

Валидация температурной изменчивости подстилающей поверхности олиготрофного болота по данным тепловизионной БВС-съемки



Кондратенко Артур Вячеславович
Инженер-исследователь
Лаборатория Геоинформатики экосистем
a_kondratenko@ugrasu.ru

Актуальность

- Согласно оценкам, совокупное повышение глобальной температуры в период с 1850–1900 по 2010–2019 годы составило 1,07 градуса Цельсия, с вероятным диапазоном от 0,8 до 1,3. Повышение температуры приземного слоя атмосферы и почвы влечёт за собой смещение теплового баланса суши и компонентов биоценоза, в том числе на границе «почва-атмосфера».
- Для болота, характерна значительная пространственная неоднородность температуры подстилающей поверхности. Это обусловлено специфическими свойствами болот: развитым микрорельефом, особым режимом увлажнения, низкой теплопроводностью почв и наличием мощного мохового покрова.
- Особенности болотных экосистем (развитый микрорельеф, особый режим увлажнения, наличие мощного мохового покрова) сильно затрудняют прямые измерения, поэтому для мониторинга температуры их неоднородной поверхности необходимы площадные методы измерения температуры их гетерогенной поверхности
- Использование беспилотных воздушных судов (БВС), оснащенных тепловыми сенсорами, представляет собой современный метод температурного мониторинга, что позволяет без прямого воздействия на экосистемы проводить измерения в обширных и труднодоступных территориях с полным покрытием и высокой детализацией. Также площадное измерение температуры подстилающей поверхности болот исключает неопределенности интерполяции точечных измерений

Цель

Цель заключается в калибровке данных аэросъёмки с БВС (Тепловизор Zenmuse H20T) по наземным измерениям температуры с помощью термохронов. Это необходимо для апробации методики, которая обеспечит минимальное расхождение между результатами дистанционных и наземных измерений



Объект исследования

Исследование проводились на ненарушенных болотных комплексах международного полевого стационара «Мухрино», расположенного в 30 км от Ханты-Мансийска в среднетаежной зоне

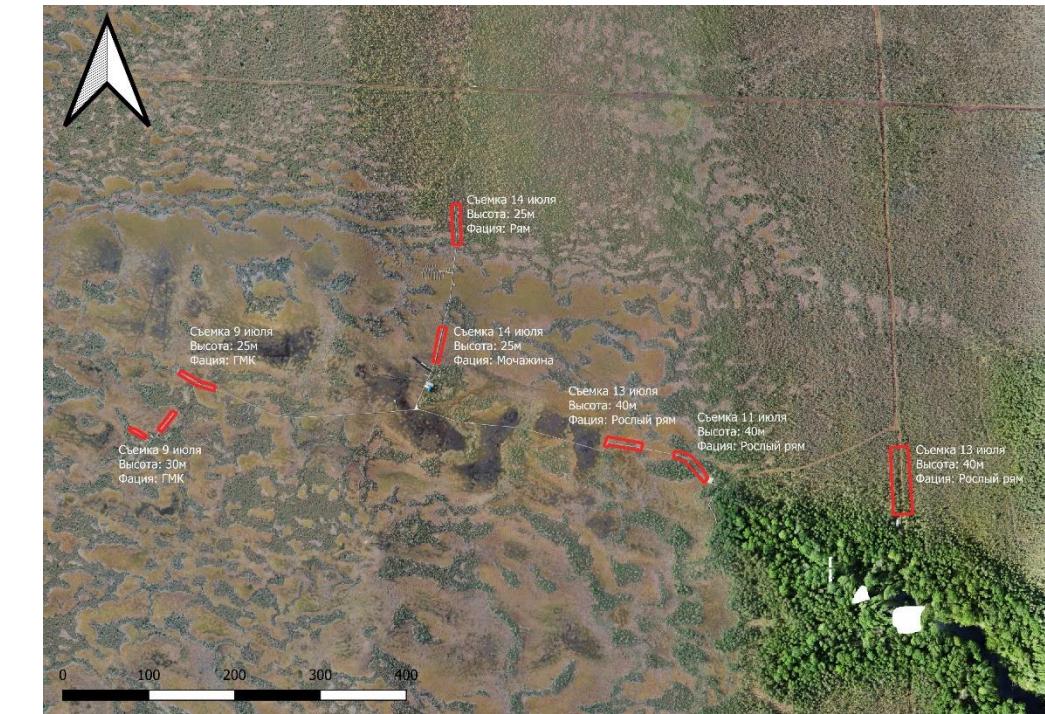


Рисунок 1 – RGB ортофотоплан болотного массива международного полевого стационара «Мухрино»



Методика исследования

- В трёх болотных фациях (грядово-мочажинном комплексе (ГМК) с разделением на гряду и мочажину, сосново-кустарничково-сфагновом сообщество (рослый рям) и сосново-кустарничково-сфагновое сообщество (типичный рям) Были заложены 70 пробных площадок в рамках 40 на 40 см
- На данных площадках выполнялось наземное измерение температур в двукратной повторности термохронами iButton 7B5172
- Параллельно проводилась тепловизионная съемка Zenmuse H20T, установленным на БВС Matrice 300

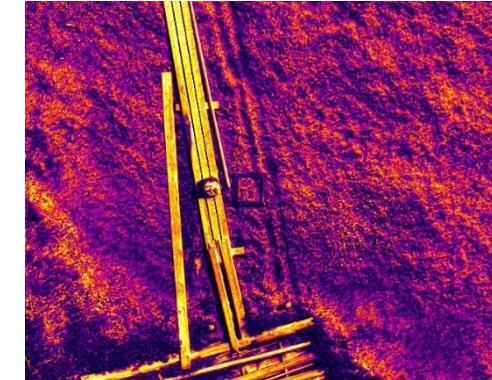


Рисунок 2 – Одна из заложенных пробных площадок в RGB диапазоне (слева) и тепловая съемка (справа)



Рисунок 3 – БВС DJI Matrice 300



Рисунок 4 – Тепловизионная камера
Zenmuse H20T



Рисунок 5 – Термохрон iButton 7B5172



Методика исследования

На следующем этапе данные термохронов и тепловизора были сопоставлены путём построения корреляционной зависимости: температура в точках размещения термохронов определялась по тепловизионным снимкам в программе DJI Thermal Analysis Tool и затем сравнивалась с результатами наземных измерений

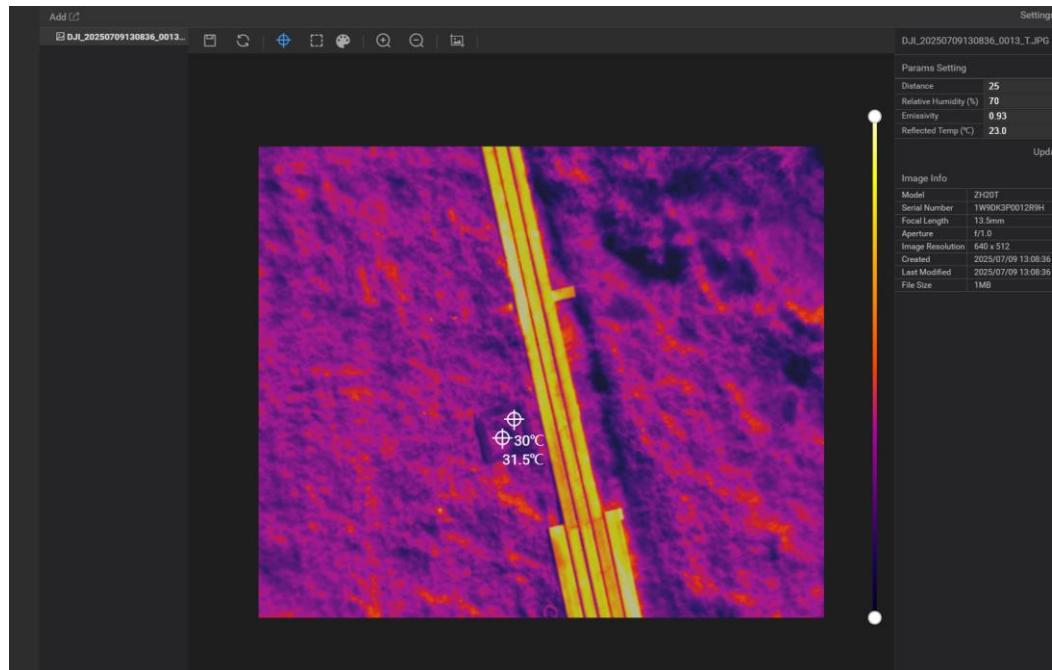


Рисунок 6 – Считывание температуры с термальных снимков в программе DJI Thermal Analysis Tool

Площадка 1 Цикл 1 (Высота 25)				
Температура по термохрону	Температура по H20T	Номера площадок	Используемые термохроны	
30.6	29.1	31.6	32.7	Метка 1 1.2
26.1	24.9	31.5	27.6	Метка 2 3.4
24.1	31.5	28.7	32.8	Метка 3 10.14
22.5	25.1	26.8	25.3	Метка 4 9.16
26.6	29.1	28.2	24.5	Метка 5 5.12

Площадка 1 Цикл 2 (Высота 25)				
Температура по термохрону	Температура по H20T	Номера площадок	Используемые термохроны	
27.6	28.6	30.8	30.1	Метка 1 1.2
26.6	19.4	27.6	19.2	Метка 2 3.4
21.6	28	22.5	29.3	Метка 3 10.14
27.1	28	26.5	27.9	Метка 4 9.16
20.6	20.1	20.8	20.5	Метка 5 5.12

Площадка 2 Цикл 3 (Высота 30)				
Температура по термохрону	Температура по H20T	Номера площадок	Используемые термохроны	
31.6	26.6	27.4	22.3	Метка 1 1.2
23.1	24.4	21.9	20.3	Метка 2 3.4
24.6	25.5	23	21.2	Метка 3 10.14
23.1	26	22.6	22.3	Метка 4 9.16
24.1	21.6	19.4	17.8	Метка 5 5.12

Площадка 2 Цикл 4 (Высота 30)				
Температура по термохрону	Температура по H20T	Номера площадок	Используемые термохроны	
24.1	24.1	22.1	21.1	Метка 1 1.2
23.6	24.4	21.6	23.3	Метка 2 3.4
23.6	21	21.5	19.5	Метка 3 10.14
21.6	22.5	19.3	20.6	Метка 4 9.16
23.6	22.1	19.6	21.5	Метка 5 5.12

Рисунок 7 – Считывание температуры с термальных снимков в программе DJI Thermal Analysis Tool



Результаты исследования

- В результате была установлена корреляционная зависимость между данными наземных измерений и тепловизионной съёмки, значения которых варьировали в зависимости от даты и типа экосистем, в которых производились измерения. Значение коэффициента корреляции (R) составили: 0,77 для съёмки, проводимой 9 июля (ГМК); 0,68 — 11 июля (Типичный рям, ГМК); 0,68 — 13 июля (Типичный и рослый рям) и 0,30 — 14 июля (Мочажина, рям). Общая корреляция для всех фаций составила 0,83.
- Наилучшая корреляция (9, 11 и 13 июля) была получена на участках с большим диапазоном пространственной изменчивости поля температуры исследованных в эти дни участков: от 16,4 до 21,1 градусов в рослом и типичном рямах, от 17,1 до 21 градуса в типичном ряме и ГМК, а в ГМК от 19,2 до 32,8 градусов, что обеспечило более репрезентативную выборку температурных данных здесь

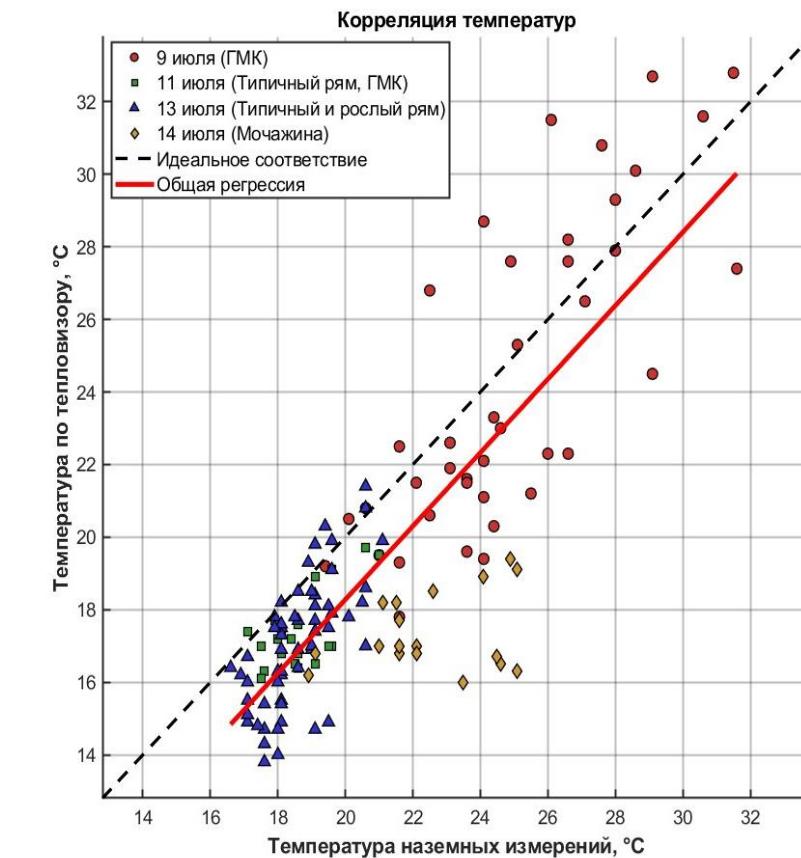


Рисунок 8 – График корреляции температур



Результаты исследования

Высота съёмки напрямую влияет на коэффициент корреляции: при значениях свыше 30 метров наблюдается его значительное снижение в результате падения пространственного разрешения получаемых данных. С другой стороны, аэросъёмка с высоты менее 25 метров, хотя и повышает детализацию данных, неприменима для площадного мониторинга из-за малого охвата территории, однако оптимальна для детального исследования локальных участков

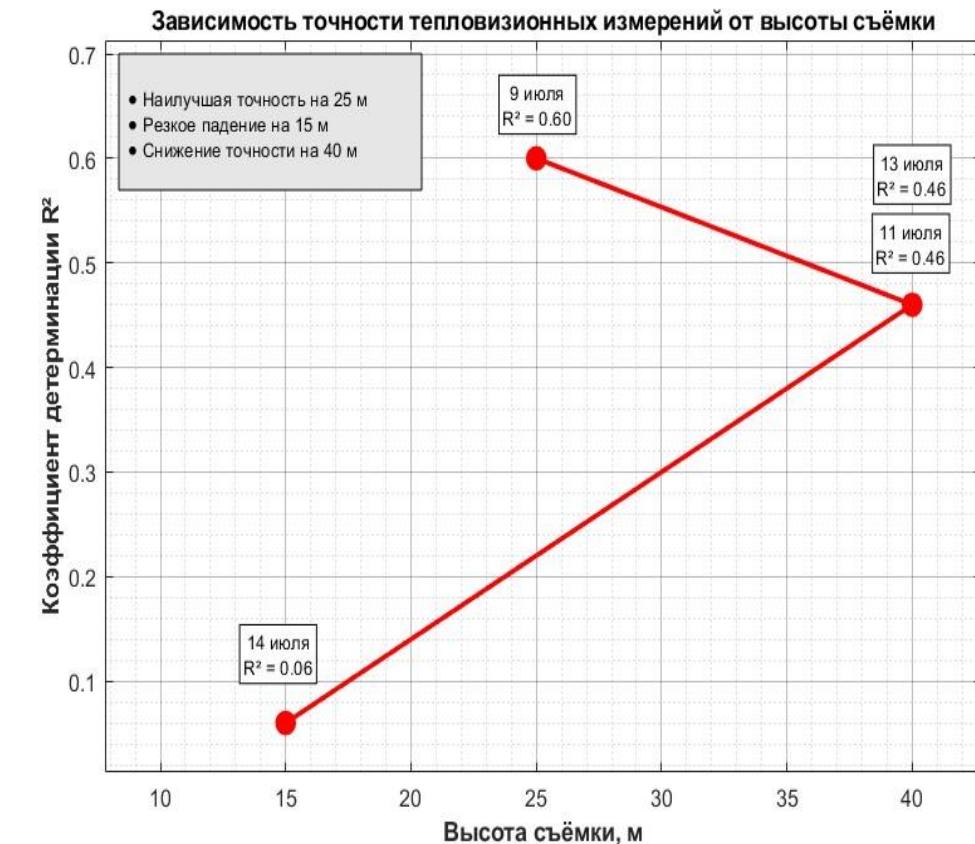


Рисунок 9 – График зависимости R^2 от высоты съемки

Благодарность

Работа выполняется в рамках реализации задач проекта РНФ (25-17-20042) «Разработка системы комплексной оценки состояния природных сред с учетом целей низкоуглеродного развития ХМАО-Югры: БПЛА, ГИС, нейронные сети и наземная верификация»



Российский
научный
фонд



Высшая
экологическая
школа



Югорский
государственный
университет



Лаборатория
геоинформатики
экосистем

Спасибо за внимание!

Кондратенко Артур Вячеславович
Инженер-исследователь
Лаборатория Геоинформатики экосистем
a_kondratenko@ugrasu.ru

г. Ханты-Мансийск