults

M 1:25 000
S 1:25 000

Критерии выявления ловушек углеводородов

Отличия обводненных участков от углеводородосодержащих. Репер, индикатор РТТ

Классически, обводненные участки на радиотепловизорных снимках выглядят намного темнее («горячее»), чем газонефтенасыщенные и расположены в пределах орографических структур (*слайд 19, 20*). Вода, нефть, газ экранируют (задерживают) тепло, идущее из глубин Земли. Поэтому, при равных физических условиях, вода всегда «горячее» нефти и газа, т.к. коэффициент излучения воды больше.

Калибратором (репером, индикатором), относительно которого измеряется радиояркостная температура, у радиометрических приемников является имитатор черного тела (коэффициент излучения близок к 1), охлажденного до -273°C [00 K]. Поэтому, минимальные значения измеряемого тепла (при 16 бит информации, будет составлять максимум = 65535 единиц значений) будет белым («холодным»), максимальное – черное (минимум=0 единиц значений) – «горячее».

Для справки. Характеристика абсолютно черного тела: физическое тело, которое при любой температуре поглощает все падающее на него электромагнитное излучение во всех частотных диапазонах и поляризациях спектров. Спектр излучения абсолютно черного тела определяется только его температурой

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Исследования выполнялись в рамках заданного участка в масштабе 1: 25 000. Глубина исследования - до горизонта -4500 м, в абсолютных отметках.

Для достижения поставленной цели решались конкретные задачи, основными среди которых были следующие:

- Изучение геолого-тектонических условий района и участка исследований по материалам исследований прежних лет;
- Подбор и получение космических сцен (серий снимков) с использованием разных (детализация и глубина исследований) космических спутников на территории исследований;
- Преобразование серии космических снимков с целью увеличения их разрешающей способности и построение спутниковых ортофотопланов масштаба 1:25 000;
- Калибровка модели. Создание трехмерных кубов (объемного радиотеплового изображения недр Земли) исследуемой области заданного масштаба. Модификация геотермального изображения 3-D куба по абсолютному рельефу местности;
- Построение вертикальных разрезов и горизонтальных срезов, с применением соответствующих сечений 3-D куба, с целью выявления структурных геологических аномалий, соответствующих залежам углеводородов;
- Сопоставление аномалий, выявленных на участке с аномалиями, выявленными на тестовой скважине 1. Дешифрирование, интерпретация материалов и идентификация полученных результатов с тестовыми структурами залежей углеводородов.

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Калибровка модели 3D куба осуществлялась для уточнения положения и глубины залегания структурных неоднородностей предполагаемой нефтегазоносной залежи, путем сравнения с эталонным объектом - разведанной залежи.

Для этих целей использовалась, в роли эталонного объекта, информация существующей геологической скважины 1: дата бурения, географические координаты, глубина залегания залежи (залежей) на разных горизонтах или водоносных горизонтов, характеристика углеводородов (нефть, газ), дебет, дата измерения дебета, стратиграфия.

Для обработки спутниковых снимков использовался программный комплекс собственной разработки, применялись алгоритмы с обучающей выборкой.

При построении Проекта, а также при предоставлении координат условных скважин используется система координат WGS-84 (EPSG:4326).

Объемные изображения (геотермический куб), состоящий из последовательных сцен теплового контраста содержит информацию о всех неоднородностях геосреды: тектонические разломы, блоки, полезные структуры.

Для интерпретации геотермических разрезов использованы доступные материалы по геологии, стратиграфии, нефтегазоносности исследуемого района.

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

По результатам исследований участка в масштабе 1:25 000 на основе 3-D куба построены 32 вертикальных геотермических разреза на глубину -4500 м (в абсолютных отметках) с шагом 500 м. Горизонтальный масштаб 1:25 000, вертикальный 1:10 000. Линии разрезов с индексом G - W-E направления, линии разрезов с индексом V - S-N направления (*слайд 25*). Кроме того, по площади построено 15 горизонтальных срезов (слайсов) по горизонтам, где обнаружены залежи углеводородов от -2940 м до -3560 м (в абсолютных отметках) и проекции горизонтальных срезов на спутниковый снимок и топографическую карту.

В районе Загроса на исследуемой площади неоднородности связаны с разрывными нарушениями блоков пород, глубокими разломами и разломными зонами, контролирующими залежи углеводорода и окружающими их вмещающими осадочными породами. Отмечается главенствующая роль разломов в образовании залежей углеводородов.

На спутниковом снимке (*слайд 26*) показаны основные структуры района исследований: мантийный разлом (линия желтого цвета), проходящий параллельно руслу реки, интерпретируемый как надвиг (?) и две антиклинальные структуры (линии красного цвета, соответствует геологической карте), в осевой части которых также прослеживаются глубинные разломы.

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

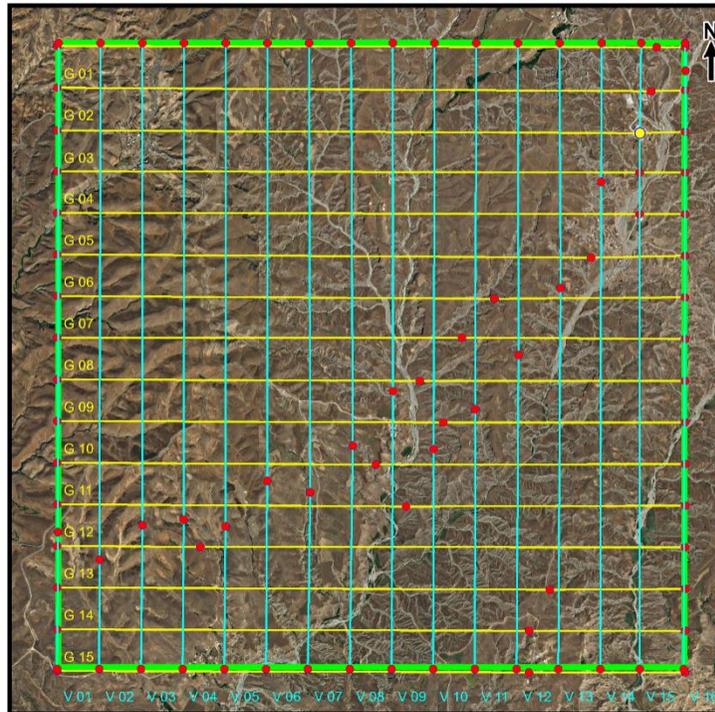
A.1

ПОИСК УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
АНАЛИЗ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА

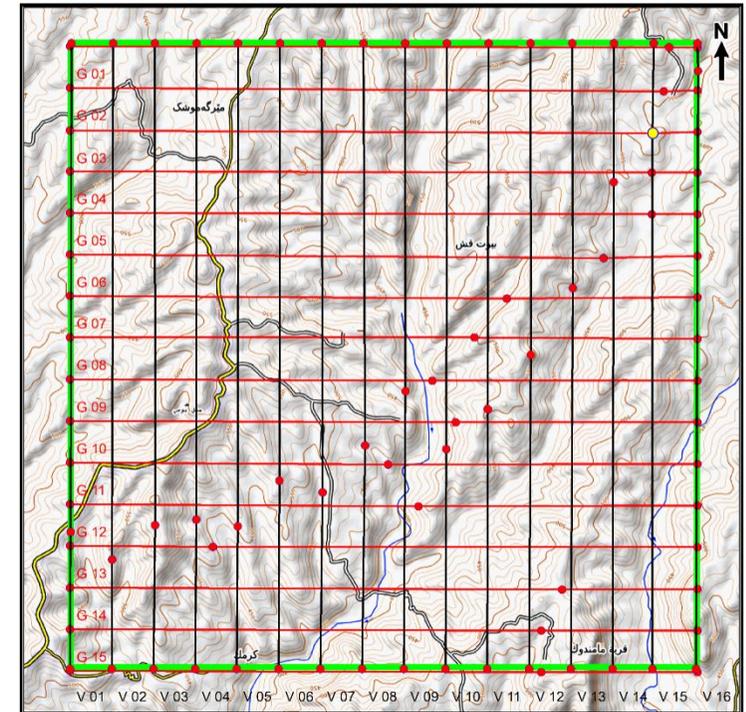
МЕТОД РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
METHOD OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGY

SEARCH FOR HYDROCARBON DEPOSITS
ANALYSIS OF THE LICENSE AREA

ФРАГМЕНТ СПУТНИКОВОГО СНИМКА В РАЙОНЕ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА
FRAGMENT OF SATELLITE IMAGE IN THE LICENSE AREA



ФРАГМЕНТ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ В РАЙОНЕ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА
FRAGMENT OF TOPOGRAPHIC MAP IN THE LICENSE AREA



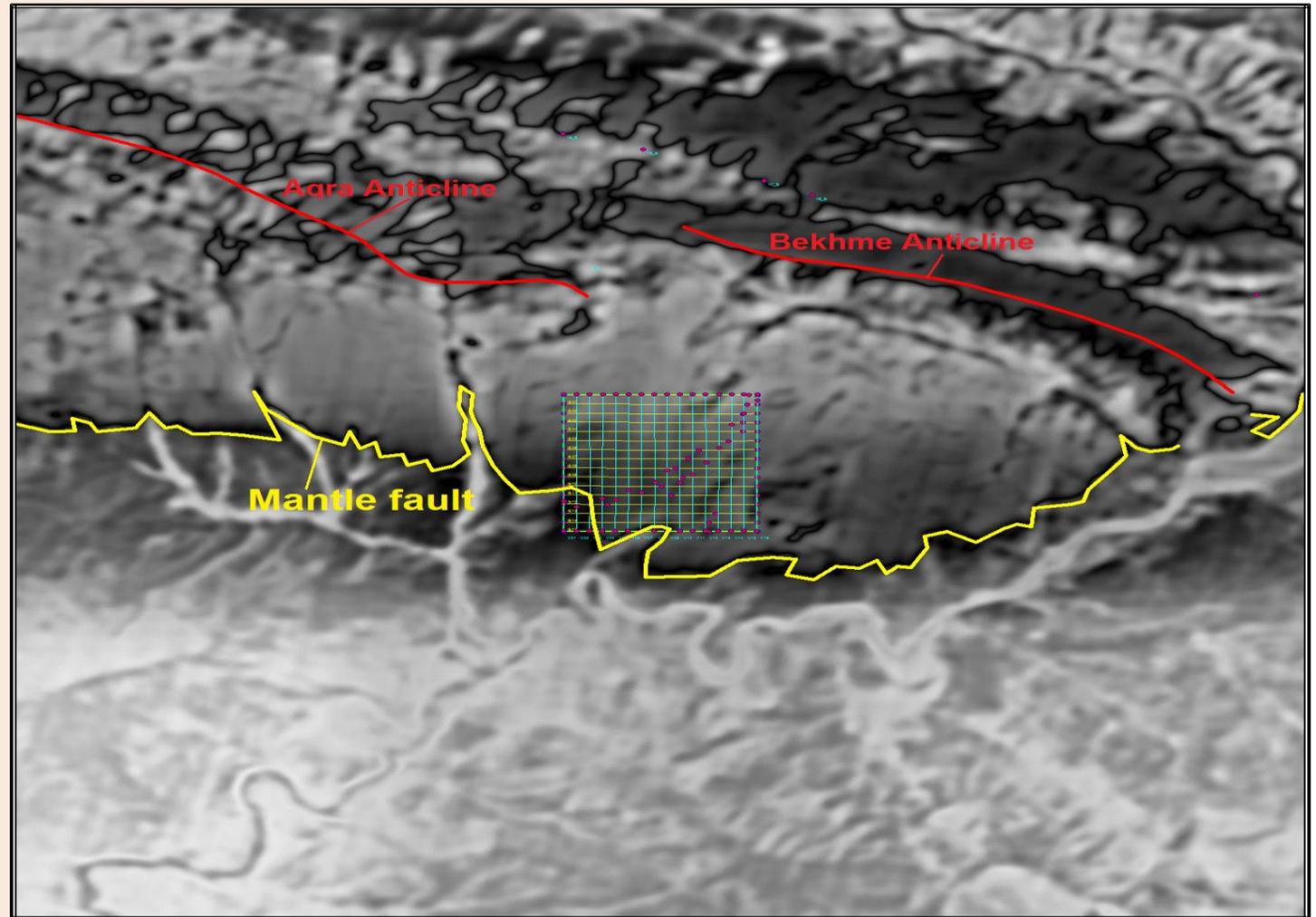
Линии геотермических разрезов на спутниковом снимке и на топографической карте

Легенда / Legend:

- Границы участка исследования
The boundaries of the study area
- — Расположение вертикальных геотермических разрезов
Location of vertical geothermal sections
- Условные скважины
Conditional wells
- Действующая тестовая скважина "Bijell-1"
Operating test well "Bijell-1"

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Мантийный разлом (желтые линии) и основные антиклинали Загроса (красные линии) на спутниковом снимке в районе исследований



Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

На вертикальных геотермических разрезах (*слайд 28, 29*) до горизонта -4500 м светлыми тонами показаны геологические массивы вмещающих осадочных пород, преимущественно морского генезиса, оттенками коричневого – разломные деструктивные зоны. Аномалии, соответствующие ловушкам углеводородов распознаются как горизонтальные пласты близкие по цветовой шкале от розового к красному фототону (светлый - газ, темный - нефть). По степени контрастности (бледный средний или яркий) углеводородные пласты можно характеризовать как (слабо-, средне- или сильно насыщенные), приурочены к карбонатным трещиноватым породам-коллекторам.

Пример интерпретации выявленных неоднородностей геологического разреза иллюстрируется вертикальными геотермическими разрезами G 03 (*слайд 28*), V 15 (*слайд 29*), проходящими через известную скважину 1, по которой выполнена калибровка модели, а буровая геологическая колонка использовалась для интерпретации геотермических разрезов.

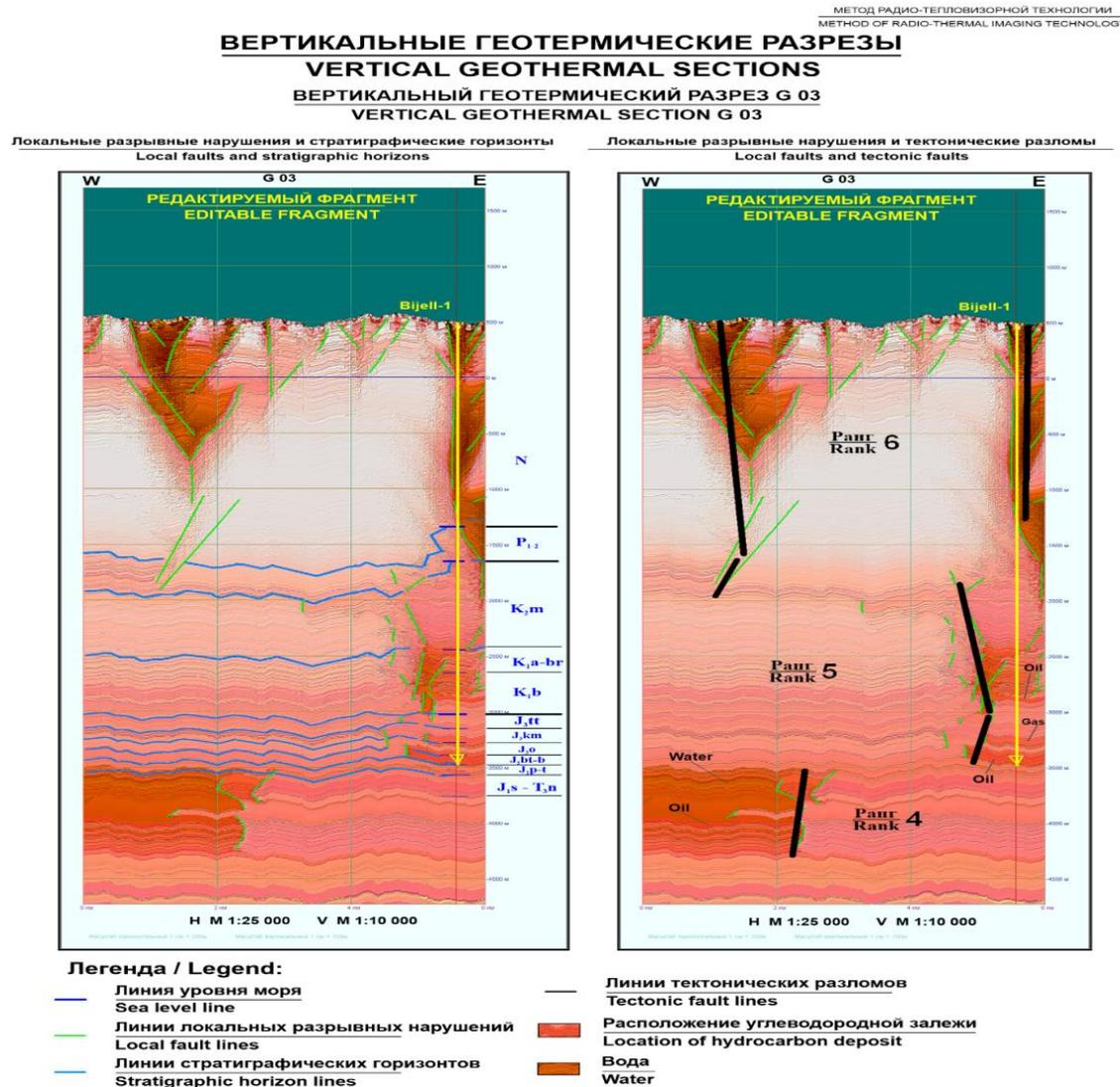
В осадочной толще горных пород до глубины -4500 м, в абсолютных отметках, выделены 3 блока нефтегазовых ловушек различной мощности и потенциала:

Блок **А** – Мел, Блок **В** – Юра, Блок **С** – Триасс.

На *слайде 30* показана рекомендуемая скважина для бурения.

Использование метода Радио-Тепловизионной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Вертикальный геотермический разрез G 03 с выделением стратиграфических единиц (слева), гединамических блоков 4, 5, 6 ранга (по И. М. Губкину) и углеводородных залежей (справа)



Использование метода Радио-Тепловизионной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

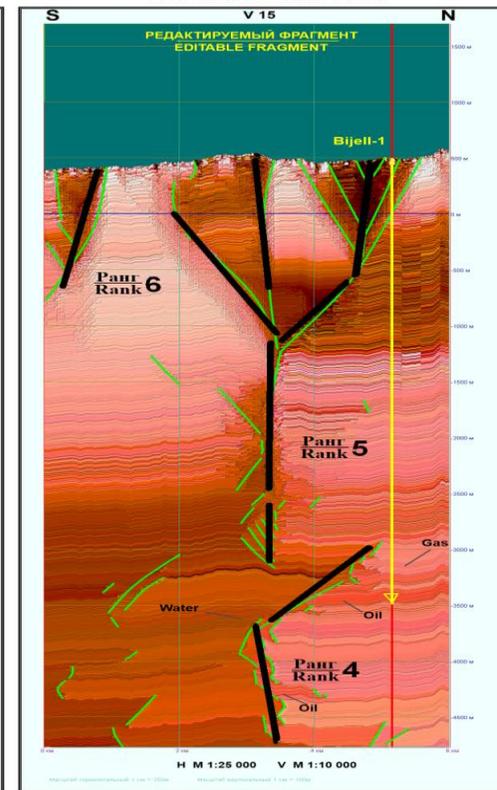
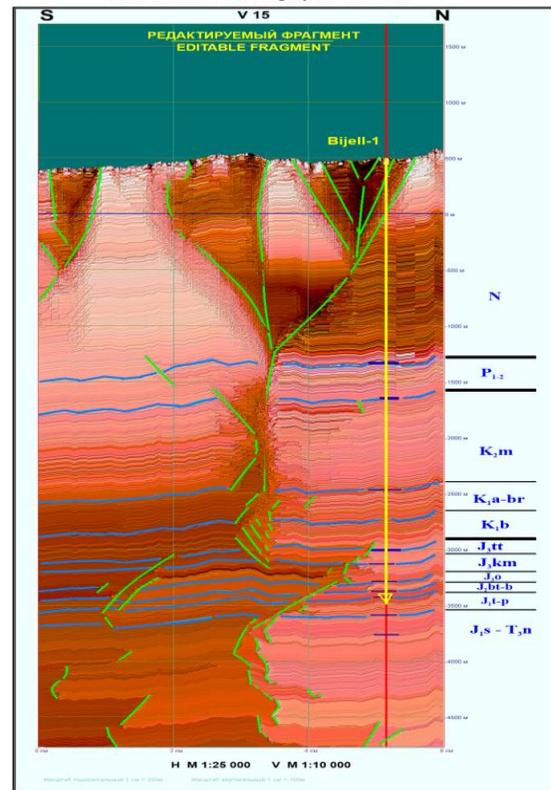
Вертикальный геотермический разрез V 15 с выделением стратиграфических единиц (слева), гединамических блоков 4, 5, 6 ранга и углеводородных залежей (справа)

МЕТОД РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
METHOD OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGY

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ
VERTICAL GEOTHERMAL SECTIONS
ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ V 15
VERTICAL GEOTHERMAL SECTION V 15

Локальные разрывные нарушения и стратиграфические горизонты
Local faults and stratigraphic horizons

Локальные разрывные нарушения и тектонические разломы
Local faults and tectonic faults



Легенда / Legend:

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Линия уровня моря
Sea level line |  | Линии тектонических разломов
Tectonic fault lines |
|  | Линии локальных разрывных нарушений
Local fault lines |  | Расположение углеводородной залежи
Location of hydrocarbon deposit |
|  | Линии стратиграфических горизонтов
Stratigraphic horizon lines |  | Вода
Water |

Использование метода Радио-Тепловизионной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

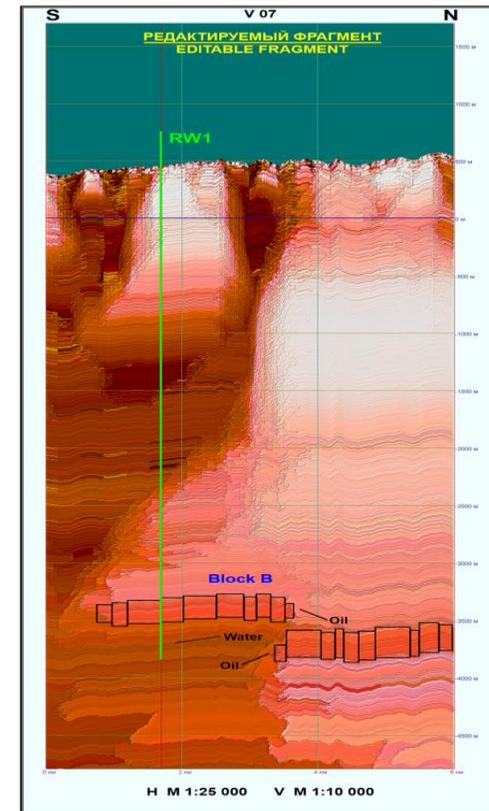
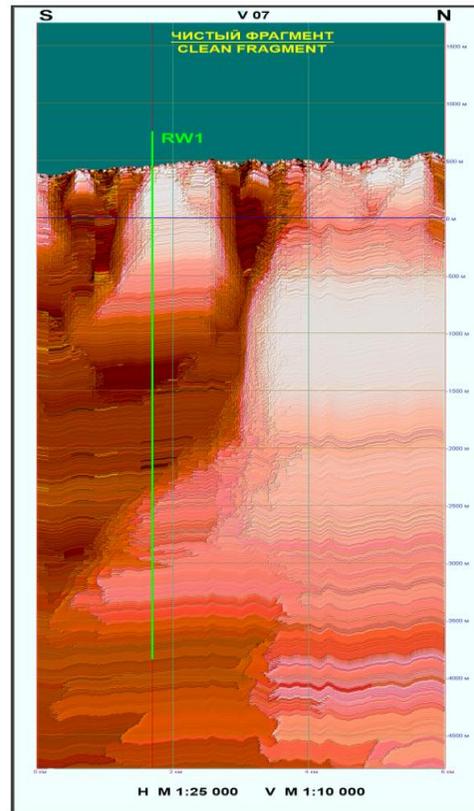
Рекомендуемая разведочная скважина RW 1 для бурения на углеводороды в районе структуры на вертикальном геотермическом разрезе V 07

МЕТОД РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
METHOD OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGY

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ. РАСПОЛОЖЕНИЕ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СКВАЖИН.

VERTICAL GEOTHERMAL SECTIONS. LOCATION OF RECOMMENDED WELLS.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ V 07. РЕКОМЕНДУЕМАЯ СКВАЖИНА RW1 VERTICAL GEOTHERMAL SECTION V 07. RECOMMENDED WELL RW1



Легенда / Legend:

- Линия уровня моря
Sea level line
- Линия расположения рекомендуемой скважины
Recommended well location line

- Расположение углеводородной залежи
Location of hydrocarbon deposit
- Вода
Water

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Блок **В** наиболее перспективный для исследуемой территории, что подтверждается испытаниями скважины 1.

По юрским горизонтам Блока **В** построены горизонтальные срезы (слайсы) через 30 м в интервале глубин $-2940 \div -3560$, представлены на *слайде 32*. На горизонтальных срезах выполнен анализ структуры залежи, оценка общего заполнения углеводородами и водой по площади, рассчитаны площади для каждой залежи. Заполнение флюидами составляет 70-95%.

Аномалии, выделенные как нефтегазосодержащие горизонты юрского возраста выделены в Блок **В** на всех вертикальных геотермических разрезах. Блок **В** состоит из двух типов залежей: газовая верхняя и нефтяная нижняя. Общий интервал глубин залегания Блока **В** составляет от горизонта -2940 м до горизонта -3570 м. Газ присутствует в горных породах от горизонта -2940 м до горизонта -3440 м, мощностью до 100 м, нефть - $-3260 \div -3570$ м, мощностью 50-250 м. Вмещающие породы коллектора преимущественно известняки, доломиты, черные сланцы. Ниже расположены горизонты, заполненные водой. Видимая протяженность Блока **В** на геотермических разрезах составляет 1-5 км.

Для оценки распространения резервуаров углеводородов по площади построены проекции залежей углеводородов на топографическую карту участка (*слайд 33*).

Использование метода Радио-Тепловизионной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

A.23

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ СРЕЗЫ. Block B

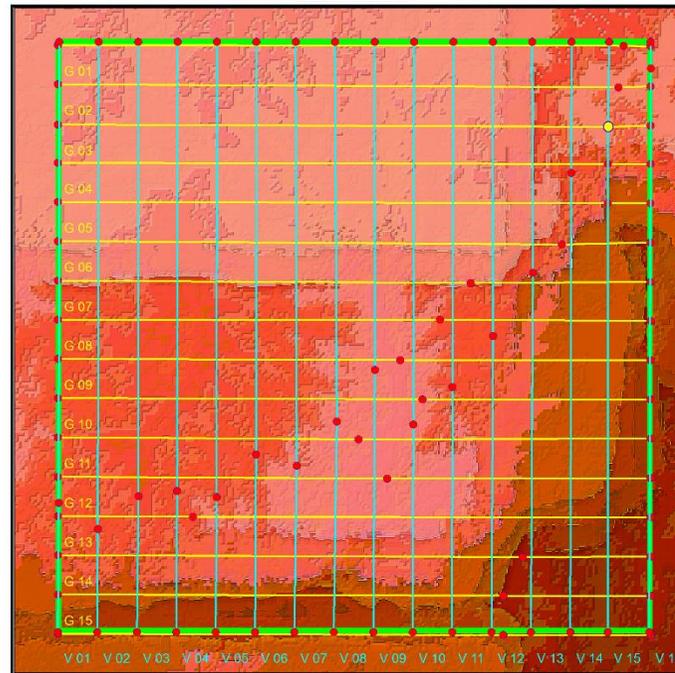
HORIZONTAL GEOTHERMAL SLICES. Block B

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ СРЕЗ G 6 [H = -3290 м ОТ УРОВНЯ МОРЯ]

HORIZONTAL GEOTHERMAL SLICE G 6 [H = -3290 m OF SEA LEVEL]

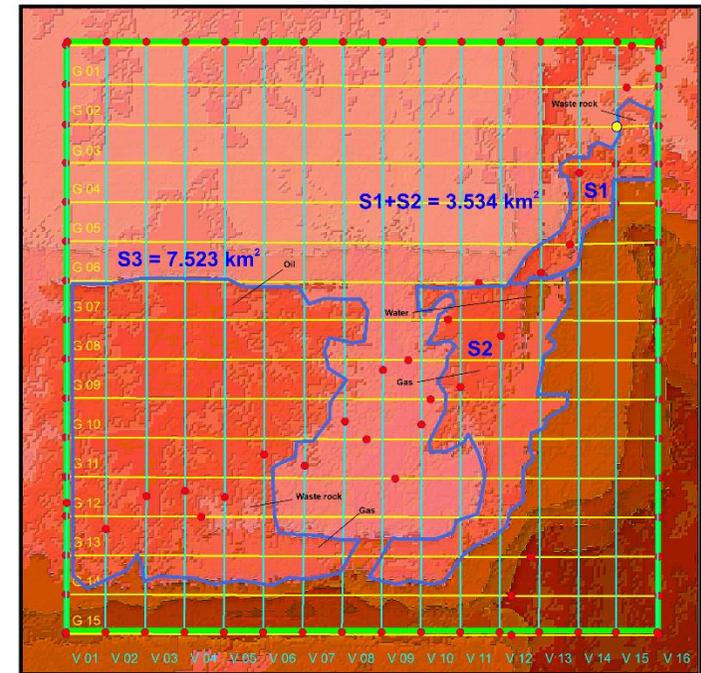
Д33 МЕТОД РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ 3D
ERS METHOD OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGY 3D

ЧИСТЫЙ ФРАГМЕНТ
CLEAN FRAGMENT



M 1:25 000

РЕДАКТИРУЕМЫЙ ФРАГМЕНТ
EDITABLE FRAGMENT



M 1:25 000

Горизонтальный геотермический срез на глубине - 3290 м с выделением и анализом нефте- и газосодержащих структур. Блок В.

Легенда / Legend:

- Границы участка исследования
The boundaries of the study area
- Расположение вертикальных геотермических разрезов
Location of vertical geothermal sections
- Условные скважины
Conditional wells
- Действующая тестовая скважина "Bijell-1"
Operating test well "Bijell-1"
- Расположение углеводородной залежи
Location of hydrocarbon deposit
- Нефть
Oil
- Газ
Gas
- Вода
Water

Анализ структуры залежи / Analysis of deposit structure:

- S1,S2** Общее заполнение по площади: Нефть - 0%, Газ - 90%, Вода - 10%
Кoeffициент заполнения флюидами: 70%
- S3** Общее заполнение по площади: Нефть - 80%, Газ - 20%, Вода - 0%
Кoeffициент заполнения флюидами: 80%
- S1,S2** Total filling by Area: Oil - 0%, Gas - 90%, Water - 10%
Fluids filling rate: 70%
- S3** Total filling by Area: Oil - 80%, Gas - 20%, Water - 0%
Fluids filling rate: 80%

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Проекция горизонтальных геотермических срезов на спутниковом снимке и на топографической карте. Блок В.

A.34

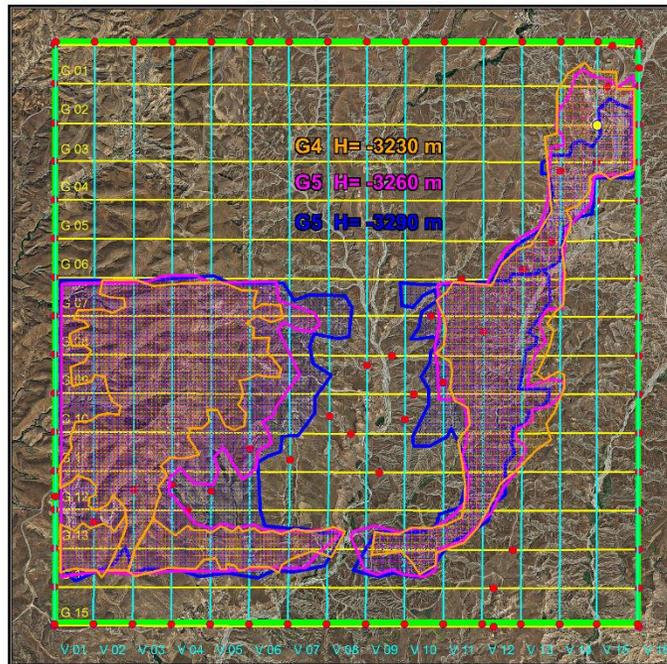
ПРОЕКЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ СРЕЗОВ. **Block B**

ДЗЗ МЕТОД РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗД
ERS METHOD OF RADIO-THERMAL IMAGING TECHNOLOGY 3D

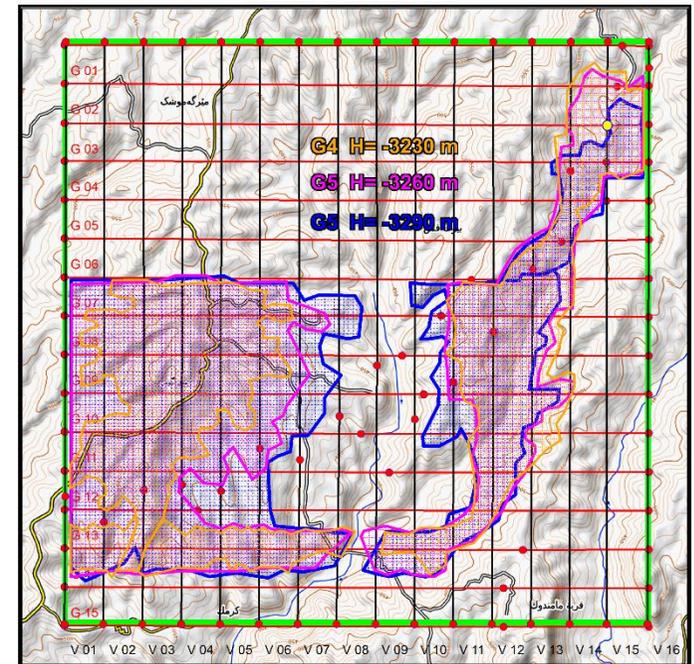
PROJECTIONS OF HORIZONTAL GEOTHERMAL SLICES. **Block B**

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ СРЕЗЫ G 4, G 5, G 6 [H = -3230, -3260, -3290 м ОТ УРОВНЯ МОРЯ]
HORIZONTAL GEOTHERMAL SLICES G 4, G 5, G 6 [H = -3230, -3260, -3290 m OF SEA LEVEL]

ФРАГМЕНТ СПУТНИКОВОГО СНИМКА
FRAGMENT OF SATELLITE IMAGE



ФРАГМЕНТ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ
FRAGMENT OF TOPOGRAPHIC MAP



Легенда / Legend:

- Границы участка исследования
The boundaries of the study area
- — — — Расположение вертикальных геотермических разрезов
Location of vertical geothermal sections
- ● ● ● Условные скважины
Conditional wells

- Действующая тестовая скважина "Bijell-1"
Operating test well "Bijell-1"

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

Предварительная оценка ресурсов

Используя вертикальные геотермические разрезы, построенные по площади в масштабе 1:25 000, нами выполнена прогнозная оценка ожидаемых результатов для заданного участка месторождения углеводородов.

Для расчета на всех вертикальных разрезах выделены блоки в пределах локализованной аномалии в юрских отложениях Блока В.

Площади оконтуренных залежей показаны на горизонтальных срезах и проекциях залежи на топографическую карту, расчеты по блокам приведены на каждом вертикальном разрезе.

Суммарный объем заполнения углеводородами по участку месторождения с учетом принятых коэффициентов составляет 72 269,615 тыс м³ нефти и 49 154,638 тыс м³ газа.

Суммарное количество нефти по участку месторождения составляет 62 000 тыс. тонн.

Степень достоверности оценки ресурсов углеводородов зависит от наличия исходных данных по фактически имеющимся скважинам в районе исследуемой площади

Использование метода Радио-Тепловизорной Технологии для прогнозирования нефтегазоносности на примере участка в Курдском автономном округе Ирака

ВЫВОДЫ

Основные цели Программы исследований структуры КАР для пространственного определения залежей углеводородов методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с использованием технологии радиотепловизорной съемки (РТТ) в Курдском автономном округе Ирака выполнены.

Исследуемая территория имеет высокие перспективы в плане нефтегазонасыщения. Резервуары углеводородов относятся к Триасовому, Юрскому и Меловому геологическим периодам.

В осадочной толще горных пород до глубины -4500 м, в абсолютных отметках, выделены 3 блока нефтегазовых ловушек различной мощности и потенциала: Блок **А** – Мел, Блок **В** – Юра, Блок **С** – Триасс.

Блок **В** (Юра) наиболее перспективный для исследуемой территории, что подтверждается испытаниями скважины 1.

Определены и околочурены прогнозируемые зоны размещения нефтегазовых ловушек с учетом геологического строения и соответствующей формации. Показаны разломные зоны, контролирующие залежи углеводородов.

Определены координаты оптимального расположения рекомендуемых 3-х геологоразведочных скважин.

Для резервуаров Блока **В** (Юра) выполнен подсчет условных запасов углеводородов для фрагмента месторождения.

Рекомендации для поиска нефти и газа

Как было продемонстрировано выше, объемные изображения (геотермические кубы), состоящие из последовательных сцен градиента радиояркостной температуры (или теплового контраста) содержат информацию о глубинном строении геосреды (тектонические разломы, блоки, структуры, литологические контакты), а также о местоположении ловушек углеводородов, водоносных горизонтов, которые являются основным объектом поиска, что позволяет рекомендовать метод РТТ для пространственного определения резервуаров нефти и газа.

Метод ДЗЗ РТТ является экологически безопасным. Позволяет получать информацию о строении Земли в труднодоступных местах для наземных геофизических методов

Center of Aerospace Technologies Ltd

Address: 26, Antim Pervi str., Burgas, 8000, Bulgaria;

tel.: +38 067 632 91 01

tel.: +359 89 462 00 30

e-mail: vl.bagriyan@gmail.com