

Метод видеотепловизионной генерализации при решении геотехногенных задач

Мухамедяров Роберт Давлетович, Генеральный директор, академик Академии
естественных наук РФ (ЗАО "Институт аэрокосмического приборостроения", г. Казань /
Казань, Россия),

m.robort17@mail.ru

Многолетний опыт конструирования и использования радиометров-тепловизоров позволил «Институту аэрокосмического приборостроения» разработать уникальный, не имеющий аналогов в мире, метод обработки тепловизионной информации космо- и аэросъемок в ИК тепловом диапазоне, позднее получивший название МВТГМ (метод видеотепловизионной генерализации Мухамедярова).

Видеотепловизионная съемка входит в состав методов терморазведки, объединяющей физические методы исследования естественного теплового поля Земли. МВТГМ является геофизическим методом и по своей сути существенно отличается от традиционных аэрокосмических методов, очень широко применяющихся в геологоразведке в течение многих десятилетий.

Суть технологии МВТГМ является прикладным следствием следующих лемм-гипотез, выдвинутых Р.Д. Мухамедяровым два десятилетия назад: глубинная структура Земли полупрозрачна в оптическом диапазоне длин волн; тепловое излучение несет память о своем происхождении; в тепловой энергии, излучаемой любым объектом, заключена информация о глубинных процессах, происходящих внутри объекта [1-4].

Энергетическая система Земля-Космос неравновесна. У поверхности Земли доля солнечной энергии составляет 99,98%, глубинной – 0,02%. В традиционных моделях принимается, что ниже нейтрального слоя мощностью всего лишь в первые десятки метров температурный режим уже полностью определяется восходящим эндогенным потоком. Это казалось бы очевидное утверждение неверно в геологическом масштабе времени. Обмен энергией с Космосом затрагивает гораздо более глубокие слои и определяется структурой геологической среды, ее динамикой и термическими свойствами горных пород. Именно поэтому вычисленные путем послойной генерализации объемные модели поля теплового излучения в недрах получаются жестко согласованными с многозональным изображением поверхности Земли, удовлетворяют представлениям о диссипативных структурах в неравновесных открытых энергетических системах, хорошо увязываются с моделями, полученными другими геофизическими и геологическими методами.

К поверхности эндогенное тепло передается через горные породы посредством кондуктивной теплопроводности, конвекцией флюидами и излучением.

Кондуктивная теплопроводность определяется в минералах, обладающих электронной проводимостью (золото, железная руда, полиметаллы и др.), посредством диффузии свободных электронов, а в минералах, не обладающих электронной проводимостью, - колебаниями атомов кристаллической решетки.

Конвективная теплопроводность определяется в переносе тепловой энергии упругими колебаниями. Колебания передаются смежным молекулам, и энергия теплового движения передается от одного слоя к другому постепенно, что характеризует малую величину коэффициента теплопроводности флюидов.

Механизм излучения в полупрозрачных средах рассматривается в отдельном докладе Р.Д. Мухамедярова [4].

Тепловое излучение, пройдя внутренние части нашей планеты по лемме Мухамедярова Р.Д., запоминает информацию о блоково-разломной структуре горных пород, как будет показано далее. Посредством технологии МВТГМ можно будет расшифровать положение блоков через кондуктивно-контактную теплопроводность, а

расположение зон разломов – зон проницаемости через конвективно-молекулярную теплопроводность.

Теплопроводность возрастает с увеличением плотности горных пород и зависит от степени газо-, водо- и нефтенасыщения, и эту структуру изменения с глубиной проникновения h_N можно отследить и показать.

В связи с тем, что видеотепловизоры, создаваемые в нашем институте и за рубежом, имеют различные пространственные, спектральные и радиометрическое разрешения, и устанавливаются на различные носители (спутники, самолеты, дирижабли), то при последовательном увеличении высот носителей происходит естественная генерализация.

Объединение свойств естественной генерализации и МВТГМ позволяет расширить сферу предлагаемых услуг на два порядка и охватить весь спектр геологоразведочных и геотехногенных задач во всех материках и регионах земного шара [таблица 1].

Таблица 1

Уровни геотермического зондирования аэрокосмических видеотепловизионных съемок

Уровень генерализации	Пространственное разрешение	Глубина проникновения (км) и масштаб по глубине	Масштаб по горизонтами
1. Космический			
1.1. Глобальный	800-6400 м	9-710 М 1:100000 М 1:500000	М 1:500000 М 1:2000000
1.2. Континентальный	90-1000 км	9-110 М 1:50000 М 1:250000	М 1:100000 М 1:1000000
1.3. Региональный	15-90 м	1-9 М 1:20000 М 1:100000	М 1:50000 М 1:200000
1.4. Локальный	15-60 м	0,4-6 М 1:10000 М 1:50000	М 1:20000 М 1:100000
1.5. Сверхлокальный	2-60 м	0,4-3 М 1:5000 М 1:40000	М 1:8000 М 1:60000
2. Авиационный (дирижабли, самолеты, вертолеты)			
2.1. Обзорный	2-20 м	0,2-2 М 1:1000 М 1:10000	М 1:4000 М 1:40000
2.2. Детальный	0,2-2 м	0,02-0,2 М 1:100 М 1:1000	М 1:400 М 1:400
2.3. Сверхдетальный	0,02-0,5 м	0,002-0,1 М 1:10 М 1:50	М 1:20 М 1:100

Алгоритмы МВТГМ нацелены на выявление и картографирование следующих новых нефтегазопроисковых факторов:

- генерализация ИК теплового поля – на селективное отображение блоково-морфоструктурного строения (геодинамических блоков и граничных разрывов) по структурным этажам;

- эквипотенциальная термометрия – на выявление внутренних термодинамических неоднородностей блоковых морфоструктур;

- линейаризация (синтезирование трех-пяти ИК зон, улучшение пространственного разрешения и последующая эквипотенциальная термометрия) - на выделение зон сжатия, растяжения, разупрочнения и разуплотнения горных пород с лучшими коллекторскими свойствами, в состав которых входят и зоны флюидоперетоков и флюидонакопления структурного и неструктурного типов [3].

Опытными работами Института аэрокосмического приборостроения с применением технологии МВТГМ доказано, что дальний ИК-диапазон (7,5÷13,5 мкм) позволяет зондировать глубинную структуру термодинамического поля; в результате практически реализуется геофизический эффект дистанционного зондирования. Конечными результатами обработки ИК-тепловых видеосцен являются:

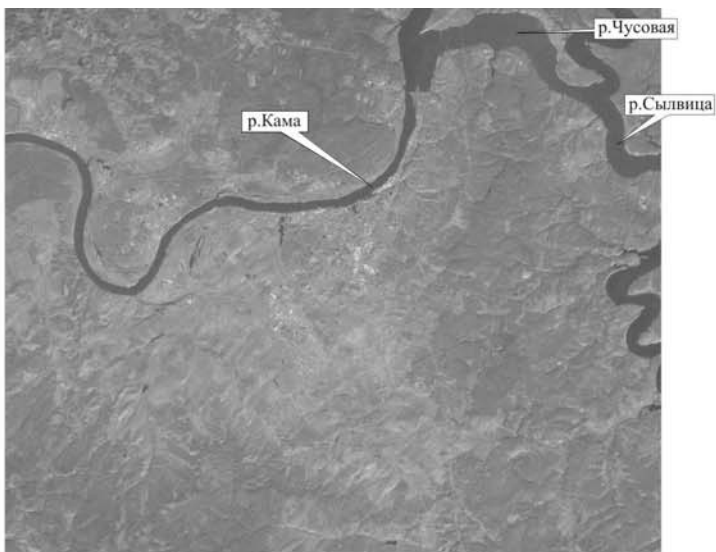


Рис. 1. Исходное космическое изображение, г.Пермь

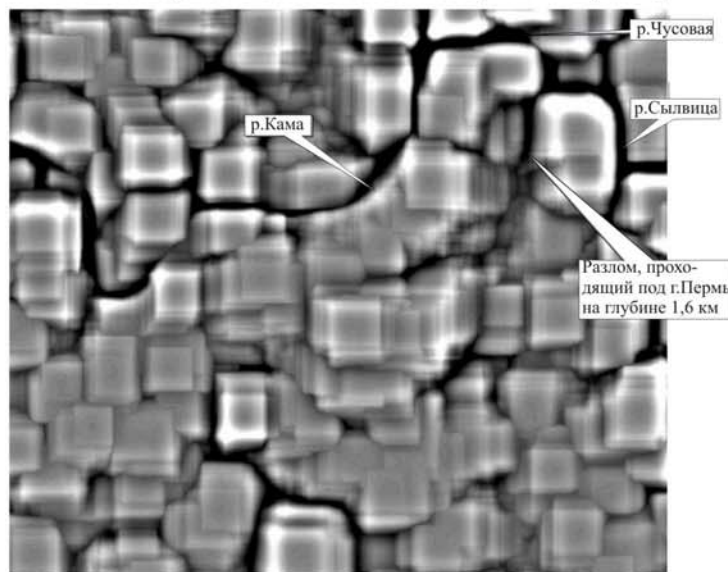


Рис. 2. Видеотепловизионное изображение г.Пермь, обработанное по технологии МВТГМ. Эффективная глубина проникновения 1,6 км

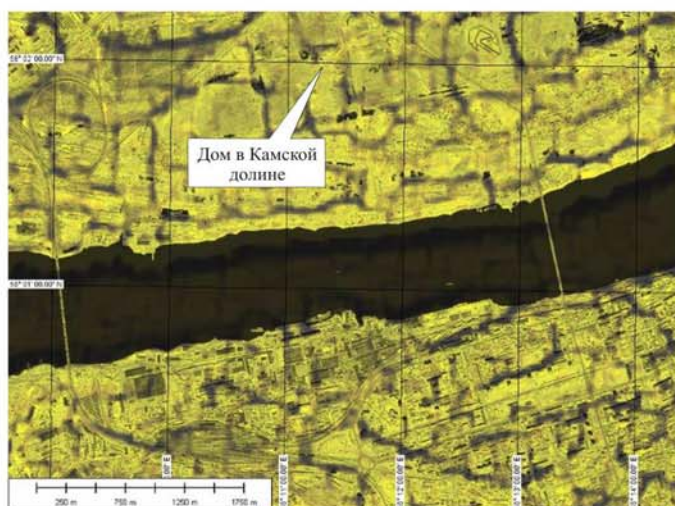


Рис.3. Тепловизионное изображение центральной части г.Перми, обработанное методом МВТГМ. Эффективная глубина проникновения 50 м.

- новые информационные показатели: прогнозные оценки, новые закономерности;
- геотермические аномалии: относительно «холодные» и «теплые» - оконтуренные как в плане, так и в разрезе;
- геодинамические аномалии: зоны сжатия и растяжения, влияющие на фильтрационные параметры – оконтуренные как в плане, так и в разрезе;
- аномалии водонасыщенности горных массивов;
- флюидопроницаемые зоны, флюидизированные разломы, «трубы», зоны водообмена, места нагрузки подземных вод, зоны дезинтеграции пород и малоамплитудных разрывов;
- направленность конвективных тепловых потоков – нисходящая, восходящая;
- структуры не только открытые, но и глубинные, – это в основном блоковые и линейные морфоструктуры, картирование микроамплитудных блоковоразрывных структур, новейших деформаций большого радиуса кривизны, местных деформаций, разрывов, флексур, определяющих условия миграции и аккумуляции флюидов в продуктивных осадочных комплексах; детализация морфологии поднятий по перспективным горизонтам осадочного чехла; неотектоническая активность структур;
- гидродинамические связи блоков;

- горные массивы, различающиеся по теплопроводности, теплоемкости и тепловой инерции;
- изменчивость фильтрационно-коллекторских свойств горизонтов;
- нефтегазоперспективные термодинамические ситуации на поисковых площадях; составление многоуровневых срезов термодинамического поля плитного комплекса в помощь построению трехмерных геомиграционных моделей флюидных бассейнов и месторождений (флюидогеодинамическая 3D модель); проектирование сейсморазведки, опорно-параметрического и поискового бурения на базе предварительных флюидогеодинамических моделей; обоснование заложения скважин на месторождениях;
- инженерно-геологические неоднородности;
- тепловой режим нефтепромыслового и промышленного оборудования; обнаружение утечек в нефте- и газопроводах, теплотрассах, водоводах; контроль за недропользованием.

На рис. 1 представлено исходное тепловое изображение г. Перми и его окрестностей, Верхнекамской гидроэлектростанции, река Кама с притоками р. Чусовая и р. Сытва, полученное с ЕТМ+ (США).

На рис. 2 представлено то же тепловое изображение, обработанное по технологии МВТГМ: алгоритм *GS* соответствующий слою $N=53$ и глубине проникновения $h=1,6$ км. Обнаруженная разломная зона – зона проницаемости повторяет русло р. Камы, но находится восточнее и южнее на расстоянии $12\div 16$ км от основной р. Камы и далее на юге от р. Камы на расстоянии $22\div 26$ км образует новую зону проницаемости – зону подземной «реки». Эта зона имеет множество ответвлений, в частности, в районе Пермского нефтеперерабатывающего завода, где на расстоянии 2 км семь подземных потоков на глубинах от 11 до 14 метров вытекают с территории завода в реку Пыж [3]. Три из них загрязнены сегодня нефтепродуктами.

Знание точного расположения подземных потоков в районах больших городских конгломераций дает две возможности:

- не строить крупные промышленные объекты в зоне расположения подземной реки или в зоне разгрузки;
- получить качественно хорошую «живую» воду, близкую родниковой, если строить артезианские колодцы в зоне разгрузки этих подземных рек.

На рис. 3 представлено видеотепловизионное изображение центральной части г. Перми на глубине 50 м, обработанное по технологии МВТГМ (алгоритм *GS*), с наложенным на него панхроматическим снимком «Биг Берда» (нулевой слой), что позволяет сразу увидеть как разломные зоны – темные жирные линии проходят через административные и жилые дома, через шоссе и железные дороги, через всю инженерную инфраструктуру города.

Выделение перспективных на углеводородное сырье зон и участков на локальном и региональном уровнях продемонстрировано нами в публикациях 2007-2008 гг. [5-7].

Как пример выделения участков с благоприятными для накопления углеводородов условиями здесь приводится рис.4 – вертикальный разрез второй производной поля теплового излучения, через Курумбинское месторождение нефти в Восточной Сибири. Залежи в пересечениях скважинами 212 и 211 дали суточный дебит нефти от 100 до 300 м³/сут.

Не заменяя традиционные геофизические методы и контактную геотермию, видеотепловизионная генерализация показывает геологическую среду в новом ракурсе и выявляет некоторые ранее неизвестные ее особенности. По соотношению цены и пригодных для геологического осмысления данных метод не имеет себе равных.

На стадии региональных тектонических и минерагенических исследований он должен предварять или сопровождать геофизические исследования по геотраверсам и

входить в комплекс интерпретационных работ при переосмыслении старых геолого-геофизических данных.

На стадии средне- и крупномасштабных работ он должен предварять дорогостоящие полевые работы. Объектами изучения и поисков могут быть углеводородное сырье, пресные и минеральные воды, инфильтрационные месторождения урана, структуры, контролирующие месторождения алмазов, каменных солей, руд и др. полезных ископаемых, места для создания поземных хранилищ газа в Республике Татарстан и Российской Федерации.

На стадии локальных инженерно-геологических исследований метод необходим как одна из составляющих научной основы для планирования и мониторинга мероприятий по использованию геологической среды для производственных нужд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухамедяров Р.Д., Тимофеев В.Н. О поляризационных характеристиках собственного излучения морской поверхности. Изв. АН СССР, сер. Физика атмосферы и океана. 1981. Т. 17. № 11. С.1178-1183.
2. Мухамедяров Р.Д. Теория и разработка оптико-электронных систем с симметричным входом. Докторская диссертация. 1991 г.
3. Мухамедяров Р.Д., Харисов Р.И. Способ измерения температуры // Патент РФ № 2086935 от 10.01.1994 г.
4. Мухамедяров Р.Д. Метод видеотепловизионной генерализации и полупрозрачность глубинных структур Земли. Доклад на Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в геологии и разработке углеводородов» 9-11 сентября 2009 г., г. Казань.
5. Мухамедяров Р.Д. «Око Земли – Всевидящий глаз» - Глобальная аэрокосмическая система дистанционной геотермической интроскопии».
6. Туманов В.Р., Мухамедяров Р.Д. Метод видеотепловизионной генерализации – одно из перспективных направлений исследований геологии углеводородов, В кн. «Повышение нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки месторождений и комплексное освоение высоковязких нефтей и природных битумов». Казань, изд-во «Фэн», 2007, с.580-585.
7. Туманов В.Р., Мухамедяров Р.Р. Метод видеотепловизионной генерализации в геологоразведке. В кн. «Тепловое поле Земли и методы его изучения. М.:РИО РГГРУ, 2008, с. 250-256.
8. Мухамедяров Р.Д. Метод видеотепловизионной генерализации аэрокосмических съемок для решения геотехногенных задач. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности», Алматы, 18-20 сентября 2008, с. 319-334.