

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА

Мамаш¹ Е.А., Пестунов¹ И.А., Кудряшова² С.Я., Чумбаев² А.С.

¹Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, Новосибирск

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

2020

Цель работы и организация наземных исследований

Цель - оценить возможность использования данных Landsat 8 для изучения температурного режима высокогорий Алтае-Саянского региона.

- Наземный мониторинг был организован с использованием специализированного регистратора температуры DS-1921 «Thermochron». Автономные регистраторы температуры были установлены на поверхности почвы и по горизонтам почвенного профиля в шести точках как на поверхности почвы, так и на высоте 2 м от поверхности почвы в условиях исключающих солнечную радиацию.
- Получен большой объем фактических данных, который использовался в качестве базовой основы для расчета количественных характеристик температурного режима воздуха и почв тундрово-степных комплексов.
- Наземные измерения показали, что в среднем разница между температурой почвы и воздуха составляет примерно 2-3,5°C. Среднее значение вычислялось на основе 2049 измерений, выполненных с помощью датчиков в течение года в каждой точке.

Исходные данные и системы обработки

- Основным источником ДДЗ послужили данные Land Surface Temperature (LST) Landsat 8.
- В качестве инструмента извлечения и обработки спутниковой информации использовалась система Google Earth Engine (GEE).
- В системе GEE спутниковые данные представлены по коллекциям, в том числе имеется коллекция атмосферно-скорректированных данных Landsat 8 (<https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>).
- Данные тепловых каналов Landsat 8 имеют разрешение 100 м. Однако в коллекции GEE они представлены в пересчете на разрешение в 30 м, что удобно для изучения объектов со сложным рельефом.

Формула для подсчета Landsat LST

$$T_{LST} = \frac{T_B}{\left(1 + \lambda \frac{T_B}{c_2}\right) \cdot \ln \varepsilon} - 273.15,$$

где T_B температура спектральной яркости (К), которая определяется интенсивностью излучения в спектральном канале спутника, λ - длина волны, для 10-го канала Landsat 8 это значение составляет $10.8 \mu\text{m}$, $c_2 = h \cdot c/k_B = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ m K} = 14388 \mu\text{m K}$ (вторая радиационная постоянная), $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (постоянная Планка); $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ (константа Больцмана); $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (скорость света); ε коэффициент эмиссии.

Оценка коэффициента эмиссии ε выполняется на основе вегетационного индекса NDVI*. Проводился сравнительный анализ результатов расчетов значений температуры, вычисленной по формуле выше для коэффициента эмиссии, полученного на основе NDVI со случаем, когда коэффициент считается постоянным и равным 0.98. Разница значений составила десятые и сотые доли градуса, что говорит, в целом, о малой чувствительности результатов подсчета LST к данному параметру.

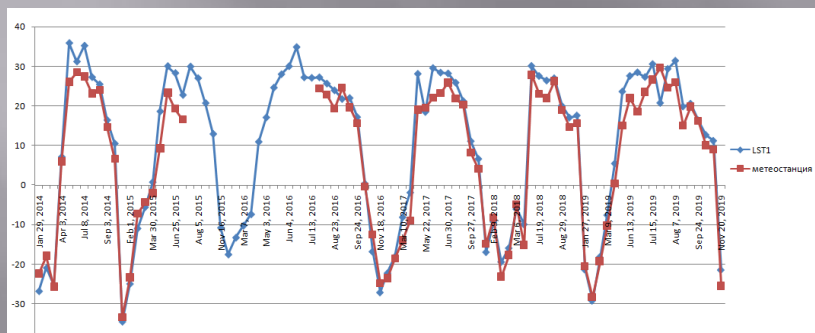
*A. Sekertekin, and S. Bonafoni, Remote Sensing, 12(2), 294 (2020)

Валидация спутниковых данных

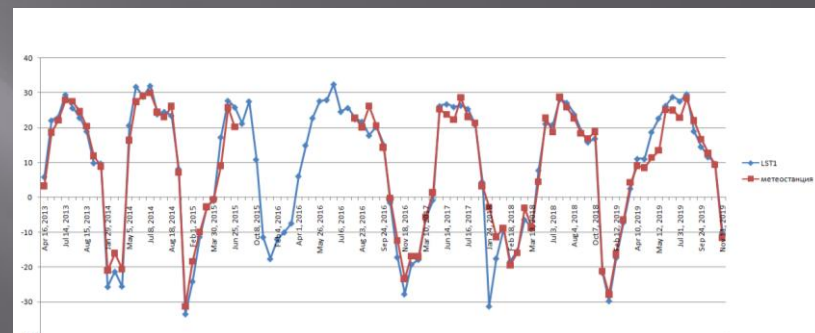
Для валидации использовались данные с четырех метеостанций, расположенных в черте города Новосибирска.

Для всех метеостанций извлечены архивные данные за период 2013-2019 гг., (сайт <https://rp5.ru>). Количество спутниковых измерений за каждый месяц на разных метеостанциях различно, но в целом присутствуют общие закономерности, а корреляция наземных данных и спутниковых данных составляет более 0,9.

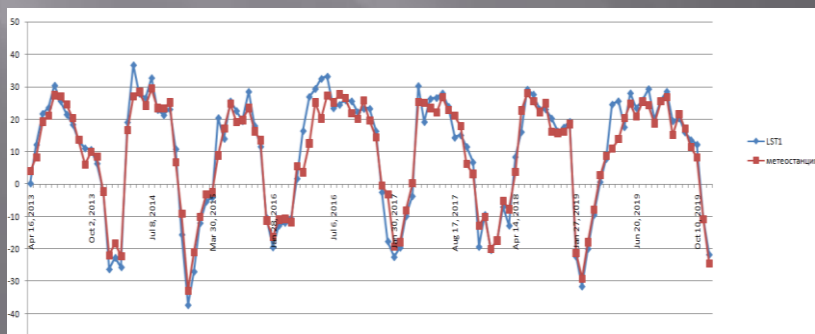
Обская



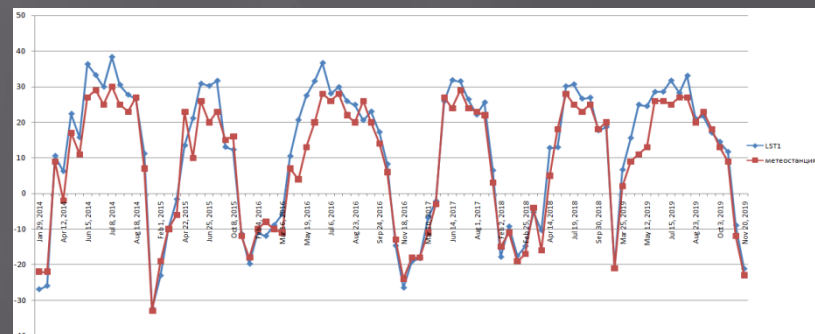
Учебная



Огурцово

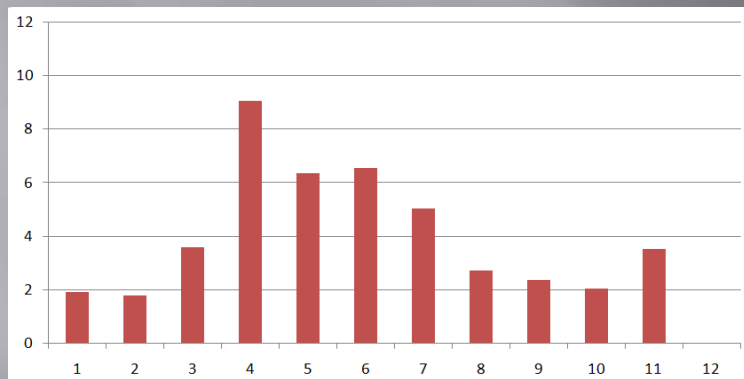


Толмачево

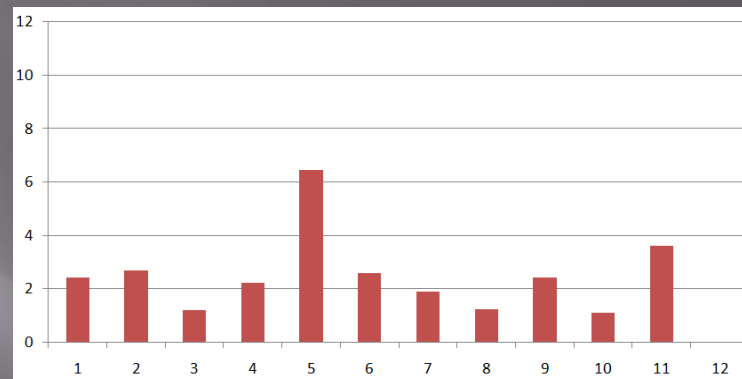


Средняя разность температур, вычисленная по месяцам для спутниковых данных и данных метеостанций

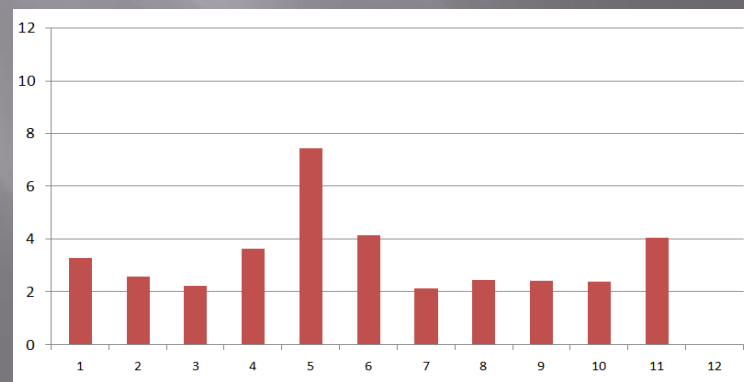
Обская



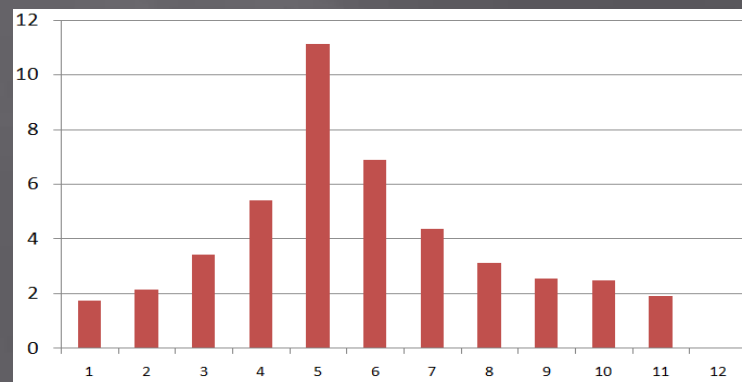
Учебная



Огурцово



Толмачево



Анализ полученных распределений

- Все представленные на предыдущем слайде графики средних разностей спутниковых данных и данных по метеостанциям, посчитанные по месяцам, демонстрируют наличие резко возрастающей ошибки в апреле-мае-июне, что может быть связано с тем, что спутник измеряет приземную температуру, а метеостанции – температуру воздуха на высоте 2 м от поверхности земли. Измерения проводятся в 12:00 – 12:30 местного времени, в эти часы температура воздуха меняется быстрее, чем температура почвы, которая прогревается медленней из-за довольно прохладных ночных температур.
- Также можно заметить, что графики распределения ошибок на метеостанциях Огурцово и Учебная визуально похожи (коэффициент корреляции равен 0,92) и имеют меньшие значения ошибок по сравнению с другими двумя метеостанциями, где наличие значительных ошибок (до 9-11 градусов) можно объяснить влиянием антропогенного фактора (аэропорт Толмачево) и климатического (метеостанция Обская находится вблизи водохранилища).

Опыт использования наземных и спутниковых измерений для оценки температур поверхности

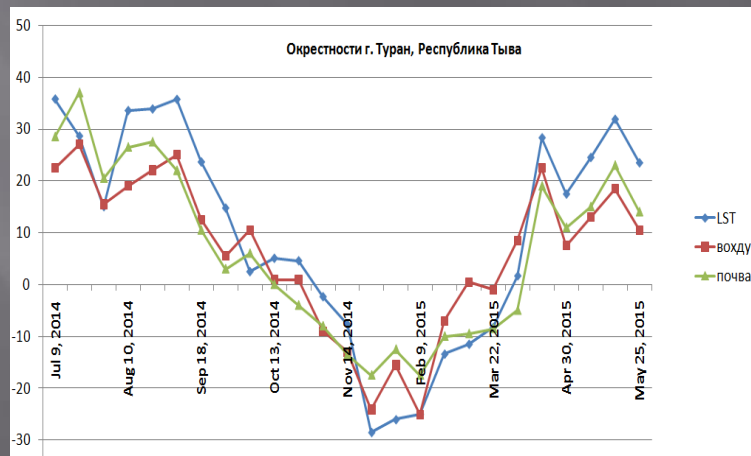
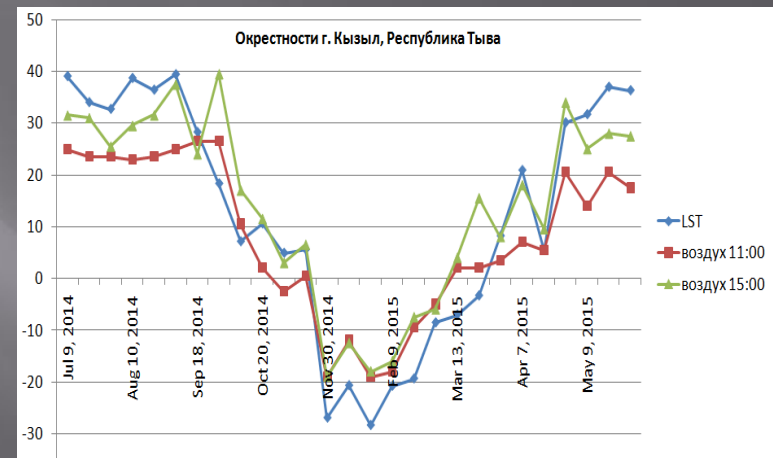
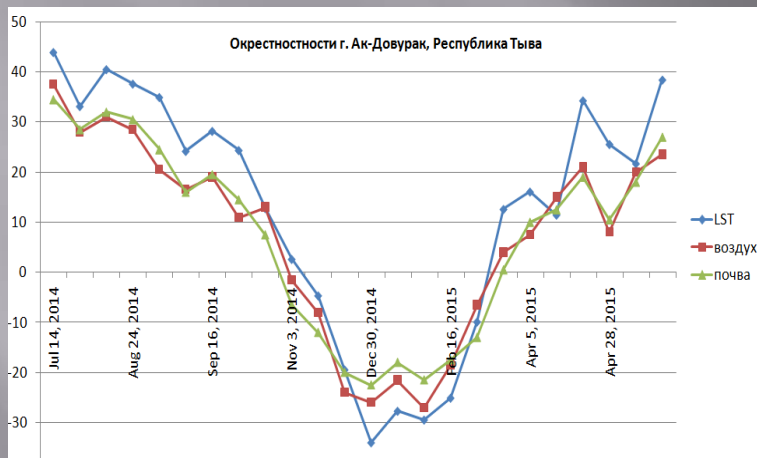
- *Koenig L.S., Hall D.K.** изучают применимость датчиков типа «Thermochron» и данных MODIS/Terra LST для исследования поверхности Арктики (Гренландия), где делается вывод о сильной зависимости величины корреляции наземных и спутниковых измерений от сезонных климатических условий и облачности.
- *Истомина Е.А., Василенко О. В.*** при исследовании температурного поля Тункинской котловины также применяли метод совместного использования датчиков-термохронов, и данных со спутников Landsat 5 и Landsat 7. Показано, что разность значений наземных и спутниковых измерений может составлять от 0 до 12 С и зависит от типа ландшафта и сезона съемки. Также отмечается, что значения температуры, полученные дистанционным методом, завышены для открытых участков местности и занижены для лесных ландшафтов.

*Koenig L.S., Hall D.K. Comparison of satellite, thermochron and air temperatures at Summit, Greenland, during the winter of 2008/09 // Journal of Glaciology, 2010. Vol. 56. No. 198. P. 735-741.

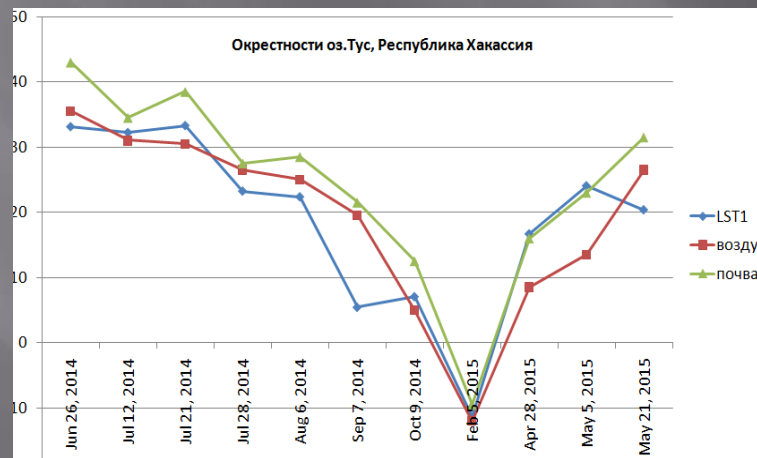
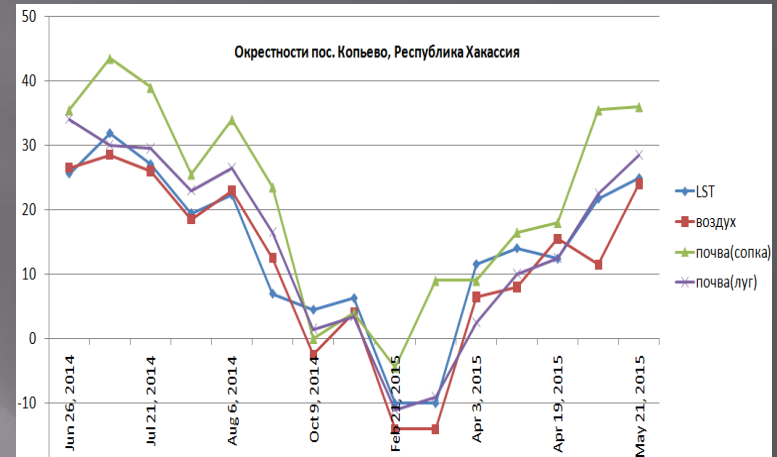
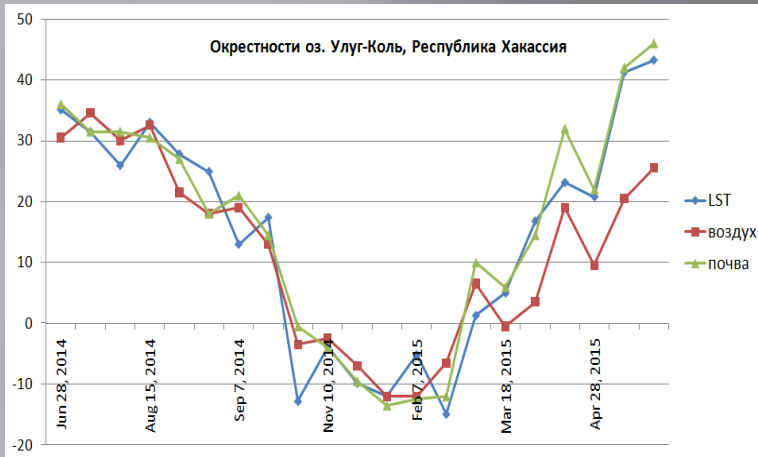
**Истомина Е.А., Василенко О. В. Анализ температурного поля ландшафтов Тункинской котловины с использованием космических снимков Landsat и наземных данных // География и природные ресурсы, 2015. № 4. С. 162-170.

Результаты сравнения наземных и спутниковых данных

Для шести тестовых точек на территории Алтае-Саянского региона объем выборки спутниковых данных составил от 11 до 27 значений, зафиксированных спутником в период 2014-2015 гг. Время пролета спутника совпадало с точностью от 10 до 30 минут с наземными измерениями в различных точках.



Результаты сравнения



Выводы

- Для полученных наборов данных не зафиксировано постоянного превышения температуры, вычисленной по спутниковым и наземным данным для открытых участков почвы, как это указывалось в работе *Истоминой Е.А., Василенко О.* Также нельзя сказать, что разность между спутниковыми и наземными данными на поверхности почвы меньше, чем разность с данными, измеренными на высоте 2 м, несмотря на то что, считается, что спутник фиксирует температуру поверхности.
- Для каждой из описанных точек наблюдений выполнена оценка разницы наземных и спутниковых измерений, она составляет от 0 до 20 °С. В ближайшее время планируется выявить набор факторов, влияющих на столь большой разброс значений, оценить их влияние.
- В целом, коэффициент корреляции спутниковых и наземных данных превышает значение 0.8, что позволяет сделать вывод о принципиальной применимости спутниковых данных для оценки температурного режима почв.

Спасибо за внимание!!!