



Состояние, проблемы и перспективы теплового дистанционного мониторинга экологической безопасности

Горный Виктор Иванович

Заведующий лабораторией
Дистанционных методов геоэкологического мониторинга и геоинформатики

Городской семинар
«ИНФОРМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ»

Санкт-Петербург
2026 г.

2

Зарождение тепловой аэросъемки в СССР

«Отец» отечественной гражданской тепловой аэросъемки:
Д.г-м.н., проф. лауреат Государственной премии.

Борис Владимирович Шилин (1935 – 2021).

В Лаборатории аэрометодов (ЛАЭМ) АН СССР (Ленинград)
с конца 1960 гг руководил разработкой технических
требований к бортовым тепловизорам и методик их применения
при решении задач охраны окружающей среды и геологии.

Позже ЛАЭМ преобразована во ВНИИКАМ Мингео СССР.

С 1995-2021 гг. Б.В.Шилин работал г.н.с. НИЦЭБ РАН, СПбФИЦ РАН



3

**Аналоговый этап –
регистрация информации на фотопленку**

Особенности этапа

1. Бортовые тепловизоры с аналоговой системой регистрации сигнала с катодной трубки на фотопленку.

Тепло 4 (ГОИ) – на два фото-пулемета

Тепло М (ГОИ) - на лентопротяжный механизм с фотопленкой.

Темп 3Р (ЦКБ Геофизика» – Включение - одной кнопкой. Сигнал с системы автоматической регулировки уровня для регистрации высокочастотной составляющей регистрировался на фотопленку в лентопротяжном механизме.
Не требовал настройки уровня сигнала в полете.

Вулкан и **Малахит – (Азовский оптико-механический завод) – малая серия.**

2. Метод анализа результатов:

- измерительный контроль качества регистрации на фотопленку – денситометрия;
- **тематический анализ – визуальное дешифрирование.**

5

Первый опыт применения тепловой аэросъемки

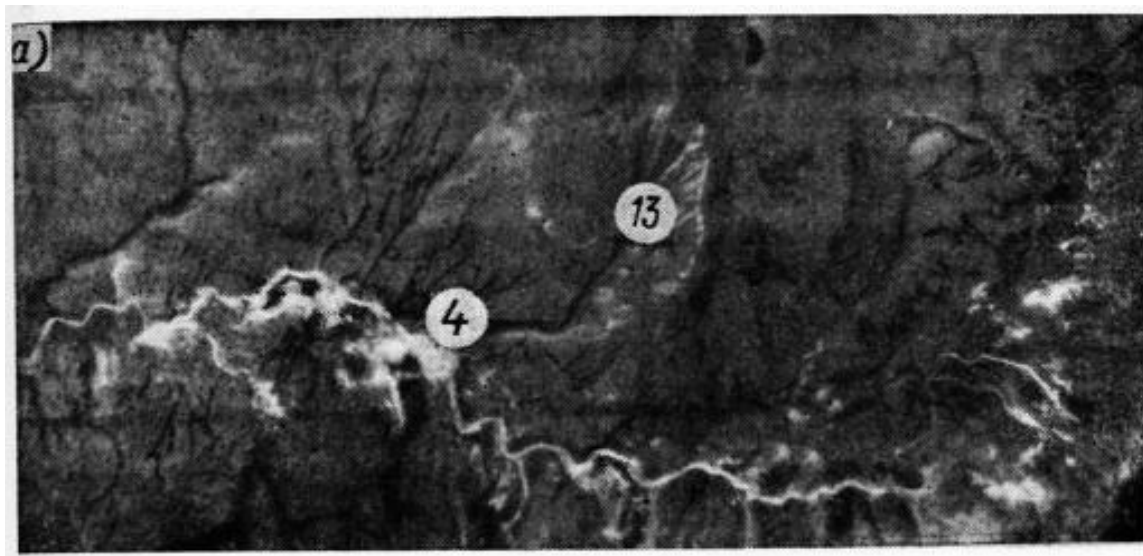
Изучение вулканической активности и гидротермальных полей
на п-ове Камчатка, 1973 г.

Тепловой аэроснимок **Долины гейзеров**

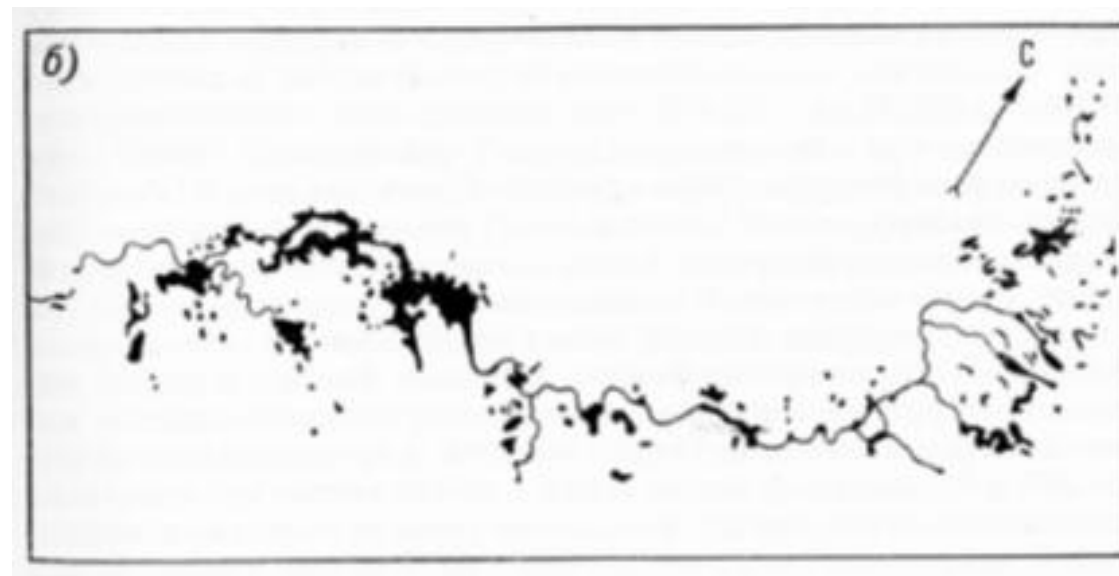
Тепловизор Темп-3Р ЦКБ «Геофизика»

Спектральный интервал 3,2 - 5,3 мкм

Схема дешифрирования



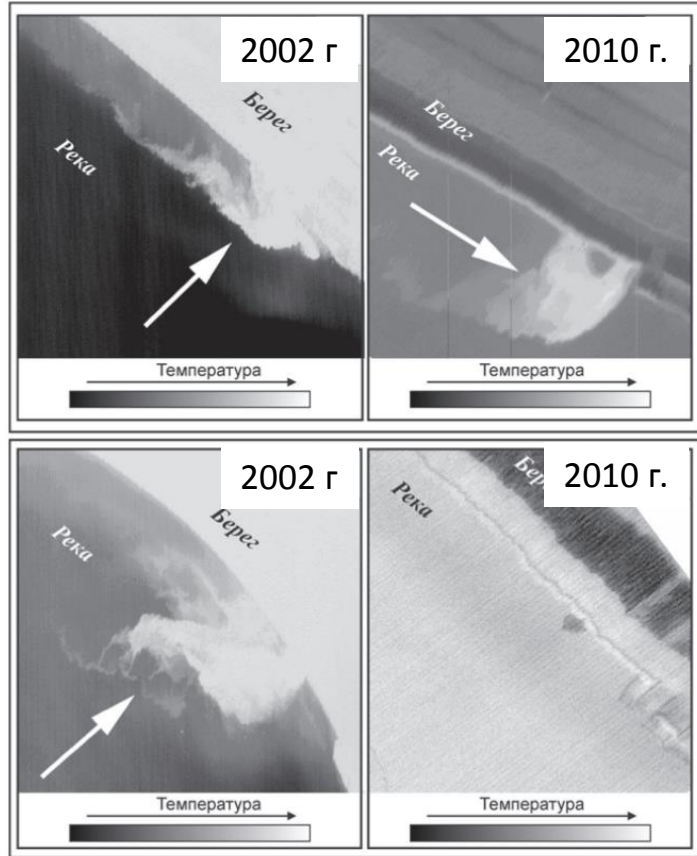
Контраст температур



Б.В.Шилин. Тепловая аэросъемка при изучении природных ресурсов. Гидрометиздат. 1980. 246 С.

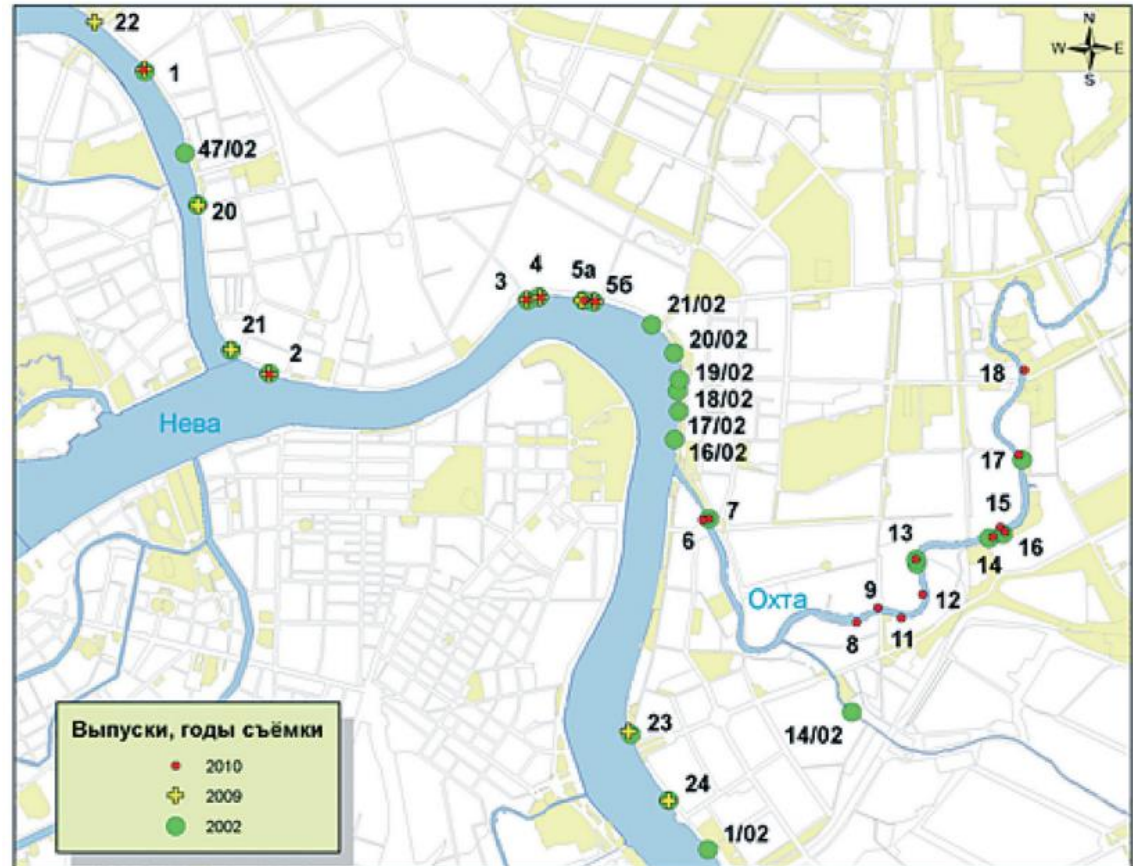
Контроль сбросов бытовых и промышленных вод в реки С-Петербурга

Результаты тепловой аэросъёмки.
Набережная р. Невы у Феодосийской ул.,



Набережная р. Невы у Пискаревского пр.

Карто-схема выпусков бытовых и промышленных вод
в водотоки Санкт-Петербурга (2002, 2009 и 2010 гг.)
(по результатам тепловой аэросъемки)



7

Контроль состояния, уточнение планового положения подземных теплосетей

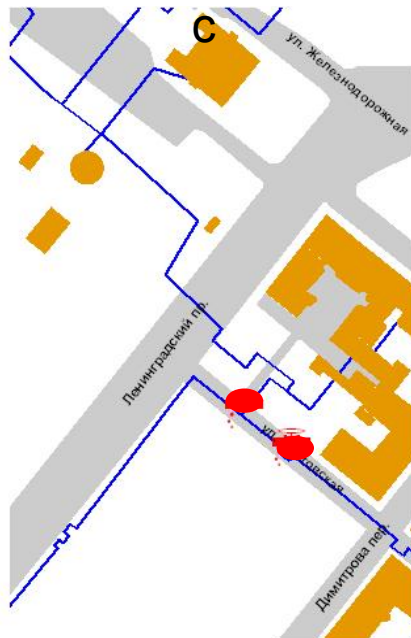
Видимый диапазон



Тепловой аэроснимок

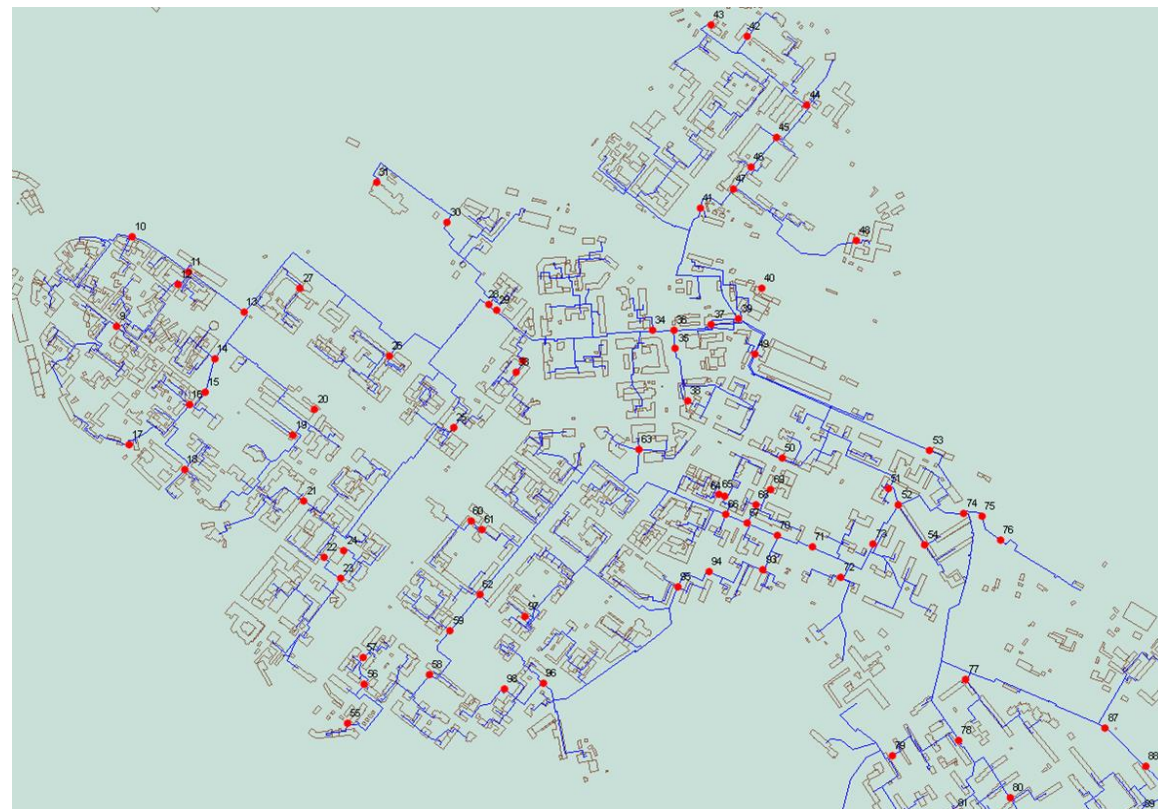


Схема теплотрас



- - теплосети.
- застройка.
- - аномалии.

Карта-схема тепловых аномалий.
г. Выборг



8

Комплексирование тепловой аэросъемки с наземной термометрией:

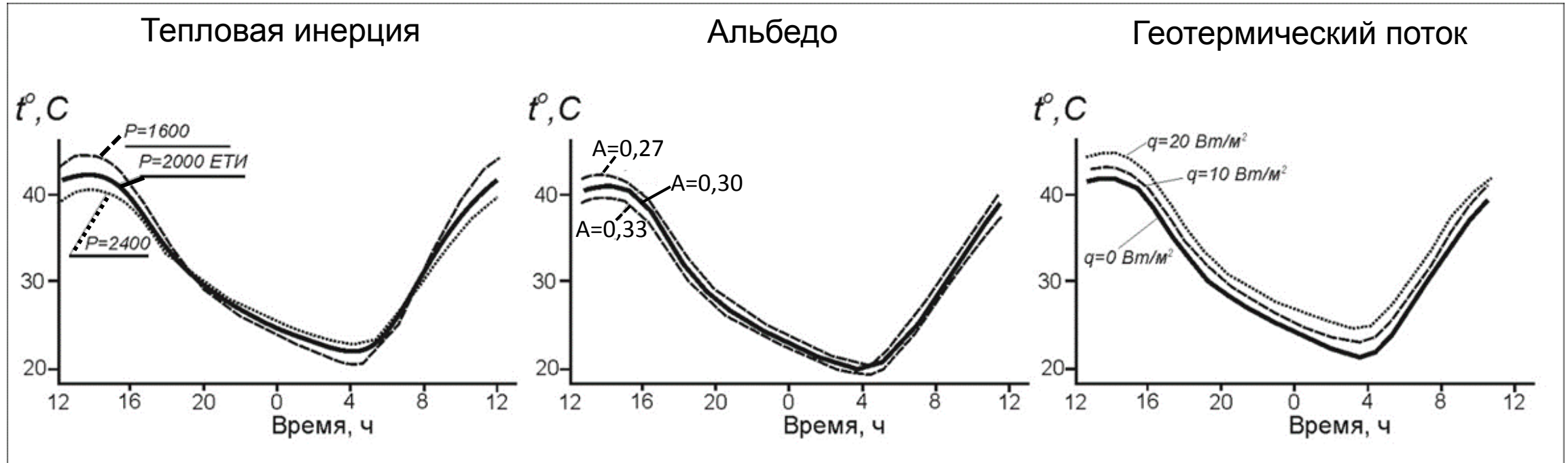
- аэрофотосъемка на фотопленку;
- наземные измерения ртутными термометрами;
- математическая модель формирования температуры подстилающей поверхности.

Модель суточного хода температуры дневной поверхности

9

Верифицирована на Сухих соляных озерах

Влияние вариаций основных температуро-формирующих факторов



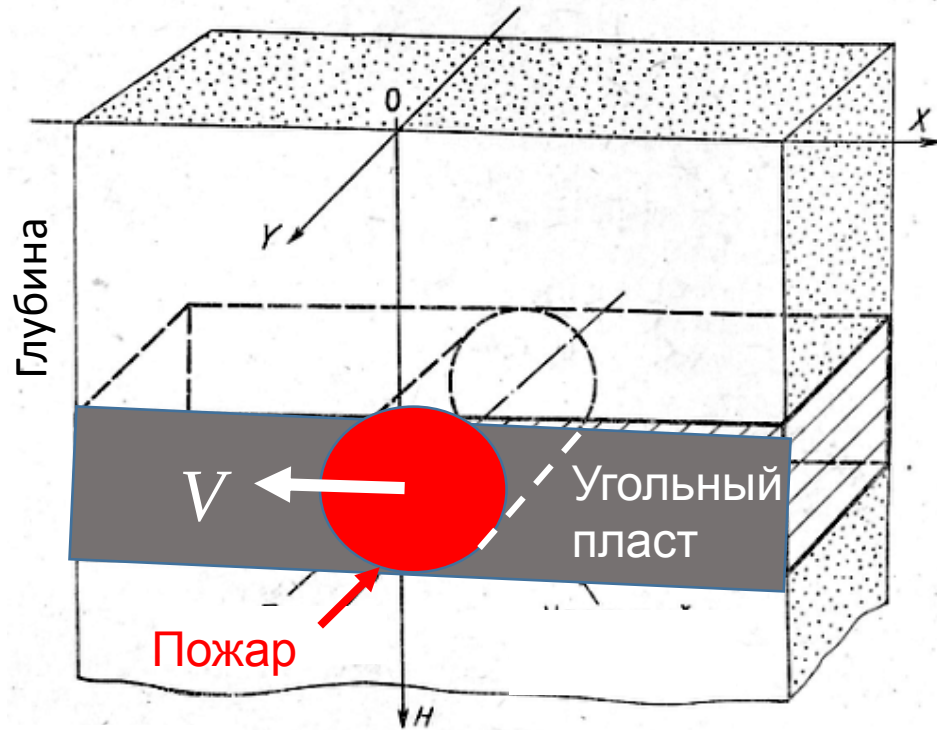
Тепловая инерция: $p = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}$

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
 c - удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);
 ρ - плотность, кг/м³.

10

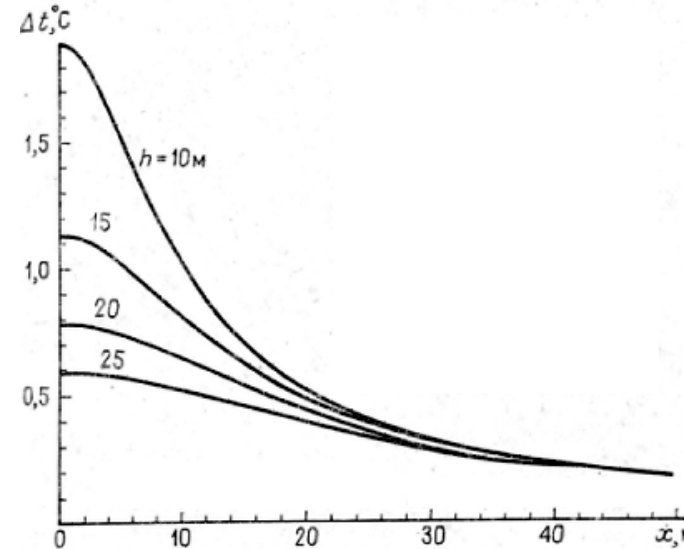
Модель температуры поверхности над погребенным переменным источником тепла

«Горячий» горизонтальный цилиндр

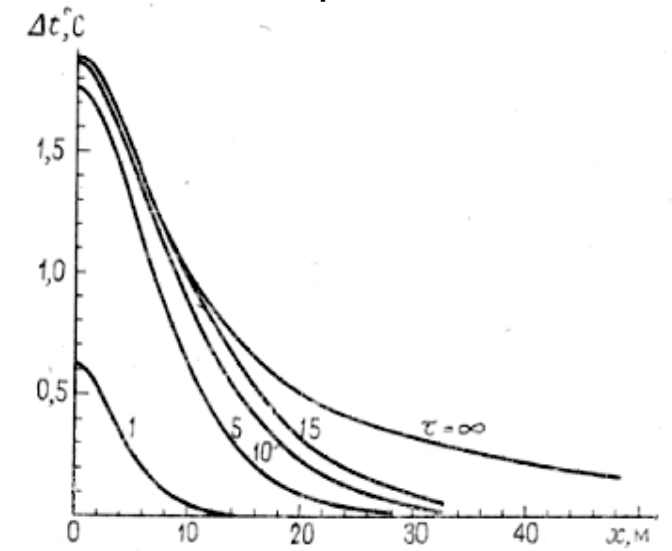


Зависимость температуры поверхности от:

Глубины залегания пожара



Возраста пожара, годы:



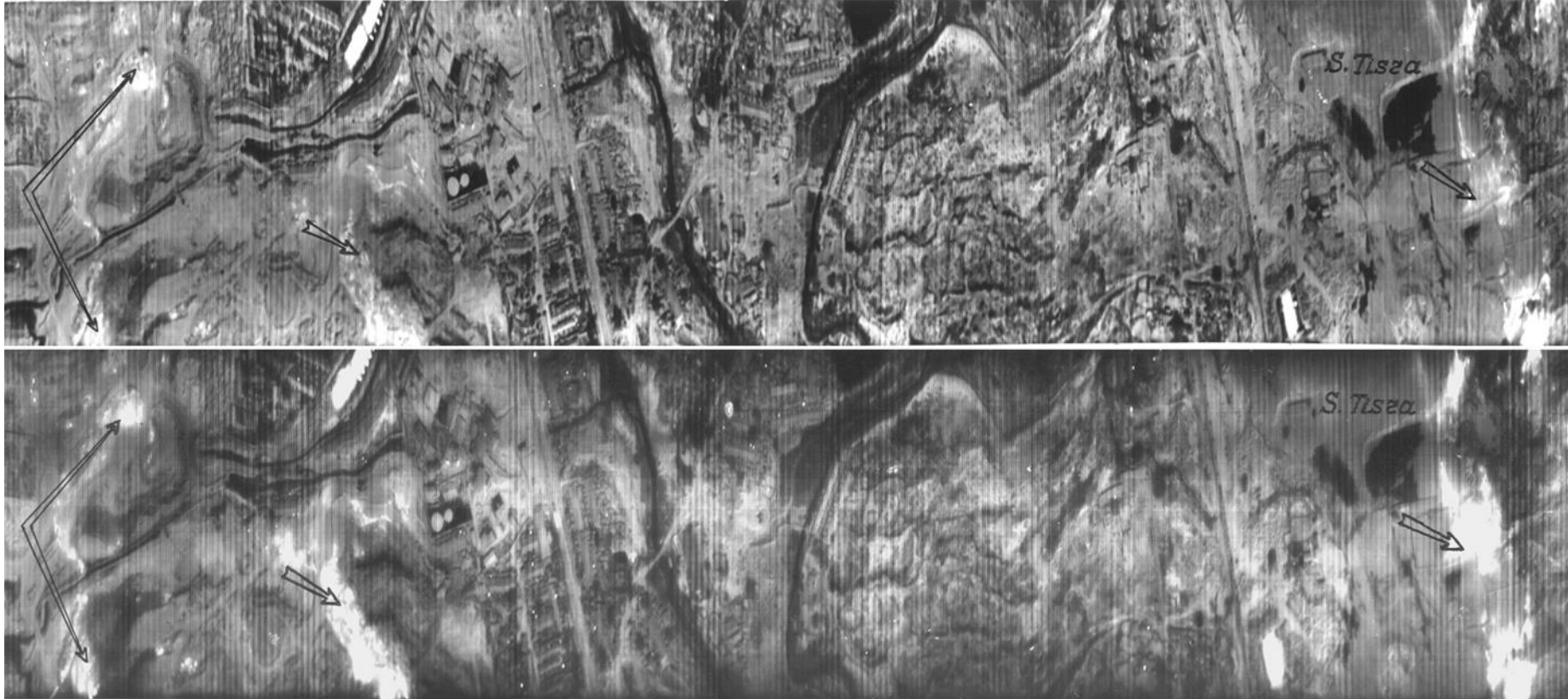
Признак возраста - «острота» аномалии

Модель верифицирована на запожаренном месторождении коксующихся углей в Индии.

Разведка пожаров углей на угольных пластах месторождении Джария (Индия)

11

Тепловые аэроснимки запожаренного блока Мукунда



Спектральный интервал 8 – 13 мкм (вверху) и 3 – 5 мкм,
1986 год, тепловизор «Вулкан» (Азовский ОМЗ)

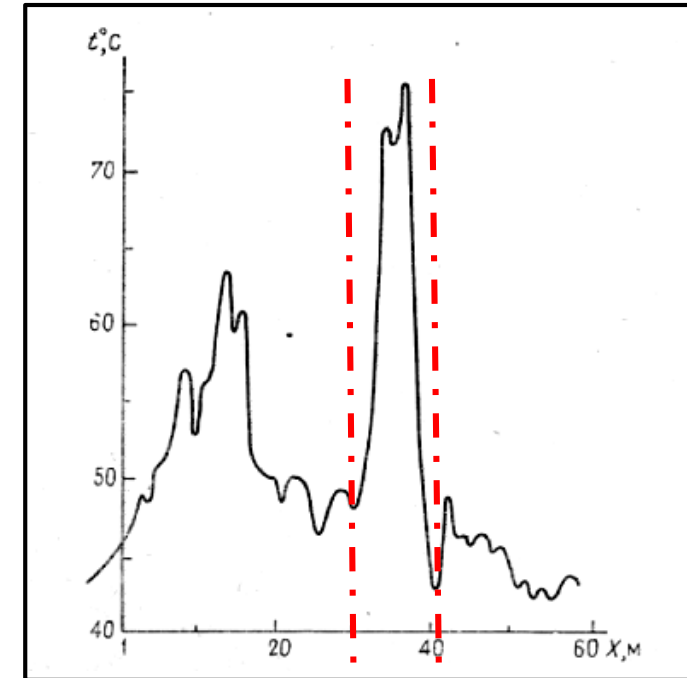
Наземная термометрия

Первое измерение – начало верификации модели

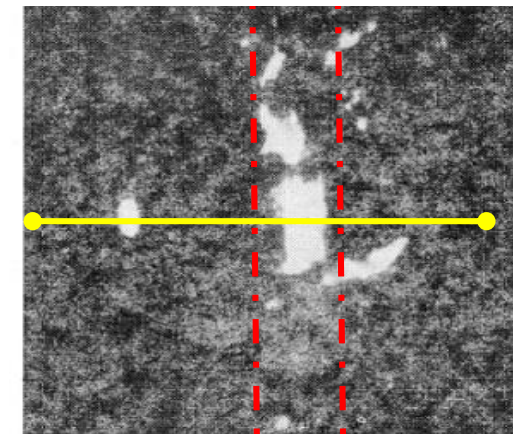


Ртутный термометр

Температурный профиль над подземным пожаром углей



Тепловой аэроснимок



13

Результаты разработанной методики комплексного применения тепловой аэросъемки с аналоговой системой регистрации и наземной термометрии

Впервые в мире разработана методика определения параметров пожара на угольных пластах:

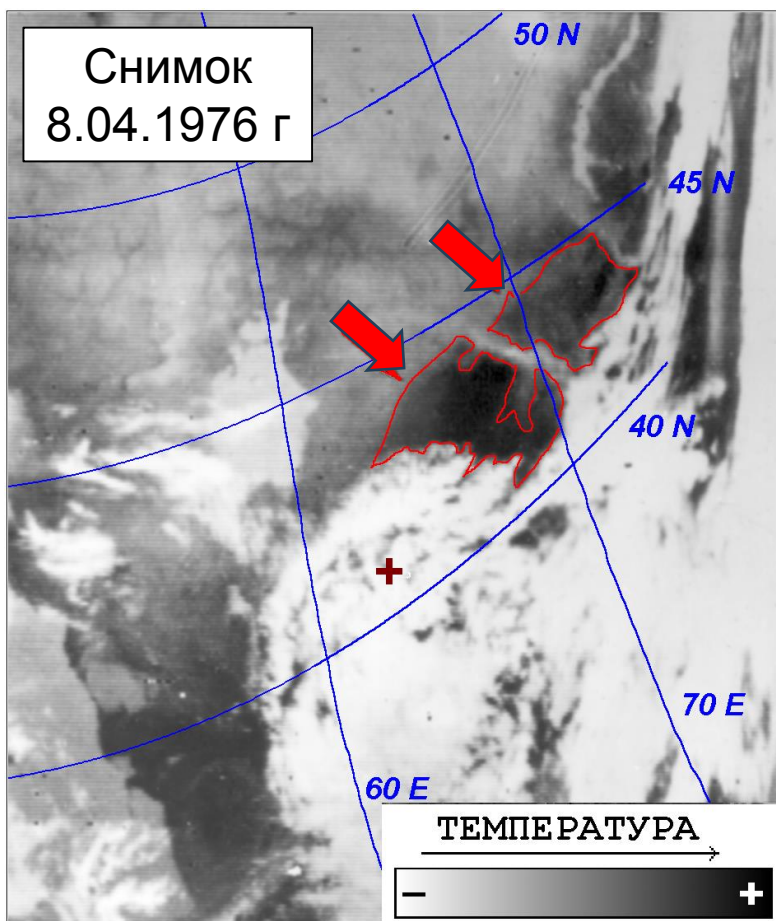
- местоположение;
- глубина;
- возраст;
- направление движения;
- ежегодная масса сгораемого угля.

**Тепловая космическая съемка
цифровыми измерительными
системами картирования температуры
подстилающей поверхности**

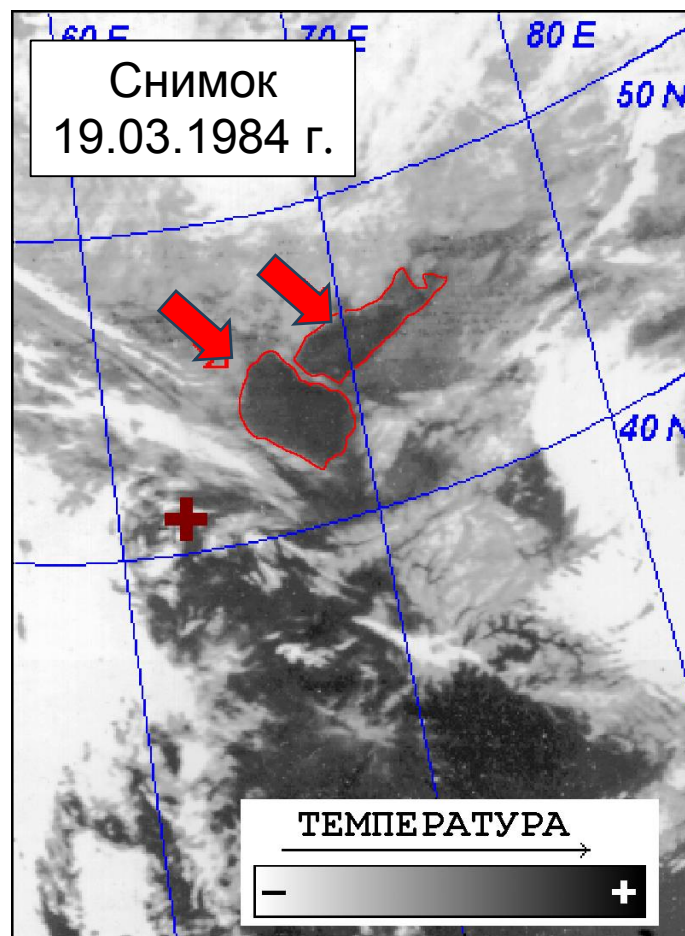
15

Цифровой измерительный сканер AVHRR спутника NOAA обеспечил ежедневный мониторинг уходящего длинноволнового инфракрасного излучения Земли

Газлийское землетрясение
8. 04.1976 г. (M=7.3).



Газлийское землетрясение
19.03.1984 г. (M=7.2).



Полуколичественный анализ
выявил:

**Закономерное появление
температурных аномалий
перед крупными землетрясениями**

**Первая в мире публикация по применению
космической съемки для изучения
геодинамики:**

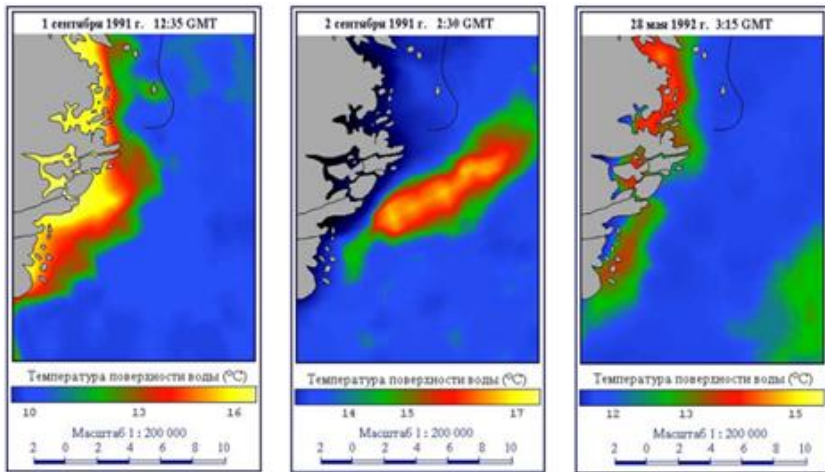
*В. И. Горный, А. Г. Сальман, А. А. Тронин, Б. В. Шилин,
Уходящее инфракрасное излучение Земли –
индикатор сейсмической активности,
Докл. АН СССР, 301:1 (1988), 67–69*

16

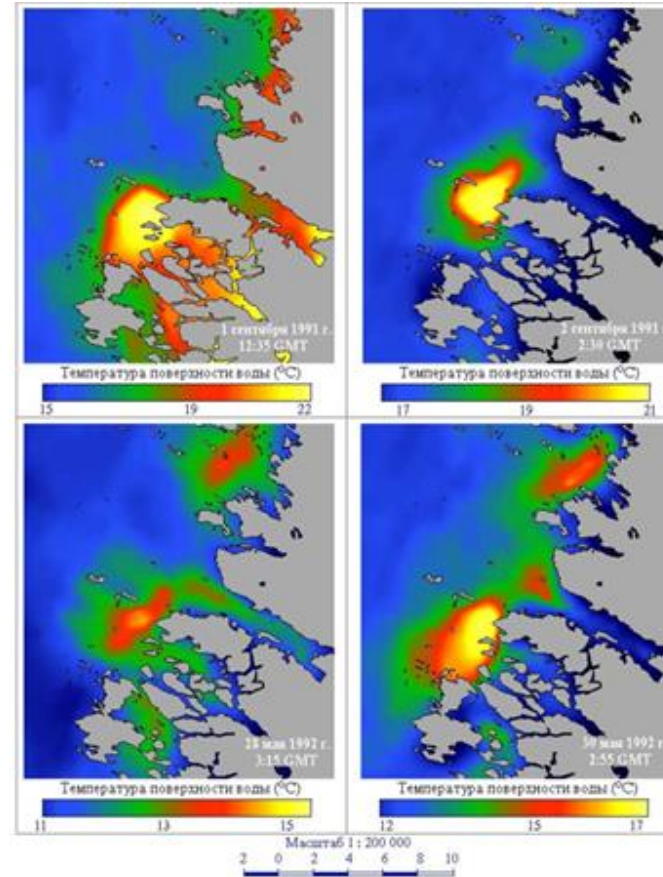
Измерительный подход

Вклад вод охладителей атомных электростанций в тепловой баланс Балтийского моря

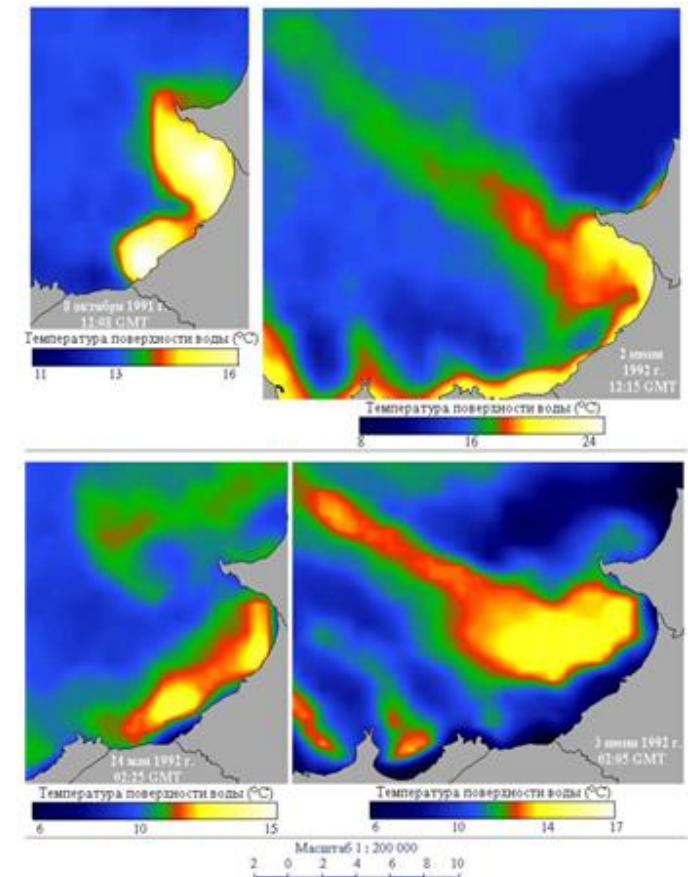
АЭС Oskarshamn (Швеция)



АЭС Olkiluoto (Финляндия)



Ленинградская АЭС



Вклад вод гидроохладителей АЭС и рек в тепловой баланс Балтийского моря

Шлейф	Дата	Время (Гринвич)	Площадь шлейфа км²	Тепловые потери, МВт
Россия				
ЛАЭС	24.05.1992	2:25	43	920
река Луга			87	1000
река Нарва			160	2000
Швеция				
АЭС Форсмарк	02.09.1991	2:30	27,2	1300
река Дальэльвен			44,6	275
Финляндия				
АЭС Олкилуотто	28.05.1992	3:15	7,9	54
Зал. Бредвик	30.05.1992	2:55	7,0	98
Финляндия				
АЭС Ловисса	03.06.1992	2:05	21,4	270
река Кюмин Йоки			56	240

Gornyi V.I., Kritsuk S.G., Latypov I.Sh., Tronin A.A., Shilin B.V. ESTIMATING THE HEAT LOSSES OF NUCLEAR POWER STATIONS FROM SPACE-BASED THERMAL IMAGING DATA. *Journal of Optical Technology*. 1999. T. 66. № 8. C. 676-681.

Gorny V.I., Kritsuk S.G., Latypov I.Sh., Tronin A.A., Shilin B.V. ESTIMATION OF NUCLEAR POWER PLANTS INFLUENCE ON THE BALTIC SEA THERMAL STATE BY USING INFRARED THERMAL SATELLITE DATA. *International Journal of Remote Sensing*. 2000. T. 21. № 12. C. 2479-2496.



д.т.н., проф., лауреат Ленинской и Государственной премий

Арнольд Сергеевич Селиванов – впервые получивший изображение обратной стороны Луны.

– главный конструктор измерительной системы «Термоскан» для съемки поверхности Марса в видимом и тепловом диапазонах спектра.

Научные задачи тепловой космической съемки Марса (Шилин Б.В., Горный В.И., Тронин А.А.)

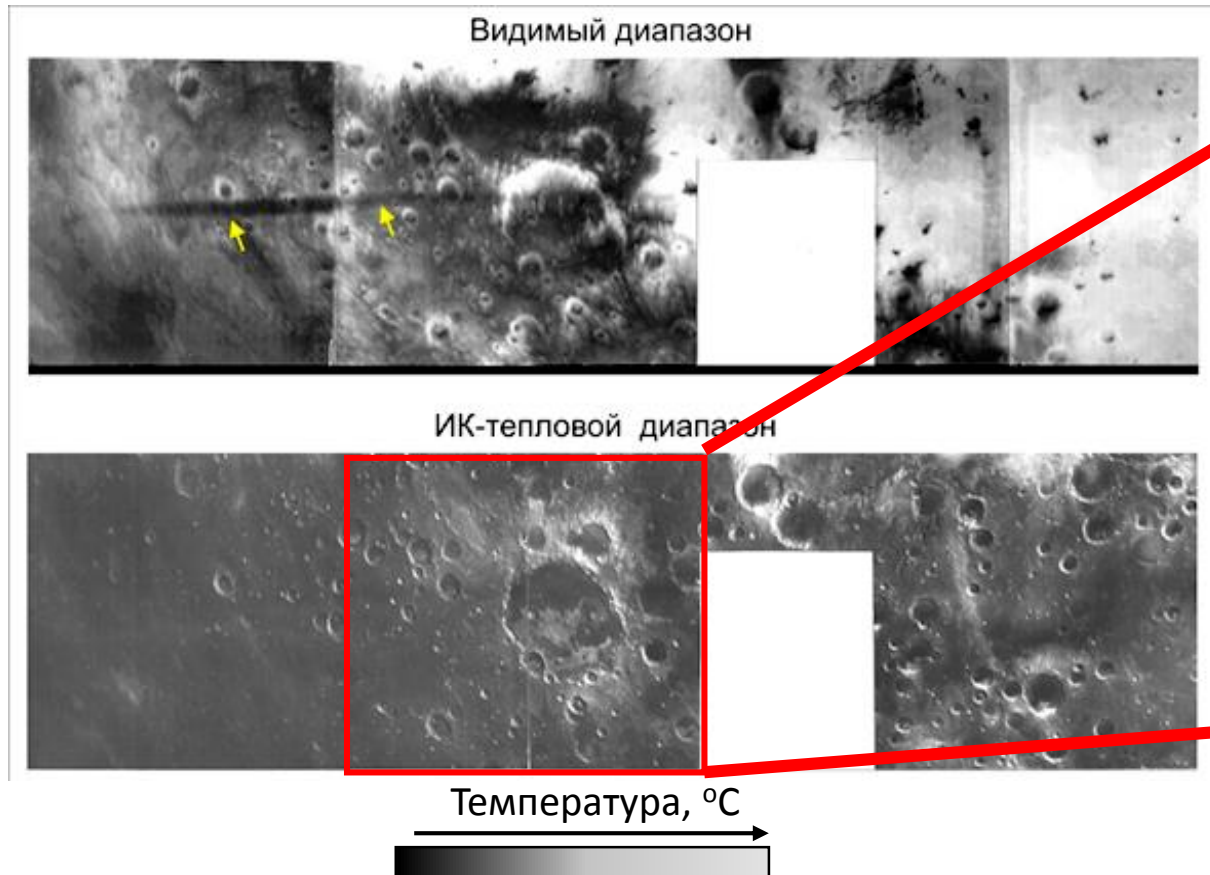
- сравнительный анализ изображений видимого и ИК-теплого каналов «Термоскана»;
- впервые составить температурную карту поверхности Марса с разрешением 1,8 км;
- изучить дневную и сезонную динамику температур поверхности Марса;
- **построить карту тепловой инерции поверхности Марса с пространственным разрешением 1,8 км;**
- **выявить признаки: - участков повышенной влажности; - эндогенного подогрева поверхности.**

Эксперимент «Фобос» - Измерительная тепловая съемка Марса

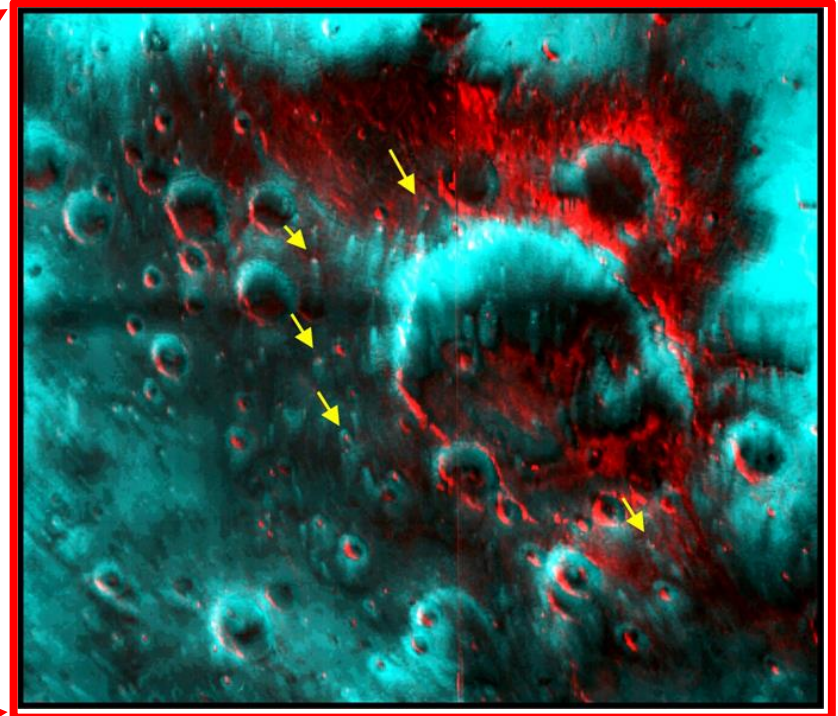
19

1989 г. - впервые с пространственным разрешением 1,8 км выполнена космическая съемка Марса в видимом и ИК-тепловом диапазонах спектра ЭМВ.

Изображения экваториальной зоны Марса,
полученные «Термосканом»



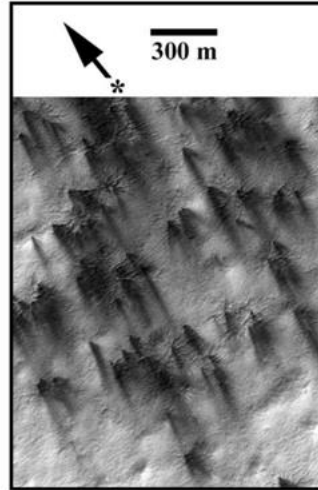
Фрагмент в RGB-представлении:
Красный – тепловой канал;
Лазоревый - видимый канал



**Впервые выдвинута гипотеза:
шлейфы – плюмы тающей углекислоты.**

Дальнейшее развитие гипотезы

Снимок высокого разрешения полярной шапки Марса (по: Greg Orme)



Модель формирования газово-пылевых гейзеров в полярных областях Марса (по: Sylvain Piqueux)

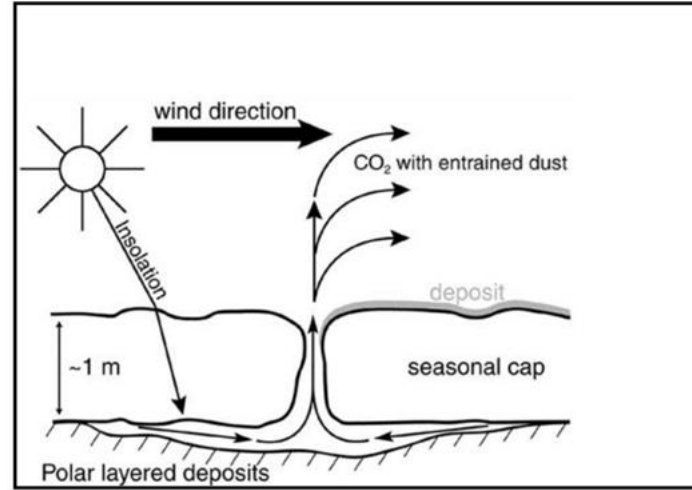
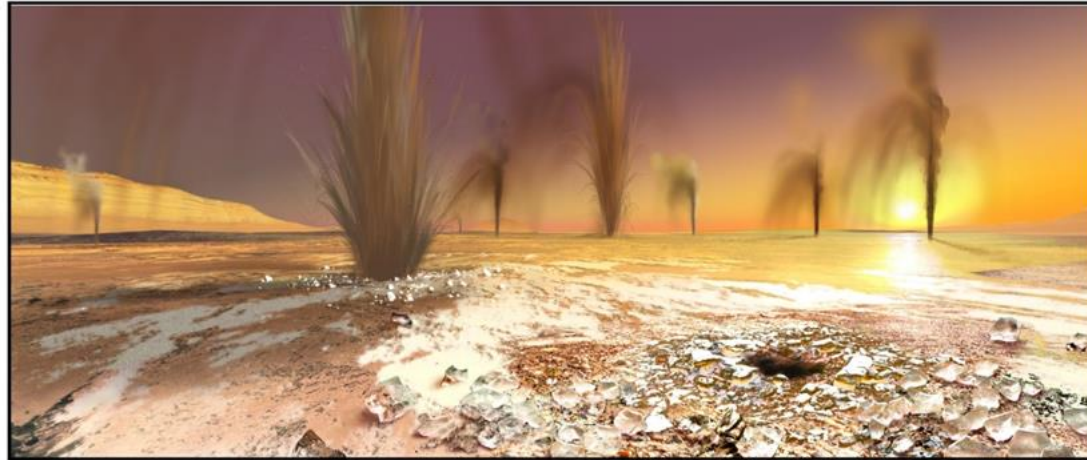


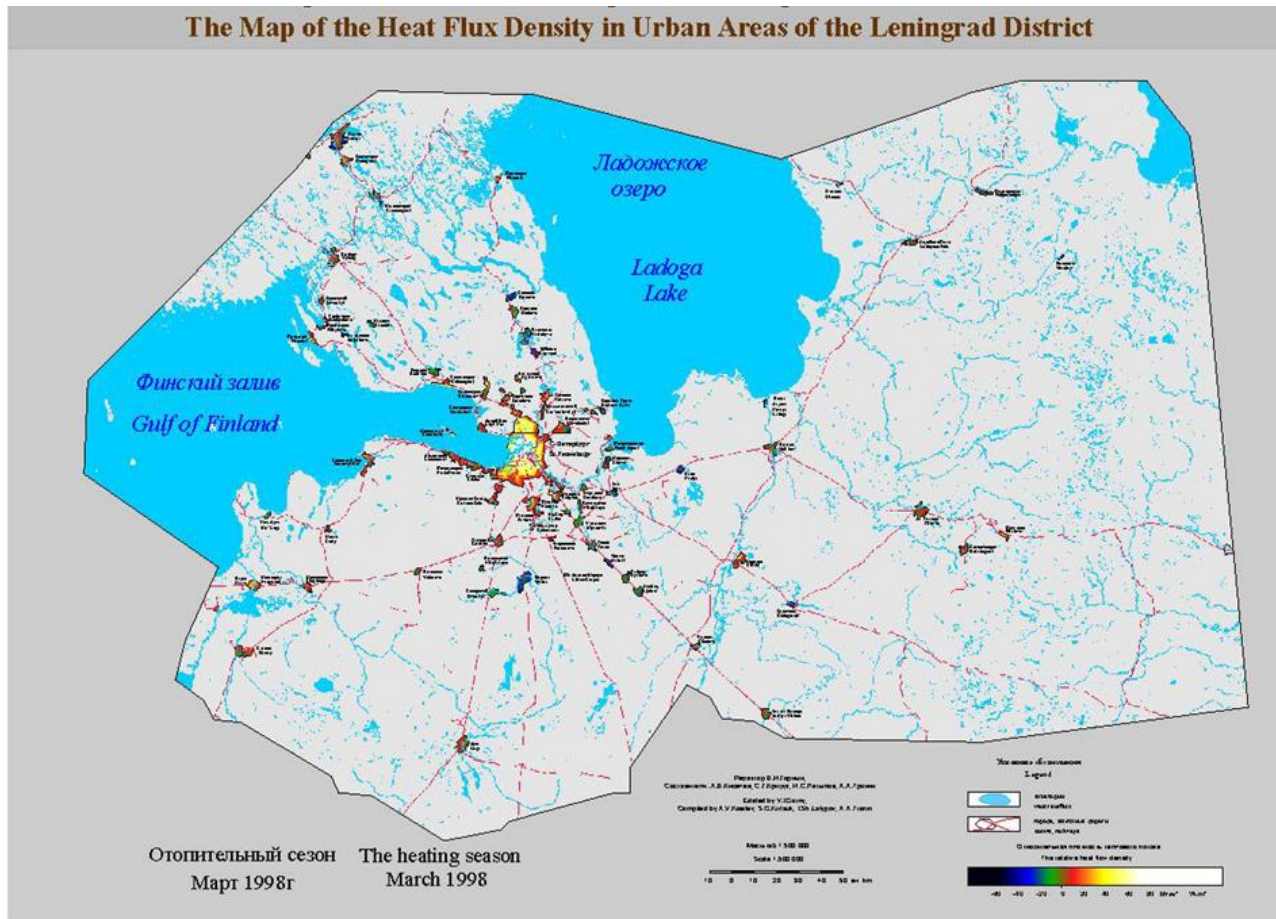
Иллюстрация Рона Миллера (Ron Miller), NASA гипотезы о газово-пылевых гейзерах, возникающих весной в полярных областях Марса



21

Теплопотери городов Ленобласти, 1998 г

Карта теплопотерь городов
(по результатам съемки спутником NOAA(AVHRR))



Теплопотери оказались выше чем данные
топливно-энергетического баланса

Ленобласти на величину ~ соответствующую
теплотворной способности, потребляемых
областью нефтепродуктов.

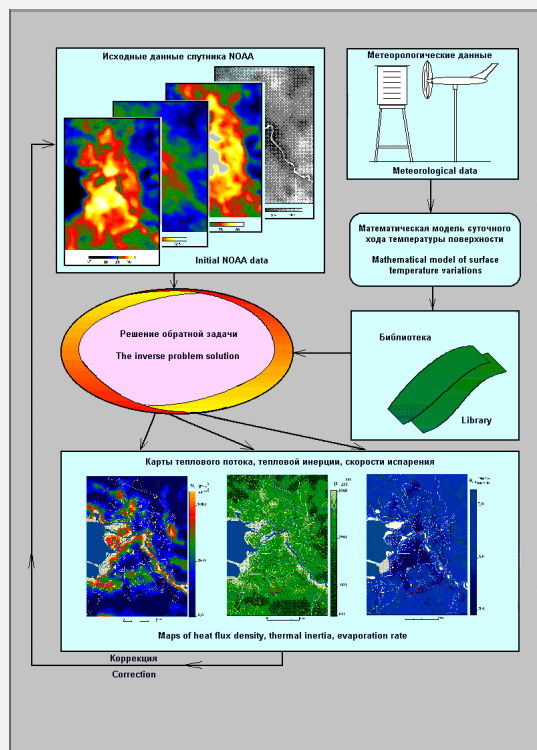
Карта деградации площади лесов
Ленобласти по результатам повторной
космической съемки показала: - леса вокруг
населенных пунктов деградируют.

Вывод: несанкционированная заготовка дров
вблизи населенных пунктов.

Результат: Правительство Ленобласти
сформировало легальную систему бизнеса
для обеспечения населения дровами.

**Информация получаемая из результатов
разновременных съемок
температуры подстилающей поверхности**

Алгоритм



Тепловая инерция, $P=(2\alpha\rho)^{1/2}$, UTI :
определяет сопротивление среды периодическому нагреву:

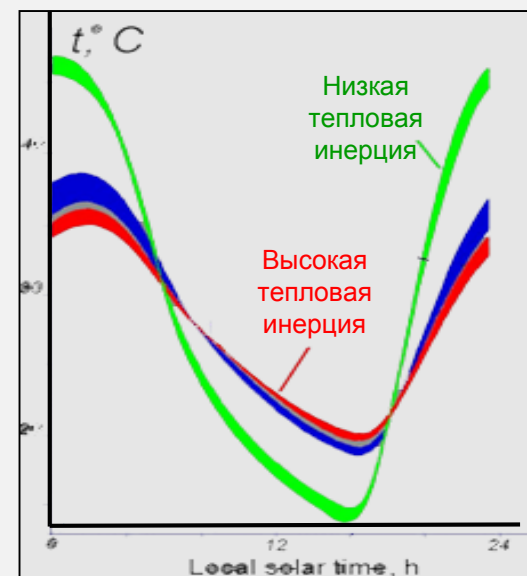
Исходные данные:

- Материалы многократной космической тепловой съемки;
- Результаты стандартных срочных метеорологических наблюдений;

Результат - карты:

- антропогенного теплового потока, Вт/м²;
- тепловой инерции, ETI ;
- скорость испарения влаги, мм/сутки

Влияние тепловой инерции на
суточный ход температуры
земной поверхности

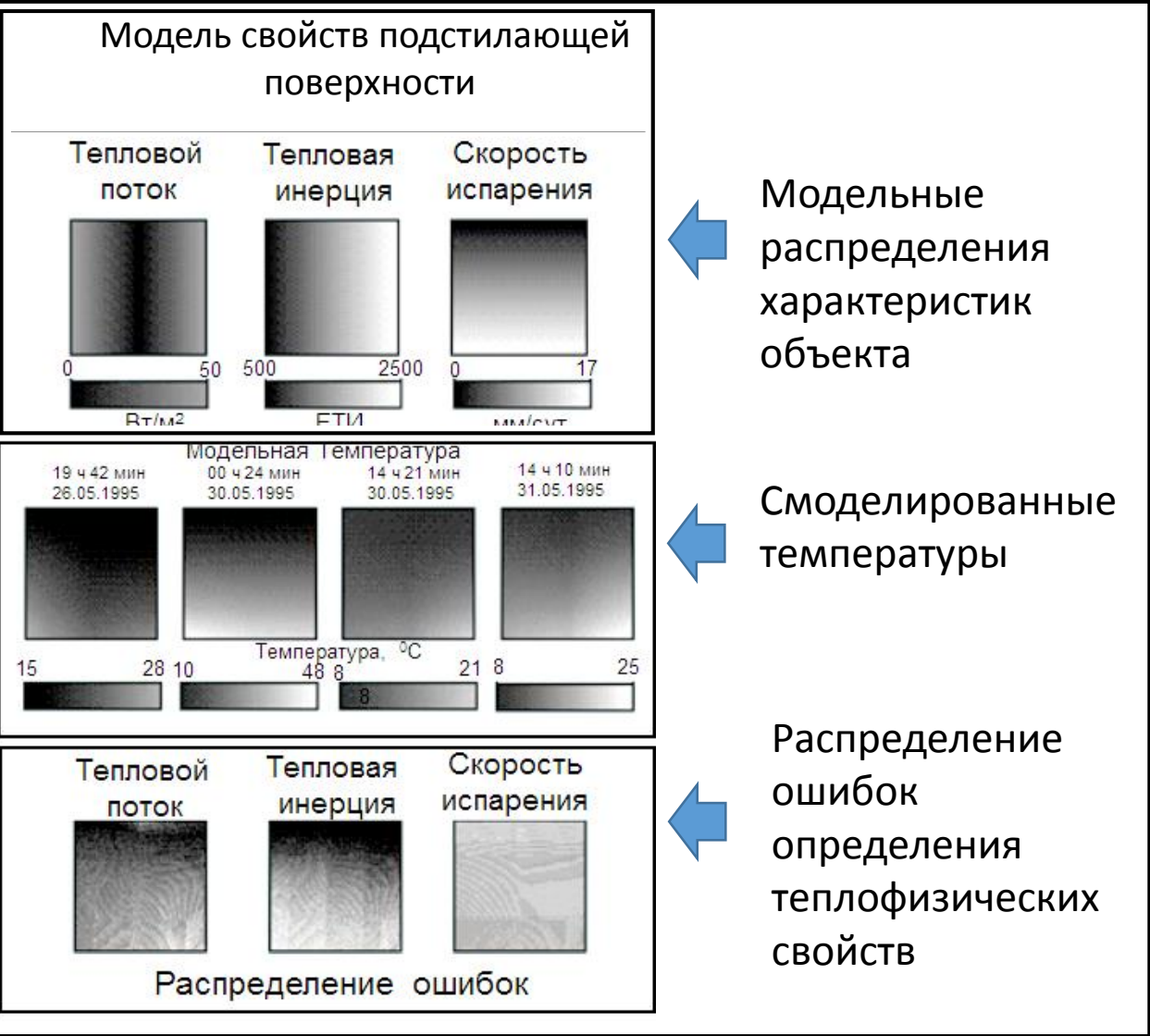


Watson K. Geothermal reconnaissance from quantitative thermal infrared images.
9-th Symp. Remote Sensing of Environment, Univ. of Michigan, 1974. pp. 1919 - 1932.

Ошибки решения обратной задачи тепловой аэросъемки методом градиентного спуска

Определение ошибок метода градиентного спуска при 4-х тепловых съемках суточного цикла температуры

Ошибки алгоритма по результатам моделирования



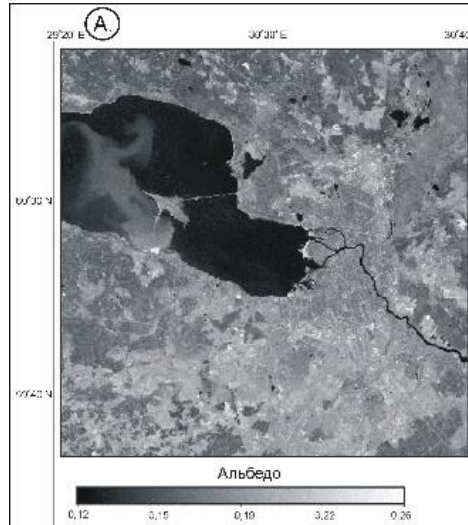
Тип ошибки	Тепловой поток, Вт/м²	Тепловая инерция ЕТИ	Скорость испарения мм/сут
Систематическая	1,5	130	0,3
Случайная	3,0	100	0,1

По повторным наблюдениям в марте и апреле 1998г :

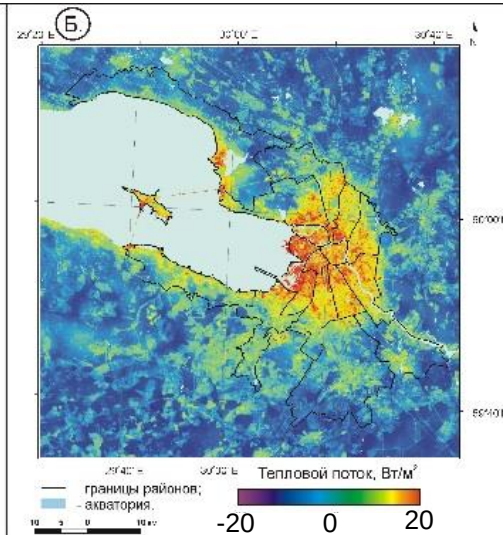
ср. кв. ошибка определения теплового потока для одиночного пикселя:

$$\sigma = 10 \text{ Вт/м}^2$$

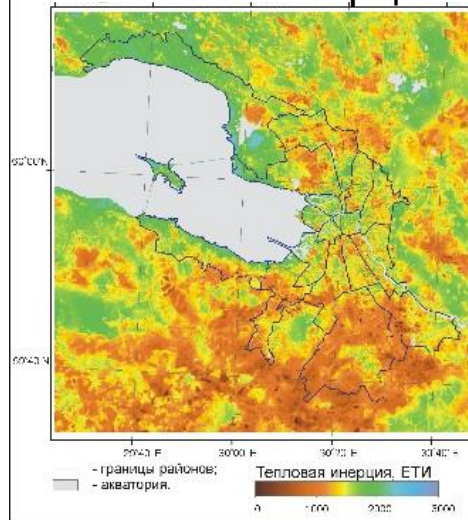
Космический снимок
видимого диапазона



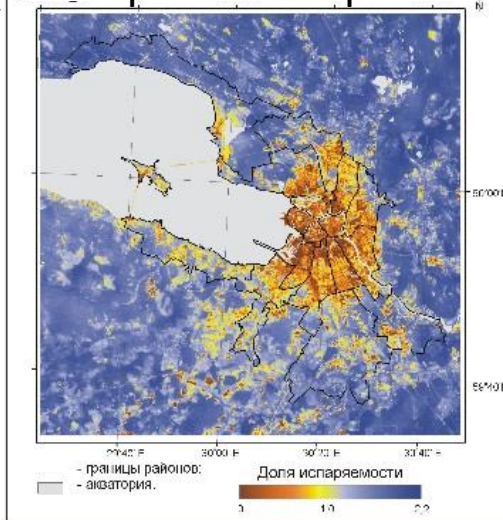
Антропогенный
тепловой поток



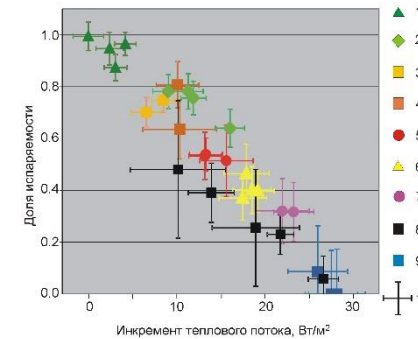
Тепловая инерция



Скорость испарения



Специфичность теплофизических
свойств Функциональных зон



Зоны застройки:

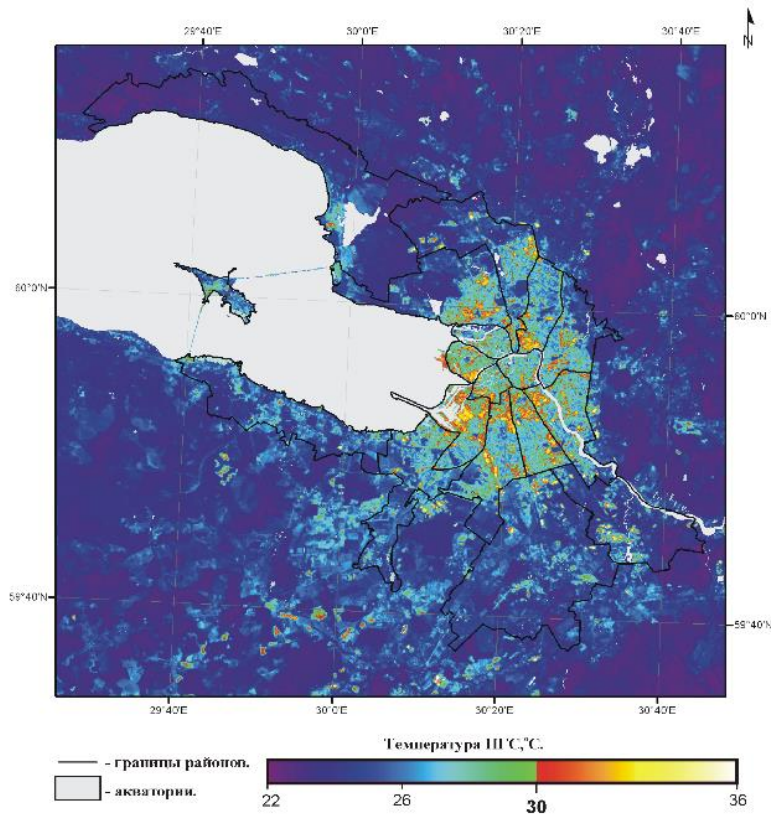
1. Рекреационные на окраине
2. Рекреационные внутренние
3. Индивидуальные дома (садоводства).
4. Малоэтажной, многоквартирной застройки
5. Многоэтажной – новостройки
6. Среднеэтажной и многоэтажной
7. Общественно – деловой
8. Транспортной инфраструктуры
9. Производственной
10. Доверительные интервалы

Теплофизические свойства
поверхности функциональных зон

Функц. зона	Тепл. инерц., ЕТИ	+/- s	Тепл. поток, Вт т/м²	+/- s	Доля исп.	+/- s
Рекреационная на окраине	1440	160	0	2,8	1,03	0,08
Садоводства	950	150	6,5	1,8	0,72	0,06
Многоэтажной застройки	1120	400	9,5	3,7	0,68	0,13
Многоэтажной застройки – новостройки	1130	320	11	3,0	0,56	0,13
Общественно-деловая	1470	150	21,6	2,6	0,32	0,12
Производственная	1240	140	26,3	3,9	0,0	0,18

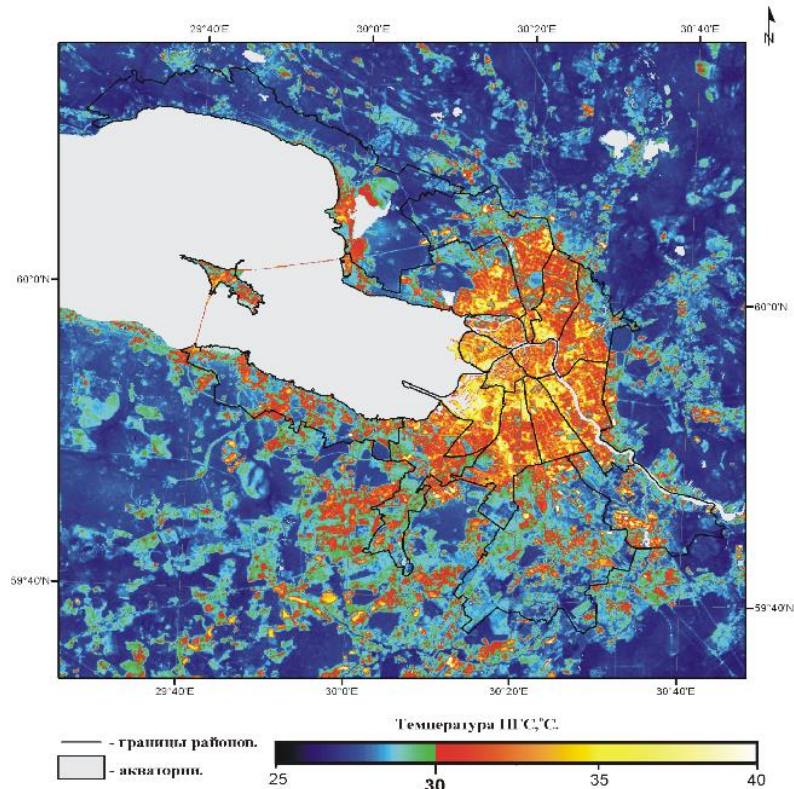
Прогноз реакции поверхности городской среды на потепление

2014



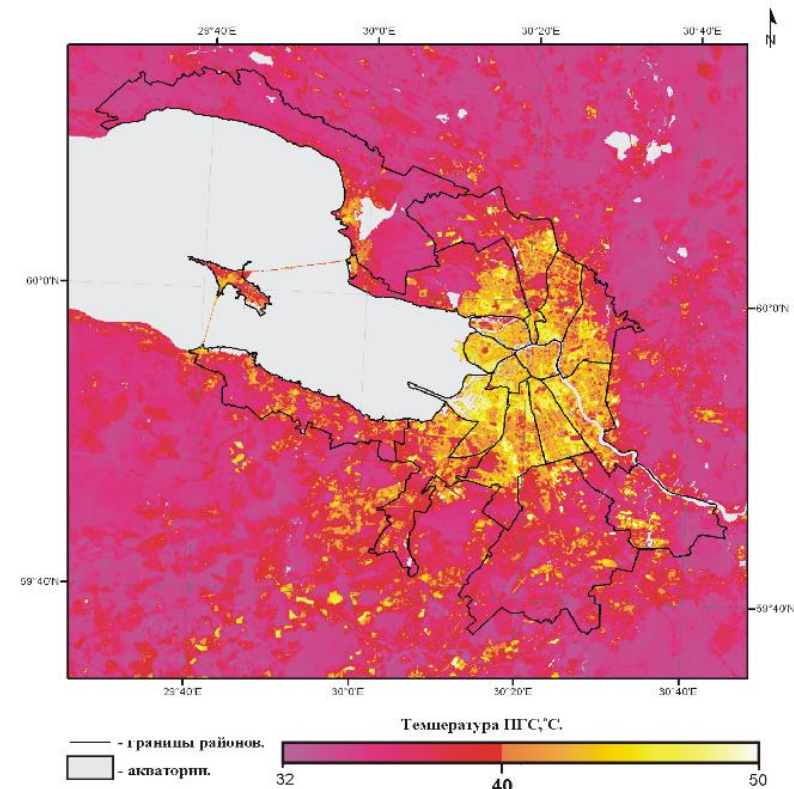
2%

2024 – оптимистический
сценарий



38,3%

2024 – пессимистический
сценарий

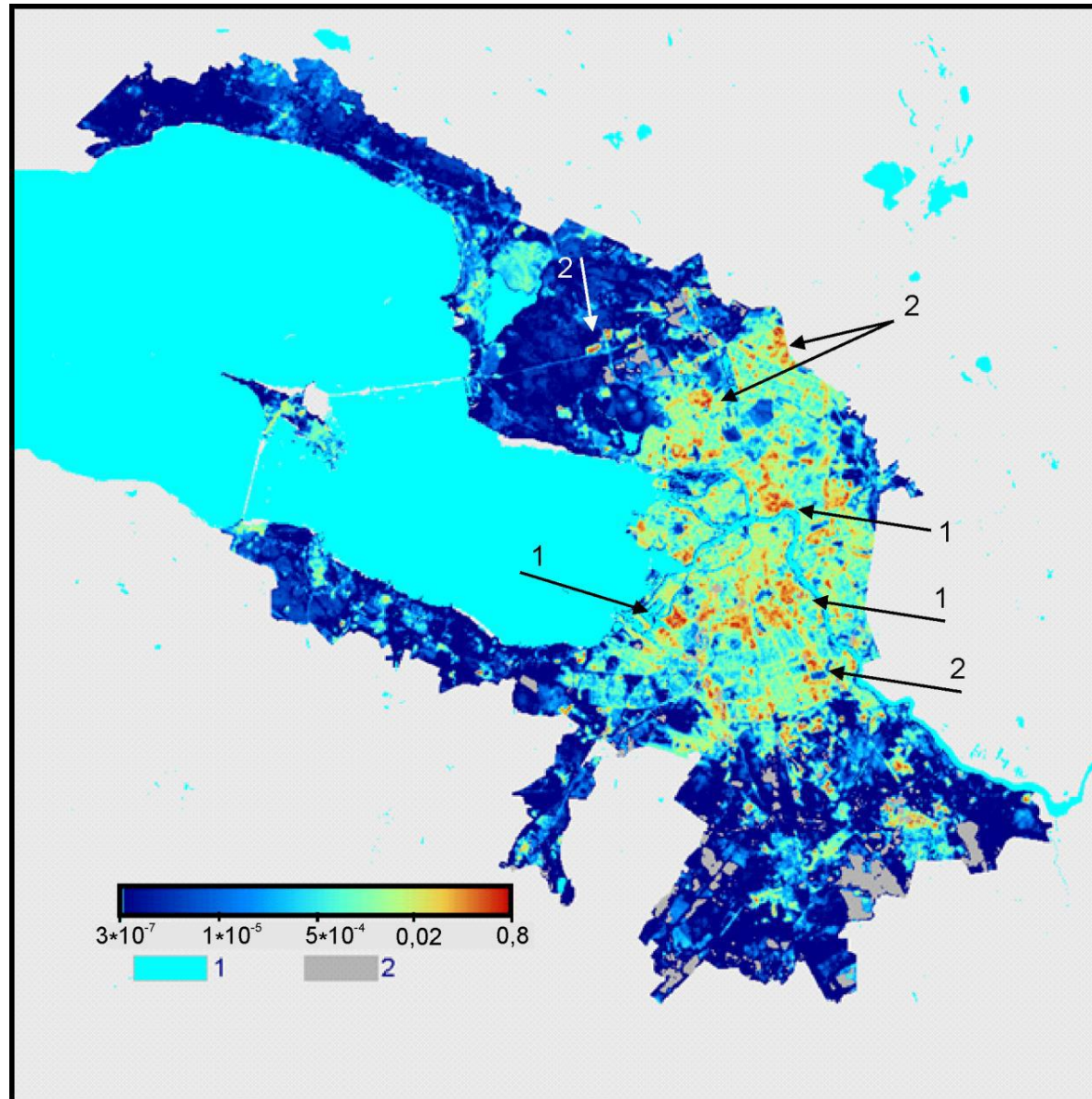


99,9%

Процент площади зон перегрева

Риск превышения температурой воздуха критерия сильная жара в Санкт-Петербурге: $R(t_{max}(x,y) > +35^{\circ}\text{C})$

27



Условные обозначения:

1. Акватории.
2. Отсутствие решения.

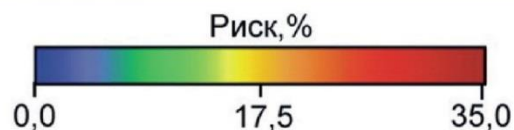
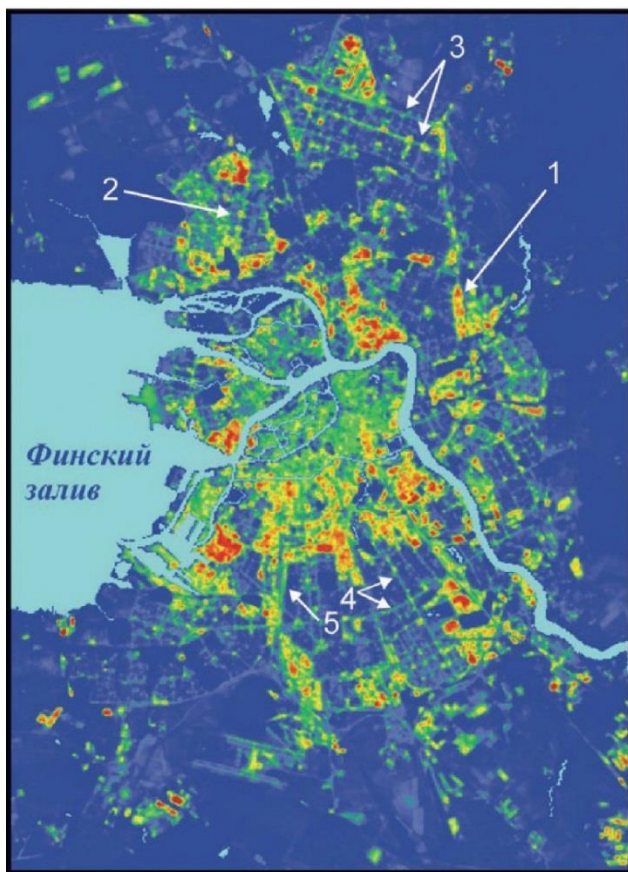
Цифры на карте:

1. Первый промышленный пояс.
2. Новые промзоны.

Риск плавления битума дорожного покрытия и крыш в Санкт-Петербурге

28

Карта риска превышения температуры размягчения дорожного битума $T_s > +33^\circ\text{C}$



- 1 — промзоны
-
- 2-5 — напряженные транспортные магистрали.

Карта функциональных зон



- 1 — рекреационные зоны.
- 2 — застройка индивидуальными жилыми домами.
- 3 — малоэтажная жилая застройка.
- 4 — среднеэтажная и многоэтажная жилая застройки.
- 5 — все виды общественно-деловой застройки.
- 6 — производственные зоны инженерной и транспортной инфраструктуры.
- 7 — областные территории.
- 8 — намывные территории.



С.Г. Крижук, В.И. Горный, И.Ш. Латыпов, А.А. Павловский, А.А. Тронин. Спутниковое картирование риска перегрева поверхности городской среды (на примере Санкт-Петербурга). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 34-44

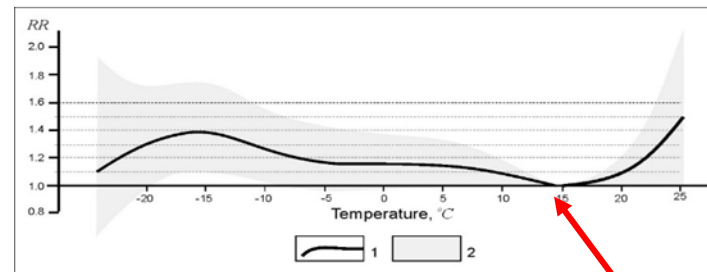
Спутниковое картирование смертности от перегрева

29

Проблема: медицинские данные о смертности
«привязаны» к температуре воздуха.
Спутник измеряет температуру
поверхности



Относительный риск смертности

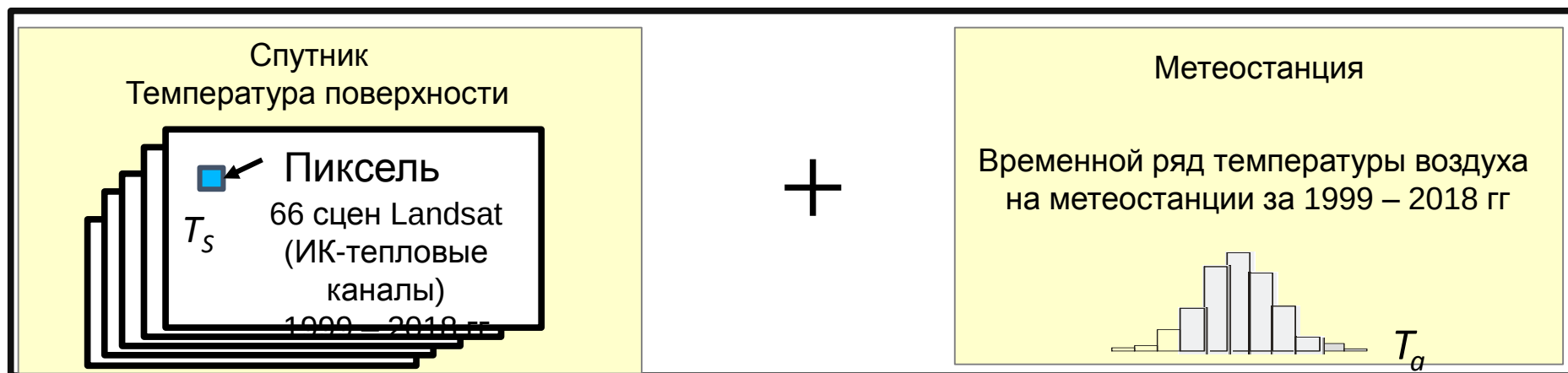


Температура
минимальной смертности

Методический подход к решению проблемы:

Комплексирование спутниковых материалов (**пространство**) с временными рядами
температуры воздуха на метеостанциях (**время**) :

По-пиксельная регрессия многолетнего пакета спутниковых сцен

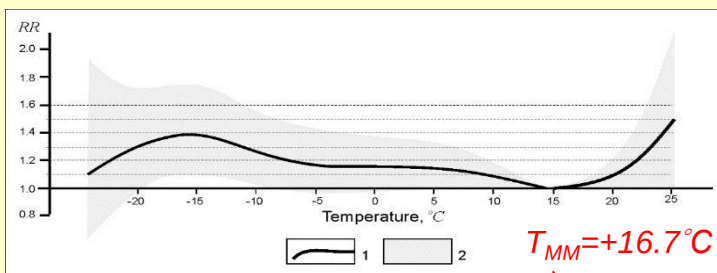


*Kritsuk S., Gornyy V., Davidan T., et al.
SATELLITE MAPPING OF AIR
TEMPERATURE UNDER POLAR
NIGHT CONDITIONS/ Geo-Spatial
Information Science. 2022. С. 1-12.*

Принцип спутникового картирования смертности от перегрева

30

Относительный риск смертности



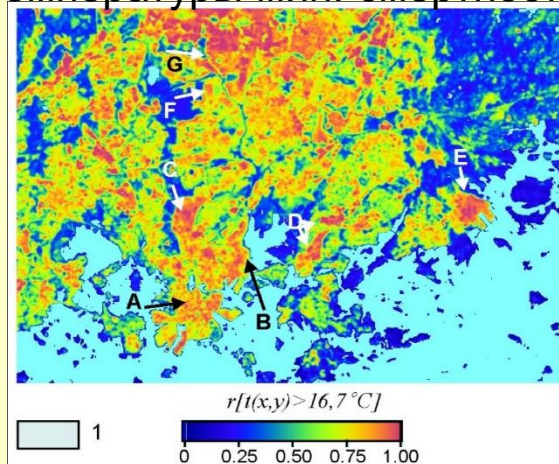
Температура минимальной

+

Экономический ущерб от одной преждевременной смерти в Финляндии:

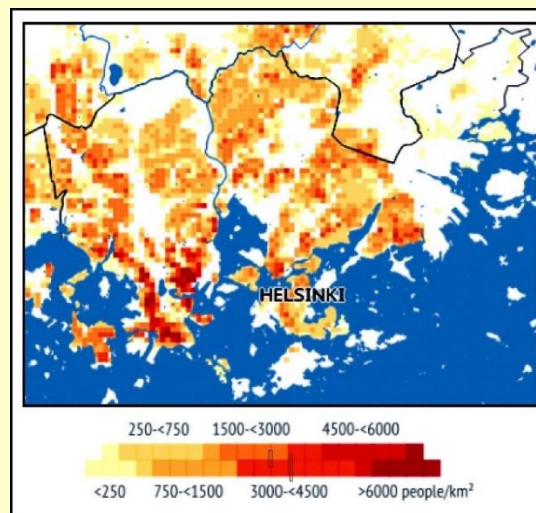
619 000 Euro/смерть

Риск превышения температуры мин. смертности

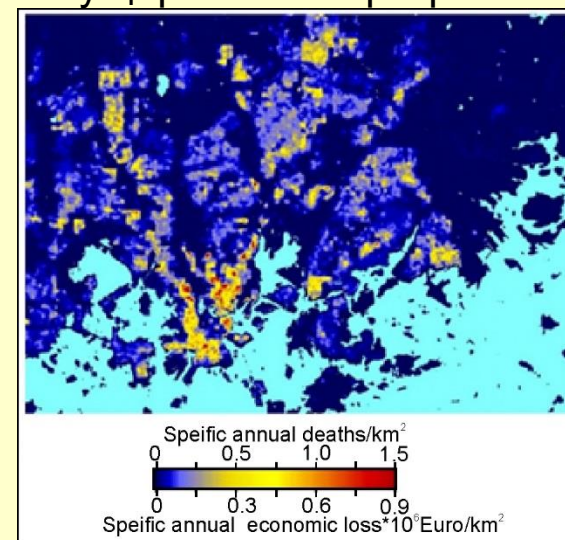


+

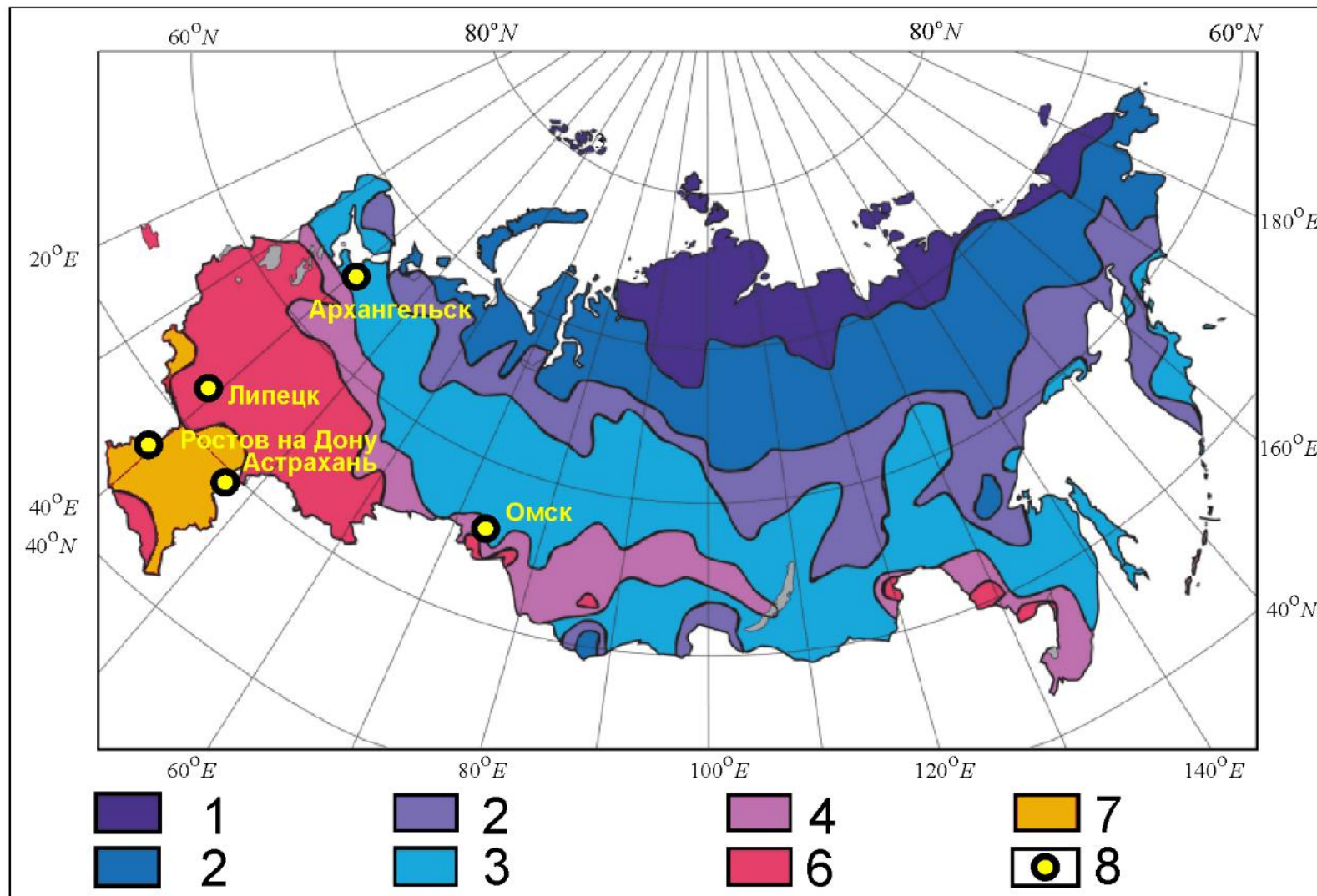
Карта плотности населения



Карта ежегодной плотности потенциальных смертей и ущербов от перегрева



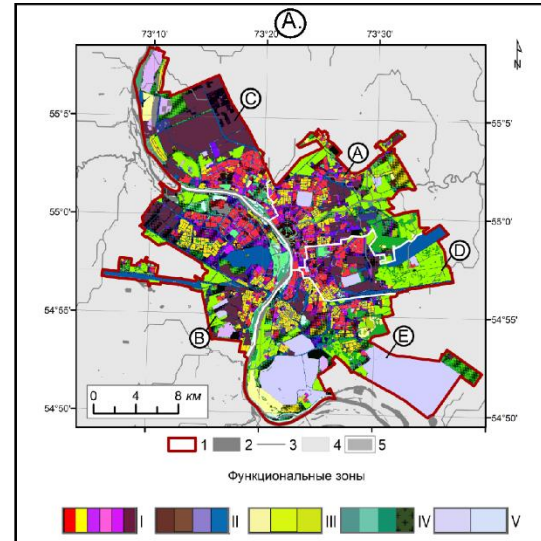
Карта районирования территории России по условиям жизни населения. Эпоха: 2001–2010 гг. (Виноградова, 2021).



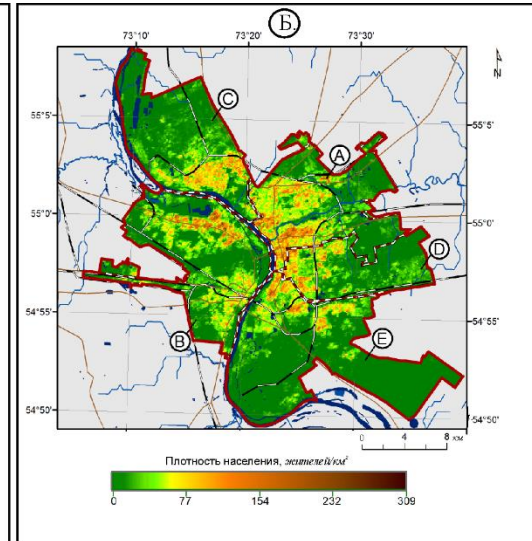
Спутниковые карты Омска

32

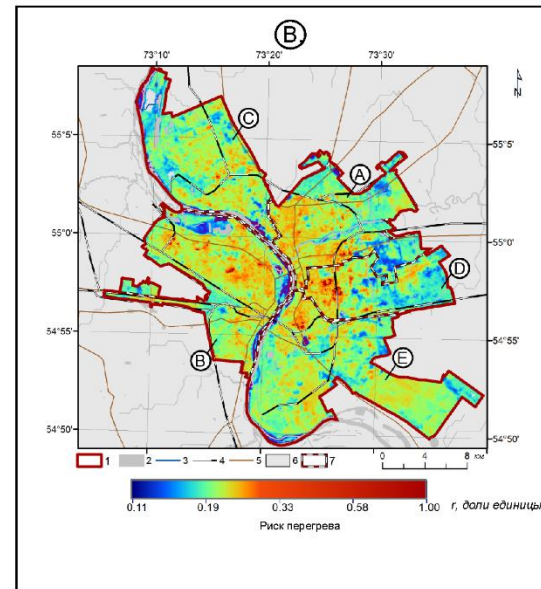
А. Функциональные зоны.



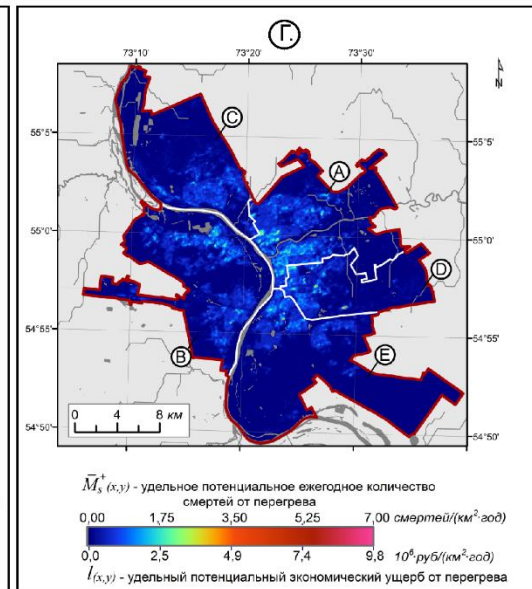
Б. Плотность населения



В. Риск перегрева выше температуры минимальной смертности.



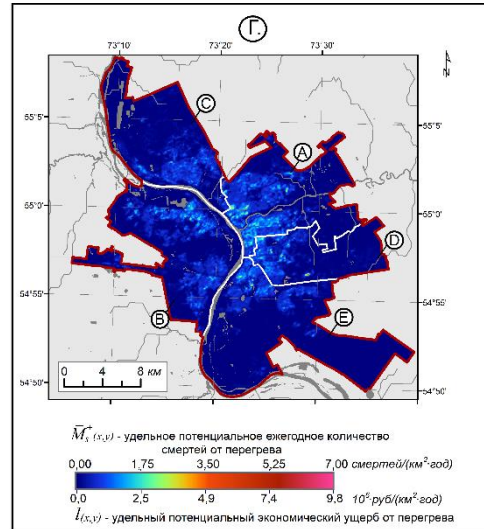
Г. Потенциальная смертность от перегрева / экономический ущерб от преждевременной смертности от перегрева.



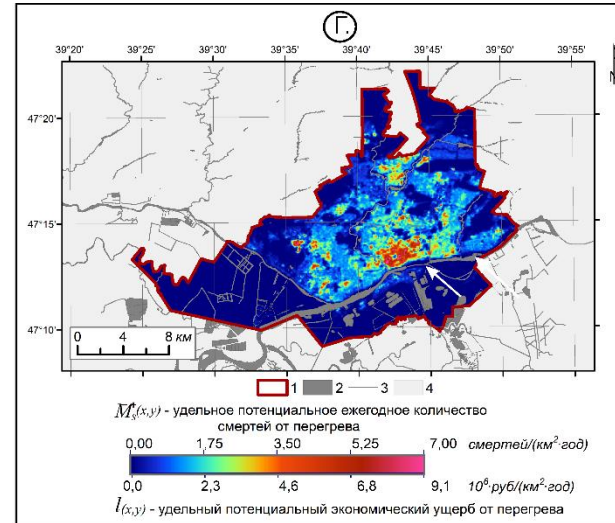
Спутниковые карты экономических ущербов от преждевременной смертности из-за перегрева

33

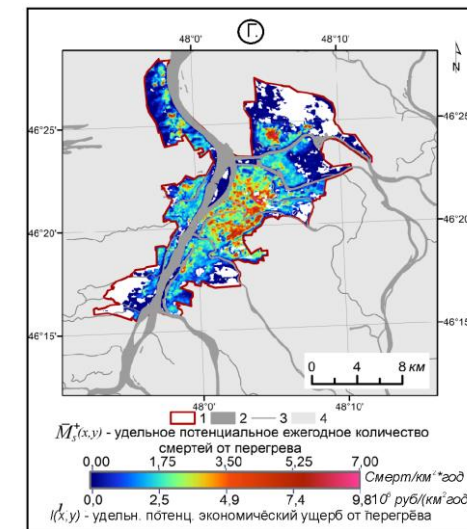
Омск



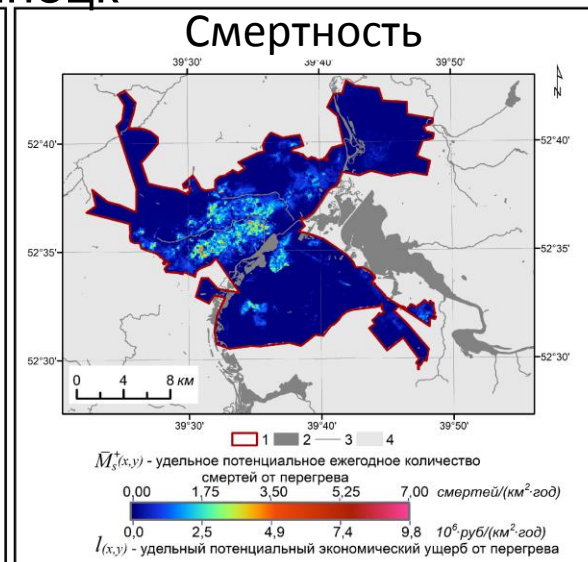
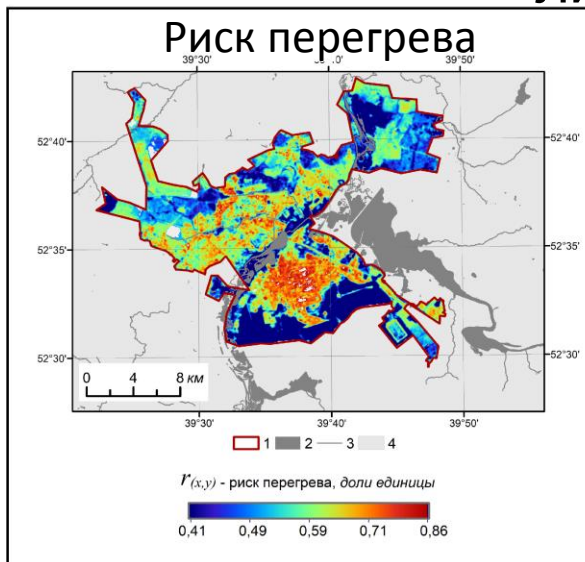
Ростов на Дону



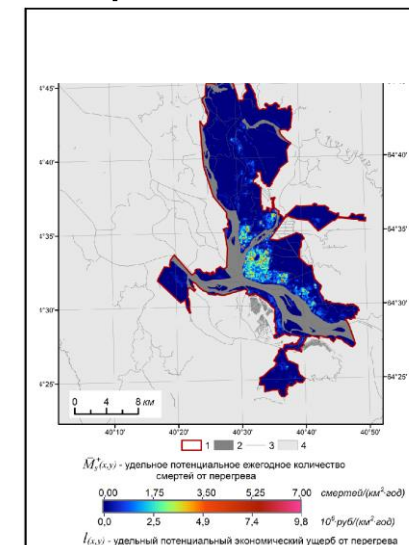
Астрахань



Липецк



Архангельск



Сравнение результатов спутникового картирования смертности от перегрева городской среды

Среднегодовые характеристики	Омск	Ростов-на-Дону
Количество смертей по данным медицинской статистики, <i>смертей/год</i>	72	152
Количество смертей по данным спутникового картирования, <i>смертей/год</i>	64	146
Экономический ущерб (медицинская статистика): <i>млн. руб /год:</i>	101	198
Экономический ущерб (спутниковое картирование), <i>млн. руб /год:</i>	90	190

Gornyy V.I., Kritsuk S.G., Latypov I.Sh., et.al/ ASSESSING ECONOMIC LOSSES FROM RISKS OF HEAT-RELATED PREMATURE MORTALITY USING SATELLITE MAPPING IN RUSSIAN MEGACITIES *Health Risk Analysis*. 2025. № 2. С. 46-59.

Оценка риска, анализ и прогнозирование воздействия климатических факторов на здоровье населения. Методические рекомендации МР 2.1.10 0410-25ю М. 2025. Главное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации. 55 С.

Применение теории термодинамики экосистем для мониторинга здоровья экосистем СЗФО

35

P – продуктивность экосистем, $кг/сут$

$$P = E \cdot m_c$$

E – скорость испарения влаги с поверхности экосистемы, $кг/(м^2 \cdot сут)$

m_c – **транспирационный коэффициент** ($m_c \sim 100 \div 1000 \text{ кг}_{H_2O}/кг_C$)

Предложен

термодинамический показатель здоровья экосистем (ТПЗЭ):

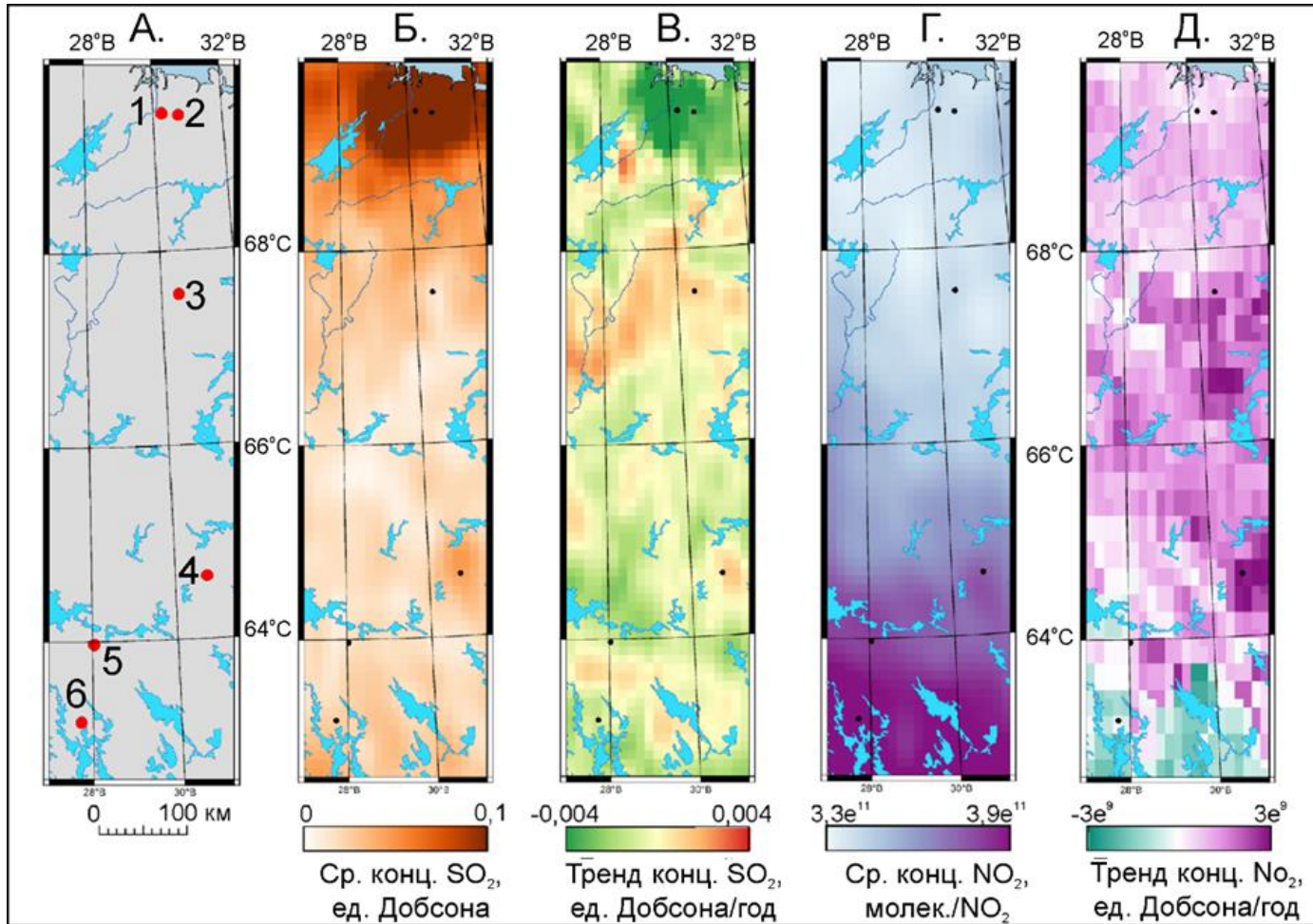
$$d(x, y) = \frac{E(x, y)}{E_0(x, y)};$$

Определяются по результатам тепловой космической съемки

где $E_0(x, y)$ и $E(x, y)$ – удельные скорости, $мм/(м^2 \cdot сут)$ испарения влаги с единицы площади, соответственно, здоровой и нарушенной (импактной) ЛЭС.

Аналогично ИЗЭ – индекс здоровья экосистем на основе вегетационного индекса:

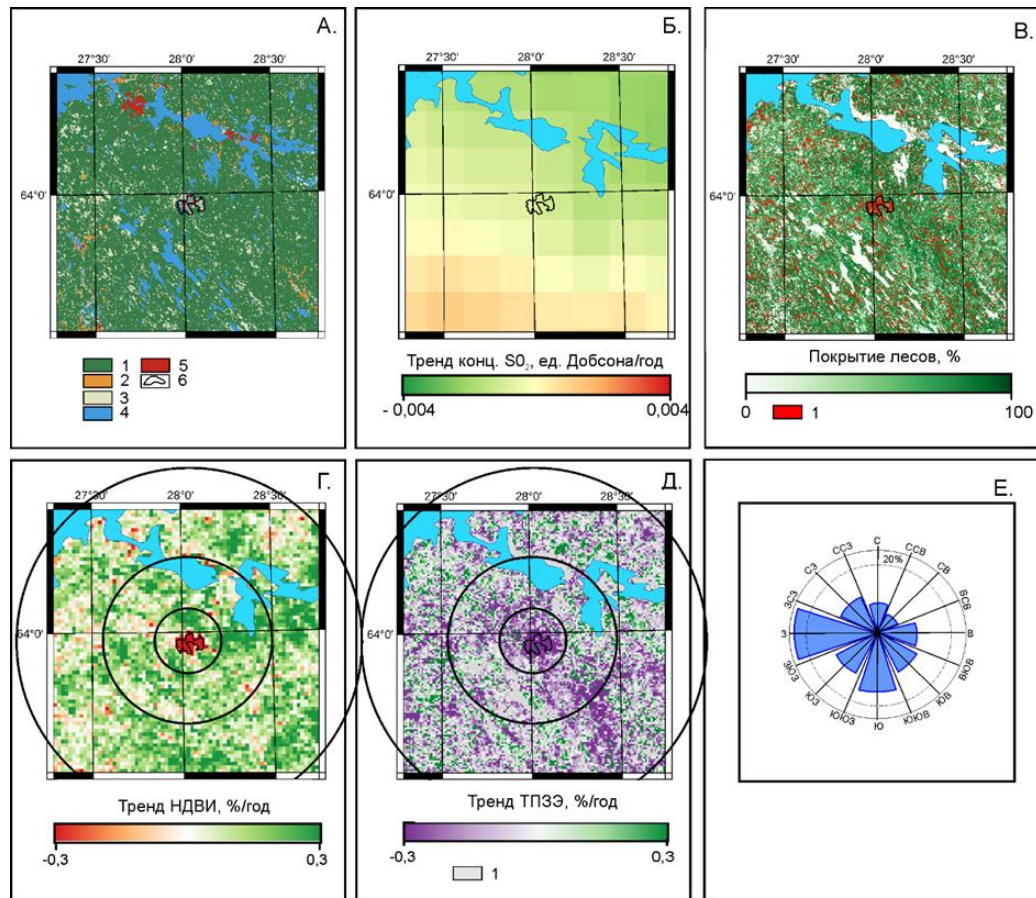
$$ИЗЭ_{\text{ндви}} = \frac{\text{НДВИ}(x, y)}{\text{НДВИ}_0(x, y)}$$



1. Ковдорский ГОК, Мурманская область. 2. Кольская ГМК, Мурманская область.
3. АО «Карельский окатыш», Республика Карелия. 4. Рудник «Talvivaara», Terrafame Oy, Финляндия.
5. Рудник «Siilinjärvi», Yara Suomi Oy, Финляндия.

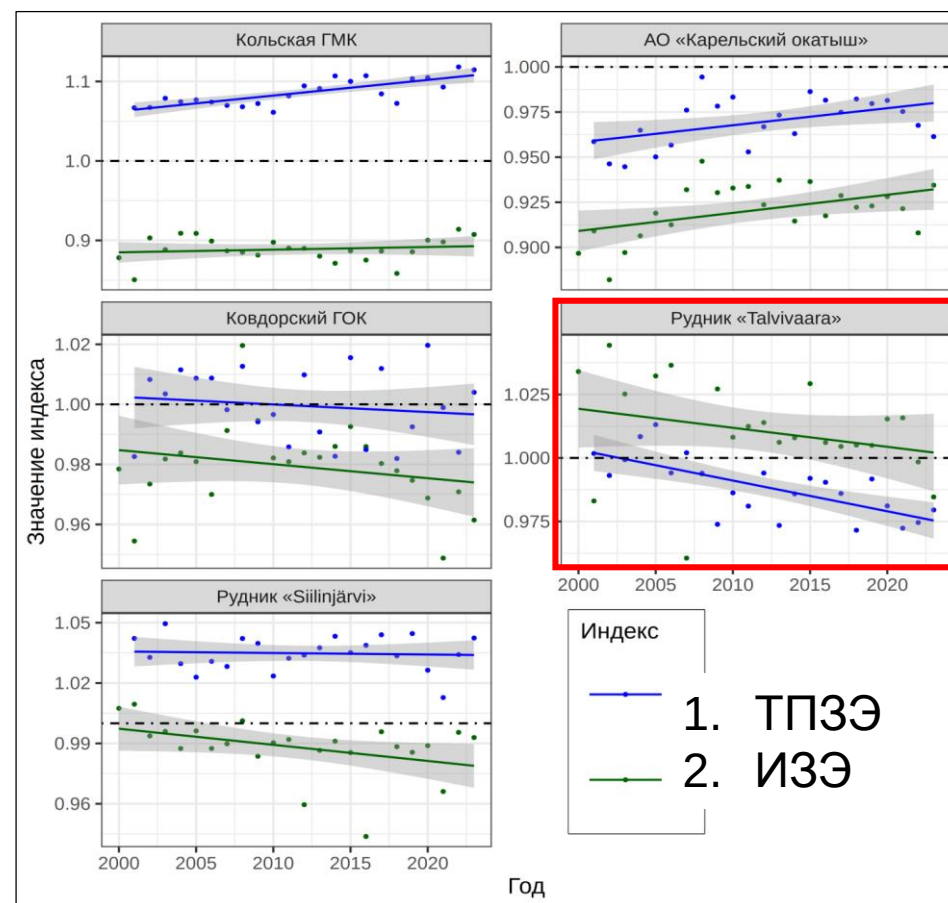
Результаты применения термодинамического подхода к спутниковому мониторингу здоровья экосистем

Цифровые карты характеристик атмосферы и здоровья экосистем вокруг рудника «Talvivaara»



А. Типы ЭС. Б. Линейный тренд концентраций SO_2 .
В. Покрытие лесов. Г. Линейный тренд НДВИ.
Д. Линейный тренд ТПЗЭ/ Е. Роза вет-ров.

Многолетние тренды индексов здоровья экосистем



Технология внедрена в систему «Вега» ИКИ РАН по всей территории России.

Горный В.И., Киселев А.В., Безрученко П.А. и др. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА ФИНСКОГО ЗАЛИВА (НА ПРИМЕРЕ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА)/ Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 3. С. 31-44.

Инфракрасная космическая спектроскопия

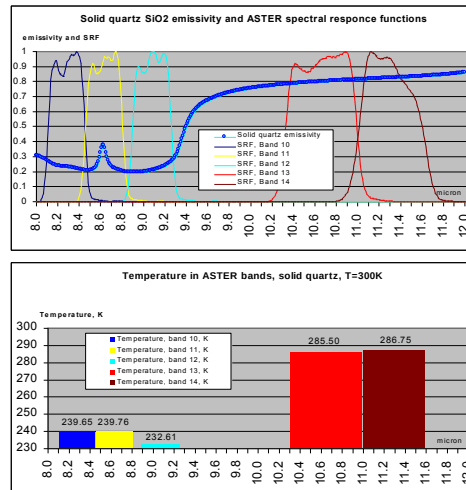
Инфракрасные спектры минералов

Спектрорадиометр Terra(ASTER)

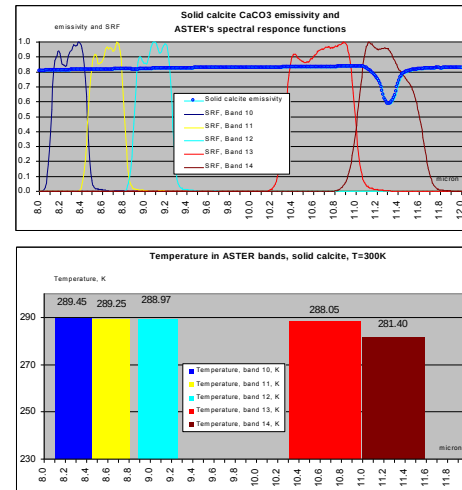
Научный руководитель проекта Anny Kahle (NASA)

Лабораторные спектры

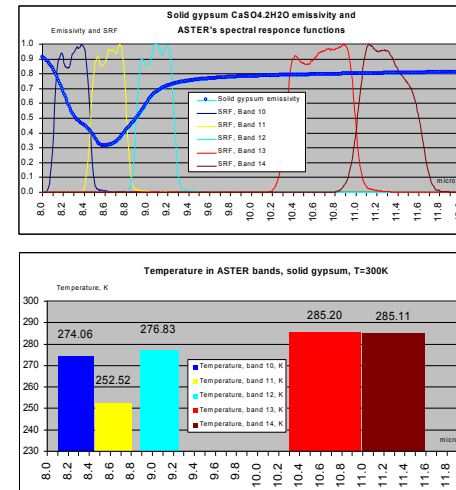
Силикат



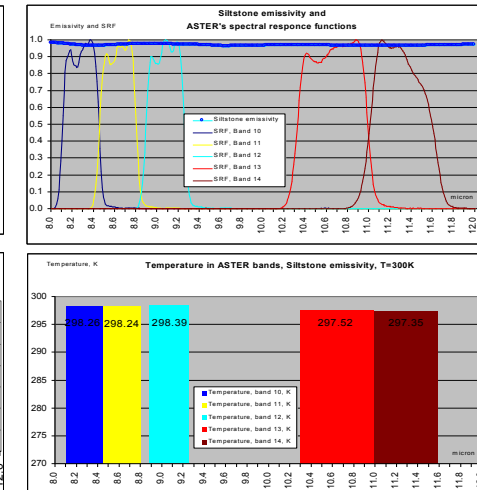
Кальцит



Гипс



Глина



— - Спектр минерала

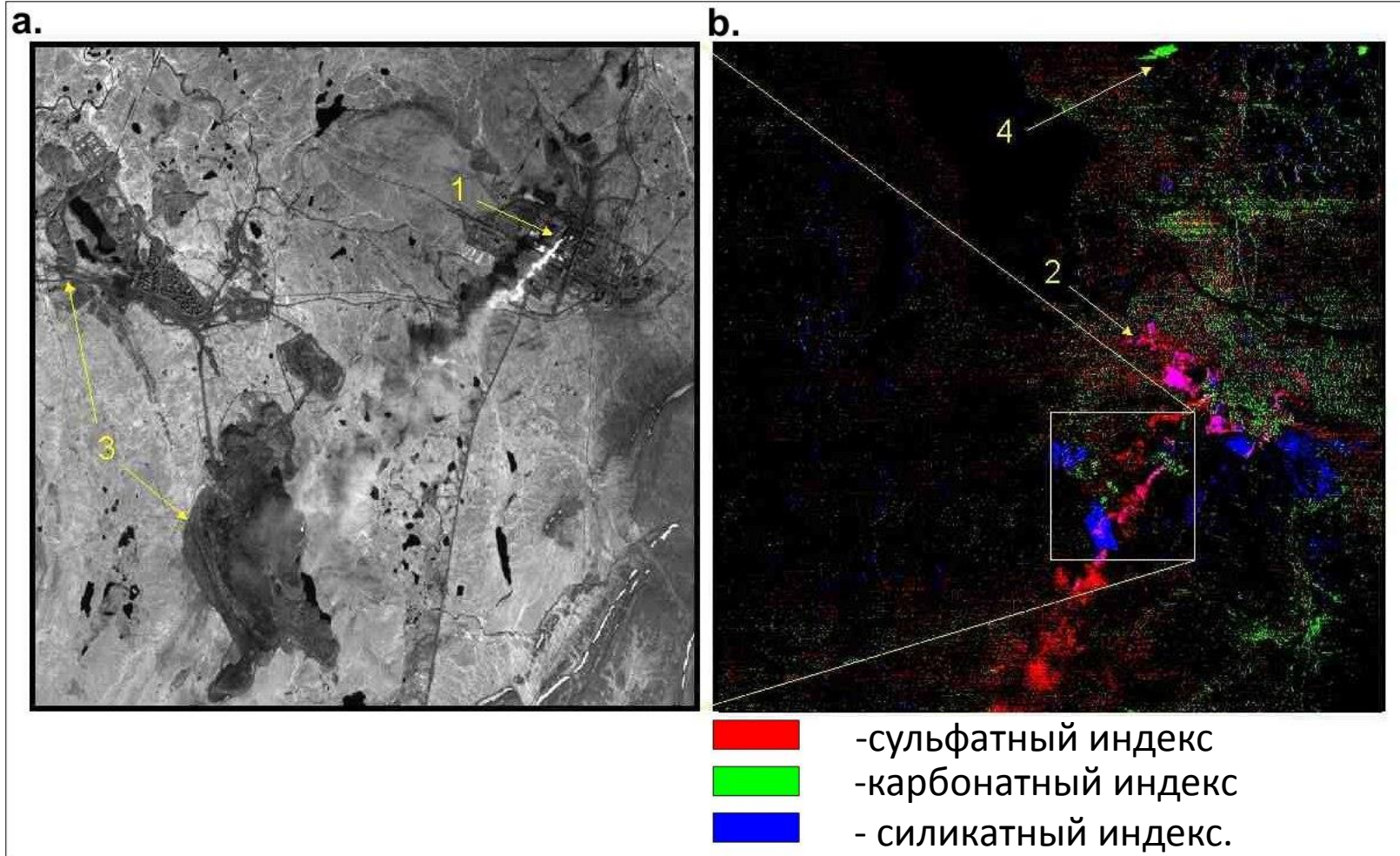
Картирование аэротехногенного загрязнения

Норильский медеплавильный комбинат

40

Снимок в видимом диапазоне спектра

RGB – цветовой композит



1 – дымовая труба; 2 – сульфатное загрязнение. 3 - отвалы; 4 – обнажения карбонатных пород..

Аэротехногенное загрязнение серой

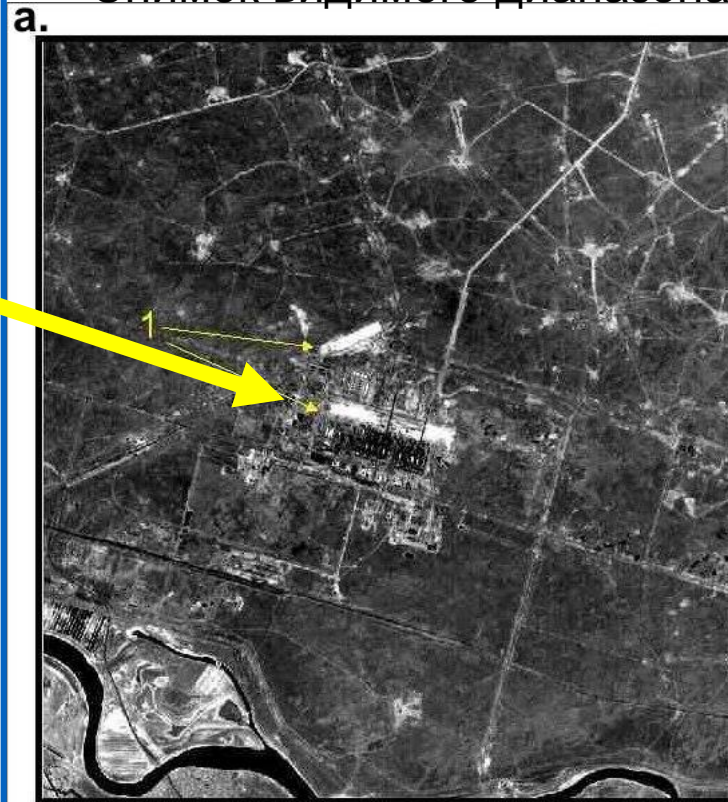
41

Открытое складирование серы

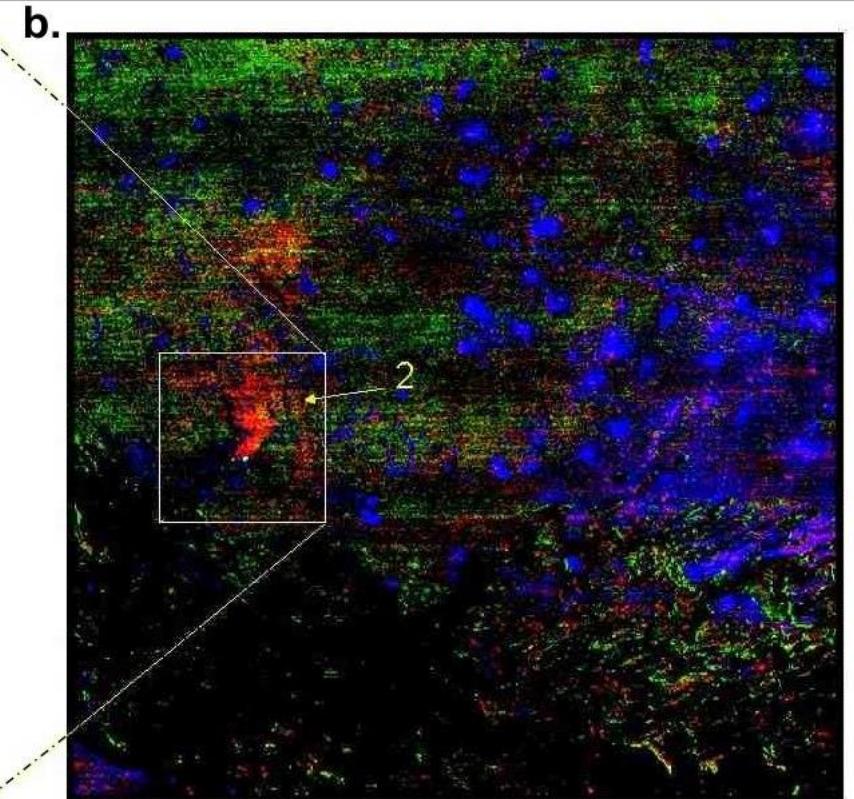
Астраханский газовый промысел



Снимок видимого диапазона



Р. Волга



	-сульфаты		- сера
	- карбонаты		
	- силикаты		

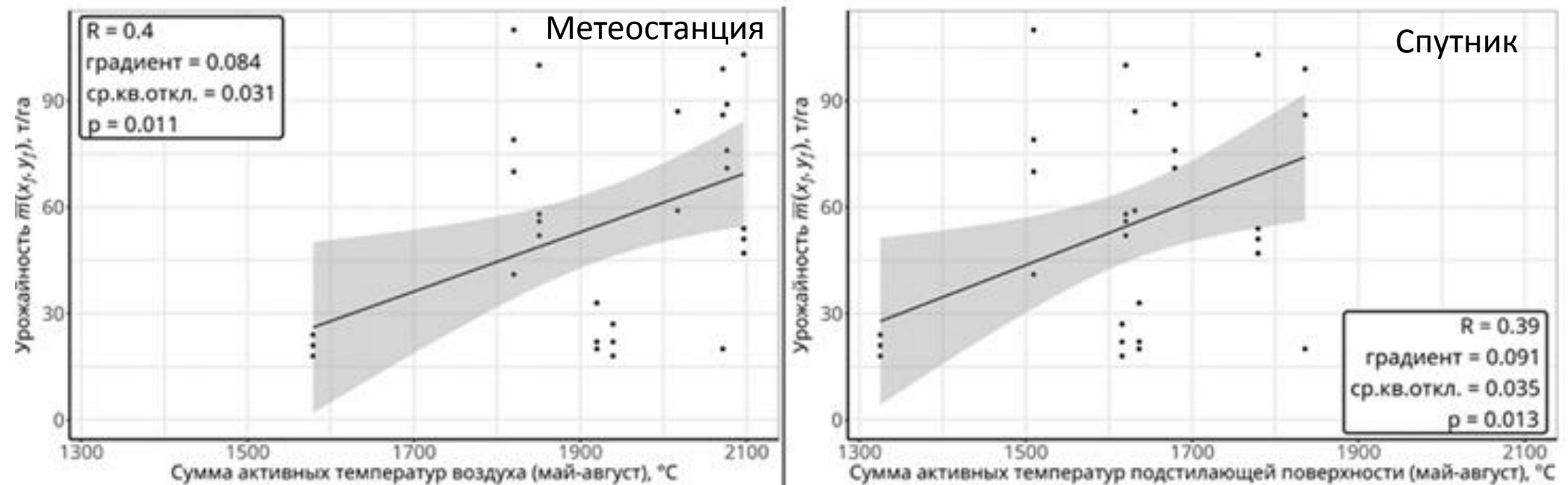
Интродукция теплолюбивых агрокультур

Применение дистанционного геотермического метода при интродукции сорговых агрокультур в Новгородской области

43

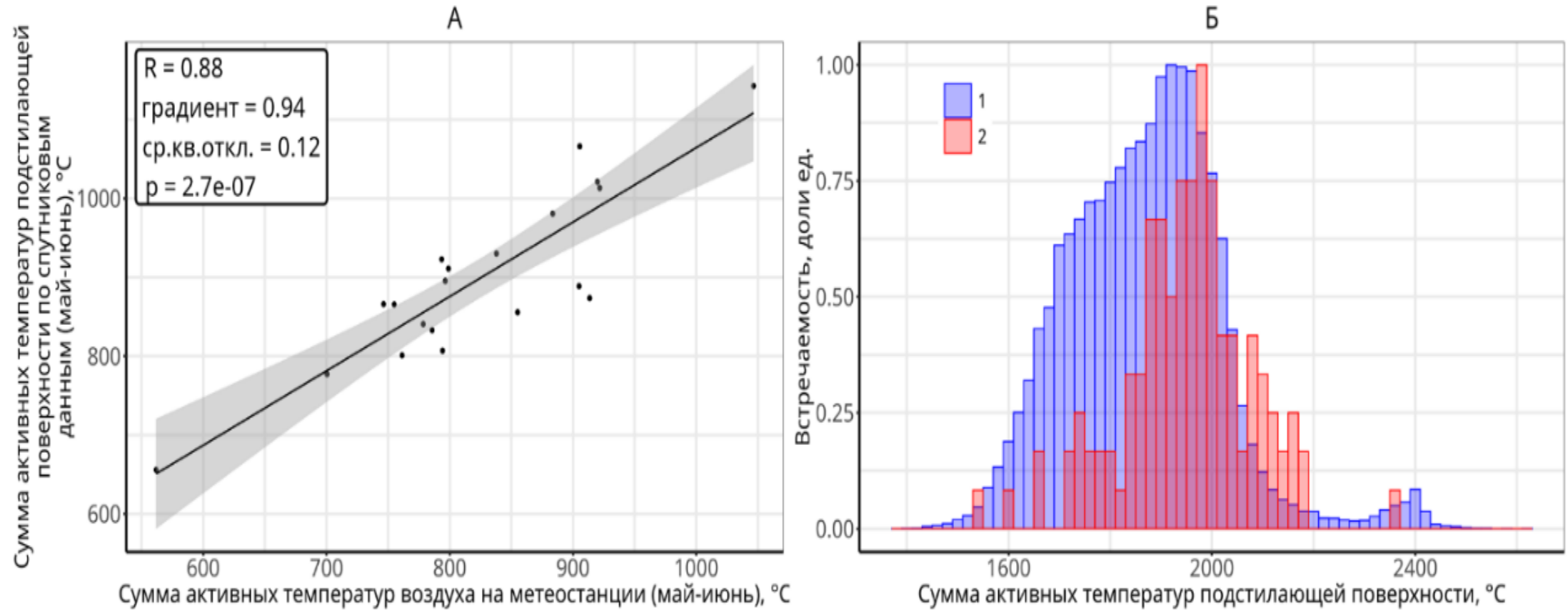
**Фундаментальная основа прогнозирования –
многолетние опытные выращивания сорговых Новгородским НИИСХ**

Зависимость урожайности от сумм активных температур



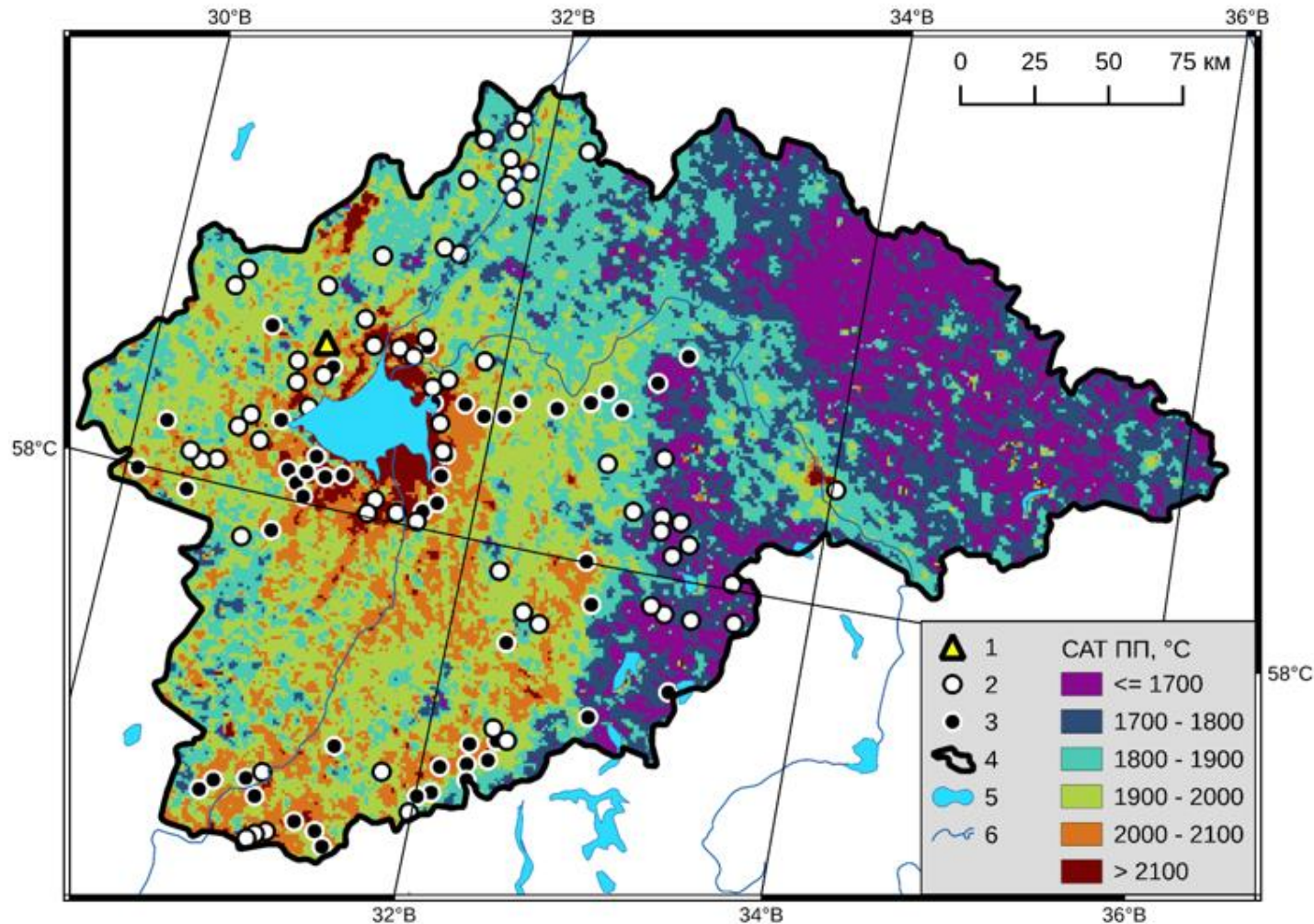
Переход от температуры подстилающей поверхности к температуре воздуха

44



1. Все земли сельскохозяйственного назначения Новгородской области
2. Земли где вывлены широколиственные виды древесной растительности (дубравы)

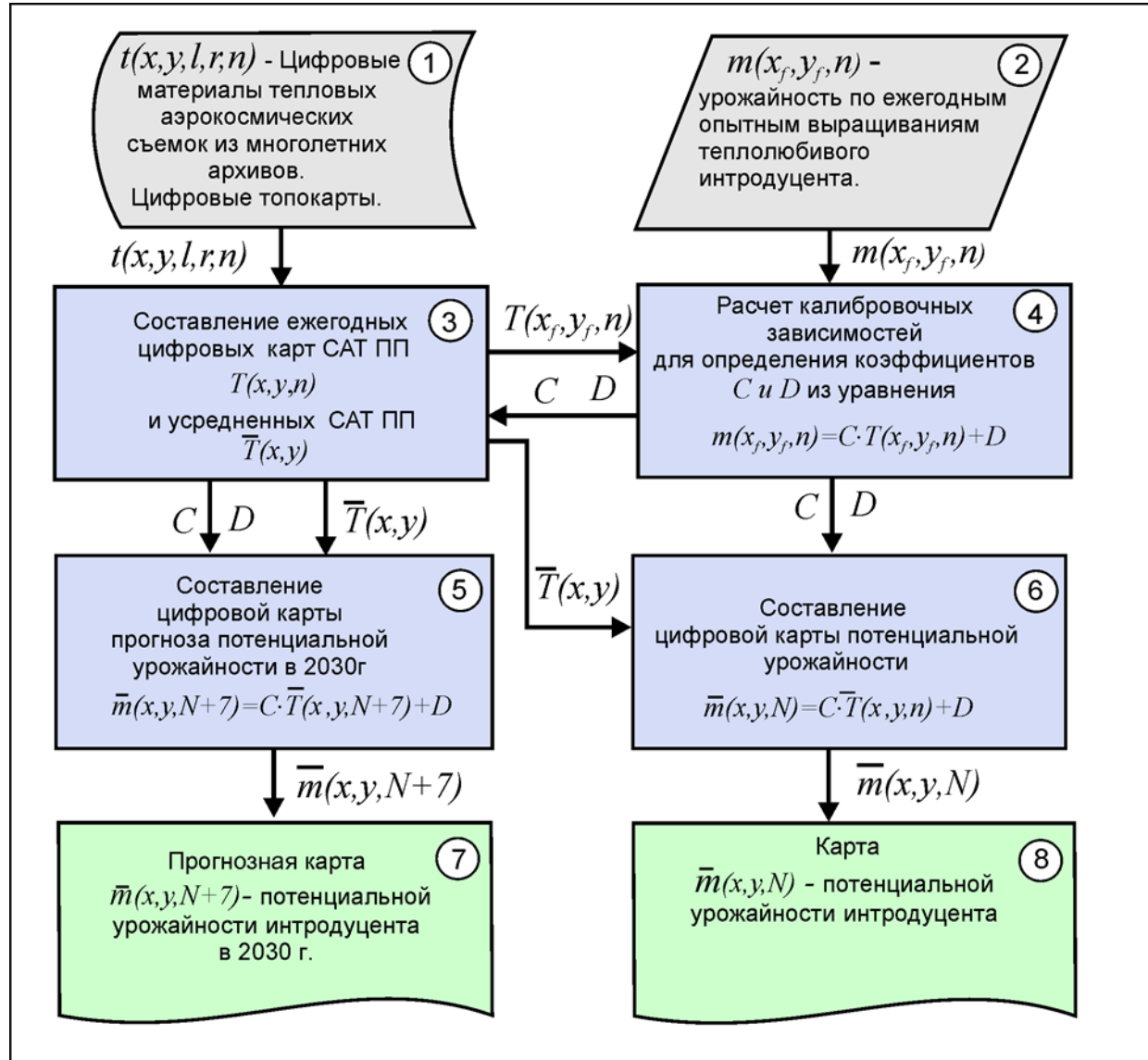
Средние за 2002-2024 гг суммы активных температур подстилающей поверхности
(по результатам тепловой космической съемки спутниками Terra/Aqua(MODIS))



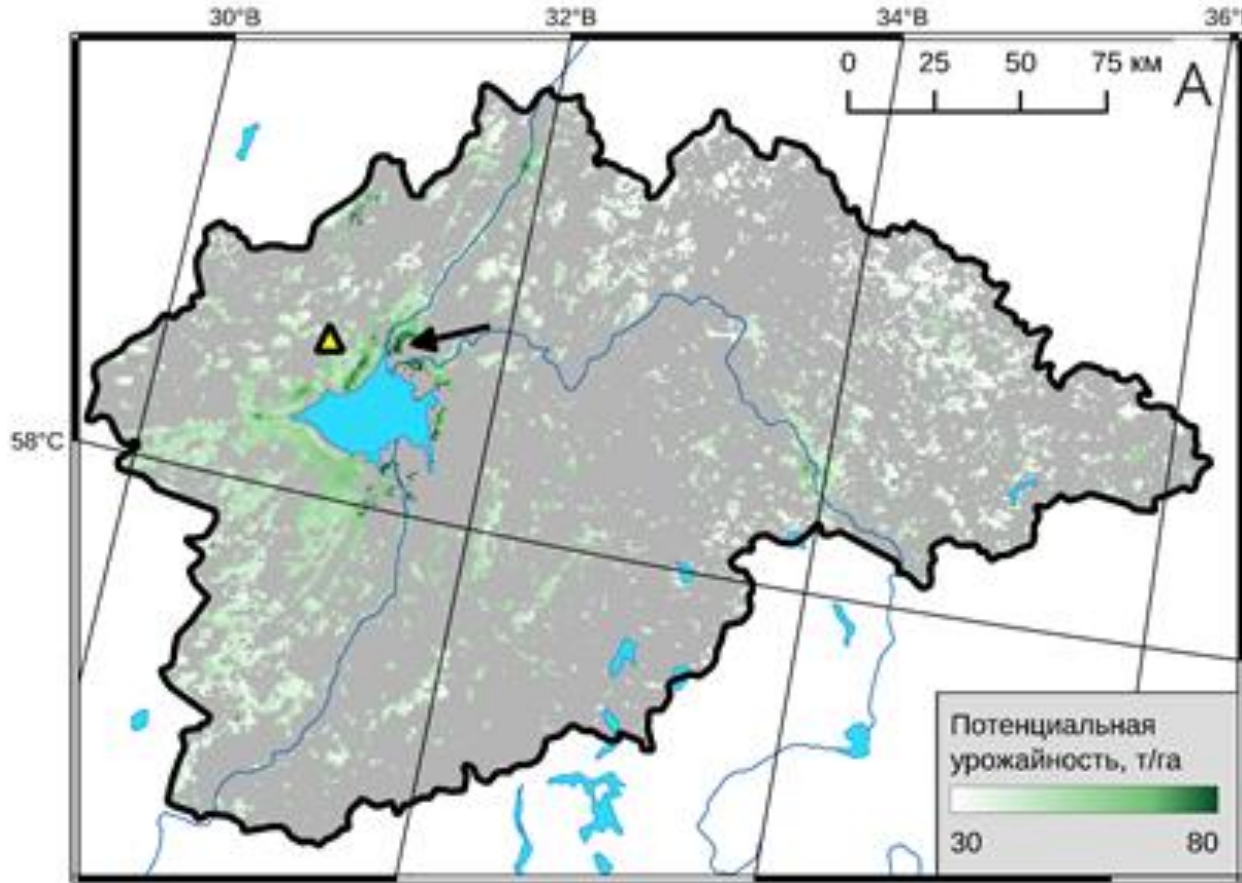
1. Опытные поля Новгородского НИИСХ.
2. Современное распространение дубрав
3. Дубравы, вырубленные в XVIII веке (Смирнов, 2022).
4. Граница Новгородской области.
5. Озера.
6. Реки

Алгоритм построения цифровых карт потенциальной урожайности теплолюбивых интродуцентов по результатам многолетних тепловых космических съемок и опытных выращиваний

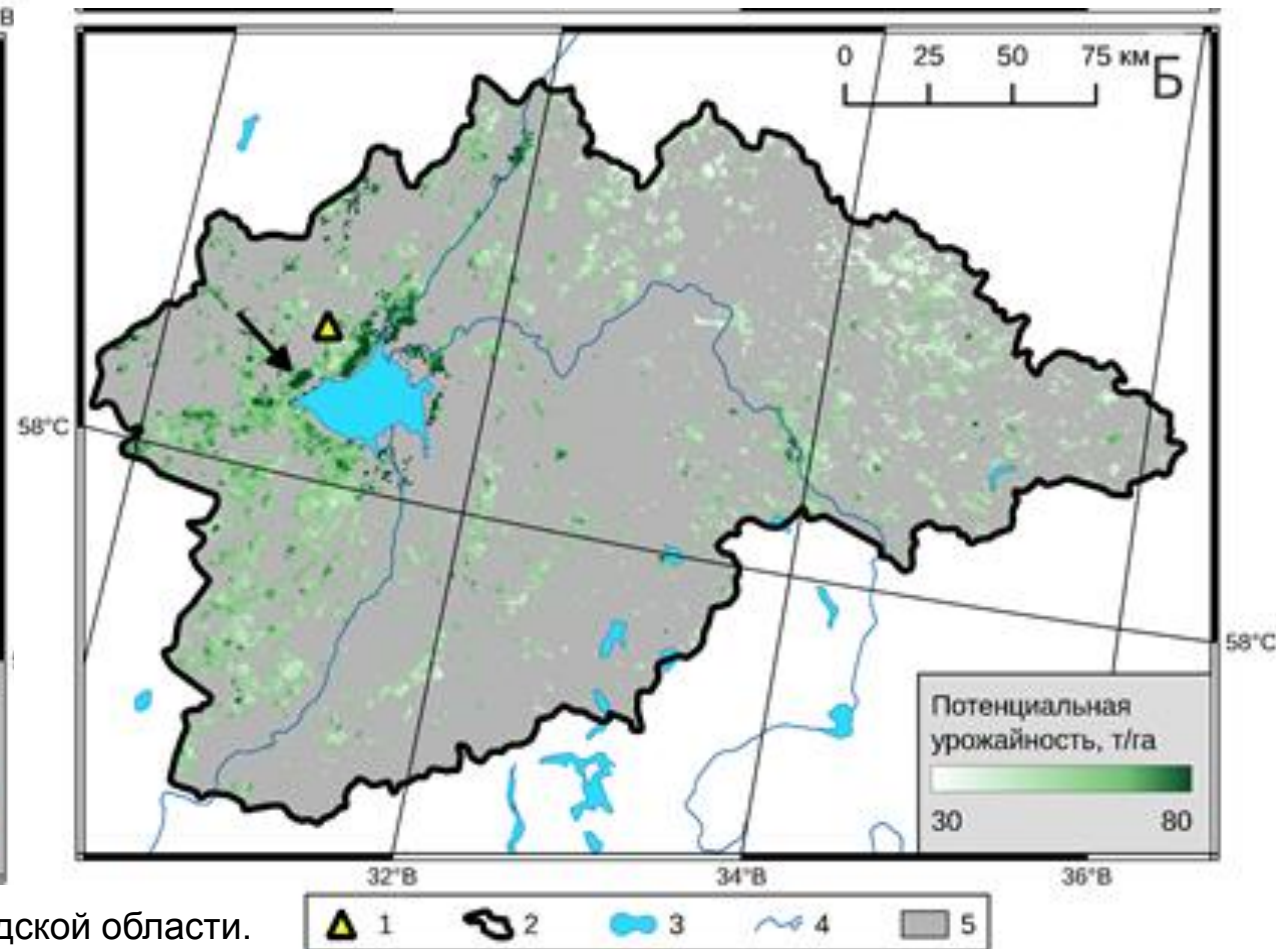
46



Потенциальная урожайность на период
2016-2024 гг.



Прогноз потенциальной урожайности
на 2030 г. (с учетом глобального потепления)



1. Местоположение опытных полей.
2. Граница Новгородской области.
3. Озера.
4. Реки.
5. Маска земель несельскохозяйственного назначения

В.И. Горный, О.В.Балун, А.В.Киселев и др. Алгоритм применения материалов спутниковых съемок для выбора перспективных участков при интродукции теплолюбивых сельскохозяйственных культур (на примере Новгородской области). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 3. С. 64-80.

Новое направление применения дистанционного зондирования

Спутниковое картирование теплообеспеченности почв как фактора зарождения государственности на Новгородской земле

*«...Откуда есть пошла Русская Земля....»
Нестор.*

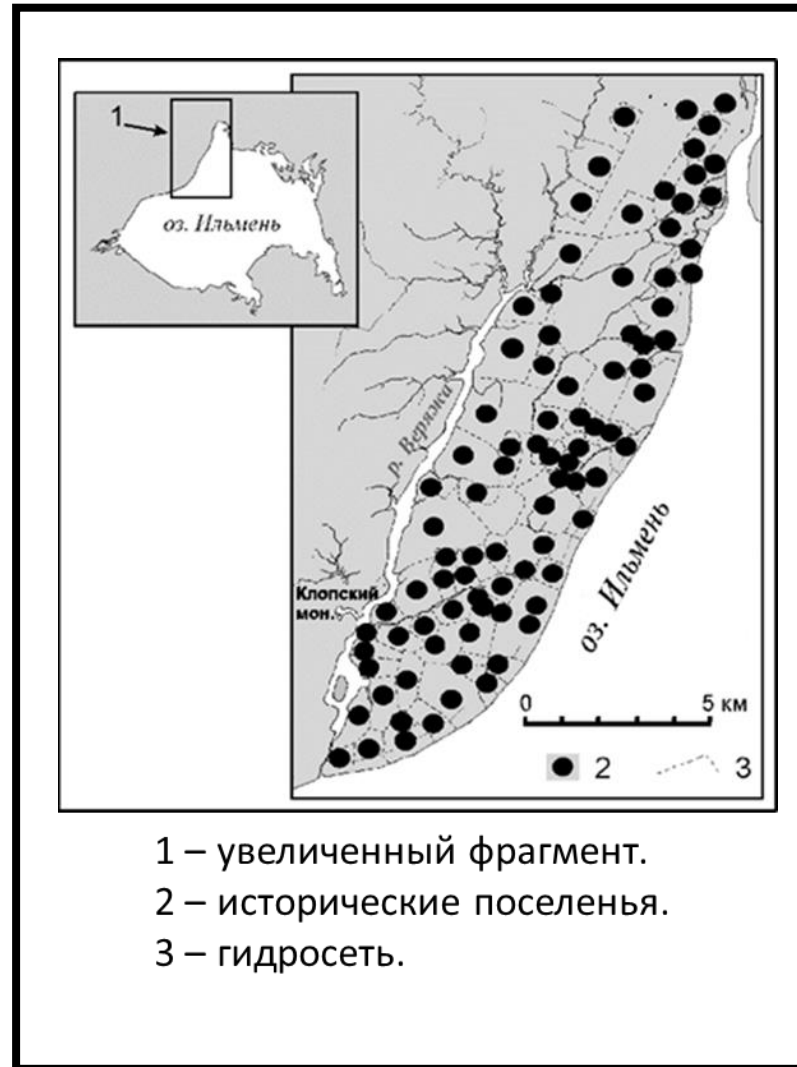
В.И. Горный, О.В. Балун, А.В. Киселев, А.В. Бочарникова. Спутниковое картирование теплообеспеченности почв как фактора зарождения государственности на Новгородской земле. Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса . Принята к печати.

Новгородская земля

Новгородская земля в первой половине XIII века



Ильменское Поозерье – фрагмент Новгородского ополья



Юрий Андреевич Кизилев:

«...другого, более обширного массива земли, способного удержат на себе такую же, как в северном Приильменье, концентрацию населения, Новгородская земля практически не знала»

Измерительный уровень изучения проблемы по данным многолетних спутниковых съемок

50

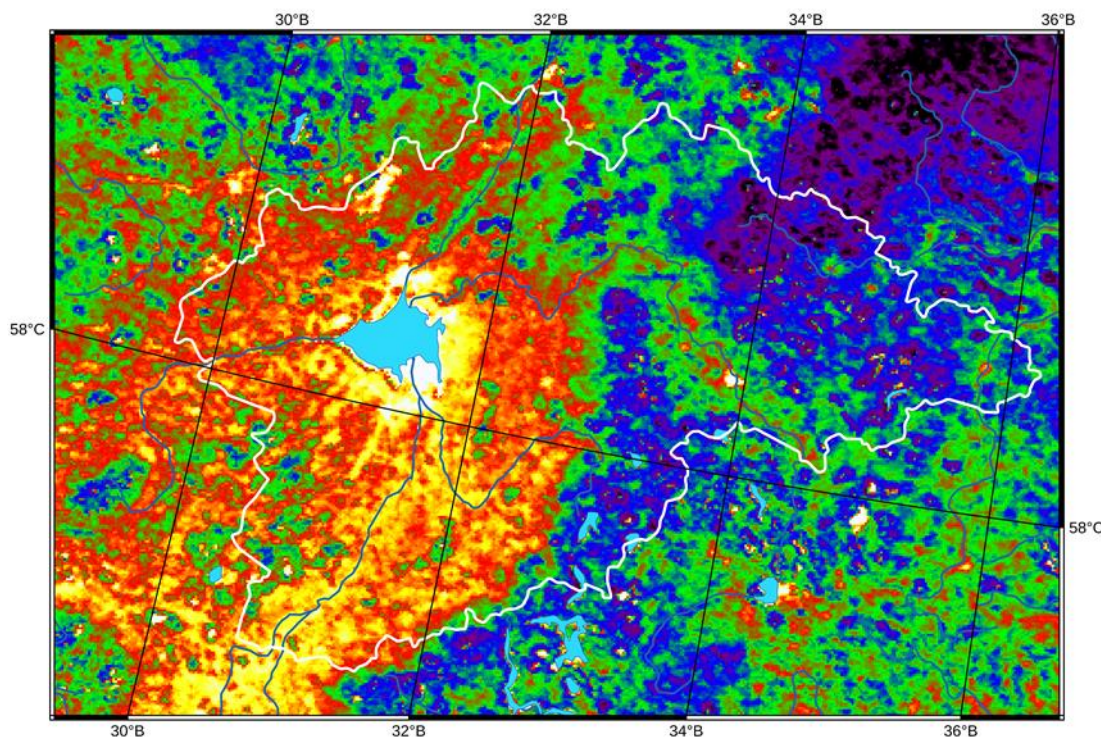
Новгородская область

Средние за с 2003 – 2025 гг суммы активных температур подстилающей
поверхности (САТ ПП)

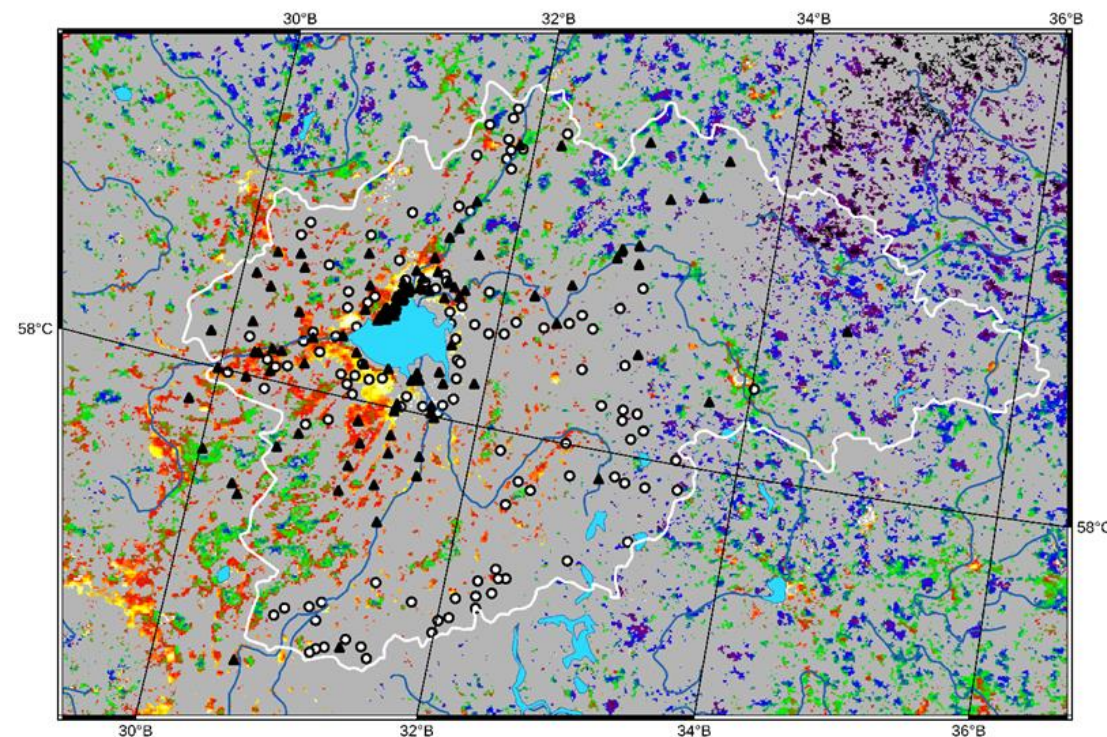
САТ – температуры воздуха выше +10°C

Цифровая карта сумм активных температур

Суммы активных температур сельхозземель



Средняя сумма активных температур
подстилающей поверхности
1500°C 2100°C



Средняя сумма активных температур
подстилающей поверхности
1500°C 2100°C

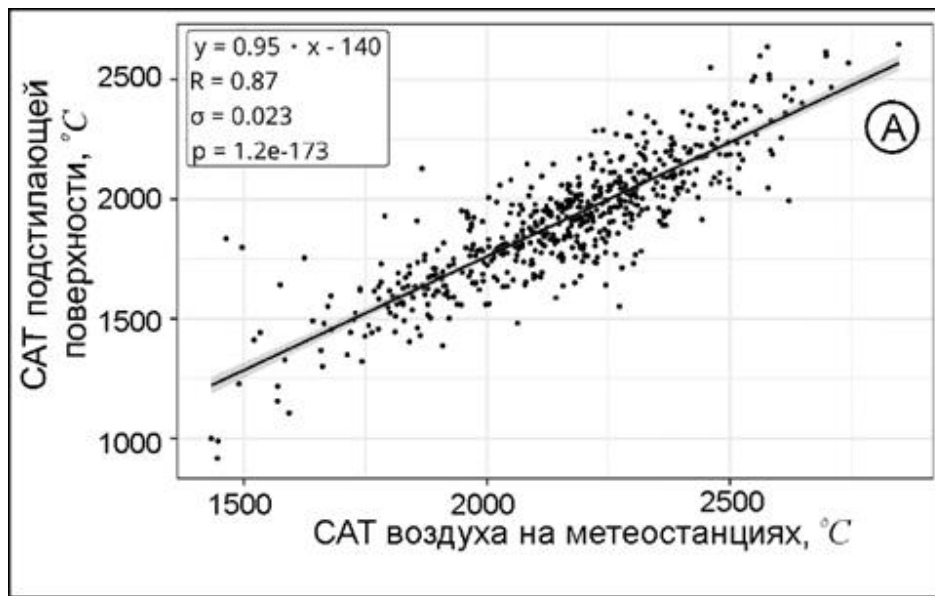
○ - дубравы
▲ - средневековые селища
(Всего: 139)

Пересчет современных сумм активных температур на условия Малого ледникового периода в XII-XIII вв

51

Назначение:

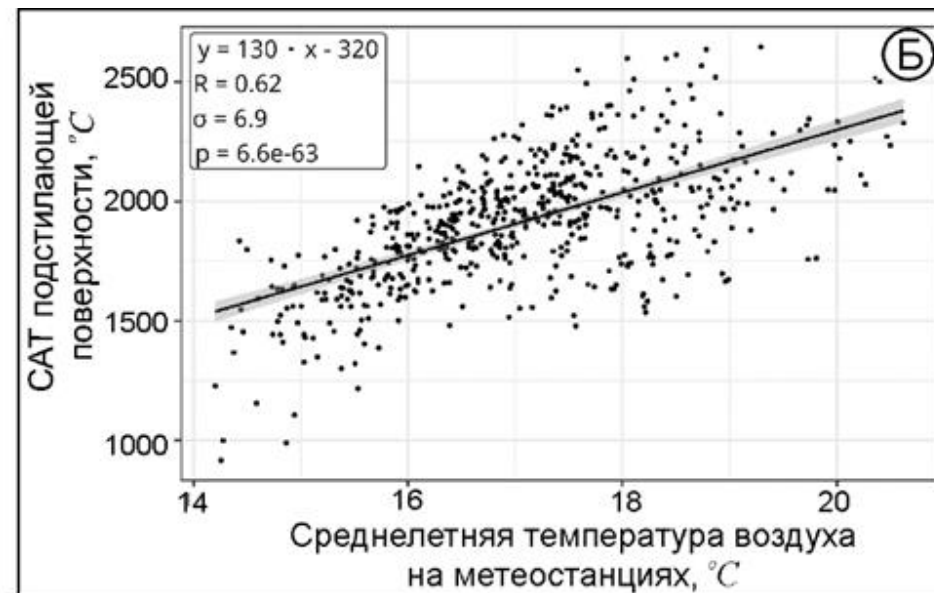
- доказательство правомочности использования температуры подстилающей поверхности вместо температуры воздуха;
- пересчет современных САТ ПП в САТ ПП XIII века.



$САТ ПП = 0,95 САТ В - 140$;

САТ ПП – сумма активных температур более 10°C подстилающей поверхности;

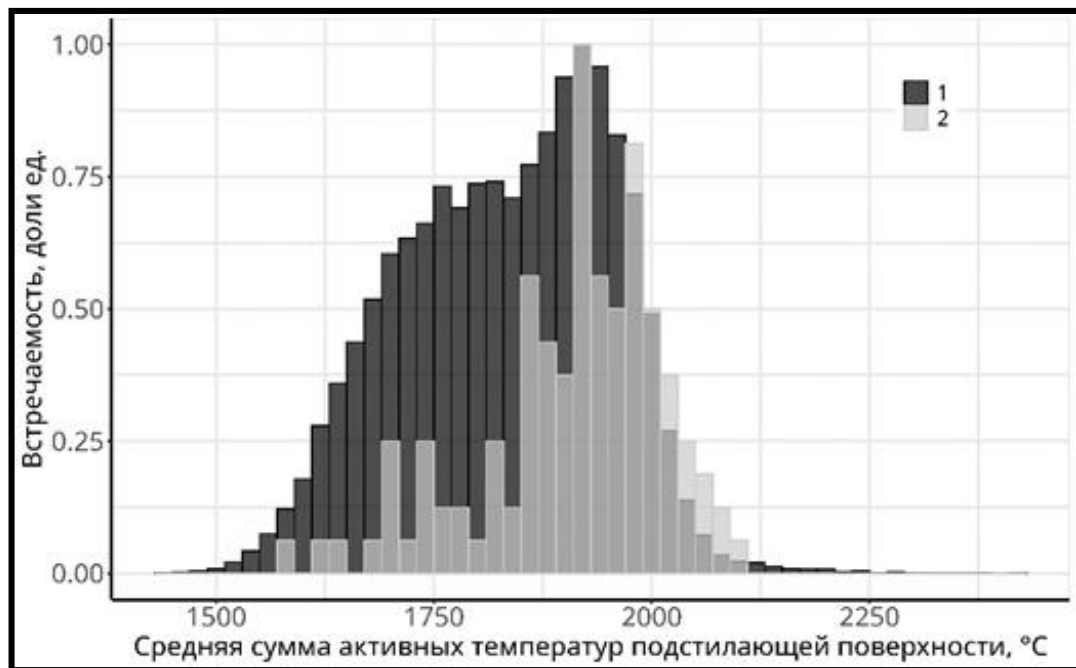
САТ В – сумма активных температур более 10°C воздуха.



$САТ ПП = 130 \cdot СЛТВ - 320$

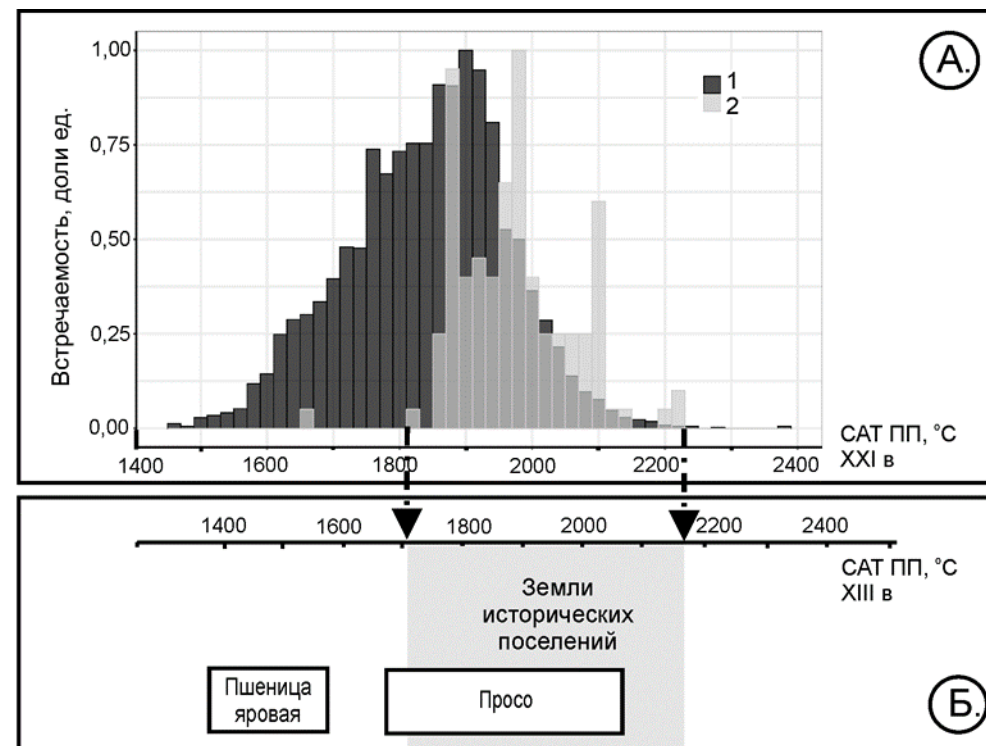
СЛТВ – сределетняя температура воздуха на метеостанции.

САТ ПП дубрав в сравнении с САТ
всей территории



1. Вся территория Новгородской области.
2. Территории, занятые дубравами

САТ ПП селищ в сравнении с САТ
всех сельхозземель



1. Все земли сельскохозяйственного назначения.
2. Земли вокруг средневековых селищ.

Схема зарождения государственности

53



- наиболее теплообеспеченные земли располагаются в Приильменье, что является фактором, определившим чрезвычайно высокую плотность заселения этих Новгородских земель в Средние века;
- земли с повышенной теплообеспеченностью, эмпирически выявленные и освоенные земледельцами в условиях Малого ледникового периода, обеспечили переход от присваивающего типа хозяйствования к производящему и определили зарождение государственности на Новгородской земле, сформировав в суровых климатических условиях уникальную цивилизацию земледельцев;
- целесообразно поставить комплексные исследования природы повышенной теплообеспеченности земель Приильменья и экономического значения таких земель в других регионах Российской Федерации с целью научного обоснования Федерального закона о полном запрете в Нечерноземной зоне перевода земель с повышенной теплообеспеченностью в иные категории земель сельскохозяйственного назначения.

Заключение

История развития тепловой аэро-космической съемки от первоначальных аналоговых до цифровых измерительных многоспектральных систем и от единичных тепловых аэроснимков до многолетних архивов материалов ежедневных съемок подтверждает базовую теорему теории информации:

«Никакая обработка не приводит к повышению количества информации. К повышению количества информации приводят только дополнительные испытания»