

**РАСЧЁТ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА  
ПО ЗНАЧЕНИЯМ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ,  
ПОЛУЧЕННЫМ ПО ТЕПЛОВЫМ СНИМКАМ  
(НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-КУРИЛЬСКОГО РАЙОНА)**

М. Ю. Грищенко<sup>(1,2)</sup>, К. К. Чернулич<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова

<sup>(2)</sup>Государственный природный заповедник «Курильский»

e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

**CALCULATION OF THE AIR TEMPERATURE VALUES USING  
THE SURFACE TEMPERATURE VALUES OBTAINED BY THE  
THERMAL IMAGERY (CASE OF YUZHNO-KURILSK DISTRICT)**

M. Y. Grishchenko<sup>(1,2)</sup>, K. K. Chernulich<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Lomonosov MSU, Faculty of Geography

<sup>(2)</sup>State nature reserve "Kurilsky"

e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

В работе рассмотрено сопоставление значений температуры земной поверхности, полученных на основе обработки тепловых космических снимков со спутника Landsat 8 и значений температуры воздуха, измеренных с помощью метеорологических приборов на местности. Для имеющихся данных получена линейная зависимость, среднеквадратическая погрешность расчёта значений температуры воздуха по ней оценена в 3,2°C.

*Ключевые слова: тепловые космические снимки, температура земной поверхности, температура атмосферного воздуха, остров Кунашир.*

**Введение**

Значения температуры воздуха обычно получают по данным метеостанций. Однако в последние годы XX в. сеть государственных метеостанций на Дальнем Востоке значительно сократилась, и сейчас по его значительным территориям метеорологических данных нет. Авторам представляется актуальным использование для получения значений температуры воздуха космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловых космических снимков), так как они характеризуются пространственной непрерывностью. По тепловым космическим снимкам можно получить значения температуры земной поверхности.

Вопросу перехода от значений температуры земной поверхности, полученных по тепловым космическим снимкам, к значениям температуры воздуха посвящено некоторое количество исследований. Известна работа Никлоса с соавторами (Университет Валенсии, физический факультет) [2], которые работали на территории на востоке Испании. В их исследовании представлено несколько вариантов зависимости между значениями температуры земной поверхности, полученными по спутниковым данным, и значениями температуры приземного слоя атмосферного воздуха, причём отдельно выделяются зависимости для дневных и ночных данных. Среднеквадратическая погрешность наиболее простой зависимости оценивается авторами в 2,35 °С.

В нашей работе исследована территория островов Кунашир и Малой Курильской гряды, на которых расположен государственный природный заповедник "Курильский" и административно подчинённый ему государственный природный заказник федерального значения «Малые Курилы». Заповедник проводит полевые измерения

температуры воздуха в пределах подведомственной территории и охранной зоны, выбор изучаемой территории обоснован наличием полевых данных. Цель работы: выявление связи между температурой земной поверхности, рассчитанной по тепловым космическим снимкам, и температурой приземного слоя атмосферного воздуха, полученной по результатам полевых измерений.

Исследуемая территория характеризуется значительным разнообразием ландшафтов. Для Кунашира характерен среднегорный рельеф, северная и западная часть более гористые, чем южная и восточная. На севере острова распространены темнохвойные леса, в южной части и по западному (охотоморскому) побережью – широколиственные и хвойно-широколиственные. Повсеместно на острове открытые пространства занимают заросли курильского бамбука. Остров Шикотан – крупнейший из островов Малой Курильской гряды – характеризуется низкогорным рельефом, высшая точка – 412 м (г. Шикотан). Для острова характерно широкое распространение зарослей бамбука вперемежку с участками хвойных и смешанных лесов. Остальные острова Малой Курильской гряды являются плоскими или холмистыми участками суши, для которых характерно развитие луговых ландшафтов.

### **Исходные материалы и методика**

Полевые измерения температуры воздуха осуществлялись следующими приборами: регистраторы температуры Hioki 3650 (6 шт.); автоматическая метеорологическая станция (АМС) Oregon Scientific WMR88 (1 шт. в 2 точках); АМС DavisVantage Pro2 (1 шт. в 10 точках). Были также проанализированы данные государственной метеорологической станции в пос. Южно-Курильск.

В работе использовались космические снимки со спутника Landsat 8 за следующие даты: 2 снимка за 19 сентября 2013 г. и 1 снимок за 2 июня 2014 г.

Значения температуры земной поверхности были рассчитаны по методике, описанной в [1]. Её суть заключается в следующем. Расчёт температуры земной поверхности производится после радиометрической калибровки снимков и компенсации влияния оптической плотности атмосферы с учётом излучательной способности различных объектов земной поверхности. Расчёты выполняются отдельно для 10 и 11 каналов снимков со спутника Landsat 8, затем они усредняются.

### **Результаты**

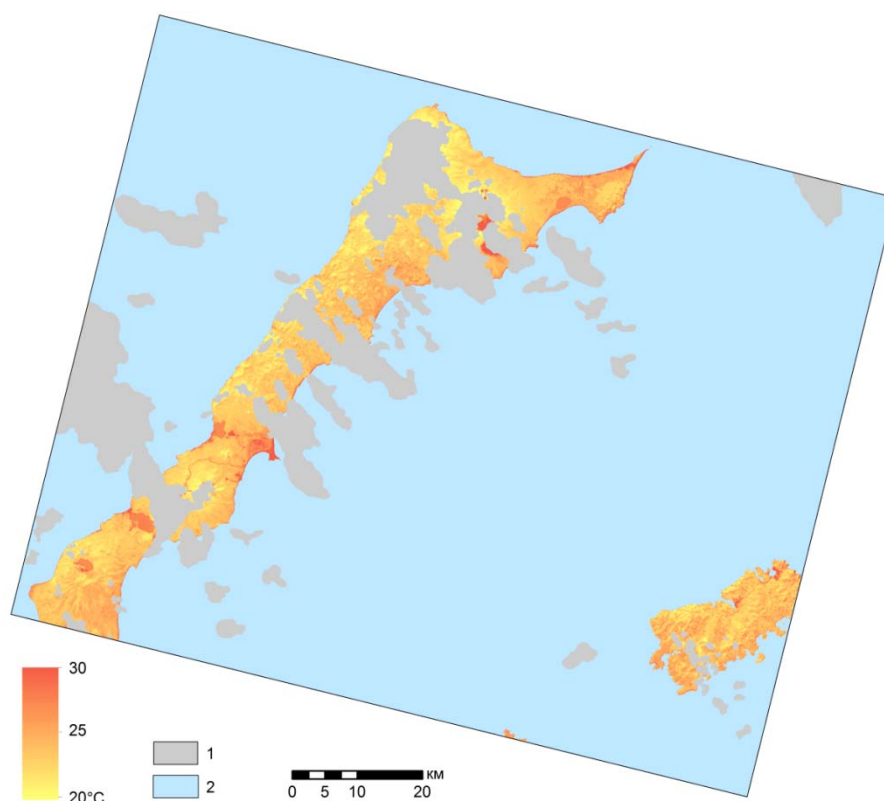
При сопоставлении измеренной и рассчитанной по методике [2] температуры воздуха (рис. 1) оказалось, что разница между ними составляет от 4 до 9 °С.

В связи со значительной разницей измеренных и рассчитанных значений температуры воздуха было произведено сопоставление значений температуры земной поверхности, полученных при обработке тепловых снимков, и значений температуры атмосферного воздуха, полученных при измерениях на местности с помощью метеоприборов (таблица). При этом было выявлено, что зависимость между измеренными значениями температуры воздуха и рассчитанными значениями температуры земной поверхности линейная.

Как можно видеть из таблицы, практически во всех точках температура воздуха ниже, чем температура поверхности Земли. Исключением из этой закономерности является точка около кордона Саратовский, что, вероятно, связано с особенностями орографии и погодных условий. Различия в температурах для большинства точек колеблются от 2 до 0,5°С. В трех точках в поселке Южно-Курильск разница составляет 4,4, 3,7 и 4,5°С, что обусловлено особыми микроклиматическими условиями.

Авторы использовали 2 уравнения зависимости между значениями температуры земной поверхности и воздуха: первое – с использованием всех точек полевых измерений, второе – без учёта точки в пос. Южно-Курильск. Общая

среднеквадратическая погрешность расчёта значений температуры воздуха для первого уравнения оценена в 5,4 °С, второго – в 3,2 °С (рис. 2, 3).

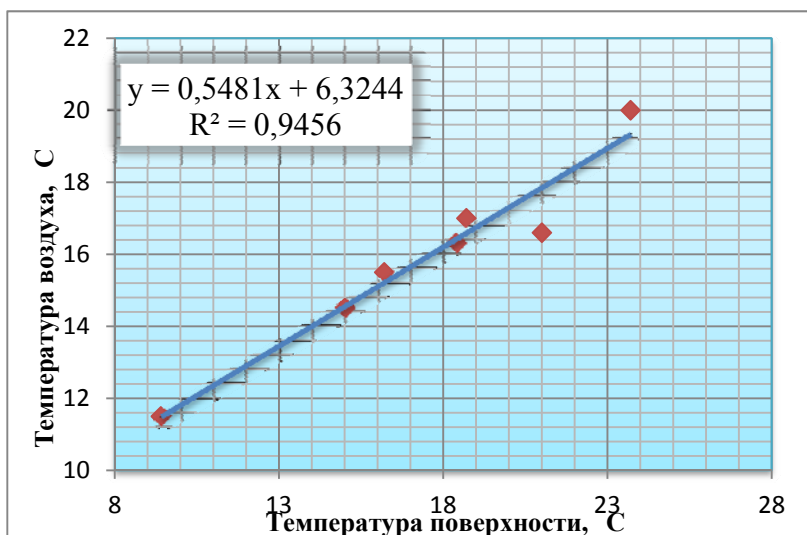


**Рис. 1. Температура приземного слоя атмосферного воздуха на 19.09.2013, рассчитанная по методике [2] (для северной части территории). 1 – участки снимка, закрытые облачностью, 2 – акватории Охотского моря и Тихого океана, не участвовавшие в расчётах**

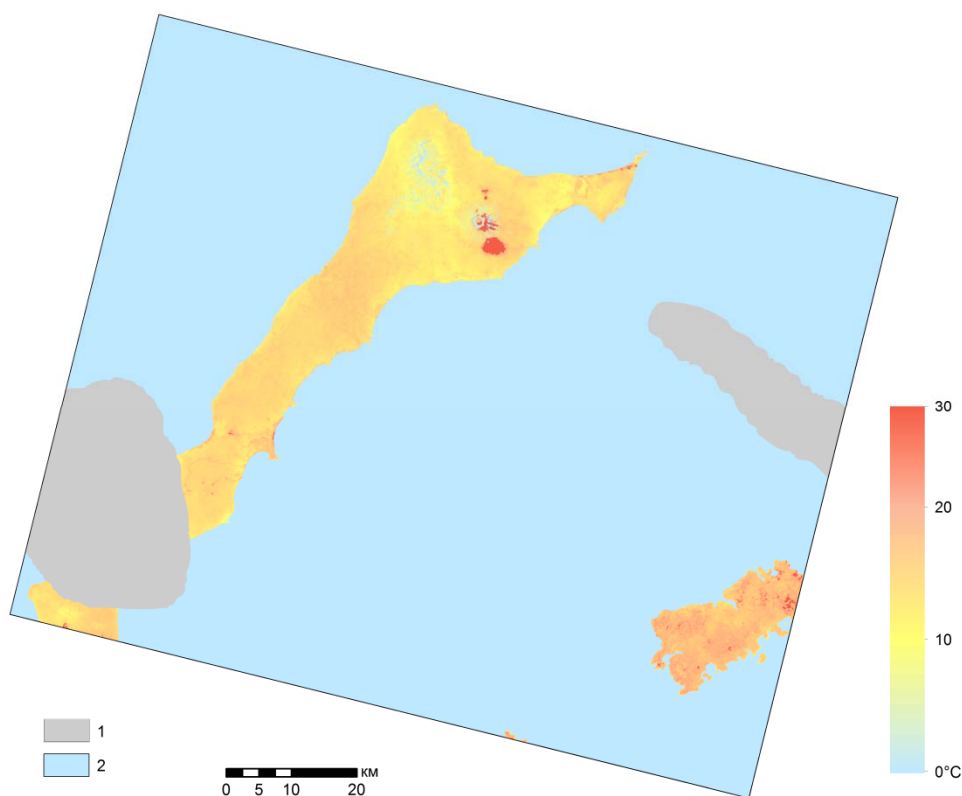
**Таблица**

**Соотношение значений температуры земной поверхности, полученных по космическим снимкам, и значений температуры атмосферного воздуха, полученных по данным метеоприборов**

Снимок	Местоположение точки	Температура поверхности, °С	Температура воздуха, °С	Разница температур, °С
19.09.2013, 11:03 (северная часть)	Кордон Саратовский	16,2	15,5	0,7
	Южно-Курильск (ГМС)	21,0	16,6	4,4
	Южно-Курильск (Oregon)	23,7	20,0	3,7
	кальдера влк. Головнина	15,0	14,5	0,5
19.09.2013, 11:03 (южная часть)	Село Головнино	18,7	17,0	1,7
	кальдера влк. Головнина	15,0	14,5	0,5
	бухта Церковная	18,4	16,3	2,1
02.06.2014, 11:01 (северная часть)	Кордон Саратовский	9,4	11,5	-2,1
	Южно-Курильск (ГМС)	13,6	12,1	4,5



**Рис. 2. Зависимость между значениями температуры земной поверхности и значениями температуры воздуха. Линия тренда и ее уравнение (2 вариант зависимости)**



**Рис. 3. Расчёт температуры приземного слоя атмосферного воздуха на 02.06.2014 (2 вариант зависимости, северная часть территории). 1 – участки снимка, закрытые облачностью, 2 – акватории Охотского моря и Тихого океана, не участвовавшие в расчётах**

#### Выводы

При относительно небольшом количестве точек, в которых производились измерения температуры воздуха, при оценке связи значений температуры земной поверхности и температуры воздуха получен достаточно высокий коэффициент детерминации. Особенно высокий коэффициент детерминации получен для 2 вариант зависимости (0,95).

Выявлено, что дифференциация значений температуры земной поверхности обусловлена, главным образом, неоднородностью растительного покрова Южных Курил. Интересным является тот факт, что на островах Малой Курильской гряды земная поверхность значительно теплее, чем на острове Кунашир. По результатам обработки снимка за 2 июня 2014 г. острова Малой Курильской гряды характеризуются значениями температуры земной поверхности, на 5–7 °С превышающие температуры земной поверхности на Кунашире. При обработке снимков за 19 сентября 2013 г. выявлены различия от 1 до 5 °С.

Работа выполнена в рамках проектов, поддержанных грантами РФФИ 13-05-00904 и 13-05-12047 и грантом Президента РФ поддержки ведущих научных школ НШ-2248.2014.5.

#### **Список литературы**

1. Влияние урбанизации на микроклимат городов (по материалам тепловых аэрокосмических съемок). Информационный отчет о НИР / В.И. Лялько, В.Е. Филиппович, С.А. Станкевич, А.Г. Мычак, О.В. Титаренко и др. Киев, ЦАКИЗ ИГН НАНУ. 2014. 21 с.
2. Niclos R., Valiente J.A., Barbera M.J., Caselles V. Land Surface Air Temperature Retrieval From EOS-MODIS Images // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2014. Vol. 11, No. 8. P. 1380–1384.