

Региональные алгоритмы коррекции данных тепловой космической съёмки в условиях горно-равнинной местности на примере Дагестана

А.М. Бойков¹, С.Г. Корниенко²

¹*Институт проблем геотермии Дагестанского научного центра РАН
367030, Россия, Махачкала, проспект имама Шамиля, 39а*

E-mail: buamama@yandex.ru

²*Институт проблем нефти и газа РАН*

119333 Москва, ул. Губкина, 3

E-mail: spaceakm2@ogri.ru

Резкие различия в поверхностных условиях на территории Дагестана вызывают значительные экзогенные искажения поля температур земной поверхности, что потребовало разработки специальных методик и алгоритмов введения поправок в “сырые” данные тепловой космической съёмки. В сумме эти алгоритмы включают: а) введение градиентных поправок с учётом изменчивости потока солнечной радиации от рельефа и географических координат; б) оценку и районирование ареальных аномалий температур поверхности в условиях различной ландшафтно-почвенной зональности; в) оценку изменчивости теплофизических свойств почвы в регионе.

Введение

Дагестанский регион на Северном Кавказе выделяется значительной протяжённостью территории с севера на юг, сложным горно-равнинным рельефом, многообразием ландшафтов и почв. Эти достаточно резкие различия в регионе выражены на картах физической географии. В свою очередь различия в поверхностных условиях вызывают значительные экзогенные искажения суммарного (экзогенного и эндогенного) теплового поля у поверхности, которые препятствуют выделению на картах радиационных температур и тепловой инерции, построенных по данным космической съёмки, достаточно чётких проявлений геологических объектов глубинной природы типа разломов и других, характерных для региона. Поэтому геологическая интерпретация данных тепловой съёмки из космоса в таком регионе заметно осложнена. Отсюда следует, что методика интерпретации результатов съёмок в целом должна включать учёт влияния искажающих факторов, связанных с указанными выше природными условиями. Но это требует разработки специальных методик и алгоритмов введения поправок в “сырые” данные тепловой космической съёмки, что составляет содержание настоящей работы. В сумме эти алгоритмы включают: а) введение градиентных поправок с учётом изменчивости потока солнечной радиации от рельефа и географических координат; б) оценку и районирование ареальных аномалий температур поверхности в условиях различной ландшафтно-почвенной зональности; в) оценку изменчивости теплофизических свойств почвы по данным температурных наблюдений на метеостанциях в ареалах с высокой сейсмической активностью (в сопоставлении с результатами инструментальных измерений теплофизических свойств почв Дагестана). Разработанные для дагестанского региона алгоритмы коррекции данных космических съёмок могут применяться и в других регионах со схожими, достаточно сложными горно-равнинными условиями.

1. Методика введения поправок, учитывающих изменчивость температуры и потока солнечной радиации от рельефа и географических координат

Поправки, которые необходимо вносить в картографические результаты тепловой космической съёмки в условиях многообразия показателей физической географии в Республике Дагестан, в част-

ности, поправки на рельеф, могут быть рассчитаны из сводки средних годовых температур воздуха по данным Гидрометеослужбы (ГМС). Такие данные вместе с высотными отметками рельефа, координатами метеостанций и типами ландшафтов в районах их расположения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Среднегодовые температуры воздуха по данным ГМС в различных ландшафтных зонах Дагестана

Метеостанция	Среднегодовая температура воздуха, °С	Ландшафтная зона	Высотные отметки рельефа на метеостанциях, м
Хасавюрт	10,9	Сухостепной	127
Бабаюрт	11,0	Ландшафт лугово-болотно-степной (дельтовый)	-3,0
Крайновка	11,7	Аккумулятивно-морская равнина, солончаки	-26,3
Терекли-Мектеб	10,8	--€--	93,4
Южно-Сухокумск	10,4	--€--	78,7
Кизляр	11,1	--€--	-5,7
Буйнакск	9,6	Лесостепной	472,4
Хунзах	6,1	Луговостепной	1651,4
Леваши	6,6	Среднегорный	998,7
Ботлих	9,8	Долинно-котловинный	982,0
Маджалис	10,5	Предгорный	361,9

По данным таблицы 1 нами получена корреляционная зависимость среднегодовой температуры от абсолютных отметок рельефа в пунктах расположения этих метеостанций, которая выражается полиномом 5-ой степени: $T (^{\circ}\text{C}) = (4,940 \cdot 10^{-14}) \cdot H^5 - (1,515 \cdot 10^{-10}) \cdot H^4 + (1,366 \cdot 10^{-7}) \cdot H^3 - (3,538 \cdot 10^{-5}) \cdot H^2 - 0,002 \cdot H + 11,2276$. Эта корреляция весьма тесная, поскольку среднеквадратичное отклонение $S_{\text{TH}} = 0,699$, а показатель достоверности аппроксимации уравнением регрессии $R^2 = 0,84$.

Кроме того, по данным этой таблицы получена корреляционная квадратическая зависимость температуры от широты местности (φ , рад.) на территории Дагестана: $T (\varphi) = 3,86 \cdot \varphi^2 - 329,55 \cdot \varphi + 7036,01$. Эта корреляция по параметру достоверности аппроксимации ($R^2 = 0,99$) и величине среднеквадратического отклонения ($S_{\text{T}\varphi} = 1,89 \cdot 10^{-4}$) более тесная, чем предыдущая зависимость. Наше предпочтение в условиях Дагестана широтных поправок меридиональным будет обосновано ниже.

Обе корреляционные зависимости могут применяться для оценок среднегодовых температур в пределах Дагестана и использоваться в расчётах поправок к аномалиям температур поверхности по данным космической тепловой съёмки.

В связи с разработкой методики интерпретации данных космических съёмки представляется целесообразным иметь информацию об изменчивости показателей солнечной радиации для территории Дагестана. Такая задача поставлена и решена в [1]. Как известно, Солнце излучает на Землю коротковолновую радиацию, а Земля посылает обратно длинноволновую. В [1] констатируется, что проведение для указанной цели актинометрических наблюдений на метеостанциях в условиях Горного Дагестана – сложный и трудоёмкий процесс в силу высотной поясности, склоновых, котловинных и других эффектов, которые приводят к большой пестроте данных на весьма ограниченных территориях. Кроме того, в современной Республике Дагестан существенно ухудшилась за два последних десятилетия ситуация с актинометрическими наблюдениями, которые в настоящее время ведутся только на двух метеостанциях. На равнинной территории республики – это метеостанция “Махачкала” с абсолютной высотной отметкой $H = -21$ м, а в Горном Дагестане – метеостанция “Сулак-высокогорный” с высотной отметкой $H = 2923$ м. Остальные территории республики на сегодня выведены из системы этого вида мониторинга. Поэтому в [1] предложен метод, учитывающий использование известных закономерностей изменения показателей солнеч-

ной радиации по меридиану и высоте местности. В этом методе на основе обработки средне-голетних справочных данных выведены меридиональные, широтные и высотные градиенты суммарной солнечной радиации и радиационного баланса на горизонтальную поверхность.

Как известно [1], горизонтальный (Γ) и вертикальный (γ) градиенты метеорологических данных по величине соответствующих расстояний (n – по вертикали и z – по высоте) рассчитываются по принятому шагу расстояния, в данном случае, вдоль меридиана или по высоте (Δn и Δz). Отсюда $\Gamma = -df / dn$ и $\gamma = -df / dz$, где f - солнечная радиация. Горизонтальные градиенты в метеорологии принято вычислять вдоль меридиана на 1° широты (~ 100 км), а вертикальные – на 100 м.

Территория Дагестана по меридиану находится в пределах разности величин в $3,5^\circ$ северной широты, а по параллели – разности в $1,0 \div 2,5^\circ$ восточной долготы. По параллели - с минимумом разности этих величин в средней части территории республики, а максимумом – в южной её части. Из этого для нас является очевидным, что широтные поправки, учитывая сравнительно небольшие размеры аномалий по данным космических съёмки, для намного существеннее меридиональных при выполнении практических расчётов в конкретных ареалах аномальных значений поверхностной температуры или тепловых потоков на территории республики.

Сделанные в [1] расчёты показали, что для условий Дагестана положительный вертикальный градиент суммарной радиации за год составляет $0,5$ ккал/см² на 100 м. Эта закономерность связана с изменением с высотой облачности, плотности, прозрачности (мутности), абсолютной влажности воздуха, альбедо поверхности и рядом других характеристик. Согласно приведённому выше вертикальному градиенту суммарная радиация за год на заданной высоте (Q_H), считая от уровня моря или любой другой высоты (Q_I) в пределах Дагестана, вычисляется по формуле [1]: Q_H (ккал/100 м) = $Q_I + 0,005H$. На основании установленных закономерностей в [1] составлена номограмма, позволяющая в широтно-высотных пределах Дагестана получать с помощью простых геометрических операций оценки суммарной радиации (Q_S) для любой точки территории. По номограмме можно рассчитать величину Q_S в точках пересечения поля координат широты и абсолютной высоты местности.

1.1. Физико-географическое районирование и его отражение в аномалиях стационарного теплового потока и радиационной температуры земной поверхности

Как известно, до глубины нейтрального слоя в приповерхностные горизонты проникает поток солнечной радиации (в условиях Дагестана нейтральный слой залегает на глубине $18 \div 20$ м). Ниже тепловой баланс определяется исключительно стационарным тепловым потоком Земли, который имеет противоположное потоку солнечной радиации направление, образуя с ним векторную сумму. Для территории Дагестана нами построена карта тепловых потоков, которая даёт представление о распределении внутриземного тепла [2]. Эта карта позволяет выполнять качественную геологическую интерпретацию данных тепловой космической съёмки, выделяя ареалы аномальных значений тепловых потоков (ТП), в пределах которых на результаты тепловой космической съёмки влияет внутриземное тепло.

Эффективность возможностей такого сопоставления показывает корреляции распределения ТП с принадлежностью к разным областям физико-географического районирования (см. таблицу 2).

Таблица 2. Корреляты теплового поля для карты физико-географического районирования Дагестана

<i>Геотермические параметры</i>	<i>Терско-Кумская равнинная провинция</i>	<i>Предгорный Дагестан</i>	<i>Внутригорный Дагестан</i>	<i>Высокогорный Дагестан</i>	<i>Приморско-Дагестанская провинция</i>
Интервал теплового потока, мВт/м ²	38÷63	53÷73	63÷83	68÷83	35÷73
Среднее значение, мВт/м ²	50,5	63,0	73,0	75,5	54,0

Как следует из таблицы 2, области физико-географического районирования на территории Республики Дагестан резко различаются достаточно контрастными значениями, как интервалов изменчивости ТП с максимальным разбросом $35\div 73$ мВт/м², так и их средних значений – с максимальной разностью (Δ ТП) до 25 мВт/м² между областями. Поэтому следует ожидать, что использование коррелят ТП с некоторыми видами географической зональности методически может быть весьма эффективным для интерпретации результатов тепловой космической съёмки территории республики.

Области физико-географического районирования чётко соотносятся также и с сеткой глубинных продольных (сейсмогенерирующих) и поперечных разломов [3], наложенной нами на карту этого вида районирования территории республики (см. рис. 1). Из рисунка 1 видно, что область Предгорного Дагестана окаймляется двумя глубинными продольными разломами (Предгорным – с севера, а Черногорским – с юга). Эти крупные линеаменты также чётко проявляются, в отличие от сейсмически спокойного фонового периода, и на карте радиационной температуры поверхности по данным тепловой космической съёмки от 27.01.1999 г. (см. рис. 2), в момент, предшествующий сильному дагестанскому землетрясению 31.01.1999 г.

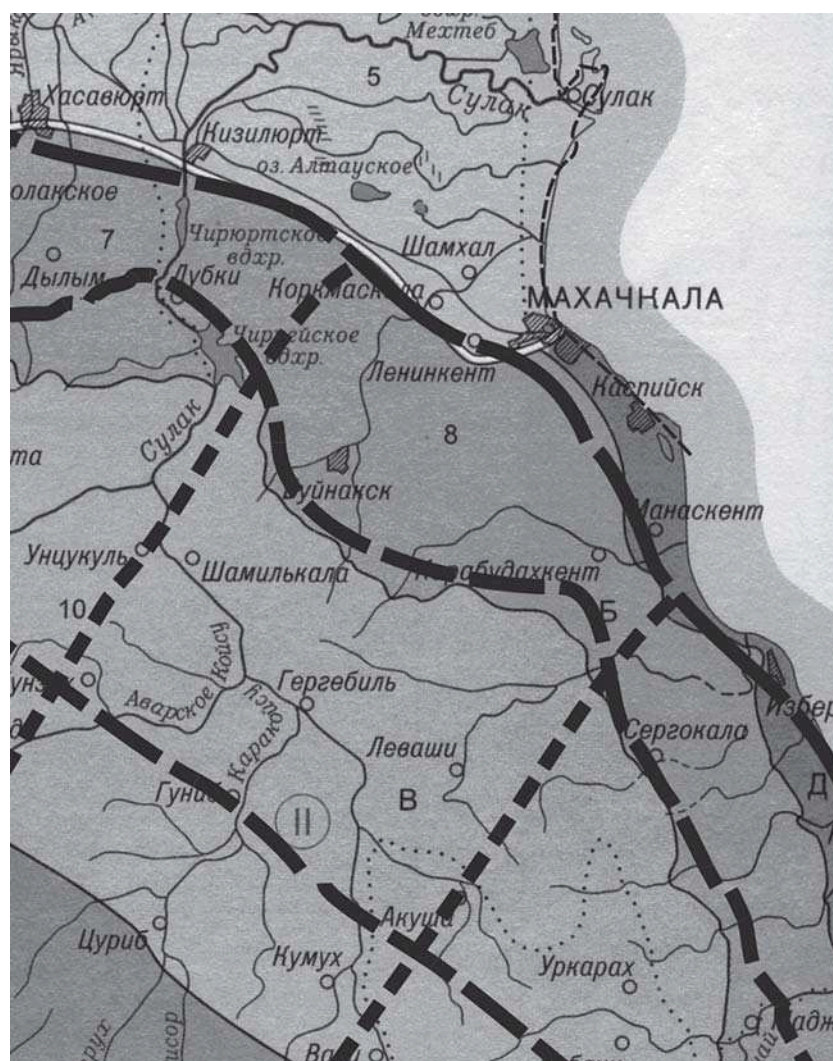


Рис.1. Карта физико-географического районирования Дагестана [4] с наложенной сеткой глубинных продольных и поперечных разломов [5]

По этим примерам можно судить об информативности, как наземных, так и дистанционных геотермических методов исследований в отношении параметров физической географии на территории республики.

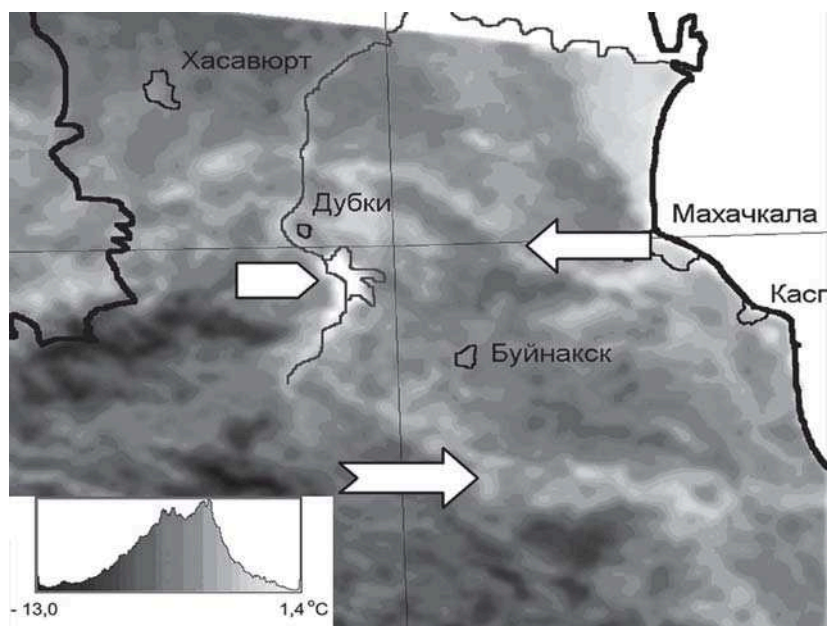


Рис.2. Карта радиационных температур в районе глубинных сейсмоактивных разломов Дагестана. Съёмка произведена 27.01.1999 г. ночью (в 3:11 м/в). Стрелкой обозначен Предгорный разлом, фигурной стрелкой – Черногорский, стрелкой без наконечника – Чиркейское водохранилище

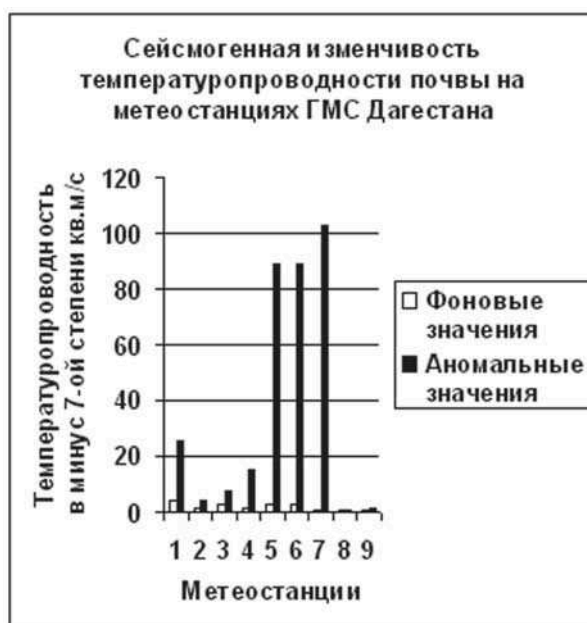


Рис.3. Временная изменчивость температуропроводности почвы в Дагестане, рассчитанная на основе температурного режима верхнего (3,2 м) слоя почв, как предвестниковый индикатор Дагестанского землетрясения 1970 г.

2. Методические основы оценки и районирования ареальных аномалий температур поверхности в условиях различной ландшафтно-почвенной зональности

Оценки связей разнообразных ландшафтов и почв с характером изменчивости температур воздуха в районах их распространения можно сделать на основе температурных метеонаблюдений. Но предварительно отметим, что по данным наших исследований именно типы почв, тесно взаимосвязанные с многообразием ландшафтов, выделяются в поле стационарных тепловых потоков Земли максимальным разбросом коррелят средних значений ТП, характерных для ареалов разных почв Дагестана. Это можно проиллюстрировать на примере таблицы 3.

Таблица 3. Корреляты теплового поля на карте почв Дагестана

Геотермические параметры	Почвы равнинных территорий		
	Болотные	Пески	Солончаки
Среднее значение, мВт/м ²	40,5	38,0	38,0
	Бурые лесные остепнённые	Тёмно-каштановые	Бурые лесные
Среднее значение, мВт/м ²	78,0	78,0	73,0
	Лугово-каштановые		
Среднее значение, мВт/м ²	43,0		
	Почвы горных территорий		
	Горно-долинные		
Среднее значение, мВт/м ²	58,0		

Как следует из таблицы 3, явное влияние на сильный разброс коррелят ТП для почв Дагестана оказывает различия в их типах. В частности, значения ТП_{СРЕД} типов почв равнинных территорий различаются в максимальном варианте на 40,0 мВт/м². Это превышает разброс средних значений любых других видов географических показателей, для которых нами определялись величины ТП_{СРЕД}.

В отношении температурных показателей нами [6] по данным метеостанций Дагестана за февраль 1975 г. выполнен сравнительный анализ взаимной коррелируемости в качестве примера особенностей месячного хода температур в разнообразных ландшафтно-почвенных зонах с разной высотой рельефа. Анализ проведён на основе полиномов 6-ой степени (линейных зависимостей) для хода температур воздуха на этих метеостанциях.

Как показало изучение месячного хода температур, лучшая корреляция по тесноте связи наблюдается в условиях равнинного *одинакового* ландшафта полупустыни с *близкими* лугово-каштановыми (Терекли-Мектеб) и светло-каштановыми солонцеватыми (Южно-Сухокумск) почвами, где показатель достоверности аппроксимации достигает $R^2 = 0,92$ для полинома (или 0,86 - для линейной зависимости). Вторая по тесноте связи корреляция – в условиях равнинного полупустынного, но всё же *разного* ландшафта и *разных* почв. Это супесчано-глинистый ландшафт аккумулятивно-морской равнины со светло-каштановыми солонцеватыми почвами (Южно-Сухокумск) и ландшафт морских террас с аллювиально-луговыми почвами (Кизляр), где показатель достоверности аппроксимации уравнений корреляции для двух видов зависимостей составляет, соответственно, $R^2 = 0,86$ (0,76). Третья по тесноте связи – это также корреляция одинаково равнинных полупустынных, но *разных* ландшафтов и *контрастных* почв: ландшафта аккумулятивной равнины с лугово-каштановыми почвами (Терекли-Мектеб) и солончакового ландшафта аккумулятивно-морской равнины с песчаной почвой (Крайновка). Здесь показатель достоверности аппроксимации для двух видов корреляций составил, соответственно, $R^2 = 0,70$ (0,66). Наиболее слабая по тесноте связи корреляция наблюдается для *разных* ландшафтов и *разных* почв равнинных территорий в Хасавюрте (сухостепной ландшафт с лугово-каштановыми почвами) и Бабаюрте (лугово-болотно-степной дельтовый ландшафт с луговыми солончаковыми почвами). Показатель достоверности аппроксимации этих корреляций для полинома и линейной зависимости составил здесь, соответственно, $R^2 = 0,68$ (0,61).

Значимые линейные корреляции между месячным температурным ходом на метеостанциях, приведённых в таблице 1, с горными и предгорными ландшафтами отсутствуют, так как показатели достоверности аппроксимации эмпирических уравнений корреляций меньше 0,6. Однако значимые полиномиальные корреляции наблюдаются. Показатель достоверности полинома 6-ой степени для уравнений корреляции между температурами воздуха в разных ландшафтных зонах,

но с близкими почвами: горными чернозёмными или горно-каштановыми почвами Хунзаха (луговостепной ландшафт) и Левашей (среднегорный ландшафт) достигает $R^2 = 0,75$. То же наблюдается в горной области Дагестана для другой пары разных ландшафтов с близкими почвами: среднегорного ландшафта Левашей (горно-каштановые почвы) и долинно-котловинного ландшафта Ботлиха (горно-луговые каштановые почвы), где R^2 для полинома 6-ой степени составляет 0,88. В горных местностях, таким образом, уже не ландшафт, а почва играет роль основного фактора влияния на ход температуры воздуха вблизи поверхности.

Но сопоставление температур в предгорьях и горных областях показало, что значимые корреляции, аппроксимируемые как полиномами, так и линейными зависимостями, отсутствуют. Например, для близких, казалось бы, ландшафтов Буйнакск (лесостепной ландшафт предгорий) с равнинными каштановыми карбонатными почвами и Хунзаха (луговостепной среднегорный ландшафт) с горно-каштановыми почвами показатель достоверности аппроксимации для полинома и линейной зависимости составляет, соответственно, только 0,49 и 0,46. То есть, для хода температуры воздуха различие почв в качестве фактора искажающего влияния имеет здесь уже решающее значение.

Таким образом, можно констатировать, что в целом взаимно коррелированный ход месячных температур воздуха *соблюдается* для условий равнинной или горной областей, но *нарушается* при сравнении предгорий и горной территории. Степень тесноты корреляций определяется степенью близости типов ландшафта и почв. Оценки влияния перепада высот в пунктах расположения метеостанций на месячный ход температур воздуха показали следующее. Значимая корреляция между показателями достоверности аппроксимации рассмотренных корреляций (R^2_Y) месячного хода температур воздуха на парах метеостанций и перепадами высот рельефа местности (ΔH_X) между ними выражена линейной корреляцией вида $R^2_Y = -0,0003\Delta H_X + 0,8398$, где показатель достоверности уравнения $R^2 = 0,65$. Отсюда очевидна оценка влияния рельефа: чем меньше перепад высот рельефа местности между пунктами наблюдений, тем теснее корреляционные связи и, соответственно, тем более близок друг к другу месячный ход температур воздуха. Лучшая корреляция этого типа выражена полиномом вида $Y = 5E - 14X^6 - 1E - 10X^5 + 7E - 08X^4 - 2E - 05X^3 + 0,0014X^2 - 0,0547X + 1,4571$ с показателем $R^2 = 1$. В целом фактор перепада высот рельефа имеет *сквозной* первостепенный характер для проявления влияния ландшафтной или почвенной зональности.

3. Изменчивость теплофизических свойств почвы на территории республики Дагестан

Оценим изменчивость теплофизических свойств почв Дагестана по данным температурных наблюдений на метеостанциях, расположенных в ареалах с высокой сейсмической активностью, в сопоставлении с результатами инструментальных измерений теплофизических свойств. В нашей работе [7] обоснована термическая модель отражения сейсмогенного процесса в температурном поле верхнего слоя почвы в связи с изучением предвестниковых аномалий температуры в период сильного Дагестанского землетрясения в 1970 г. (магнитуда $M=6,6$). Модель основана на изучении изменчивости температуропроводности почв в многолетнем температурном режиме по данным стандартных наблюдений на метеостанциях ГМС Республики Дагестан.

Количественная оценка временной изменчивости температуропроводности почвы выполнялась на основе расчета средней величины k_t для 4-х летнего периода. Использовались данные многолетнего температурного хода минимальных годовых температур в почве на 2-х стандартных уровнях глубин в пределах верхнего слоя глубиной 3,2 м. Температуропроводность рассчитывалась, исходя из колебаний температуры в почве с указанным периодом, на основе максимального и минимального в течение этого периода значений температуры на двух уровнях глубин [7, 8].

Результаты расчетов для 9-ти метеостанций ГМС Дагестана, расположенных в зоне динамического влияния разрывных нарушений и ослабленных зон, представлены в виде гистограмм на рис.3. В период подготовки землетрясений в пределах этих зон происходят изменения плотности и влагосодержания почвы, что выражается в изменчивости температуропроводности. Из гистограмм

следует, что аномальная предвестниковая изменчивость температуропроводности почвы может превышать фоновую на порядок ($k_{\max}=102,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$). При этом фоновая температуропроводность на всех метеостанциях находилась в пределах диапазона значений $(0,4 \div 4,1) \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$.

Известно, что температурное поле на земной поверхности, как и поле в верхнем слое почвы, существенно зависит от её тепловых свойств. Но существует и специфика. К настоящему времени среди специалистов распространено мнение, что формирование аномалий температурного поля на земной поверхности при прочих равных условиях определяется, главным образом, величинами тепловой инерции I ($\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1/2}$) верхнего слоя почвы. Термические модели, основанные на учёте изменчивости тепловой инерции почвы, были обоснованы ещё в 70-х гг. [9]. Величина I выражается известной формулой: $I = (\lambda c \rho)^{1/2}$, где λ - коэффициент теплопроводности почвы, c - удельная теплоёмкость почвы, ρ - плотность почвы. Преобразовав эту формулу введением в неё коэффициент температуропроводности почвы $k = \lambda / c \rho$, получим $I = (k c^2 \rho^2)^{1/2} = c \rho (k)^{1/2}$ или $I^2 = (c \rho)^2 k$.

Оценочные расчёты по этой формуле показывают, что наблюдающаяся сейсмогенная изменчивость тепловой инерции ΔI при переходе к этому параметру сохраняется примерно пропорциональной изменчивости температуропроводности почвы Δk . Таким образом, геологический процесс, который сопровождается пространственно-временной изменчивостью температуропроводности почвы ареального характера с соответствующей аномалией температурного поля в верхнем слое почвы, отобразится и в ареалах изменчивости тепловой инерции почвы. Следовательно, он будет достаточно контрастно выражен в аномалиях температуры земной поверхности. В методологическом аспекте с существованием этой закономерности связаны перспективы использования данных космической съёмки температурного поля поверхности для изучения проявлений сейсмичности.

Оценим достоверность определения величин температуропроводности почв по данным метеонаблюдений в сравнении с результатами инструментальных определений температуропроводности образцов почв Дагестана, которые измерялись известным методом мгновенного линейного источника тепла, применявшимся нами ранее для определения теплофизических свойств донных осадков Каспия [10]. Инструментальные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4. Значения температуропроводности и тепловой инерции верхнего слоя (до 3-х м) почв Дагестана, определённые инструментально

№ п/п	$K,$ $10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$	$I,$ $\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1/2}$	Литология образцов почвы
1	6,6	1106,85	Супесь - ?
2	5,8	699,82	Супесь коричневого цвета (сцементированный) кварцевый песок
3	6,7	605,05	Супесь (кварцевый песок) серого цвета
4	7,2	1067,63	Супесь бурого цвета
5	4,4	556,84	Супесь красновато-коричневого цвета
6	6,5	1147,18	Супесь тёмно-бурого цвета
7	6,6	1143,0	Супесь тёмно-бурого цвета
8	5,5	1825,44	Суглинок тёмно-бурого цвета
9	7,7	1716,59	Суглинок тёмно-бурого цвета
10	8,1	1683,09	Суглинок тёмно-бурого цвета
11	8,1	1683,09	Супесь бурого цвета
12	4,8	1787,76	Супесь бурого цвета
13	5,7	937,84	Супесь бурая
14	4,8		Супесь бурого цвета
15	6,8		Супесь тёмно-бурого цвета
16	5,7		Супесь тёмно-бурого цвета
17	6,7		Супесь бурого цвета
18	5,5		Супесь бурого цвета

Сравнение средних показывает, что инструментально определённые значения температуропроводности с $k_{\text{ср}} = 6,29 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ в 3,2 раза, казалось бы, ниже значения $k_{\text{ср}} = 1,97 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$

для почв, когда величины k определялись по данным метеостанций в спокойной сейсмической обстановке [7]. Однако следует учесть, что в таблице 4 представлены только супеси, которые являются почвами с характерной зернистостью. Но в таблице значений k почв, приведённой в [7], представлены почвы с разной литологией и, соответственно, зернистостью, колебания которой играют решающую роль в формировании величины коэффициента температуропроводности. Например, значения k почвы в районах Махачкалы, Бабаюрта, Ахтов и Левашей, где почвы с другой литологией [7] – в среднем $k_{ср}^1 = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ – уже только в 2 раза меньше значения $k_{ср}$ по данным инструментальных определений (см. выше). Кроме того, между результатами изучения температуропроводности двумя разными методами, естественно, существует и постоянное расхождение, вызванное причинами методико-инструментального характера. В целом, приведённые выше оценки температуропроводности и тепловой инерции почв Дагестана могут войти в набор алгоритмов коррекции данных тепловой космической съёмки.

Настоящие исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 06-05-96610, региональный конкурс “Юг России”).

Литература

1. *Ахмедова Л.Ш., Гасанов Ш.Ш.* Информационно-статистический метод оперативной оценки показателей солнечной активности на территории Дагестана // Труды Географического общества Дагестана. Махачкала, 2004, вып. XXXI-XXXII. С.106-109.
2. *Бойков А.М.* Географическая зональность Дагестана в поле тепловых потоков // Труды Географического общества Дагестана. Махачкала, 2005, вып. XXXIII. С.99-103.
3. *Крамынин П.И., Бунин Г.Г.* Сейсмотектоническая схема Дагестана // Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа /Материалы научно-практической конференции, посвящённые 50-летию со дня основания сейсмостанции “Махачкала”. Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2002, вып.48. С.55-61.
4. Атлас Республики Дагестан. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1999. С.63.
5. *Крамынин П.И., Бунин Г.Г.* Сейсмотектоническая схема Дагестана //Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа /Материалы научно-практической конференции, посвящённые 50-летию со дня основания сейсмостанции “Махачкала”. Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2002, вып.48. С.55-61.
6. *Бойков А.М., Магомедова Э.Ф.* Влияние зональности ландшафта, почвы, рельефа и солнечной активности на текущий и многолетний ход температур у поверхности в Дагестане //Сб. науч. трудов ИГ ДНЦ РАН “Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа /Материалы научно-практической конференции (13-15 сентября 2006 г.)”. Махачкала, 2006, вып. №50. С.163-168.
7. *Бойков А.М., Магомедова Э.Ф.* Опыт изучения сейсмического режима через наблюдения за температурным полем почв //Вестник дагестанского научного центра РАН. Махачкала, 2001, №10. С.28-33.
8. *Бойков А.М., Корниенко С.Г.* Отражение долговременной сейсмической активности на температурных картах по данным космической съёмки //Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа /Материалы научно-практической конференции, посвященные 50-летию со дня основания сейсмостанции “Махачкала”. Махачкала, Институт геологии ДНЦ РАН, вып.48. С.10-13.
9. *Kahle A.B.* A Simple Thermal Model of the Earth's Surface for Geologic Mapping by Remote Sensing //Journal of Geophysical Research, 1977, Vol.82, №11. P.1673-1680.
10. *Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Бойков А.М.* Методика морской геотермической разведки. Махачкала: Даг. кн. изд-во, 1976, 125 с.