

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ – ОСНОВА МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н.Н.Воропай^{1,2}, О.В.Василенко²

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г.Томск

²Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, г.Иркутск

voropay_nn@mail.ru

Тел.: +7-914-924-8130

Климатические характеристики

Температура воздуха
Влажность воздуха
Атмосферные осадки
Атмосферное давление
Солнечная радиация
Скорость, направление ветра
Температура почвы
Атмосферные явления

Математика, информатика
(базы данных)

Физика (гидротермодинамика)

Биология и науки о жизни (почвоведение, ботаника, экология)

Науки о Земле (геофизика, океанология, физика атмосферы, палеогеография, гляциология, биогеография, ландшафтоведение)

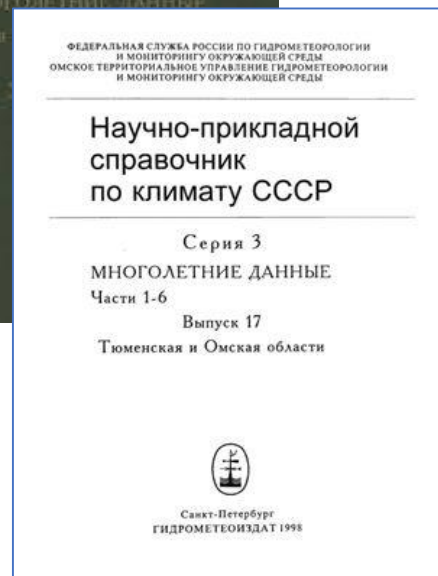
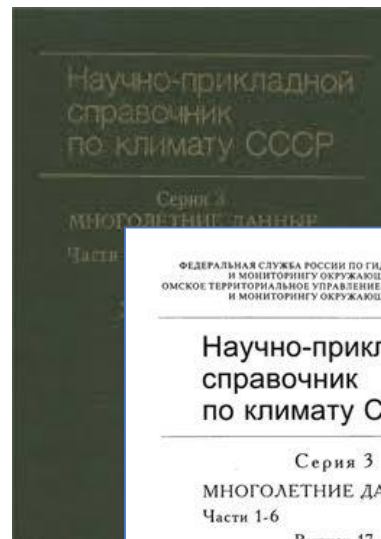
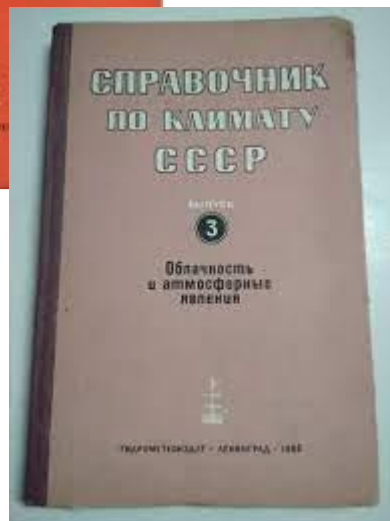
Медицина
(курортология)

Инженерные науки (энергетика)

Сельскохозяйственные науки (земледелие, растениеводство)

Источники информации (данные наблюдения и моделирования):

- Справочники, ежемесячники
- meteo.ru, rp5.ru, pogodaiclimat.ru ...
- Сеточные данные (WorldClim...)
- Космоснимки
- Реанализы
- CMIP6



Метеорологический ежемесячник
Актинометрический ежемесячник
Аэрологический ежемесячник

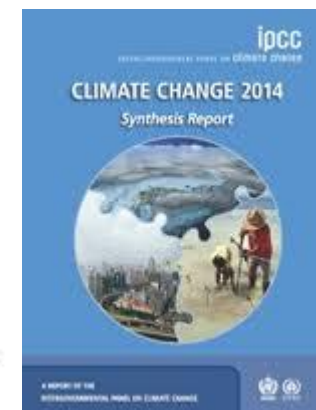
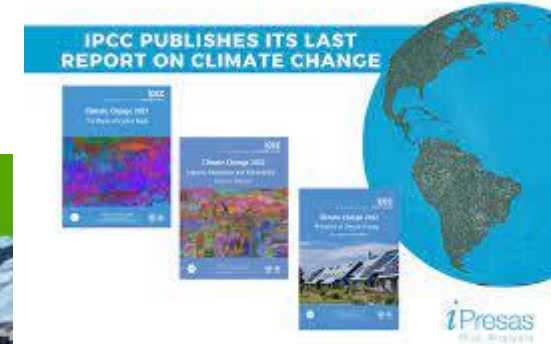
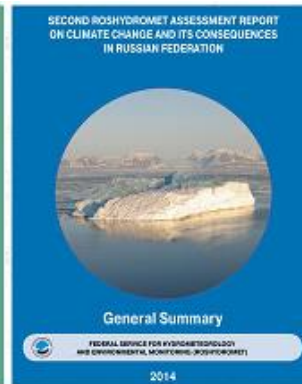
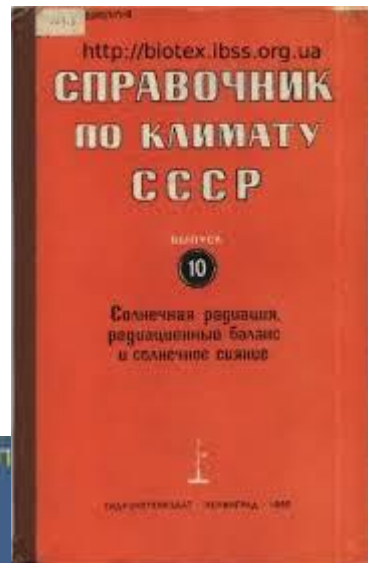
Климатологический справочник СССР
Справочник по климату СССР
Справочники «за отдельные годы»
(Все справочники по элементам)

Научно-прикладной справочник
(один на регион, многолетние стат. характеристики)

- выпуск 1... 24.... (по регионам)
- Номер 1-12, год
- Том 1-2 (месячные, суточные данные)

Электронные источники информации

- Данные наблюдения (Росгидромет, НИИ, ВМО) – справочники, ежемесячники, сайты
- Оценочные доклады Росгидромета и IPCC об изменениях климата
- Данные моделирования (CMIP)



Мировой центр данных «Метеорология» в России расположен в г. Обнинске в Государственном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных». Задачей Центра является сбор и распространение метеорологических данных и информационной продукции по странам мира и в особенности по России. Информационная база Центра постоянно дополняется.

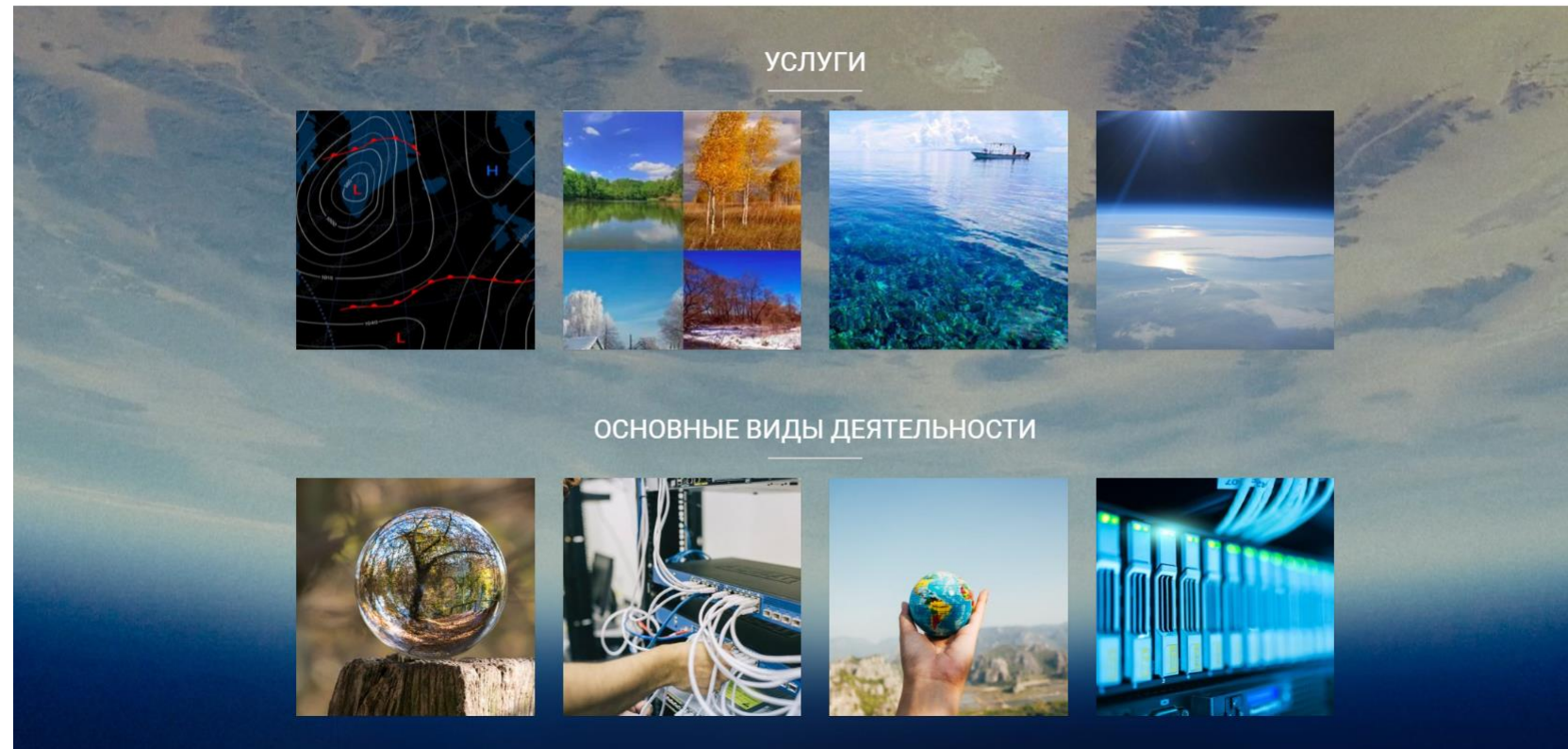


Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных

[О нас](#) [ЕГФД](#) [Структура](#) [Деятельность](#) [Данные](#) [Сервисы](#) [Услуги и продукция](#) [Документы](#) [Ученый совет](#) [Новости](#) [🔍](#)

<http://meteo.ru/>





Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных

<http://meteo.ru/>

281	29541	Тайга	56°04'	85°37'	250	1966	
282	29557	Тисуль	55°45'	88°18'	210	1966	
283	29570	Красноярск опыт.поле	56°02'	92°45'	277	1966	
284	29580	Солянка	56°10'	95°16'	359	1966	
285	29594	Тайшет	56°55'	88°00'	205	1966	

286	29605	Татарск
287	29612	Барабинск
288	29638	Огурцово
289	29645	Кемерово (Новостройка)
290	29664	Светлолобово
291	29698	Нижнеудинск
292	29752	Ненастная
293	29789	Верхняя Гутара
294	29822	Камень-на-Оби
295	29838	Барнаул
296	29849	Кузедеево
297	29858	Неожиданный
298	29862	Абакан (Хакасский)
299	29866	Минусинск
300	29915	Славгород
301	29923	Ревриха
302	29939	Бийск-Зональная
303	29974	Оленья Речка
304	29998	Орлик
305	30028	Ика
306	30054	Витим
307	30069	Перевоз
308	30089	Джикимда

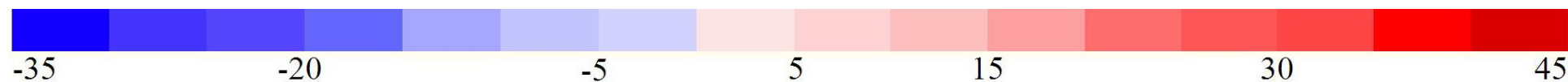
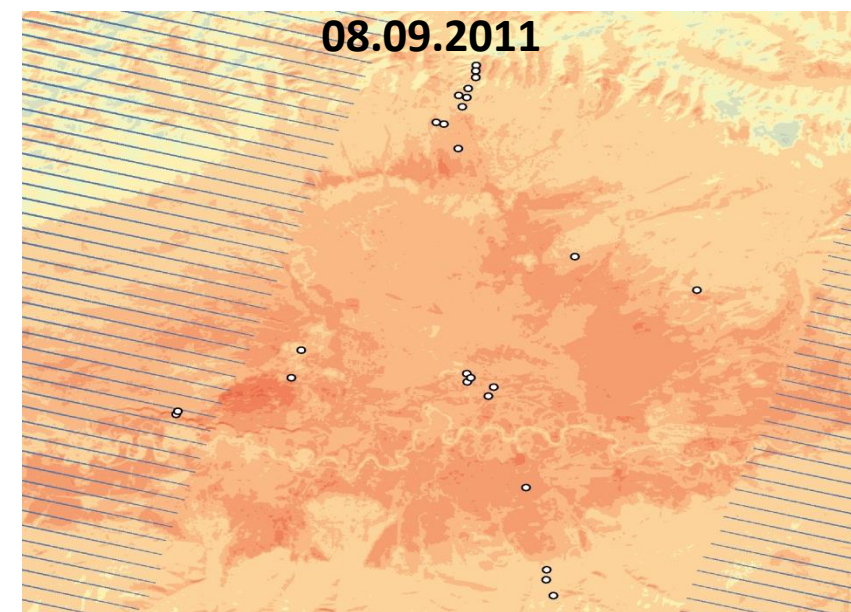
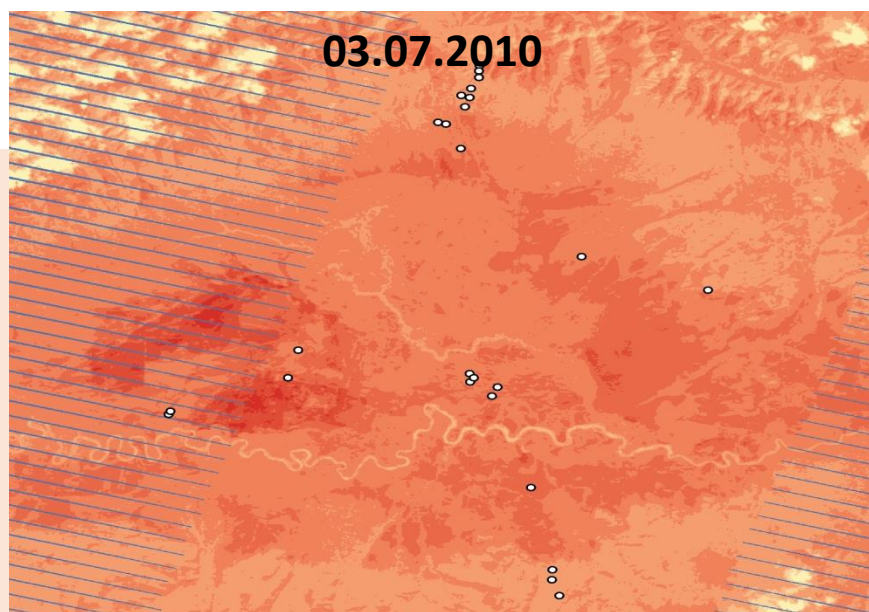
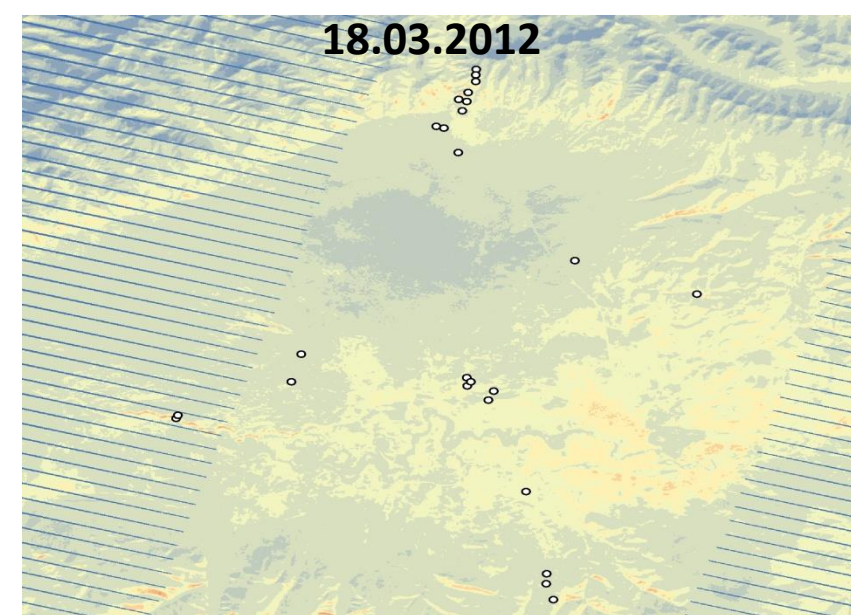
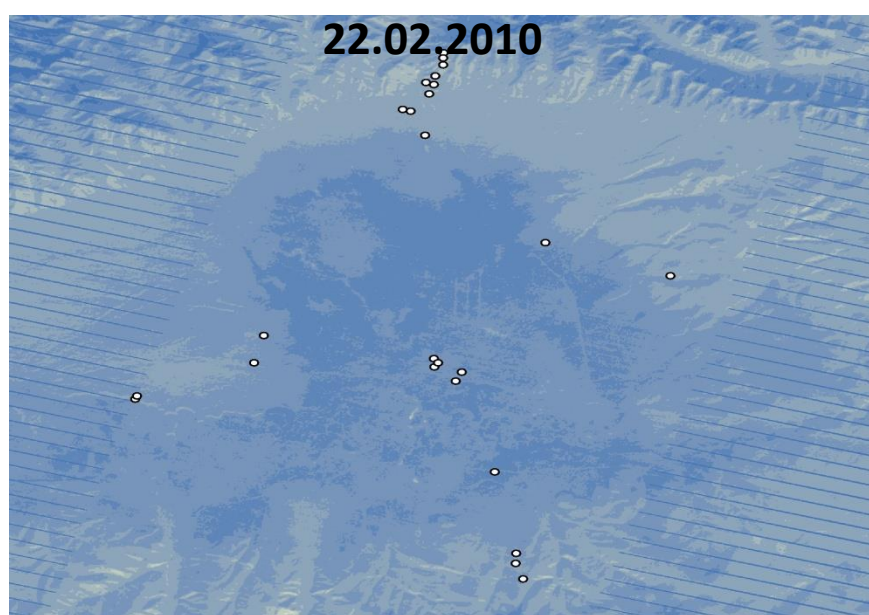
309	30209	Ершово	57°07'	102°18'	371	1966	
310	30219	Максимово	57°06'	104°58'	354	1966	
311	30230	Киренск	57°46'	108°04'	256	1966	
312	30252	Мамакан	57°				
313	30253	Бодайбо	57°				
314	30309	Братск	56°				
315	30328	Орлига	56°				
316	30337	Казачинское	56°				
317	30356	Таксимо	56°				
318	30372	Чара	56°				
319	30385	Усть-Нюкжа	56°				
320	30393	Чульман	56°				

321	30433	Нижнеангарск	55°				
322	30437	Карам	55°				
323	30469	Калакан	55°				
324	30471	Средний Калар	55°				
325	30484	Средняя Олекма	55°				
326	30493	Нагорный	55°				
327	30504	Тулун	54°				
328	30521	Жигалово	54°				
329	30536	Баргузинский заповедник	54°				
330	30554	Багдарин	54°				
331	30555	Троицкий Прииск	54°				
332	30565	Усть-Каренга	54°				
333	30612	Балаганск	54°				
334	30627	Баяндай	53°				
335	30632	Большой Ушканий о-в	53°				

336	30635	Усть-Баугин	53°25'	109°01'	459	1966	
337	30636	Баргузин	53°37'	109°38'	488	1966	
338	30650	Романовка	53°12'	112°47'	920	1966	
339	30673	Могоча	53°45'	119°44'	624	1966	
340	30692	Сковородино	54°00'	123°58'	397	1966	
341	30695	Джалинда	53°28'	123°54'	266	1966	
342	30703	Инга	52°58'	101°59'	541	1966	
343	30710	Иркутск-обсерватория	52°16'	104°19'	467	1966	
344	30716	Холбо	52°28'	104°22'	453	1966	
345	30727	Большое Голоустное	52°02'	105°25'	461	1966	
346	30745	Селенгинское-Озерское	52°32'	111°33'	952	1966	
347	30758	Чита	52°05'	113°29'	671	1966	
348	30777	Сретенск	52°14'	117°42'	528	1966	
349	30811	Тунка	51°44'	102°32'	720	1966	
350	30815	Хамар-Дабан	51°32'	103°36'	1442	1966	
351	30822	Бабушкин	51°42'	105°51'	466	1966	
352	30823	Улан-Удэ	51°50'	107°36'	514	1966	
353	30825	Иволгинск	51°45'	107°16'	562	1966	
354	30844	Хилок	51°22'	110°28'	800	1966	Перенос 20.06.1972г. на 4км к 3, коорд. 51°21' - 110°28', сейчас коорд. 51°22' - 110°28'
355	30859	Агинское	51°06'	114°31'	680	1966	
356	30879	Нерчинский завод	51°19'	119°37'	621	1966	
357	30915	Цакир	50°26'	103°36'	984	1966	
358	30925	Кяхта	50°22'	106°27'	791	1966	
359	30935	Красный Чикой	50°22'	108°45'	770	1966	
360	30949	Кыра	49°34'	111°58'	907	1966	
361	30954	Мангут	49°42'	112°40'	807	1966	
362	30965	Борзя	50°24'	116°31'	675	1966	
363	31004	Алдан	58°36'	125°23'	678	1966	
364	31026	Учур	58°44'	130°37'	194	1966	

Космические снимки территории (Landsat)

Воропай Н.Н., Истомина Е.А.,
Василенко О.В. Исследования
температурного поля
Тункинской котловины с
использованием космических
снимков Landsat // Оптика
атмосферы и океана. Том 24.
– 2011, № 01. - С.67-73.



Модуль разности дистанционных данных и измеренных данных для различных точек наблюдений и моментов съемки спутника Landsat (Фрагмент таблицы)

d<1	год	2010						2011			2012				
1<d<3	день	9	25	3	11	29	24	14	2	27	18	22	25	29	21
d>3	месяц	2	2	7	7	9	11	7	10	11	3	6	8	11	3
среднее отклонение		3,3	2,9	2,8	3,3	2,0	1,5	2,7	0,9	0,9	2,5	2	3,1	3,8	2,8
описание точки	высота														
Осинник с березой осоковоразнотравный	996	6,5	5,4	0,7	2,1	0,7	4,2	4,5	0,4	3,9	4,1		1,2		
Березняк осоковоразнотравный	928	1,5	2,1	2,0	2,8	2,2	1,3	3,4	0,2	0,8	1,1	1,3	0,9	1	1,2
Кедрач осоковоразнотравный	1690	2,9	1,8	2,8	1,1	2,0	0,2	0,3	7,3	1,1	2,4	0,2	2,7	1	3,1
Сосноволиственничный разреженный	1386					1,0	1,5	1,0	3,0	1,0	1,0	0,0	0,8	1	3,0
Лиственничник разнотравный	1203	3,7	2,4	2,4	2,8	2,2	3,8	4,8	1,2	2,7	2,3	5,5	1,5	3,4	2,3
Сосняк средневозрастной мертвопокровный	1040	1,3	4,8	0,5	10,2	0,4	1,2	1,8	0,8	6,4	4,3	0,6	0,4	4,5	1,6
Сосняк мертвопокровный	787	1,8	0,1	3,9	12	0,3	0,5	3,0	0,4	0,8	1,1	3,1	3,8	2	0,2
Осоковое переходное болото	721												5	6,2	4,4
Луг, подрост сосны	720	3,4	4,1	3,6	2,6								3	4	3,8
Торфянистый луг	719												1	5,8	3,6
Граница леса	1923	2,2	1,4	6,9	3,2	2,2	1,1	2,3	7,0	0,5	1,6	4	7,2	1	4,1
Гарь по сосняку брусничному	770											2,3	0,1	7,5	2,9
Сильно нарушенная злаковая степь	737	6,0	4,6	3,2	2,3	7,1	0,5	0,4	8,3	0,7	4,9	2	9,4	5,7	0,9
Эоловый массив оголенных песков	722	4,1	4,5	6,9	6,1			3,3	4,7	3,3	2,3	4	6,7	2,7	0,7

Преимущество дистанционного метода (Landsat) – дает подробную пространственную картину распределения температуры поверхности Земли, недостаток – характеристика для определенного момента времени

LST (Landsat 8)
13 June 2019

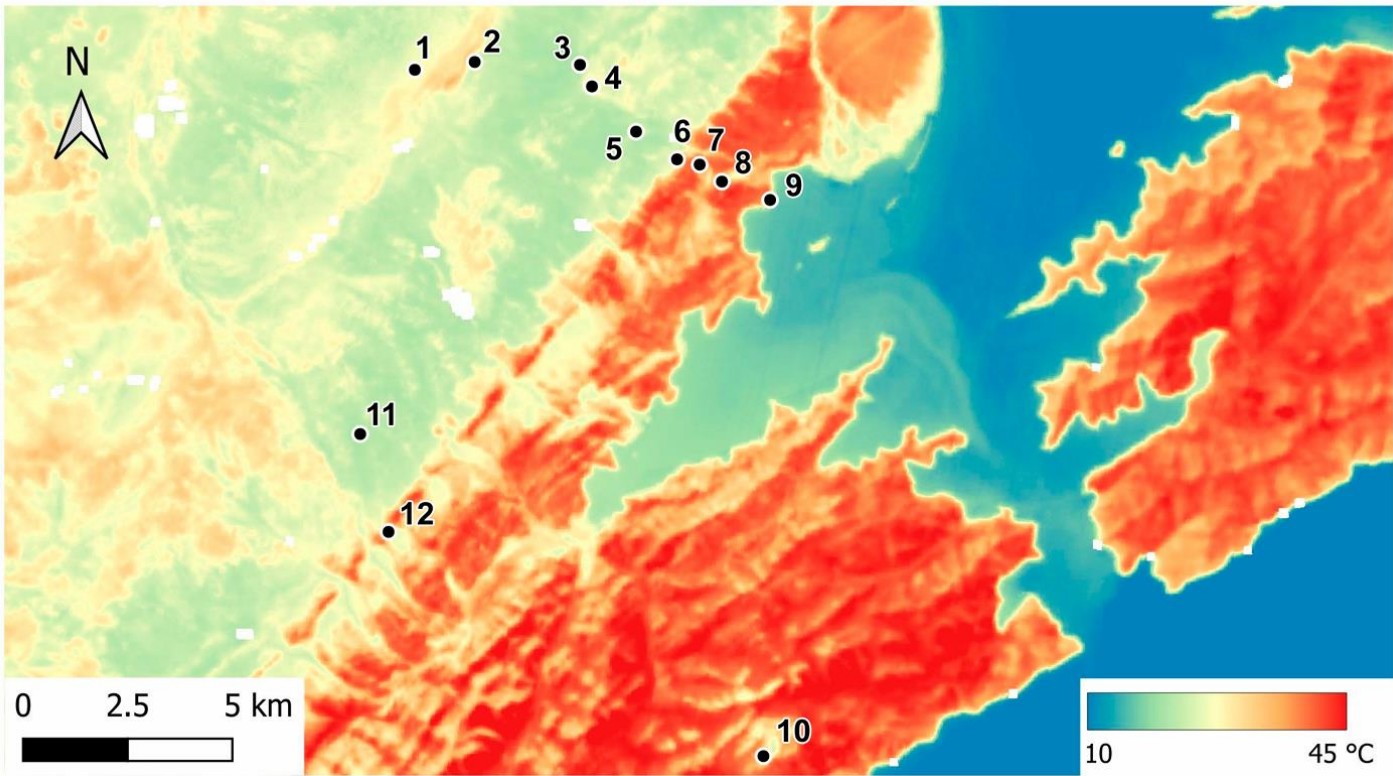
Статистические характеристики
разности LST и IST

До коррекции

	N	X	MD	STD	MIN	MAX	MAR	RMSD	R
Air	2025	4.3	3.4	6.5	−17.9	22.6	4.4	7.8	0.93
Surface	1191	1.6	2.0	7.8	−21.3	25.6	4.7	7.9	0.89

После коррекции

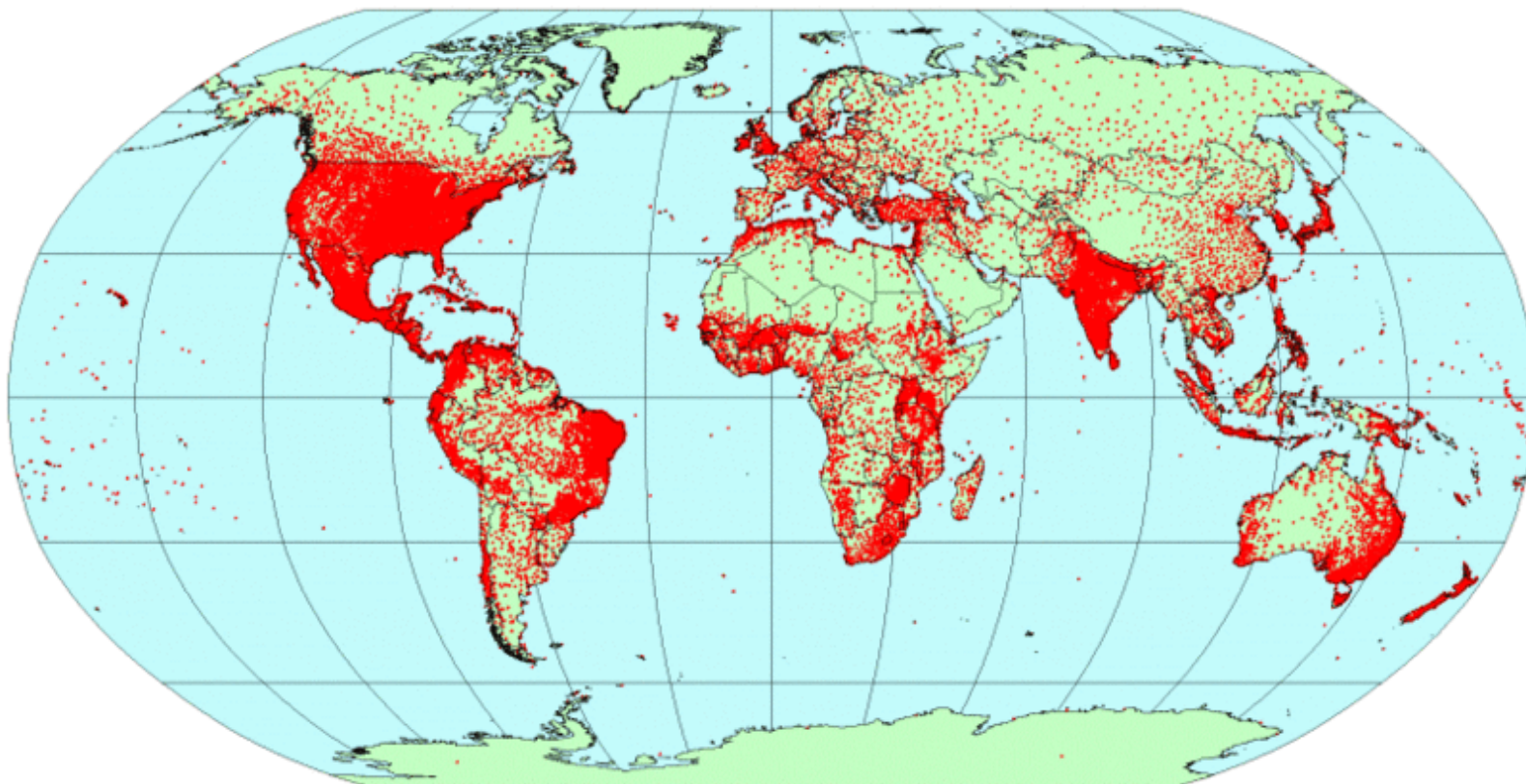
	N	X	MD	STD	MIN	MAX	MAR	RMSD	R
Air	2025	0.03	0.16	2.68	−19.34	11.72	1.46	2.68	0.98
Surface	1191	−0.03	0.11	4.38	−19.34	11.72	2.34	4.37	0.95



Математические модели расчета температуры воздуха, основанные на данных метеостанций и параметрах окружающей среды

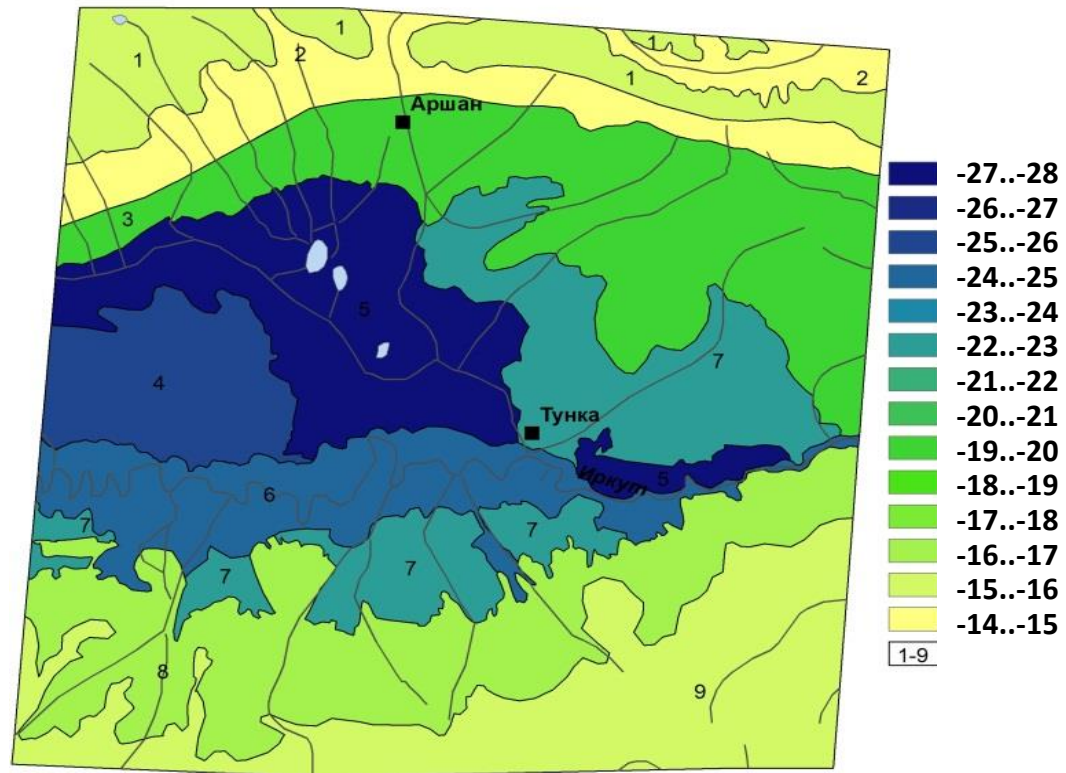
WorldClim – набор глобальных климатических данных, включающих минимальную, максимальную и среднюю температуру, осадки, высоту над ур.м., набор из 19 производных биоклиматических характеристик (BioClim), а также данные о климатах прошлого и будущего.

Данные ежемесячные и регулярносетевые.

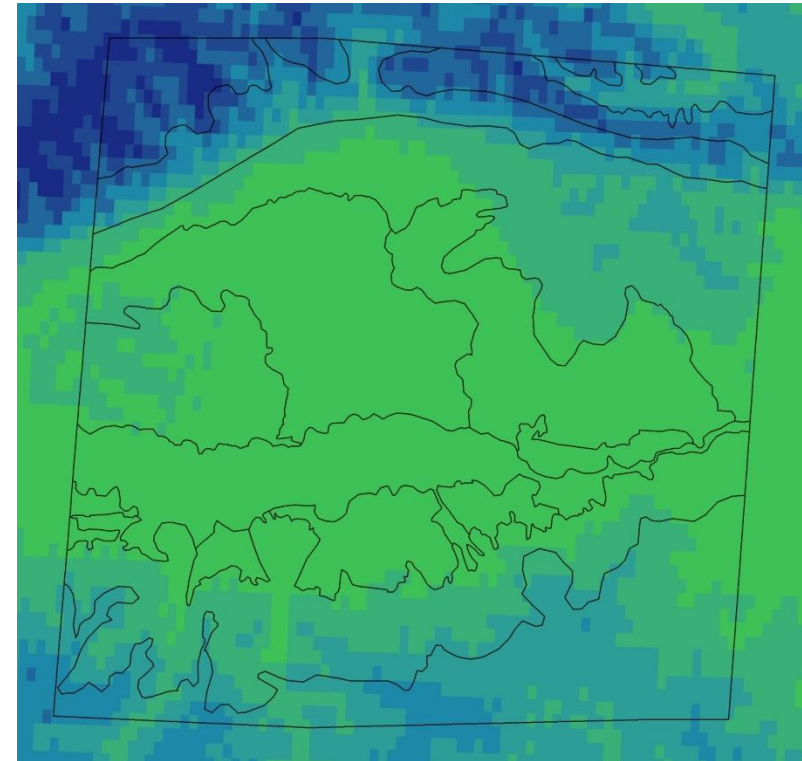


Средняя месячная температура воздуха, январь 2022 г.

Ландшафтно-интерпретационное
картографирование

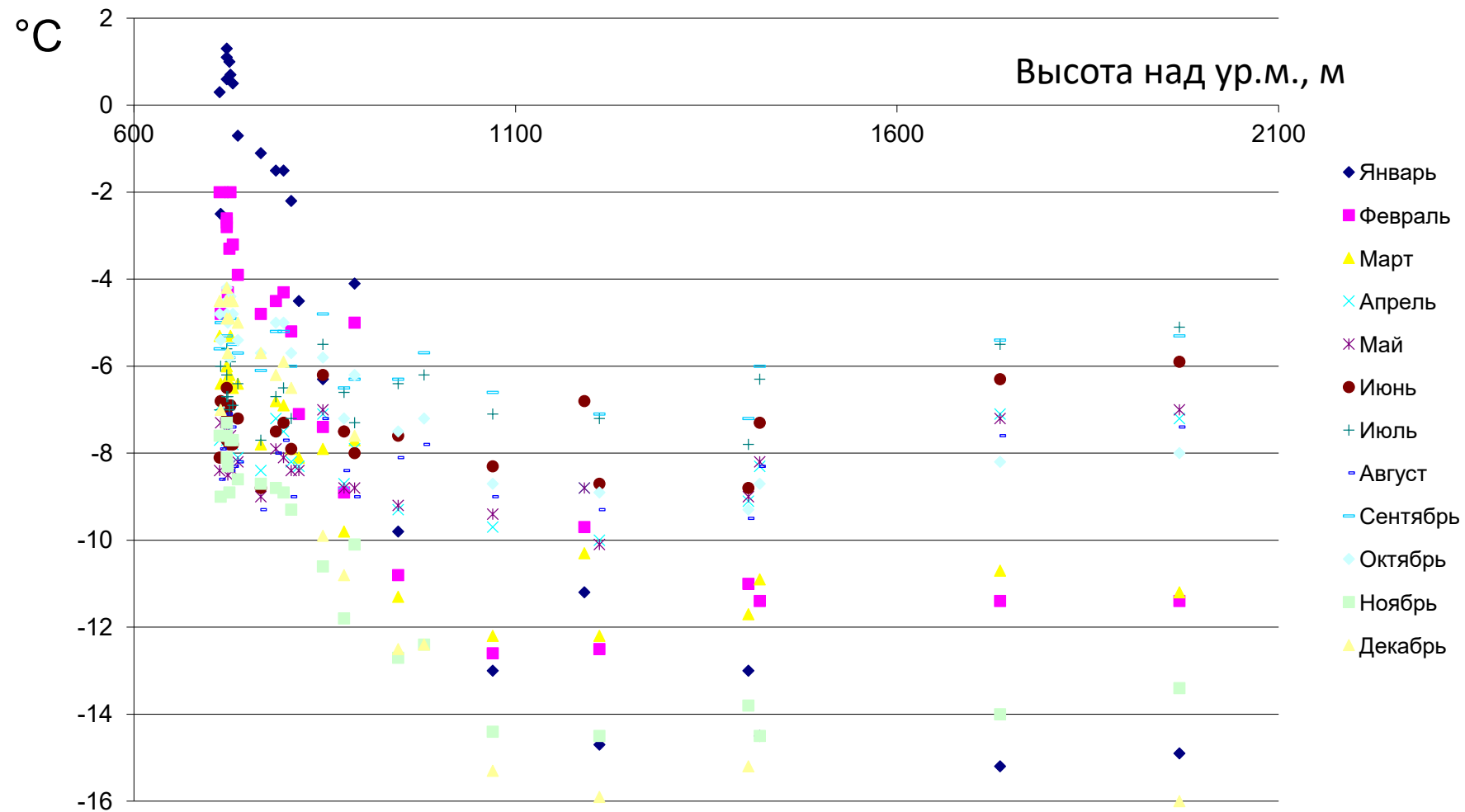


Данные WorldClim



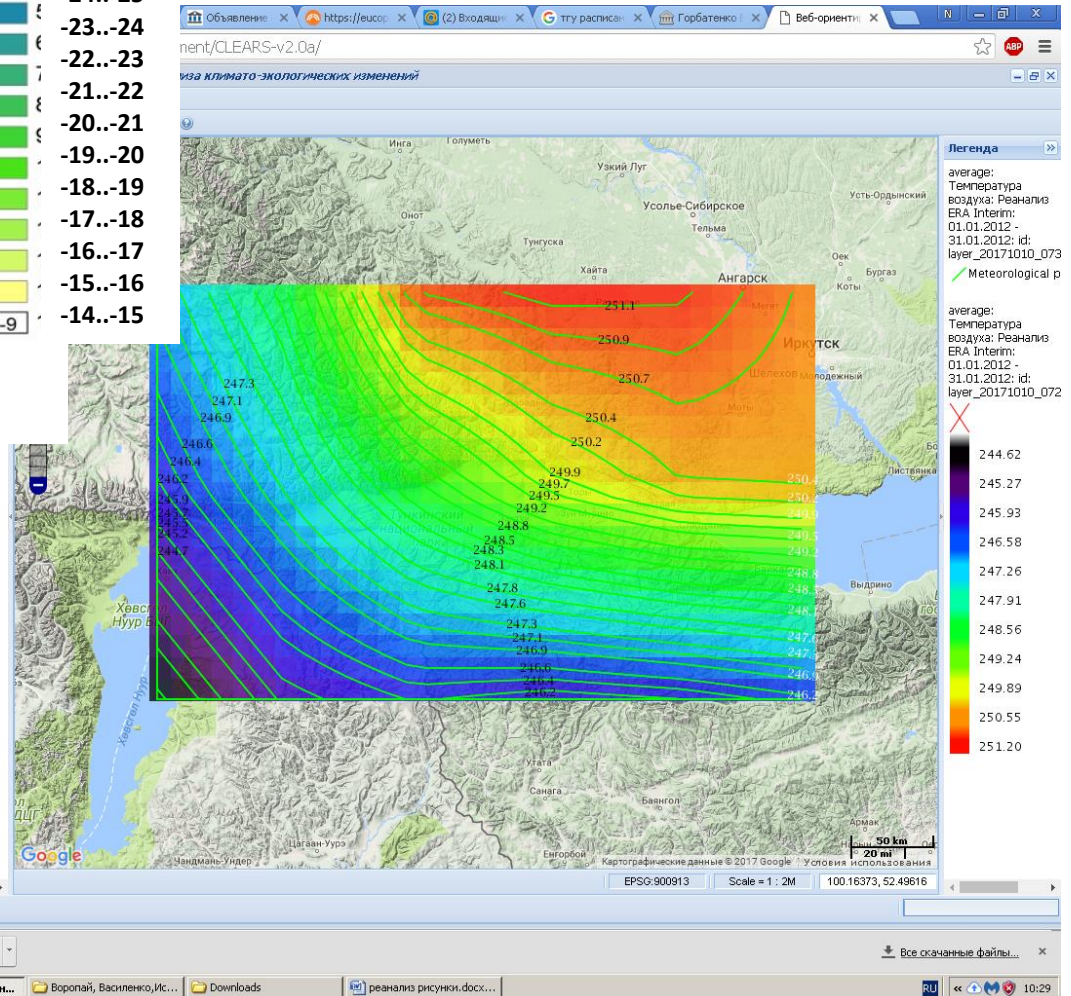
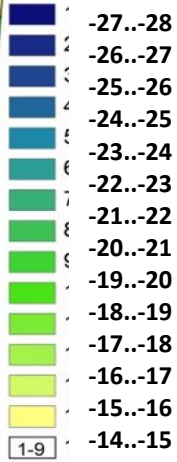
Ошибки данных WorldClim

$$\Delta T = T_{WC} - T_{\text{измерен.}}$$



Данные реанализа ERA 5

Средняя месячная температура воздуха Январь 2022



Отклонения средних месячных значений температуры воздуха,
полученных в результате моделирования, январь 2022 г.

$$\Delta T = T_{\text{модель}} - T_{\text{измерен.}}, \quad ^\circ\text{C}$$

	WorldClim		ERA 5	
	диапазон	среднее	диапазон	среднее
Северный склон	-15,2...-9,8	-12,8	-6,4...-2,2	-4,4
Днище котловины	-1,5...+1,5	-0,3	+1,6...+2,4	+2,0
Южный склон	-13,0...-11,2	-12,1	-4,9...-3,6	-4,3

- Антивандальная комплектация
(профиль – 4-9 площадок)

 2009(13)-2023 гг.

 2025-2026 гг.

- Температура воздуха
- Влажность воздуха
- Температура почвы

- Базовая комплектация:

 2021-2024 гг.

 2026 г.



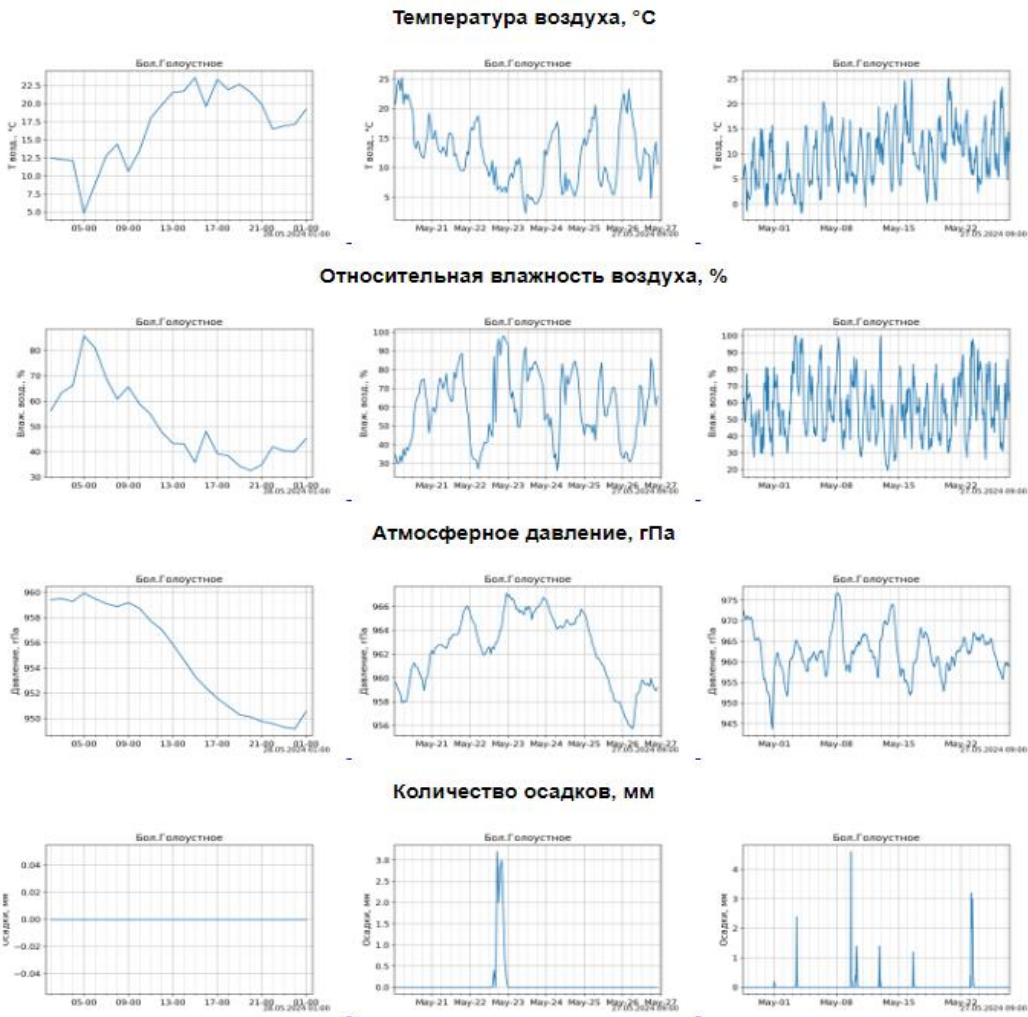
- Температура воздуха
- Влажность воздуха
- Атмосферное давление
- Суммарная радиация
- Скорость, направление ветра
- Температура почвы
- Высота снега
- Осадки

Атмосферно-почвенные измерительные комплексы



Результаты измерений на метеостанциях передаются по сети GSM на сервер ИМКЭС. На сервере по расписанию выполняется скрипт (python) который выгружает часть данных и строит графики временного хода. Графики в виде jpg файлов доступны для отображения на страницах пользователей.

<http://apik.imces.ru>

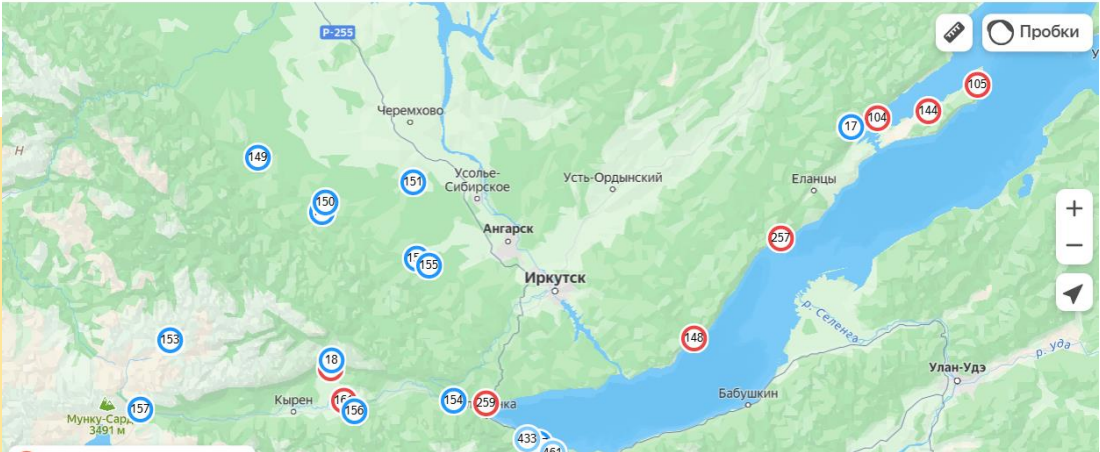


Сутки

Неделя

Месяц

Для всех характеристик в он-лайн режиме доступны срочные данные и графики за сутки, неделю, месяц



п.Большое Голоустное, оз.Байкал, Иркутская обл.

База практик Педагогического института Иркутского государственного университета (52°03'26.7"N 105°24'46.6"E)

apik.imces.ru

[Инфо о станции Бол.Голоустное...](#)

Бол. Голоустное 26.08.2025 23:00	
Температура воздуха, °C	14.8
Относительная влажность воздуха, %	89.5
Атмосферное давление, гПа	962.3
Количество осадков, мм	0.0
Скорость ветра, м/с	1.1
Направление ветра, град.	1.0
Суммарная солнечная радиация, Вт/м2	0.0
Температура поверхности почвы, °C	16.0
Температура почвы на глубине 40 см, °C	14.9



Центр управления регистраторами (LCC)
Файл Прибор Сервис Настройки Версия 6.2.0.29

Прибор

BIM2

60000104
60000105
60000144
60000148

Состояние прибора

Название

BIM2

Серийный номер

60000148

Каналов включенно

36

Интервал

01:00:00 / 3

Режим усреднения

по точкам

Количество усреднений

1

Измерений

1295

Состояние прибора

Измерение 04.04.2024 23:00:00 (GMT +8)

Время

28.05.2024 13:00:43 ()

Информация пользователя

BIM2-148

Разбег времени

76

Обновить

Чтение данных

Измерение

Коэффициенты

Центр управления регистраторами (LCC)
Файл Прибор Сервис Вид Настройки Версия 6.2.0.29

Прибор

BIM2

60000104
60000105
60000144
60000148

Загру...

Начало данных

05.04.2022 09:52:00

Конец данных

28.05.2024 21:00:00

Загрузить

Центр управления регистраторами (LCC) - [60000148]
Файл Прибор Сервис Вид Настройки Версия 6.2.0.29

Прибор

BIM2

60000104
60000105
60000144
60000148

Прибор

Датчики

Параметры графика

Применить ко всем

501

502

700

710

901

961

1000

1002

1005

1010

1015

1020

1030

1040

1050

1060

4402

5402

6002

6202

05.04.2024 10:00:

Экспорт

Файл:

Название: BIM2

Серийный номер: 60000148

Датчиков Включено: 36

Интервал: 01:00:00

Режим усреднения: по точкам

Количество усреднений: 1

Количество измерений: 1284

Активные датчики

Сохранить в файл

Сохранить в базу данных

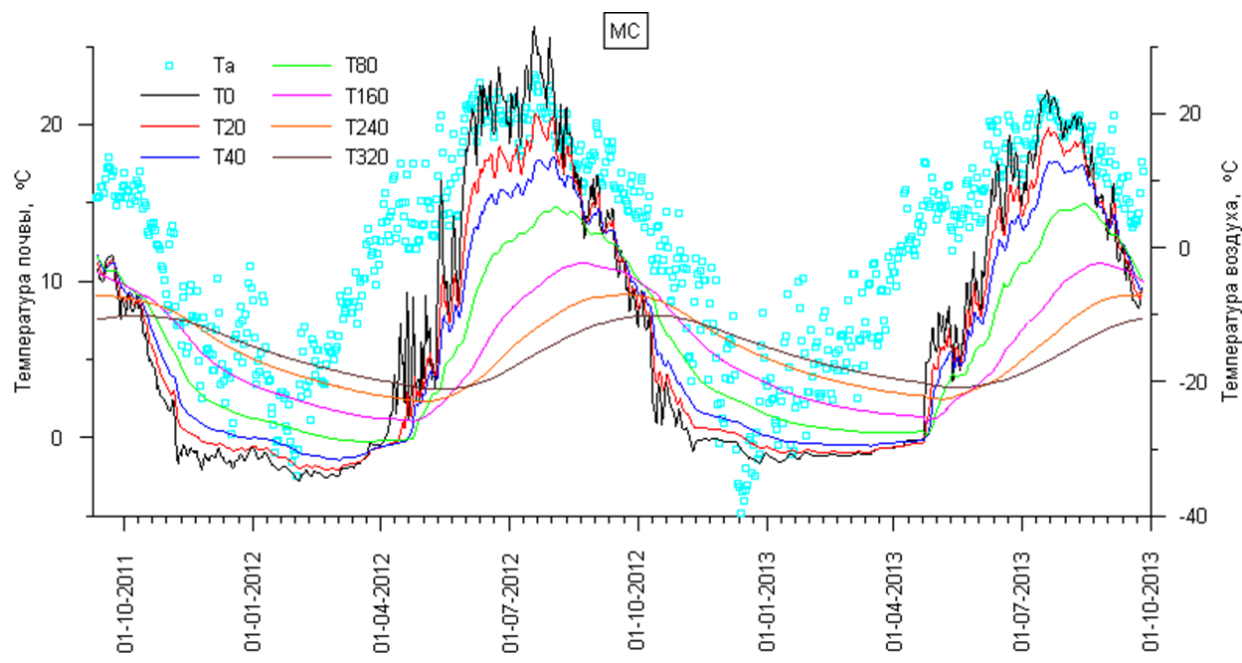
0%

Database Cron

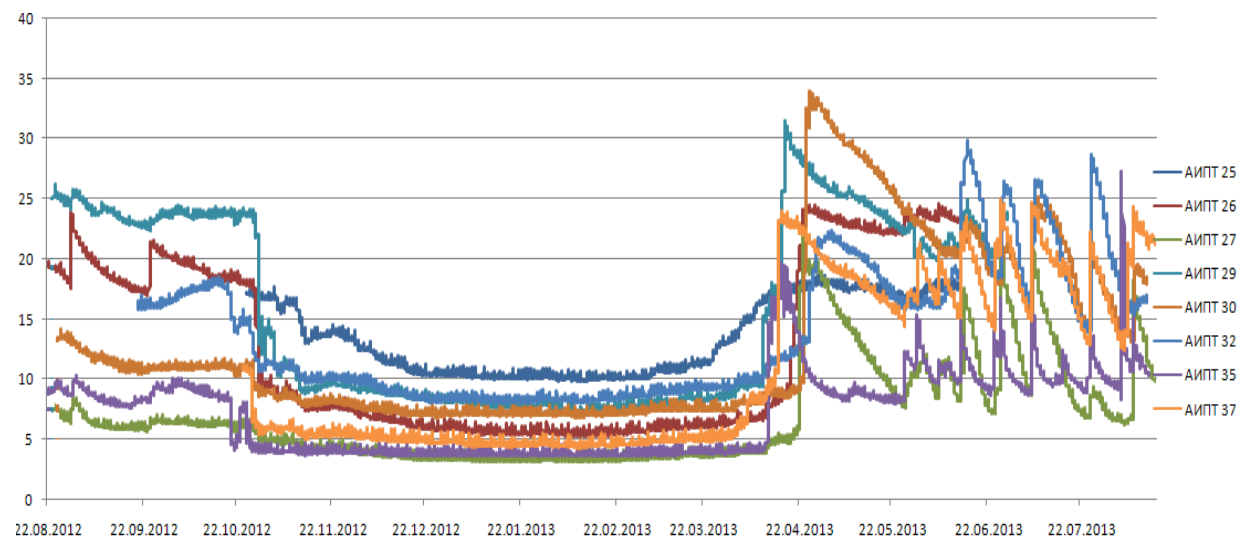
Версия программы	Версия загрузчика	№ телефона	Маркировка	Корпус	UTC	Схема платы	Схема соединений	Интерфейс	Модем (5,1,90,60) 22304
БИМ2-26/92		internet.emt.ee-37257065255	САМ-ЦБ1-№60000104	К190, ЦМП-2-3,1	+8	БИМ2.4-СМ-03-14	БИМ2.4-СМ-03-14_	USB, SD	GSM-CH, ант-909-GSM/3G, разъем SMA, кабель 2 м, на кронштейне

Датчик	Ед. изм.	№ входа	Функция	Задерж-ка, * 0,1 с	Доп. инфо	Разъём, пепь	Описание	Заводской №	Коефф. калибровки			№ К.
									K0	K1	K2	
Температура воздуха, 2 м	°C	8	18	-	4402	X10-X5:2	IN0-ADC0 2,0-м, ШТЛ-4*0,12	28405A820B00005С				159
Влажность воздуха, 2 м	%	9	10	-	5402	X10-X5:4	IR0-ADC1	НН-5031-001	-23,8	0,083923 265	0	
Пиранометр	Вт/м2	10	11	-	901	X8-X5:5	IR1-ADC2 0,6+1,45 м	DAVIS-6450	0	2,298552 5013E-01	0	-
Жидкие осадки	мм	11	19		961	X9-X5:6	IR2-ADC3 1,55-м, МКШ(К)-3*0,35		0	0,2	0	0
Скорость ветра средняя	м/с	12	40	-	6002	X11-X6:2	IN4-ADC4 Мачта 2-м (цельная) Крепёж 3-ноги -150 см., шкаф под		0	1,0057499	0	0
Скорость ветра максимальная	м/с	4	0		6202		(Период измерения [1..60] с)	2	0	0	0	0
Направление ветра	Град	13	14	-	7002	X11-X6:4	IN5-ADC5 1,3 м		0	0,0412	3E-7	0
Напряжение соед. батареи	В	14	15	-	501	X2	UBP 2*0,2=1,7 м	110*69, R31=5K1	0	0,00133	0	-

Пример записи данных температуры АПИК



Влажность почвы, %



Параметры	Диапазон измерений, точность
Атмосферное давление	500 ... 810 мм.рт.ст., ±1.5 %
Температура и влажность воздуха	-55 ... +50°C, ±0.1 °C; 0 ... 100%, ±3.5 %.
Направление и скорость ветра	0 ... 360°, ±7 % 0.9 ... 78 м/с, ±5 %
Температура почвы	-55 ... +50°C, ±0.1 °C
Влажность почвы	0 ... 100%, 0 ... 40%: ±1 %; 40 ... 70%: ±2 %; Диапазон измерений: -15...+50°C
Уровень вод	0 ... 10.5 м, ±1%
Атмосферные осадки	± 0.2 мм
Высота снега	0 ... 1.2 м, ±0.05 м
Солнечная радиация	Диапазон 0.2 ... 10 μm, ±5 %, 10 – 2000 Вт/м²

Базовая комплектация



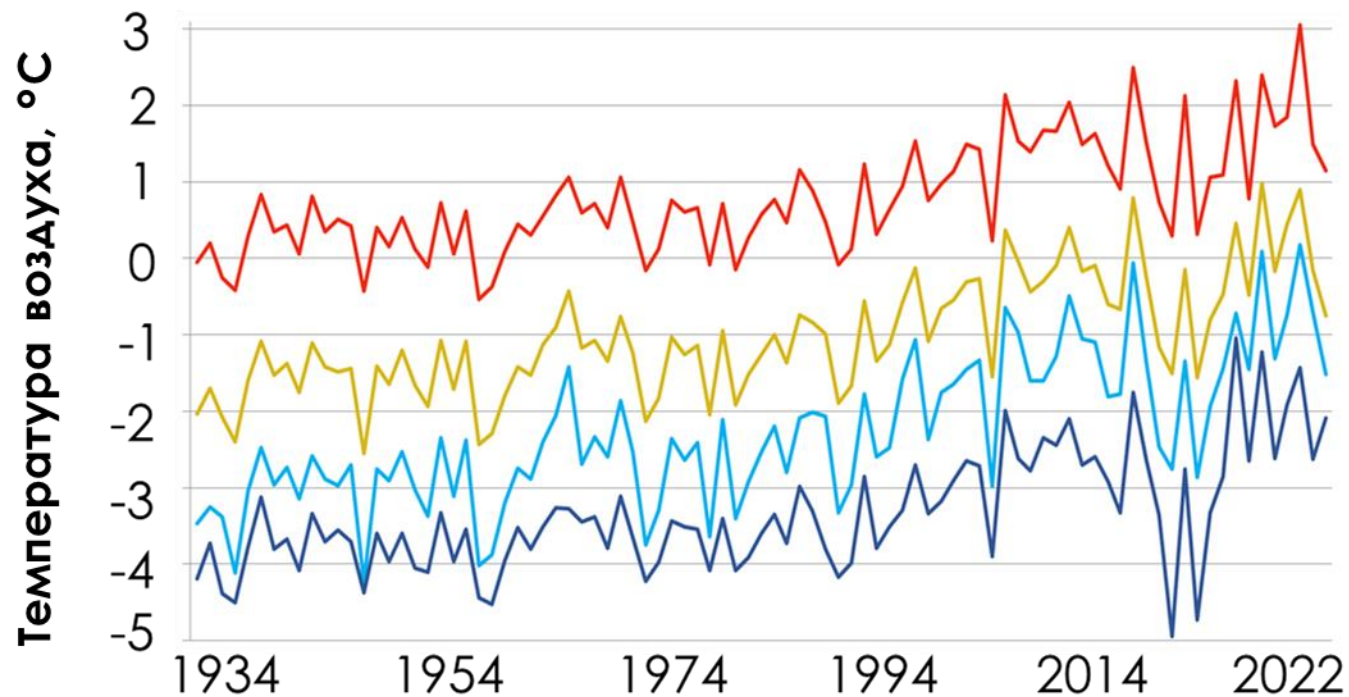
Атмосферно-почвенный измерительный комплекс (АПИК, производство ИМКЭС СО РАН)



Антивандальная комплектация

Средняя годовая температура воздуха 1934-2022 гг.

- T8
- среднее по котловине
- метеостанция Тунка
- T9

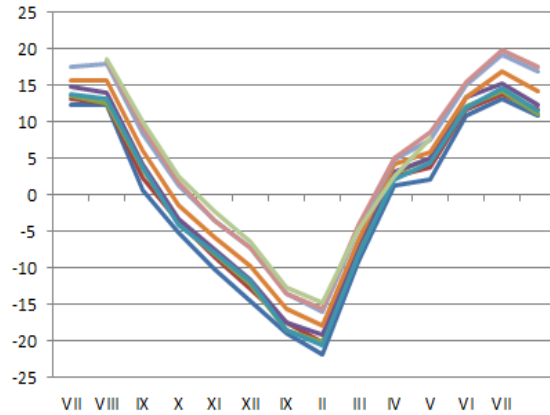


	1934-2024	1976-2020	1991-2024
T8 – 1210 м н. у. м.	0,19	0,3	0,16
среднее по котловине	0,21	0,33	0,16
метеост.Тунка – 721 м н. у. м.	0,27	0,4	0,25
T9 – 1968 м. н. у. м.	0,18	0,32	0,16

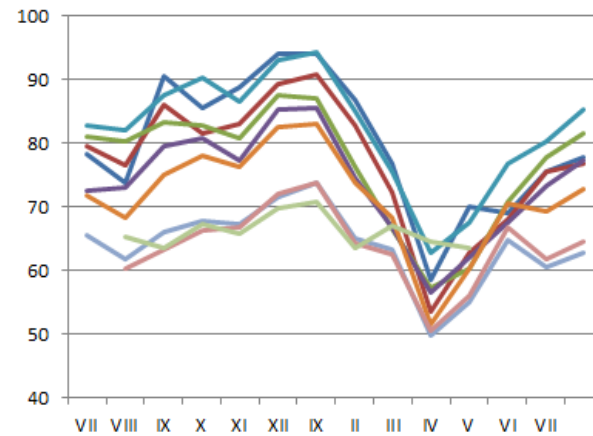
Тенденции изменения температуры воздуха, °C/10 лет

Ландшафтно-типологическая карта полигона «Сарма»

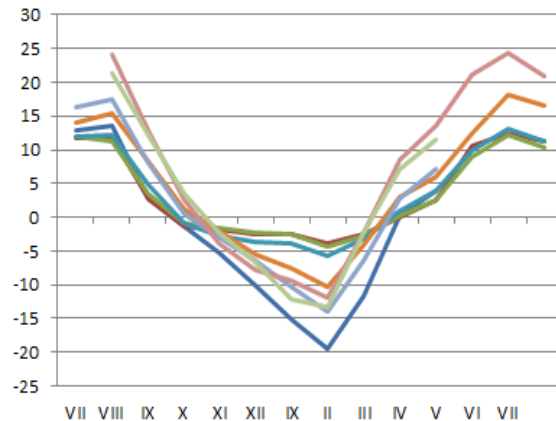
Температура воздуха, °C



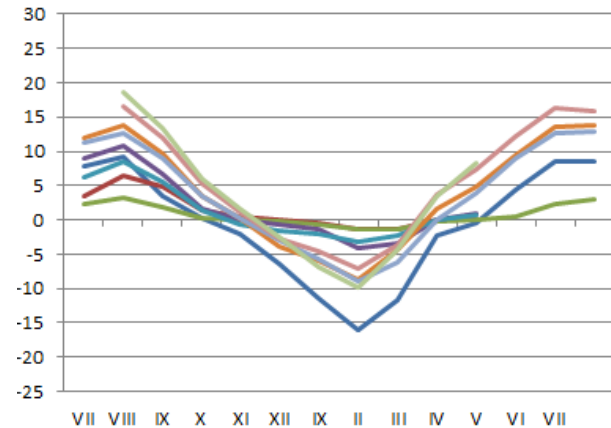
Влажность воздуха, %



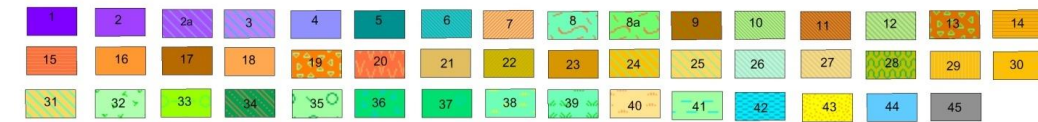
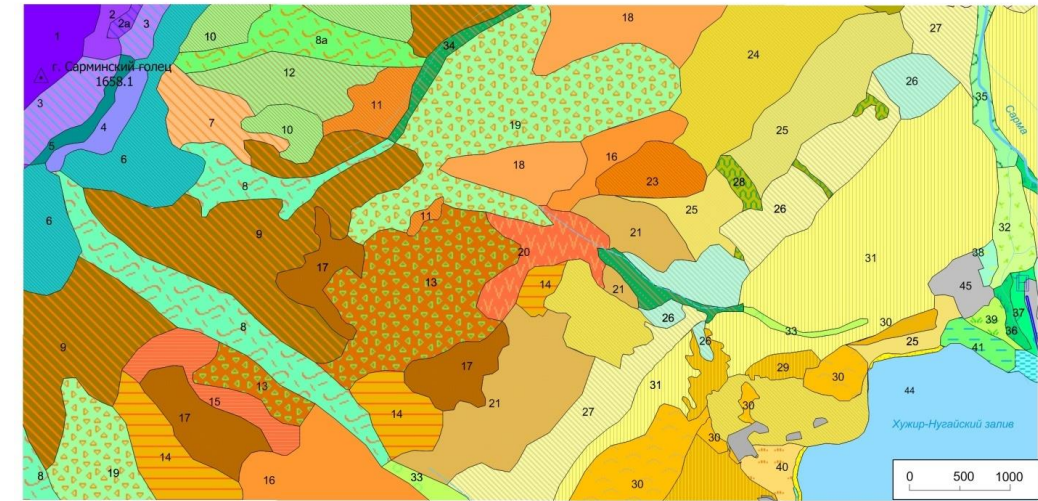
Температура поверхности почвы, °C



Температура почвы (40 см), °C



— S1
— S2
— S3
— S4
— S5
— S6
— S7
— S8
— S9



1-4 Гольцовые горно-тундровые (1650–1500 м); **5-6** Подгольцовые (1450–1350 м); **7-12** Горно-таежные условий редуцированного развития (1400–900 м). Верхняя часть пояса (1500–1300 м); **13-22** Горно-таежные (1300–900 м) поперечных горных отрогов хребта, водоразделов и пологих склонов; **23-28** Низкогорные горно-таежные и горные степные (900–600 м) склонов Приморского хребта; **29-32** Подгорные таежные (подтаежные) и горные степные Приольхонского плато (мелкосопочника) (600–500 м); **33-39** Речных долин и конуса выноса интрозональные; **40-44** Прибрежных наклонных равнин и субаквальные; **45** Антропогенные.

Постпирогенная динамика



• Фон

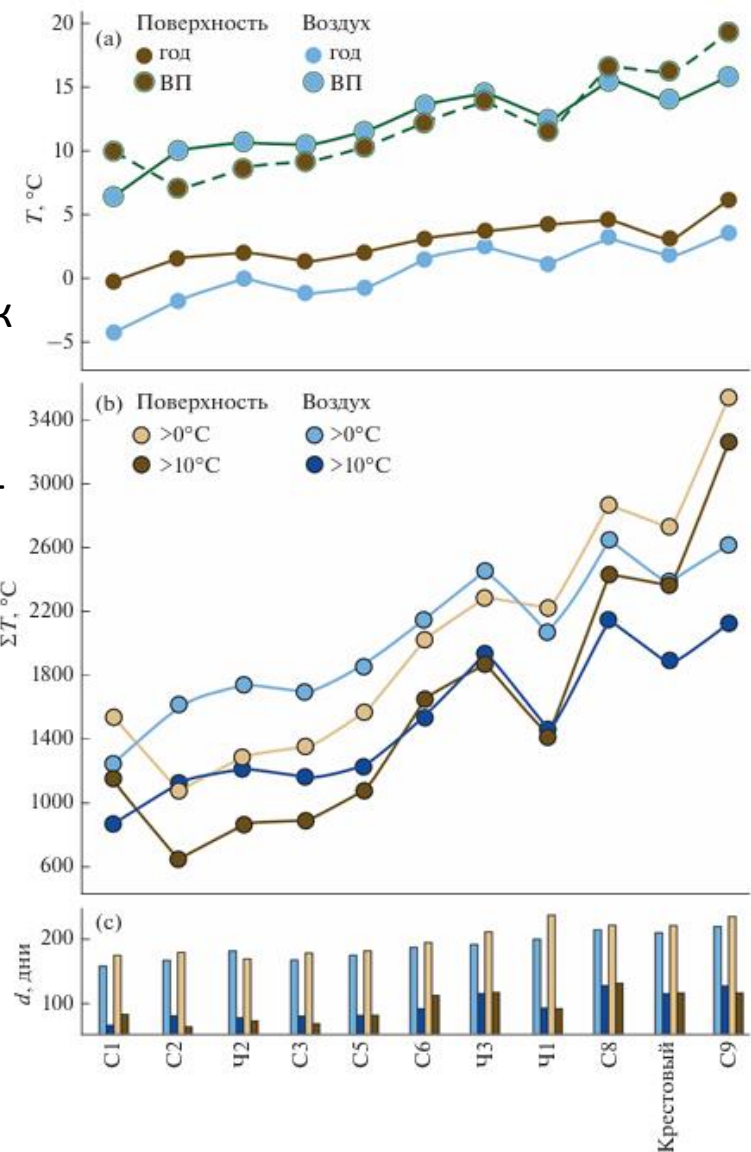


Гарь

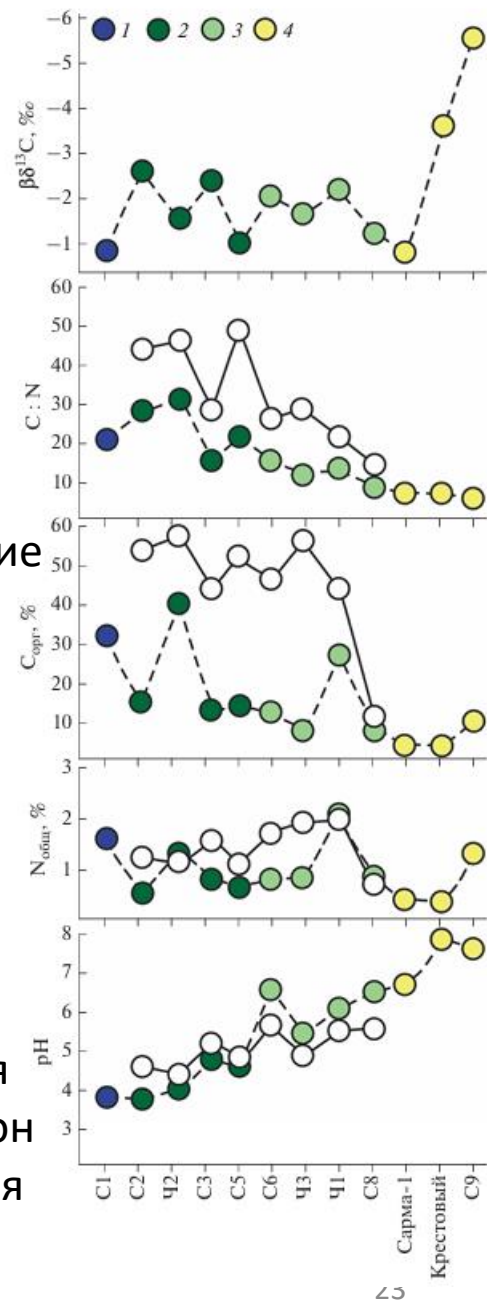


Voropay N. N., Atutova Zh. V., and Shuklina E. S. Long-Term Soil Temperature Dynamics in Pyrogenically Transformed Geosystems of the Tunka Depression .Geography and Natural Resources, 2022, Vol. 43, No. 2, pp. 163–174

Дифференциация
исследуемых площадок
по температурным
условиям воздуха и
поверхности почвы: а –
сред ние годовые
температуры воздуха и
средние температуры
за вегетационный
период; б – суммы
температур >0 и 10°C ;
с – длительность
периодов с
положительными
температурами.



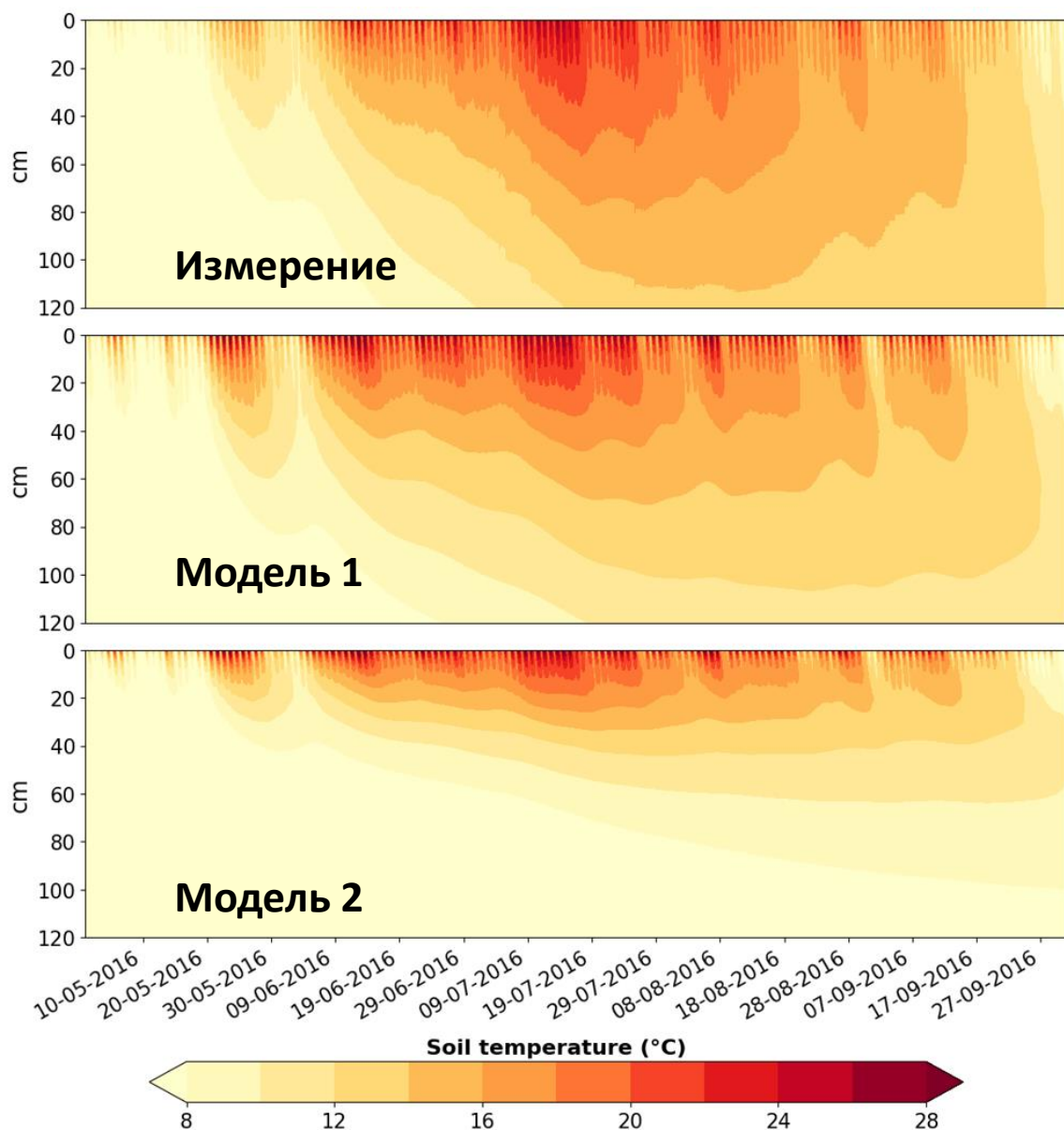
Некоторые химические
свойства почв иссле
дуемых площадок
Ландшафты:
1 – гольцовые;
2 – таежные;
3 – подтаежные;
4 – степные.
Закрашенные круги
показывают значения
для гумусовых горизон
тов, белые круги – для
опада.



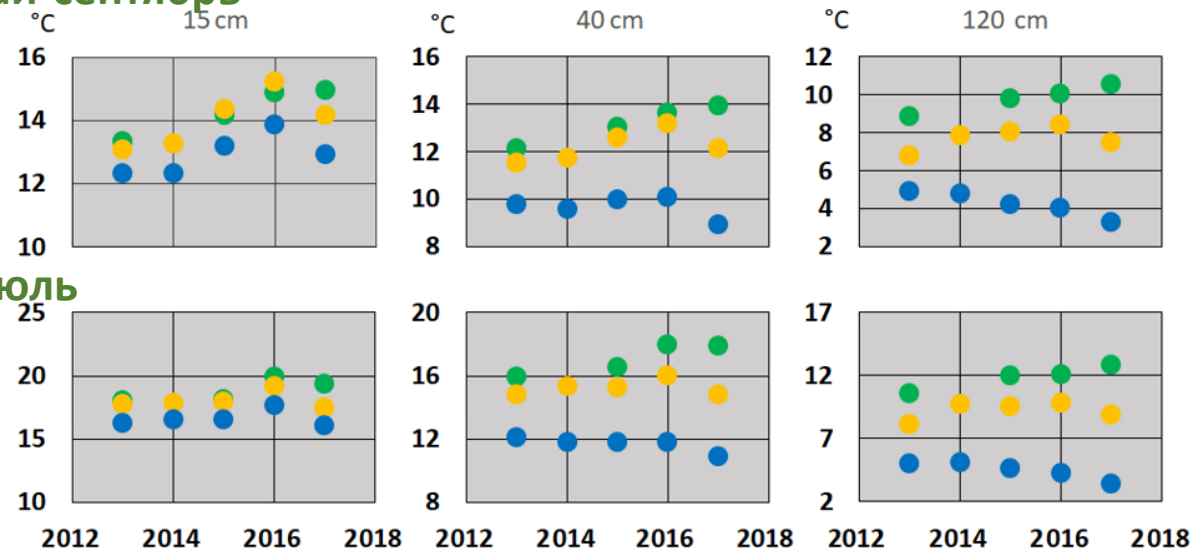
A. A. Ryazanova, V. Yu. Bogomolov

High-Resolution Soil Data in Land Surface Modelling: Reducing Uncertainties in Heat Balance Simulations for Siberian Ecosystems

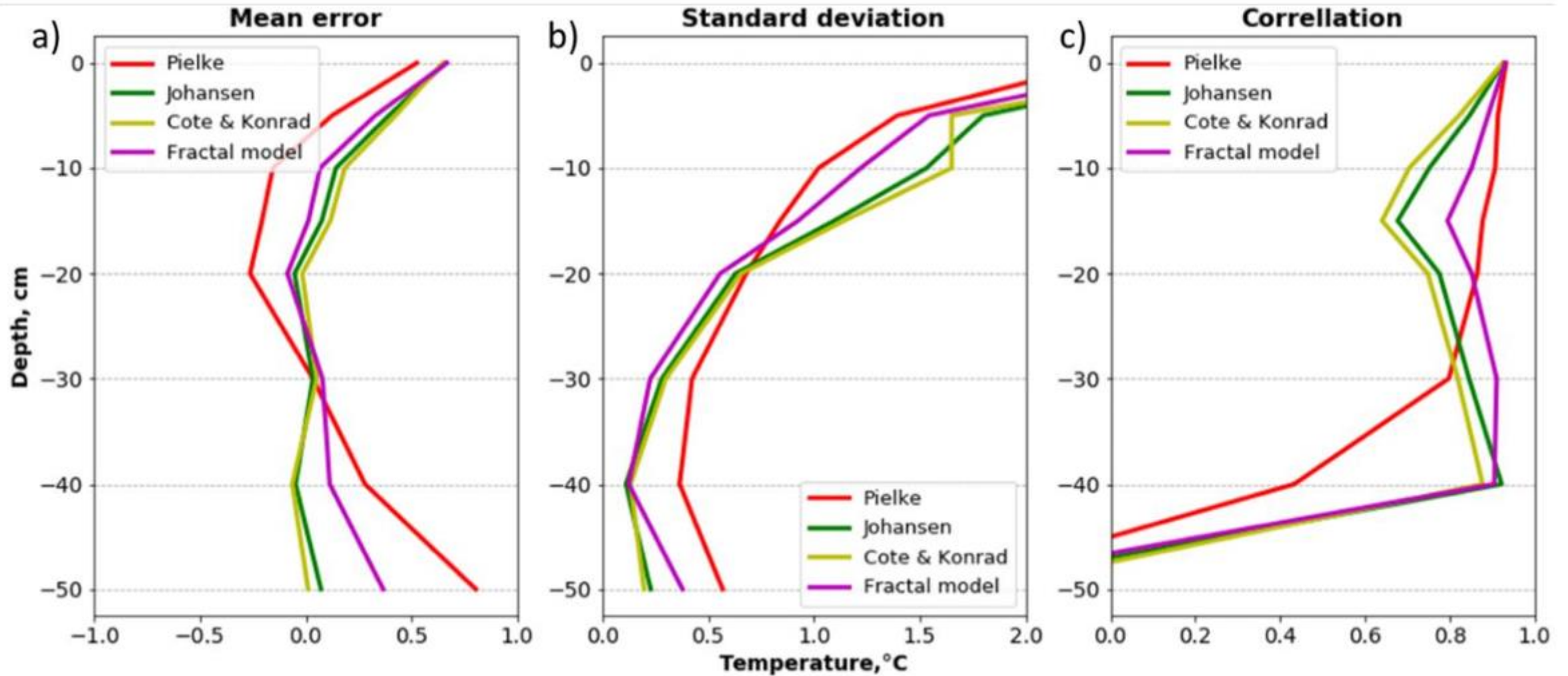
(в печати)



Май-сентябрь



Измерение, Модель 1, Модель 2



Model error metrics for peat bog soil.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Воропай Надежда Николаевна
voropay_nn@mail.ru
+7 914 924 8130

