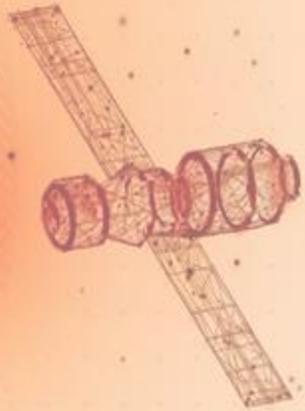


Center of Aerospace Technologies Ltd

Радио-Тепловизорные Технологии поиска
подземных вод



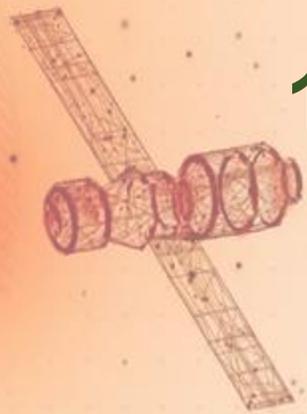
Center of Aerospace Technologies Ltd



Во всем мире одним из новейших, **постоянно развивающихся** методов изучения геологического и тектонического строения, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Радио-Тепловизорная 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 и картирования подземных вод**. РТТ зарекомендовала себя как рабочий инструмент для изучения структуры геосреды, а также как метод выявления геотермических аномалий, **которые являются прообразами обводненных зон, водоносных горизонтов в геологическом массиве.**

1. РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)



РАДИО-ТЕПЛОВИЗОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (РТТ)

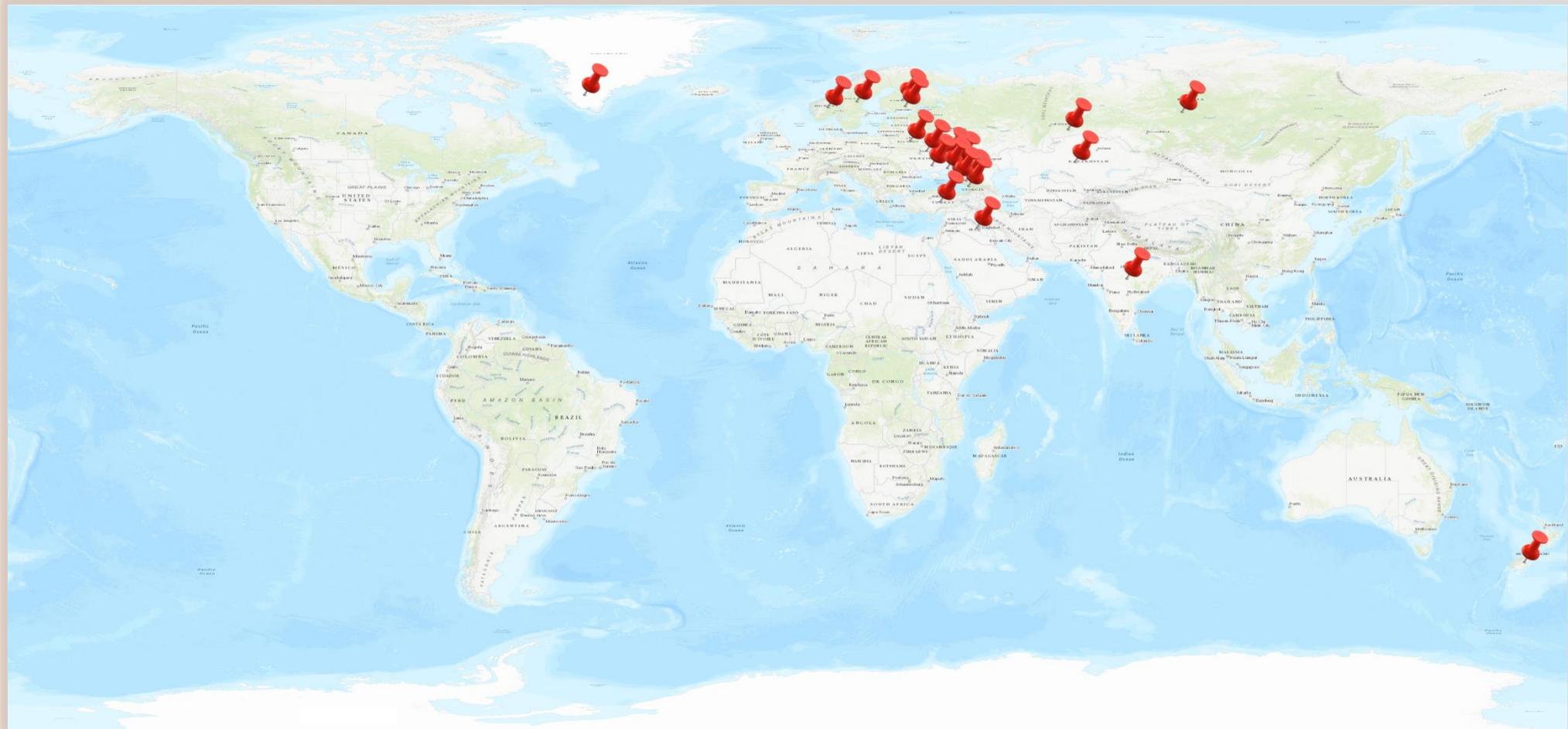
РТТ рассматривается как пассивный метод дистанционного зондирования, основанный на регистрации излучаемой тепловой энергии Земли, которая представлена непрерывным спектром электромагнитных волн и выражается физическим параметром - радиояростная температура.

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.

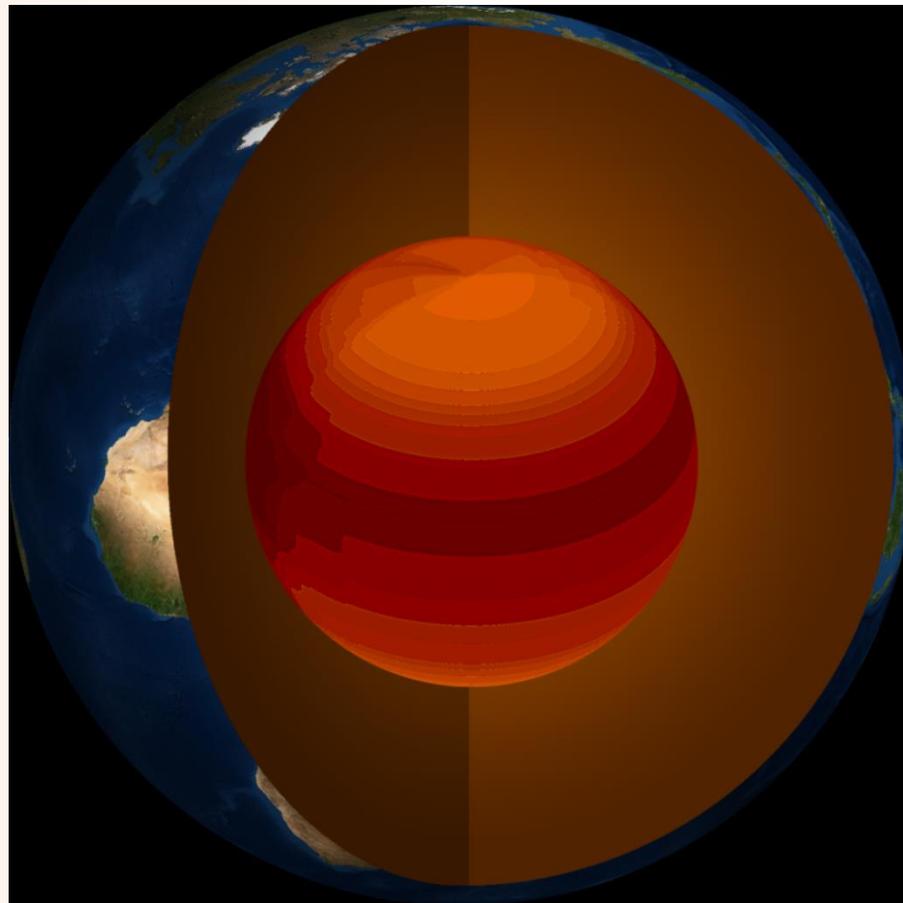
В качестве исходных данных используется информация, полученная со спутников Земли в радиотепловом диапазоне электромагнитных волн (Landsat 8 (OLI/TIRS), GCOM-W1 (AMSR-2), ASTER/GDEM, Sentinel и др.).

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.

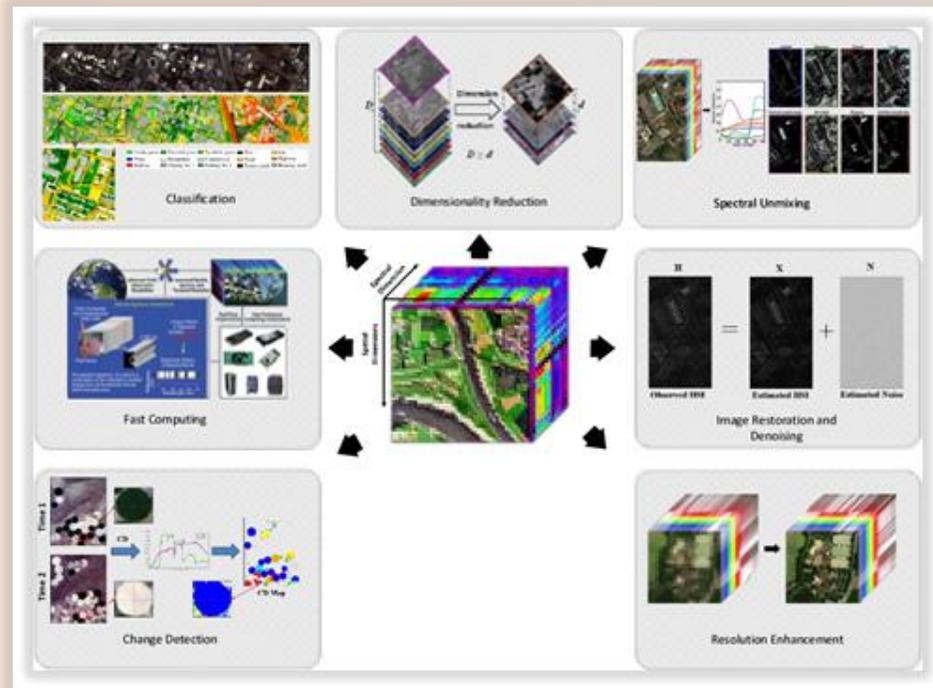
Обработка космических снимков производится в Программной среде (путем обучающей выборки) с построением модели 3D куба.

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 водоносные горизонты в осадочных породах, обводненные разломные и трещинные зоны в скальных породах.** 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.



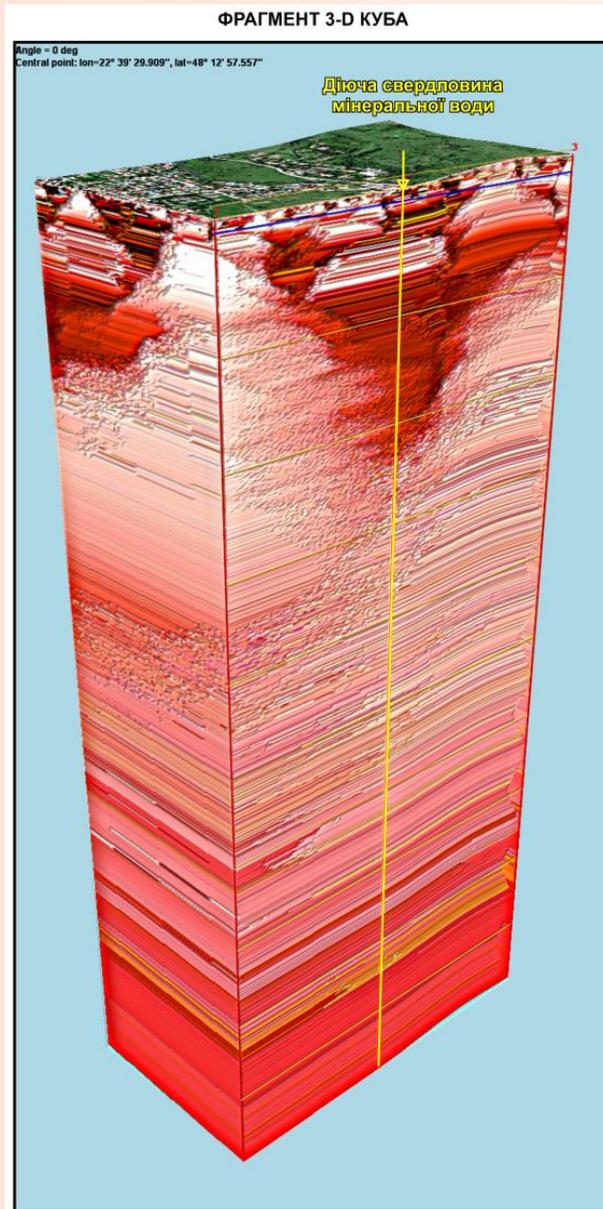
Построение геотермической модели 3D куба



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

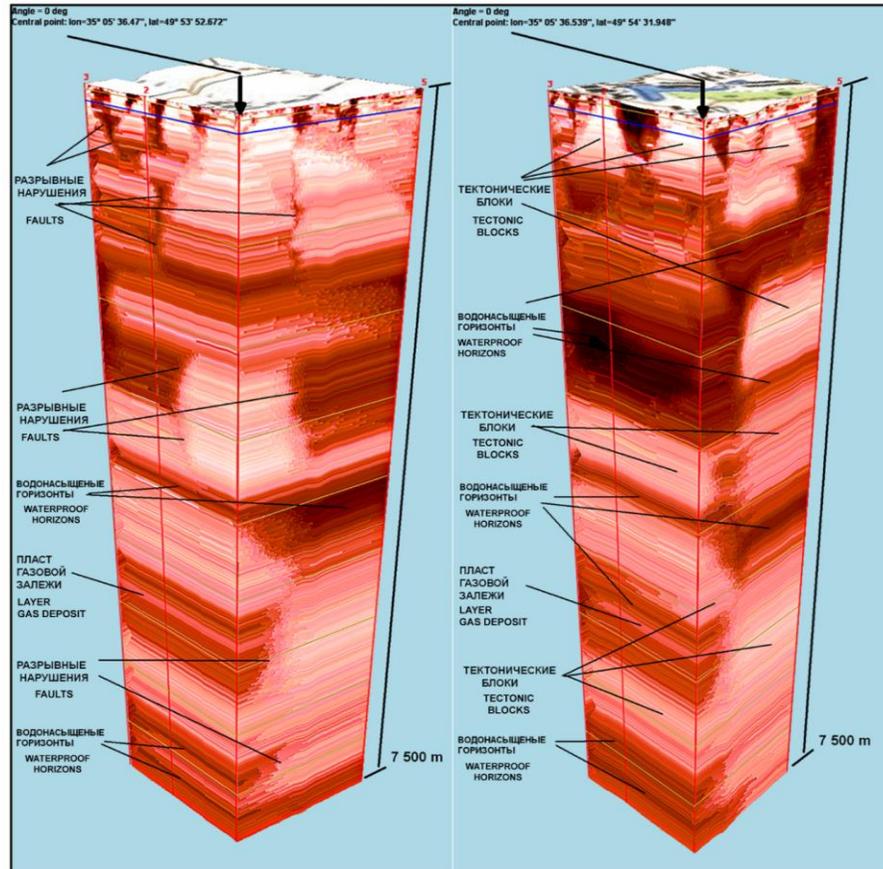


Пример построения
объемных вертикальных
разрезов по данным
геотермического 3-D куба

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 13**, где четко выделяются цветом и тоном литологические разности пород, выделенные по данным бурения.

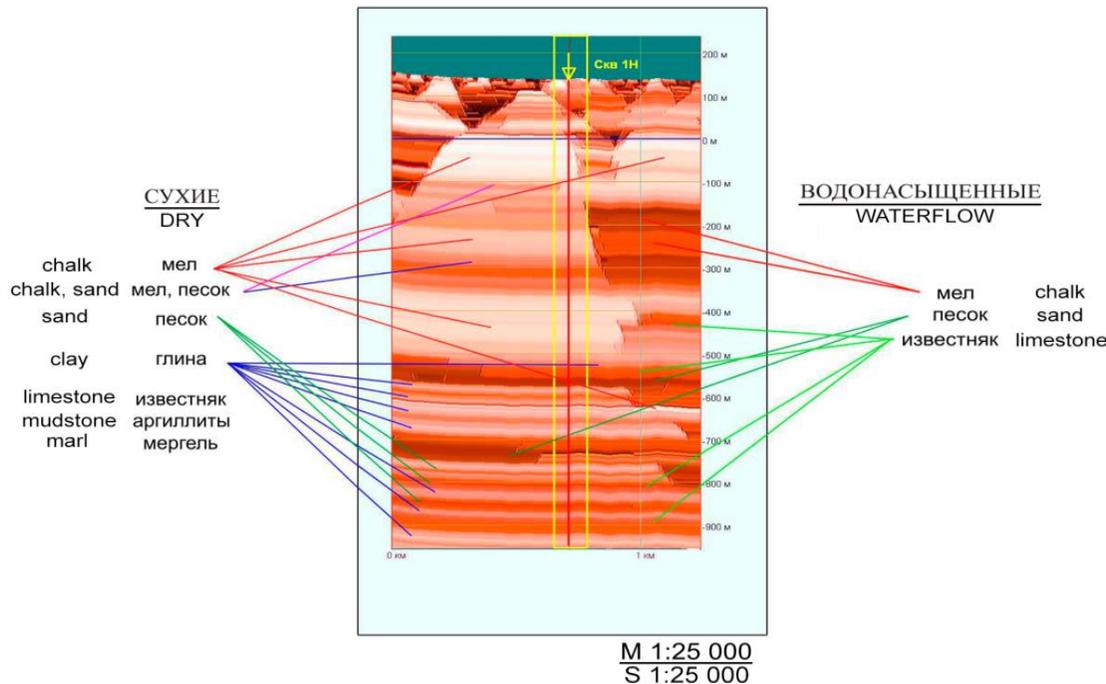
Выделение литологических интервалов разреза скважины по данным РТТ

Пример выделения маловлажных 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
well location line

СУХИЕ DRY

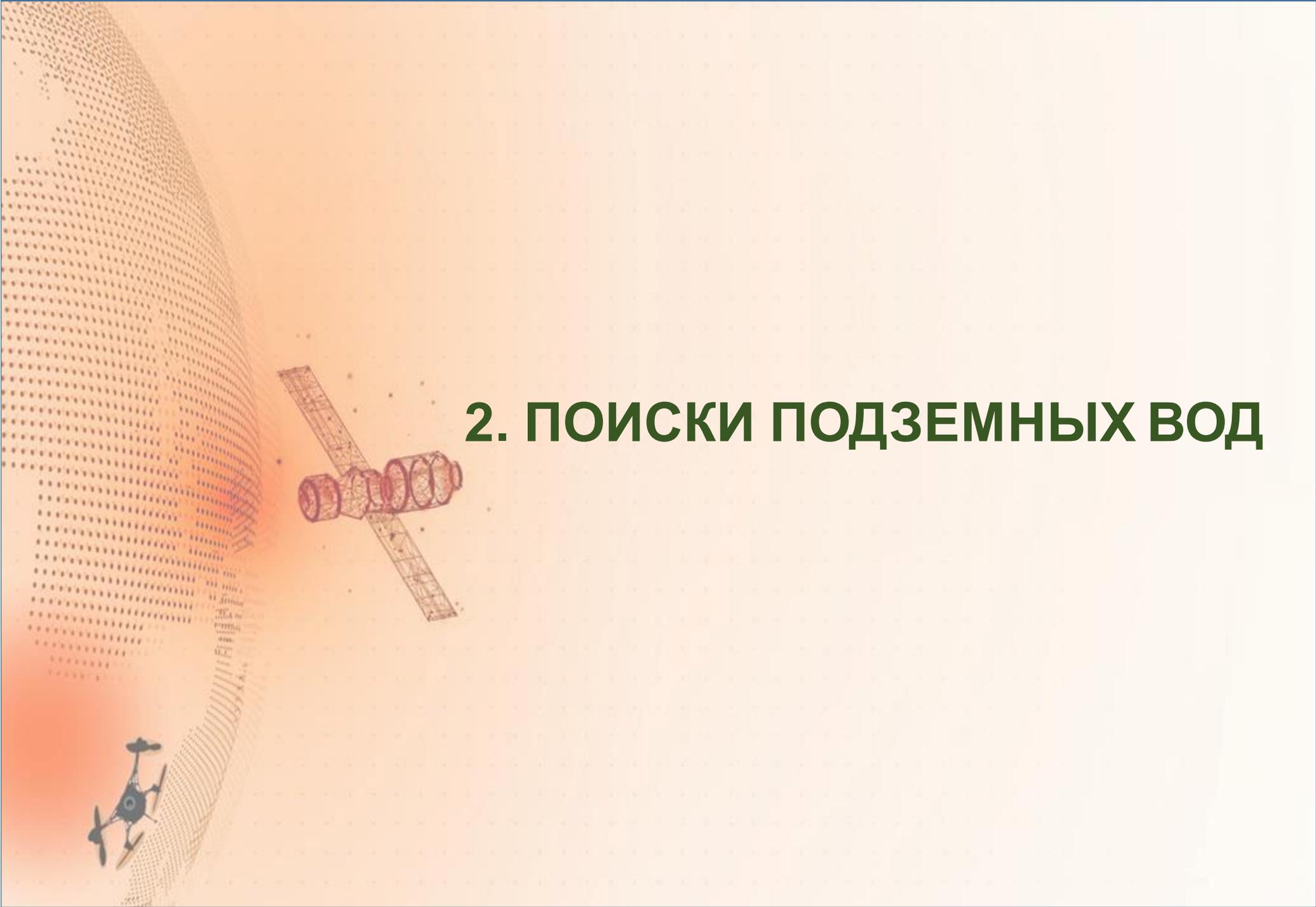
Мел
Мел, песок
Песок
Глина

Chalk
Chalk, sand
Sand
Clay

ВОДОНАСЫЩЕННЫЕ WATERFLOW

Мел
Песок
Известняк
Chalk
Sand
Limestone

2. ПОИСКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД



Калибровка модели

Калибровка модели 3D куба осуществляется для уточнения положения и глубины залегания структурных неоднородностей предполагаемого водоносного горизонта, путем сравнения с эталонным объектом например, ранее разведанным водоносным горизонтом.

Для этих целей используется, в роли эталонного объекта, информация существующих гидрогеологических или водозаборных скважин (паспорт скважины). В роли эталонного объекта также могут быть гидрогеологические карты и разрезы.

Калибровка модели выполняется для каждого объекта поисков, в зависимости от типа и вида подземных вод, гидрогеологических 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 (водоносный пласт или горизонт) по однозначным гидрогеологическим материалам.

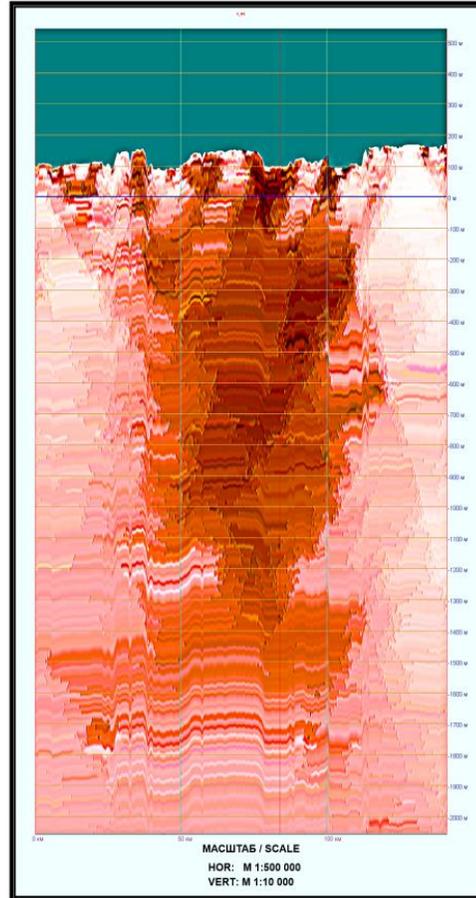
Следует отметить: чем больше используется достоверного геологического материала по исследуемому участку (выборка), тем точнее калибровка, и как следствие, геотермический куб максимально отражает геологическое строение исследуемой площади и пространственное положение водных ресурсов.

Наша база данных содержит информацию о более 300 тестовых участках – наиболее известных месторождений подземных вод различного генезиса и минерализации. При отсутствии данных опробования поисково-разведочного бурения, водозаборных скважин или других гидрогеологических исследований по заданной площади, применяется метод аналогий. Примеры тестовых участков в районе Миргорода (Украина), Будапешта (Венгрия) и в Днепропетровской области (Украина) показаны на **слайдах 17, 18, 19**.

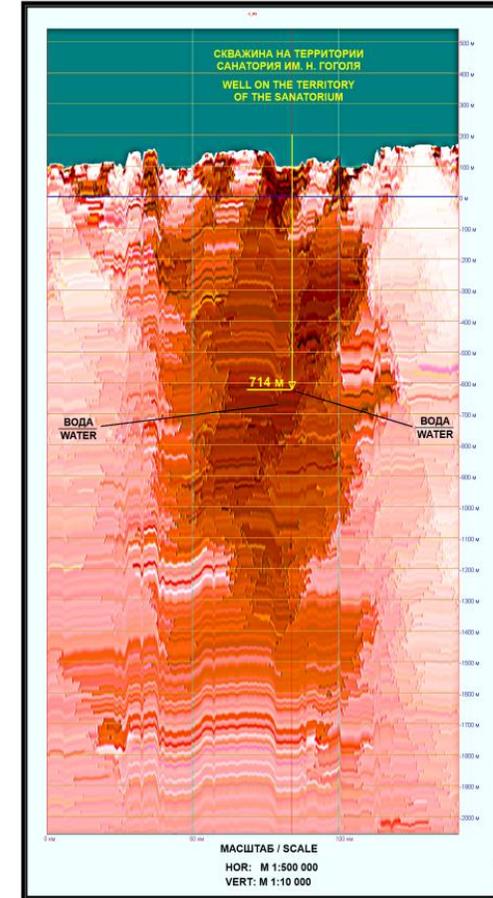
Тестовый участок в районе Миргорода, Украина

УКРАИНА. МИРГОРОД. САНАТОРИЙ ИМ.Н.ГОГОЛЯ. ПОИСК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД. ФРАГМЕНТ РАЙОНИРОВАНИЯ. ТЕСТ.
UKRAINE. MIRGOROD. SANATORIUM NAMED AFTER N. GOGOL. SEARCH FOR MINERAL WATERS. FRAGMENT OF ZONING. TEST.

ИСХОДНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ
ORIGINAL VERTICAL GEOTHERMAL SECTION



РЕДАКТИРУЕМЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ
EDITABLE VERTICAL GEOTHERMAL SECTION



Вертикальный
геотермический
разрез через
скважину
минеральных
вод
«Миргородская»
глубиной 714 м.

"Миргородская" - слабоминерализованная хлоридно-натриевая минеральная вода, которую санаторий им. Н. Гоголя получает из двух скважин, глубины 714 метров, расположенных на его территории. Минеральная вода используется для внутреннего применения, ингаляций и т.д.

"Mirgorodskaya" - low-mineralized chloride-sodium mineral water, which the sanatorium named after N. Gogol receives from two wells, a depth of 714 meters, located on its territory. Mineral water is used for internal use, inhalation, etc.

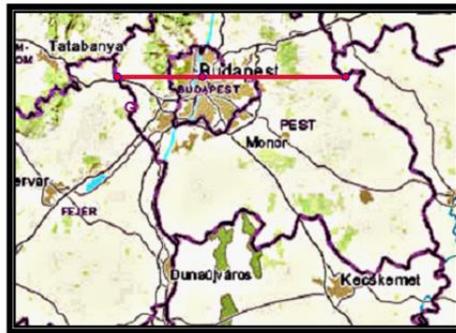
Разрезы построены с использованием Радио-Тепловизионной Технологии [PTT]
The sections are built using Radio-Thermal Imaging Technology [RTT]

Тестовый участок в районе купальни Сеченьи, Будапешт, Венгрия

ВЕНГРИЯ. БУДАПЕШТ. КУПАЛЬНЯ СЕЧЕНЬИ. ПОИСК ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД. ФРАГМЕНТ РАЙОНИРОВАНИЯ. ТЕСТ.
HUNGARY. BUDAPEST. SZECHENYI BATHS. SEARCH FOR THERMAL WATERS. FRAGMENT OF ZONING. TEST.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА.
ФРАГМЕНТ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ.

LOCATION OF VERTICAL GEOTHERMAL SECTION.
FRAGMENT OF TOPOGRAPHIC MAP.



M 1:500 000

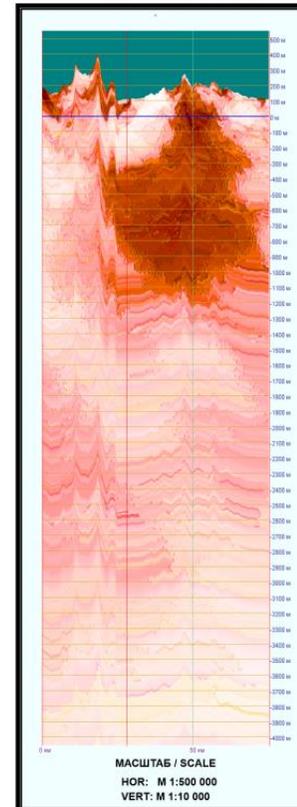
Купальня Сеченьи в городском парке «Варошлигет» - самый большой термальный комплекс Европы. Вода подается из скважины Святого Иштвана, ежедневно выбрасывающей 600 куб. м воды температурой +77 °С с глубины 1256 м.

The Szechenyi Bath in the Varosliget City Park is the largest thermal complex in Europe.

Water is supplied from the well of St. Istvan, daily throwing away 600 cubic meters of water +77°C from a depth of 1,256 m.

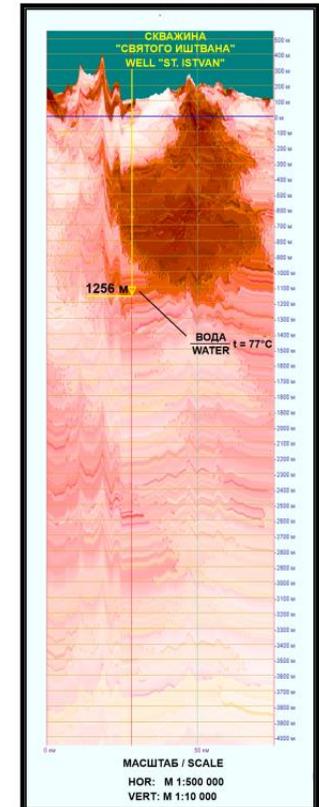
ИСХОДНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

ORIGINAL VERTICAL GEOTHERMAL SECTION



РЕДАКТИРУЕМЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

EDITABLE VERTICAL GEOTHERMAL SECTION



Legend:



Разрезы построены с использованием Радио-Тепловизионной Технологии [PTT]
The sections are built using Radio-Thermal Imaging Technology [RTT]

Вертикальный геотермический разрез через скважину термальных вод «Святого Иштмана» глубиной 1256 м

Тестовый участок в Днепропетровской области, Украина

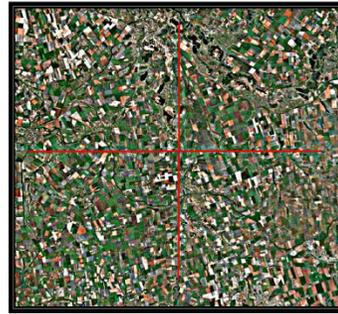
УКРАИНА. РОДНИК. НАПОРНЫЕ ВОДЫ. ФРАГМЕНТ РАЙОНИРОВАНИЯ. ТЕСТ.

UKRAINE. SPRING. PRESSURE WATER. FRAGMENT OF ZONING. TEST.

Вертикальный геотермический разрез через постоянно действующий родник в Днепропетровской области, Украина. Обводненная разломная зона. Напорные воды. Выход подземных вод на поверхность рельефа.

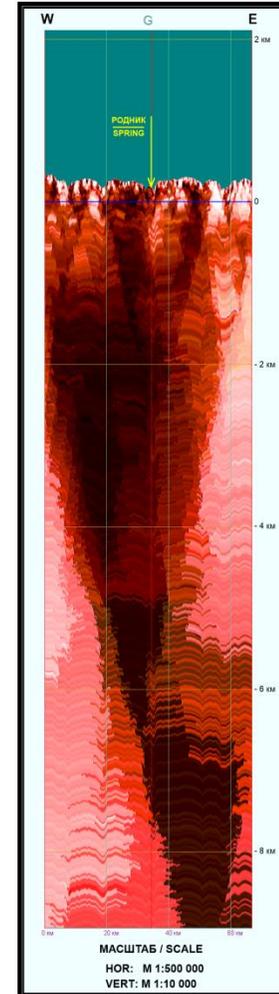
РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ.
ФРАГМЕНТ СПУТНИКОВОГО СНИМКА.

LOCATION OF VERTICAL GEOTHERMAL SECTIONS.
FRAGMENT OF SATELLITE IMAGE.

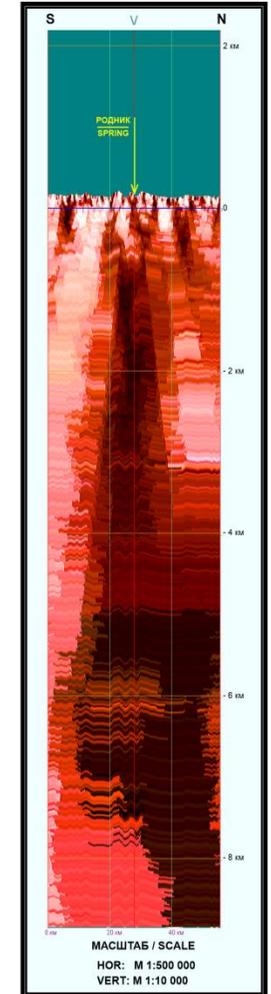


M 1:500 000

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ W-E
HORIZONTAL GEOTHERMAL SECTION W-E



ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГЕОТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ S-N
VERTICAL GEOTHERMAL SECTION S-N



Legend:

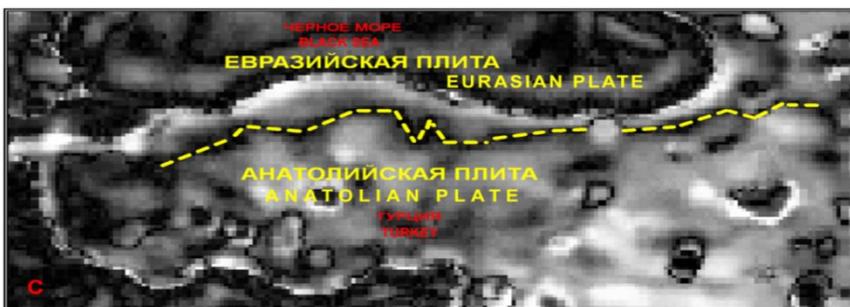
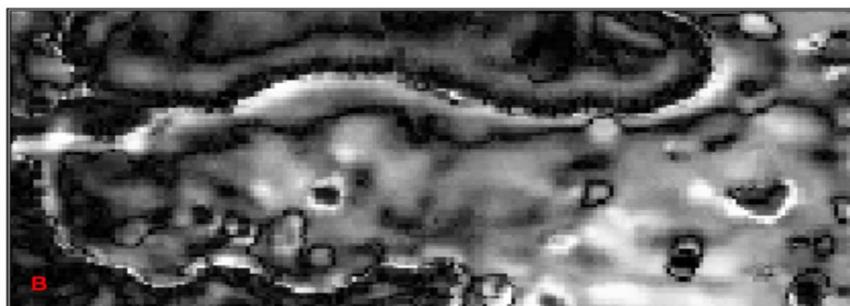


Разрезы построены с использованием Радио-Тепловизионной Технологии [PTT]
The sections are built using Radio-Thermal Imaging Technology [RTT]

Разломы, выделенные методом РТТ

ФРАГМЕНТ СЕВЕРО-АНАТОЛИЙСКОГО РАЗЛОМА
Пример тектонического разлома, выявленного с использованием радиотепловизиорных 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 радиотепловизиорного спутникового снимка
- C. Результирующий фрагмент радиотепловизиорного 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, и влияют на формирование обводненных трещинных зон в скальных породах.

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

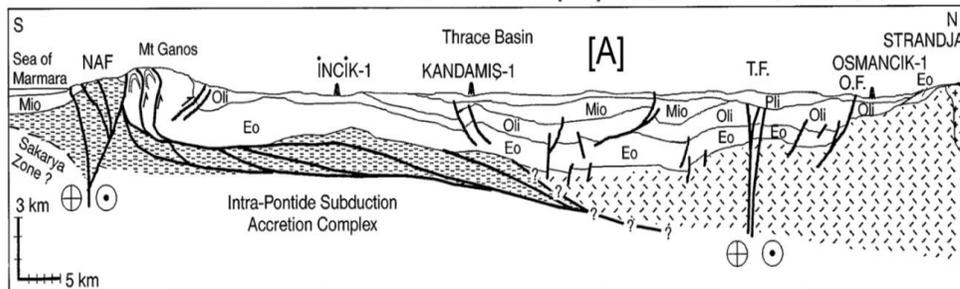
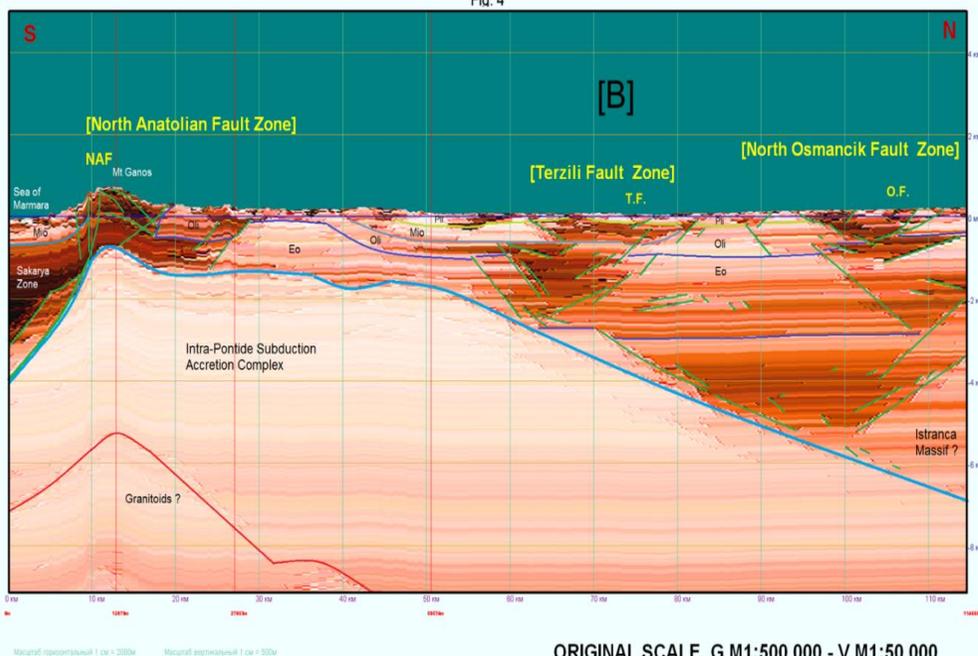


Fig. 4



Подземные воды зон крупных тектонических нарушений в основном свойственны для горно-складчатых областей, реже древних кристаллических щитов и дислоцированных пород фундамента платформ. Они обычно отмечаются в форме линейно-вытянутых относительно нешироких потоков, движущихся в горных породах зон дробления, брекчирования или повышенной трещиноватости пород вблизи тектонических нарушений. В таких зонах формируются как напорные, так и безнапорные воды.

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

Выявление водоносных горизонтов и резервуаров подземных вод

Пласты, заполненные водой, на вертикальных геотермических разрезах имеют цветовые оттенки: от светло коричневого до бурого и черного. Качество воды так же можно распознавать, используя методы спектрального анализа.

На **слайде 23** показаны подземные воды от пресных до минеральных и термальных в разломной зоне на разных глубинах геологического разреза.

Резервуары подземных вод на горизонтальных геотермических разрезах можно распознать как верхняя и нижняя части близкого планового расположения.

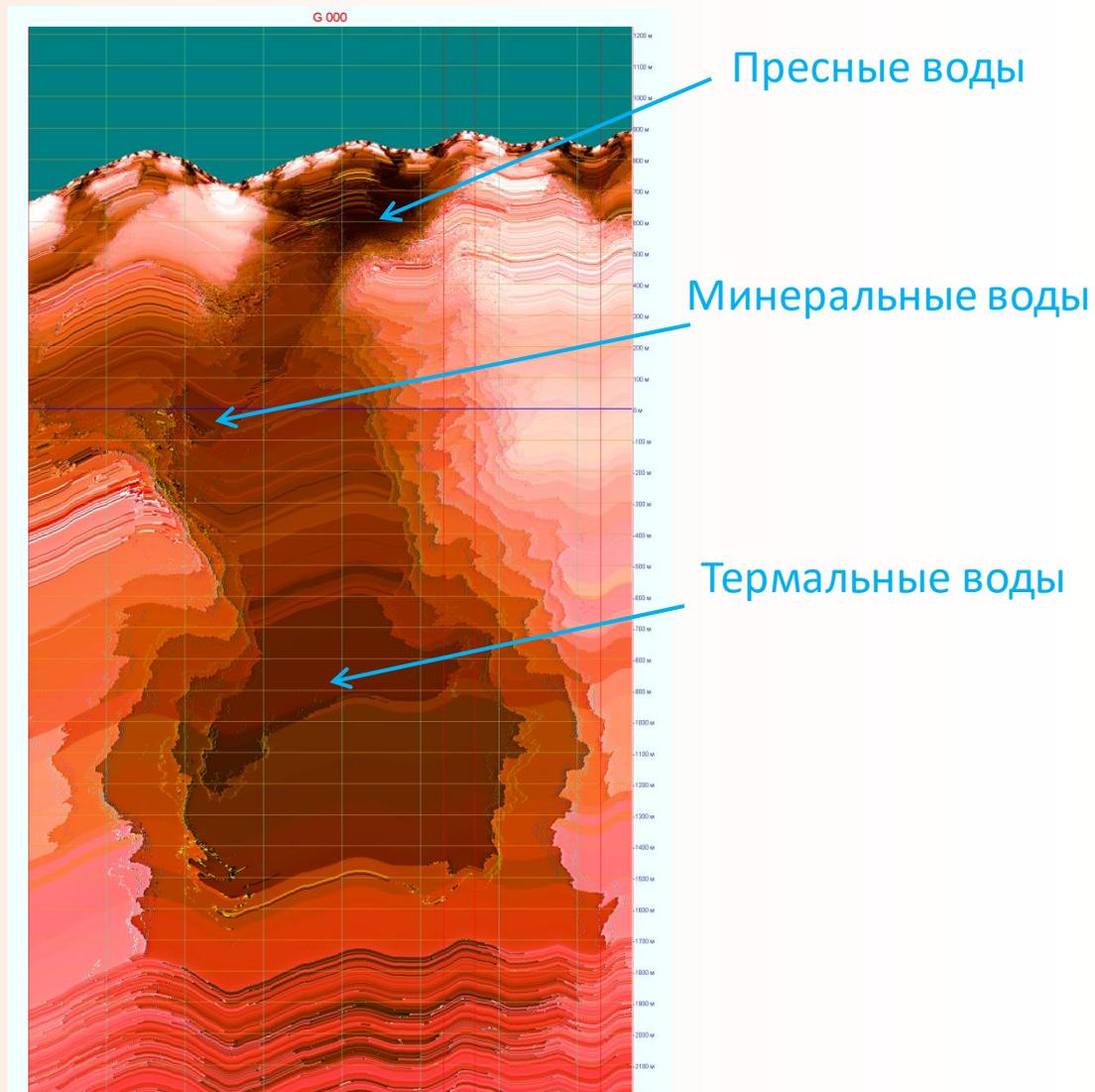
В результате исследований на тематических картах и геотермических разрезах выделяются водоносные горизонты, межпластовые воды и подземные природные резервуары:

- четвертичных и дочетвертичных отложений;
- трещиноватых зон некарбонатных и карбонатных пород;
- обводненных разломных и трещинных зон в скальных породах.

Выявление водоносных горизонтов и резервуаров подземных вод

Вертикальный геотермический разрез в районе Карпат:

- пресные воды на глубине 180 м;
- минеральные воды на глубине 800 м;
- термальные воды на глубине 1600 м



3. ПРИМЕРЫ РАБОТ ПО ПОИСКАМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД



Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

По результатам исследований методом РТТ в масштабе 1: 5 000 на площади 1x1 км в районе Восточных Карпат построен трехмерный куб – модель геологической среды, на основе которого построены: 21 вертикальный геотермический разрез **W-E** направления (**G 01-G 21**) и 21 вертикальный геотермический разрез **S-N** направления (**V 01-V 21**) на глубину 3 км с шагом 50.0 м.

Горизонтальный и вертикальный масштабы 1: 5 000. Кроме того, по площади построено 32 горизонтальных среза по горизонтам от +850 м до -1500 м в абсолютных отметках. На спутниковый снимок, совмещенный с кадастровой картой Украины вынесены проекции 1-го и 2-го водоносных горизонтов, выявленных на территории исследований.

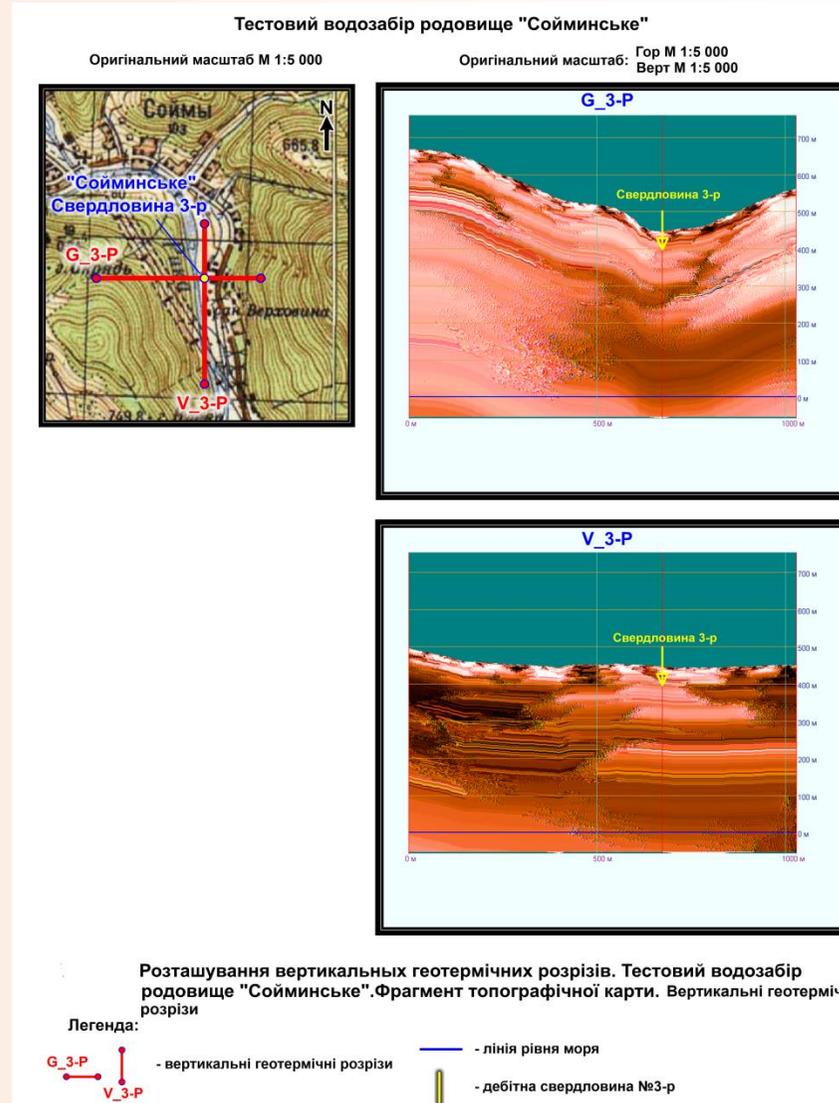
Выполнен структурно-метрический анализ геосреды, изучена ее внутренняя структура: выделены основные геоблоки и разделяющие их деструктивные зоны. Выделены геотермические аномалии в геосреде, которые связаны с обводненными разрывными нарушениями, разломными зонами и зонами трещиноватости. Рекомендованы разведочные скважины (**слайд 38**)

На вертикальных геотермических разрезах до глубины 3000 м светлыми тонами показан геологический массив плотных водонепроницаемых пород эоцена-олигоцена, оттенками коричневого – разломные деструктивные зоны - аномалии, соответствующие обводненным зонам.

Калибровка модели 3D куба осуществлялась для уточнения положения и глубины залегания структурных неоднородностей предполагаемых обводненных зон, путем сравнения с эталонными объектами – тестовый водозабор месторождения Сойминское (**слайд 28**), тестовый источник пресной воды №2 участка Шутин Менчул-Верхнебистрянского месторождения, тестовый источник пресной воды №1 Сухаровец (**слайд 29**) в с.Верхний Быстрый, где использовалась выборка по фактической минерализации подземных вод. Интерпретация геотермических данных выполнялась с использованием информации по тестовым участкам и других материалов геологических исследований в районе Складчатых Карпат.

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Тестовый
водозабор
месторождения
Сойминское.
Вертикальные
геотермические
разрезы через
разведочную
скважину 3-р

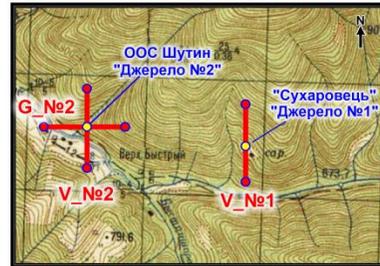


Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

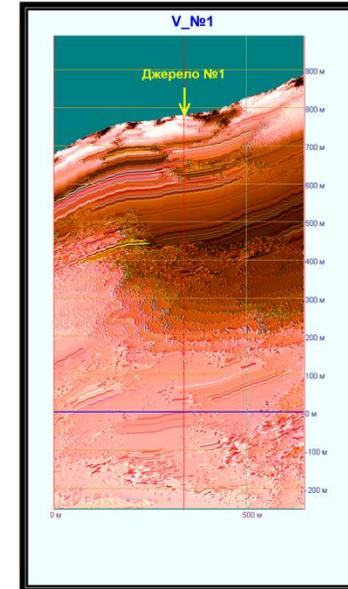
Тестовые
источники
месторождения
подземных вод.
Вертикальные
геотермические
разрезы через
Источник №1
Сухаровец,
Источник №2
Шутин

Тестові водозабори "Сухаровець", "Джерело №2" (ООС Шутин)

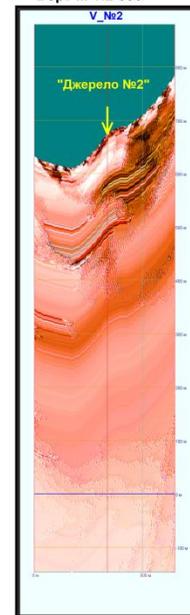
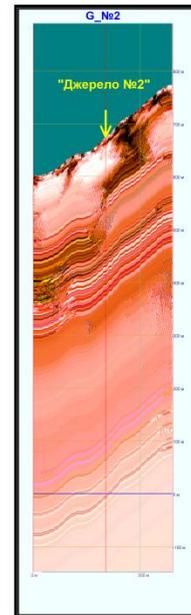
Оригінальний масштаб М 1:5 000



Оригінальний масштаб: Гор М 1:5 000
Верт М 1:5 000

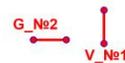


Оригінальний масштаб: Гор М 1:5 000
Верт М 1:2 000



Розташування вертикальних геотермічних розрізів. Тестові водозабори "Сухаровець", "Джерело №2" (ООС Шутин). Фрагмент топографічної карти. Вертикальні геотермічні розрізи

Легенда:



- вертикальні геотермічні розрізи

- лінія рівня моря



- "Джерело №1", "Джерело №2"

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Все месторождения подземных вод в Складчатой области Карпат связаны с тектоническими разломами и узлами их пересечения, зонами разрывных нарушений, трещинными зонами, включая экзогенную трещиноватость.

Характерной особенностью геологического строения исследуемой площади является наличие в основании блока плотных водонепроницаемых пород эоцена-олигоцена, мощностью около 1000 м, ограниченного с севера, юга и запада деструктивными разломными зонами. На горизонтальных и вертикальных геотермических разрезах указанный массив плотных пород показан светлыми тонами.

Верхняя часть геологического разреза разбита разрывными нарушениями до глубины 50-150 м, абсолютная отметка +750 м.

Западная часть участка попадает в краевую зону глубинного тектонического разлома, которая фиксируется на геотермических разрезах до абсолютной отметки -1500 м. С этой зоной связаны оперяющие разломы до глубины 600 м.

Особенности формирования и распространения подземных вод определяются главным образом структурно-тектонической зональностью. Практически все разломные зоны прилегающие к территории исследований, разрывные нарушения и зоны трещиноватости, выявленные в верхней части геологического разреза площади обводненные.

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

На исследуемой территории в толще флишевых мел-палеогеновых отложений выделены три водоносных горизонта.

Первый от поверхности водоносный горизонт залегает в подповерхностной зоне трещиноватых пород олигоцена. Экзогенная трещиноватость распространяется на глубину в среднем 100 м. Водовмещающими являются трещиноватые песчаники, известняки, мергели, гравелиты. Обводненность флиша связана с трещинными коллекторами, для которых характерны ограниченные емкостные параметры, что исключает возможность формирования значительных запасов подземных вод. Питание горизонта в основном инфильтрационное, зависит от метеофакторов. Воды преимущественно пресные. Возможна повышенная минерализация в зонах подпитки водоносного горизонта подземными водами тектонических разломов.

На спутниковой карте, совмещенной с кадастровой картой площади исследований, **слайд 30**, нанесены контуры области распространения первого от поверхности водоносного горизонта.

В качестве примера на территории выделены два перспективных участка (**1-1, 1-2**).

Участки 1-1, 1-2 (слайд 31. Горизонтальный геотермический разрез на отметке **+800м**). Размер аномалии в плане – 200х60 м, 100х60 м соответственно, глубина распространения – до 100 м. (Рис.7. Вертикальные геотермические разрезы **G 10-G 12, слайд 32.**

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Проекция первого от поверхности водоносного горизонта на спутниковый снимок и кадастровую карту территории исследований

ОБЛАСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПЕРШОГО ВІД ПОВЕРХНІ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ

Оригінальний масштаб М 1:5 000

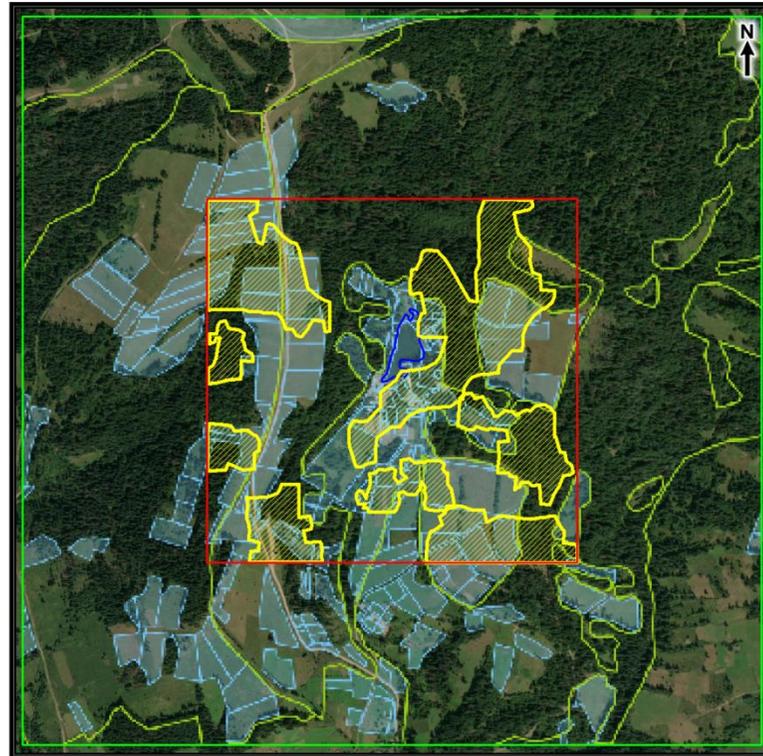


Рис. 50. Проекції **першого** від поверхні водоносного горизонту на супутниковий знімок і кадастрову карту території досліджень

Легенда:



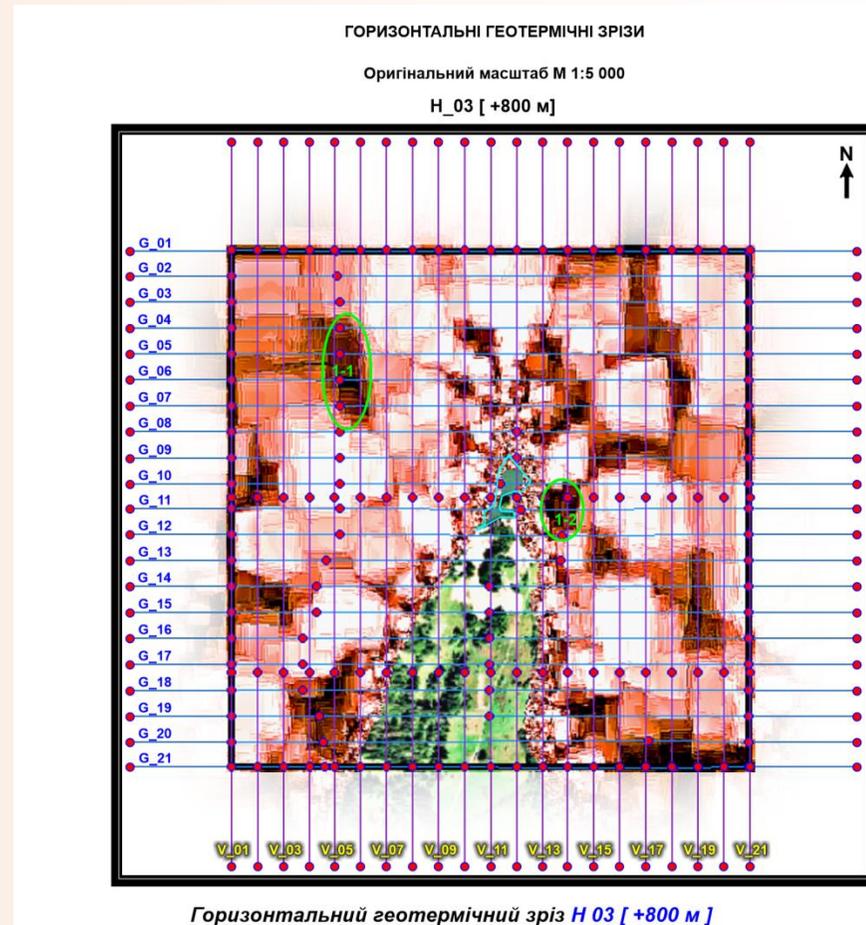
- контури ділянки виконання робіт



- контури проєкції водоносного горизонту

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Горизонтальный геотермический срез на абсолютной отметке +800 м. Первый от поверхности водоносный горизонт. Участки, перспективные для водоснабжения

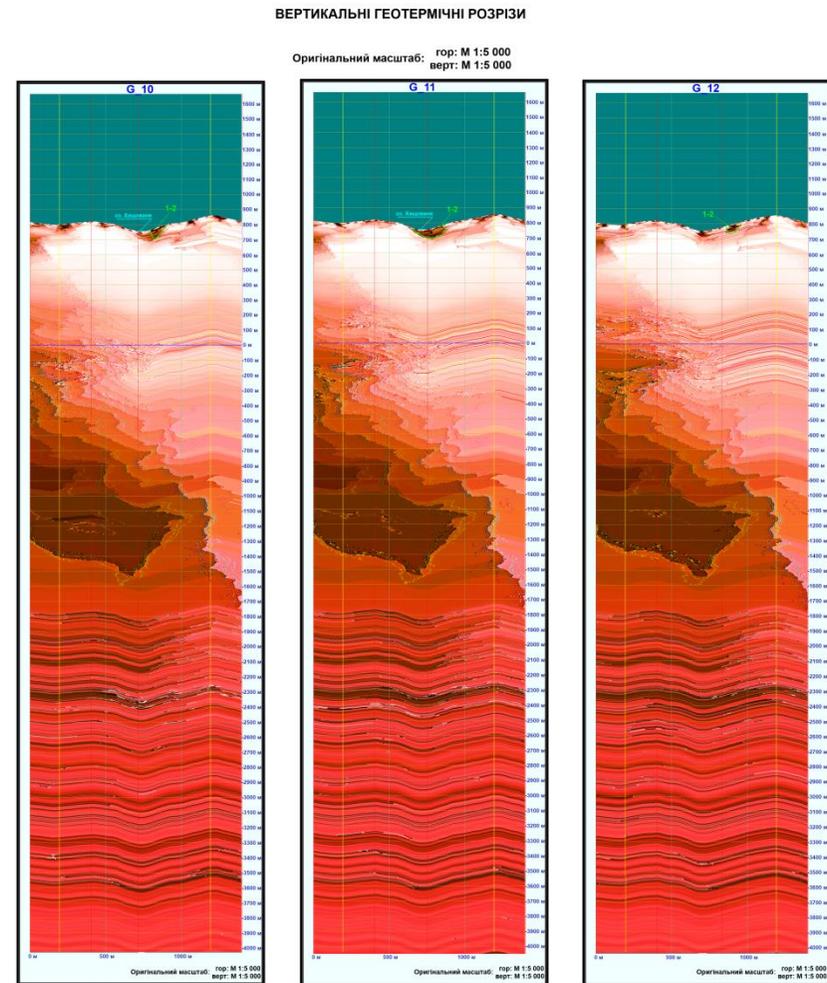


Легенда:

-  - контури ділянки виконання робіт
-  — номер водоносного горизонту (1) та номер ділянки, перспективної для водопостачання (2)
-  - вертикальні геотермічні розрізи

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Вертикальные геотермические разрезы **G 10 - G 12** через перспективный участок №2. Первый от поверхности водоносный горизонт



Легенда:

— Лінія урвня моря

— Лінії контурів ділянки дослідження

12 — номер водоносного горизонту (1) та номер ділянки, перспективної для водопостачання (2)

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Второй от поверхности водоносный горизонт залегает в разломных зонах трещиноватых пород эоцена-олигоцена, имеет значительное распространение в плане и на глубину в среднем 300-400 м. Водовмещающими являются трещиноватые песчаники, известняки. Воды минеральные. В связи с большой водообильностью и небольшой глубиной залегания, данный водоносный горизонт рекомендуется для водоснабжения как наиболее перспективный. Кроме того, данный водоносный горизонт подпитывается подземными водами глубинного разлома, что исключает истощение при значительном водоотборе. Непосредственно на исследуемой площади 1x1 км данный водоносный горизонт ограничено расположен в краевых зонах.

На спутниковой карте, совмещенной с кадастровой картой площади исследований, **слайд 34**, нанесены контуры области распространения второго от поверхности водоносного горизонта.

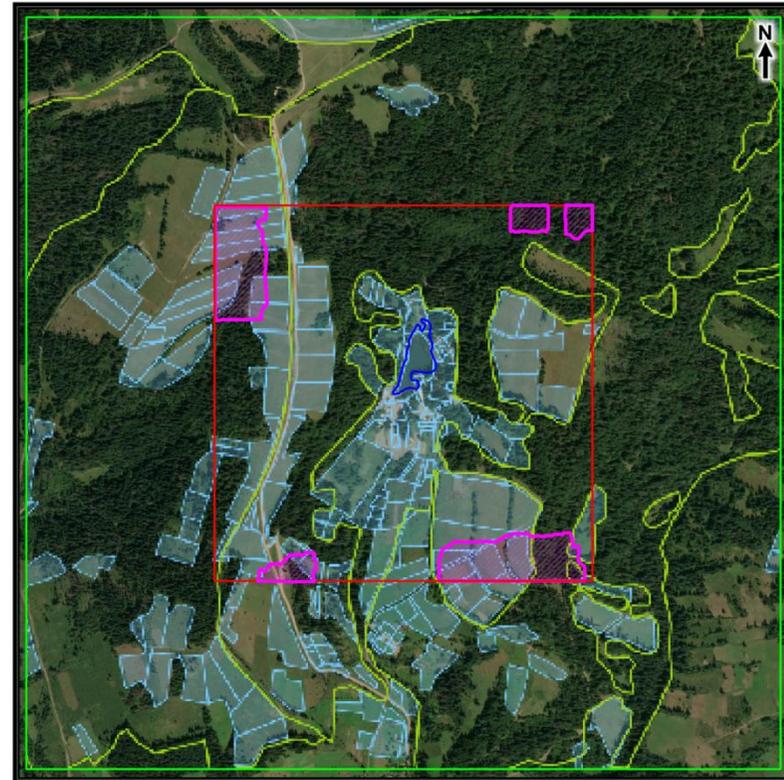
В качестве примера на прилегающей территории выделены два участка: **2-1, 2-2, (слайд 35)**. Горизонтальный геотермический разрез на отметке **+700м**), где показано направление распространения обводненных зон на северо-запад и юг-юго-восток от границы исследуемой площади. На вертикальных геотермических разрезах **G 01-G 03 (слайд 33)** показан участок **2-1**. На обоих участках наблюдаются только краевые зоны обводненных тектонических разломов.

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Проекция второго от поверхности водоносного горизонта на спутниковый снимок и кадастровую карту территории исследований

ОБЛАСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДРУГОГО ВІД ПОВЕРХНІ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ

Оригінальний масштаб М 1:5 000



*Проекції **другого** від поверхні водоносного горизонту на супутниковий знімок і кадастрову карту території досліджень*

Легенда:



- контури ділянки виконання робіт



- контури проєкції водоносного горизонту

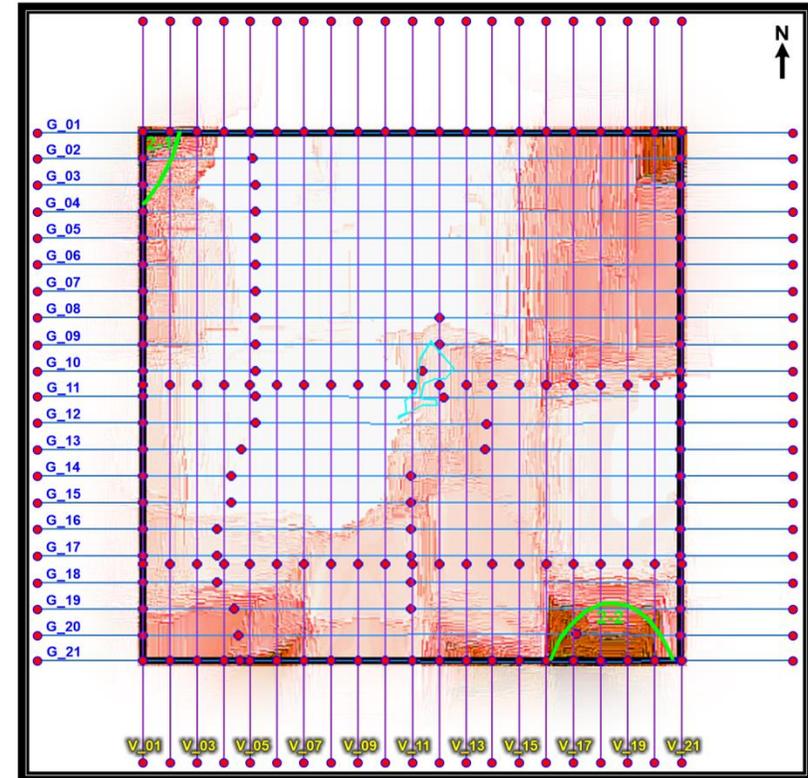
Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Горизонтальный геотермический срез на абсолютной отметке +700 м. Второй от поверхности водоносный горизонт. Участки, перспективные для водоснабжения

ГОРИЗОНТАЛЬНІ ГЕОТЕРМІЧНІ ЗРІЗИ

Оригінальний масштаб М 1:5 000

Н_07 [+700 м]



Горизонтальний геотермічний зріз Н 07 [+700 м]

Легенда:

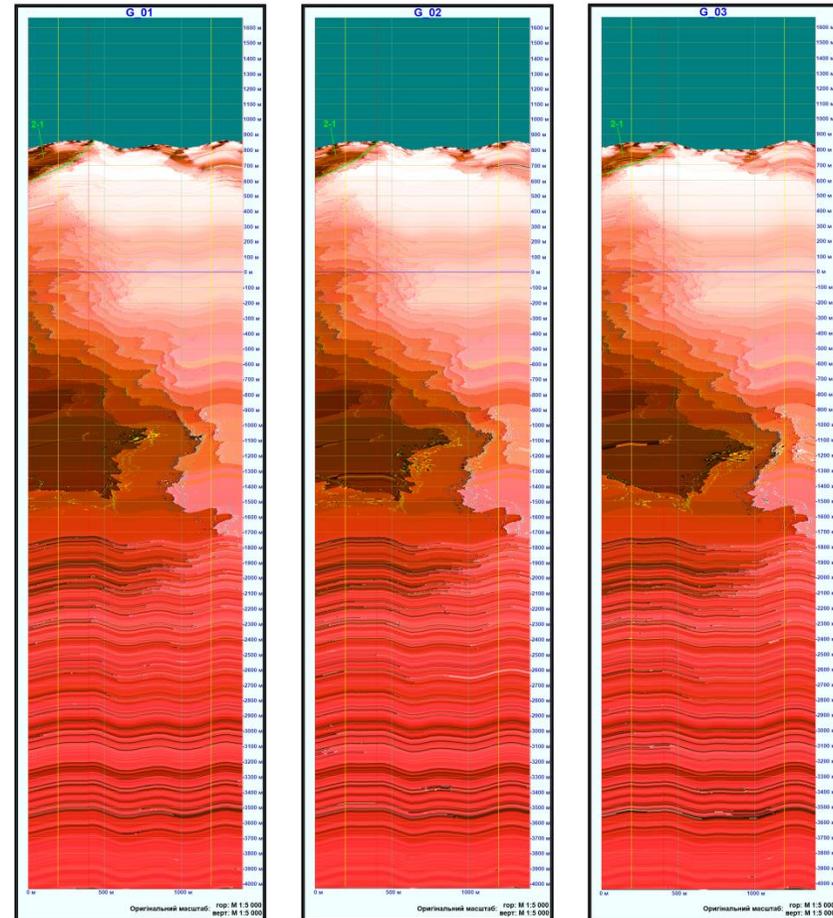
-  - контури ділянки виконання робіт
-  — номер водоносного горизонту (2) та номер ділянки, перспективної для водопостачання (1)
-  - вертикальні геотермічні розрізи

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Вертикальные геотермические разрезы **G 01 - G 03** через перспективный участок №1. Второй от поверхности водоносный горизонт

ВЕРТИКАЛЬНІ ГЕОТЕРМІЧНІ РОЗРІЗИ

Оригінальний масштаб: гор: М 1:5 000
верт: М 1:5 000



Вертикальні геотермичні розрізи **G 01, G 02, G 03.**

Легенда:

— Лінія урівня моря

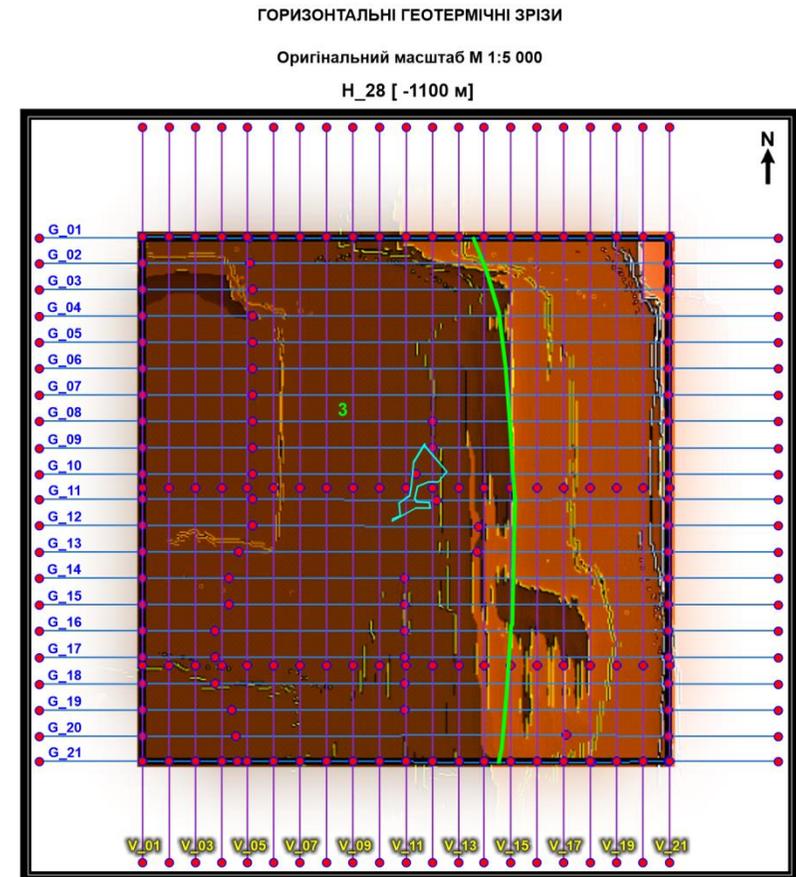


— Лінії контурів ділянки дослідження

24 — номер водоносного горизонту (2) та номер ділянки, перспективної для водопостачання (1)

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

Третий от поверхности водоносный горизонт залегает в зоне глубинного разлома мел-палеогеновых пород на глубине 1600-2300 м, что соответствует абсолютным отметкам -800 - -1500 м. **Прогнозируются термальные минеральные воды.** Наибольшее распространение фиксируется в западной части исследуемой территории с максимальным распространением на запад-северо-запад до осевой зоны разлома. Водоносный горизонт показан цифрой **3** на горизонтальном геотермическом разрезе **-1100 м**. Аномалия, соответствующая третьему глубинному водоносному горизонту наблюдается на всех вертикальных геотермических разрезах.



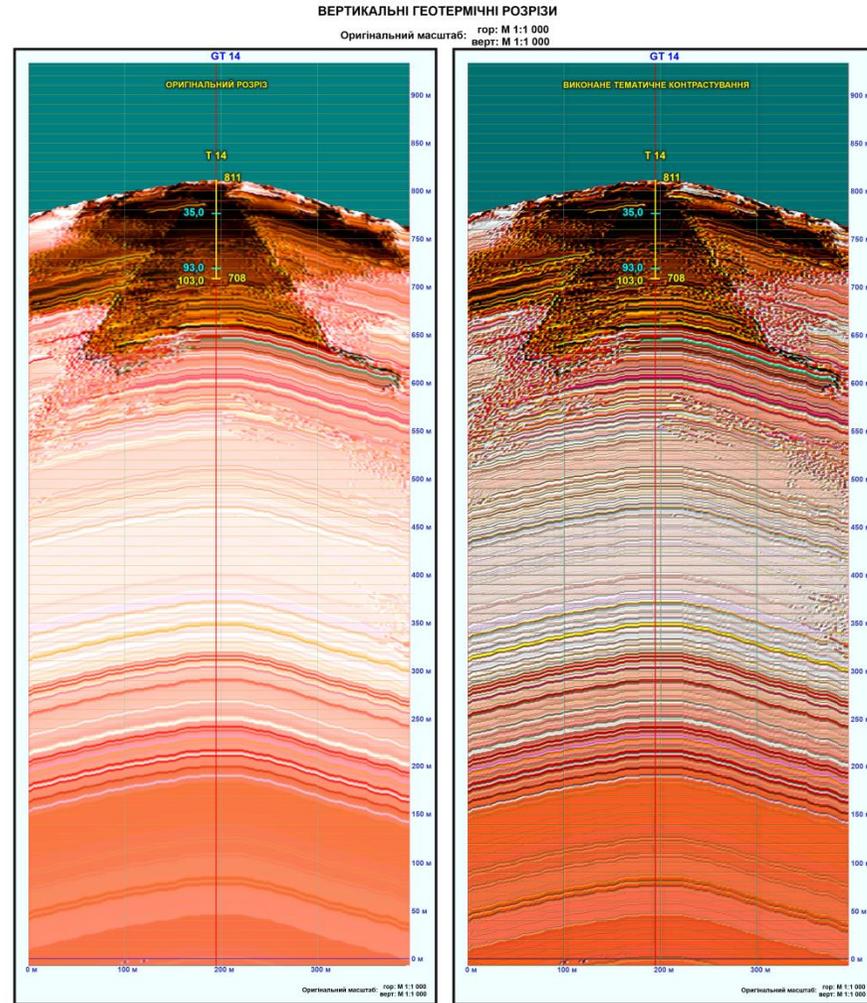
Горизонтальний геотермічний зріз Н 28 [-1100 м]

Легенда:

-  - контури ділянки виконання робіт
-  — номер водоносного горизонту (3) перспективного для водопостачання
-  - вертикальні геотермічні розрізи

Обнаружение основных источников пресных, термальных, минеральных вод на участке в районе Восточных Карпат

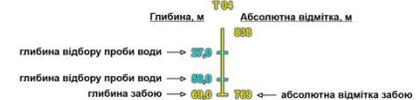
Вертикальный геотермический разрез через рекомендованную разведочную скважину Т 14. Первый от поверхности водоносный горизонт



Легенда:

- Лінія урвня моря
- контрольні лінії розвідувальних свердловин

Розвідувальна свердловина та її номер



Рекомендации для поиска подземных вод

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 водоносных горизонтов, межпластовых артезианских вод и подземных резервуаров, которые являются основным объектом поиска, что позволяет рекомендовать метод РТТ для поиска подземных вод.

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

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